



# Manutenção de Aeronaves em Célula

## Avançado I

**SEST SENAT**

Serviço Social do Transporte  
Serviço Nacional de  
Aprendizagem do Transporte

2016

## **Diretoria Executiva Nacional**

Coordenação de Projetos Especiais

## **Educação Presencial**

Manutenção de Aeronaves em Célula,  
em Grupo Motopropulsor  
e em Aviônicos

## **Livro Técnico**

**Janeiro/2016**

## **Responsáveis técnicos**

Amauri Gomes Lopes

André Luiz Lima de Oliveira

Cláudio José Bastos

Erli Alberto Bondan Fazio

Larri Francisco da Silva

Marcelo Araujo Souza

Marcelo Cabral Nunes de Lima

Marcelo Giuliano Fernandes

Márcio Patrício de Oliveira

Commons.wikimidia: A *Wikimedia Foundation* não detém a posse de quase nenhum dos conteúdos existentes nos sites Wikimedia. No entanto, quase todo o conteúdo disponibilizado pelos projetos Wikimedia pode ser utilizado livremente sem ser necessária autorização individual, sob os termos da licença atribuída pelos autores ao conteúdo que disponibilizam nesses projetos: 1) *Creative Commons Attribution license* (CC-BY) - reutilizadores são livres para fazer trabalhos derivados, deverá ser dado crédito ao(s) autor(es); 2) *Creative Commons Attribution license* (CC-SA) - reutilizadores são livres para fazer trabalhos derivados, deverão ser mencionados os termos da licença; 3) *Creative Commons Attribution license* (CC-BY-SA) - reutilizadores são livres para fazer trabalhos derivados, deverá ser dado crédito ao(s) autor(es) e deverão ser mencionados os termos da licença.

Agência Brasil: Todo o conteúdo deste site está publicado sob a Licença *Creative Commons*.

FAB: A Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, prevê que os vídeos e fotos produzidos pela FAB e disponibilizados possam ser usados por todos por não se tratar de material comercial. Contudo, deve-se dar o devido crédito ao autor e ao proprietário do material.

As imagens não creditadas individualmente foram elaboradas exclusivamente para este livro e são de propriedade do SEST SENAT.

Todos os esforços foram feitos para creditar devidamente os detentores dos direitos das imagens utilizadas neste livro. Eventuais omissões de crédito e *copyright* não são intencionais e serão devidamente solucionadas nas próximas edições, bastando que seus proprietários contatem os editores.

Manutenção de Aeronaves em Célula - Avançado I / SEST SENAT.

-- Brasília: 2016. 706p. : il. ; 20,5 X 27,5 cm.

1. Acabamento de aeronaves 2. Estruturas de aeronaves 3. Helicóptero  
4. Inspeção de aeronaves 5. Instrumentos 6. Oficina de montagem e  
alinhamento 7. Prática de oficina 8. Procedimentos de pista 9. Reparos  
estruturais

Copyright © 2016 por SEST SENAT.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por  
qualquer modo ou meio, seja eletrônico, fotográfico, mecânico ou  
outros, sem autorização prévia e escrita do SEST SENAT.

# Apresentação

O SEST SENAT atua nas formações inicial, continuada e técnica de trabalhadores do transporte, de suas famílias e da comunidade, por meio de 149 unidades operacionais, distribuídas em todo o país. O programa educacional do SEST SENAT visa ao aperfeiçoamento e à atualização que permitem ao profissional lidar com as constantes mudanças e inovações do mundo do trabalho.

Os cursos são acompanhados de materiais didáticos, elaborados em formatos pedagógicos arrojados e inovadores, com metodologias criativas e linguagem adequada a cada público. Assim, possibilitam o desenvolvimento de competências profissionais que viabilizam a inserção no mercado de trabalho.

Para contribuir com as novas demandas que têm surgido no modo aéreo, o SEST SENAT se empenhou em desenvolver um conjunto de livros técnicos, atualizados e inovadores, tanto no que diz respeito ao setor quanto ao mercado educacional, a fim de oferecer um material de referência aos alunos do Curso Técnico de Mecânico de Manutenção de Aeronaves, ofertado em várias unidades do SEST SENAT.

Esses livros técnicos compreendem desde o que é exigido pela legislação vigente até temas atualizados. Ressalta-se que isso atende à demanda das empresas por profissionais altamente qualificados e adequados às novas tecnologias presentes no transporte aéreo no Brasil e no mundo.

As ilustrações e imagens são também um diferencial dos livros. Além da qualidade técnica, mostram diversas opções de aeronaves, peças, motores e situações para que o aluno do Curso Técnico de Mecânico de Manutenção de Aeronaves possa sentir-se apoiado em seus estudos teóricos e práticos.

Esperamos, dessa forma, que esses livros sejam instrumento motivador para uma aprendizagem de qualidade e que possam continuar sendo para você uma fonte de consulta no futuro, quando se tornar mecânico de manutenção de aeronaves.

**NICOLE GOULART**

Diretora Executiva Nacional do SEST SENAT



# Sumário

## Unidade 1

### Acabamento de aeronaves

<b>Capítulo 1 - Tintas</b> .....	<b>19</b>
1.1 Composição .....	20
1.2 Tintas de fundo .....	25
1.3 Tintas de acabamento .....	26
<b>Capítulo 2 - Preparação do substrato</b> .....	<b>29</b>
2.1 Limpeza .....	29
2.2 Tratamento químico das ligas metálicas .....	33
2.3 Isolamento .....	35
<b>Capítulo 3 - Métodos de aplicação de tinta</b> .....	<b>39</b>
3.1 Pulverização .....	39
3.2 Imersão .....	41
3.3 Eletrostática.....	44
3.4 Equipamentos .....	45
<b>Capítulo 4 - Pintura de aeronaves</b> .....	<b>51</b>
4.1 Pintura.....	51
4.2 Repintura.....	61
4.3 Controle da qualidade.....	62

## Unidade 2

### Estruturas de aeronaves

<b>Capítulo 1 - Estrutura de aeronaves</b> .....	<b>67</b>
1.1 Estrutura - conceitos gerais.....	67
1.2 Requisitos de aeronavegabilidade para resistência estrutural.....	77
1.3 Classificação de estruturas primária, secundária e terciária .....	79
1.4 Conceitos sobre segurança estrutural .....	81
1.5 Métodos de construção de fuselagem.....	82
1.6 Portas, estruturas, suportes de motor e janelas .....	83

<b>Capítulo 2 - Estruturas de helicópteros.....</b>	<b>85</b>
2.1 Características gerais.....	85
2.2 O helicóptero e suas partes .....	89
2.3 Diferenças estruturais entre o helicóptero e o avião.....	96
2.4 O helicóptero BELL 412 EPI e o helicóptero HB 350B .....	97
<b>Capítulo 3 - Estruturas metálicas e não metálicas .....</b>	<b>101</b>
3.1 Seleção, inspeção e remoção de rebites sólidos (convencionais) e especiais para estruturas metálicas e compostas.....	101
3.2 Inspeções das juntas metálicas .....	105
3.3 Inspeções, teste e reparo de estruturas (fibra de vidro, plásticos) e laminação de estruturas primárias e secundárias .....	108
3.4 Inspeção, verificação, serviços e reparos de janelas, portas e acessórios internos .....	111
3.5 Inspeção e reparos de estruturas metálicas.....	113
3.6 Equipamentos utilizados nos serviços com estrutura de aeronaves .....	114
<b>Capítulo 4 - Ambiente na organização de manutenção de aeronaves     aplicada ao trabalho em célula (estrutura de aeronaves) .....</b>	<b>117</b>
4.1 O ambiente do trabalho - oficinas de manutenção em estruturas de aeronaves.....	117
4.2 Das condições de trabalho - o uso dos equipamentos de proteção individual como medida protetiva na seção de usinagem e de reparos estruturais .....	123
4.3 Os riscos nos tipos de trabalhos mais comuns - montagem, desmontagem, inspeção e reparos em membros estruturais e as formas de prevenção .....	125
<b>Capítulo 5 - Estudos de caso de acidentes aeronáuticos com fator     contribuinte - falhas estruturais.....</b>	<b>129</b>
5.1 Aeronave PT-GHP, em 17/01/2011, Mostardas/RS .....	129
5.2 Aeronave N33701, em 11/9/1991, Texas/Estados Unidos da América.....	132
5.3 Aeronave F-BTSC, em 25/07/2000, Paris/França.....	136

## Unidade 3

### Helicóptero

<b>Capítulo 1 - Evolução histórica do helicóptero .....</b>	<b>141</b>
1.1 Conceitos básicos .....	141
1.2 Histórico.....	142
<b>Capítulo 2 - Aerodinâmica aplicada ao helicóptero.....</b>	<b>147</b>
2.1 Forças que atuam em um helicóptero .....	147
2.2 Princípios do voo de um helicóptero .....	149
2.3 Efeitos aerodinâmicos.....	150
2.4 Estabilidade.....	151
2.5 Conceitos complementares.....	151

<b>Capítulo 3 - Componentes do helicóptero .....</b>	<b>153</b>
3.1 Motor .....	153
3.2 Rotor principal.....	154
3.3 Rotor de cauda.....	155
3.4 Estrutura (fuselagem) .....	158
3.5 Sistema de transmissão principal e acionamento do rotor de cauda (caixa de 90°) .....	162
3.6 Painel de instrumento .....	164
<b>Capítulo 4 - Inspeção e manutenção programada dos componentes de um helicóptero.....</b>	<b>167</b>
4.1 Inspeção e manutenção do motor.....	167
4.2 Inspeção e manutenção do rotor principal.....	170
4.3 Inspeção e manutenção do rotor de cauda .....	171
4.4 Inspeção e manutenção da estrutura (fuselagem) .....	171
4.5 Inspeção e manutenção do trem de pouso .....	173
4.6 Inspeção e manutenção da cabine.....	173
4.7 Inspeção e manutenção do painel de instrumento .....	174
4.8 Inspeção e manutenção da caixa de transmissão principal e de cauda.....	175

## Unidade 4

### Inspeção de aeronaves

<b>Capítulo 1 - Inspeção.....</b>	<b>179</b>
1.1 Inspeção e manutenção de aeronaves .....	179
1.2 Importância das práticas de inspeção e de manutenção para a segurança de voo ..	180
1.3 Princípios básicos de um programa de manutenção .....	180
1.4 Manutenções programadas e corretivas.....	182
<b>Capítulo 2 - Inspeção no setor do motor e da hélice .....</b>	<b>185</b>
2.1 Motor .....	185
2.2 Hélice.....	186
2.3 Carenagens.....	186
2.4 Escapamento .....	187
2.5 Inspeção de análise de óleo .....	188
2.6 Inspeção de análise de vibração.....	188
2.7 Inspeções buroscópicas .....	189
<b>Capítulo 3 - Inspeção no setor da fuselagem .....</b>	<b>193</b>
3.1 Cabines de tripulantes.....	193
3.2 Cabine de passageiros.....	194
3.3 Baterias .....	195
3.4 Tanques de combustíveis .....	195

<b>Capítulo 4 - Inspeção no setor de trem de pouso .....</b>	<b>199</b>
4.1 Componentes do trem de pouso.....	199
4.2 Unidades e tubulações do sistema hidráulico .....	202
4.3 Cheques operacionais.....	202
<b>Capítulo 5 - Inspeção no setor das asas e empenagem.....</b>	<b>205</b>
5.1 Asas.....	205
5.2 Empenagem .....	207
5.3 Compensadores.....	209
5.4 Cabos de comando.....	209
5.5 Estrutura.....	211
<b>Capítulo 6 - Inspeção no setor de comunicação e navegação.....</b>	<b>213</b>
6.1 Equipamentos de rádio e eletrônico.....	213
6.2 Piloto automático.....	215
6.3 Fiação e cablagens .....	216
6.4 Massa e blindagem .....	217
<b>Capítulo 7 - Ensaios não destrutivos .....</b>	<b>219</b>
7.1 Inspeção por partículas magnéticas.....	219
7.2 Inspeção por líquidos penetrantes.....	221
7.3 Inspeção por radiografia .....	222
7.4 Inspeção por ultrassom.....	223
7.5 Inspeção pelo processo de correntes parasitas ( <i>eddy current</i> ) .....	226

## Unidade 5

### Instrumentos

<b>Capítulo 1 - Classificando os instrumentos.....</b>	<b>231</b>
1.1 Instrumentos de voo.....	232
1.2 Instrumentos de motor.....	233
1.3 Instrumentos de navegação.....	234
<b>Capítulo 2 - Instrumentos medidores de pressão .....</b>	<b>235</b>
2.1 Tipos e instrumentos de pressão .....	235
2.2 Sistema do <i>pitot</i> -estático .....	238
2.3 Instrumentos de voo sensores de pressão do <i>pitot</i> -estático .....	239
<b>Capítulo 3 - Sensoriamento remoto e indicação.....</b>	<b>243</b>
3.1 Instrumentos de indicação remota tipo síncro .....	243
3.2 Indicação remota de pressão de óleo e de combustível .....	246
<b>Capítulo 4 - Indicadores de movimento mecânico .....</b>	<b>247</b>
4.1 Tacômetros.....	247
4.2 Sincroscópio.....	248
4.3 Acelerômetro.....	249
4.4 Indicadores de dispositivo de alarme e ângulo de ataque (AOA) .....	249



<b>Capítulo 5 - Instrumentos medidores de temperatura.....</b>	<b>251</b>
5.1 Indicadores de temperatura não elétricos .....	251
5.2 Indicadores de medição elétrica de temperatura.....	252
5.3 Indicadores de temperatura de termopares.....	253
5.4 Medição total da temperatura do ar (TAT) .....	254
<b>Capítulo 6 - Instrumentos de indicação de direção .....</b>	<b>257</b>
6.1 Bússola magnética .....	257
6.2 Bússola magnética vertical .....	260
6.3 Bússola de indicação remota.....	260
6.4 Bússola de indicação remota giro acoplado .....	261
6.5 Magnetômetro de estado sólido.....	262
<b>Capítulo 7 - Fonte de energia para operação de giroscópio .....</b>	<b>265</b>
7.1 Sistema a vácuo .....	265
7.2 Sistema de instrumentos giroscópicos movido por pressão.....	270
7.3 Sistema de instrumentos giroscópicos movido por motor elétrico .....	270
<b>Capítulo 8 - Princípios de instrumentos giroscópicos .....</b>	<b>273</b>
8.1 Giros mecânicos .....	273
8.2 Giros de estado sólido e sistemas relacionados .....	275
<b>Capítulo 9 - Instrumentos giroscópicos comuns .....</b>	<b>279</b>
9.1 Giroscópio de atitude acionado por sucção.....	279
9.2 Indicadores de atitude elétrica .....	280
9.3 Indicador de direção giroscópica ou giro direcional .....	281
9.4 Coordenadores de curva .....	281
9.5 Indicador de curva e derrapagem.....	282
<b>Capítulo 10 - Sistema de piloto automático .....</b>	<b>285</b>
10.1 Princípios de funcionamento do piloto automático .....	285
10.2 Base para a operação do piloto automático .....	286
10.3 Componentes do piloto automático .....	287
<b>Capítulo 11 - Sistema de controle de voo automático (AFCS)</b>	
<b>e sistema diretor de voo.....</b>	<b>295</b>
Descrição e funcionalidade do AFCS e diretor de voo .....	295
<b>Capítulo 12 - Instrumentos eletrônicos.....</b>	<b>299</b>
12.1 Indicador eletrônico de atitude e direção .....	299
12.2 Indicadores eletrônicos de posição horizontal (EHSI).....	300
<b>Capítulo 13 - Sistema eletrônico de informação de voo.....</b>	<b>303</b>
13.1 Sistema eletrônico de instrumento de voo (EFIS) .....	303
13.2 Monitorização eletronicamente centralizada da aeronave (ECAM) .....	305
13.3 Sistema de alerta de tripulação para indicação de motor (EICAS).....	307
13.4 Sistema de gerenciamento de voo (FMS).....	308
<b>Capítulo 14 - Avisos e precauções .....</b>	<b>311</b>
14.1 Sistema anunciador .....	311
14.2 Sistema de alerta auditivo .....	313
14.3 Relógios .....	314

14.4 Caixa de instrumento e seu manuseio.....	315
<b>Capítulo 15 - Instalação e marcação de instrumentos .....</b>	<b>317</b>
15.1 Painel de instrumentos .....	317
15.2 Montagem de instrumentos.....	318
15.3 Requisitos para energia do instrumento .....	319
15.4 Marcação de faixa de instrumento .....	319
<b>Capítulo 16 - Sistema de instrumento e manutenção de instrumento .....</b>	<b>321</b>
16.1 Teste de altímetro .....	321
16.2 Teste e manutenção do sistema de pitot-estático .....	321
16.3 Manutenção do tacômetro .....	323
16.4 Compensação e manutenção da bússola magnética.....	323
16.5 Manutenção do sistema a vácuo .....	325
16.6 Manutenção do sistema de piloto automático.....	327
16.7 Telas de <i>display</i> em LCD .....	328

## Unidade 6

### Oficina de montagem e alinhamento

<b>Capítulo 1 - Manutenção de aeronaves .....</b>	<b>331</b>
1.1 Sistemas de controle de voo .....	331
1.2 Guias de cabos .....	332
1.3 Ligações mecânicas.....	333
1.4 Batentes .....	334
1.5 Amortecedores de superfícies de controle e equipamentos para travamento .....	335
1.6 Ajustagem .....	336
1.7 Verificação dos ajustes .....	338
1.8 Ajuste das superfícies de comando.....	341
1.9 Princípios de balanceamento ou rebalanceamento .....	341
1.10 Procedimentos para rebalanceamento .....	345
1.11 Métodos.....	346
<b>Capítulo 2 - Manutenção de helicópteros .....</b>	<b>349</b>
2.1 Aerodinâmica de um helicóptero .....	349
2.2 Peso e balanceamento .....	350
2.3 Ajustagens de um helicóptero .....	351

# Unidade 7

## Prática de oficina

<b>Capítulo 1 - Procedimentos em oficinas de célula de aeronaves .....</b>	<b>359</b>
1.1 Cuidados com ferramentas e equipamentos.....	359
1.2 Proteção contra fogo .....	361
1.3 Primeiros socorros em situações de risco.....	364
<b>Capítulo 2 - Reparo de peças.....</b>	<b>373</b>
2.1 Tarefas de reparo .....	373
2.2 Utilização de instrumentos de medição .....	379
<b>Capítulo 3 - Cabos de comando e sistemas de segurança.....</b>	<b>383</b>
3.1 Cabos de comando.....	383
3.2 Sistemas de segurança.....	389
<b>Capítulo 4 - Inspeção em tubulações .....</b>	<b>393</b>
4.1 Tipos de tubulações.....	393
4.2 Curvatura em tubulações.....	397
<b>Capítulo 5 - Combate à corrosão .....</b>	<b>399</b>
5.1 Identificação da corrosão .....	399
5.2 Remoção da corrosão .....	402
5.3 Tratamento contra a corrosão .....	403

# Unidade 8

## Procedimentos de pista

<b>Capítulo 1 - Procedimentos de solo .....</b>	<b>407</b>
1.1 Procedimentos de pista.....	407
1.2 Inspeção de pré-vo.....	408
1.3 Procedimentos anteriores à partida .....	408
1.4 Equipamentos de apoio .....	416
1.5 Equipamentos contra fogo .....	418
1.6 Levantamento e abaixamento da aeronave .....	421
<b>Capítulo 2 - Abastecimentos .....</b>	<b>423</b>
2.1 Abastecimento de combustível nas aeronaves.....	423
2.2 Abastecimentos de óleo nas aeronaves.....	428
2.3 Abastecimentos de sistemas de oxigênio.....	429
<b>Capítulo 3 - Procedimentos diversos.....</b>	<b>433</b>
3.1 Segurança na manutenção .....	433
3.2 Ancoragem de aeronaves .....	435
3.3 Movimentação da aeronave .....	440
3.4 Operações em condições de neve ou gelo .....	445

# Unidade 9

## Reparos estruturais

<b>Capítulo 1 - Conceitos de reparos estruturais .....</b>	<b>451</b>
1.1 Reparo .....	451
1.2 Identificação, avaliação e reparação dos danos.....	452
1.3 Utilização de rebites na reparação de danos .....	454
1.4 Fadigas nas estruturas de aeronaves.....	456
<b>Capítulo 2 - Trabalhos com rebites.....</b>	<b>459</b>
2.1 Processo de rebitagem.....	459
2.2 Aplicação de rebites .....	462
2.3 Ferramentas para rebitagem.....	463
2.4 Processo de furação .....	465
2.5 Instalação de um rebite.....	467
2.6 Danos de rebites.....	469
2.7 Verificação e remoção de rebites .....	470
<b>Capítulo 3 - Tipos de rebites .....</b>	<b>475</b>
3.1 Ferramentas para trabalhos com rebites .....	475
3.2 Rebites autotravantes.....	476
3.3 Rebites especiais .....	480
3.4 Avaliação e remoção de pinos de rebites.....	482
<b>Capítulo 4 - Moldagem .....</b>	<b>485</b>
4.1 Processo de moldagem.....	485
4.2 Termos e serviços de moldagem.....	486
4.3 Criação de desenhos .....	487
4.4 Criação de dobras.....	489
4.5 Moldagem manual .....	496
4.6 Furos de alívio.....	503
<b>Capítulo 5 - Ferramentas usadas em reparos estruturais .....</b>	<b>505</b>
5.1 Blocos .....	505
5.2 Suporte de areia, moldes e ferramentas de suporte.....	506
5.3 Bigornas e placas de apoio .....	507
<b>Capítulo 6 - Dispositivos para reparos em metais .....</b>	<b>509</b>
6.1 Dispositivos manuais para corte .....	509
6.2 Dispositivos elétricos ou pneumáticos para corte .....	511
6.3 Esmeril.....	513
6.4 Furadeiras.....	513
<b>Capítulo 7 - Dispositivos para moldagem .....</b>	<b>517</b>
7.1 Laminador .....	517
7.2 Viradeira .....	518
7.3 Dobradeira de caixa.....	518
7.4 Dobrador de barra.....	519

<b>Capítulo 8 - Selagem estrutural.....</b>	<b>521</b>
8.1 Selantes .....	521
8.2 Danos na selagem.....	521
8.3 Manutenção da selagem .....	522
<b>Capítulo 9 - Adesivos .....</b>	<b>525</b>
9.1 Resinas .....	525
9.2 Caseínas .....	526
9.3 Colagem.....	526
9.4 União e inspeção de juntas .....	528
9.5 Inspeções de juntas.....	528
<b>Capítulo 10 - Acrílico .....</b>	<b>531</b>
10.1 Laminados .....	531
10.2 Transparentes .....	531
10.3 Fabricação .....	533
10.4 Conservação.....	535
10.5 Estocagem.....	536
10.6 Processos de instalação .....	536
<b>Capítulo 11 - Peças de fibra de vidro.....</b>	<b>539</b>
11.1 Radomes .....	539
11.2 Peças moldadas.....	541
<b>Capítulo 12 - Peças compostas.....</b>	<b>545</b>
12.1 Fabricação .....	545
12.2 Falhas.....	546
12.3 Reparos .....	546
12.4 Reparos especiais .....	550
12.5 Processos de reparo de peças compostas.....	553
<b>Capítulo 13 - Tipos de reparos.....</b>	<b>557</b>
13.1 Reparo redondo.....	557
13.2 Reparo octogonal .....	559
13.3 Reparo de painéis .....	560
13.4 Reparo de superfícies lisas.....	561
13.5 Reparo de vigas de reforço .....	561
13.6 Reparo de longarinas .....	564
13.7 Reparo de nervuras.....	566
13.8 Reparo em bordos .....	568
<b>Capítulo 14 - Reparos especiais em longarinas e nervuras .....</b>	<b>571</b>
14.1 Reparos .....	571
14.2 Furação .....	574
<b>Capítulo 15 - Estruturas de madeira .....</b>	<b>577</b>
15.1 Inspeções.....	577
15.2 Danos .....	579
15.3 Manutenção .....	580

<b>Capítulo 16 - Reparos em revestimento de madeira .....</b>	<b>583</b>
16.1 Reparo de preenchimento.....	583
16.2 Reparo inclinado .....	585
16.3 Reparo chanfrado .....	586
16.4 Reparo externo, interno e de tela .....	589

## Atividades

<b>Unidade 1</b>	
Acabamento de aeronaves.....	591
<b>Unidade 2</b>	
Estrutura de aeronaves .....	596
<b>Unidade 3</b>	
Helicóptero .....	601
<b>Unidade 4</b>	
Inspeção de aeronaves.....	606
<b>Unidade 5</b>	
Instrumentos.....	616
<b>Unidade 6</b>	
Oficina de montagem e alinhamento .....	639
<b>Unidade 7</b>	
Prática de oficina.....	641
<b>Unidade 8</b>	
Procedimento de pista.....	647
<b>Unidade 9</b>	
Reparos estruturais .....	650

## Glossário

<b>Unidade 1</b>	
Acabamento de aeronaves.....	665
<b>Unidade 2</b>	
Estrutura de aeronaves .....	667
<b>Unidade 3</b>	
Helicóptero .....	669
<b>Unidade 4</b>	
Inspeção de Aeronaves.....	670
<b>Unidade 5</b>	
Instrumentos.....	674

<b>Unidade 6</b>	
Oficina de montagem e alinhamento.....	680
<b>Unidade 7</b>	
Prática de oficina .....	682
<b>Unidade 8</b>	
Procedimentos de pista.....	682
<b>Unidade 9</b>	
Reparos estruturais .....	685

## Referências

<b>Unidade 1</b>	
Acabamento de aeronaves.....	689
<b>Unidade 2</b>	
Estruturas de aeronaves .....	690
<b>Unidade 3</b>	
Helicóptero .....	692
<b>Unidade 4</b>	
Inspeção de aeronaves.....	693
<b>Unidade 5</b>	
Instrumentos.....	695
<b>Unidade 6</b>	
Oficina de montagem e alinhamento.....	696
<b>Unidade 7</b>	
Prática de oficina .....	697
<b>Unidade 8</b>	
Procedimentos de pista.....	697
<b>Unidade 9</b>	
Reparos estruturais .....	700

## Gabarito

<b>Unidade 1</b>	
Acabamento de aeronaves.....	703
<b>Unidade 2</b>	
Estruturas de aeronaves .....	703
<b>Unidade 3</b>	
Helicóptero .....	703

<b>Unidade 4</b>	
Inspeção de aeronaves.....	703
<b>Unidade 5</b>	
Instrumentos.....	704
<b>Unidade 6</b>	
Oficina de montagem e alinhamento.....	704
<b>Unidade 7</b>	
Prática de oficina.....	704
<b>Unidade 8</b>	
Procedimentos de pista.....	704
<b>Unidade 9</b>	
Reparos estruturais.....	705





# Unidade 1

## Acabamentos de aeronaves

A corrosão pode ser a causa de acidentes aéreos, uma vez que é a principal responsável pela deterioração dos materiais que constituem a aeronave. Por esse motivo, os encarregados de manutenção devem criar um plano de prevenção e de combate à corrosão que associe várias técnicas de proteção.

A correta preparação da superfície, juntamente com a aplicação de acabamentos aeronáuticos, promove a efetiva proteção às peças, representando a principal técnica de preservação da aeronave.

Para aprofundar os conhecimentos necessários ao desenvolvimento de um plano eficaz contra a corrosão, esta unidade apresenta, no capítulo um, a formulação das principais tintas utilizadas na manutenção aeronáutica. Em seguida, no dois, abordam-se as técnicas de preparação da superfície. Os métodos de aplicação de tinta e equipamentos utilizados são os assuntos do capítulo três. Para finalizar, no quatro, é explicitada a sequência completa de preparação e de aplicação das camadas de fundo e dos acabamentos nas aeronaves.



# Capítulo 1

## Tintas

Ao longo dos anos, a indústria química aperfeiçoou as tintas disponíveis no mercado. Atualmente, elas podem ser definidas como um revestimento **organometálico**, com funções de proteção e de estética. A principal finalidade dos revestimentos é proteger contra a corrosão. Associada a tratamentos químicos, a tinta confere aos substratos, ou seja, à base, o que está abaixo da camada, excelente resistência contra a corrosão e cumpre sua função estética. Neste último caso, o importante são as características ópticas como a cor, a **refratância**, o brilho, a distinção de imagem, a opacidade, a transparência e o poder de cobertura.

Segundo Fazano (1995, p. 295), a tinta pode ser definida como uma dispersão **pigmentária** (que possui pigmentos) em um meio aglomerante, tem a função de aglutinar outros materiais (resina). A tinta é aplicada sobre a superfície e, após a cura, que é o processo de secagem da tinta, origina uma **camada termoplástica** ou uma termofixa, que é formada pela ação de catalisadores. A matéria-prima é combinada, constituindo uma suspensão homogênea de minúsculas partículas sólidas (pigmentos), dispersa em um líquido (veículo). O veículo é formado pelo solvente, parte volátil, e pela resina, não volátil. Os aditivos estão presentes em ambas as partes.

A camada final deve apresentar propriedades físico-químicas que assegurem um revestimento com qualidades, tais como dureza, espessura, flexibilidade, permeabilidade, tempo de secagem, **ancoragem**, resistência à abrasão, resistência química, resistência térmica, resistência à corrosão, poder de cobertura e brilho, entre outras que atendam às normas técnicas específicas da área de aviação. A Figura 1 ilustra as matérias-primas empregadas na formulação da tinta.

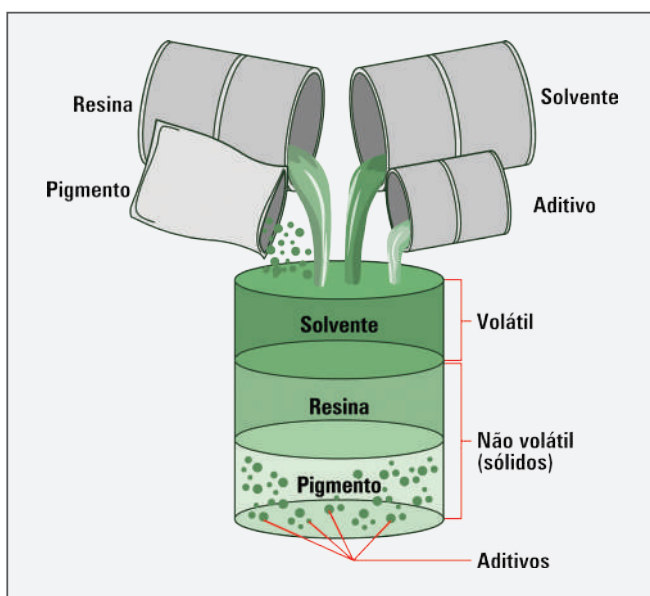


Figura 1 - Matérias-primas que compõem a tinta



**Organometálico:** compostos que contêm, pelo menos, uma ligação carbono-metal (C-M).

**Refratância:** propriedade de reflexão da luz.

**Pigmentária:** que possui pigmentos.

**Camada termoplástica:** camada cuja formação ocorre espontaneamente, sem a ocorrência de reações químicas entre seus elementos.

**Ancoragem:** fixação, capacidade de prender a tinta ao substrato.

## 1.1 Composição

Na formulação dos revestimentos organometálicos é empregada vasta gama de matérias-primas, tanto de origem natural quanto sintética. O desempenho final do revestimento está relacionado, em grande parte, às propriedades das resinas. É a resina que confere as propriedades físico-químicas às películas após a cura. Assim, o primeiro componente da tinta, apresentado a seguir, trata-se de um veículo não volátil: a resina.

### 1.1.1 Resinas

A resina é o componente de maior importância da tinta, pois lhe confere as propriedades de resistência. Por se tratar de um veículo ligante ou suporte, a resina é responsável por ancorar o pigmento no substrato, oferecendo coesão e adesão. Se uma tinta for aplicada sem resina, após a evaporação do solvente, o resultado será um pó metálico, disposto na superfície, sem qualquer propriedade.

Dentre todos os componentes da tinta, a resina é a responsável por caracterizá-la. Exemplo da união desses materiais são: esmalte sintético, esmalte poliuretano, esmalte epóxi, laca acrílica, etc.

As resinas são substâncias de estrutura química complexa, podendo ser agrupadas entre as de origem natural e os chamados **polímeros** sintéticos, produzidos por processos industriais. A seguir são apresentadas as características das resinas utilizadas na formulação das principais tintas empregadas na pintura de aeronaves.

#### a) Resina nitrocelulose

É a resina obtida pela reação de ácido nitrílico, em presença de ácido sulfúrico, com a **celulose**. Essa reação é denominada nitração e pode ser levada a graus diferentes, resultando em resinas com características distintas. As tintas formuladas à base de resina nitrocelulose apresentam como vantagem secagem rápida, boa dureza, fácil aplicação, lixamento veloz e custo reduzido em relação às demais. Apresenta como desvantagens a baixa resistência química e mecânica. Além disso, mesmo após a cura, pode ser facilmente sensibilizada pelo próprio solvente.

#### b) Resinas vinílicas

São obtidas a partir de **monômeros** de acetato de vinila (PVA) ou cloreto de vinila (PVC). As tintas fabricadas com estas resinas apresentam boa resistência à abrasão, **tenacidade**, retenção de cor e durabilidade. Muitas são termoplásticas, não sofrem problemas com oxidação e são neutras. Possuem boa resistência à umidade, à luz, aos ácidos, às bases, etc. Entre as vantagens, é possível citar a não propagação de fogo e a boa aderência sobre plásticos, sendo muito utilizada em **silkscreen**. Outra resina vinílica importante é a polivinilbutiral, empregada na fabricação do **washprimer**. A desvantagem do uso de tintas à base de resinas vinílicas é a tendência ao amarelamento, quando expostas a intempéries.

#### c) Resina acrílica

É composta por polímeros dos ésteres do ácido acrílico ou metacrílico. Como material **filmogênico** destaca-se pela dureza, flexibilidade, retenção de brilho. Apresenta boa resistência à ação de solventes e não amarela quando exposta a intempéries ou a temperaturas elevadas, tendo boa resistência a ácidos, a bases e à água doce.



**Polímeros:** macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais menores, os monômeros.

**Celulose:** base para a fabricação de papel extraída das árvores. As indústrias também a utilizam para a fabricação de certos tipos de plásticos, vernizes, filmes, seda artificial e diversos produtos químicos.

**Monômeros:** composto constituído de moléculas capazes de se combinarem entre si ou com outras para formar polímeros.

**Tenacidade:** é uma medida de quantidade de energia que um material pode absorver antes de fraturar. Capacidade de resistir à ruptura.

**Silkscreen:** é um processo de impressão no qual a tinta é vazada pela pressão de um rodo ou puxador.

**Washprimer:** tinta de fundo anticorrosiva promotora de adesão para camadas posteriores.

**Filmogênico:** que forma uma película.

#### d) Resinas à base de borracha clorada

Essas são obtidas a partir do processo de adição de cloro na borracha natural. Não possuem resistência a óleos ou graxas. Também não resistem a temperaturas superiores a 65 °C. As tintas de borracha clorada de boa qualidade devem ser isentas de óleos secativos, são recomendadas para atmosferas pouco agressivas e têm excelente resistência à água, sendo utilizadas para a pintura de equipamentos expostos a grande umidade ou imersos em água.

As tintas obtidas com as resinas nitrocelulose, vinílica, acrílica e de borracha clorada passam pelo mesmo processo de cura, no qual a evaporação do solvente ocorre na camada final.

O solvente mantém a tinta líquida que, quando aplicada no substrato, evapora. O tempo para esse processo acontecer depende da temperatura do ambiente. As moléculas da resina aproximam-se, formando um filme homogêneo e contínuo ancorado no substrato. Este é um mecanismo no qual o filme é formado apenas pela evaporação dos solventes, processo físico sem reações químicas, e por isso ocorre uma secagem mais rápida.

#### e) Resina alquídica

Foi desenvolvida para melhorar as propriedades das tintas, sendo um veículo largamente utilizado na indústria. É um poliéster resultante da reação de um poliálcool com um poliácido. As tintas formuladas com esta resina apresentam um bom desempenho, com custos relativamente baixos. A resina alquídica consegue ser modificada com óleos, dando origem a um produto com propriedades melhoradas. Dependendo da proporção de óleo, o resultado pode ser denominado de tinta a óleo ou de esmalte sintético.

As tintas (esmaltes sintéticos), produzidas com as resinas alquídicas, apresentam boa dureza, tempo de secagem intermediário, resistência ao amarelamento, quando expostas a intempéries, e bom acabamento. A cura ocorre pelo processo de oxidação, a secagem pela evaporação dos solventes e, simultaneamente, a oxidação das moléculas de óleo.

#### f) Resina epoxídica

A resina epoxídica, ou simplesmente epóxi, é obtida pela reação entre a **epicloridrina** e o **bisfenol**. A resina epóxi é muito utilizada na produção de tintas de alto desempenho. Atualmente, sem dúvida alguma, é um dos mais importantes veículos para o efetivo combate aos problemas da corrosão. Apresenta excepcional resistência química, térmica, ao impacto e à abrasão.

O processo de cura das tintas fabricadas com resina epóxi é a **polimerização**. A tinta é fornecida em dois componentes: a resina epóxi e o agente de cura. A mistura dos dois deve ser feita na proporção correta, para que a reação química ocorra completamente, sem excessos de qualquer componente. A grande desvantagem do uso dessa resina é o custo elevado.



**Epicloridina:** é um líquido incolor com um odor pungente, moderadamente solúvel em água, mas miscível com a maioria dos solventes orgânicos polares.

**Bisfenol:** substância química utilizada para fabricação de plásticos.

**Polimerização:** reação química que provoca a combinação de um grande número de moléculas dos monômeros para formar uma macromolécula (polímeros).



**Isocianatos:** composto orgânico que tem grupo funcional de átomos com fórmula geral R-N=C=O.

**Polihidroxilados:** compostos sintéticos com propriedades umectantes.

**Granulometria:** medida das dimensões do grão de pigmento.

#### g) Resina poliuretano

São polímeros resultantes de uma reação entre **isocianatos** e **polihidroxilados**. As tintas à base dessa resina apresentam excepcional desempenho. São altamente resistentes ao ataque químico e à ação do intemperismo. Apresentam excelente retenção de brilho, alta dureza, boa flexibilidade e perfeito acabamento. O processo de cura das tintas fabricadas com esta resina é o mesmo do epóxi, a polimerização à temperatura ambiente. A tinta, muito utilizada para pintura de acabamento de aeronaves, é fornecida em duas partes que devem ser misturadas na proporção correta.

#### h) Resinas de silicone

Elas têm estrutura química formada por cadeias alternadas de átomos de silício e de oxigênio. A polimerização destas resinas só ocorre em temperatura elevada. As tintas fabricadas com resinas siliconadas devem ser passadas em superfícies totalmente isentas de sujeira, com espessura recomendada pelo fabricante. A aplicação de camadas muito espessas pode favorecer o aparecimento de bolhas no processo de cura que, com tintas siliconadas, ocorre pelo fornecimento de energia térmica. A peça pintada deve ser colocada em uma estufa, com a temperatura gradativamente elevada até atingir àquela recomendada pelo fabricante. O resultado é uma película com grande resistência térmica, em torno de 600 °C. As tintas de silicone são muito empregadas para a pintura de peças da aeronave expostas à elevada temperatura, geralmente do conjunto do motor.

### 1.1.2 Pigmentos

Os pigmentos são sólidos de **granulometria** muito pequena (micros) que, juntamente com a resina, formam a parte sólida da camada de tinta. São responsáveis por conferir cor, opacidade, durabilidade e proteção contra a corrosão, entre outras funções. Podem ser classificados como ativos ou inertes. Dentre os ativos encontram-se o de cor, o anticorrosivo e o de carga. Os mais importantes para a composição de tintas utilizadas na aviação serão explicitados a seguir.

#### a) Pigmentos coloridos

A função do pigmento colorido é conferir cor e cobertura ao substrato. Isso significa que ele tem a capacidade de cobrir o substrato, não permitindo que a camada anterior esteja visível. As propriedades dos pigmentos estão relacionadas à capacidade que a película final tem de refratar e de refletir a luz, nos comprimentos de onda de cada cor. Os pigmentos coloridos podem ser orgânicos ou inorgânicos. Os principais são:

- branco - dióxido de titânio, óxido de zinco;
- preto - óxido de ferro preto;
- amarelo - amarelo de cromo;
- vermelho - óxido de ferro;
- verde - verde cromo;
- metalizado - pó de alumínio;
- laranja - cromato, sulfato ou molibdato de chumbo;
- azul - ferrocianato férrico.

Algumas cores são obtidas pela mistura de pigmentos.

#### b) Pigmentos anticorrosivos

Os pigmentos anticorrosivos têm características inibidoras de corrosão, não importando a cor da camada final. Associados à resina, têm a propriedade de minimizar os efeitos desse desgaste, causados pelo contato do substrato com o ambiente. Esses pigmentos são largamente utilizados na produção de tintas de fundo, especialmente as específicas para ligas metálicas. Dentre os pigmentos metálicos, destacam-se o óxido de chumbo, o cromato de zinco e o cromato de estrôncio.

#### c) Pigmentos de carga

São utilizados para atribuir propriedades específicas às tintas, tais como reduzir o custo do produto, aumentar a espessura da película seca e a viscosidade da tinta. Porém, o uso indiscriminado diminui o poder de cobertura da película. São exemplos de pigmentos de carga: o talco industrial, a sílica, o óxido de ferro, a mica, o quartzo e o hidróxido de alumínio.

### 1.1.3 Solventes

A finalidade é transformar a substância em uma solução homogênea. As propriedades dos solventes não devem interferir na camada final. Portanto, deve ser estável e incolor.

O solvente é empregado em dois momentos distintos: na fabricação, quando é inserido na composição da tinta, e na aplicação. Neste caso, ele também pode ser chamado de diluente, pois tem a finalidade de diluir a tinta, de acordo com as especificações de aplicação.

Solver ou dissolver é o ato de passar uma substância para a solução e diluir é diminuir a concentração de uma solução. Convencionalmente, chama-se de solvente o veículo volátil utilizado na fabricação da tinta e de diluente o solvente, ou a mistura de solventes, adicionado à tinta, pelo pintor, no momento da aplicação, a fim de obter a viscosidade desejada.

Os principais solventes são:

- os hidrocarbonetos alifáticos - mais baratos, como, por exemplo, a gasolina industrial e a água raz mineral;
- os hidrocarbonetos aromáticos - o tolueno (toluol) e o xileno (xilol) são os principais;
- os ésteres - excelentes para resinas nitrocelulose, vinílica, acrílica, etc.;
- o álcool - entre os mais usados estão o etanol, o propanol, o isopropanol e o butanol;
- as cetonas - as mais usadas são a metil-etil-cetona e a metil-isobutil-cetona, indicadas para resinas vinílicas, epóxi, poliuretano, acrílicas, nitroceluloses, etc.

O pigmento é sólido e a resina é pastosa. A mistura dos dois componentes resulta em uma tinta pastosa, pouco trabalhável, impossível de aplicar com pincel ou pistolas de pintura. Por isso, o solvente possui duas funções básicas na composição da tinta. A primeira, na fabricação, quando se adiciona um ou mais solventes para produzir uma tinta com características especificadas.

Normalmente, as tintas são vendidas com viscosidade adequada para a aplicação com rolos ou pincéis. A segunda, no momento da aplicação do produto, quando o profissional utiliza o solvente, ou diluente, para preparar a tinta com uma viscosidade adequada à aplicação, variando de acordo com o método usado. Esse processo é denominado de diluição da tinta.

O tiner é a mistura de solventes com propriedades de solvência e volatilidade bem caracterizadas, tendo amplo emprego na formulação e na diluição das tintas.

### 1.1.4 Aditivos

São substâncias adicionadas às tintas, pelos fabricantes, que complementam as funções desempenhadas pela resina, pelo pigmento e pelo solvente. Têm a função de melhorar algumas características das tintas. A finalidade e a proporção do uso dos aditivos ficam a critério do fabricante. Alguns exemplos são explanados a seguir.

a) Antinata

Evitam a formação de nata na superfície da embalagem da tinta. Essas tintas com processo de cura por oxidação estão mais sujeitas ao aparecimento de nata. Os aditivos antinata são conhecidos antioxidantes. Não ficam presos ao filme, pois devem ser voláteis para abandonar a tinta durante o processo de cura.

b) Secantes

São sais metálicos de ácidos orgânicos com a função de acelerar o processo de cura da tinta. Podem ser usados em conjunto para melhorar o resultado. São ativos, quando atuam diretamente no processo de secagem, ou auxiliares, quando influenciam os aditivos ativos.

c) Dispersantes

São aditivos utilizados tanto na fabricação quanto na aplicação da tinta. Sua finalidade é melhorar a dispersão do pigmento nos veículos e a propriedade de **molhabilidade**, umedecendo o pigmento para que a tinta fique homogênea. Os dispersantes diminuem as tensões superficiais e a aderência ao substrato.

d) Plastificantes

São produtos químicos com alto ponto de ebulição, geralmente óleos vegetais não secativos, possibilitando que a tinta tenha maior flexibilidade. Atuam como lubrificantes entre as moléculas do polímero.

e) Antissedimentantes

Atuam na composição da tinta, diminuindo a tendência de **sedimentação** do pigmento. Esse processo impede que forme uma massa de sedimento dura e compacta.

f) Nivelantes

Eles reduzem as tensões superficiais das tintas e diminuem as marcas evidentes de aplicação, aprimorando o acabamento final da película.



**Molhabilidade:** é a habilidade de um líquido em manter contato com uma superfície sólida, resultante de interações intermoleculares quando os dois são colocados juntos.

**Sedimentação:** é um processo de separação de uma mistura de um sólido e um líquido em que a fase mais densa, por ação da gravidade, deposita-se no fundo do recipiente.



#### g) Antiespumantes

Os antiespumantes aumentam as tensões superficiais das tintas, evitando a formação de bolhas no processo de fabricação e de aplicação. A espuma é causada pela agitação da tinta, quando bolhas de ar são formadas na parte superior da embalagem. Apresentam-se apenas alguns poucos aditivos mais utilizados. Existe uma variedade muito grande de aditivos, os critérios de utilização na composição do produto ficam a cargo dos fabricantes.

## 1.2 Tintas de fundo

As aeronaves são constituídas por diversas ligas metálicas e estão sujeitas a distintas condições agressivas: variação de temperatura, exposição a agentes químicos, diferença de potencial elétrico, tensões, atrito entre o ar e a fuselagem durante o voo, contatos atmosféricos (marítimo e industrial).

A pintura permite o enfrentamento da aeronave e de suas peças em condições adversas, contribuindo para manter a integridade da estrutura e dos revestimentos. Nesse sentido, as tintas de fundo têm papel fundamental e a base está em sua preparação, seu tratamento e sua aplicação.

As tintas de fundo têm duas finalidades principais: proteger as ligas da ação da corrosão e promover ancoragem para as camadas de acabamento. Portanto, a escolha das tintas de fundo deve privilegiar veículos e pigmentos que atendam a essas finalidades.

No processo construtivo das aeronaves, são empregados diversos materiais que exigem metodologias de preparação para receber as tintas de fundo. Para cada tipo de liga metálica há um tratamento específico, responsável pela primeira proteção contra a corrosão e pela criação de uma rugosidade adequada para receber a tinta de fundo. A Figura 2 mostra a importância da primeira camada de tinta (*primer*) como barreira à proteção da liga metálica.

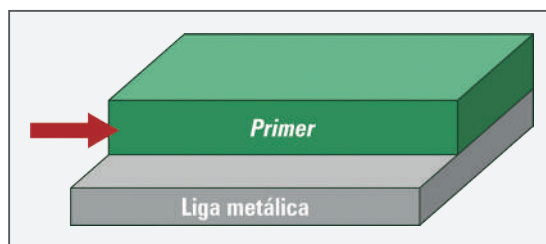


Figura 2 - Primeira camada de tinta

Os mecanismos básicos de proteção das tintas de fundo estão elucidados a seguir.

### 1.2.1 Proteção por barreira

A tinta serve como barreira, impedindo o contato do meio ambiente com o substrato. Ela deve possuir propriedades de impermeabilidade e quanto mais espessa a camada, maior a proteção promovida. A desvantagem desse mecanismo de proteção é o alastramento da corrosão sob a película quando ocorre qualquer rompimento. Um pequeno corte pode ser um ponto de infiltração de contaminantes e, conseqüentemente, um foco para o surgimento da corrosão. Esse mecanismo, normalmente, está presente nas tintas de acabamento e é associado a tintas de fundo que utilizam proteção por pigmentos inibidores.

## 1.2.2 Proteção por pigmentos inibidores

Os pigmentos utilizados na fabricação das tintas de fundo são metálicos, oferecendo proteção contra a corrosão. As tintas que apresentam esse mecanismo possuem teor de 75% a 85% em peso de pigmento metálico na película seca, destacando-se aquelas ricas em zinco. O melhor veículo para este tipo de proteção é a resina epóxi, em função de suas propriedades de ancoragem e de resistividade elétrica. Para cada liga metálica existe uma tinta de fundo recomendada, o que varia é o pigmento.

No caso das ligas de alumínio, as tintas de fundo com resina epóxi e com pigmento cromato de zinco são as mais adequadas. E, nas ligas ferrosas, o mais indicado é o pigmento de zarcão.

A seguir, estão listadas as principais tintas de fundo aplicadas em aeronaves.

### a) *Washprimer*

O *washprimer* trata-se de um fundo promotor de adesão, com dois componentes, à base de resina vinil butiral, indicado para a primeira demão sobre metais ferrosos ou não, tais como o galvanizado e o alumínio. Proporciona ótima aderência do sistema de pintura, mas não é indicado para aplicações em superfícies galvanizadas a fogo. Muitos *primers* disponíveis no mercado dispensam a utilização do *washprimer*.

### b) *Primer* epóxi cromato de zinco

É uma tinta fornecida com dois componentes: tinta e catalisador. A mistura deve ser realizada na proporção especificada no boletim técnico da tinta. Este *primer* produz um revestimento extremamente resistente à corrosão. Aceita diversos tipos de tinta de acabamento e é utilizado sobre ligas de alumínio, magnésio, aço e material composto. Apresenta como desvantagens o elevado custo e a camada seca pesada. O *primer* epóxi é a principal tinta de fundo utilizada na pintura de aeronaves e de peças.

### c) *Primer* poliuretano

Apresenta, praticamente, as mesmas características do *primer* epóxi, com resistência à corrosão inferior. A tinta é fornecida com dois componentes e pode ser aplicada em ligas metálicas.

## 1.3 Tintas de acabamento

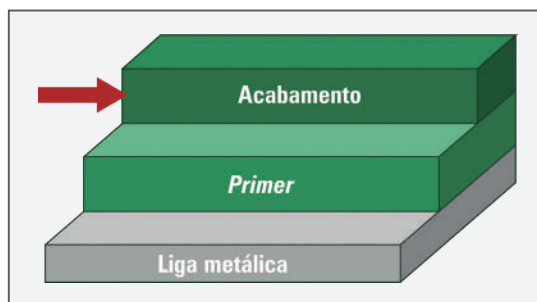


Figura 3 - Camada de acabamento

Além das condições agressivas às quais estão sujeitas, as aeronaves também se expõem a diversos produtos químicos, como graxas, óleos, combustíveis, selantes, líquidos de bateria, entre outros. Assim, a camada final de tinta deve resistir ao ataque de produtos químicos e à degradação ocasionada pela ação mecânica do meio.

A camada de acabamento deve apresentar película contínua, isenta de falhas como bolhas, crateras e escorrimento. Deve ser impermeável, impedindo a penetração da água, e

ancorar-se, perfeitamente, à camada de fundo, produzindo um filme resistente e com excelente qualidade estética. Na Figura 3, é possível observar a posição da camada de acabamento.

As tintas de acabamento mais utilizadas na aviação são apresentadas a seguir.

### **1.3.1 Lacas**

São tintas à base de resinas acrílicas e de nitrocelulose, com menor resistência mecânica e química. Possuem apenas um componente e secam com rapidez em temperatura ambiente. As lacas são empregadas, geralmente, na pintura de peças internas de aeronaves e de itens diversos, que não estejam expostos a qualquer tipo de agressão física ou química. Sua maior vantagem é a facilidade de aplicação, aliada ao baixo custo.

### **1.3.2 Esmaltes sintéticos**

São tintas que possuem apenas um componente, produzidas com resinas alquímicas, que formam o filme por oxidação. Os esmaltes sintéticos apresentam boas características de brilho, dureza e resistência ao amarelamento. Podem ser aplicados sobre diversas tintas de fundo, assim como em interiores e exteriores. Não é recomendável aplicar esmalte sintético sobre lacas acrílicas e nitrocelulose.

É uma tinta de acabamento muito usada na manutenção industrial, pois produz um revestimento final com boas propriedades e custo intermediário. Na aviação, é muito utilizada na pintura de equipamentos de apoio ao solo, mas normalmente não é aplicada em aeronaves.

### **1.3.3 Esmalte epóxi**

Apresenta, praticamente, as mesmas propriedades do *primer* epóxi. Este esmalte é feito com resina alquídica modificada, que possui melhor adesão e resistência à corrosão do que as alquídicas convencionais. O esmalte epóxi possui excelente resistência química em ambientes agressivos e é aplicado nos alojamentos de baterias e nas áreas com temperaturas intermediárias das aeronaves.

### **1.3.4 Esmalte poliuretano**

O esmalte poliuretano é formulado à base de resina poliuretânica alifática, em combinação com resinas poliésteres modificadas hidroxiladas e pigmentos de alta qualidade. Possui dois componentes, com formação de revestimento por polimerização à temperatura ambiente.

Essa tinta de acabamento proporciona alta resistência química (ácido, álcalis, derivados de petróleo e óleos vegetais), excelente brilho, dureza, flexibilidade e durabilidade à exposição a raios ultravioleta e às intempéries. Além disso, o revestimento não perde suas propriedades ao longo do tempo. Apesar de o custo ser elevado, é o tipo de tinta mais utilizado em acabamentos de aeronaves.

### 1.3.5 Tintas antibiológicas

A água, o querosene e o alumínio criam um ambiente propício ao aparecimento de fungos e de bactérias nos tanques integrais de combustível de aeronaves. Nesse sentido, as tintas antibiológicas possuem propriedade bactericida que inibem o crescimento de colônias de bactérias e fungos.

### 1.3.6 Tintas para altas temperaturas

São tintas formuladas com resinas de silicone que devem ser aplicadas diretamente no substrato ou em *primers* para alta temperatura. A cura é feita em estufa na temperatura indicada no boletim técnico do fabricante. O resultado é uma camada resistente a elevadas temperaturas.

### 1.3.7 Revestimentos elastoméricos

São tintas especiais com propriedades **elastoméricas** que apresentam característica emborrachada flexível, resistente ao desgaste causado pelo choque do ar com a aeronave, responsável pela erosão. Os revestimentos elastoméricos são aplicados em regiões de maior contato com o ar durante o voo, bordos de ataque e radomes, em sucessivas demãos finas.



**Elastoméricas:** membrana impermeável contínua e aderente monocomponente à base de resinas acrílicas em emulsão aquosa.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que as tintas são constituídas por resinas, pigmentos, solventes e aditivos. A resina e o pigmento são as partes não voláteis e o solvente, a parte volátil. O elemento que caracteriza a tinta é a resina, responsável pelas propriedades físicas da película final. Os pigmentos são responsáveis por formar a cor e proteger contra a corrosão. Os solventes são utilizados para dar a consistência ideal à aplicação da tinta.

Para cada finalidade existe um tipo de tinta adequado. A escolha deve considerar a exposição da superfície a intempéries e o custo. Existem tintas de fundo e de acabamento que, associadas, formam uma proteção satisfatória às aeronaves e às suas peças.

# Capítulo 2

## Preparação do substrato

A preparação do substrato é uma fase muito importante da pintura, que deve ser realizada segundo padrão especificado em norma técnica. Os investimentos em mão de obra especializada, para aplicação da tinta, e em materiais de boa qualidade podem ser perdidos, caso a superfície não esteja completamente preparada para receber o produto.

Assim, a perfeita preparação do substrato depende de procedimentos que visam a um grau adequado de limpeza e de rugosidade. A limpeza favorece a eliminação de materiais estranhos, como contaminações por óleos, graxas e fuligem. A rugosidade permite o aumento da área de contato e promove maior aderência. A ancoragem ideal nas ligas metálicas é atingida por meio de tratamentos mecânicos, por processos abrasivos, e de tratamentos químicos.

### 2.1 Limpeza

A limpeza é uma etapa de preparação da superfície, para receber a pintura, extremamente importante. As partes constituintes das aeronaves (peças e fuselagem) devem ficar isentas de todos os tipos de impurezas ou de contaminantes.

Oliveira (2012, p. 34) define impureza como “tudo o que pode interferir no processo e na qualidade da proteção que se pretende dar a uma determinada superfície” e cita os principais tipos:

- oleosos - óleos de laminação, de **repuxamento** e de **estampagem**, óleos minerais, óleos graxos e óleos protetores contra a corrosão;
- semissólidos - parafinas, ceras, graxas, sabões e produtos de proteção contra a corrosão;
- sólidos - resíduos de massas de polimento e de massas de estampagem;
- óxidos e produtos de corrosão - resultantes de tratamentos térmicos e da ação da corrosão.

Para atingir uma condição ideal de limpeza existem diversos procedimentos a serem empregados. O grau mínimo de limpeza varia de acordo com o tipo da tinta a ser aplicado e com as condições de exposição da superfície a ser pintada. Os métodos de preparação variam conforme o rendimento da tinta em metros quadrados por hora, por grau de limpeza e por custo.

As principais técnicas e os equipamentos empregados na limpeza são descritos a seguir.

#### 2.1.1 Detergência

A detergência é uma técnica de limpeza cuja finalidade é remover a sujeira aderida na superfície da liga, sem reações com o metal. Neste método, são utilizadas soluções alcalinas que desengraxam a superfície. Há muitos produtos, com variações de concentração do elemento desengraxante e de finalidade, destinados à aviação. Por isso, os manuais técnicos das aeronaves especificam qual o mais indicado, o modo de aplicação e a finalidade.



**Repuxamento:** método de conformação de chapa metálica em formas assimétricas sem costuras através de uma combinação de rotação e força.

**Estampagem:** processo de fabricação de peças realizado a frio, no qual uma chapa é colocada sobre uma matriz e submetida a uma força de uma punção, de maneira a adquirir a forma geométrica da matriz.

## 2.1.2 Solubilização

É a técnica de limpeza que utiliza solventes para a remoção de óleos, de natureza simples, ou de graxos, com baixo grau de contaminação. Os produtos mais comuns são hidrocarbonetos alifáticos ou clorados por cetona, aromáticos, álcoois e fenóis.

## 2.1.3 Ação química

Quando ocorre uma reação química destrutiva em uma liga metálica, por substâncias de natureza ácida ou alcalina, são empregadas diferentes técnicas de limpeza.

### a) Decapagem ácida

Estes procedimentos têm como objetivo remover compostos produzidos pela corrosão, ativar o substrato e homogeneizar a superfície. Nessa técnica, são utilizadas soluções ácidas, associadas aos inibidores de corrosão. Após a decapagem, todos os resíduos devem ser totalmente removidos para não interferirem no tratamento químico e na pintura posterior. Para as ligas de alumínio, este processo, associado à **cromatização**, produz uma camada uniforme e com excelente resistência à corrosão.

### b) Decapagem alcalina

Possui os mesmos objetivos da decapagem ácida. Porém, nessa técnica são empregadas soluções ácidas em meio básico, sendo possível desengraxar e decapar a superfície, simultaneamente, sem a necessidade do enxaguamento e do controle de PH após o procedimento. A decapagem alcalina tem baixo custo e causa menor agressão à superfície em relação à ácida.

## 2.1.4 Ação manual e ação mecânica

São técnicas de remoção de impurezas, por meio de abrasão, que utilizam ferramentas manuais e mecânicas. Removem corrosão superficial e parte da liga metálica. Por isso, é importante monitorar a espessura da superfície para não diminuí-la em excesso e extrapolar os limites de tolerância admitidos pelas normas técnicas.

### a) Ferramentas manuais

As ferramentas manuais mais utilizadas são os raspadores, espátulas, escovas com cerdas de aço, palhas de aço, esponjas abrasivas e lixas. O uso dessas ferramentas favorece a remoção de todos os materiais soltos, como tinta e corrosão. Durante o processo de limpeza deve-se evitar danificar a superfície. Os abrasivos devem agir superficialmente para não alterar, de forma significativa, a espessura do material. Os limites de tolerância estão previstos em normas técnicas específicas a cada aeronave. A limpeza com ferramentas manuais é um procedimento lento, recomendado para pequenas áreas, como em retoques de pintura e das que não permitem o acesso de ferramentas mecânicas. A Figura 4 representa o exemplo de ferramentas manuais.

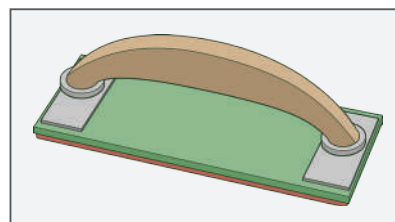


Figura 4 - Lixadeira manual



**Decapagem:** processo sobre superfícies metálicas que visa à remoção de oxidações e de impurezas inorgânicas, recozimento, camadas de oxidação, crostas de fundição e incrustações superficiais.

**Cromatização:** tratamento químico realizado nas ligas metálicas.

## b) Lixamento manual

O lixamento manual deve ser realizado com lixas que não se desmancham na presença de água (lixas d'água). Os movimentos devem ser circulares, cobrindo toda a superfície a ser limpa. Nas folhas encontra-se especificado o tipo de uso e a granulometria do abrasivo, definido como grana da lixa. As mais utilizadas na pintura aeronáutica são 60, 80, 100, 120, 180, 220, 400, 500 e 600.

Quanto maior o número da grana, menor o grão de abrasivo. As de 60 a 100 são utilizadas para remover a corrosão e as de 120 a 220 para dar bom acabamento e criar a rugosidade ideal. O lixamento manual, associado ao tratamento químico, forma a base para a aderência da tinta. Existem granas 1000 e 2000 muito utilizadas para polimento de pinturas. As lixadeiras manuais são ferramentas empregadas como apoio às lixas, facilitando a operação.

## c) Mantas não tecidas de fibra sintética

Na aviação, para a limpeza de peças e da aeronave, são utilizadas, também, mantas não tecidas de fibra sintética, impregnadas com grãos abrasivos. No mercado, podem ser encontradas em vários formatos. As mais usadas na aviação são as de formato de folha, como as lixas, e de formato de disco, que podem ser empregadas em lixadeiras pneumáticas. Elas podem ser de óxido de alumínio, representadas pela letra (**S**), e de carbureto ou de carbeto de silício, representadas pela letra (**A**), as quais são as mais indicadas para revestimentos de aeronaves.

Quanto à granulometria, as mantas são divididas em grossa, média, fina e muito fina. As abrasivas têm como vantagem resistência a solventes e à água, maior durabilidade que as lixas e podem ser empregadas em ambientes nos quais não se deseja poeira.

## d) Ferramentas mecânicas

As ferramentas mecânicas têm como fonte de energia a eletricidade ou o ar comprimido. A limpeza com as mecânicas possui a mesma finalidade da limpeza manual. Entretanto, a utilização de lixadeiras, esmerilhadeiras, escovas rotativas, entre outros instrumentos mecânicos, permite resultados mais uniformes e maior rendimento. Em oficinas de manutenção aeronáutica, normalmente, são usadas as **ferramentas pneumáticas**, pois possuem vantagens que superam as elétricas. As Figuras 5.A e 5.B mostram dois tipos de lixadeiras pneumáticas.

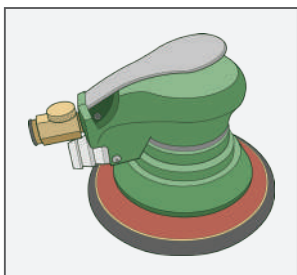


Figura 5.A - Lixadeira pneumática excêntrica

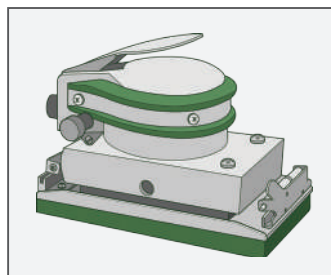


Figura 5.B - Lixadeira pneumática oscilante

## e) Limpeza por jateamento

É o processo pelo qual partículas abrasivas são lançadas em altas velocidades sobre a superfície do metal, propulsionadas por ar comprimido ou por ação centrífuga de rotores providos de pás.



**Ferramentas pneumáticas:** são ferramentas que utilizam o ar comprimido como fonte de energia.

O choque entre o abrasivo e o metal remove da superfície as partículas sólidas e a corrosão. O jateamento promove uma limpeza profunda e pode ser utilizado para remover tintas. Existem vários tipos de material abrasivo. Os mais usados são os de origem metálica, como as granalhas de aço, de alta dureza, encontradas em dois formatos: esférico (*shot*) e angular (*grit*). Os de origem não metálica são:

- os minerais - retirados da natureza, não são processados, como, por exemplo, a areia de sílica, que é um abrasivo pouco reciclável, pois grande parte do material transforma-se em pó quando se choca com a superfície metálica;
- os sintéticos - materiais sintetizados, como o óxido de alumínio, o mais utilizado, e as escórias de cobre, o níquel, o ferro ou as esferas de vidro;
- os orgânicos - de origem vegetal, como os caroços de azeitona e de cereja e as cascas de noz e de arroz.

Um parâmetro muito importante a ser considerado no jateamento está relacionado ao perfil de rugosidade, também chamado de perfil de ancoragem. O choque do material abrasivo com a superfície metálica causa uma rugosidade, considerada como a distância média entre os picos e os vales do perfil. Na Figura 6, alturas diferentes são representadas por (H). A rugosidade do perfil é a média das alturas.

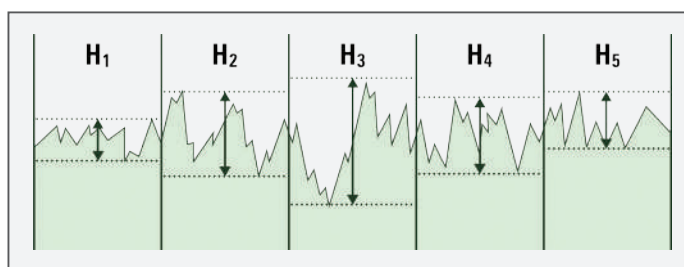


Figura 6 - Perfil de rugosidade

O aparelho utilizado para determinar essa medida é o rugosímetro. A rugosidade do material deve ser controlada em função da espessura da camada de tinta acima dos picos. De acordo com Gnecco, Mariano e Fernandes (2003, p. 15), “o perfil de rugosidade ideal é aquele entre 1/4 e 1/3 da espessura total da camada de tinta somada todas as demãos”. Na Figura 7.C, é possível notar o perfil da rugosidade ideal para a pintura.

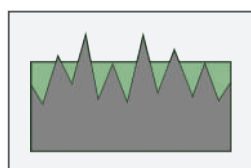


Figura 7.A - Rugosidade excessiva

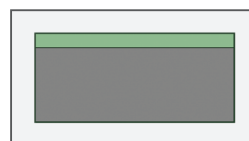


Figura 7.B - Rugosidade insuficiente



Figura 7.C - Rugosidade ideal

Após o jateamento e o tratamento químico ou pintura, a superfície jateada não deve ficar exposta a intempéries por um longo tempo, pois a corrosão pode atuar. O ideal é tratar quimicamente e pintar logo após o procedimento.



**Sintetizadas:** substâncias unidas por síntese.



## 2.2 Tratamento químico das ligas metálicas

O tratamento químico tem a finalidade de melhorar a resistência contra corrosão e, também, auxiliar na aderência das camadas de tinta aplicadas posteriormente. Para cada tipo de liga metálica, há indicação de uma sequência de tratamento a ser respeitada. Os procedimentos realizados nas principais ligas metálicas, empregados na constituição das aeronaves, são apresentados, resumidamente, a seguir.

### 2.2.1 Fosfatização

Consiste em aplicar, sobre superfícies metálicas, um revestimento constituído de fosfatos de ferro, zinco ou manganês, isolados ou em misturas. As soluções fosfatizantes reagem quimicamente com a superfície metálica, originando uma fina camada protetora de fosfato íntegra, insolúvel e cristalina. As características físicas do revestimento podem ser controladas pelos métodos de limpeza anteriores ao tratamento, pelo modo de aplicação da solução, pelo tempo que foi feito o procedimento e pela composição química da solução.

O método de fosfatização é empregado em ligas ferrosas, podendo ser realizado por imersão ou pulverização. O processo mais usual resume-se em seis etapas, com lavagem posterior.

#### a) Desengraxamento

A finalidade é remover graxas, óleos, lubrificantes, solventes e outros contaminantes presentes na superfície da liga metálica. É importante conhecer o tipo de contaminante para utilizar produtos específicos, capazes de remover completamente a sujeira. Por exemplo: existem graxas que só podem ser removidas com soda cáustica. Neste caso, as peças são imersas em banhos alcalinos que dissolvem a gordura e, posteriormente, lavadas com água limpa.

#### b) Decapagem ácida

É a operação que tem o intuito de remover a camada (capa) de óxido que, normalmente, é formada no processo de laminação, no armazenamento e no transporte da liga metálica. Os decapantes são ácidos que reagem com os óxidos, produzindo sais solúveis removidos pela lavagem. A decapagem ácida proporciona, também, certa rugosidade à superfície. O ácido remove os óxidos, mas ataca o metal. Assim, geralmente, são adicionados ao banho inibidores de corrosão para minimizar o efeito.

#### c) Refinadora

Essa etapa tem a finalidade de formar cristais pequenos, fortemente aderidos à superfície metálica. O tamanho dos cristais é um parâmetro muito importante, pois influencia a rugosidade que, por sua vez, atua na aderência da camada de tinta posterior.

#### d) Fosfatizante

Nesta etapa, ocorre a conversão da superfície metálica corrosiva em uma não metálica de fosfatos do metal. Isso torna a camada mais resistente à corrosão. Os cristais, formados por reações químicas, cobrem a superfície isolando-a das eletrólises que possam permanecer na camada de tinta.

e) Passivação

A finalidade desta etapa é selar os poros deixados na camada de fosfato, melhorando a proteção anticorrosiva por meio da ação de soluções apassivantes de ácido crômico/fosfórico.

f) Secagem

Esta etapa consiste em secar, completamente, a liga metálica. Portanto, não pode restar qualquer unidade sobre a superfície. Caso contrário, pode ocorrer a formação de bolhas na fase da pintura.

É importante salientar que, entre cada uma das etapas citadas, há necessidade de realizar os banhos, cuja finalidade é eliminar todos os resíduos gerados pelas reações químicas.

### 2.2.2 Revestimentos com cromatos

Em superfícies metálicas, os revestimentos com cromatos são formados pelo ataque químico, verificado quando o metal tem contato com soluções aquosas de ácido crômico ou de sais de cromo, tais como cromato e dicromato de sódio ou potássio. O ataque químico dissolve parte da superfície metálica, formando um filme protetor que contém sais complexos de cromo. O filme formado melhora a resistência contra a corrosão de metais como cádmio, cobre, zinco e ligas de alumínio. Em metais mais sujeitos à corrosão, como ligas de magnésio e ligas de alumínio de alta resistência, os filmes de cromato são usados, principalmente, para melhorar a adesão da pintura e contribuir para a ação protetora contra a corrosão.

Os revestimentos com cromatos são eficientes em atmosfera marítima ou em alta umidade, pois têm a capacidade de retardar a formação de produtos de corrosão branca no zinco e no cádmio. Para o alumínio, há uma variada gama de produtos, no entanto o mais conhecido na aviação é o uso de um cromatizante destinado à produção de películas anticorrosivas de cromatos estáveis em superfícies de alumínio e suas ligas. Aplicado a quente e sem emprego de corrente elétrica. A película formada é incolor, proporciona excelente resistência anticorrosiva ao alumínio, atua como ótima base para aderência de pintura e mantém inalterada a condutibilidade elétrica natural do alumínio.

### 2.2.3 Revestimento por oxidação química do metal base

Este tipo de revestimento consiste em formar uma camada de óxido do próprio metal sobre a superfície. Em contato com o ar, muitos metais apresentam, espontaneamente, uma película de óxido que os protegem de oxidação. Os processos comerciais procuram fazer uma camada de óxido uniforme e de valor protetor, que apresente uma microporosidade ideal à fixação de películas orgânicas (tintas, resinas, óleos, etc.). Esse tipo de tratamento é muito utilizado para o ferro, o magnésio, o cobre e o latão.

### 2.2.4 Anodização

A oxidação anódica ou anodização consiste na formação de um revestimento, geralmente de óxido, obtido por um tratamento eletrolítico em soluções adequadas, em que o metal funciona como anodo.



**Anodo:** eletrodo por meio do qual a carga elétrica positiva flui para o interior de um dispositivo elétrico polarizado.

Muitos metais permitem a formação de filmes anódicos. Comercialmente e na aviação, as ligas de alumínio e de magnésio são as que mais passam por esse tratamento. A anodização nas ligas de magnésio produz uma camada que, isoladamente, não promove resistência suficiente à corrosão, sendo necessária complementação com pintura. As soluções utilizadas para esse processo são misturas complexas de fosfatos, fluretos e cromatos.

No caso do alumínio, o método de anodização produz uma camada de óxido dura, compacta e fortemente aderente, aumentando a proteção do metal ao ataque corrosivo. As duas soluções mais usadas para a anodização do alumínio são o ácido crômico e o ácido sulfúrico. O tratamento com tais soluções exige instalações adequadas e operação padronizada. Durante o processo de anodização, inicia-se a oxidação, que continua se formando entre o metal e o filme de óxido, formado primeiramente. A camada inicial de óxido é deslocada da superfície metálica, continuamente, pelos novos níveis que se formam. Nestas condições, desenvolvem-se produtos de oxidação e parte da liga de alumínio pode se fixar na película de óxido. A quantidade e a distribuição dos produtos de oxidação, no filme anódico, influenciam a cor, a aparência, a dureza e a porosidade da camada.

O filme de óxido, formado pelo processo eletrolítico, é poroso, tornando o filme **absortivo**. Porém, quando tratado em água quente, torna-se mais resistente à corrosão, pois fica menos absortivo. O tratamento converte o óxido de alumínio amorfo em óxido **monohidratado**, fechando os poros e diminuindo a área de absorção.

O alumínio possui uma natural passividade em função do fino filme de óxido formado pelo contato com a atmosfera. As camadas mais espessas, formadas pela oxidação anódica, oferecem maior proteção contra agentes corrosivos, pois o alumínio é contínuo e isento de macroporos. A proteção pode ser ampliada com uma selagem efetiva com óxido monohidratado, fechando os orifícios dos microporos formados na anodização. A vedação torna-se ainda mais efetiva se, à solução, forem incorporados selantes de inibidores de corrosão, como dicromatos, por exemplo.

A anodização efetuada antes da pintura fornece excelente base, melhorando muito a adesão e a resistência à corrosão. O alumínio, quando corretamente anodizado, suporta as intempéries. A limpeza eficiente e regular aumenta ainda mais sua resistência. Depósitos de fuligem e de sujeira devem ser removidos por lavagem com água, contendo um detergente não agressivo. O uso de abrasivos não é recomendável.

## 2.3 Isolamento

O isolamento é a fase posterior à limpeza e ao tratamento. Tem por finalidade isolar as partes das aeronaves e das peças que não receberão pintura. Esse procedimento também é empregado para isolar partes de aeronaves que foram pintadas com moldes vazados, criando desenhos ou informações. Para delimitar as áreas que receberão a camada de tinta, são usadas fitas para isolamento, papéis, filmes plásticos e líquidos para mascaramento.



**Absortivo:** capacidade de absorver.

**Monohidratado:** aquilo que foi hidratado uma única vez; que possui uma única molécula de água.

## Fitas para isolamento

A fita mais utilizada para realizar o mascaramento é a crepe de papel, por seu desempenho aliado ao baixo custo. Além disso, tem boa aderência no substrato e no papel de isolamento, impedindo que os solventes, presentes na tinta, ultrapassem e contaminem a parte isolada. As fitas de alumínio são usadas para o isolamento de áreas que serão jateadas, decapadas, lavadas ou expostas a produtos químicos.

### a) Fita crepe de papel

É uma fita especialmente fabricada para mascaramento e separação de cores na pintura. Possui um tratamento no dorso para aumentar a impermeabilidade, boa resistência à tração e seu adesivo é à base de resina e de borracha. Para cada serviço, utiliza-se uma largura de fita no intuito de maximizar os recursos.

No caso do isolamento de grandes áreas, a fita com largura de 50 mm é recomendada, pois facilita o trabalho e aumenta o rendimento. Para serviços de peças e painéis de aeronaves, a fita de 19 mm de largura é a mais adequada. Caso seja necessário, uma fita de 50 mm pode ser usada para reforçar o isolamento. No caso de pequenas peças, de filetes decorativos, com cores contrastantes, e de regiões curvas é recomendada a utilização de fitas filetadas, sendo a largura do filete de 3 mm ou 1,5 mm.

Algumas recomendações são importantes para um resultado satisfatório na tarefa de isolamento.

- Antes de iniciar a demarcação das áreas, a superfície deve ser limpa com desengraxante, a fim de eliminar todo tipo de graxa ou óleo sobre a superfície.
- Somente após a evaporação do solvente do desengraxante, o trabalho de demarcação com a fita pode ser iniciado.
- A demarcação com a fita deve se adequar ao trabalho. Assim, pode-se usar toda a fita e, depois, remover os filetes para deixá-la na largura desejada, ou remover filete por filete do rolo da fita.

As fitas não devem ser expostas a intempéries e a altas temperaturas (acima de 90 °C para 40 minutos de exposição). Também não devem ser utilizadas para isolamento elétrico, sob o risco de deixar resíduos do adesivo quando retirada. Para evitar qualquer dano, a retirada da fita deve ser feita quando a tinta estiver seca ao toque, preferivelmente puxando-a em um ângulo de 90° à superfície.

### b) Fita crepe de alumínio

É uma fita cujo dorso é recoberto com alumínio recozido e o outro lado, com adesivo acrílico. Tem a propriedade de reflexão da luz e do calor, condutividade térmica, bom desempenho na faixa de temperatura de 50 a 150 °C e boa resistência à umidade e a agentes químicos. A superfície deve receber a mesma preparação realizada para as fitas de papel.

A fita crepe de alumínio é muito utilizada para isolar as regiões das aeronaves que recebem a lavagem, como o tubo de pito, as tomadas estáticas e qualquer outra caverna que não deva ter contato com os produtos. Também isola áreas de difícil acesso, evitando a entrada de desengraxantes, que podem provocar a corrosão com o passar do tempo.

Além disso, esse tipo de fita é empregado para isolar todas as regiões que não podem entrar em contato com decapantes, na remoção de tinta por processo químico, assim como para evitar o acúmulo de resíduos de abrasivo, durante a remoção mecânica por jateamento.

#### c) Papel para isolamento

O papel mais utilizado na pintura aeronáutica, em função da versatilidade aliada ao custo, é o de cor bege, com camada impermeabilizante em um dos lados, para proteção contra névoas de tinta. O papel bege é recomendado para partes que não receberão, diretamente, tinta, *primer* ou verniz. Possui boa adesão à fita e tamanhos variados, facilitando o trabalho. Podem ser empregados juntamente com dispensadores de papel.

O uso do papel requer a escolha de um tamanho apropriado para o mascaramento a ser realizado. A fita crepe é indicada para fixar o papel sobre a superfície. A região, próxima à área a ser pintada, deve ser protegida com papel de mascaramento branco ou filme plástico. O papel não pode ter aberturas que provoquem seu contato com a superfície, pois a pulverização ou as névoas de tinta podem contaminar as áreas protegidas.

#### d) Filme plástico

É um filme plástico, de polietileno branco translúcido, desenvolvido para isolar pinturas com resistência às tintas, aos vernizes e aos solventes. Possui diferentes larguras e película muito fina, facilitando o manuseio. Tem aderência à fita crepe de papel, é leve e compacto. Após a aplicação, desdobra-se, cobrindo toda a área a ser mascarada. O filme possibilita visualizar a área que fica sob ele. Por isso, é muito usado no isolamento de prefixos e de letreros das aeronaves.

#### e) Líquidos para mascaramento de pinturas

Atualmente, um líquido para mascaramento de pintura, à base d'água, que protege a superfície contra solventes e tintas, encontra-se disponível no mercado. O líquido pode ser aplicado em diversos substratos. Forma um filme sem tato, não escorregadio, que impede a passagem de solventes. Isola o pó e as sujeiras da superfície, evitando contaminação. É solúvel em água e facilmente removível.

O líquido para mascaramento é aplicado por pulverização, com pistola de pintura, sobre a superfície que se pretende isolar. A secagem ocorre em torno de 20 a 30 minutos. Após o tempo de secagem, a interface da região que recebe a tinta deve ser isolada com fita. Terminado o isolamento da superfície a tinta deve ser aplicada, caso seja necessário as peças isoladas e pintadas podem ser levadas para secagem em uma estufa. Ao final do trabalho de pintura e de polimento, o filme, formado pelo líquido, deve ser removido com uma lavagem simples.

Importante ressaltar que todos os produtos possuem boletim técnico, fornecido pelo fabricante, com todas as informações sobre eles. Portanto, o profissional deve ler atentamente antes de usá-lo.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que a qualidade da camada final de tinta é diretamente proporcional à qualidade da preparação da superfície. Quando os procedimentos são realizados, conforme padrão especificado em norma técnica, o resultado da pintura é uma camada homogênea, com propriedades físicas e químicas preservadas, e acabamento perfeito.

A limpeza é a fase inicial da pintura e deve ser realizada com o produto adequado para eliminar contaminantes. Pode ser manual ou mecânica. O tratamento químico, aliado à limpeza mecânica, garante um perfil com rugosidade ideal para receber a tinta, além de aumentar a proteção contra a corrosão. É muito importante realizar o tratamento adequado, considerando os diferentes tipos de ligas metálicas.

Na fase de isolamento, as áreas que não receberão pintura devem ser separadas com as fitas, os filmes ou os papéis mais indicados. Assim, garante-se a perfeita preparação para o acabamento de peças e de aeronaves.

# Capítulo 3

## Métodos de aplicação de tinta

É importante que o profissional de manutenção conheça as vantagens e as desvantagens de cada método de aplicação das tintas, a fim de avaliar e de empregar aquele mais indicado à situação.

A aplicação da tinta pode ser feita com pincel, com rolo ou por meio de pulverização, de imersão e de eletrostática. A escolha da técnica mais apropriada é uma tarefa complexa e depende de muitos fatores, como o custo do equipamento e da manutenção, a complexidade do treinamento de mão de obra, o rendimento do trabalho, o tipo do substrato, a espessura da camada final, a perda de material, o acabamento final, entre outros.

No intuito de maximizar o rendimento do trabalho, e considerando os demais fatores citados, a maioria das empresas de aviação adota o método de pulverização para a pintura de peças e de aeronaves. Esse método apresenta muitas vantagens em relação aos demais.

Entretanto, além da pulverização, é essencial conhecer as principais metodologias de aplicação de tinta, reconhecendo suas vantagens e desvantagens.

### 3.1 Pulverização

O método de aplicação de tinta por pulverização consiste em romper o fluido (tinta) em pequenas gotículas, depositadas nas superfícies a serem pintadas. A energia para a pulverização origina-se de diferentes fontes. Aquelas com maior campo de aplicação são:

- pulverização por ar comprimido (sistema convencional);
- pulverização por tinta pressurizada (sistema sem ar, do inglês *airless*).

#### 3.1.1 Pulverização por ar comprimido

É o método mais utilizado na aviação em virtude de sua versatilidade. Pode ser empregado em oficinas e, também, em campo. Trata-se da aplicação de tinta por meio do ar comprimido, que fornece energia para movimentar a tinta e formar o leque de pulverização. Nesse caso, a tinta deve estar bem diluída, para fluir com facilidade e criar uma diferença na espessura da camada úmida em relação à seca, em função da rápida evaporação dos solventes.

A pulverização gera a perda de material, chegando até 50%. Para evitar perdas, é necessário o ajuste da pressão de pulverização e a abertura do leque, considerando a área a ser aplicada a tinta.

Para executar o método de pulverização, existem três tipos convencionais de equipamentos: a pistola de caneco, a pistola de pintura com sistema HVLP e o tanque de pressão.

a) Pistola de caneco

A pistola de caneco possui um recipiente acoplado para a tinta, normalmente com capacidade para um litro. É muito utilizada na pintura de peças pequenas, em repinturas, em retoques de peças e de partes das aeronaves. Os modelos mais utilizados são os de sucção e de gravidade, conforme as Figuras 8.A e 8.B.

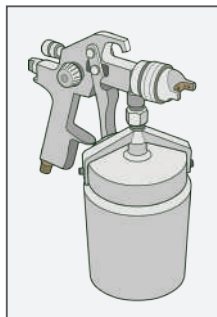


Figura 8.A - Pistola de pintura com alimentação por sucção



Figura 8.B - Pistola de pintura com alimentação por gravidade

As pistolas com alimentação por sucção precisam de uma pressão maior para sugar a tinta. Por outro lado, são mais versáteis, pois possibilitam a pintura da parte inferior das aeronaves. As pistolas de alimentação por gravidade podem ser utilizadas com pressão mais baixa, uma vez que a gravidade e a pressão atmosférica ajudam a levar a tinta ao bico. Isso possibilita a aplicação de camadas com menos desperdício de material.

Na pulverização convencional, o ar comprimido, escoando com velocidade, diminui a pressão no ponto em que ocorre a entrada da tinta na pistola de pulverização. A caneca de tinta possui um orifício que permite a entrada de ar, fazendo com que a parte interna do recipiente de tinta tenha a pressão igual à da atmosfera. A diferença de pressão entre as partes da pistola de pulverização faz a tinta fluir do reservatório para o bico, no qual é expelida em forma de filete. O ar comprimido sai pelos orifícios do chifre da capa de ar, quebrando a tinta em minúsculas gotículas, formando uma névoa. A tinta é, então, depositada na superfície a ser pintada dando origem a uma camada fina e uniforme. Com a aplicação de várias demãos, atinge-se o acabamento desejado pelo pintor.

b) Pistola de pintura com sistema HVLP

O sistema HVLP significa alto volume, baixa pressão (*high volume, low pressure*) e representa uma evolução do sistema convencional. A pulverização ocorre com grande volume de ar e tinta, mas com uma pressão muito menor que a do método convencional.

Segundo Gnecco, Mariano e Fernandes (2003, p. 39), a pressão de pulverização com o sistema HVLP é em torno de 10 libras (0,7 kg/cm<sup>2</sup>), enquanto a das pistolas convencionais fica em torno de 40 a 50 libras (2,8 a 3,5 kg/cm<sup>2</sup>). Esse sistema produz menor nuvem de pulverização e o aproveitamento da tinta é muito superior. Além disso, é mais silenciosa e provoca menos sujeira na cabina de pintura e nos ambientes próximos à pintura.

c) Tanque de pressão

O tanque de pressão é muito utilizado na pintura final de aeronaves e nas de alta produtividade. Suporta um volume muito maior de tinta do que o caneco da pistola. A capa-



cidade varia por modelo e fabricante. No mercado, o mais comum é encontrar tanques com espaço para dois a 15 galões, com 3,6 litros. A tinta colocada no interior do tanque deve ser preparada conforme boletim técnico do fabricante. O pigmento é enviado para a pistola de pintura por uma mangueira de ar comprimido, responsável pela pressurização, como pode ser visto na Figura 9.

O tanque de pressão evita que o pintor perca tempo com o reabastecimento do caneco de tinta. Além disso, o processo de aplicação é facilitado, pois o conjunto pistola/mangueira é mais leve que o conjunto pistola/caneco, reduzindo o cansaço do operador e aumentando sua produtividade.

Entretanto, a operação do equipamento requer alguns cuidados para evitar acidentes. Por isso, o tanque deve ser despressurizado antes de ser aberto. No caso de aplicação de tintas catalisadas, o tempo de vida útil da tinta deve ser observado, a fim de evitar o desperdício de material.

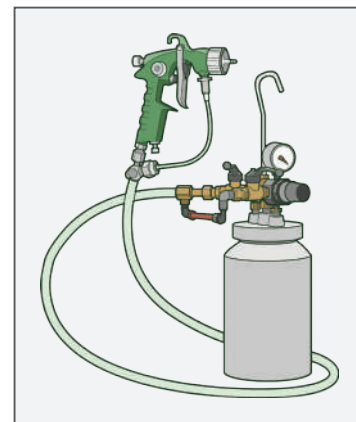


Figura 9 - Tanque de pressão para pintura

### 3.1.2 Pulverização por tinta pressurizada aplicação sem ar (*airless*)

É o método de aplicação de tinta no qual um equipamento de alta pressão (bomba *airless*) pressuriza e envia a tinta para o bico. A pistola é alimentada por uma bomba hidráulica e a atomização ocorre pela passagem da tinta em alta pressão, através de um orifício de diâmetro reduzido.

Este método permite a aplicação de tintas pouco diluídas ou sem diluentes. Assim, são produzidas camadas com grande espessura, cobrindo áreas extensas rapidamente. Como o ar é utilizado apenas para pressurizar a bomba, não para formar o leque, há redução do desperdício de tinta, proporcionando grande economia. O ajuste do utensílio é feito pela troca de bicos, cujos orifícios determinam a vazão e o ângulo dele. A desvantagem é o custo mais elevado do equipamento. E, por ser mais complexo, o operador necessita de maior treinamento. Há risco de acidentes, causado pelo excesso de pressão, da ordem de 100 vezes à pressão do sistema convencional. As técnicas de aplicação são semelhantes ao método tradicional. A diferença é a distância que a pistola deve ficar do substrato, em torno de 25 centímetros.

## 3.2 Imersão

Consiste em um método de aplicação no qual a superfície a ser pintada é mergulhada em um recipiente contendo tinta. É muito utilizado para a pintura de peças em linhas de fabricação, pois requer estruturas fixas e recipientes ou tanques preparados para receber a tinta. Esse método é pouco utilizado para a manutenção. A pintura por imersão pode ser realizada sem ou com a utilização de corrente elétrica.

### 3.2.1 Imersão simples

Na imersão simples, a peça passa por uma sequência de banhos para a limpeza. Em seguida, é mergulhada em um recipiente que contém a tinta preparada. A tinta deve possuir viscosidade



**Atomização:** dispersão de um líquido em gotículas formando uma névoa.

adequada para formar uma camada com espessura uniforme e contínua. Para este tipo de aplicação, normalmente, existe um recipiente para a recuperação do pigmento em excesso que escorre da peça pintada. É mais comum empregar tintas monocomponentes, pois a vida útil dela no tanque é maior. Em volumes grandes, bicomponentes têm vida útil pequena.

A pintura por imersão simples apresenta as seguintes vantagens:

- economia, uma vez que se perde pouco material e evaporam-se apenas os solventes que podem ser repostos com baixo custo;
- fácil operação;
- pouca necessidade de mão de obra;
- pouca necessidade de equipamentos e total cobertura das peças.

As desvantagens são:

- tendência à formação de camadas com espessura irregular nas partes em que a tinta escorre;
- facilidade de ocorrer escorrimento nos furos, nas depressões e nos **ressaltos**.



**Ressaltos:** é uma saliência, parte que se destaca das demais.

**Partículas coloidais:** são sistemas nos quais um ou mais componentes apresentam pelo menos uma das suas dimensões dentro do intervalo de 1nm a 1 $\mu$ m.

### 3.2.2 Imersão com corrente elétrica

É um processo chamado de pintura por eletrodeposição. Consiste na imersão de uma peça, ligada a um potencial elétrico positivo ou negativo em um tanque, contendo tinta ligada a um potencial elétrico oposto. Por efeito do campo magnético, a tinta desloca-se para a superfície da peça e ocorre a cura, cobrindo a peça com uma camada perfeitamente uniforme. Nesse tipo de aplicação, a tinta deve estar bem diluída para formar camadas finas. Durante a formação da película, três processos ocorrem simultaneamente: eletroforese, eletrólise e eletrosiose.

#### a) Eletroforese

É a migração das **partículas coloidais** (tinta) no campo elétrico. Como ilustra a Figura 10.A, a eletroforese anódica ocorre com partículas coloidais de cargas negativas. A eletroforese catódica, por sua vez, ocorre com partículas coloidais de cargas positivas, conforme a Figura 10.B.

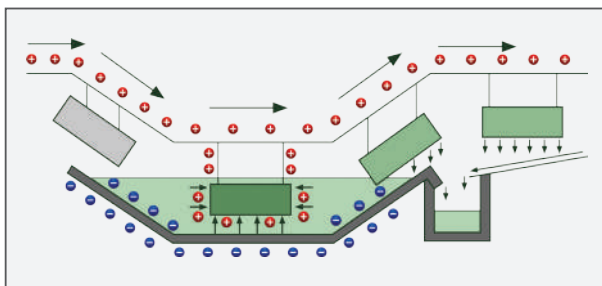


Figura 10.A - Eletroforese anódica

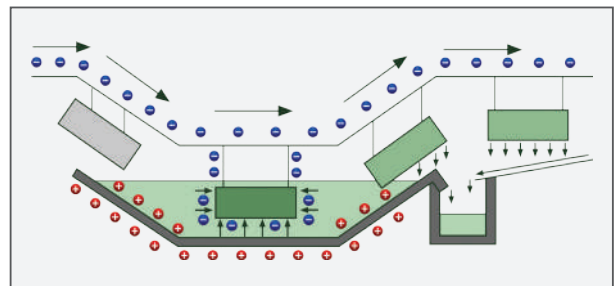


Figura 10.B - Eletroforese catódica

As gotículas de tinta migram, primeiramente, para os lugares de maior intensidade de campo elétrico, ali se depositando. No local em que a camada de tinta ficou depositada não há corrente elétrica, portanto isola a eletricidade. Assim, a tinta migra para outros pontos cobrindo a superfície inteira. Quando as partículas chegam à superfície da peça, perdem sua carga elétrica e depositam-se, formando uma camada de tinta uniforme. A Figura 11 ilustra o processo de eletroforese.

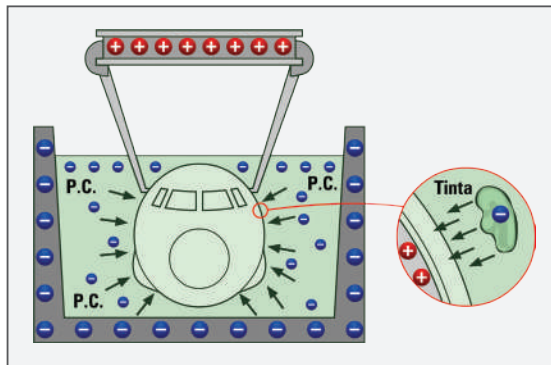


Figura 11 - Tinta sendo atraída para o substrato na eletroforese

No caso da pintura por eletrodeposição, as partículas coloidais correspondem às gotículas de tinta.

#### b) Eletrólise

Dá-se o nome de eletrólise ao processo utilizado para separar, forçadamente, os íons da solução, por meio da aplicação de uma diferença de potencial elétrico. É um processo proveniente do fenômeno da reação de **óxido-redução**. No caso da pintura, o solvente é separado forçosamente da camada de resina e de pigmento, como pode ser observado na Figura 12.

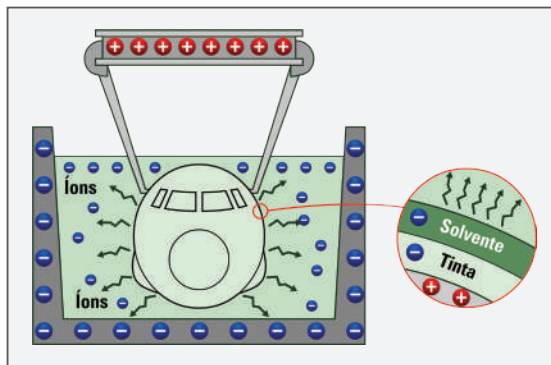


Figura 12 - Solvente sendo separado da tinta na eletrólise



**Íons:** átomos que perdem ou ganham elétrons durante reações; classificam-se em ânions e cátions.

**Óxido-redução:** fenômeno que ocorre simultaneamente em reações em que há transferência de elétrons entre os átomos.

### c) Eletrosmose

A eletrosmose é o processo inverso à eletroforese, no qual a partícula coloidal (tinta) já está fixa na peça, impedida de se mover. Neste caso, o que se movimenta é o meio dispersante, na direção oposta. Assim, o solvente é expulso da película, formando uma camada praticamente limpa de solventes, conforme a Figura 13.

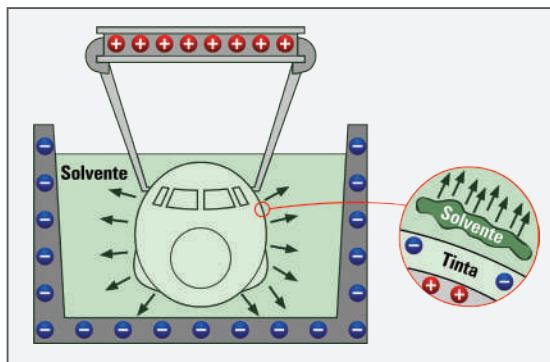


Figura 13 - Solvente sendo expulso da tinta na eletrosmose

A película formada é uniforme em toda a superfície. O solvente sai do filme deixando-o quase seco, aderente e insolúvel. A peça é retirada do banho, coberta por uma camada eletrodepositada e por um excesso aderido mecanicamente, como na imersão comum. O excesso de tinta é removido com um jato de água, para a parte ser colocada na estufa.

## 3.3 Eletrostática

É um método de aplicação de tinta que utiliza a propriedade de atração elétrica. Corpos com cargas opostas atraem-se. A pulverização de uma tinta, eletrostaticamente, consiste em elevá-la a uma alta carga estática (da ordem de 100.000 volts) por meio de um gerador eletrostático. A tinta é especialmente preparada para pulverização eletrostática e podem ser empregadas tintas em pó ou líquidas que, ao passar pela pistola, são polarizadas e projetadas sobre a peça. Como ela está com carga de sinal oposto (positivo, normalmente), atrai a tinta que a recobre perfeitamente.

O substrato que receberá a pintura eletrostática deve estar aterrado, garantindo que a tinta seja, totalmente, atraída pela peça. Este método de aplicação só pode ser utilizado em substratos condutores, sendo ideal para objetos pequenos com muitos acidentes e recortes. A pintura produz camadas uniformes e resistentes à corrosão, com mínima perda de material. No processo de pintura convencional, dependendo das variáveis, apenas 50% da tinta fica efetivamente na camada final. Na pintura eletrostática, este índice pode chegar a 98% de aproveitamento. Outro fator importante é que ela reduz a contaminação do meio ambiente, pois produz pouco resíduo.

As Figuras 14.A e 14.B exemplificam a diferença entre os processos convencional e de eletrostática.

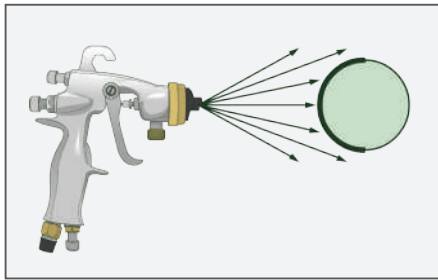


Figura 14.A - Pintura convencional

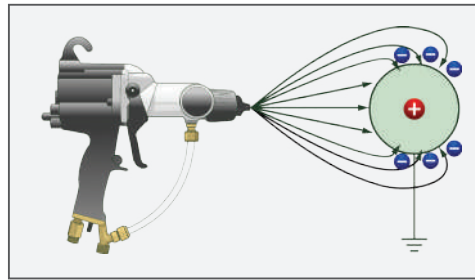


Figura 14.B - Pintura eletrostática

O sistema de pintura eletrostática possui muitas vantagens. No entanto, requer um alto investimento para adquirir e manter os equipamentos. Outra desvantagem está relacionada às pinturas de superfícies complexas, as quais tendem ao aparecimento de falhas, tendo em vista a repulsão da tinta. Observa-se, também, o fenômeno de blindagem eletrostática em peças ocas, impedindo a pintura, uma vez que o campo elétrico no interior das peças é nulo.

## 3.4 Equipamentos

Os equipamentos apresentados a seguir são imprescindíveis para fornecer, com qualidade, o ar comprimido para a pintura por pulverização convencional.

### 3.4.1 Linha de ar

A qualidade do ar que chega à pistola de pintura deve ser garantida para evitar problemas de aderência e de acabamento. O ar comprimido precisa estar isento de água e qualquer outro contaminante, principalmente óleos de manutenção.

Os contaminantes, oriundos da linha de ar, são pulverizados juntamente com a tinta, depositando-se na superfície do substrato. O contato da tinta úmida com os contaminantes pode ocasionar reações químicas inesperadas, prejudicando as características finais do filme. Assim, a tinta pode perder sua propriedade de resistência física e química, além de ter sua estética muito prejudicada.

Para garantir um excelente padrão do ar comprimido, alguns cuidados são indispensáveis. Os fabricantes de equipamentos de pintura recomendam que a linha de ar seja montada com canos de ferro galvanizado, a fim de não ocorrer perda de pressão ao longo da linha resultante da deformação da tubulação. Os canos devem ter extensão mínima de sete metros para que haja resfriamento adequado do ar comprimido. É importante mencionar que o diâmetro suficiente e a extensão adequada são regras básicas para que a perda de pressão, em uma linha de ar, não seja excessiva.



**Purgador:** dispositivo que elimina líquido acumulado por condensação em canos e equipamentos que contêm gases ou vapores.

A tubulação da linha deve estar inclinada na direção do tanque de ar do compressor ou na direção de um dreno do **purgador**. O dreno deve ser colocado na extremidade de cada ramificação da linha de ar, a fim de permitir a eliminação da umidade condensada. Essa inclinação deve ser de, aproximadamente, 5 cm a cada 3 m de tubulação.

A tomada de ar deve ser feita por cima da linha de ar, evitando a entrada de umidade. A tubulação deve ser a mais direta possível. Se houver muitas uniões e cotovelos, há necessidade do uso de uma tubulação, de maior diâmetro, para reduzir a queda de pressão na linha de ar.

As Figuras 15.A e 15.B ilustram as linhas de ar, tanto para uso em pistola quanto para tanque de pressão.

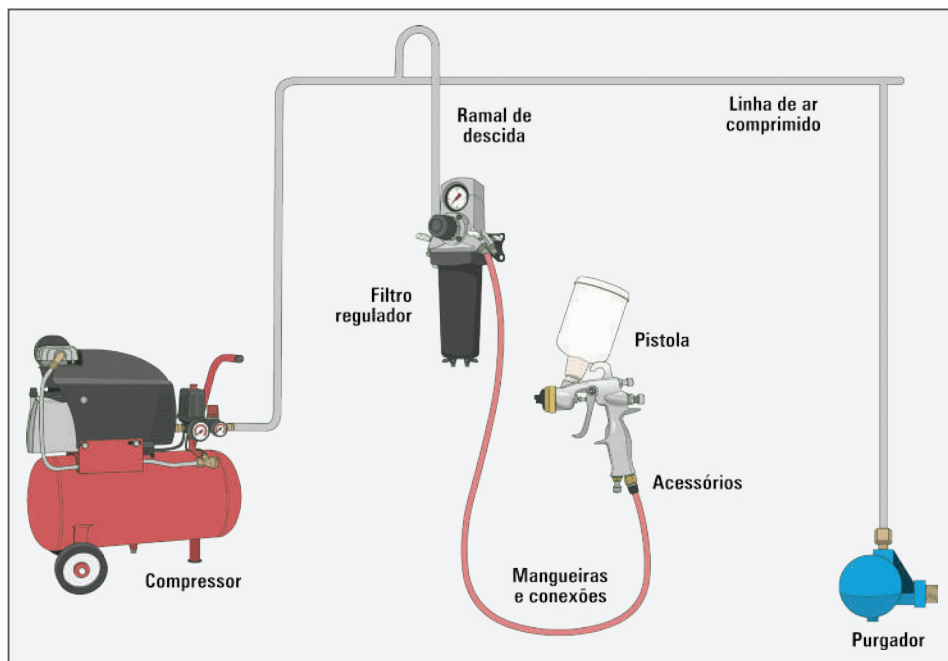


Figura 15.A - Linha de ar para pistola de pintura

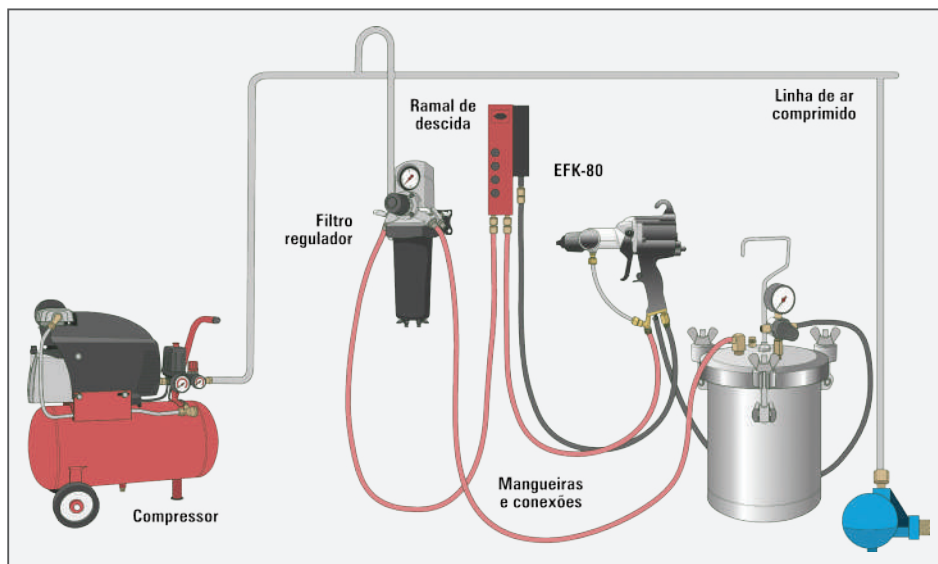


Figura 15.B - Linha de ar para tanque de pressão

### 3.4.2 Compressor

Pode-se dizer que o compressor é o coração da linha de ar. É responsável por admitir, comprimir e armazenar o ar em reservatório, normalmente integrado ao compressor. No mercado há três tipos básicos de compressores disponíveis.

a) Compressor de diafragma

Trabalha com pressão baixa, recomendado para revólver de pulverização de baixa produção. Não é utilizado para pintura profissional.

b) Compressor de pistão

Próprio para grandes produções, pois trabalha com pressão maior. O pistão que admite o ar para o interior da câmara e o envia para o reservatório possui um estágio. O primeiro pistão que admite o ar e encaminha-o para o segundo, que então o envia para o reservatório, possui dois estágios. O compressor de pistão acumula maior quantidade de ar em menor espaço de tempo.

c) Compressor de parafuso

É um compressor rotativo, constituído por dois rotores **helicoidais**: rotor macho (convexo) e rotor fêmea (côncavo). Geralmente, o rotor macho é acionado por um motor e a transmissão é feita por meio de engrenagens, obtendo-se uma elevada velocidade da máquina. O gás penetra no espaçamento entre os filetes dos rotores e, por meio do engrenamento dos filetes, é comprimido, progressivamente, e transportado até a abertura de descarga. O interior da câmara não requer lubrificação, pois não há qualquer espécie de contato, uma vez que o ar fornecido é isento de óleo.

A manutenção dos compressores varia conforme o modelo e o fabricante. Por isso, deve ser feita de acordo com o manual fornecido por ele. Porém, algumas recomendações são comuns a todos os compressores.

- O compressor deve ser instalado em sala apropriada, com isolamento acústico. O local de instalação deve ser limpo, para que o ar tenha o mínimo de contaminação e o filtro trabalhe com eficiência. Além disso, o local deve estar seco, evitando a condensação de umidade.
- O local deve ser bem ventilado, facilitando o resfriamento do ar e do compressor.
- O compressor deve estar nivelado, fixado ao piso e em local de fácil acesso à manutenção. O ideal é que fique bem próximo ao ponto de operação, evitando o uso de curvas e de conexões, com a finalidade de minimizar a perda de pressão através da linha.
- Ao final das atividades, o compressor deve ser drenado para evitar o acúmulo de água no reservatório.

### 3.4.3 Filtro regulador de ar

Outra parte muito importante do conjunto é o filtro regulador de ar. Esse elemento tem a função de eliminar toda umidade remanescente, filtrar as partículas sólidas presentes no ar e regular a pressão de acordo com a necessidade do pintor.



**Helicoidais:** engrenagens com formato de hélice ou semelhante a hélice.

Como mostra a Figura 16, um transformador de ar é constituído de:

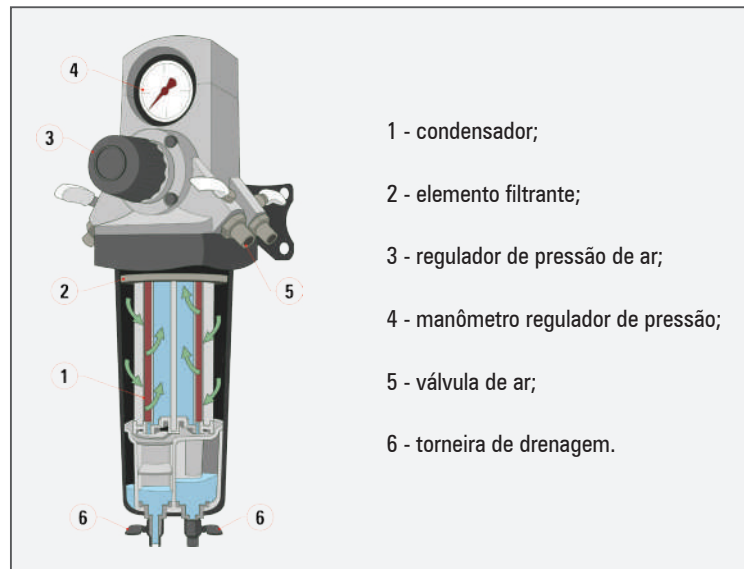


Figura16 - Filtro regulador de ar

O regulador de pressão de ar é um dispositivo, acoplado ao transformador, cuja finalidade é controlar a pressão de ar, mantendo-a no nível desejado, com o mínimo possível de flutuação de pressões. A regulação da pressão de ar é feita por meio de uma válvula de comando e a leitura em um manômetro, que indica a pressão em libras por polegada quadrada ou quilos por centímetro quadrado.

O transformador de ar deve ser instalado entre o compressor de ar e o equipamento de pulverização, o mais próximo possível deste último. Recomenda-se efetuar, diariamente, a drenagem do transformador de ar.

### 3.4.4 Mangueiras de ar

As mangueiras de ar devem ser de boa qualidade. Geralmente, são providas de estrias longitudinais que conferem resistência a abrasivos, evitando o desgaste externo provocado pelo constante atrito com o solo. São identificadas pela cor avermelhada.

Em função do atrito interno, é recomendado o uso de mangueiras curtas, evitando a queda de pressão. Se possível, um regulador de pressão deve ser acoplado, antes da entrada de ar, na pistola de pintura, a fim de garantir a pressão correta de pulverização.

### 3.4.5 Conexões

Existem vários tipos, tais como os adaptadores, os engates rápidos, os acoplamentos e as conexões, propriamente ditas. Elas devem se adequar ao trabalho a ser executado. O sistema de porca solta permite o rosqueamento, sem o inconveniente de a mangueira enrolar-se. Os engates rápidos, por outro lado, agilizam a troca de ferramentas. Importante destacar que as conexões não devem apresentar vazamentos, a fim de evitar perda de pressão.



## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que as técnicas empregadas em aplicação de tintas são variadas. Atualmente, há uma constante evolução na busca de maximizar os resultados e minimizar os custos e os danos ao meio ambiente.

Os métodos de pintura por imersão são os mais utilizados em linhas de fabricação, visto a necessidade de uma estrutura fixa na qual as peças são levadas à linha de pintura.

Os métodos de pulverização podem ser empregados tanto na pintura de peças recém-fabricadas quanto na manutenção. Para a aeronáutica, o método que apresenta maior rendimento é a pulverização convencional, pela versatilidade aliada ao baixo custo de operação.

O resultado final da pintura depende, também, da qualidade do ar comprimido utilizado na pulverização. A escolha adequada dos equipamentos, a instalação orientada pelos parâmetros do fabricante e a manutenção preventiva proporcionam garantia de ar comprimido de qualidade.



# Capítulo 4

## Pintura de aeronaves

A pintura de uma aeronave é o resultado de um trabalho que abrange limpeza, tratamento, isolamento, aplicação de tinta de fundo, intermediária, de acabamento, retoques, pintura de faixas, logotipos e controle de qualidade.

### 4.1 Pintura

O termo pintura pode ser empregado para vários ramos da atividade humana, subdividindo-se em dois principais grupos: industrial e artística. No industrial, a pintura pode ser preservativa ou decorativa. Então, pode-se dizer que a aeronáutica é industrial, com finalidades preservativas e decorativas, pois a estética faz parte do objetivo da pintura.

Os itens aeronáuticos e as aeronaves podem ser pintados na fábrica, em linhas de série, utilizando instalações fixas. A preparação e a aplicação da tinta podem ser manual ou mecanizada, à temperatura ambiente ou em estufas. As metodologias de pintura são indicadas pelos fabricantes.

A pintura pode ser realizada em campo, por meio de equipamentos móveis, e a cura à temperatura ambiente. Esta é a metodologia largamente utilizada na manutenção aeronáutica.

As pinturas realizadas em campo ou em linhas de montagem devem estar de acordo com as normas técnicas. Todo o sistema de pintura é definido na ordem técnica de pintura da aeronave, fornecida pelo fabricante. Esse documento disponibiliza as informações necessárias para realizar o serviço, incluindo o sistema de pintura.

Sistema de pintura é o conjunto de informações que relaciona a preparação completa da superfície, o ambiente de exposição, a temperatura de operação, o tipo de equipamento a ser usado, o esquema de pintura, o número de demãos, a espessura de camada seca e úmida, os intervalos máximos e mínimos para repinturas entre demãos, o tipo de diluente, a porcentagem de diluição, o tempo de secagem, o rendimento teórico e outras informações pertinentes ao processo.

Depois de executadas todas as etapas de preparação da superfície e definido o esquema de pintura, deve-se dar início a esta fase.

Esquema de pintura refere-se ao conjunto de tintas especificado para a aeronave. Por exemplo: tinta de fundo *primer* epóxi e tinta de acabamento esmalte poliuretano.

O esquema mais utilizado para a pintura de aeronaves é o seguinte: camada de tinta de fundo *primer* epóxi e camada de acabamento esmalte poliuretano. Considerando essa informação, será apresentada a sequência de procedimentos adotada para a realização da pintura pelo método de pulverização convencional com pistola de sucção.

Importante ressaltar que todos os passos devem ser realizados por pessoal treinado. A utilização de equipamento de proteção individual (EPI) é obrigatória, conforme normas regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Emprego. Os profissionais devem ter conhecimento das fichas de informação de segurança para produto químico (FISPQ) das tintas, dos catalisadores e dos solventes empregados na pintura.

A FISPQ é um documento, dividido em 16 seções, que apresenta informações sobre vários aspectos de um produto químico, voltadas à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente. Ela fornece informações básicas sobre os produtos, recomendações sobre medidas de proteção e, também, ações de emergência. É um documento normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A FISPQ é o meio de o fornecedor transmitir informações essenciais sobre os perigos dos produtos químicos que fabrica.

O armazenamento da tinta deve ser realizado conforme descrito na FISPQ. É conveniente que a tinta seja armazenada, inicialmente, com a tampa para baixo e invertida a cada três meses. Isso ajuda a evitar a sedimentação do pigmento no fundo do galão, facilitando a preparação posterior.

#### **4.1.1 Homogeneização das tintas**

A homogeneização da tinta é muito importante. No capítulo um, foi explicado que a tinta é formulada por produtos com densidades diferentes. Algum tempo após a fabricação, pela ação da gravidade, é normal que a tinta se separe em fases distintas. No fundo, fica a parte sólida de maior densidade (pigmento), na parte intermediária a resina e, na parte superior, o solvente.

Para garantir suas propriedades, a tinta deve ser completamente homogeneizada. Os passos estão ilustrados na Figura 17.

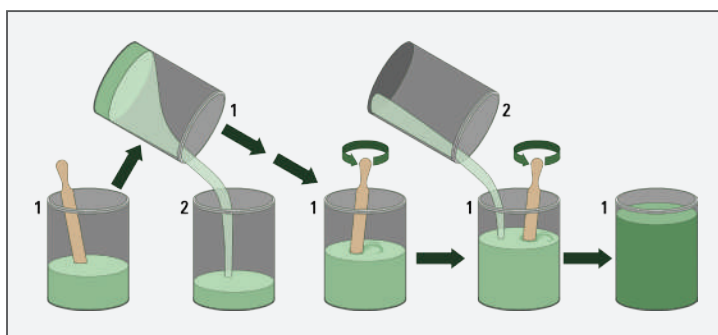


Figura 17 - Processo de homogeneização de tintas

Como é possível observar, a parte líquida é separada da parte sólida em um recipiente limpo. Usando uma espátula limpa, deve-se mexer bem a pasta formada pela resina com o pigmento e acrescenta-se, aos poucos, o líquido retirado anteriormente (mistura de resina e solvente). Ao final, a tinta deve estar completamente uniforme em uma única fase.

As tintas com dois componentes são fornecidas em duas latas distintas: uma com tinta (componente A) e outra com catalisador (componente B). Devem-se homogeneizar os componentes A e B conforme descrito anteriormente. Após completar a homogeneização, deve-se realizar a mistura dos dois componentes na proporção indicada no boletim técnico da tinta. Muitas vezes essa proporção é fornecida no rótulo da tinta.

A Figura 18 mostra os processos de catalisação e de homogeneização de tintas com dois componentes.

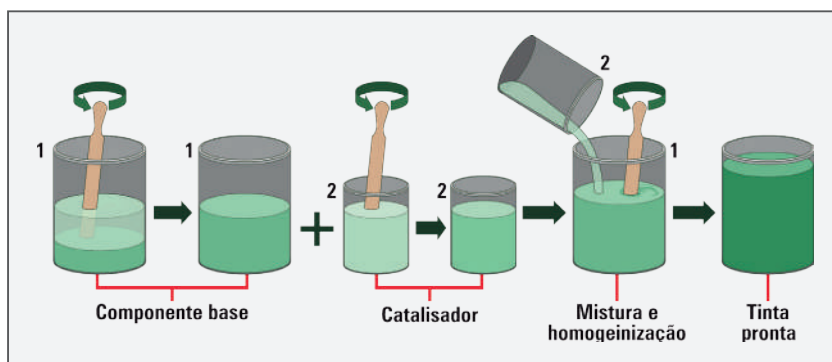


Figura 18 - Catalisação e homogeneização de tintas bicomponentes

A proporção da mistura pode ser dada em massa, usando-se balanças que pesam os componentes, ou em volume, normalmente, é utilizado copo *becker*, graduado para medir os componentes. No caso de grandes volumes, recipientes maiores são utilizados. Quando a catalisação é feita em proporções diferentes daquelas recomendadas pelos fabricantes, o resultado pode ser muito ruim. O processo de cura pode ser prejudicado, a aderência pode ser comprometida, as resistências física e química podem ser desfavorecidas, bem como a estética. Quando isso ocorre, o recomendado é remover toda a camada e iniciar a pintura novamente.

## 4.1.2 Tempo de indução

Quando a tinta é catalisada, inicia-se uma reação química. O tempo necessário à completa reação dos componentes é chamado de tempo de indução. Se a proporção é respeitada, todos os componentes reagem sem que ocorram sobras. A proporção e o tempo de indução, fornecidos pelos fabricantes nos boletins técnicos da tinta, são baseados em cálculos **estequiométricos**. Na Figura 19, é possível observar a comparação entre a cura da tinta, quando o tempo de indução não é respeitado e quando é respeitado.



**Estequiométricos:** é o cálculo que permite relacionar quantidades de reagentes e produtos, que participam de uma reação química com o auxílio das equações químicas correspondentes.

**Viscosidade cinemática:** é a razão entre a viscosidade absoluta e a densidade, a dimensão da viscosidade cinemática é [comprimento<sup>2</sup>/tempo] no SI.

**Propriedades newtonianas:** líquidos com padrão de escoamento previsto pela física clássica cuja viscosidade permanece constante.

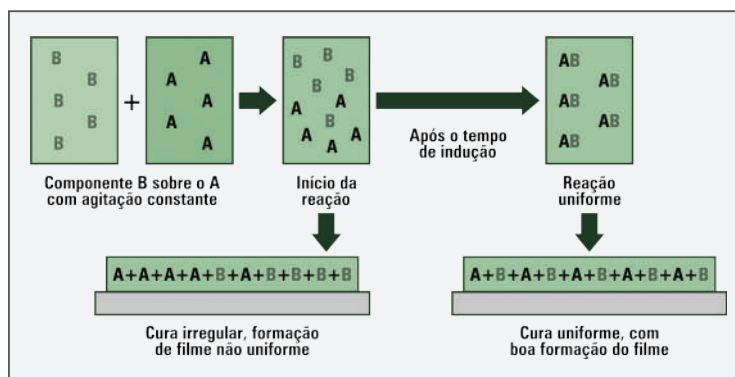


Figura 19 - Comparação do processo de cura da tinta bicomponente com e sem tempo de indução

## 4.1.3 Diluição da tinta

As tintas são formuladas pelos fabricantes com uma consistência pouco viscosa (grossa) para aplicação com rolo ou pincel. Isso ajuda a evitar a sedimentação do pigmento e proporciona a possibilidade de armazenar maior quantidade com menos volume. Antes da aplicação e após a catalisação, as tintas bicomponentes devem ser diluídas para que fiquem com a viscosidade ideal à aplicação (afinar a tinta).

A proporção de diluição é fornecida em porcentagem de volume. O diluente deve ser adicionado à tinta, conforme recomendação do fabricante, e misturado até a tinta ficar totalmente homogênea. Para evitar problemas de incompatibilidade, é importante utilizar o diluente recomendado pelo fabricante, de preferência da mesma marca.

Para verificar se a viscosidade está de acordo com a norma técnica, utiliza-se um instrumento chamado viscosímetro. Segundo Barbosa e Rodrigues (2004, p. 1), no mercado existem vários tipos de instrumentos destinados a medir **viscosidade cinemática** de produtos com **propriedades newtonianas**. Um desses instrumentos é o viscosímetro do tipo copo Ford, muito utilizado para medir a viscosidade dos fluidos para pulverização.

O copo Ford número 4 é um viscosímetro confeccionado em alumínio, de forma cilíndrica e fundo cônico, com um furo de 4 mm, que oferece um padrão de viscosidade da água de dez

segundos. Assim, a água leva exatos dez segundos para escoar completamente do recipiente. Na Figura 20, é possível ver o viscosímetro.

Para medir a viscosidade com esse instrumento, alguns procedimentos devem ser adotados.

- Com o orifício inferior tampado, a tinta catalisada e diluída deve ser colocada no recipiente até o limite, ocupando todo o volume.
- Na parte superior do viscosímetro, passa-se o raspador de vidro para retirar o excesso de tinta.
- Ao mesmo tempo, deve-se desobstruir o orifício e começar a marcar o tempo de escoamento da tinta.
- O tempo que leva para escoar toda tinta é proporcional à viscosidade.

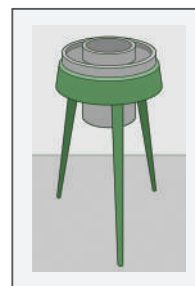


Figura 20 - Viscosímetro copo modelo Ford n. 4

A viscosidade é fornecida em intervalos porque, na prática, é muito difícil diluir a tinta de forma que apresente uma viscosidade exata.

Os boletins técnicos dos fabricantes especificam o modelo do equipamento para medir a viscosidade e o tempo de escoamento, em segundos. Por exemplo: na Figura 21, pode-se notar a especificação de diluição da tinta esmalte poliuretano em um intervalo entre 80 e 110 segundos. Isso significa que, para esses intervalos de vazão no copo Ford número 4, a tinta apresenta viscosidade ideal para a aplicação, segundo a norma.

<b>BOLETIM TÉCNICO ESMALTE PU HS ACRÍLICO ALIFÁTICO</b>	
<b>Descrição:</b>	Produto formulado à base de resina acrílica hidroxilada em combinação com pigmentos de alta qualidade fornecido em 02 (dois) componentes.
<b>Uso e aplicações:</b>	Recomendado como acabamento de excelente retenção de brilho e cor associando resistência química e intempéries.
<b>Código do produto:</b>	BT 24
<b>Tipo de veículo:</b>	Acrílico Hidroxilado - Poliscianato Alifático
<b>Teor de sólidos:</b>	Por peso: 53 a 58%      Por volume: 41 ± 2%
<b>Diluyente:</b>	Diluyente para PU      TD 06.00.107
<b>Viscosidade à 25 °C CF4:</b>	80 a 110 seg. ←
<b>Método de aplicação:</b>	Revolver / Airless
<b>Nº demãos recomendadas:</b>	01 - 02 demão
<b>Espessura seca por demão:</b>	45 a 55 Micrômetros

Figura 21 - Exemplo de boletim técnico de esmalte poliuretano

#### 4.1.4 Vida útil da tinta

A vida útil de uma tinta é o intervalo de tempo em que pode ser utilizada, sem qualquer prejuízo de sua qualidade. Tintas monocomponentes podem ser guardadas para uso posterior, desde que sejam diluídas com o produto especificado pelo fabricante. No caso de tintas de dois

componentes, existe um intervalo de tempo, após a catalisação (*pot life*), em que a tinta pode ser aplicada. Depois desse intervalo, a tinta perde todas as propriedades e não deve ser utilizada. O tempo de vida útil de uma tinta é inversamente proporcional à temperatura, pois quanto maior ela for, menor o tempo de utilização. Existe, também, uma relação entre o *pot life* (tempo de vida) e o volume de tinta. Para grandes volumes, o tempo de vida é reduzido. Assim como todas as outras informações, o boletim técnico da tinta deve ser consultado.

#### 4.1.5 Intervalo entre demãos

Entre uma demão de tinta e outra, é necessário esperar um tempo para a evaporação do solvente. Muitos problemas de pintura estão relacionados a intervalos pequenos entre as demãos, como escorrimientos, por exemplo. Caso o tempo seja muito grande, pode ocorrer a cura completa da camada, prejudicando a ancoragem da próxima camada. Nesse caso, o correto é fazer um lixamento, recuperando o perfil de rugosidade ideal para a aplicação da próxima demão de tinta. Sempre conforme norma técnica do fabricante.

#### 4.1.6 Método de aplicação

As principais técnicas de aplicação de tinta, pelos métodos de pulverização convencional com pistola de pintura por sucção, são apresentadas a seguir.

Depois de preparada a tinta, conforme descrito anteriormente, deve-se abastecer o caneco em torno de 80%, para evitar derramamentos de tinta. O primeiro passo é ajustar o leque de pulverização. Na figura 22, é possível observar o corte de uma pistola de pintura comum de sucção.

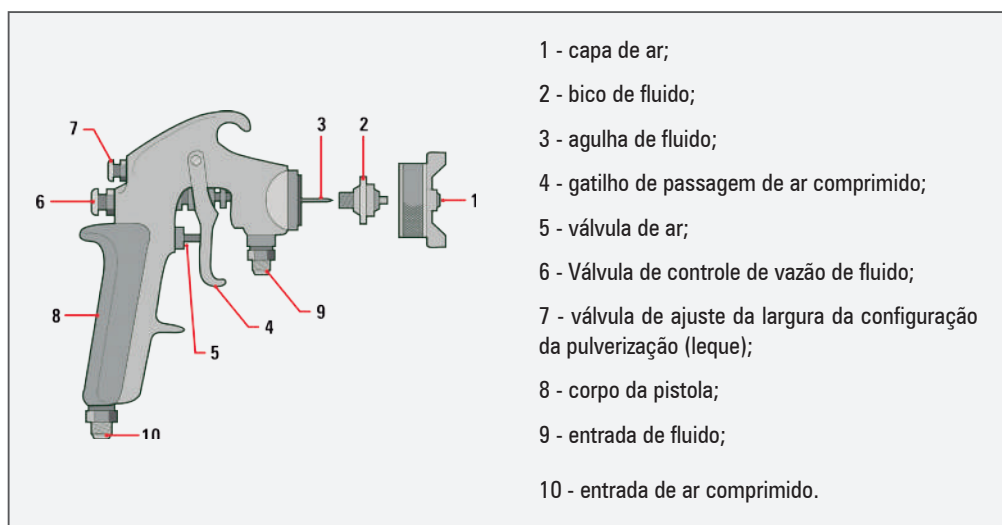


Figura 22 - Corte de uma pistola de pintura

O elemento mais importante para o ajuste do leque de pulverização é a capa de ar. Os orifícios do chifre da capa de ar são responsáveis por formar o leque de pulverização e a válvula de ajuste



do leque controla o tamanho. O leque de pulverização é a figura formada pela tinta pulverizada em uma superfície plana, como pode ser observado na Figura 23.

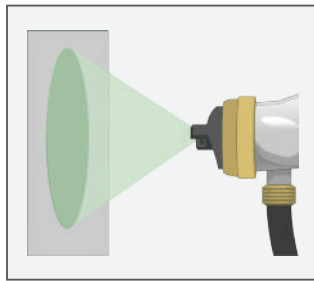


Figura 23 - Leque de pulverização

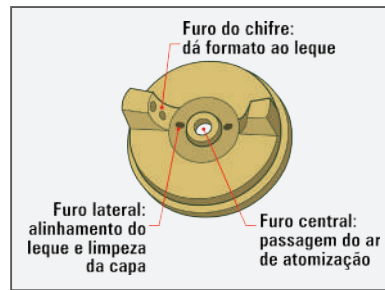


Figura 24 - Capa de ar

O leque apresentado na Figura 23 está na posição vertical, significando que a capa de ar está na posição indicada na Figura 25.A. Existe a possibilidade de girar a capa em 90° para posicionar o leque na horizontal, como mostra a Figura 25.B.

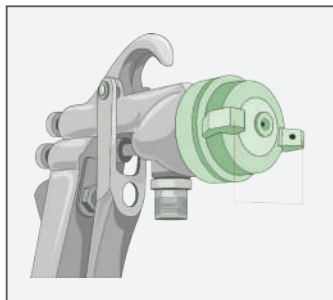


Figura 25.A - posição da capa de ar para forma leque vertical

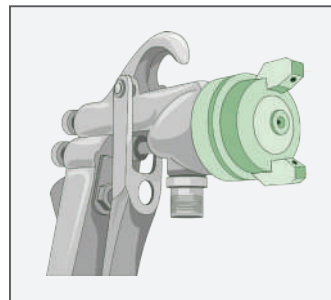


Figura 25.B - posição da capa de ar para forma leque horizontal

Ajustado o leque, a pistola deve ser posicionada paralela à superfície a ser pintada. A distância correta depende do ajuste do leque e da diluição da tinta. Na prática, o pintor desenvolve habilidade para ajustar a distância corretamente. Na maioria dos casos, a distância fica em torno de 15 cm a 20 cm da superfície, como ilustra a Figura 26.

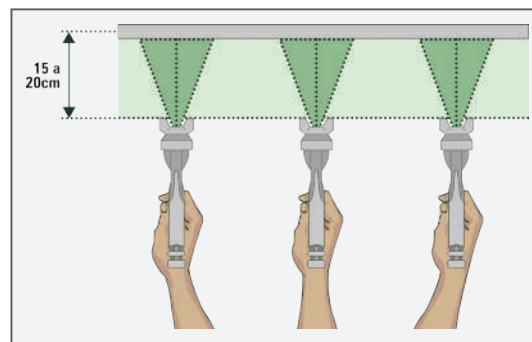


Figura 26 - Distância de posicionamento da pistola de pintura durante a pulverização

Caso a pistola seja posicionada muito próxima à superfície, ocorre acúmulo excessivo de material, ocasionando o escorrimento. Se a pistola for posicionada muito longe da superfície, o solvente evapora, recobrendo-a com um pó sem propriedades protetoras. Este defeito é chamado de empoeiramento, também conhecido como *overspray*. A Figura 27 mostra os posicionamentos incorretos da distância da pistola.

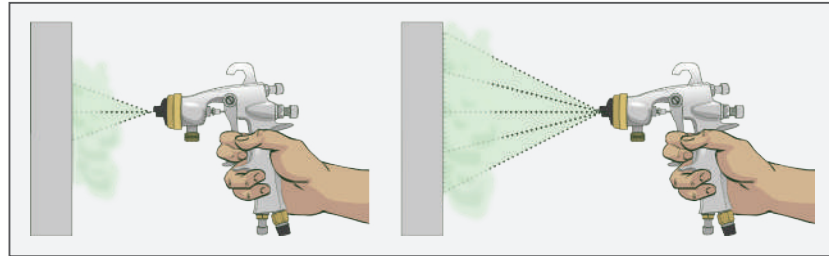


Figura 27 - Posicionamento com distâncias incorretas da pistola de pintura

Outro fator importante é segurar a pistola perpendicular à superfície a ser coberta durante todo o tempo de trabalho. A Figura 28 representa a maneira correta e incorreta de empunhar a pistola.

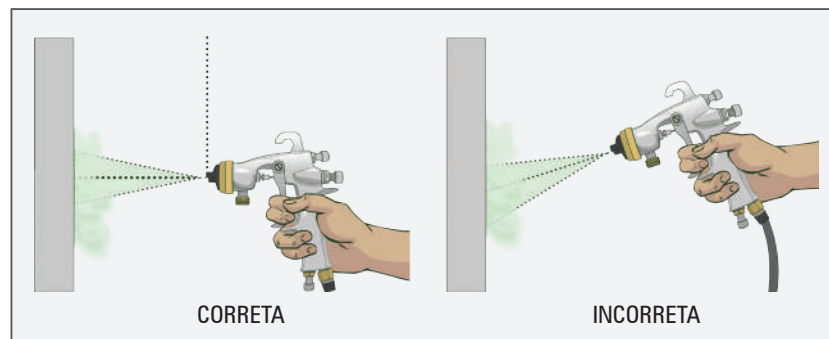


Figura 28 - Posicionamento da pistola de pintura

Em certos trabalhos, pode ser necessário inclinar a pistola, mas esse procedimento é excepcional. Ao posicionar corretamente, o recobrimento deve ser realizado com movimentos de ida e volta. É importante mantê-la perpendicular à superfície para evitar a formação de camada irregular. O movimento de arco, ilustrado na Figura 29, está incorreto.

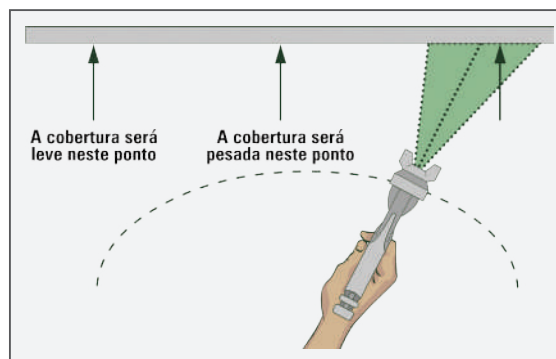


Figura 29 - Movimento incorreto na passada

O gatilho controla a saída de material e funciona em dois estágios. O primeiro é acionado levemente, abrindo apenas a passagem de ar para o chifre da capa de ar. O segundo é puxado até o final e libera a pulverização da tinta. Para evitar escorrimentos ou desperdícios e garantir a qualidade estética, antes do início da superfície e ao final de cada passada deve-se acionar apenas o primeiro estágio da pistola. No limite anterior ao início da superfície, aciona-se o segundo estágio, permanecendo constante até o final da passada. Neste momento, volta-se para o primeiro estágio até iniciar, novamente, o movimento de volta. No caso de pintura de um painel, o correto é primeiramente pintar as bordas, depois completar o restante com movimentos de ida e volta, com sobreposição de camadas, conforme pode ser observado na Figura 30.

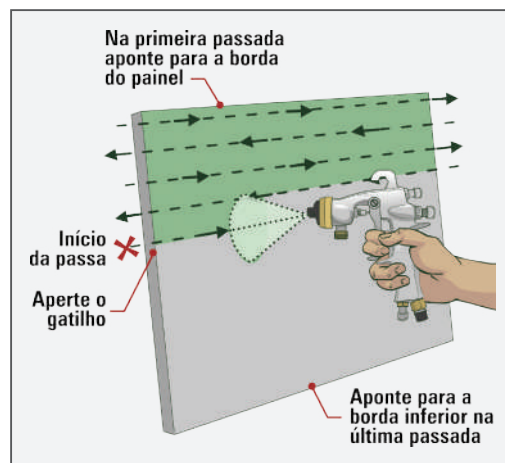


Figura 30 - Procedimento para recobrir painel plano

A sobreposição da camada deve ser feita em torno de 50% da camada anterior. Em alguns casos, pode ser de 75%, para formar uma camada mais espessa, como ilustrado na Figura 31.

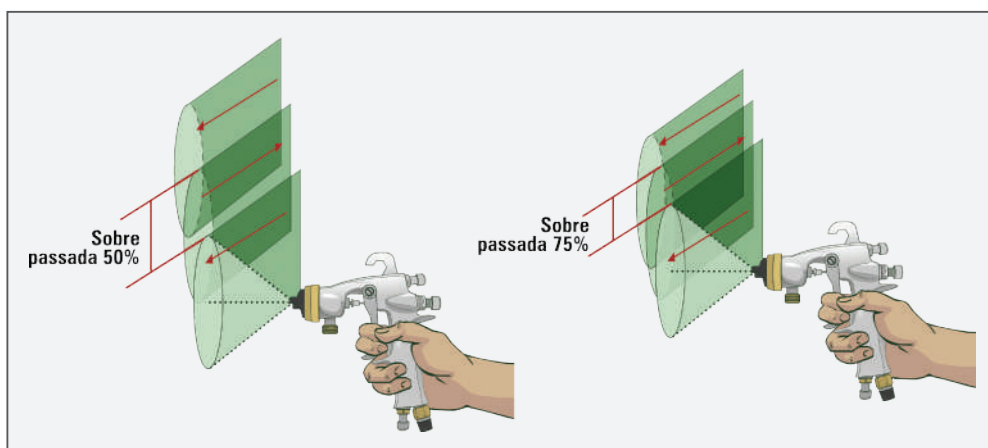


Figura 31 - Sobreposição de camadas

Para preencher um painel de grandes dimensões, o correto é realizar a pintura por partes, como mostra a Figura 32.

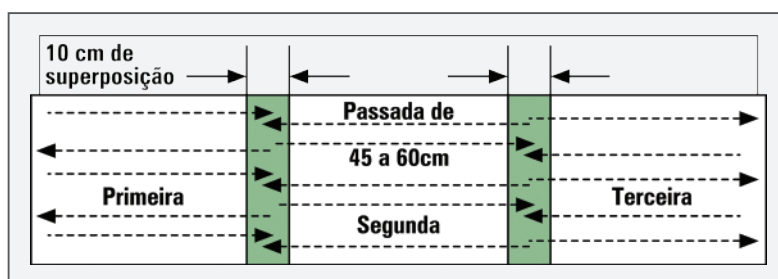


Figura 32 - Preenchimento de painéis longos

Inicialmente, preenchendo um primeiro painel, cuja passada deve ser em torno de 45 a 60 cm de largura (variando conforme envergadura do pintor). Na sequência, deve-se preencher um segundo painel, com sobreposição em relação ao primeiro, de 10 cm para evitar o aparecimento de falhas na camada final. Esse procedimento deve ser repetido sucessivamente até que se complete todo o painel. A pintura das fuselagens de aeronaves é feita da mesma forma.

#### 4.1.7 Condições ambientais

As condições do ambiente devem ser monitoradas, pois existe um intervalo de temperatura e umidade relativa no qual a tinta pode ser aplicada. Para valores inferiores ou superiores aos recomendados pelo fabricante, a tinta não deve ser aplicada. Caso contrário, muitos problemas de aderência e estética podem surgir. O ideal é realizar o procedimento em cabines de pintura que forneçam um ambiente controlado. A cura pode ocorrer espontaneamente ao tempo ou em estufa.

A pintura aeronáutica é uma atividade técnica baseada em normas internacionais que garantem a confiabilidade e a segurança de todos que utilizam o avião como meio de transporte. No decorrer deste capítulo ficou bem clara a importância das normas técnicas. Todas as informações sobre os procedimentos de preparação e de aplicação da tinta estão descritas nos boletins técnicos do fabricante. O profissional da área de pintura está sujeito a trabalhar com materiais de fabricantes diferentes. Em geral, as mudanças dos parâmetros sofrem poucas variações de fabricante para fabricante. De qualquer maneira, o profissional deve estar sempre alerta e utilizar a norma correta.

#### 4.1.8 Aplicação de tinta de fundo

Os procedimentos a serem adotados na pintura de fundo, com *primer* epóxi dois componentes, para peças e aeronave são descritos a seguir. Destaca-se que este roteiro representa um exemplo e, conforme necessidade e conveniência, pode sofrer alterações.

- Verificar a validade da embalagem (*shelf life*).
- Homogeneizar a tinta.
- Catalisar a tinta na proporção indicada no boletim técnico.
- Diluir na porcentagem indicada pelo fabricante (utilizar diluente do mesmo fabricante).
- Filtrar a mistura com tela de *nylon* ou tecido especial.
- Aguardar o tempo de indução, conforme orientação do boletim técnico.
- Após o tempo de indução, aplicar o produto com número de demão e camada especificado na ordem técnica da aeronave ou das peças.
- Ao final do tempo do *pot life*, descartar o produto em local apropriado e realizar a limpeza da pistola de pintura.
- Respeitado o tempo de cura, realizar controle de qualidade.

### 4.1.9 Aplicação de tinta de acabamento

A tinta de acabamento deve ser aplicada logo após a de fundo, respeitado o intervalo entre demãos. Quando a tinta de fundo for aplicada em camadas secas, ou que tenham extrapolado o intervalo entre elas, é necessário realizar lixamento para reativar a camada e criar perfil de rugosidade adequado. O roteiro deve ser repetido para a tinta de acabamento.

Após a cura, para manuseio, iniciam-se as tarefas de isolamento de faixas, áreas nas quais ocorre sobreposição de cores, logotipos, matrícula da aeronave e outros detalhes para receber a pintura. Aplica-se a tinta com a cor da respectiva área, da mesma forma que a de acabamento.

## 4.2 Repintura

A aplicação de tinta é uma tarefa complexa, sujeita a falhas na aplicação. A repintura de peças e de aeronaves deve ser executada para reparar defeitos de aplicação, explicitados a seguir.

- Fervura: presença de várias bolhas pequenas que aparecem em parte ou em toda a superfície pintada, podendo ou não apresentar um pequeno orifício central.
- Enrugamento: presença de microrrugos na superfície ou encolhimento da película de tinta, aplicada em parte ou em toda a área, parecida com um tecido amassado. Ondulação da película, ocasionada por uma secagem irregular.
- Empolamento ou bolhas: formação de bolhas contendo sólidos líquidos ou gases.
- Escorrimento: em superfícies verticais, as tintas tendem, por ação da gravidade, a se deslocarem, quando líquidas, em forma de onda ou gotas até a parte inferior.
- Trincamento: a superfície apresenta minúsculas trincas.
- Empoeiramento: após a secagem da tinta, a superfície apresenta-se áspera ao toque, com partículas sólidas salientes e aderidas ao filme.
- Sangramento: aparecimento de manchas em uma película, especialmente pelo afloramento da cor da tinta de fundo. Migração parcial dos pigmentos da pintura antiga para a película do novo acabamento, geralmente vermelhos e marrons.
- Descascamento ou falta de aderência: descascamento, parcial ou total, do filme de tinta do substrato. Consiste na perda de aderência entre a película e o substrato ou das diversas demãos entre si.
- Casca de laranja: irregularidades da superfície pintada, lembrando o aspecto de casca de laranja (filme não uniforme, microrrelevos).
- Névoa branqueamento (*brushing*): esbranquiçamento da superfície. A evaporação dos solventes provoca o resfriamento do filme a temperaturas abaixo do ponto de orvalho. A água condensada no filme provoca a precipitação das resinas e dos pigmentos, gerando o aspecto leitoso e a falta de brilho.

- Impurezas no filme: defeitos semelhantes a minúsculos grânulos, que ocorrem aleatoriamente na superfície.
- Marcas de lixa: aspecto de riscos no filme de tinta sobre o substrato, retratando parcial ou totalmente a peça.
- Baixa cobertura: o filme aplicado deixa transparecer o fundo da chapa ou a cor da tinta de fundo (*primer*) após a aplicação da tinta.

Em alguns casos, o procedimento recomendado é realizar o lixamento e aplicar nova película de acabamento. Em outros, como no caso de falta de aderência, a solução é remover toda tinta antiga e começar o processo do zero.

Mesmo uma película perfeitamente aplicada degrada-se ao longo do tempo. Não existe tinta que dure para sempre, pois, gradualmente, perde suas características protetoras. Os três maiores inimigos, capazes de reduzir a vida útil dela são: a luz do sol, a mudança de temperatura e a umidade. As aeronaves estão sujeitas a essas condições. Quando as películas estão degradadas, ou quando há necessidade de realizar inspeções visuais no revestimento e nas estruturas, realiza-se a remoção da tinta antiga e a repintura, conforme já explicado. É importante ressaltar que não é recomendado refazer toda a fuselagem sem remover a tinta antiga várias vezes, pois o acúmulo de peso pode prejudicar seu desempenho.

### 4.3 Controle da qualidade

Em muitos ramos, o controle de qualidade é a fase de inspeção do produto final. Porém, esse tipo de abordagem não funciona para a aplicação de tintas. Para a pintura aeronáutica, controle de qualidade compreende o acompanhamento de todas as fases do processo, do recebimento do material à entrega do produto final.

Os procedimentos a serem adotados em todas as fases devem estar descritos no esquema de pintura: ações de preparação da superfície, especificação da tinta, espessura da camada, método de aplicação, ensaios, a serem realizados durante e após a aplicação, e os critérios de aceitação e rejeição.

Deve-se garantir a qualidade das tintas utilizadas na aplicação. Isso pode ser feito em laboratórios que realizam teste de conformidade da tinta, atestando sua qualidade, ou por meio de seleção e de qualificação de fornecedores. Neste último caso, pode-se exigir certificados de qualidade da tinta.

O pessoal envolvido na atividade de pintura deve ser capacitado e treinado. Por ser uma atividade extremamente técnica, os profissionais têm de possuir conhecimentos teóricos e habilidade para executar os procedimentos. É essencial a conscientização quanto à importância da qualidade e da prevenção dos riscos à saúde do colaborador e da proteção ao meio ambiente.

A documentação técnica deve estar em local próximo às oficinas de trabalho, promovendo fácil acesso aos trabalhadores que devem ser, permanentemente, incentivados à leitura e à consulta dos documentos.



**Rastreabilidade:** propriedade de um resultado de medição que pode ser relacionado a uma referência por meio de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.

Os aparelhos e os instrumentos de medição devem estar calibrados por entidade credenciada na Rede Brasileira de Calibração (RBC) subordinada ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), garantindo a confiabilidade e a rastreabilidade. Os instrumentos devem estar identificados com etiquetas que atestam a validade de calibração. Os equipamentos com calibração vencida ou que não estejam calibrados devem ser separados dos demais para evitar que sejam utilizados por engano. Todo equipamento de medição deve sofrer manutenção periódica e ser guardado em local apropriado.

Deve ser elaborado um plano de inspeção que contemple os procedimentos e os critérios a serem adotados. Esse plano deve conter, no mínimo: a definição das etapas inspecionadas, os procedimentos, a frequência de inspeção de cada etapa e a definição dos critérios de aceitação ou de rejeição a serem observados, tomando como base as normas técnicas.

As ações de controle de qualidade não se limitam às descritas anteriormente. Qualquer esforço no sentido de melhorar o produto final é louvável.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que a pintura de aeronaves é uma atividade complexa. As fases anteriores à aplicação da tinta são vitais para a qualidade do produto final. Por isso, é muito importante ter o conhecimento prévio de todo sistema de pintura para planejar as atividades, otimizando o resultado.

Os profissionais que executam serviços de pintura devem conhecer as FISPQs dos produtos que utilizam e as NR do Ministério do Trabalho, a fim de praticar as medidas de prevenção de acidentes de trabalho.

As tintas devem ser homogêneas, catalisadas e diluídas conforme boletim técnico. Os tempos de indução, intervalos entre demão e vida útil da tinta devem ser respeitados para garantir as propriedades informadas pelo fabricante.

Para perfeita aplicação da tinta, por pulverização com pistola convencional, é muito importante ajustar corretamente o leque de pulverização, manter a pistola na distância ideal, perpendicularmente à superfície, e realizar a passada em movimentos de ida e volta com sobreposição de camadas. As condições ambientais devem ser monitoradas durante a execução do serviço. A aplicação da tinta de fundo e de acabamento deve obedecer a uma sequência planejada, respeitando os parâmetros contidos nas normas técnicas.





# Unidade 2

## Estruturas de aeronaves

A gênese é a origem, o princípio de tudo. A formação da base, de qualquer artefato, tem seu princípio na construção dos membros estruturais que formarão os alicerces sólidos ou o corpo de um determinado engenho. Sua constituição é composta de materiais dos mais variados, tais como plásticos, resinas, *nylon*, fibra de vidro, carbono e ligas metálicas.

A estrutura de aeronaves é um complexo de artefatos que se misturam e se completam, fazendo o engenho aeronáutico funcionar perfeitamente. As ligações e interligações darão as condições da operacionalidade da aeronave. Os encaixes das partes fazem com que as peças trabalhem adequadamente, inclusive prevenindo desgastes naturais.

Esta unidade é composta de cinco capítulos. O primeiro discorrerá acerca da estrutura de aeronaves, conceitos gerais de partes estruturais das aeronaves, como longarinas, nervuras, estais, montantes, suportes e requisitos para resistência estrutural.

O segundo capítulo falará sobre os estudos das estruturas de helicópteros. Serão tratados os componentes desta aeronave de asa rotativa, caracterizando as diferenças estruturais dos helicópteros em relação à aeronave de asa fixa.

O terceiro, por sua vez, abordará as estruturas metálicas e não metálicas e suas repercussões no que se refere à utilização dos rebites em todos os seus aspectos, para estruturas metálicas e compostas.

O quarto capítulo versará sobre o ambiente de trabalho na organização de manutenção de aeronaves, que engloba todo o aparato de uma oficina, bem como o desenvolvimento dos serviços mantenedores, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), sobretudo na seção de usinagem, passando pelos riscos nos tipos de trabalho mais comuns nos membros estruturais.

O último capítulo fará alusão a três estudos de caso que tiveram falhas estruturais.



# Capítulo 1

## Estrutura de aeronaves

Estrutura é a base, o esteio de um corpo. No caso específico dos imóveis (casas, apartamentos), ela se caracteriza por um sistema com grau de movimentação (deformidade) que acontece de forma natural, em função de forças que atuam em seus pilares estruturais. Da mesma sorte, vigas, colunas e alicerces serão o sustentáculo para absorver os atritos, as forças e as situações adversas que acometerão a estrutura de um imóvel.

Fazendo uma analogia com as aeronaves, as partes estruturais das asas, da fuselagem e dos estabilizadores deverão suportar os estresses que assolam as bases estruturais destes engenhos aeronáuticos. Componentes estruturais que formam a constituição das aeronaves evoluíram com uma ampla variedade de materiais novos, recepcionados pela indústria aeronáutica.

Os primeiros aviões, no entanto, foram construídos com estrutura de madeira. Esta, por sua vez, tem uma grande desvantagem, pois, quando as madeiras atuam em locais úmidos, estão mais suscetíveis a enfraquecer rapidamente nas suas bases estruturais. Além disso, onde há junção realizada com colas nos locais da estrutura das aeronaves, haverá um desgaste exacerbado não só pelo aspecto mecânico, mas, também, pela ação de elementos químicos e físicos.

Todavia, outros aviões foram construídos e constituídos de tubos de aço e demais materiais como alumínio, mais usuais na aviação moderna.

### 1.1 Estrutura - conceitos gerais

De acordo com o artigo 106 da Lei nº 7.565/1986, “aeronave é todo aparelho manobrável em voo, que possa sustentar-se e circular no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas, apto a transportar pessoas ou coisas” (BRASIL, 1986, p. 1).

Para a aeronave cumprir seu objetivo, ou seja, sustentar-se no ar para transportar pessoas ou cargas (executará algumas ações e movimentos oriundos dos controles de voo), ela sofrerá reações aerodinâmicas, as quais atingirão as bases estruturais.

Qualquer engenho, terá um corpo. No caso da aeronave, esse corpo é denominado fuselagem, que é a sua parte principal. As outras quatro partes da aeronave são as asas, os estabilizadores, as superfícies de controle e o trem de pouso. Todos esses componentes são constituídas de uma enorme variedade de materiais de aviação, bem como de membros estruturais.

#### 1.1.1 Membros estruturais

Os membros estruturais são partes integrantes da composição da aeronave, que darão o pilar (esteio) na constituição interna do **produto aeronáutico**. Este último pode ser entendido como



**Produto aeronáutico:** significa qualquer aeronave civil, motor ou hélice de aeronave ou aparelho neles instalado.

a aeronave, o motor ou a hélice. Os membros são elaborados e projetados pela engenharia com o objetivo de resistir a esforços, suportar cargas e estresses oriundos da intensa operação na atividade aérea.

São membros estruturais os reforçadores, as longarinas, as vigas de reforços, as nervuras, as paredes, as cavernas, os revestimentos, entre outros. A seguir, serão detalhados os principais membros estruturais.



**Aerofólio:** corpo aerodinâmico capaz de gerar sustentação e não criar arrasto excessivo.

**Aeronave de asa fixa:** Aparelho manobrável em voo, capaz de sustentar-se no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas nas asas fixas.

**Operações aéreas:** operação de aeronave que envolve transporte aéreo público e transporte aéreo privado.

- a) Longarina - peça estrutural principal de um aerofólio usada na montagem das asas, dos estabilizadores e da fuselagem, sendo fabricada com ligas metálicas. Consiste em uma espécie de vareta ou tubo interno à asa, perpendicular às nervuras, com a função de dar resistência ao aerofólio.
- b) Nervura - consiste no membro estrutural que dá o contorno (perfil aerodinâmico desejado) aos aerofólios, o qual será recoberto pelo revestimento.
- c) Viga de reforço - longarina de pequena monta. É mais leve e numerosa dentro do conjunto aeronáutico.
- d) Cavernas - membros estruturais que dão o formato nas fuselagens das aeronaves.

### 1.1.2 Sistema de numeração das estações da fuselagem

Grande parte dos fabricantes de aeronaves utiliza um sistema de numeração, cujo objetivo é facilitar a localização de componentes, sistemas das aeronaves ou qualquer membro estrutural. O trabalho da engenharia aeronáutica é delimitar marcações (estações), que facilitam a possibilidade de alterações no projeto aeronáutico, bem como qualquer intervenção de manutenção no avião.

O catálogo ilustrado de peças é a publicação técnica da aeronave que dará tal indicação, pois mostra de forma detalhada o componente estrutural e também o sistema com vistas explodidas, em uma identificação minuciosa.

A estrutura de uma aeronave de asa fixa, para fins didáticos, poderá ser dividida em cinco partes principais: fuselagem, asas, naceles ou casulos, empenagem e trem de pouso. Elas serão detalhadas a seguir.

#### a) Fuselagem

Corpo principal do engenho aeronáutico, no qual são fixadas as asas, a empenagem (estabilizadores vertical e horizontal), o trem de pouso, as superfícies de controle de voo e o grupo motopropulsor. Pelo fato de fazer conexão com outras partes das aeronaves, a fuselagem tem a função de conter cargas, passageiros, instrumentos de voo e outros componentes elétricos e eletrônicos. O grande desafio é projetar uma aeronave com estrutura leve, mas resistente, capaz de suportar, de modo seguro, as adversidades (estresses) durante as operações aéreas.

#### b) Asas

A estrutura alar consiste em superfícies estruturais desenvolvidas para produzir sustentação à aeronave. Ela fornece a força necessária à suspensão e o meio eficaz de suportar o peso da aeronave em voo. Essa estrutura compreende as longarinas, nervuras, tirantes e montantes.



**Intempéries:** clima adverso que repercute na performance da aeronave.

A asa está fixada ao corpo da aeronave por intermédio da raiz, que deverá ser construída com solidez tamanha a suportar as **intempéries** e as situações atmosféricas adversas. Portanto, uma estrutura com armação rígida constituída de liga metálica rebitada e aparafusada, em uma peça de materiais, é conectada por rebites, parafusos, adesivos, etc. Nesse contexto, o desenho e a construção de um determinado tipo de asa para um específico tipo de aeronave dependerá de uma série de fatores, como tamanho, peso, finalidade da operação da aeronave e velocidade de voo.

Geralmente, a asa aloja no seu interior os tanques de combustível e o trem de pouso. Pode também ser o ponto de fixação do grupo motopropulsor, como no caso mostrado na Figura 1.



Figura 1 - Avião com motores fixados nas asas  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Batista.

Seguindo o exemplo do que acontece com a fuselagem, a longarina das asas é o seu principal membro estrutural. São geralmente presas ao corpo da aeronave, por intermédio de ferragens da asa e do sistema de amarração metálica.

A longarina é o primeiro membro a ser instalado durante a construção de uma seção. Todos os demais membros estruturais serão instalados direta ou indiretamente a ela.

As nervuras são membros estruturais que darão o formato aerodinâmico do aerofólio das asas, compreendendo desde o bordo de ataque até o bordo de fuga destas.

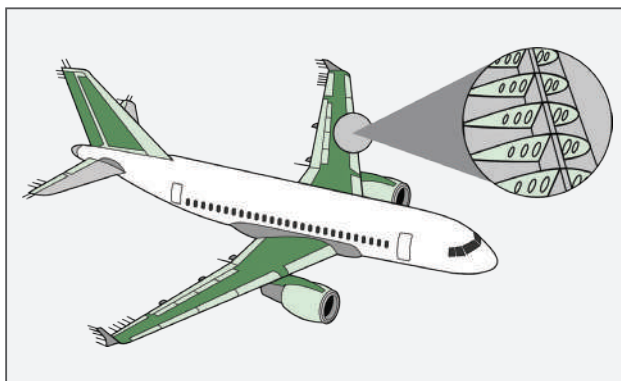


Figura 2.A - Longarinas e nervuras nas asas

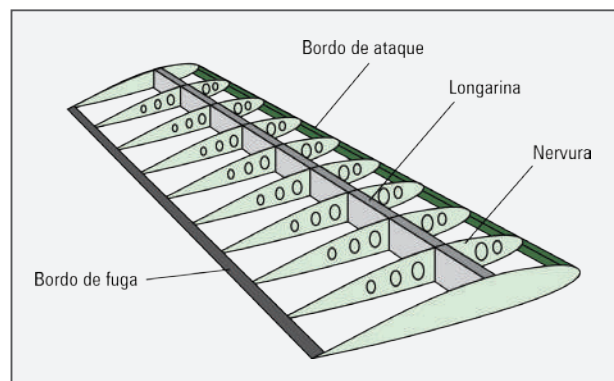


Figura 2.B - Membros estruturais nas asas

Os montantes das asas são componentes estruturais que ficam situados ao lado das nervuras e entre as longarinas. Sua função é suportar os estresses de compressão.

Os tirantes, por sua vez, são os componentes das asas que são feitos de tela. Logo, consistem em cabos de aço esticados na diagonal que suportam os estresses de tração.

A seguir, será mostrada a classificação das aeronaves quanto à localização das asas:

- asa alta - fixada na parte superior da fuselagem;



Figura 3 - Aeronave com asa alta  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Johnson.

- asa parassol - localizada acima da fuselagem, sendo presa por suportes;

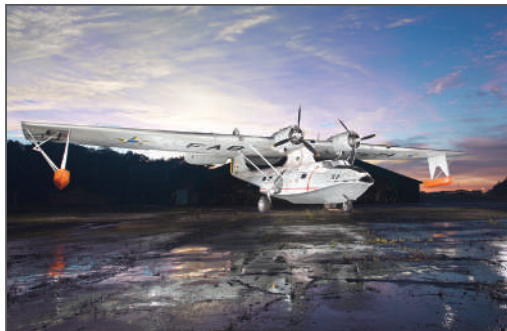


Figura 4 - Aeronave com asa parassol  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Johnson.

- asa média - é aquela que está sempre ligada à seção média da fuselagem;



Figura 5 - Aeronave asa média  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Batista.

- asa baixa - ocorre quando ela fica localizada sob a fuselagem;



Figura 6 - Aeronave asa baixa  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Rezende.

Admite-se, também, outra classificação quanto à fixação das asas na fuselagem, a saber:

- asa cantiléver - é aquela asa fixada à fuselagem da aeronave, somente pela raiz, sem qualquer auxílio;



Figura 7 - Aeronave asa cantiléver  
Fonte: Agência Força Aérea / © Ten Enilton.

- asa semicantiléver - é aquela asa fixada à fuselagem da aeronave por intermédio de suportes (montantes e estais).



Figura 8 - Aeronave asa semicantiléver  
Fonte: Agência Força Aérea / © Cb V. Santos.

A estrutura alar é planejada de acordo com o projeto de tipo da aeronave. Ela adotará o formato conforme as características do voo que for realizado. Suas formas geométricas darão a dimensão da manobrabilidade, sustentação, balanceamento e estabilidade do avião.

As asas podem ser do tipo retangular, trapezoidal, elíptica e delta. As ilustrações a seguir exemplificam essas asas:

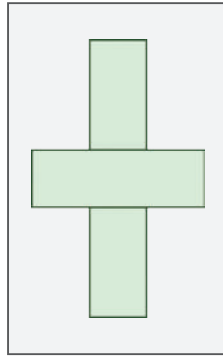


Figura 9.A - Asa retangular

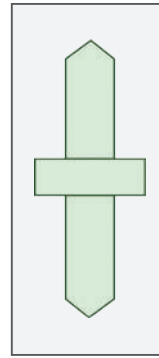


Figura 9.B - Asa elíptica

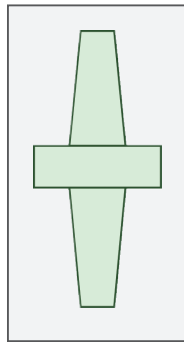


Figura 9.C - Asa trapezoidal

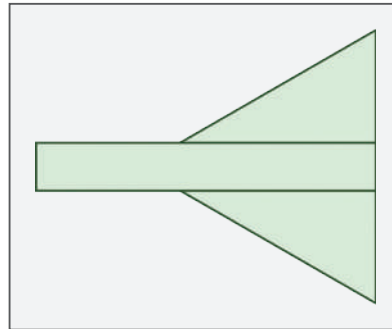


Figura 9.D - Asa delta



**Cow Flaps:** estrutura protetora da entrada de ar do motor.

**Arrefecer:** consiste em refrigerar o motor da aeronave.

**Parede-de-fogo:** uma nacele também contém uma parede-de-fogo que separa o compartimento do motor do resto da aeronave. Feita de aço inoxidável ou titânio.

### c) Naceles ou casulos

São dispositivos com formato aerodinâmico que têm por objetivo abrigar os motores das aeronaves. O alojamento do motor denomina-se nacele, que está dividido em:

- anel de velocidade - atua como bordo de ataque do conjunto do casulo;
- carenagem do motor ou da capota - atuam como complemento aerodinâmico. As carenagens de cobertura dos motores são consideradas membros estruturais;
- aletas de *cow flaps* - têm por escopo *arrefecer* o motor da aeronave.



Figura 10 - Casulo do trem de pouso

Fonte: commons.wikimedia.org / © Olivier Cleynen.

O casulo do motor é constituído de carenagens, *parede-de-fogo* e montantes do motor. Além disso, há também revestimento e membros estruturais. Ocorre que o revestimento e as carenagens cobrem o exterior do casulo. A armação é dotada de membros estruturais similares aos do corpo da aeronave. O revestimento do casulo do motor é composto por chapas, as quais são permanentemente fixadas à estrutura da nacele e da asa da aeronave.



Geralmente, a parte superior é fechada por quatro portas. Essas, por sua vez, fazem parte do compartimento dianteiro e traseiro, que podem ser removidas a fim de ser efetuada a instalação dos motores. A nacele do trem de pouso é o alojamento capaz de abrigá-lo. Ela possui os mesmos objetivos do casulo do motor, ou seja, proteger essa importante parte da aeronave.

#### d) Empenagem

É todo conjunto de superfícies que tem por escopo estabilizar o voo da aeronave em seu eixo horizontal e vertical. É o cone de cauda que dá o acabamento aerodinâmico à aeronave. Sua construção e constituição é mais leve, tendo em vista que recebe menos impacto dos estresses que o corpo da aeronave.

As superfícies fixas são denominadas de estabilizadores (horizontal e vertical). O tipo horizontal tem a função de manter a estabilidade da aeronave no eixo lateral. O tipo vertical tem a função de manter a estabilidade no eixo central. Ambos são do tipo cantiléver, ou seja, sua construção estrutural é similar à da asa, contendo revestimentos, longarinas e nervuras.

As superfícies móveis da empenagem são o leme de direção e os profundores. O primeiro está localizado no bordo de fuga do estabilizador vertical, sendo sua construção metálica interna formada de longarinas principais e nervuras. O segundo localiza-se no bordo de fuga do estabilizador horizontal, sendo sua construção metálica interna constituída de revestimentos, longarinas auxiliares e nervuras.

O leme de direção controla o movimento de guinada ao redor do eixo vertical. Os profundores controlam os movimentos de subida e descida da aeronave ao redor do eixo lateral.

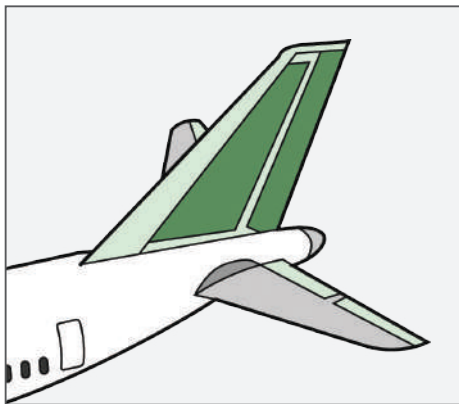


Figura 11 - Empenagem

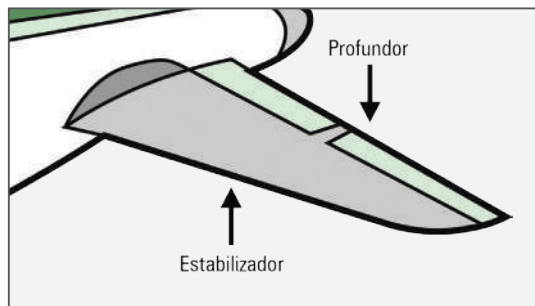


Figura 12 - Profundor e estabilizador horizontal



Figura 13 - Leme de direção e estabilizador vertical

As empenagens podem se dividir em:

- empenagem tipo convencional - é aquela em que o estabilizador horizontal encontra-se abaixo do estabilizador vertical;



Figura 14.A - Empenagem convencional  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Simo.

- empenagem tipo T - é aquela em que o estabilizador horizontal encontra-se acima do estabilizador vertical;



Figura 14.B - Empenagem tipo T  
Fonte: Agência Força Aérea / © Ten Enilton.

- empenagem tipo Borboleta - é aquela em que os estabilizadores horizontal e vertical estão dispostos em V.



Figura 14.C - Empenagem tipo Borboleta em V  
Fonte: freerangestock.com / © Chance Agrella.

- e) Trem de pouso - consiste em um dispositivo dotado de rodas, unidades principais e auxiliares, bem como de amortecedores, carenagens e membros estruturais que serão capazes de suportar o peso da aeronave, quer seja no pouso, quer seja na decolagem da aeronave de asa fixa. O trem de pouso tem as seguintes funções: apoiar a aeronave no solo; amortecer os impactos, por ocasião do pouso do avião; frear a aeronave; manobrar (**taxiar**) a aeronave no solo.

A seguir, será mostrada a classificação do trem de pouso das aeronaves quanto à posição das rodas do trem:

- convencional - é aquele trem de pouso que possui a roda direcional posicionada atrás do trem de pouso principal;



Figura 15.A - Trem de pouso convencional  
Fonte: freerangestock.com / © CatCampbell.

- triciclo - é aquele trem de pouso em que a roda direcional é posicionada a frente do trem de pouso principal.



Figura 15.B - Trem de pouso triciclo  
Fonte: Agência Força Aérea / © Cb Feitosa.

Em seguida, apresenta-se a classificação do trem de pouso das aeronaves quanto à sua mobilidade:

- fixo - é aquele trem de pouso que permanece na mesma posição durante todo o voo;  
O trem de pouso fixo afetará a velocidade da aeronave. Muitas aeronaves de peque-



**Taxiar:** deslocamento da aeronave por seus meios próprios na superfície terrestre.



**Arrasto:** consiste em uma resistência ao avanço.

no porte com esse tipo de trem possuem em sua estrutura uma carenagem capaz de prover um contorno aerodinâmico e de diminuir a resistência (arrasto).



Figura 16.A - Trem de pouso fixo  
Fonte: freerangestock.com / © Ed Gregory.

- retrátil - é o trem de pouso que recolhe parcialmente, após a decolagem da aeronave, sendo ele visível durante todo o voo;



Figura 16.B - Trem de pouso retrátil  
Fonte: Agência Força Aérea / © Cb Feitosa.

- escamoteável - é o trem de pouso que recolhe totalmente, sendo alojado em compartimento próprio. Não há a visualização dele durante o voo.



Figura 16.C - Trem de pouso retrátil  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Batista.

## 1.2 Requisitos de aeronavegabilidade para resistência estrutural

De acordo com o disposto na Seção 91.7 do regulamento brasileiro de homologação aeronáutica (RBHA) 91, “nenhuma pessoa pode operar uma aeronave civil, a menos que ela esteja em condições aeronavegáveis” (BRASIL, 2005, p. 9).

Em outras palavras, aeronavegabilidade é um estado em que uma aeronave se encontra capaz de garantir a segurança reiterada nas operações a fim de que haja continuação na atividade aérea dentro do gerenciamento do risco.

Embora as atividades de manutenção sejam comuns a qualquer tipo de trabalho onde haja instalações, equipamentos, ferramental, a atividade de manutenção de aeronaves recebe ênfase especial oriunda de três contingências:

- a preservação de vidas humanas está intimamente ligada à perfeita execução da atividade mantenedora das aeronaves;
- por considerações de limitação de peso, os chamados coeficientes de segurança dentro da conceituação de resistência dos materiais metálicos, precisam ser, nas aeronaves, os de menor proporção possível;
- as estruturas das aeronaves ficam sujeitas a condições ambientais de variações amplas e a complexos esforços dinâmicos que implicam em condições de fadiga estrutural de difícil compreensão e controle.

A atividade mantenedora de produtos aeronáuticos fundamenta-se nos seguintes aspectos:

- a) estado inicial - é o estado de novo do produto aeronáutico, constituindo-se na condição de operação, sendo essa o padrão ideal na atuação de seu funcionamento. No caso de aeronaves, o estado inicial resulta fundamentalmente da concepção do projeto e da fabricação;
- b) correr do tempo - a aplicação das forças atuantes (cargas e estresses) sobre o equipamento tende a alterar sua condição, deteriorando-o. A contingência universal é o envelhecimento do produto aeronáutico, por exemplo, desgaste, fadiga e corrosão do material de aviação, em função da operação e atividade (membros estruturais – longarinas, nervuras, cavernas e revestimentos da célula da aeronave);
- c) limite para deterioração - condição em que, embora alterado o estado inicial, tem-se uma deterioração dentro de limites permissíveis preestabelecidos. Nesse caso, requer apenas o monitoramento da deterioração da estrutura aeronáutica que forma o composto metálico da célula da aeronave, consciente que a deterioração é um processo contínuo que há uma tendência de agravamento da deterioração. Se, no projeto inicial já tiverem sido incorporados os limites adequados, é sabido que a deterioração poderá progredir até esses limites, sem que o funcionamento e a segurança dos sistemas fiquem comprometidos. As intervenções sistemáticas e periódicas vão salvaguardar a operacionalidade não só estrutural, mas também do grupo motopropulsor e **aviônicos** das aeronaves.



**Aviônicos:** equipamentos eletrônicos ou de processamentos de dados, inclusive os emissores ou receptores de ondas eletromagnéticas e seus componentes, utilizados para controle, comunicação ou navegação de aeronaves.

O objetivo primordial da atividade de manutenção é impedir, rechaçar e sustar o processo de danificação ou degeneração de forma a manter o padrão de aceitação contido dentro dos limites permitidos pelo fabricante do produto aeronáutico (aeronave, motor, hélice, etc.).

Os sistemas de manutenção, os métodos e as normas adotadas são estabelecidos no pressuposto da validade dos princípios. Portanto, a atividade mantenedora de aeronaves, em sua essência, visa a delimitar o processo de deterioração nos parâmetros de um limite admissível, a fim de que esses não sejam ultrapassados.

Os requisitos de aeronavegabilidade envolvendo a estrutura podem ser observados mediante duas atitudes:

- verificação ou inspeção das condições estruturais da aeronave;

As averiguações propiciam aos mantenedores de aeronaves a identificação de critérios que determinam as inspeções obrigatórias e as especiais. O reconhecimento e o conhecimento do padrão de dados técnicos das especificações da chamada **ATA 100** são de fundamental importância ao desenvolvimento dos serviços de manutenção em aeronaves, pois estabelecem limites que não deverão ser ultrapassados e, por consequência, reestabelecerão a vida útil dos aviões. O objetivo é identificar os processos de inspeção para detecção de falhas nas peças de aeronaves e também definir a perfeita conformação de uma solda na estrutura da aeronave, por exemplo.

A verificação de falhas estruturais é efetuada por intermédio de inspeções com o uso de documentações (publicações) para efetuar as análises por partículas magnéticas, inspeções por líquidos penetrantes, radiografia, teste ultrassônico e inspeções de solda. Os ensaios não destrutivos são muito utilizados nas organizações de manutenção de produtos aeronáuticos, pois permitem o reconhecimento de discontinuidades e defeitos em peças metálicas e ligas dos componentes.

O mecânico deve ter conhecimento sobre as publicações técnicas, realizando sua interpretação e efetiva aplicabilidade dos ensinamentos na restauração dos componentes estruturais (inspeção, revisão e reparo).

- correção de limites inadmissíveis.

Se as inspeções se processarem de tal forma que qualquer processo de deterioração possa ser corrigido antes que o limite admissível seja ultrapassado, então se executará uma programação mantenedora preventiva. Se a correção vier após a ultrapassagem do limite permissível, a intervenção mantenedora será corretiva. Dentro dessas definições, o ideal de toda programação de manutenção é que essa possibilite uma manutenção preventiva.

No que concerne ao setor de estrutura de aeronaves, a concepção de engenharia conhecida por *fail safe* foi outro grande passo para permitir uma manutenção corretiva eficaz e oportuna, realizada em épocas e condições mais favoráveis. A construção *fail safe* per-



**ATA 100:** associação dos Transportes Aéreo da América. Manual dividido em capítulos e subsistemas para facilitar a localização do usuário. Possui 100 capítulos na sua totalidade.

mite tolerâncias muito maiores para as rachaduras de estruturas, proporcionando, desse modo, que os trabalhos de manutenção de estrutura se efetuem, praticamente, só por ocasião das grandes revisões.

De acordo com o cientista alemão Walter Schütz (1996, p. 263), autor da obra “A História da fadiga”, *safe life* significa que o componente aeronáutico em questão tem de ser descartado quando atinge o final da sua vida previamente estabelecida (horas, ciclos, meses ou anos). Significa também que a falha de um membro fundamental, por fadiga ou qualquer outra situação, não deve comprometer a segurança do voo.

Ainda a título de cognição, no fim dos anos 1960, surgiu o *damage tolerance analysis* (DTA), em português, análise de tolerância ao dano, que é um acompanhamento na forma de inspeções periódicas. Ele tem por objetivo a detecção da falha estrutural antes que ela se torne catastrófica.

### 1.3 Classificação de estruturas primária, secundária e terciária

Antes de focar as estruturas primárias, secundárias e terciárias, deve-se ressaltar que a aeronave é um aparelho altamente complexo, o qual é constituído por diversas partes estruturais, sistemas e equipamentos. Ela está sujeita a atuação de forças que incidem no engenho aeronáutico tanto em voo quanto em solo.

Quando estacionada dentro do hangar, a aeronave está sujeita a cargas estáticas provocadas pelo grupo motopropulsor, peso dos membros estruturais, bem como dos componentes instalados e do combustível. Ainda no solo, mas em movimento, os membros estruturais estão sujeitos a esforços provocados por forças de fricção e aceleração.

Assim que as aeronaves se deslocam, muitas forças na fuselagem permanecem atuando na mesma direção, mas, em relação ao movimento do avião, elas aumentam de intensidade em virtude do seu deslocamento. Portanto, as estruturas da aeronave estão sujeitas a cargas dinâmicas, fatores como velocidade, altitude e temperatura influenciam na intensidade dos estresses.

Estresses são as forças interiores em uma substância que se opõe à deformação. O esforço é a deformação, consequência da ação do estresse. Os principais estresses básicos que atingem os membros estruturais são a tensão (tração), a compressão e o cisalhamento. A flexão e a torção são os chamados estresses de combinação, os quais serão abordados a seguir.

- a) Tensão (tração) - é a força interna que tende a esticar ou alongar um membro estrutural. A tração está relacionada a fios, cabos, cordas, entre outros, ela provoca o alongamento da superfície sustentadora. Um exemplo ocorre nos cabos de comandos que passam sobre as roldanas. Quando o piloto movimentar o volante (manche), haverá tensão nesses cabos. Os tirantes são componentes estruturais que possuem capacidade de resistir à tensão.



Figura 17 - Tração ou tensão



**Esteio:** peça de madeira, metal ou ferro. Suporte.

- b) Compressão - é a força interna que possui tendência a resistir ao esmagamento. Tende a imprensar o membro estrutural, provocando deformação gradativa no material. Um exemplo ocorre com os pneus do trem de pouso. Já os esteios são componentes estruturais que possuem capacidade de resistir à compressão.

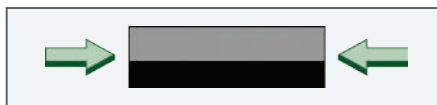


Figura 18 - Compressão

- c) Cisalhamento - é a força interna que resiste à tendência de fazer com que uma camada do material se deslize sobre uma outra camada vizinha. Pode provocar rachaduras. Um exemplo é quando duas chapas lisas de metal estão aparafusadas, unidas e apertadas em conjunto pela justaposição. Os parafusos ou rebites que unem essas ligas metálicas estão suscetíveis ao cisalhamento, ou seja, um estresse lateral.

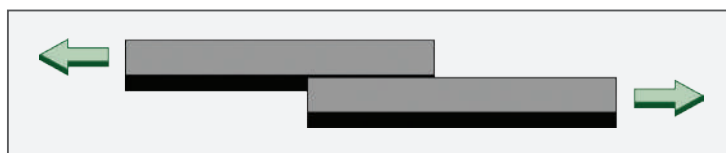


Figura 19 - Cisalhamento

- d) Flexão - é o estresse de combinação. Ocorre quando duas forças agem sobre um membro estrutural, em um ou mais pontos. O estresse de flexão é causado por uma força de tensão na parte superior e outra força, a de compressão, na parte inferior.

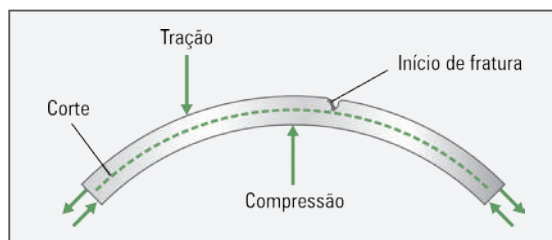


Figura 20 - Flexão

- e) Torção - é o estresse de combinação. É a força que tende a torcer um membro estrutural. É a soma das forças de torque e também de propulsão.

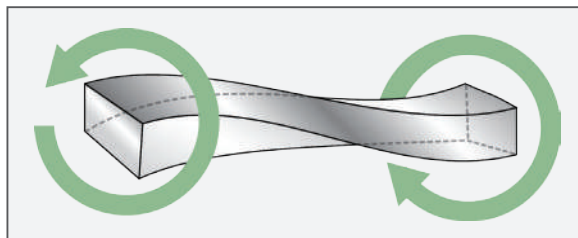


Figura 21 - Torção



- Estrutura primária

É a estrutura que estará mais sujeita aos estresses de tração em grandes proporções. Logo, os tirantes deverão revestir a estrutura primária, a fim de conter os efeitos das cargas de tração. Todavia, se a integridade estrutural da aeronave falhar, ela ficará exposta e suscetível a mau funcionamento, comprometendo a segurança de voo.

Em tese, deverá suportar toda a gama de cargas cíclicas ou repetidas na operação da aeronave, durante toda a sua vida útil, sem sofrer ruptura ou descontinuidade em função da fadiga. Os membros estruturais que terão sua constituição com estrutura primária serão junção das asas, ferragem do trem de pouso e de células de combustíveis.

- Estrutura secundária

É a estrutura sujeita ao estresse de tração de pequena intensidade. Se houver falha ou mau funcionamento, poderá ocorrer limitação operacional da aeronave. Ainda que os reflexos oriundos da tensão sejam de pequena monta, a referida estrutura deverá possuir o revestimento com tirantes, com o objetivo de minorar as possibilidades de desgaste das ligas metálicas.

- Estrutura terciária

É a estrutura sujeita ao estresse de tração em proporção irrisório.

## 1.4 Conceitos sobre segurança estrutural

*Fail safe* (falha segura) significa que a falha de um sistema fundamental, por fadiga ou qualquer outra ocorrência, não comprometerá a segurança de voo. Entende-se por fadiga quando um membro estrutural está sujeito a esforços alternados, ou seja, deformações múltiplas em um determinado período de tempo. De acordo com a Instrução Suplementar (IS) nº 21 da ANAC, princípios ou técnicas do conceito *fail safe* de projeto considera os efeitos da falha ou sua combinação ao se definir o que é um projeto seguro. Em qualquer sistema ou subsistema, a falha de qualquer elemento simples, componente ou junção durante o voo (liberação dos freios até a desaceleração no chão para parada) deve ser assumido, independentemente de sua probabilidade.

A circular de informação (CI) nº20-004 define *fail safe* como um “conceito é aplicável a uma estrutura com caminhos de cargas múltiplas e redundantes. Com a falha de um elemento, a estrutura redistribuirá a carga de tal forma que a sua resistência estrutural limite e final será mantida, garantindo a aeronavegabilidade da aeronave em questão” (BRASIL, 2008, p. 2).

Os trabalhos em manutenção de estruturas se efetuarão, praticamente, nas grandes revisões. Neste caso, há apenas o gerenciamento das ações nos membros estruturais e monitoramento das ações corretivas.

A CI nº 20-004 também traz as definições de *safe life* e *damage tolerance analysis* (DTA):

Vida segura (vida limite) - *safe life*: Vida segura de uma estrutura, parte ou peça é o número de eventos tais como número de voos (ciclos), número de pousos ou horas de voo durante os quais existe uma baixa probabilidade de sua resistência atingir níveis abaixo do valor final de projeto, quando então poderá ocorrer uma falha devido a uma trinca de fadiga.

Tolerância ao dano - *damage tolerance*: é a capacidade de uma estrutura que permite que essa mantenha sua resistência residual requerida, por um tempo de uso, após a ocorrência de uma falha do elemento primário ou a ocorrência de uma trinca por fadiga, corrosão ou dano acidental discreto. Este tempo de uso é determinado em função da detecção de trinca, por um método de inspeção pré-definido e por um intervalo de inspeção estabelecido por análise de propagação de trinca (BRASIL, 2008, p. 2).

## 1.5 Métodos de construção de fuselagem

Há três tipos gerais de construções de fuselagem com tamanhos e formas diferentes, de acordo com as cargas aplicadas em partes específicas no corpo do avião.

- a) Estrutura tubular ou tipo treliça - fuselagem constituída de estruturas formadas por tubos de cabos de aço estendidos em diversos pontos, a fim de suportar estresses de tensão (força por unidade de área que tende a esticar o membro estrutural).

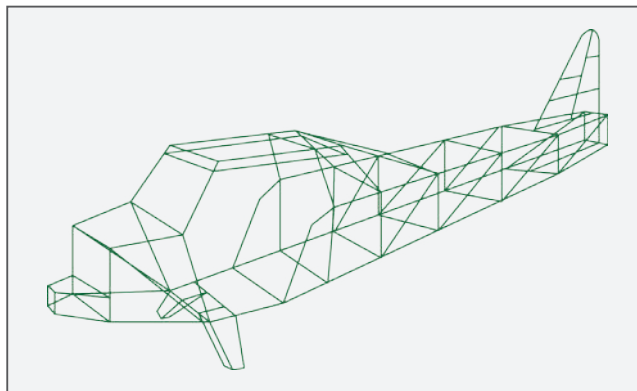


Figura 22 - Estrutura da fuselagem treliça

- b) Estrutura monocoque - fuselagem constituída de cavernas que dão o formato aerodinâmico e suportam os esforços junto ao revestimento, que, normalmente, é feito de alumínio, plástico reforçado. É resistente aos estresses primários. É chamada fuselagem de revestimento trabalhante, que possui perfis, cavernas e paredes (membros estruturais verticais).
- c) Estrutura semimonocoque - fuselagem constituída de perfis, cavernas e paredes e membros longitudinais (longarinas), que evitam os estresses de tensão e compressão flexionem a fuselagem das aeronaves, danificando-a. É a estrutura de fuselagem mais utilizada, pois pode suportar danos consideráveis e ainda ser resistente o bastante para se manter unida por peças inteiriças, geralmente de liga de alumínio, por extrusão ou fundição.

Em determinados locais da fuselagem, por exemplo, próximo a portas, a janelas de inspeção e a áreas em que possuem reparos estruturais, os membros estruturais devem ser reforçados com longarinas, revestimentos, anteparas, tirantes e montantes. Essa ação tem o objetivo de assegurar a resistência necessária àquelas áreas.

## 1.6 Portas, estruturas, suportes de motor e janelas

Essas partes estruturais das aeronaves são de fundamental importância, pois são as entradas do mecânico aos acessos dos componentes das aeronaves que necessitam de inspeções constantes e de forma diferenciada. Os engenheiros aeronáuticos idealizaram um modo célere de conexão do mantenedor com peças, partes e acessórios dos aviões.

As portas, as janelas, os suportes de motores necessitam ter uma estrutura resistente e de fácil manuseio, visto que serão, por diversas vezes, objeto de verificações, inspeções e visualizações. Os acessos ocorrerão em pontos vitais da aeronave, como reservatórios hidráulicos, sistema de combustível e bocais de abastecimento de óleo lubrificante dos motores.

### 1.6.1 Portas

As portas nos aviões de transporte de passageiros obedecem a requisitos de segurança estipulados pela autoridade de aviação civil. Deverão ser de fácil abertura em situações de emergência. Tais requisitos consistem em:

- dispositivos de fecho e bloqueio que evitem a abertura inadvertida em voo;
- indicação visual externa de corretamente fechada;
- indicação visual interna de corretamente fechada e luzes indicadoras na cabine de pilotagem;
- possibilidade de abertura exterior em caso de emergência;
- localização fora do plano de rotação dos hélices e de outras áreas de perigo.

Além disso, existem outras portas que permitem acesso aos locais de lubrificação, abastecimento e drenos da aeronave, que são dotadas de prendedores de abertura rápida. Essas estruturas da aeronave são mais frágeis, logo não suportam cargas e estresses. Elas também não são dotadas de parafusos ou rebites, porque terão de ser, frequentemente, abertas pelos mecânicos. Podem ser presas por dobradiças ao corpo do avião, de modo que possam ser abertas sem danificar a estrutura da aeronave.

### 1.6.2 Janela

As janelas de inspeção são aquelas partes estruturais que possibilitam acesso aos locais em que o mecânico poderá realizar os seus serviços de manutenção de aeronaves. Igualmente ao que acontece com portas que protegem reservatórios, elas têm de facilitar o alcance do mantenedor



**Pilotagem:** é o ato de conduzir a aeronave na condição de piloto ou copiloto, dentro da cabine de comando.

a lugares em que necessitem de uma intervenção célere na inspeção e até reabastecimento. Não são projetadas para suportar forças, cargas, estresses e esforços.

As janelas da cabine de pilotagem são constituídas por painéis de vidro rijo, por uma película condutora de electricidade e por um painel de vinil. A película condutora permite o aquecimento do vidro quando o sistema antigelo é ligado. O painel de vinil confere um aumento de resiliência (recuperação) ao conjunto, aumentando a resistência ao choque.

As principais cargas sofridas pelos vidros da cabine de pilotagem são provocadas pela pressurização quando a aeronave for dotada deste sistema, e a proteção contra o impacto contra pássaros.

### 1.6.3 Suporte do motor

Quando os motores se encontram fixos à fuselagem, podem ser utilizadas estruturas adicionais, a fim de se fazer sua fixação.

As naceles dos motores são locais, com formatos aerodinâmicos, utilizados para abrigar os motores. Seu revestimento é composto por ligas permanentemente conectadas à estrutura e à asa. A nacele do motor é constituída, basicamente, de revestimentos, carenagens, membros estruturais e uma parede de fogo (chapa de aço inoxidável ou titânio), além dos montantes do motor.

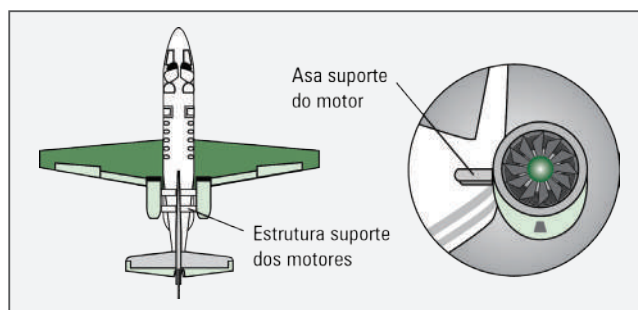


Figura 23 - Estrutura suporte do motor

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que a verificação das condições estruturais da aeronave e a correção de limites inadmissíveis, ou seja, o processo de inspeção do produto aeronáutico, requer uma intervenção constante do **mantenedor de aeronaves**. A classificação de estruturas primárias, secundárias e terciárias foi apresentada, inclusive em relação aos estresses na estrutura da aeronave. Relatou-se composição das partes principais da aeronave com seus respectivos membros estruturais, bem como a importância das janelas e portas de inspeção e suportes dos motores aeronáuticos.

Foi apresentada a classificação de estruturas primárias, secundárias e terciárias, invocando a resistência destas em relação aos estresses. Mostrou-se como ocorre a construção da fuselagem em seus tipos treliça, monocoque, semimonocoque, e a composição destas, especialmente em relação aos membros estruturais. E, por fim, foram mostradas as constituições estruturais de portas, janelas de inspeção e suporte dos motores.



**Mantenedor de aeronaves:** é o profissional detentor de uma habilitação de célula, grupo motopropulsor ou aviônicos, capaz de realizar as atividades de inspeção, revisão, reparo, limpeza e conservação de aeronaves.

# Capítulo 2

## Estruturas de helicópteros

A estrutura é tudo aquilo que dá a sustentação a algo ou alguma coisa. A estrutura do helicóptero é a base que conectará todos os sistemas, equipamentos, componentes e peças da aeronave de asa rotativa, pois a engenharia aeronáutica assim o previu na concepção do projeto.

Um helicóptero voa segundo os mesmos princípios básicos de um avião convencional, porque as forças aerodinâmicas para mantê-lo em voo são produzidas na parte superior da asa rotativa quando o ar passa sobre as lâminas do rotor.

### 2.1 Características gerais

As estruturas do helicóptero são projetadas para dar a eles características ímpares em voo. Um exemplo são suas asas rotativas, feitas por rotores principais constituídos de duas ou mais pás, as quais fazem às vezes de aerofólios rotativos que propiciam o desempenho das funções de sustentação, tração e controle. O controle cíclico das pás do rotor principal proporcionará o comando básico de velocidade e secundário de altura. O coletivo, por sua vez, realiza o comando básico de altura e secundário de velocidade. A inclinação do plano de rotor principal faz com que o helicóptero se mova horizontalmente.

A fuselagem do helicóptero poderá ser do tipo treliça ou monocoque.

A natureza multidirecional do voo de helicóptero faz com que ele possua uma visibilidade em toda a gama da cabine de comando, que poderá ser constituída de policarbonato, vidro ou *plexiglass*.

O trem de pouso de um helicóptero varia com o fabricante da aeronave. Pode ser desde um conjunto de patins de metal tubulares até engrenagens com rodas. Há também do tipo retrátil (recolhe parcialmente), esqui, entre outros.

Os motores mais utilizados na aviação de asas rotativas são:

- motor convencional (a pistão) - usado em helicópteros de pequeno porte;
- motor a turbina - usado para os helicópteros maiores. Esse tipo de motor é constituído de um compressor, uma câmara de combustão, uma turbina e uma caixa de acessórios. O sistema transmissor transfere a potência do motor para o rotor principal, o rotor de cauda e acessórios em algumas condições de voo.

Tal qual nas aeronaves de asa fixa, as rotativas são dotadas de membros estruturais verticais, tais como nervuras, paredes, cavernas, anéis e revestimentos. Além disso, possuem membros longitudinais como vigas de reforços e longarinas. Tais componentes são construídos e constituídos de uma variedade de materiais de aviação que são conectados, por intermédio de rebites, parafusos e, em algumas ocasiões, soldados para terem o formato e a aerodinâmica necessária à operação dos helicópteros.



**Aeronave de asa rotativa:** aeronave mais pesada que o ar que depende principalmente da sustentação gerada por um ou mais rotores para manter-se no espaço aéreo.

**Plexiglass:** material termoplástico, por exemplo, o acrílico.

A fuselagem serve como plataforma de abrigo aos sistemas do helicóptero, à tripulação, à carga e aos passageiros. Seu formato exterior é desenvolvido de acordo com a missão para o qual foi projetado. Um exemplo são os helicópteros das forças armadas, que possuem uma estrutura capaz de suportar ataque por armamentos, bombas e são dotados de mísseis, com o objetivo de utilizá-los em uma eventual intervenção militar.

Durante o voo, a fuselagem do helicóptero é sustentada pelas asas rotativas principais. Porém, quando estiver no chão, o trem de pouso fará este papel.



Figura 24 - Exemplo de fuselagem de helicóptero

A fuselagem, quanto ao aspecto estrutural, pode ser:

- a) tubular - formato estrutural constituído por cinco ou mais unidades triangulares. Consiste na combinação de barras ou tubos entrelaçados. Em algumas aeronaves de asa rotativa, sobretudo as de pequeno porte, a treliça é formada por tubos de liga de alumínio **anodizado**, que são tratados contra os efeitos da corrosão. Esses membros estruturais são unidos por parafusos ou rebitados, de tal forma que os esforços de tensão e compressão sejam diminuídos nas bases estruturais e, por conseguinte, o tempo limite de vida da estrutura da aeronave seja maior;



**Anodizado:** processo de tratamento nas ligas de alumínio que visa à proteção desse metal contra os efeitos da corrosão.

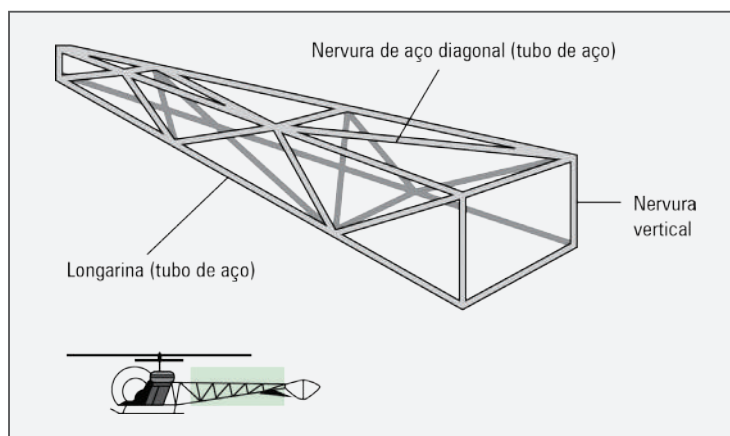


Figura 25 - Exemplo de estrutura tubular

b) monocoque - é denominada de fuselagem de revestimento trabalhante. Contém membros estruturais verticais (cavernas, paredes) que são feitos de aço cromo molibdênio. São capazes de suportar todo tipo de estresse: tensão, compressão, cisalhamento, torção e flexão. São os métodos de construção de fuselagem mais encontrados na maioria dos helicópteros de grande porte, tais como os modelos 412 e 206;

O grande desafio da estrutura monocoque é manter a resistência estrutural da aeronave sem que ocorra um aumento substancial do peso deste engenho aeronáutico de asas rotativas.

c) *honeycomb* (colmeia metálica) - construção em forma de sanduíche, feita com folha de alumínio, colada entre duas chapas. Consiste em uma construção laminar que combina uma série de materiais distintos e que serão unidos no projeto estrutural mais eficiente, a fim de se obter grandes vantagens estruturais específicas, tais como melhorar o perfil aerodinâmico, acústica com o custo reduzido, além de possuir uma boa relação peso/resistência, pois são estruturas leves. A colmeia também poderá ser constituída de fibra de vidro, de forma que o núcleo do sanduíche seja colado entre duas camadas. A *honeycomb* poderá ser encontrada em áreas como painéis da fuselagem e das asas e estabilizadores, superfícies de controle e paredes, pisos e cabines das aeronaves de asa fixa e rotativas.

Na estrutura estão fixados os motores, a cabine, a caixa de transmissão principal, trem de pouso, rotor principal, rotor de cauda, deriva vertical e horizontal, cone de cauda e bequilha de proteção. Os helicópteros com cauda em armação metálica são mais leves que os constituídos de estrutura monocoque.

As estruturas dos helicópteros estão divididas em seção dianteira, central e traseira.

Na seção dianteira está localizada a cabine de pilotagem. Um exemplo são as aeronaves de pequeno porte R22 e R44. A sua estrutura serve para apoiar e montar os vidros e as portas. As cabines podem ser construídas de alumínio, aço inoxidável, liga de alumínio com colmeia interna (*honeycomb*), fornecendo grande resistência ao material com peso mínimo.

Na cabine, além dos assentos, estão localizados todos os comandos de voo, como o cíclico, o coletivo, a manete e os pedais, que são acionados por hastes, cabos de comando e conexões, cujos movimentos devem ser mantidos livres e sem folgas, com tensão correta, para que cada comando possa ser correspondido adequadamente. Portanto, não deve ter folgas além das previstas pelo fabricante.

De frente aos comandos, encontra-se o painel de instrumentos com componentes que possibilitam ao piloto o total monitoramento do voo e dos sistemas do helicóptero. Os instrumentos possuem marcações nas



Figura 26 - Exemplo da disposição dos comandos numa cabine de helicóptero  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Batista.

cores amarela, verde e vermelha. A amarela indica operação com restrição de tempo ou de atitude; a cor verde, operação normal; e a cor vermelha sinaliza operação incorreta ou limites ultrapassados.

Os instrumentos são divididos em quatro grandes grupos:

- a) motor - indica parâmetros dos motores;
- b) navegação - indica parâmetros concernentes à navegação aérea do helicóptero;
- c) voo - sinaliza parâmetros do voo, tais como velocidade e altitude;
- d) aeronave - indica a quantidade de combustível e a temperatura do ar externo.

Na cabine de comando, existe ainda o cinto de segurança, que deve estar preso na estrutura da aeronave, com dispositivo de trava e destrava em perfeitas condições.

Os para-brisas devem estar limpos e serem constituídos de materiais que não distorçam a visão dos tripulantes. As portas podem ser de abertura e fechamento normal ou correção.

A seção central é a parte da fuselagem que tem a função de suportar toda a carga (esforços e stresses) que o sistema do rotor principal transmite, por intermédio da transmissão principal, e a carga causada pelos motores, trem de aterragem e a cauda. Nessa seção, concentram-se a maioria dos componentes do helicóptero, que são o motor, transmissão principal, roda livre, rotor principal, servos hidráulicos, sistemas de lubrificação, sistemas de refrigeração, hastes e cabos de comandos e trens de pouso.

No que se refere ao grupo motopropulsor, os helicópteros podem ser equipados com:

- motor alternativo - motor aeronáutico em que os pistões movem-se dentro do cilindro e acionam o virabrequim e as bielas, realizando os movimentos alternativos. Fazem parte de helicópteros de pequeno porte;
- motor a jato - motor aeronáutico cujo funcionamento acontece por intermédio de turbina de gases após ocorrer o ar de admissão, a compressão é efetuada por um compressor. Fazem parte de helicópteros de grande porte.

O motor é ligado a um suporte que se chama berço do motor, preso à estrutura do helicóptero por intermédio de amortecedores, geralmente confeccionados em borracha especial que absorvem as vibrações. O berço é fabricado em aço, cromo e molibdênio, que são facilmente moldados.

A seção traseira é aquela que faz a transição da seção central com a parte posterior da aeronave de asa rotativa, constituindo-se em:

- cone de cauda - localizado na porção posterior do helicóptero. Nele estão alojados alguns dispositivos importantes ao funcionamento da aeronave, como o comando do rotor de cauda, sistema de transmissão, estabilizadores e luzes;
- rotor de cauda ou traseiro - responsável por anular o efeito de torque do rotor principal e pela derivação lateral do helicóptero.



## 2.2 O helicóptero e suas partes

A aeronave de asa rotativa possui diversos sistemas que desempenham funções específicas. Um helicóptero voa segundo os mesmos princípios básicos de uma aeronave de asa fixa. As forças aerodinâmicas que mantêm o helicóptero em voo são produzidas na parte superior do rotor principal quando o ar passa sobre suas pás.

O rotor de cauda produz um **empuxo** tal qual um propulsor de aeronave de asa fixa. Sendo assim, ele proporcionará empuxo na direção lateral agindo contra a tendência do motor em fazer o engenho aeronáutico girar. O comando cíclico e o coletivo dos helicópteros desenvolvem a mesma função que o volante (manche) nos aviões.

### 2.2.1 Estrutura

A estrutura de um helicóptero convencional compreende as seguintes partes:

- cabine - estão localizados os comandos de voo, instrumentos de voo e do motor, local para tripulação, passageiros e carga;
- estrutura central - se localizam os principais conjuntos mecânicos (motor e transmissão);
- cone de cauda - responsável por acomodar o rotor de cauda, a empenagem vertical e a horizontal;
- trem de pouso - esqui ou rodas.

Fenômeno relativamente raro, mas nem por isso impossível de ocorrer, é o colapso de pontos da estrutura devido à fadiga causada pela vibração constante a que o helicóptero é exposto. Assim, em acidentes sem um ponto de partida para a investigação e que apresentem separação de algum componente da estrutura, deve-se considerar a possibilidade de fadiga por esforço cíclico.

### 2.2.2 Rotor Principal (R/P)

Os rotores são componentes importantes da aeronave, pois são eles que propiciam a sustentação, translação e controle do helicóptero. Podem ser de diferentes tipos, tais como:

- rotores rígidos - são aqueles em que as pás, a cabeça e o mastro são rígidos entre si. Possuem somente o movimento de mudança de passo, isto é, a pá do rotor se locomove em torno do seu eixo longitudinal;
- rotores semirrígidos - são aqueles em que a cabeça e as pás são rígidas entre si e executam os movimentos de mudança de passo e batimento. A articulação permite que ocorra o batimento das pás, no centro de rotação;
- rotores articulados - são os rotores que possuem os três tipos de movimentos: mudança de passo, de batimento, e o avanço e recuo da pá. Este último significa o movimento da pá em torno do seu eixo vertical, ou seja, a pá desloca-se para frente e para trás e se



**Empuxo:** significa o empuxo de um motor à reação obtido com a alavanca de controle de potência do motor posicionada no batente de potência mínima.

movimentação horizontalmente. É preciso, no mínimo, de três pás para formação do rotor articulado.

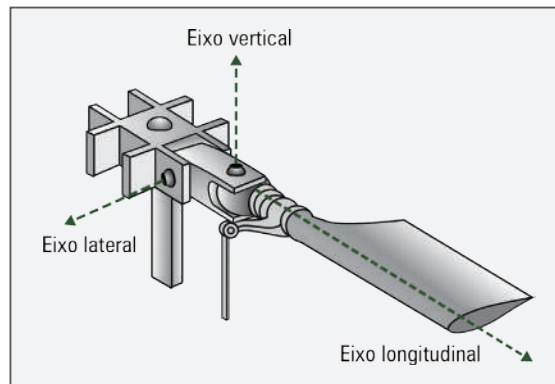


Figura 27 - Os três eixos da pá demonstrados em um rotor principal

Todas as partes do helicóptero são igualmente importantes, pois desempenham funções específicas. Eles fazem a aeronave ter uma performance em conformidade ao projeto feito pela engenharia aeronáutica. Uma parcela significativa da atenção dos projetistas vai para a determinação dos parâmetros do rotor principal, de forma a garantir uma aeronave com boas características de desempenho tanto no voo pairado quanto no voo em translação. Características como: baixo custo, baixo peso, baixo nível de ruído, baixo nível de vibração e boas características de resposta aos comandos.

Entretanto, vários parâmetros de construção, ao contribuir para uma das características, penalizam outras, cabendo à equipe de *design* a escolha entre qual delas privilegiar. Por exemplo, o aumento no diâmetro R/P melhora o desempenho em voo pairado, mas aumenta o peso do conjunto. Uma diminuição do diâmetro do R/P permite uma maior VNE (velocidade a nunca exceder); contudo, degrada o desempenho em voo pairado. Inúmeras outras variações são possíveis e, em cada uma delas sempre haverá um ponto favorável em contrapartida a um desfavorável.

Fato inquestionável é a importância do rotor principal. É ele o gerador de sustentação, logo, é tão importante para o helicóptero quanto a asa para o avião. Também vem do R/P a tração obtida por meio da inclinação do vetor sustentação na direção do movimento desejado. Ele representa para o helicóptero o que a hélice ou o jato representam para uma aeronave de asa fixa.

Por fim, é o rotor principal quem comanda as variações de atitude em rolamento e arfagem do helicóptero, fazendo neste o papel dos *aileron*s e do profundor. É o rotor principal quem desempenha as funções de sustentação, tração e controle.

### 2.2.3 Motores

Embora o rotor principal seja de extrema importância, ainda precisará de um motor para impulsioná-lo.

Em 13 de novembro de 1907, pouco mais de um ano após o histórico voo de Santos Dumont, um fabricante de bicicletas francês, Paul Cornu, decolou para aquele que é considerado o



**Tandem:** dois rotores principais dos helicópteros dispostos lado-a-lado.

primeiro voo de um helicóptero. A máquina por ele elaborada possuía um motor de 24 HP que se movimentava por meio de correias, dois rotores contrarrotativos montados em *tandem* numa estrutura metálica. Com este helicóptero, Paul Cornu elevou-se no ar a uma altura de 30 centímetros durante um período de tempo de 20 segundos. Essa aeronave possuía um dispositivo formado por correias que transferiam a potência do motor ao eixo dos rotores, mas não sem uma perda considerável devido ao deslizamento que, fatalmente, ocorria entre as correias e as polias. Essa função vital passou a ser exercida pela caixa de transmissão.

Sendo assim, no início do século XX, procurava-se por motores pequenos, leves e potentes. Hoje, a busca ainda é a mesma.

Por mais eficientes e leves que sejam os motores, o projetista estará sempre buscando melhorá-lo, pois em última análise, estará melhorando o desempenho de sua aeronave, seja com maior autonomia, maior carga paga ou maior velocidade de cruzeiro.

Cada vez menos utilizados nas aeronaves de grande porte, os motores alternativos são os responsáveis pela popularização dos helicópteros em função de seu baixo custo. Ainda utilizados em pequenas aeronaves de instrução básica, esses motores têm como problema sua relação peso/potência desfavorável. Enquanto uma pequena turbina com pouco mais que 100 Kg pode-se retirar até 650 *horsepower* (HP), um motor convencional com aproximadamente o mesmo peso tem capacidade de fornecer apenas 180 HP, mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação Peso/Potência

	Peso (kg)	Potência (HP)	Peso/Potência (Kg/HP)
Turbina RR 250 C20	72	420	0,17
Turbina RR 250 C30	124	350	0,19
Motor convencional	134	180	0,74

Além das turbinas apresentarem relações peso/potência bem mais interessantes, têm a seu favor um alto índice de confiabilidade.

Nos helicópteros convencionais (configurados com rotor principal e rotor de cauda), um ou mais motores fornecem potência mecânica para acionamento do rotor principal e outros equipamentos, dentre os quais, o rotor de cauda é o de maior relevância.

## 2.2.4 Caixa de transmissão principal

A caixa de transmissão principal tem a função de captar o movimento rotacional do eixo do motor, reduzi-lo a um nível de rotação apropriado e movimentar o rotor. Também é função da caixa de transmissão o acionamento do rotor de cauda e demais acessórios.

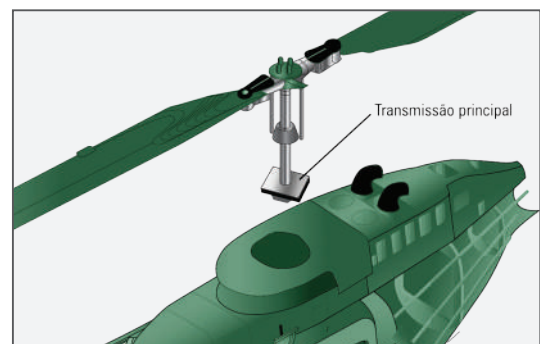


Figura 28 - Transmissão principal

A caixa de transmissão incorpora um dispositivo (roda livre) que permite sua rotação independente de acionamento do motor, assegurando a manutenção do controle da aeronave e seu pouso seguro em casos de perda de potência.

A roda livre é de funcionamento similar a uma catraca de bicicleta, que transmite o movimento dos pedais para a roda e permite que ela continue em movimento mesmo com os pedais parados. É esta roda que possibilita a autorrotação do helicóptero, possibilitando que o rotor principal continue girando por efeito da inércia e pela ação do vento. Nos helicópteros equipados com mais de um motor, ambos acionam o mesmo sistema de transmissão, tendo cada um o seu sistema de roda livre.

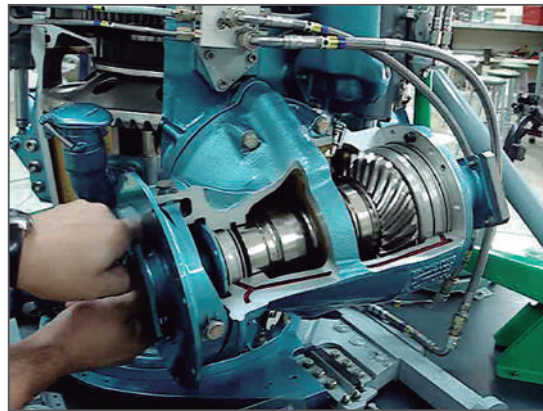


Figura 29 - Dispositivo de roda livre do HB 350  
Fonte: Foto do autor / © Márcio Patrício de Oliveira.

A capacidade de pouso em autorrotação, característica única das aeronaves de asas rotativas, faz delas aeronaves muito seguras frente à emergência nos casos de perda parcial, ou mesmo total, de potência em voo. É fato que uma aeronave de asa fixa tem o recurso do planeio e pouso sem potência; porém, será necessária a manutenção de uma velocidade mínima, geralmente em torno de 70 a 80 Kt. (nós; equivalente a uma milha náutica por hora), o que é muito para um choque frontal com um obstáculo em uma área de pouso não preparada.

### 2.2.5 Caixa de transmissão do rotor de cauda

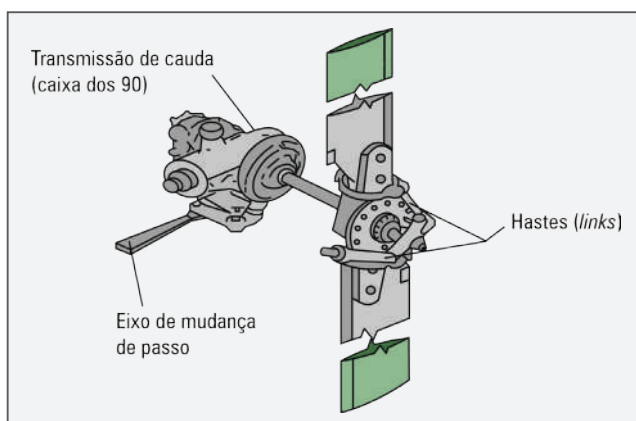


Figura 30 - Transmissão principal

O sistema de transmissão do rotor de cauda consiste em um sistema mecânico, acoplado à transmissão principal que transfere a rotação do motor ao rotor de cauda. A caixa de transmissão traseira (caixa 90°) tem sua importância na medida em que sua função é mudar em 90° o ângulo de rotação do eixo de acionamento do rotor de cauda, bem como fazer a redução da rotação do eixo para o rotor de cauda, de acordo com o projeto da aeronave.

Essa caixa possui lubrificação que deve ser mantida no nível apropriado, de acordo com o fabricante do helicóptero, e abastecida quando necessário. O

eixo de acionamento é aquele que transmite o movimento da transmissão principal para a junta universal. Essa é uma espécie de junta homocinética (velocidade constante) simplificada, tendo a função de permitir uma determinada angulação entre o eixo de acionamento e a caixa de transmissão de cauda.

## 2.2.6 Dispositivo antitorque

Ao movimentar-se, o rotor sofre a ação do ar (arrasto) no sentido de retardar seu movimento. Essa força de arrasto, ao agir com uma certa distância do eixo de rotação, gera um torque que é suplantado pela potência do motor. Entretanto, por ação e reação, o movimento rotacional do eixo do rotor principal (mastro), ao forçar as pás do rotor contra o arrasto criado, sofre uma reação em sentido contrário que fará com que a caixa de transmissão e, por consequência a estrutura da aeronave, apresente uma tendência de giro em sentido contrário. Em outras palavras, enquanto o rotor principal está girando em uma direção, a fuselagem tende a girar em sentido contrário. O rotor de cauda é o responsável por anular o efeito de torque do rotor principal.

Os principais tipos de rotor de cauda que equipam as aeronaves são:

a) rotor de cauda (R/C)

É o sistema denominado *fan-in-fin*. Suas principais características são:

- redução da vibração e do ruído, em função da menor velocidade na ponta da pá;
- menor risco de colisão com árvores e passageiros.

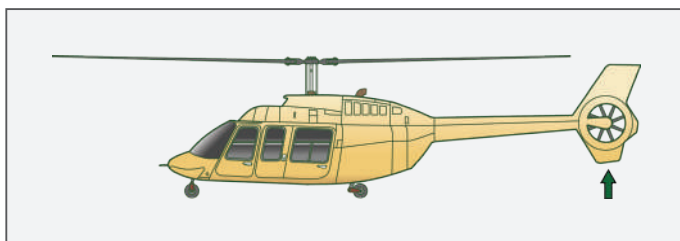


Figura 31 - EC 120

b) rotor de cauda (R/C)/NOTAR

Nessa configuração, a força antitorque é obtida por intermédio do ar soprando através do cone de cauda. O ar sai do cone de cauda por dois caminhos: um na extremidade do cone, o qual é dotado de aletas que direcionam e restringem o fluxo fazendo variar a força antitorque e proporciona o controle direcional ao helicóptero. O outro caminho é feito pelos pontos de escape de ar comprimido, que consistem em rasgos no sentido longitudinal do cone de cauda.

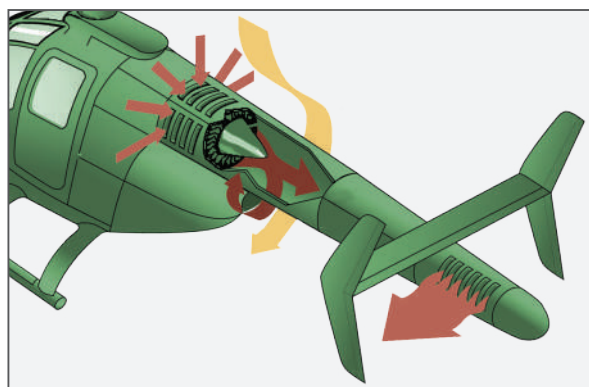


Figura 32 - Rotor de cauda do tipo NOTAR

## 2.2.7 Comandos de voo

A manutenção do controle de um helicóptero, seja em que configuração for, é feita por intermédio de três comandos básicos: coletivo, cíclico e pedais. Outro comando presente em alguns helicópteros é a manete de combustível para controle do regime de rotação do motor.

O comando primário de altura é o coletivo que funciona variando o ângulo de passo das pás de maneira homogênea (coletivamente) em qualquer posição em que a pá se encontre. Dessa forma, esse comando gera um aumento ou uma diminuição da força de sustentação gerada pelo rotor principal. Por ocasião da aplicação do comando coletivo, haverá um aumento do passo das pás causando um maior arrasto que, por sua vez, fará com que a fuselagem tenha tendência de girar no sentido contrário ao do rotor principal; ele é contrariado pelo comando dos pedais que acionam o rotor de cauda.

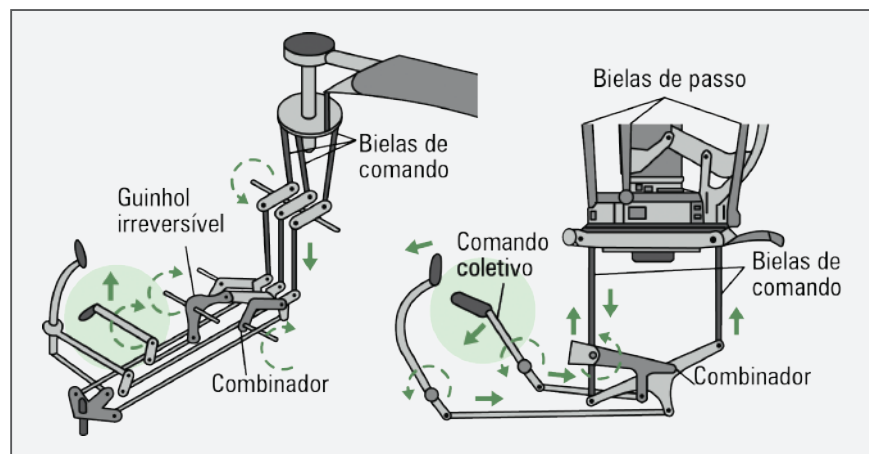


Figura 33.A - Comando coletivo

O comando cíclico consiste em uma alavanca vertical localizada na frente e no centro do assento do piloto. O comando primário de velocidade é exercido pelo cíclico. Esse comando altera o ângulo de passo das pás de forma diferenciada para cada posição no disco do rotor (ciclicamente). Com isso, ocorre uma inclinação da força de sustentação de acordo com o comando executado pelo piloto, provocando o deslocamento da aeronave no sentido comandado.

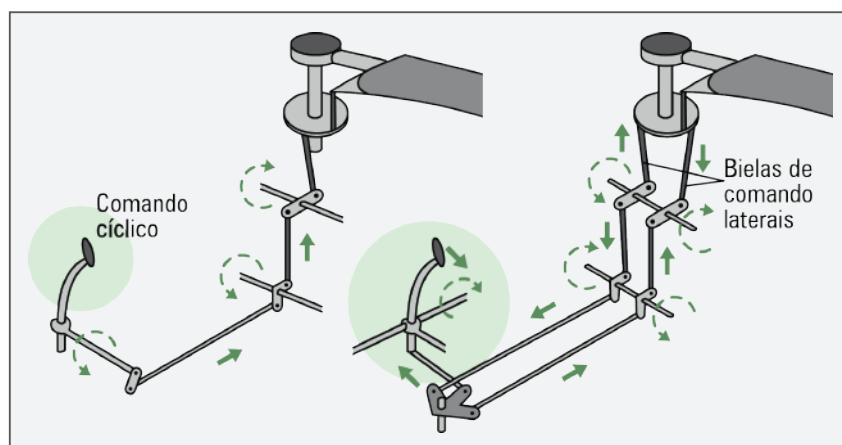


Figura 33.B - Comando Cíclico

Desse modo, é por intermédio do comando cíclico que o piloto mantém os momentos de controle necessários para comandar o helicóptero em torno dos eixos longitudinal e lateral. Seu funcionamento é tal qual o do manche, em aeronaves de asa fixa, de tal sorte que haja os movimentos longitudinais para controle de arfagem e laterais para o controle de rolamento.

A combinação destes dois comandos (cíclico e o coletivo) define a velocidade da aeronave. A inclinação da força de sustentação gera uma componente no sentido desejado de deslocamento. Entretanto, uma diminuição na componente vertical levará a aeronave a uma perda de altura. Essa redução na componente vertical é compensada pela aplicação do coletivo, que além de compensar a redução na componente vertical, provoca um aumento da componente horizontal, dando maior velocidade à aeronave.

O controle direcional é obtido pela utilização dos pedais que, na configuração convencional, altera o passo das pás do rotor de cauda de forma homogênea (como o coletivo) em qualquer posição em que a pá se encontre. Os pedais trabalham variando a intensidade da força de sustentação no rotor de cauda, da mesma forma que o coletivo o faz no rotor principal.

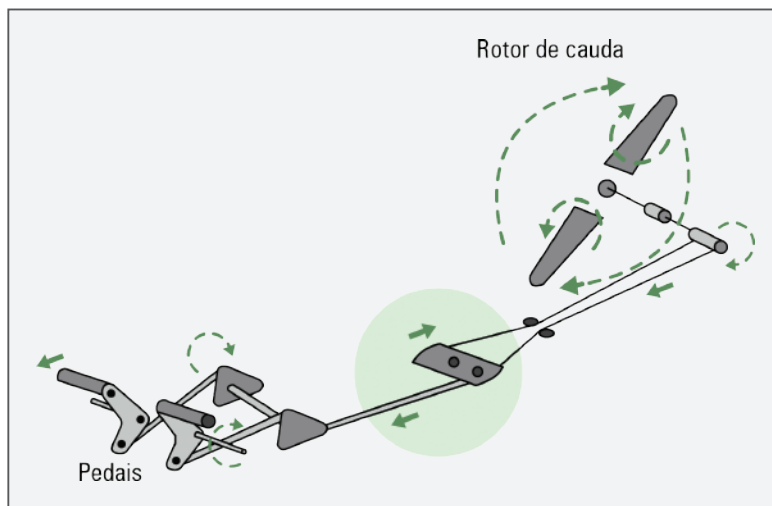


Figura 33.C - Comando dos pedais

Nas demais configurações, o trabalho fica por conta da engenharia, que fornece ao piloto comandos que respondem às solicitações da mesma forma que os comandos convencionais. Assim, se em um helicóptero de rotores em *tandem*, por exemplo, o piloto desejar executar um giro no ponto, tudo o que ele precisará fazer é aplicar o pedal para o lado desejado e a cadeia de comando se encarregará de fazer o resto, de forma que as alterações de torque em um ou outro rotor passem transparente ao piloto.

O quarto comando, pouco utilizado com o advento das turbinas, é a manete de combustível. Qualquer helicóptero, ao ter o passo coletivo aumentado, responde com uma tendência de queda de rotação. Ocorre que a rotação é algo fundamental para o voo do helicóptero. Nos motores convencionais, sem os recursos e a comodidade oferecida pelo fuel control unit (FCU) ou, em português, unidade controladora de combustível, essa correção de tendência é feita pelo próprio piloto que, ao atuar no coletivo, influenciará também na manete de combustível para manter a rotação dentro dos limites. Nos motores turbo-eixos, dotados de FCU, essa

preocupação deixa de ser do piloto, pois o sistema sente a variação de rotação e varia a quantidade de combustível, mantendo a rotação dentro dos limites.

### 2.2.8 Composição do rotor - mecânica do rotor

Os rotores são os componentes mais importantes num helicóptero. São eles que garantem a sustentação, a translação e o controle do helicóptero.

Em uma visão simplificada, pode-se dividir o rotor em três partes: mastro, cubo e pás. Cada uma dessas partes desempenha papel fundamental no funcionamento do rotor.

O mastro é o elemento do rotor responsável pela transmissão do movimento rotacional do motor após as devidas reduções feitas pela caixa de transmissão ao rotor.

O cubo, por sua vez, é o responsável pela ligação das pás ao mastro. O cubo, ou cabeça do rotor, incorpora as articulações que permitem os movimentos das pás em três eixos (passo, batimento e avanço e recuo).

As pás são as responsáveis pela geração da sustentação necessária ao voo. Elas têm o bordo de ataque com estrutura revestida com aço inoxidável a fim de evitar a erosão e a corrosão. Da sustentação gerada virão, além da força normal que irá contrabalançar o peso, os momentos de controle que permitirão a pilotagem do helicóptero no espaço tridimensional.

Existem dois tipos de pás: pás metálicas e as compostas. As pás metálicas têm uma construção interna tipo *honeycomb*, e externamente recebem um revestimento adesivo aplicado sob pressão e calor. Elas são formadas por quatro seções: longarina principal; parte central (*honeycomb*); bordo de fuga (de liga de alumínio estrudado) e bloco da raiz (de liga de cobre estrudado). Na extremidade externa de cada pá do bordo de fuga, existe uma chapa metálica que atua como compensador e que permite a ajustagem da pista de rotação.

As pás compostas são constituídas de fibra de vidro que possuem grande resistências aos estresses de tensão e compressão, além de absorverem bem aos impactos mecânicos em função da movimentação do vento relativo. As pás de fibra de carbono têm a vantagem de possuir grande capacidade de flexão, sem que ocorra a sua deterioração.

## 2.3 Diferenças estruturais entre o helicóptero e o avião

Uma aeronave de asas rotativas, em princípio, não se diferencia de uma aeronave de asa fixa pelas funções exercidas por suas partes. Sendo assim, as funções são, essencialmente, as mesmas. Da mesma forma, a asa rotativa também necessitará de sustentação, tração, controle e de uma estrutura onde as partes responsáveis por todas estas funções sejam fixadas e que também sirvam de suporte para uma cabine de passageiros ou carga, e para a fixação de um trem de pouso, seja ele de qual tipo for.

O que diferencia uma aeronave de asas rotativas de uma de asa fixa é o modo de obtenção das três funções básicas (sustentação, tração e controle). Em um avião (asa fixa) tem-se um



componente para cada papel. Assim, a asa proverá a sustentação; a hélice/jato será responsável pela tração; e as superfícies de comando (profundor, ailerons e leme) responsáveis pelo controle. No helicóptero, tem-se o rotor principal como origem da sustentação, da tração e de boa parte do controle, sendo auxiliado nesta última função pelo rotor de cauda, especialmente baixas velocidades.

A estrutura, porém, executa papel semelhante em ambos os tipos de aeronave, servindo de ponto de fixação das partes responsáveis pelas três funções essenciais e suportando um trem de pouso. Além disso, ambas as aeronaves estão sujeitas a cargas e estresses estruturais, os quais podem causar fadiga nas ligas metálicas que dão forma ao produto aeronáutico.

Em termos operacionais, por exemplo, a condição de **voo pairado** que diferencia o helicóptero das aeronaves de asa fixa ocorre, aparentemente, em termos de realização de engenharia em função das forças e momentos envolvidos no engenho aeronáutico. Ao iniciar seu movimento translacional, o helicóptero passa a responder aos comandos de voo de forma mais parecida com um avião, o que não significa que seu estudo passe a ser menos complexo ou exigir menos em termos de soluções de engenharia.

Outro aspecto operacional que faz a distinção entre o helicóptero e o avião é a autorrotação. Ela é caracterizada pela capacidade do helicóptero em manter suas pás girando, por ação aerodinâmica, em caso de falha do motor. Isto permite ao piloto manter o controle da aeronave durante a descida para um pouso seguro.

É comum entre as pessoas que não dispõem de conhecimentos acerca da aviação de asas rotativas, a ideia preconcebida de que o avião é mais seguro que o helicóptero, porque em caso de falha do motor, o avião tem a possibilidade de planar enquanto o helicóptero não. Tal conclusão é oriunda do fato de imaginarem o rotor como a hélice no avião. No entanto, após uma falha do motor, o rotor do helicóptero passa a operar tal qual um cata-vento, extraindo energia do fluxo de ar ascendente para manter sua velocidade de rotação de forma segura, com o objetivo de efetuar um pouso sem consequências trágicas. Nesse contexto, há que se entender que na falta de potência em voo, tanto a estrutura do avião, quanto a do helicóptero será sacrificada de forma mais rápida, requerendo um cuidado especial nas intervenções mantenedoras.

## 2.4 O helicóptero BELL 412 EPI e o helicóptero HB 350B

A aeronave Bell 412, de asas rotativas, é constituída de quatro pás no rotor principal, as quais são construídas com material em fibra de vidro.

O helicóptero Bell 412 continua a ser um excelente meio de transporte para cumprimento de missões civis ou militares. Nas versões mais modernas, ele dispõe de cabine extensa e avantajada, pois pode abrigar passageiros e cargas. As boias de emergência com botes salva-vidas são itens incorporados na certificação desse projeto.

O modelo 412 EPI destaca-se no mercado por possuir um sistema aviônico integrado capaz de fornecer informações de voo denominadas críticas, mantendo a consciência situacional no voo. Além disso, possui capacidade para 14 passageiros e piloto adaptável a qualquer missão. A



**Voo pairado:** o passo das pás do rotor principal e a potência do motor mantém constante a rotação, fazendo com que o helicóptero não suba.

aeronave é dotada de amplo piso da cabine, plano, com diversos acessórios estruturais e pontos firmes para a disposição de assentos flexíveis. É equipado com motores potentes, o painel computadorizado e cabine com iluminação interna. Os motores oferecem maior desempenho em altas temperaturas e altitudes.

Quanto aos principais recursos, pode-se destacar o alívio da carga de trabalho nos ambientes mais exigentes para as regras de voo por instrumentos (IFR) para helicópteros; e em função de sua configuração mais avantajada, os motores possuem maior desempenho, em virtude ao desprendimento de energia. Sua fuselagem é constituída de células de combustível resistente à ruptura (membro estrutural reforçado). O controle coletivo foi concebido de modo que seus dispositivos mecânicos reduzam a necessidade da carga de trabalho dos tripulantes. O assento dos pilotos possui estrutura forrada com absorção de energia.

A aeronave HB 350B possui sua estrutura fabricada com materiais compostos derivados dos plásticos (termoplásticos, termoendurecidos e acrílicos), ligas metálicas (duralumínio e aço), além da colmeia. É dividida em oito subconjuntos, a saber: capota; estrutura central; estrutura traseira; cone de cauda; empenagem; trem de pouso; barca; e piso da cabine.

O helicóptero possui três bagageiros com a seguinte capacidade de carga:

- bagageiro direito - 100kg;
- bagageiro esquerdo - 120kg;
- bagageiro traseiro - 80kg.

A cabine possui 11 pontos de amarração. A estrutura central é a parte mais resistente, sendo conhecida como hexaedro rígido. Suporta o rotor principal, o trem de pouso, o piso da cabine, a estrutura traseira, e ainda aloja o tanque de combustível e os bagageiros laterais. A barca e o piso da cabine é a parte que dá sustentação na parte inferior da cabine, é composta de duas vigas longitudinais reforçadas por diversas travessas. Essas vigas são aparafusadas na estrutura central e servem de apoio à parte dianteira do trem de pouso. A capota é composta pelo teto, montantes e nariz. Todos são fabricados em policarbonato e reforçados por fibra de vidro.

Estrutura traseira é a parte que possui três cavernas em forma de anel, sendo que a dianteira e a traseira suportam o motor da aeronave. A terceira caverna, por sua vez, sustenta o cone de cauda, que suporta a caixa de transmissão traseira e as derivas.

A empenagem é composta de um estabilizador horizontal e uma deriva superior com perfil assimétrico e uma deriva inferior com perfil simétrico.

O estabilizador horizontal e as derivas são superfícies estabilizadoras, as quais são submetidas aos efeitos do vento relativo (vento que sopra no sentido contrário ao do movimento do aerofólio).

A porta é a estrutura do esquilo, que possui como conjunto de portas:

- portas direita e esquerda na cabine dos pilotos são alijáveis;

- portas direita e esquerda, na cabine traseira;
- portas do bagageiro laterais com sinalização de abertura (luz);
- porta do bagageiro traseiro.

O trem de pouso suporta a aeronave, protege a estrutura durante o pouso e amortece as vibrações quando a aeronave se encontra no solo, com rotor em funcionamento.

São componentes do trem de pouso:

- tubos transversais - dianteiro e traseiro (de aço);
- dois esquis de liga de alumínio (protegidos com sapatas de aço);
- dois amortecedores hidráulicos.

Os amortecedores absorvem a energia de impacto por ocasião do pouso dos helicópteros. Ambas as aeronaves são constituídas de materiais compostos e operadas tanto na aviação civil quanto na militar. Todavia, as configurações são distintas, pois o Bell 412 possui capacidade para 15 pessoas, no máximo, ao passo que o HB 350B tem capacidade para, no máximo cinco pessoas. Essa é uma aeronave leve e polivalente e o modelo 412, não tão leve, contudo também será polivalente. Os motores que equipam ambas aeronaves são de indústrias distintas, com potências diferenciadas.

## Resumindo

Neste capítulo, foram observados os conhecimentos gerais dos membros estruturais das aeronaves de asa rotativa, ou seja, sua estrutura, fuselagem, inclusive da colmeia (*honeycomb*) que integram diversos setores dessa aeronave.

As principais partes dos helicópteros foram mostradas e ilustradas, tais como a constituição estrutural dos rotores (pás, mastro e cubo), os comandos de voo, seções dianteira, central e traseira. Algumas diferenças estruturais e operacionais entre o avião e o helicóptero foram enumeradas, bem como entre as aeronaves de asa rotativa modelo 412 e HB 350B.



# Capítulo 3

## Estruturas metálicas e não metálicas

A estrutura é a base, o pilar que sustentará um sistema por mais simples que seja. Será constituída de ligas metálicas, tais como alumínio, aço, magnésio, entre outras. Esses materiais construirão fuselagens, asas, estabilizadores, carenagens, janelas de inspeções e superfícies de controle de voo.

A estrutura ainda poderá ser feita de fibra de vidro, madeira, laminados (não metálicos) capazes de suportar os esforços e os estresses que assolam as bases da aeronave.

### 3.1 Seleção, inspeção e remoção de rebites sólidos (convencionais) e especiais para estruturas metálicas e compostas

A seleção dos rebites é fundamental tanto na manutenção da junção das ligas metálicas, quanto nos trabalhos de reparo em estrutura de aeronaves. O rebite deve ser do mesmo tipo de material da liga metálica, em virtude dos efeitos da corrosão; o metal mais forte poderá atacar o mais fraco e atingir as bases dos membros estruturais.

#### 3.1.1 Rebites e suas generalidades

A aeronave (helicóptero e avião), ainda que constituída de material resistente, terá de estar com suas partes perfeitamente conectadas. Para se manter as partes metálicas ou não metálicas unidas, são utilizados rebiteagem, soldagem ou parafusos.

A rebiteagem usará um pino metálico para manter duas ou mais peças de metal ou não, lâminas, placas ou outras peças unidas. Visando à realização da junção dessas peças, é necessário realizar uma acertada seleção dos rebites sólidos (maciços) ou rebites especiais (cegos), adequados em situações específicas.

Rebite é um fixador ou pino mecânico capaz de manter duas ou mais peças unidas. Os rebites são formados por três partes:

- cabeça;
- haste;
- contracabeça ou cabeça-de-oficina.

A haste do pino metálico será instalada no orifício confeccionado nas peças estruturais, de maneira que a extremidade seja rebatida até dar origem à chamada cabeça-da-oficina, que terá a mesma função de uma porca realizando a fixação das ligas metálicas.



**Rebiteagem:** ato de fazer a inserção de rebites na estrutura da aeronave.

Os rebites recebem as seguintes classificações:

- a) rebites sólidos (maciços) - são aqueles pinos metálicos capazes de fazer a fixação de duas placas, confeccionando a cabeça-de-oficina com o auxílio de uma **barra de apoio (encontradora)**. Desse modo, a particularidade deste tipo de rebite é que o mecânico de manutenção de aeronaves possui o acesso a ambos os lados da liga metálica ou não metálica, que será submetida à rebitação. Os rebites sólidos poderão ter tamanhos e cabeças variadas, de acordo com o fabricante desse material de aviação. Além disso, suas identificações serão feitas nas cabeças dos respectivos pinos metálicos. São exemplos de rebites sólidos cabeça redonda, cabeça chata, escareados, cabeça de lentilha e universal, com aplicações das formas mais variadas possíveis em lugares específicos nas aeronaves, desempenhando funções múltiplas;



**Barra de apoio (encontradora):** ferramenta necessária a inserção de rebites na estrutura da aeronave.

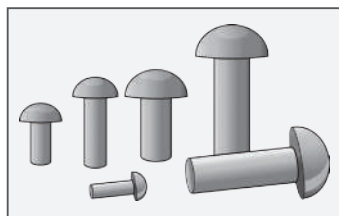


Figura 34 - Exemplo de rebite de cabeça redonda

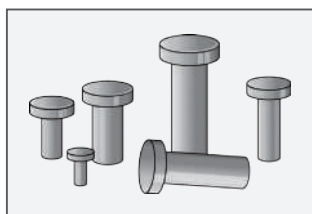


Figura 35 - Exemplo de rebite de cabeça chata

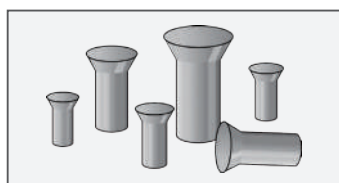


Figura 36 - Exemplo de rebites escariados

- b) rebites de cabeça redonda - são aqueles pinos de conexão utilizados na parte estrutural interna das aeronaves, ressalvada a situação em que se exija uma folga entre os membros estruturais, os quais serão conectados. Sua depressão central tem por objetivo garantir a fortaleza da chapa em torno do orifício de inserção do pino. Esse rebite também oferece grande resistência ao estresse de tração;
- c) rebites de cabeça chata - são aqueles que, a exemplo do que ocorre com o de cabeça redonda, têm sua utilidade na parte interna da aeronave. A partir do momento em que não há espaço suficiente para utilizar o de cabeça redonda, usa-se o de cabeça chata, a fim de que haja a inserção nas partes estruturais do avião. Portanto, será intercambiável com o rebite de cabeça redonda, nesse caso específico;
- d) rebites escareados - são aqueles usados em superfícies aerodinâmicas das aeronaves e, conseqüentemente, em locais que devam oferecer pequena resistência ao deslocamento do ar. Logo, eles ajudam na redução da turbulência na estrutura da aeronave, por ocasião do seu deslocamento. Sua principal característica é que esse rebite fica totalmente assentado no orifício, dentro da estrutura da aeronave, de tal sorte que não haja saliência sobressaindo no membro estrutural;
- e) rebites de cabeça de lentilha - são também denominados brazier head. Utilizados para fazer a junção de ligas metálicas delgadas e finas em locais como seção traseira da fuselagem e empenagem;
- f) rebites de cabeça universal - são aqueles que tanto podem ser utilizados em reparos na parte interna e como na parte externa das aeronaves. Na ausência dos rebites de cabeça chata, redonda e lentilha, pode-se usar o universal, sendo este intercambiável, em relação aos demais;
- g) rebites especiais (cegos) - são aqueles pinos metálicos capazes de fazer a fixação de duas placas, confeccionando a cabeça-de-oficina, mas sem o auxílio de uma barra de apoio (encontradora) como ocorre com os rebites sólidos. Aqui, os mecânicos de aeronaves só possuem acesso a um dos dois lados das ligas metálicas. Nesta situação, o trabalho de rebitação será realizado com ferramentas especiais. Alguns dos principais rebites especiais são *cherrylock*, *rivnut*, *hi-shear*, *pull-thru* e *deutsch*.

### 3.1.2 Das instalações de rebites

Antes de se realizar a instalação dos rebites, o mecânico deverá reunir condições adequadas a essa operação, ou seja, possuir as ferramentas que o auxiliarão nos serviços de rebiteagem, a saber:

- a) cortadores de rebites - na hipótese de não existir rebites no tamanho almejado podem ser usados os cortadores de rebites, a fim de diminuir o tamanho adequado desse material de aviação. Quando a organização de manutenção não dispor de cortadores há a possibilidade de utilizar um alicate de corte diagonal;
- b) duplicadores - são ferramentas utilizadas, por ocasião de um reparo na estrutura da aeronave. A partir do momento, em que seções do revestimento são substituídas por novas, os furos da liga metálica nova devem coincidir com os preexistentes. Os furos novos serão feitos na estrutura da aeronave com um duplicador, a fim de haver a coincidência com o já existente;
- c) barras encontradoras - são ferramentas de apoio que têm por objetivo fazer a contracabeça na inserção do rebite maciço. Seus formatos são variados, pois existem diversos tipos de trabalhos, com os rebites, que serão executados nas operações de rebiteagem;
- d) escareador - é a ferramenta capaz de realizar um acabamento, uma depressão ao redor do furo, de forma cônica, para permitir que o rebite ou parafuso escareado fique no mesmo plano da superfície da liga metálica;
- e) martelotes - são usados nos serviços de manutenção em usinagem, reparos estruturais com rebites nas fuselagens, asas, empenagem, entre outros locais. Possuem diversos tamanhos, formatos, bem como variadas velocidades, porque os trabalhos são os mais diferentes possíveis;
- f) martelos - são utilizados nos acabamentos dos serviços de manutenção, por ocasião da inserção dos rebites sólidos, a fim de que se realize a cabeça de oficina do rebite.

Antes da inserção de qualquer rebite, o mantenedor de aeronaves deve observar se todos os furos feitos na estrutura da aeronave estão, perfeitamente alinhados, e livre de rebarbas, bem como se as placas metálicas ou não metálicas estejam bem unidas. Partindo do princípio que os serviços de manutenção de aeronaves sejam efetuados de forma coletiva, dois ou mais mecânicos podem efetuar a rebiteagem na estrutura do avião. Um utilizará o martelote ou uma barra de apoio.

São procedimentos para instalação dos rebites nas estruturas metálicas ou não metálicas:

- fazer a inserção do rebite no orifício estrutural;
- encaixar o conjunto correto em uma barra de apoio, bem como fixar o conjunto da haste do rebite;
- aplicar pressão contra a cabeça do rebite com um conjunto para rebite plano e um martelote pneumático;
- continuar a aplicação de pressão até que haja a inserção na sua totalidade da haste do rebite nas placas metálicas, de tal sorte que o excesso de material seja aparado.

### 3.1.3 Da remoção dos rebites

Para remover o rebite *cherrylock*, seguem-se os seguintes passos:

- limar a cabeça do rebite para deixá-la plana;
- puncionar com uma punção de centro a cabeça do rebite;
- em material espesso, remover o fecho forçando para fora a haste do rebite, usando uma punção toca-pino de aço de espessura reduzida;
- em material fino use um furo central com uma broca mais fina, para guiar o alargador na extremidade da haste do rebite e brocar a porção cônica da haste soltando o fecho;
- remover o restante do colar da extremidade da haste soltando-o com a ponta de um saca-pino;
- bloquear as extremidades da cabeça do rebite, usando uma broca de espessura igual à da haste do rebite;
- retirar a cabeça do rebite, usando um saca-pino removedor;
- forçar o restante da haste do rebite com um pino que tenha o diâmetro da haste.

A forma tradicional de remoção dos rebites, por intermédio da furação, utilizando a broca, poderá ser efetuada nas duas extremidades do rebite. Não remover completamente a haste do rebite com broca; isto pode alargar o furo do rebite.

### 3.1.4 Da inspeção dos rebites

Os rebites devem ser inspecionados, em todas as suas partes, a fim de que indícios de discontinuidades e defeitos sejam apurados. Desse modo, as verificações da integridade física dos rebites devem ser feitas por meio da inspeção de rebites.

A inspeção de rebites do revestimento é importante para se verificar as condições da estrutura da aeronave; mas é preciso fazer algumas considerações para evitar interpretações incorretas a respeito de rebites frouxos.

Pequenas fissuras na pintura ou a presença de um anel preto de impurezas sedimentadas em torno da cabeça do rebite não constituem indício absolutamente certo do seu afrouxamento; isto pode ser atribuído a uma falha na instalação do rebite, à preparação defeituosa da liga metálica ou à combinação de ambas as causas. Um método mais adequado para verificar as condições de fixação consiste em colocar a ponta do dedo sobre a cabeça do rebite a ser examinado e, ao mesmo tempo, bater levemente com os nós dos dedos da outra mão no painel adjacente. Se rebite estiver frouxo, será sentida uma ligeira vibração devida ao movimento dele dentro do furo.

Os rebites frouxos podem ser classificados em:

- a) rebites afrouxados por defeitos de rebitagem - nesse caso, eles estarão distribuídos aleatoriamente em todas as regiões da aeronave;



- b) rebites afrouxados por causas externas (solicitação anormal) – nesse caso, eles estarão, geralmente, concentrados em regiões típicas da aeronave, como áreas que circundam os pontos de fixação da asa, pontos adjacentes à fixação do trem de pouso, locais ao longo das carreiras de rebites dispostos no sentido da envergadura da asa, entre outros.

## 3.2 Inspeções das juntas metálicas

As aeronaves atuam em situações diferenciadas. Há locais, em que o clima do meio ambiente, turbulências e outras situações poderão provocar alterações, defeitos ou falhas estruturais. Nesse contexto, poderão resultar ocasiões em que sejam efetuadas aterrissagens acima do peso da aeronave, de acordo com o fabricante desta. Sendo assim, será necessário realizar procedimentos especiais de inspeção, com o objetivo de prevenir ocorrências aeronáuticas em estruturas. São os chamados ensaios não destrutivos, os quais serão vistos como parte integrante das inspeções das juntas metálicas.

### 3.2.1 Tipos de ensaios não destrutivos

Ensaio não destrutivo são inspeções realizadas em materiais de aviação ou produtos aeronáuticos, a fim de verificar a existência e ou não de descontinuidades ou defeitos, por intermédio de princípios físicos definidos, sem alterar suas características físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais, como visto na unidade sobre princípios da inspeção, do livro intermediário desta coleção.

Esses processos não alteram a utilização futura da peça, mas possibilitam a restauração, condicionamento ou o seu reparo. Os principais ensaios não destrutivos são:

- a) ensaio visual com lente de aumento - consiste na utilização da visão humana associada com o recurso de aparelhos que aumentam a capacidade de aumentar a visibilidade da peça, material de aviação ou produto aeronáutico. As estruturas das aeronaves supostamente danificadas podem ser inspecionadas com o auxílio desses dispositivos, que possuem lentes de aumento. Para realizar essa inspeção, deve-se:
- limpar toda a sujeira, escamas, crostas e depósitos das superfícies a serem inspecionadas;
  - examinar, cuidadosamente, com lente de aumento o suposto local afetado por rachaduras, descontinuidades, falhas e imperfeições.
- b) ensaio por partículas magnéticas - consiste no monitoramento do campo magnético residual de peças ferromagnéticas. Esta inspeção estrutural pode ser usada somente em materiais magnéticos, ou seja, ferro e aço. A maioria das ligas de aço inoxidável, cromo-níquel ou manganês, sendo não magnéticas, não podem ser inspecionadas por este método.

Este método de ensaio acontece com a detecção de descontinuidades (rachaduras, vazios, defeitos, buracos, orifícios sob a superfície), por intermédio do acúmulo de partículas magnéticas nas descontinuidades ou defeitos de uma peça metálica magnetizada.

As partículas magnéticas são aplicadas secas, em forma de pó ou suspensas em um óleo leve. Para uma inspeção magnética completa, devem-se empregar dois tipos de magnetização utilizáveis: magnetização circular e magnetização longitudinal.

A magnetização circular é produzida diretamente pela transmissão de uma corrente elétrica, por intermédio do item que está sendo testado ou por meio de um condutor central colocado na peça. Neste caso, podem ser detectados os defeitos paralelos ao fluxo de corrente. Já a magnetização longitudinal é induzida em uma peça quando se a coloca em um forte campo magnético, tal como o centro de uma bobina. Neste processo, as partículas magnéticas podem ser aplicadas antes ou após a magnetização, e são detectadas as descontinuidades perpendiculares ao eixo da peça;

A presença de acúmulos de partículas magnéticas não significa, necessariamente, que há um defeito. Alterações na seção da peça, particularmente onde a alteração na seção é muito aguda ou orifícios broqueados na peça, irão, frequentemente, fornecer indicações.

Após a inspeção magnética, todas as peças devem ser cuidadosamente desmagnetizadas e limpas.

c) ensaio por radiologia - consiste no monitoramento do comportamento de ondas radiológicas em um material de aviação constituído de estrutura metálica ou não metálica. O chamado Raio X pode ser usado tanto em materiais magnéticos como não magnéticos, a fim de detectar os defeitos sob a superfície.

Quando uma película ou placa fotográfica é usada para registrar o raio X (de modo similar à exposição de uma película fotográfica), o processo é conhecido como Radiografia. Quando estes raios são projetados através da peça para uma tela fluorescente, o processo é conhecido como Fluoroscopia.

A interpretação dos resultados obtidos por este processo é muito difícil e apenas é facilmente efetuada se realizada por pessoal treinado. Logo, se houver necessidade de inspeção por radiologia, as peças, membros estruturais ou produtos aeronáuticos devem ser enviados para um laboratório especializado neste tipo de serviço;

d) ensaios por líquidos penetrantes - consiste no monitoramento do comportamento de um líquido por capilaridade na superfície de um material. Os produtos utilizados na inspeção por líquidos penetrantes podem ser fluorescentes e não fluorescentes. Os fluorescentes brilham quando expostos à luz da cor ultravioleta. Os produtos não fluorescentes, quando examinados sob luz branca, ficam fortemente contrastantes com a superfície que está sendo inspecionada. Estes produtos podem ser empregados indistintamente, a menos que seja recomendada a utilização de determinado tipo.

O processo de ensaio por líquidos penetrantes pode ser usado para a detecção de avarias superficiais em materiais não absorventes e não porosos, que não sejam prejudicados por reações químicas ou físicas com os produtos utilizados na inspeção. Alguns exem-

plos típicos de peças de membros estruturais ou materiais de aviação que podem ser inspecionados por esse método são usinados de aço, forjados de alumínio ou magnésio, e todos os metais fundidos de magnésio. Executa-se a inspeção conforme os seguintes procedimentos:

- remover a camada de pintura do membro estrutural ou a camada de anodização em peças de alumínio. Executar uma limpeza completa no produto aeronáutico a ser inspecionado, utilizando removedores de pintura e solventes aprovados. A superfície a ser inspecionada deve estar seca e totalmente isenta de poeira, óleo ou graxa;
- aplicar o corante penetrante com pincel ou pulverizador e aguardar cerca de 2 minutos. Em seguida, aplicar novamente o corante penetrante e deixar transcorrer mais 2 minutos. Para pesquisar rachaduras extremamente pequenas, deve-se aplicar o corante penetrante por 3 vezes e aguarde 5 minutos após cada aplicação;
- remover a maior quantidade possível de líquido penetrante com um pedaço de pano limpo e seco e, em seguida, com um pedaço de pano impregnado de solvente. Enxaguar a superfície com um pedaço de pano limpo. O revelador deve estar perfeitamente misturado quando em uso. Antes de aplicá-lo, agitar vigorosamente o recipiente.
- aplicar uma camada bem fina de revelador e observar cuidadosamente a peça, enquanto está secando. É recomendável soprar levemente sobre a peça para melhorar as condições de detecção de pequenas rachaduras e aumentar a rapidez da secagem. Fazer uma só aplicação do revelador, já que aplicações sucessivas tendem a remover as indicações menores. As rachaduras e falhas absorvem o corante penetrante que, em contato com o revelador, resulta numa indicação vermelha brilhante. Uma linha vermelha indica rachadura ou fissura. Pontos vermelhos salteados indicam cavidades ou porosidades. Uma série de pontos vermelhos em linha indicam rachadura de dimensões reduzidas (muito fechada), na qual o corante penetrou em apenas alguns pontos.

A profundidade da rachadura pode ser estimada pela largura da indicação. Uma indicação rosada mostra que o penetrante não foi totalmente removido antes da aplicação do revelador. Se existe suspeita de uma rachadura quase imperceptível, deve-se esperar vários minutos para que apareça a indicação. O procedimento com a utilização dos penetrantes fluorescentes é similar ao adotado com os produtos não fluorescentes, exceto que a inspeção deverá ser efetuada com a luz negra em câmara escura.

Logo, os ensaios não destrutivos são processos que permitem a inspeção de partes estruturais, peças de motores, hélices e componentes, por intermédio de critérios técnicos de aceitação ou rejeição, de acordo com os limites estabelecidos pelo fabricante do produto aeronáutico. Voltada para a manutenção da aeronavegabilidade, seu objetivo é determinar a presença de circunstâncias e condições indesejáveis, tais como trincas, corrosão ou moosa.

### **3.2.2 Outros tipos de inspeções das juntas metálicas**

Existem outros tipos de inspeções das juntas metálicas. São elas a inspeção preliminar e inspeção visual detalhada, explicadas a seguir.

- a) Inspeção preliminar - consiste em uma inspeção inicial acerca da real situação da aeronave como um todo, a fim de que, posteriormente, se realize uma intervenção mantenedora com critérios mais rígidos. Nesta inspeção, é necessário fazer uma varredura das condições gerais dos membros estruturais, de modo a se obter um diagnóstico dos defeitos e discontinuidades das ligas metálicas, revestimentos, montantes, estais e peças fabricadas de metal.

A análise possibilita ter a avaliação dos trabalhos que deverão ser efetuados. A real situação das superfícies de comando, tais como aileron, leme e profundos podem ser observados com a simples movimentação do manche e dos pedais. Não deve ocorrer folgas nos cabos de comandos, o que poderia prejudicar a atitude da aeronave. A tensão dos cabos deverá ser aferida com o tensiômetro. As dobradiças dessas superfícies devem ser verificadas quanto à presença ou não de corrosão e defeitos nas movimentações das articulações das superfícies de comando com os respectivos compensadores.

- b) Inspeção visual detalhada - é efetuada sem qualquer tipo de auxílio, recurso ou aparelho, mas capaz de analisar com riqueza de detalhes os defeitos e as discontinuidades de áreas críticas das aeronaves. Naceles dos motores e do trem de pouso são locais em que as inspeções deverão ser feitas de modo criterioso, bem como nas junções das asas à fuselagem; estas partes das aeronaves são essenciais à operação aérea de forma segura.

Além do motor prover a propulsão do avião, as asas têm funções múltiplas, pois mantém o equilíbrio aerodinâmico e possuem superfícies de comando capazes de fazer a aeronave adotar atitudes diferenciadas em voo. O trem, por sua vez, atua nas duas fases mais críticas do voo: pouso e decolagem. Portanto, as pernas do trem de pouso deverão ser inspecionadas quanto à ocorrência ou não de trincas, rachaduras ou deformações.

Os membros estruturais que constituem as asas (nervuras e longarinas) devem ser avaliados quanto à ocorrência de desgastes oriundos dos estresses estruturais, bem como os esforços excessivos que podem resultar em fadiga estrutural. Os membros que fazem parte da estrutura da fuselagem devem ser analisados quanto à sua integridade física. É importante detectar desgastes quanto ao indício de corrosão, mossas e defeitos nos parafusos soltos ou não frenados, além de rebites que não estejam em condições de realizar a perfeita fixação das ligas metálicas, os quais deverão ser substituídos.

Portanto, a inspeção das juntas metálicas é um método onde se previne defeitos, falhas, discontinuidades e mal funcionamento de partes estruturais importantes na operacionalidade da aeronave.

### **3.3 Inspeções, teste e reparo de estruturas (fibra de vidro, plásticos) e laminação de estruturas primárias e secundárias**

As inspeções são partes integrantes da manutenção das aeronaves, as quais visam aos exames das reais situações e os estados físicos dos componentes e materiais aeronáuticos.

Os reparos são as consequências das análises preliminares efetivadas nos membros estruturais, metálicos ou não metálicos. Tem como objetivo conservar o estado inicial do material de aviação para que os limites não sejam ultrapassados.

Os conceitos sobre generalidades, reparos de estrutura de fibra de vidro e plásticos e laminação de estruturas primárias e secundárias serão vistos a seguir.

### **3.3.1 Generalidades**

Generalidades são procedimentos de caráter abrangente que mostram uma situação imperceptível de maneira natural. Dentro desse contexto, é necessário que o profissional da manutenção de aeronaves teste a confiabilidade do produto aeronáutico. Logo, as intervenções mantenedoras necessárias às operações seguras são inspeções, testes e reparos.

A inspeção é o exame aplicado ao material de aviação ou matéria-prima com a finalidade de exercer o controle de qualidade e verificar se o bem inspecionado está de acordo com as especificações previstas pelo fabricante daquele objeto.

O teste é a verificação do funcionamento e desempenho do produto aeronáutico, componente, equipamento ou sistema dentro dos limites e requisitos estabelecidos nas publicações técnicas de manutenção.

O reparo é o serviço executado em determinadas partes da aeronave em razão de falhas aleatórias. Assim, restabelece-se a vida útil de um componente.

A fim de evitar repetições ao longo da lista de verificações contidas nas fichas de inspeção, pontos relacionados à segurança e avarias aparentes nos membros estruturais devem ser observados.

A inspeção diária, ou seja, o pré-voos, consiste na lista de verificações das diversas partes das aeronaves quanto à integridade física, mecânica e operacional da aeronave. Para tanto, o mecânico deverá seguir um caminho estabelecido pelo fabricante da aeronave, avaliando sistemas, componentes e peças dos aviões com o intuito de atestar e aprovar o seu perfeito funcionamento. Mecânico e piloto de aeronave devem incluir o pré-voos como procedimento normal e necessário para uma operação segura da aeronave. Assim, a consulta ao manual de voos ou de operação da aeronave é essencial.

As aeronaves de asas fixa e rotativa devem ser submetidas a esta inspeção detalhada, inclusive de forma visual externa, com o intuito de fazer a verificação das áreas próximas às avarias, inspecionando-se peças usinadas quanto à existência de rachaduras e de deformações. O objetivo desse procedimento é efetuar os reparos necessários.

Se estrutura da aeronave tiver sido avariada, deve-se fazer uma inspeção completa da região afetada e dos membros adjacentes. É importante que a inspeção examine as avarias óbvias e tente descobrir outras avarias secundárias.

### **3.3.2 Reparos de estrutura de fibra de vidro e plásticos**

Os plásticos são usados em muitos lugares nas aeronaves, dada a sua múltipla utilidade. Eles podem ser de duas modalidades: termoplásticos e os termoendurecidos.

Os termoplásticos são aqueles em que há possibilidade de aquecer o plástico diversas vezes e moldá-lo de forma reiterada. Eles são reforçados com fibra de vidro, que por sua vez, é parte integrante da estrutura tipo colmeia.

Os materiais constituintes dos termoendurecidos são aqueles em que o aquecimento só ocorrerá uma vez, sendo moldados em oportunidade única.

Os locais de estocagem dos plásticos devem ser realizados em lugares frescos, longe do calor. As folhas devem ser protegidas, a fim de que a temperatura e o próprio ambiente de estocagem não venham interferir na utilização futura deles.

Os procedimentos a seguir auxiliarão a execução de reparos dos itens fabricados em termoplásticos. A lista do material necessário para execução destes reparos relaciona também os fornecedores materiais aeronáuticos que servirão de base aos reparos. Ao se manusear materiais e ferramentas usadas para execução dos reparos, algumas precauções comuns de segurança devem ser observadas. São elas:

- preparação da superfície - as superfícies devem estar limpas, isto é, livre de sujeiras de qualquer ordem, de tintas oriundas das pinturas anteriores. A limpeza será capaz de salvaguardar que os compostos poderão dar uma conexão eficiente nos reparos de fibra de vidro, inclusive no que se refere ao processo de cura, ou seja, de colagem do material plástico;
- superfícies que possuem entalhes, defeitos e danos de pequena monta devem ser retiradas, a fim de se fazer avaliação da real necessidade de reparo, de acordo com as instruções do fabricante da aeronave, observando-se a possibilidade de polimentos das partes estruturais de plásticos;
- arranhões profundos, mossas leves e pequenos furos (menor que 2,5 cm) - cimentos à base de solventes serão adequados a qualquer destas situações. Se a área a ser reparada é muito pequena, é mais rápido fazer um cimento satisfatório, dissolvendo em solvente o material termoplástico do mesmo item a ser reparado, até que se consiga consistência similar a uma pasta. Tal mistura é aplicada à área danificada. Após a evaporação do solvente, a porção sólida remanescente pode ser facilmente amoldada ao contorno desejado, usando-se lima ou lixa. Adesivos à base de solventes não são recomendados para áreas sujeitas a altos esforços, peças finas ou para reforçar furos maiores de 6,0 mm de diâmetro.

Para danos maiores, recomenda-se reforçar com um composto à base de epóxi. Esse tipo de material é de cura (secagem) rápida, de fácil polimento e comercialmente disponível. Pode-se aumentar a adesão desbastando-se a superfície de contato com lixa e utilizando a maior área de colagem possível. Depois que o composto estiver curado, pode-se usar uma lixa mecânica, desde que utilizada em constante movimento para evitar aquecimento.

Para reparos em áreas sujeitas a pequena ou nenhuma tensão de cisalhamento, podem ser usados adesivos utilizados à quente, poliâmidas que são fornecidos em forma de bastão. Após o reparo ser completado, é permitido um lixamento para que se obtenha um acabamento de superfície de aparência aceitável.

Os reparos em fibra de vidro têm por objetivo restabelecer a vida do material estrutural. São procedimentos a serem adotados:

- remover a cera, o óleo e sujeiras em torno da área danificada com acetona ou equivalente. Retirar a pintura até atingir a camada de resina;

- a área danificada pode ser raspada com uma faca de lâmina fina ou com furadeira elétrica equipada com peça rebarbadora, para tornar ásperos o fundo e os lados da área danificada. Realizar um chanfre em ângulo a borda do arranhão ou cavidade. Não fazer cavidades rebaixadas nas bordas. Aplicar a mistura de resina, fibras e catalizador na área danificada, usando a ponta de uma espátula ou vareta, a fim de comprimi-la no fundo do furo e para perfurar quaisquer bolhas de ar que possam surgir. Encha o arranhão ou furo cerca de 1,5 mm acima da área circunvizinha.

Colocar um pedaço de celofane ou papel encerado sobre o reparo para vedar o ar e iniciar a cura da mistura de resina. Deixar curar a resina de 10 ou 15 minutos até que tenha consistência de borracha, ao tato. Retirar o celofane e efetuar um acabamento rente à superfície da estrutura após a cura. Desbastar, para deixar ásperas a área e as bordas do furo com uma peça rebarbadora em furadeira elétrica. Chanfrar o furo sem ultrapassar a camada de resina circundante. Após o reparo ter curado por 24 horas, lixar a área reparada usando um bloco de madeira com lixa d'água fina. Aplicar uma demão de primer (tinta base), lixar novamente e aplicar uma demão de tinta como acabamento.

### **3.3.3 Laminação de estruturas primárias e secundárias**

A estrutura primária é aquela que está sujeita a grandes intensidades de tensões, cargas cíclicas ou repetidas em serviço, no decorrer da vida útil do membro estrutural. A estrutura secundária, por sua vez, como está sujeita a tensões de fraca intensidade, terá sua operacionalidade limitada se houver falhas.

Laminação consiste no método de modificação das dimensões e geometria das ligas metálicas em virtude da passagem delas entre dois cilindros laminadores. A redução da espessura das chapas não as enfraquecerá, pois o objetivo é produzir ligas mais finas a partir de chapas mais grossas.

## **3.4 Inspeção, verificação, serviços e reparos de janelas, portas e acessórios internos**

Janelas e portas de inspeção são partes estruturais das aeronaves de fundamental importância, pois são as entradas de acesso dos mecânicos rumo aos componentes e dispositivos das aeronaves que necessitam de inspeções constantes e de forma diferenciada.

Os engenheiros aeronáuticos idealizaram um modo rápido de conexão do mantenedor com peças, partes e acessórios internos nas aeronaves de asa fixa e rotativas. Todas as janelas de inspeção ou painéis de acesso são fixados por parafusos metálicos capazes de fazer a desconexão rápida da base estrutural.

O acesso célere a alguns componentes aeronáuticos, sistemas e peças dá aos mecânicos uma visão do funcionamento do engenho aeronáutico em sua plenitude, e a realização de intervenções mantenedoras de modo oportuno. A ideia é que o acesso seja ágil, mas que a estrutura da aeronave não seja enfraquecida.

Dentro da estrutura da aeronave, existem locais estratégicos de inspeção estabelecidos pelos fabricantes das aeronaves. No que se refere à fuselagem e empenagem, pode-se destacar a remoção das janelas e painéis de inspeção com o intuito de verificar o fluido do reservatório do freio para abastecimento, se necessário.

A regulagem e a ajustagem do indicador e do transmissor do compensador, por exemplo, poderá ocorrer com a remoção da janela de acesso no intradorso do estabilizador horizontal direito. Em se tratando da regulagem e ajustagem do *flap*, ocorrerá com a remoção da janela de acesso localizada na longarina da asa (direita ou esquerda).

No processo de remoção da asa da aeronave EMB-711, denominado **Corisco**, avião monomotor, com quatro lugares, de asa baixa e construção metálica, alguns passos deverão ser dados, como retirar a tampa de acesso na nervura de ligação asa-fuselagem da asa e os painéis de inspeção da asa.

### 3.4.1 Inspeções

Em algumas aeronaves fabricadas por uma empresa brasileira de aeronáutica, concebidas nos anos 70, 80 e 90, como Sêneca, Tupi, Corisco, Carioca, os procedimentos de inspeção estão divididos em grupos principais. São esses grupos:

- hélice;
- motor;
- cabine;
- fuselagem e empenagem;
- asa;
- trem de pouso;
- inspeção operacional;
- generalidades.

A primeira coluna em cada grupo relaciona-se à inspeção ou procedimento a ser executado. A segunda coluna divide-se em quatro partes, indicando os requisitos de inspeção exigidos, em intervalos de 50, 100, 500 e 1.000 horas.

A inspeção programada foi instituída para permitir a utilização da aeronave durante o cumprimento dos itens listados, de acordo com um plano de inspeção. Além dos requisitos de inspeção constantes do manual do fabricante do avião, deve-se verificar também os procedimentos de inspeção previstos nos boletins de serviço da aeronave, nos manuais de serviços e boletins do fabricante de componentes.

### 3.4.2 Serviços e reparos de janelas e portas

As portas são constituídas, na maioria das vezes, de estrutura tubular e de painéis *plexiglass*. O *plexiglass* é fixado à estrutura da porta por intermédio de molduras e parafusos.

As portas (direita e esquerda), muitas vezes, são articuladas horizontalmente à estrutura da fuselagem e abrem para baixo. Ambas possuem maçanetas duplas na sua parte superior, de



**Corisco:** aeronave modelo EMB-711.



funcionamento simples, e permitem a abertura tanto por dentro como por fora. As portas podem ser alijadas em caso de emergência por intermédio de uma alça visível na parte inferior. Estas alças nada mais são do que a parte central de um cabo, cujos terminais são ligados aos grampos que conectam os pinos das dobradiças. Os terminais e os pinos deverão ser inspecionados quanto aos seus desgastes, bem como quanto ao aspecto de corrosão. Partes dos mesmos cabos são visíveis externamente, permitindo a mesma operação também do lado de fora.

A retirada da porta é efetuada retirando os grampos que fixam a porta à dobradiça. Este é o melhor momento para inspecionar a porta e seus acessórios quanto aos desgastes, bem como à existência de defeitos e discontinuidades. A instalação da porta é feita com a fixação dos grampos que unem a dobradiça à porta. A remoção do *plexiglass*, por sua vez, ocorrerá com a retirada dos parafusos de fixação das molduras (interna e externa) à estrutura tubular da porta.

A remoção das janelas ocorre seguindo critérios determinados pelos fabricantes das aeronaves. Entretanto, existem passos a serem adotados. São eles:

- remover os parafusos que fixam a moldura de acabamento ao redor da borda interna da janela. Este será o momento apropriado para verificar o estado físico e as condições dos parafusos, bem como as superfícies vizinhas à borda das janelas;
- remover as porcas que prendem a moldura de retenção da janela interna e efetuar a remoção da janela;
- remover os rebites que fixam a moldura de retenção da janela externa;
- remover das superfícies o selante antigo da janela. A instalação das janelas, a exemplo do que acontece com a remoção, também deverá ser efetivada seguindo critérios e procedimentos adotados pelo fabricante da aeronave;
- certificar-se de que a janela nova esteja cortada nas mesmas dimensões da antiga janela;
- aplicar **fitas prestite** sobre as bordas da janela externa, de tal sorte que ela faça contato com o revestimento da fuselagem e faça a vedação com selante;
- colocar a janela externa, a moldura de retenção e fixe com rebites;
- instalar a janela interna e parafuse a moldura de fixação em sua posição;
- instalar a moldura de acabamento ao redor da parte interna da janela.



**Fita prestite:** fita própria para fazer vedação na estrutura de aeronaves. Espécie de selante.

### 3.5 Inspeção e reparos de estruturas metálicas

Quando uma estrutura de aeronave estiver sido avariada, deve ser feita uma inspeção completa, com intuito de avaliar os danos. Estes últimos podem ser desprezíveis e não desprezíveis.

Os desprezíveis são aqueles danos que não atingem a infraestrutura do membro estrutural. Neste caso, não há restrição de voo para a aeronave, sendo necessárias apenas pequenas correções. Por exemplo, arranhões e pequenas mossas são desprezíveis, pois podem ser suavizados com a utilização de uma lixa fina. Aqui, a intervenção mantenedora é realizada de forma singela e a conclusão acerca dos procedimentos a serem adotados ocorre em função da realização de uma inspeção.

Os danos não desprezíveis são aqueles em que o reparo pode ser feito de duas maneiras: acrescentando um reforço no local da avaria do membro estrutural e substituindo-se o material avariado. Nesta situação, será importante a ligação do material substituto com as regiões não avariadas mais próximas.

Portanto, a avaliação correta de uma avaria estrutural é de grande importância, pois dela dependerá a escolha do tipo de intervenção e, por conseguinte, do reparo a ser efetuado.

Uma inspeção cuidadosa torna-se, então, fator preponderante para fazer a classificação correta do dano ou avaria estrutural em desprezível ou não desprezível. Isto dependerá da proximidade de linhas de rebiteamento ou bordos, se a região é muito solicitada estruturalmente ou não, entre outros aspectos.

Se a avaria não for considerada desprezível, a escolha de reparo ou reposição total da parte correspondente dependerá dos tempos de execução ou custo do reparo. Além disso, há que se respeitar sempre a orientação de que a resistência da estrutura reparada seja igual ou maior que a requerida, a fim de garantir a integridade estrutural da aeronave.

## **3.6 Equipamentos utilizados nos serviços com estrutura de aeronaves**

Na hipótese de haver a ausência de equipamentos e máquinas, para realização de serviços de usinagem seria impossível concretizá-los. Sendo assim, alguns desses dispositivos serão tratados neste tópico.

### **3.6.1 Principais ferramentas para corte de metais**

Existem equipamentos usados para cortar ligas metálicas, a fim de que elas sejam utilizadas em reparos em estrutura das aeronaves. São eles a guilhotina, a serra de fita e os tesourões sem pescoço, detalhados a seguir.

- a) Guilhotina - é uma ferramenta necessária para corte e esquadramento de placas metálicas. Geralmente, consiste de duas lâminas: uma lâmina localizada na parte superior móvel e uma lâmina localizada na parte inferior fixa. Seu princípio de funcionamento consiste em um pedal com atuação elétrica, pneumática ou hidráulica que após acionado, faz com que a lâmina móvel se movimente no sentido da lâmina fixa, realizando o corte no metal.
- b) Serra de Fita - é uma ferramenta que possui a capacidade de corte de materiais metálicos ou não muito espessos, em que a fita da serra se movimenta de forma continuada, por intermédio da rotação de uma polia que é acionada por um motor elétrico. Os cortes poderão ser em forma de círculos ou em ondulações.
- c) Tesourões sem pescoço - são ferramentas utilizadas para efetuar cortes nas chapas ao carbono. Em função da sua versatilidade, a liga metálica poderá ser girada em qualquer direção, de tal sorte que os cortes poderão ser realizados em formatos irregulares.

### 3.6.2 Máquinas para modelagem de ligas metálicas

São equipamentos usados para dar contorno nas ligas metálicas, com o intuito de dar a elas o formato necessário para os serviços de reparos estruturais. São exemplos de máquinas de modelagem:

- a) dobrador de barras - são máquinas usadas para dobrar chapas de acordo com a matriz que está sendo empregada, ou seja, normalmente estreitas e longas. Seu princípio de funcionamento é hidráulico ou pneumático;
- b) viradeira - possui maior utilidade do que o dobrador de barras. É uma máquina capaz de modificar o formato das ligas metálicas, de tal sorte que ocorra a dobragem das chapas no *design* almejado. O membro estrutural deve se encaixar no lugar perfeito do reparo a ser efetuado.

O processo de modelagem de ligas é um trabalho delicado que requer bastante cuidado; qualquer deslize poderá ser prejudicial nos trabalhos que envolvem a célula da aeronave.

## Resumindo

Este capítulo versou sobre as estruturas de aeronaves metálicas, não metálicas e a estrutura composta, dotada de materiais ricos em fibra de vidro e carbono. A conexão de ligas metálicas é feita por intermédio dos rebites (sólidos ou especiais), os quais deverão ser selecionados para serem utilizados em locais específicos. É essencial fazer uma inspeção minuciosa dos rebites e do processo de remoção deles.

Estudaram-se os processos de inspeções das juntas metálicas, inclusive com os ensaios não destrutivos, e os reparos em estruturas metálicas e não metálicas. E, por fim, introduziram-se alguns equipamentos e ferramentas usados nos trabalhos em estrutura de aeronaves.



# Capítulo 4

## Ambiente na organização de manutenção de aeronaves aplicada ao trabalho em célula (estrutura de aeronaves)

Existe uma necessidade de se obter um local de trabalho seguro dentro da organização de manutenção do produto aeronáutico (célula). Assim, alguns requisitos contidos nas normas oriundas da ANAC, como regulamentos (RBAC 43, 145, RBHA 91) e instruções suplementares, bem como as de segurança do trabalho (normas regulamentadoras) devem ser cumpridas. A utilização dos equipamentos de proteção individual (EPIs) é de caráter obrigatório, haja vista que algumas condições naturais de trabalho são desfavoráveis aos serviços na célula das aeronaves.

Nesse contexto, faz-se necessário que o mantenedor aeronáutico em célula proteja sua integridade física, ainda que haja riscos, os quais serão identificados e reduzidos, ou mesmo eliminados.

### 4.1 O ambiente do trabalho - oficinas de manutenção em estruturas de aeronaves

O ambiente organizacional consiste em um conjunto de circunstâncias internas e externas que podem influenciar no potencial desempenho da empresa.

As circunstâncias internas são formadas por elementos internos da organização, como profissionais da manutenção de aeronaves, trabalhadores da administração, gestão de recursos humanos e financeiros, estrutura e cultura organizacional. As circunstâncias externas são condições e as bases exógenas em que os elementos de fora influenciam no desenvolvimento interno das oficinas.

O grande desafio é equalizar as condições exteriores com as condições interiores dentro da organização de manutenção, de tal sorte que ocorra uma harmonia nas ações de trabalho dentro dos limites dos fatores organizacionais, sem afetar a cultura organizacional.

#### 4.1.1 O ambiente do trabalho

O ser humano possui uma personalidade ímpar e necessidades múltiplas e constantes. Por isso, é necessário um local de trabalho seguro dentro da organização de manutenção do produto aeronáutico (célula). Para tanto, o proprietário da empresa deverá prover um ambiente de trabalho (hangar, oficina) com as condições saudáveis e adequadas ao desempenho das tarefas de manutenção, pelo mecânico de manutenção aeronáutica, na organização de manutenção.

O ambiente de trabalho na organização de manutenção exerce influência no processo de decisão, principalmente quando há elementos que motivam o desenvolvimento de transtornos mentais, tais como iluminação deficiente e mal distribuída, elevado nível de ruído das máquinas e equipamentos, nível de risco envolvido na operação mantenedora em estrutura de aeronaves,



**RBAC:** regulamento Brasileiro de Aviação Civil. Normas de caráter geral e abstrata que estabelece requisitos para Aviação Civil.

sobrecarga de trabalhos com informações novas e a complexidade da situação. Em alguns casos, a falta de dados e de elementos de informação, aliada a escassez de tempo.

Nesse contexto, a inadequada e inoportuna rotina da dinâmica da equipe de manutenção de aeronaves, em termos de definição e divisão dos trabalhos, pode favorecer a sobrecarga ambiental. O local de trabalho, ou seja, os hangares da empresa de manutenção, deverá dispor de:

- vestiário, para os mecânicos realizarem as trocas de roupas, uniformes (macacão);
- instalações sanitárias;
- alojamento, com o objetivo de ter um lugar para que os profissionais da aviação possam repousar, a fim de recompor suas forças físicas e mentais.

#### **4.1.2 Oficinas de manutenção em estrutura de aeronaves**

De acordo com o art. 70, *caput*, da Lei nº 7565/86, “a autoridade aeronáutica emitirá certificados de homologação de empresa destinada à execução de serviços de revisão, reparo e manutenção de aeronave, motores, hélices e outros produtos aeronáuticos” (BRASIL, 1986, p. 1).

Nesse contexto, a ANAC emitirá o certificado de organização de manutenção, o qual conterà as regras com suas limitações nas oficinas de manutenção com sua aplicabilidade, nos termos da seção 145.1(a) do RBAC 145. Em se tratando de organização de manutenção certificada ao exercício de serviços em célula, têm-se os parâmetros estabelecidos na subparte C do referido regulamento, seção 145.101, que diz: “cada organização de manutenção certificada deve prover instalações, recursos, equipamentos, ferramentas, materiais e dados técnicos que atendam aos requisitos aplicáveis da aviação civil” (BRASIL, 2014, p. 10).

Portanto, as instalações da oficina de manutenção de produtos aeronáuticos deverão possuir espaço físico compatível com a amplitude dos trabalhos. Dessa forma, elas precisam ser capazes de abrigar os maquinários e os meios de produção (para executar adequadamente a manutenção nas estruturas dos aviões e dos helicópteros). São recursos a serem utilizados na manutenção de aeronaves equipamentos de soldagem, usinagem, jateamento, prateleiras, cavaletes, guinchos, talhas, bandejas, dentre outras ferramentas. Além disso, os equipamentos de apoio ao solo ou à manutenção serão utilizados para dar suporte aos trabalhos (inspeções, revisões e recondicionamento dos membros estruturais).

De acordo com a Seção 145.109 do RBAC 145, cada organização de manutenção certificada deverá prover condições para executar os serviços de manutenção, manutenção preventiva ou alteração em consonância com o certificado, observando o disposto no RBAC 43 (BRASIL, 2014, p. 11).

Quanto aos dados técnicos e aos documentos, deverão ser atualizados e acessíveis o acervo de publicações técnicas do fabricante da aeronave (manual de manutenção; manuais de revisão; catálogo ilustrado de peças; boletins de serviços e informação; diretriz de aeronavegabilidade; cartas de serviços). Essa documentação é fundamental à realização dos serviços de manutenção na célula das aeronaves. A biblioteca técnica deve ser capaz de proporcionar condições para que mantenedores tenham todo o arcabouço técnico das aeronaves (asa fixa e rotativa), a fim de que as consultas sejam efetuadas sistematicamente.

Com o objetivo de realizar os serviços com segurança, livre de acidentes e outras ocorrências, algumas medidas preventivas deverão ser tomadas, tanto pela alta direção da empresa, quanto pelos profissionais.

A definição de acidente do trabalho está estabelecida no art. 19 da Lei nº 8213/91, ao afirmar que “é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço do órgão, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade de trabalho” (BRASIL, 1991, p. 11).

O acidente de trabalho interrompe as atividades laborais. Deve-se impedir que o acidente na organização de manutenção aconteça nas oficinas de mantenedoras de membros estruturais e nos hangares. O grande desafio é diminuir o número de ocorrências na seara da segurança do trabalho e no âmbito aeronáutico.

Dependendo do tipo de serviço a ser realizado, o mecânico utilizará equipamentos e ferramentas de precisão no desempenho das tarefas de acordo com o previsto nos ditames previstos em publicações técnicas. Para tanto, a organização responsável pela manutenção de estruturas de aeronaves deve cumprir processos que propiciem às empresas níveis satisfatórios de desenvolvimento e aprimoramento das ações.

De acordo com o disposto na seção 145.214-I (a) do RBAC 145 “cada organização de manutenção certificada deve submeter à aceitação da ANAC um plano de implementação de um Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO), adequado ao seu porte e à complexidade de suas operações” (BRASIL, 2014, p. 20). Este regulamento descreve como obter certificado de organização de manutenção de produtos aeronáuticos e contém as regras relacionadas ao desempenho na manutenção.

O conceito de gestão da segurança operacional consiste em uma série de medidas a serem adotadas no âmbito da aviação civil e fora dela, a fim de que haja o controle de situações latentes e ativas. O objetivo é fazer com que a trajetória da oportunidade não tenha espaço para se manifestar e, por conseguinte, as situações de risco se alinharem com um desfecho trágico.

De acordo com a RBAC 137, SGSO, “é um conjunto de ferramentas gerenciais e métodos organizados de maneira a apoiar as decisões que devem ser tomadas por um Provedor de Serviços da Aviação Civil (PSAC) com relação ao risco relativo às suas atividades diárias” (BRASIL, 2011, p. 5).

Em outras palavras, a gestão de atos ordenados e a adoção de medidas padronizadas pelas oficinas de manutenção de aeronaves são instrumentos essenciais ao impedimento de ocorrências nos locais de trabalhos das organizações de manutenção.

O SGSO possui quatro componentes, a saber:

- a) política e escopos da segurança operacional (ocupacional) - estipula o comprometimento da presidência de uma organização de manutenção no sentido de melhorar a segurança operacional com a definição de metodologia e processos da estrutura organizacional das oficinas mantenedoras. Nesse contexto, há que se capacitar os profissionais e promover a interação por intermédio de comunicação, sensibilizando acerca das vantagens da sistematização, dentro do âmbito da empresa para assegurar o treinamento dos mante-

nedores. Essa ação é efetivada com a utilização de um programa de treinamento dos mecânicos e seus auxiliares, inclusive com o conhecimento de primeiros socorros e demais aspectos relacionados à aviação;

- b) gerenciamento do risco à segurança operacional (ocupacional) - possui como escopo a desenvoltura e implantação de processos organizacionais. Tem por objetivo identificar os perigos e diminuir os riscos relacionados à segurança operacional e ocupacional dentro do universo da atividade aérea;
- c) garantia da segurança operacional (ocupacional) - é comparada com as políticas e os objetivos de segurança operacional (ocupacional), bem como de avaliar a eficácia dos controles de riscos na organização de manutenção de aeronaves. Em outras palavras, assegura-se que a empresa possua os meios de produção necessários para melhorar a eficiência e diminuir os riscos. Busca-se também que os procedimentos da oficina sejam desenvolvidos com consistência e nos termos previsto nas publicações técnico-aeronáuticas e nos ditames das normas de segurança do trabalho. É essencial que o desempenho seja revisto ou revisado, e ajustado de forma constante na prestação de serviços do ramo aeronáutico, por intermédio de auditorias e avaliações internas, que analisarão dados para salvaguardar a segurança de melhoria contínua;
- d) promoção da segurança operacional (ocupacional) - inclui o aspecto ligado ao conhecimento, ou seja, a formação continuada e outras ações que criam uma cultura de segurança positiva nos diversos níveis da organização de manutenção, assegurando a permuta de informações acerca da segurança ocupacional (operacional) entre o corpo técnico de mantenedores da empresa e disseminando as lições de segurança com as boas práticas de manutenção em aeronaves.

Nesse contexto, as organizações de manutenção de célula de aeronaves deverão prover manuais, planos e programas que estabelecerão diretrizes a serem seguidas pelos profissionais que atuam nos trabalhos desenvolvidos por elas. São exemplos o Manual da Organização de Manutenção (MOM) - Seção 145.209; o Manual de Controle da Qualidade (MCQ) – Seção 145.211; e o Programa de Treinamento (PT) - Seção 145.163 do RBAC 145.

O MOM descreve a política e os procedimentos de uma organização da manutenção, isto é, o *modus operandi* da empresa no contexto da aviação. Estabelece metas a serem cumpridas dentro do trajeto dos passos adotados pela empresa, de forma que se assegure na organização o desenvolvimento das tarefas de modo satisfatório. Deve existir a restauração da vida útil da célula da aeronave (por exemplo, restauração da vida útil da célula da aeronave) com os meios de produção (equipamentos, ferramentas, maquinários, recursos humanos qualificados), para que ela realize os trabalhos de forma segura.

De acordo com a Instrução Suplementar nº 145-009, é previsto que o referido manual inclua em seu conteúdo a planta das instalações da organização; a descrição dos equipamentos para execução dos serviços; a utilização ou não de ferramentas distintas das previstas pelo fabricante e uma descrição sucinta do almoxarifado da empresa (BRASIL, 2013, p. 20-21).

O MCQ descreve os requisitos de inspeção e controle da qualidade utilizada pela oficina de manutenção de aeronaves. Engloba desde a aceitação de materiais do suprimento até o trato





**Indexação:** catalogação do produto aeronáutico, a fim de que ele possa ser localizado no suprimento.

com os clientes da comunidade aeronáutica. Os procedimentos serão mais complexos à medida que a organização ganha uma dimensão maior no que tange a demanda dos serviços. Este programa envolve a catalogação, **indexação**, armazenamento e a requisição de novos produtos aeronáuticos para serem administrados com qualidade. O trato, o manuseio e acondicionamento devem ser explicitados, bem como o registro e controle de entradas e saídas.

Há que se observar o cuidado necessário no manuseio e guarda das partes e componentes de manutenção. Por exemplo, as longarinas devem ser colocadas suspensas em cavaletes e ligas metálicas protegidas contra a ação do tempo. As peças e partes de materiais de aviação deverão possuir etiquetas, as quais identifiquem os produtos aeronáuticos para que o mantenedor tenha segurança na sua utilização.

A qualidade engloba desde a aquisição do produto aeronáutico, passando pela recepção e atingindo a estocagem. O material aeronáutico possui um número de parte, um número de série, capaz de fazer sua perfeita identificação. O controle de qualidade inicia-se com a procedência dos componentes ou produto aeronáutico, fabricado pela indústria aeronáutica. Após a aquisição, a peça deve ser estocada da maneira mais adequada possível, inclusive seguindo condições climáticas específicas (controle de temperatura e umidade), nos termos dos requisitos específicos, acontecendo o efetivo controle de qualidade. Por fim, o mecânico terá a confiabilidade no sentido de receber do suprimento o produto aeronáutico e, assim, efetuar a permuta da peça de forma oportuna e sem percalços.

Os locais dos serviços de manutenção, como os hangares por exemplo, são dotados de equipamentos e ferramentas que devem ser utilizados adequadamente e, por conseguinte, a integridade física do mantenedor deve ser observada.

Nas seções de usinagem e reparos estruturais, o profissional deverá usar protetores auriculares. Esta ação prevenirá possíveis alterações na capacidade auditiva oriundas de um elevado nível de sonoplastia, sobretudo na operação do esmeril e rebitagem de peças metálicas. As normas de segurança que se referem às ferramentas manuais, máquinas (esmeril, torno, entre outras) e equipamentos elétricos, pneumáticos e hidráulicos ao redor do avião, devem ser constantemente observadas, sob pena de situação que atinja e comprometa a integridade física do mantenedor das aeronaves.

A boa conservação das instalações do hangar é uma circunstância fundamental ao desenvolvimento apropriado dos serviços aeronáuticos. Esse espaço, que abriga aeronaves, tem como objetivo o armazenamento e a guarda de produtos aeronáuticos (aviões e helicópteros), e também serve para a organização da manutenção, estabelecimento de escritórios e alocação dos recursos humanos de empresas aéreas mantenedoras. O hangar pode ser edificado em alvenaria, sendo modulado com um bom espaço físico, laboratórios de estruturas (usinagem e soldagem) e equipamentos, como serras, tornos, plainas e peças utilizadas em trabalhos de soldagem.

Na fabricação de peças estruturais de aço, operações de esmerilhamento, retificação e polimento, faz-se necessário que o mantenedor tenha cuidados no manuseio do maquinário e na proteção individual nos serviços de inspeção, reparos e recondicionamento dos componentes de membros estruturais. Nesse ambiente de trabalho (organização de manutenção), a alta direção da empresa deverá trabalhar com a trilogia de segurança operacional, qual seja, o homem, o meio e a

máquina. O objetivo é prevenir o acontecimento de acidentes de trabalho e aeronáuticos.

As ações empreendidas na prevenção de acidentes são amplas e decorrentes de estudos e pesquisas, tendo a sua eficácia comprovada ao longo dos anos.

### 4.1.3 Trilogia de segurança operacional

A trilogia de segurança operacional é o pilar da aviação e, em torno deste, se desenvolvem os trabalhos do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). A máquina representa a aeronave com os seus diversos sistemas. Já o meio identifica o espaço onde se desenvolve a atividade aérea (dentro da organização de manutenção, na pista de pouso e decolagem, bem como no espaço aéreo). Tendo em vista que a maioria dos acidentes aeronáuticos sofre a influência das ações do ser humano, é sobre este que se concentra a maior parte das atenções da prevenção de acidentes, tanto sob o ponto de vista operacional, quanto sob o ponto de vista organizacional.

O homem possui limitações se comparado ao progresso das aeronaves que, quando submetidas a um programa de manutenção periódico e adequado, raramente têm participação direta nos acidentes. O meio ambiente, diferentemente do que ocorria nos primórdios da aviação, foi intensamente estudado. Ainda que não se possa controlá-lo, hoje qualquer tripulante tem acesso às informações das condições atmosféricas da rota e destino, por exemplo.

No SIPAER, o inter-relacionamento do trinômio homem-meio-máquina é pesquisado sob os fatores humano, operacional e material, detalhados a seguir:

- fator humano - compreende o estudo do ser humano nos aspectos fisiológico e psicológico;
- fator operacional - engloba a pesquisa das ações do homem no desempenho de suas atividades, seja como piloto, mecânico, controlador de tráfego aéreo, etc.;
- fator material - diz respeito à aeronave, principalmente em relação aos aspectos de projeto e fabricação.

O SIPAER expandiu as suas pesquisas além do trinômio homem-meio-máquina, englobando também a organização e a missão. Neste contexto, a segurança do trabalho é um aspecto a ser levado em consideração, dentro da estrutura organizacional da empresa (oficina aeronáutica).

O laboratório de sistemas tem por escopo a montagem, inspeção e revisão de aeronaves, trem de pouso, sistemas hidráulicos, membros estruturais, entre outros. Poderá possuir fornos para realização de tratamento térmico de ligas metálicas, bancadas para regulagem, montagem e alinhamento de aeronaves, inclusive de amortecedores e reparos de sistemas hidráulicos, entre outros.

No ambiente do hangar, os equipamentos de apoio ao solo deverão estar em posições estratégicas e específicas, a fim de que sejam utilizados com exatidão, bem como reposicionados ao término de seu uso. Há de se ressaltar os cuidados a serem adotados em relação à movimentação das aeronaves para se evitar colisões de partes estruturais das com obstáculos dentro do hangar e também o deslocamento dos mantenedores e técnicos de manutenção.

Os serviços de aeronaves requerem técnicas de apoio à manutenção e equipamentos para movimentação dos aviões com segurança, haja vista a complexidade nas operações de táxi,

testes, bem como a manutenção com o uso de equipamentos auxiliares.

Os cuidados com a utilização das ferramentas deverão ser observados com o intuito de não haver o esquecimento dela na pista de pouso e decolagem, dentro da fuselagem, em outras partes da aeronave ou ainda dentro de cilindros dos motores.

Restos de materiais de aviação e estruturais não devem ser deixados nas superfícies das pistas de pouso e decolagem, pois podem se tornar objetos estranhos à infraestrutura aeroportuária e causarem danos incalculáveis à célula da aeronave, que repercutirão na falta de segurança na operação aérea.

## **4.2 Das condições de trabalho - o uso dos equipamentos de proteção individual como medida protetiva na seção de usinagem e de reparos estruturais**

Antes da realização de qualquer tarefa, há que se efetuar uma avaliação preliminar da atividade, verificando quais os riscos que nela existem e quais as medidas preventivas adotadas.

Nesta análise, havendo risco de acidente, inicialmente será adotado o critério da utilização do equipamento de proteção coletivo. Em algumas ocasiões, não será necessário que os mecânicos utilizem equipamento de proteção individual.

As condições de trabalho, o uso de equipamentos de proteção individual na seção de usinagem e de reparos estruturais, os riscos de trabalhos mais comuns e as atribuições e responsabilidades chefe de manutenção serão abordados a seguir.

### **4.2.1 Das condições de trabalho**

O ambiente, o cenário e a circunstância de trabalho de uma organização de manutenção de aeronaves são semelhantes à de uma grande fábrica. Ambas devem apresentar-se como um local adequado, ideal e equipado para desenvolver a restauração da vida útil da aeronave em sua plenitude.

Em condições ideais, não haveria a necessidade de se utilizar EPIs. Todavia, em função do manuseio de produtos inflamáveis, como combustível, tiner, tintas para pintura de estrutura de aeronaves, óleo, graxa e outros produtos químicos, as condições de trabalho tornam-se mais desfavoráveis e imperiosas ao uso dos EPIs.

A utilização do método de inspeção a ser empregado nas estruturas das aeronaves estará contida nas instruções e regulamentações aeronáuticas. A limpeza do local de trabalho, bem como da aeronave, constitui-se em um importante tópico para o sucesso da manutenção; se a área estiver limpa, o perigo de mascaramento do defeito será superado.

### **4.2.2 O uso dos equipamentos de proteção individual como medida protetiva na seção de usinagem e de reparos estruturais**

O uso de EPIs é de caráter obrigatório, haja vista que algumas condições naturais de trabalho

são desfavoráveis aos serviços na célula das aeronaves. Neste contexto, faz-se necessário que o mantenedor aeronáutico em célula proteja sua integridade física, ainda que haja riscos, os quais serão identificados e atenuados, sendo assim, torna-se indispensável conceituar os EPIs. Eles diminuem ou neutralizam as ações do aroma de combustível, usando máscara de proteção; diminuem os efeitos dos ruídos dos motores, utilizando abafadores nos ouvidos; diminuir os efeitos da poluição visual, usando óculos de proteção individual. Luvas e aventais podem ser usados pelos mantenedores por ocasião da realização de ensaios não destrutivos em ligas metálicas e membros estruturais, (líquidos penetrantes, ensaios não destrutivos (END) por partículas magnéticas e líquidos penetrantes, entre outros).

Dentro do hangar, a utilização de exaustores pode ser considerada como medida complementar, denominada Proteção Coletiva no sentido de purificar o ar da empresa de manutenção de aeronaves, tornando o local de trabalho mais saudável. A Figura 37 ilustra alguns desses EPIs.



Figura 37 - Equipamentos de Proteção Individual

Por intermédio da Portaria nº 3214, datada de 08/06/1978, foram aprovadas as Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Essas normas fazem parte da segurança e da medicina do trabalho, trazendo grande avanço na prevenção de acidentes de trabalho, visto que elas devem ser cumpridas tanto por empresas públicas quanto por empresas privadas.

A NR 6 determina a utilização pelos empregados dos EPIs para atividades que os exponham a riscos. O empregador deverá fornecer EPIs aos mantenedores, gratuitamente (estes devem possuir o certificado de aprovação).

Nos trabalhos de usinagem e reparos em membros estruturais, a proteção para a cabeça faz-se necessária, que incluirá o protetor para face, óculos de segurança contra os impactos de partículas, e óculos de segurança contra os respingos de produtos agressivos, a fim de evitar irritação nos olhos. Além disso, devem ser usados máscaras para soldadores e capacetes de segurança.

Quanto à proteção para membros inferiores em trabalhos de manutenção de aeronaves, poderão ser utilizados calçados de proteção contra riscos de origem mecânica, térmica, agentes agressivos, origem elétrica, entre outros.

No que tange à proteção auditiva, é necessária a utilização de protetores auriculares, como

abafadores, sobretudo nos trabalhos menos complexos na pista de pouso e decolagem, local onde a sonoplastia é totalmente desfavorável.

A proteção respiratória ocorre com a utilização de máscaras de filtro químico, bem como equipamentos de proteção respiratória que serão utilizados em lugares insalubres onde a poluição do ar é constante. Aliada a essa medida preventiva, a utilização de exaustores no hangar será necessária, devido à limpeza constante do ambiente na oficina de manutenção com a purificação do ar.

Em local onde ocorre a manipulação de produtos químicos, como seção de baterias por exemplo, é necessário que se utilize protetores para o tronco, como aventais, jaquetas, capas e vestimentas especiais de proteção.

### **4.3 Os riscos nos tipos de trabalhos mais comuns - montagem, desmontagem, inspeção e reparos em membros estruturais e as formas de prevenção**

O gerenciamento dos riscos consiste em identificar os perigos e administrar os riscos em um nível aceitável. Na atividade aérea, este fato é constante, uma vez que dentro das organizações de manutenção de produtos aeronáuticos, os riscos circundam o ambiente de trabalho do mantenedor das aeronaves. O objetivo do programa de manutenção é apresentar as tarefas concernentes à manutenção do produto aeronáutico e dos seus componentes, com intuito de auxiliar os operadores na carga total dos trabalhos.

O sistema de manutenção consiste nas atividades de planejamento, execução, supervisão e atualização, detalhados a seguir:

- a) planejamento - é prévio à operação do avião e acontecerá por intermédio do manuseio das informações básicas fornecidas pelas publicações técnicas oriundas do fabricante do produto aeronáutico. Entre essas informações, estão o manual de manutenção da aeronave; catálogo ilustrado de peças; boletins de serviços; boletins de informação e com adaptação de uma experiência anterior, tida como similar. Nesta fase, ocorrerá a elaboração, por parte da oficina mantenedora, dos seguintes documentos: manual de organização de manutenção; manual de controle de qualidade; programa de treinamento de mecânico; implantação do SGSO;
- b) execução - consiste em colocar em prática o programa de manutenção das aeronaves que foi idealizado, de modo que os mantenedores e os inspetores estejam aptos a desenvolver suas habilidades no desempenho das tarefas de inspeção, reparo, limpeza, revisão e condicionamento. A manutenção está se tornando cada vez mais complexa à medida que a tecnologia avança e aumenta a sofisticação dos sistemas e subsistemas. O objetivo é que os limites não sejam ultrapassados e o avião se torne um produto aeronavegável, nos termos da Seção 91.7 do RBHA 91 (BRASIL, 2011, p. 9);
- c) supervisão - consiste no gerenciamento das ações provenientes da organização de manutenção, ou seja, no cumprimento dos serviços de acordo com os ditames das publicações técnicas. Administrar a execução dos treinamentos do pessoal habilitado, coordenando a

condução e avaliação da aplicabilidade de regulamentos (RBAC) é o desafio da supervisão da empresa, de modo que o controle da qualidade na execução, inspeção e gestão da manutenção dos produtos aeronáuticos sejam atingidos;

- d) atualização - decorre da própria evolução da atividade aérea, a qual requer que alguns requisitos e procedimentos sejam adequados à realidade operacional da empresa. A falta de atualização dos procedimentos deixará a organização fragilizada, de tal modo que falhas latentes possam se tornar ativas e, por conseguinte, se manifestar em um acidente de trabalho, configurando-se em riscos.

Hebert William Heinrich, norte-americano, pioneiro acerca da segurança industrial e estudioso da prevenção de acidentes e da segurança do trabalho, concebeu uma teoria sobre o início dos acidentes industriais. De acordo com o autor “todo acidente é causado porque o ser humano comete atos que propiciam o acidente ou existem no ambiente condições que comprometem a segurança do trabalhador” (HEINRICH, 1995. p. 76).

Heinrich idealizou cinco pedras de dominó, em que cada peça representa uma situação satisfatória ao acontecimento de um acidente. Em outras palavras, os acidentes industriais são resultado de uma sequência de eventos, tal qual uma sequência de quedas de dominós. A partir do momento que a primeira pedra cair, haverá a queda das demais, em sequência. A Teoria do Dominó estabelecia cinco bases presentes nos acidentes industriais:

- origem e condição social do homem - este não está dissociado do meio em que vive;
- defeitos morais - temperamento como atributo da personalidade;
- ação ou condição insegura;
- o acidente em si;
- lesão individual.

Por condições inseguras, depreende-se que os acidentes ocorram em virtude das circunstâncias do lugar de trabalho (organização de manutenção). Entre os riscos profissionais, estão as máquinas de esmeril sem proteção; equipamentos elétricos não isolados; ambiente onde se requer precisão na leitura da calibração dos instrumentos de aeronaves com iluminação insuficiente. Alguns riscos, na hipótese de não controlados, podem ser condições latentes ao acontecimento de doenças do trabalho. Sendo assim, a ausência do equipamento de proteção individual pode resultar em atos inseguros dos mantenedores nas empresas de manutenção.

James Reason, especialista em fatores humanos e processos organizacionais e professor de psicologia na Universidade de Manchester, apontou que em algumas organizações, a alta direção pode tomar decisões equivocadas que redundarão em falhas latentes. Soma-se a isto programas e os procedimentos deficientes (MOM, MCQ, Programa de Treinamento) que também resultarão em falhas latentes. Ou seja, uma somatória de fatores que culminará em condições inseguras e em riscos.

Uma formação inadequada dos mantenedores, desde o módulo básico até os módulos especializados, com ausência de atuações práticas, também prejudica a profissão de mecânico de manutenção aeronáutica, visto que erros e violações podem ser cometidos.

Importante destacar que os erros são lapsos cometidos por descuidos, distrações ou esquecimentos involuntários. As violações, por sua vez, são infrações às normas ou procedimentos de forma voluntária. A somatória de erros e violações pode ser caracterizada por:

- a) falta de comunicação - ausência de capacidade de entender e se fazer entendido;
- b) complacência - falta de percepção acerca das situações que possam ocasionar algum risco;
- c) falta de conhecimento - ausência de treinamento ou experiência, a fim de realizar uma tarefa;
- d) distração - falta de atenção, confusão mental ou distúrbios emocionais;
- e) falta de trabalho em equipe - incapacidade de interagir e efetuar tarefas em conjunto;
- f) fadiga - cansaço excessivo em função do trabalho, de outras atividades ou problemas;
- g) infrações às normas - realizar uma tarefa sem seguir normas ou procedimentos contidos nas publicações técnicas das aeronaves;
- h) Pressão de tempo - urgência em concluir uma atividade, deixando de lado alguns procedimentos de segurança de voo e do trabalho;
- i) falta de assertividade - dificuldade em expressar ideias, opiniões e necessidades;
- j) estresse - físico, mental ou emocional;
- k) falta de vigilância - incapacidade de ficar atento para observar todas as situações;
- l) falta de recursos - ausência de equipamentos, manuais técnicos, ferramentas para efetuar a manutenção nas aeronaves.

Todavia, toda organização de manutenção deverá possuir defesas adequadas. A possibilidade de acidente organizacional será reduzida a partir do momento em que os manuais estiverem em consonância com a realidade dos fatos da empresa, de modo que a oficina de manutenção possua uma constante gestão dos processos internos.

A cultura de segurança na manutenção de produtos aeronáuticos visa controlar, diminuir, ou eliminar o erro humano no ambiente de trabalho, em face das diversas ingerências, das frequentes substituições e remoções de peças ou equipamentos e das sérias restrições de prazos e escassez de tempo. Logo, a cultura de segurança está pautada em um sistema de educação continuada, capaz de atingir os aspectos técnicos, comportamentais e organizacionais.

O chefe de manutenção da empresa aérea tem como principal atribuição ser o responsável pela qualidade dos serviços de manutenção da empresa, mesmo que realizados por empresas contratadas. Deve interagir junto à diretoria para que sejam tomadas todas as providências no sentido de garantir a qualidade técnica e condições de aeronavegabilidade da aeronave da empresa, executando ou fazendo com que seja executada toda ação necessária para o fiel cumprimento do programa de manutenção e diretrizes emanadas de autoridade aeronáutica.

O chefe de manutenção deverá executar ou delegar as seguintes atribuições e responsabilidades:

- a) cumprir o programa de manutenção da aeronave;
- b) acompanhar e garantir a situação de aeronavegabilidade e operacionalidade da aeronave da empresa, atendendo aos dispositivos do RBAC 135, RBAC 91, RBAC 145 e RBAC 43;



Ingerências: intervenção.

- c) supervisionar os trabalhos de manutenção;
- d) garantir a qualidade do trabalho de manutenção executado;
- e) manter atualizada e organizada a biblioteca técnica;
- f) elaborar e cumprir um programa de treinamento para mecânicos, se for o caso;
- g) conduzir exercícios periódicos com o propósito de doutrinar o pessoal quanto ao uso apropriado e a localização dos equipamentos de combate a incêndios, verificando periodicamente as condições de tais equipamentos;
- h) estabelecer normas e procedimentos que possibilitem melhor desempenho nos trabalhos de manutenção;
- i) verificar se os registros e anotações de manutenção, em formulários e em ordens de serviço usados pela empresa estão sendo apropriadamente feitos pelos responsáveis;
- j) representar a empresa junto ao fabricante da aeronave, seus representantes oficiais e oficinas autorizadas;
- k) manter atualizado um cronograma de inspeções da aeronave;
- l) manter o chefe de operações informado sobre o andamento das inspeções na aeronave, bem como das suas indisponibilidades eventuais;
- m) elaboração, atualização e controle de distribuição dos procedimentos previstos no manual;
- n) análise de alterações sugeridas pelo manual.

## Resumindo

Foi visto que a segurança do trabalho é aplicável à atividade aérea, e por consequência, à manutenção das estruturas de aeronaves. Sendo assim, o ambiente das oficinas de manutenção de célula de aeronaves deve ser o mais apropriado possível, visto que ele terá ferramentas, maquinário próprios para os reparos estruturais e equipamentos de proteção individual necessários ao desempenho das tarefas.

A utilização dos EPIs como forma neutralizadora das ações adversas do ambiente na organização de manutenção tem por objetivo salvaguardar o mantenedor, sendo regulamentado pela NR 6. É essencial o atendimento de programas de manutenção que visem a segurança do trabalho e de voo. Tais programas devem prever requisitos capazes de proteger a organização de manutenção contra as possibilidades de ocorrências aeronáuticas com o homem (o mecânico) e a máquina (a aeronave) no meio físico (empresa de manutenção de membros estruturais).



# Capítulo 5

## Estudos de caso de acidentes aeronáuticos com fator contribuinte - falhas estruturais

Os desastres aéreos são ocorrências que envolvem perdas materiais e vidas humanas. Os fatores humano, material e operacional podem estar envolvidos nos acontecimentos que redundam em sérios prejuízos. Nos acidentes aeronáuticos com falhas estruturais, geralmente a manutenção ou a uma má gestão desta podem ter contribuído decisivamente para um desfecho trágico, com falhas no planejamento, na execução ou na supervisão na manutenção da máquina.

O estudo dos acidentes aeronáuticos é fundamental, tendo em vista que o sistema de investigação e prevenção desses acidentes será alimentado de conhecimentos oriundos das lições apreendidas com tais eventos. Serão descritos três casos concretos em que ocorreram falhas estruturais. Dois dos acidentes aeronáuticos ocorreram com aeronaves estrangeiras e um envolveu uma aeronave brasileira.

### 5.1 Aeronave PT-GHP, em 17/01/2011, Mostardas/RS

A importância da aviação agrícola no Brasil é muito grande. A utilização de aviões no manejo de recursos biológicos é capaz de fazer aumentar a produção de grãos e fibras, preservar a saúde pública e proteger as florestas com o mínimo de contaminação ambiental. Nesse contexto, a aeronave PT-GHP sobrevoava uma plantação de arroz com o intuito de melhorar sua produtividade. Por motivos alheios à vontade do operador, ela sofreu um acidente.

#### 5.1.1 Introdução

O avião descrito neste primeiro estudo de caso é o modelo EMB-201 que foi idealizado para pulverizar plantações com fertilizantes e defensivos agrícolas. A aeronave PT-GHP decolou no dia 17/1/2011, de uma fazenda, no município de Mostardas, no Estado do Rio Grande do Sul.

O objetivo era efetuar um tratamento com defensivo agrícola em uma plantação de arroz. Em torno das 14h, a aeronave acidentou-se no local em que seria realizada a aplicação de proteção. Constatou-se que ela ficou totalmente destruída, a asa esquerda foi encontrada a cerca de trinta metros em relação ao primeiro impacto no solo.

#### 5.1.2 Análise

Por ocasião da ação inicial, verificou-se uma fratura transversal na região de cravação da longarina da asa e da semiasa esquerda da aeronave. O item 1.5.1 da NSCA 3-13 entende como ação inicial no local da ocorrência:



**Defensivos agrícolas:** produtos químicos aplicados pelos aviões nas lavouras, com o objetivo de proteger contra os ataques das pragas.

Medidas preliminares realizadas no local de uma ocorrência aeronáutica, de acordo com as técnicas específicas, e por pessoal qualificado e credenciado, tendo por objetivo, entre outros: a coleta e/ou confirmação de dados; a preservação de indícios; a verificação inicial de danos causados à aeronave, ou pela aeronave, e o levantamento de outras informações necessárias ao processo de investigação (BRASIL, 2014, p. 8).

Portanto, na coleta de informações durante o evento, para concretizar uma análise estrutural, observou-se que tanto a asa quanto a semiasa esquerda foram separadas.

A conclusão acerca da análise da fratura na longarina mostrou que a trinca na seção transversal na longarina dianteira começou na parte inferior em função de cavidades corrosivas *pitting*, que evoluíram até a condição de fadiga na asa. A parte superior da longarina rompeu estaticamente como resultado da subtração da área resistiva no setor da seção transversal da longarina dianteira inferior.

Aliada a essa situação, a aeronave já havia sofrido mais duas ocorrências aeronáuticas, as quais minaram a resistência estrutural desse produto aeronáutico. Foram detectados alguns fatores relacionados à manutenção deficiente elaborada na estrutura da aeronave, a saber:

- utilização de material não apropriado na asa esquerda;



Figura 38 - Rebite inapropriado na estrutura metálica  
Fonte: Agência Força Aérea / © Cenipa.

- reparo inadequado no interior da asa esquerda;

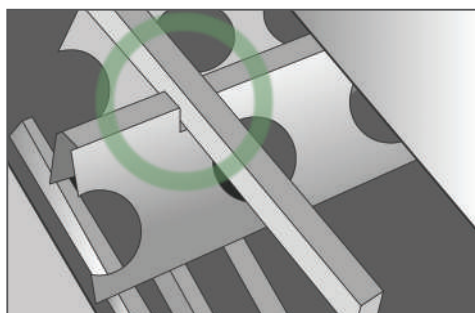


Figura 39 - Reparo inapropriado na asa esquerda



**Pitting:** é uma forma especial de reação galvânica, consistindo no ataque corrosivo de áreas locais pequenas e bem definidas.

- rachaduras visíveis próximas ao local da ruptura da semiasa esquerda.

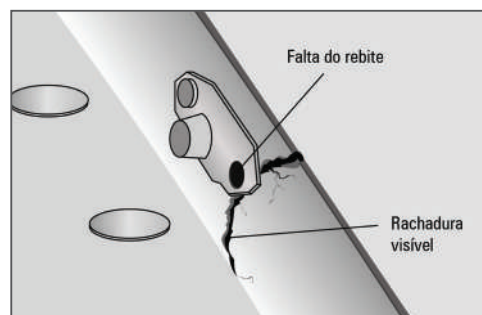


Figura 40 - Rachadura visível na semiasa esquerda

Fazer manutenção é restaurar o estado inicial do produto aeronáutico, assim, pode-se afirmar que os serviços mantenedores dessa aeronave não foram realizados conforme os parâmetros estipulados pelo fabricante da aeronave. Os trabalhos desempenhados pelo mecânico de manutenção não seguiram os ditames previstos no manual de serviços da aeronave. O item 2-33 do relatório final do CENIPA, que investigou este acidente, enuncia que:

A inspeção de 100 horas (ou anual) inclui toda a inspeção de 50 horas. Abra, solte ou remova todas as portas, painéis e carenagens de inspeção da fuselagem, asas e empenagem como necessário, para efetuar uma inspeção completa do avião. Reinstale-os após a inspeção (BRASIL, 2013, p. 12).

Eis a importância de serem observados os itens das inspeções periódicas concernentes aos componentes da aeronave. A verificação minuciosa nos dará a certeza de que o produto aeronáutico está em perfeitas condições de operação e funcionamento, pois a manutenção compreende uma série de ações executadas para conservar em condições de uso todo o material existente ou restaurá-lo a essa condição. Nas inspeções, revisões e reparos, são realizados.

### 5.1.3 Análise jurídica

O mecânico que realizou os serviços sem observância dos itens mandatórios constantes nas publicações técnicas da aeronave EMB-201 (manual de manutenção, catálogo ilustrado de peças e demais manuais de serviços) foi indiciado por homicídio culposo (quando não há intenção de matar) cometido em desfavor do piloto que voava na aeronave PT-GHP.

O mecânico de manutenção aeronáutica é um profissional formado por uma instituição de ensino da aviação, treinado para desempenhar as funções mantenedoras. Esse profissional possui licença concedida pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e é devidamente habilitado para restaurar a vida útil da aeronave em sua célula e na estrutura da aeronave como um todo. Todavia, nada justifica que ele tenha utilizado material inadequado, rebite fora da especificação e não ter sido inspecionado a corrosão por ocasião do reparo na asa esquerda. O mecânico de aeronaves é perito no assunto; logo, não deveria liberar a aeronave para voo com aquelas condições, pois não estava aeronavegável.

Além do mecânico, o proprietário da empresa que realizou a manutenção na aeronave também foi indiciado por homicídio culposo. Em tese, ele permitiu que os serviços fossem efetuados fora das especificações da aeronave, razão pela qual poderá ser responsabilizado. Houve a chamada culpa *in eligendo*, ou seja, culpa na eleição de contratação do mecânico de manutenção aeronáutica.

## 5.2 Aeronave N33701, em 11/9/1991, Texas/Estados Unidos da América

A aeronave de modelo EMB-120 tem capacidade para transportar até trinta passageiros, sendo do tipo bimotor turboélice executivo. No início dos anos 1990, foi uma das aeronaves com o maior número de operadores do mundo em função do seu projeto ousado e da fabricação com materiais compostos, os quais eram um avanço à época.

### 5.2.1 Introdução

A aeronave EMB-120, bimotora, pressurizada, empenagem tipo T (estabilizador horizontal e vertical com formato em T), capaz de transportar até trinta passageiros, com as marcas de identificação N33701, decolou às 9h09min, no dia 11 de setembro de 1991, do Aeroporto Internacional de Laredo com destino ao Aeroporto Intercontinental em Houston. Inicialmente, foi estipulado o nível de voo FL 250, sendo depois indicado o nível de voo FL 240.

A aeronave fez contato com o centro de controle de Houston às 9h48min. O último contato aconteceu por volta de 9h59min quando o Centro de Houston deu instruções para a aeronave, que os captou imediatamente. Decerto, a queda da aeronave ocorreu próxima à pista de pouso, matando as catorze pessoas que estavam a bordo: três tripulantes e onze passageiros.

Após a colisão com o solo, a aeronave ficou em uma posição de asas niveladas com os destroços queimados e parcialmente enterrados no chão, algumas peças foram encontradas no Rio Colorado. Testemunhas disseram que a aeronave foi consumida por uma bola de fogo e que apenas as pontas das asas não foram atingidas pelo incêndio. A ausência dos parafusos deu ensejo à separação estrutural em voo do estabilizador horizontal esquerdo da aeronave.

### 5.2.2 Análise

O *cockpit voice recorder* (CVR) revelou conversação normal na cabine durante a descida para o nível FL 240. Houve uma troca na equipe de controladores no exato momento da perda de comunicação. O controlador que assumiu a posição tentou contato, sem sucesso, com a aeronave designativo N33701. O equipamento CVR registrou, às 10h03min, o som de objetos no *cockpit* seguidos por um grunhido humano. Em seguida, foi registrado o som dos sistemas de alarme e mecânicos, indicando a ruptura da aeronave em voo. O *flight data record* (FDR) registrou uma *picada* súbita da aeronave ao cruzar 11.800 pés em descida, ocasionando uma aceleração da gravidade (negativa) de 3,5 G, bem como momentos de rolamento e guinada, ocorrendo mudanças de proa e de parâmetros do motor. Contudo, antes da atitude de *picada* abrupta (descida desenfreada), os motores estavam funcionando normalmente, já que ocorreram algumas variações.



**FL 250:** do inglês, *Flight Level*. Seguido de 3 dígitos, indica as centenas de pés. Ou seja, 250 é 25.000 pés de altitude.

**CVR:** do inglês *Cockpit Voice Recorder*. Gravador de voz da cabine de comando. É a caixa-preta do avião.

**Picada:** atitude da aeronave de baixar o nariz, quando o manche é movimentado longitudinalmente para frente. Descida. De nariz para baixo.

O acidente aconteceu em condições visuais meteorológicas favoráveis. No exame dos destroços, não foi encontrado sequer um dos quarenta e sete parafusos da parte superior do bordo de ataque do estabilizador horizontal esquerdo, que se separou deste. Além disso, não havia sinais de que os parafusos estivessem instalados. Houve um dobramento da parte inferior de conexão do bordo de ataque do lado esquerdo, com evidências de sobrecarga nos furos inferiores no mesmo local.

Assim, sobre o acidente, constatou-se que:

- na noite anterior ao acidente, os profissionais da manutenção do segundo e terceiro turnos trabalharam na aeronave. O serviço estava direcionado para a equipe do terceiro turno. Contudo, um dos supervisores da manutenção do segundo turno resolveu adiantar o serviço, a fim de diminuir a carga de trabalho do terceiro turno;
- a equipe do segundo turno colocou a aeronave dentro do hangar às 21h30min, com o objetivo de realizar uma manutenção programada, ou seja, um programa de manutenção aprovado pela autoridade competente. Deste modo, a manutenção incluía a troca dos *bolts* de degelo esquerdo e direito do estabilizador horizontal. A troca desses parafusos requeria a retirada do conjunto do bordo de ataque;
- após a instalação dos *bolts*, o conjunto foi reinstalado no estabilizador com quarenta e sete parafusos para a parte superior e inferior;
- com a assistência de um inspetor, dois mecânicos desenvolveram o serviço, que havia sido designado por um supervisor. Os profissionais removeram a maior parte dos parafusos na parte inferior do lado direito e uma parcela de outros parafusos do mesmo lado em outro local;
- o inspetor, por sua vez, removeu os parafusos da parte superior do lado direito e, em seguida, os parafusos também superiores do lado esquerdo, deixando os respectivos parafusos em um saco na plataforma de elevação. Os parafusos que mantinham o bordo de ataque do lado esquerdo em posição não foram removidos;
- o cartão de serviço não foi preenchido pelos mecânicos do segundo turno, pois estava destinado ao terceiro turno e não foi entregue pelo supervisor;
- o serviço foi lançado na folha de encerramento de turno do inspetor do segundo turno; porém, o inspetor do terceiro turno checkou a folha antes que ela fosse lançada;
- o supervisor e os mecânicos do terceiro turno não foram informados acerca da remoção dos parafusos do bordo de ataque do lado direito;
- após a troca de turno, os mecânicos do terceiro turno removeram o bordo de ataque do lado direito;
- um novo *bolt* foi instalado no bordo de ataque;
- a aeronave foi retirada do hangar para dar espaço a outra aeronave.;
- sem as condições ideais ou iluminação inadequada, o serviço foi reiniciado e o conjunto do bordo de ataque do lado direito foi recolocado usando parafusos novos e usados, a fim de fixá-lo ao estabilizador horizontal;
- foi observado que o inspetor do segundo turno não deu as instruções necessárias à continuação dos trabalhos ao inspetor do terceiro turno;
- um dos mecânicos do segundo turno não forneceu a informação adequada ao supervisor do segundo turno responsável pelo avião, mas, sim, a outro supervisor, que, por sua vez,



**Bolts:** parafusos utilizados em mecânica, mais precisamente em locais que requerem grandes firmezas.

ao invés de instruir o mecânico no sentido de passar a informação ao supervisor do terceiro turno, o orientou a fazê-lo a um mecânico do terceiro turno;

- o supervisor do segundo turno, responsável pela manutenção da aeronave, foi embora sem falar com ninguém acerca dos serviços já realizados e os pendentes a serem realizados.

### 5.2.3 Conclusão

A deficiente manutenção da aeronave contribuiu para o sinistro, uma vez que aconteceram diversas falhas de procedimento de troca de bolts de degelo do estabilizador horizontal. Eles redundaram na disponibilidade da aeronave para o voo, mesmo sem a instalação dos parafusos superiores de fixação do bordo de ataque do lado esquerdo.

A deficiente supervisão na manutenção contribuiu para o sinistro, pois a empresa efetuou uma supervisão errada aos serviços de manutenção realizados, permitindo que a aeronave fosse considerada aeronavegável com os serviços incompletos. Além disso, deixou, ainda, de cumprir a inspeção prevista para itens de inspeções requeridas (RII), categoria em que se enquadrava a permuta dos *bolts*.

A vulnerabilidade na execução da manutenção da aeronave N33701 pode ser observada, tendo em vista que as mudanças de turno de trabalho deram ensejo a não conclusão das tarefas em sua totalidade e o não registro daquilo que foi feito e daquilo que deveria ser concluído pelos turnos subsequentes de trabalho.

A cadeia de eventos pode ser resumida da seguinte forma:

- a) inspetor de manutenção auxilia o mecânico na remoção dos parafusos do lado superior esquerdo, porém nada fica registrado;
- b) houve mudança de turno sem passagem de serviço adequadamente;
- c) uma nova equipe assumiu e deu como perfeito o lado direito do estabilizador horizontal, encerrando os serviços sem observar o lado esquerdo, que é o problemático;
- d) o inspetor examinou e liberou a aeronave sem usar escada de inspeção, a qual seria fundamental para testificar a falha latente no lado esquerdo;
- e) a aeronave faz um voo com menor velocidade e o piloto nota uma vibração. Contudo, ele não relatou suas impressões no livro de bordo.

### 5.2.4 Recomendações de segurança operacionais de voo

A *Federal Aviation Administration* (FAA) é a agência de regulação e fiscalização da aviação civil norte-americana.

Sabendo que os Estados Unidos estão em primeiro lugar no que se refere à frota de aviões do mundo, a FAA deve:

- a) em cooperação com os fabricantes de aeronaves e com as empresas de transporte aéreo regular, conduzir uma revisão dos regulamentos, políticas e práticas relacionadas ao estabelecimento dos itens de inspeção requerida (RII) para os Departamentos de Manutenção das empresas de transporte aéreo regular, visando a desenvolver uma identificação mais específica de tais itens;

- b) requerer que as empresas de transporte aéreo regular estudem a viabilidade de desenvolver meios de informar às tripulações sobre a manutenção recente, de rotina e não programada, nas aeronaves em que forem realizar operação aérea. Tal fato permite às tripulações estarem alerta acerca das discrepâncias durante as inspeções de pré-voo e, possivelmente, realizar uma inspeção adicional de itens críticos, como os RII que possam afetar a segurança operacional;
- c) intensificar a fiscalização das operações das empresas aéreas, incluindo a observação direta das práticas de manutenção reais, a fim de assegurar que tais práticas estejam em conformidade com o manual geral de manutenção da empresa e com a regulamentação aplicável da FAA, introduzindo uma inspeção adicional em pontos críticos para garantir a segurança de voo;
- d) aperfeiçoar as orientações para confecção dos programas e manuais das empresas, incluindo o Programa Nacional de Inspeção de Segurança Operacional de Voo. Deverá enfatizar a inspeção local de equipamentos e procedimentos, inspeções sem aviso, e a observação das funções de garantia da qualidade e auditoria interna. Daí a imperiosa necessidade de correção da sistemática operacional e organizacional da empresa.

### 5.2.5 Análise final

A empresa deste estudo de caso considerava que a troca de *bolts* (parafusos) não fosse um RII. A cadeia de autoridade e responsabilidade nas atividades da manutenção estava difusa e diluída na empresa. A supervisão, a comunicação e o controle apresentavam-se confusos e sem uma linha definida de autoridade.

O manual geral de manutenção da empresa continha procedimentos adequados à manutenção e ao controle de qualidade. Contudo, a aeronave foi disponibilizada para o voo sem os quarenta e sete parafusos superiores de fixação do bordo de ataque do estabilizador horizontal, causando uma falha estrutural gravíssima. Não foi possível observar tal problema no solo. A supervisão da manutenção objetiva assegurar permanentes condições de aeronavegabilidade e o máximo de disponibilidade às operações aéreas. Sendo assim, este aspecto falhou na empresa e, portanto, os programas teriam de ser revistos e os treinamentos das equipes de manutenção deveriam ser intensificados, a fim de que a deficiente atualização técnica, treinamento e falta de doutrina de manutenção sejam suplantadas, e fatos dessa natureza não tornem a ocorrer.

Além disso, não há dúvidas sobre o acontecimento donexo causal entre a retirada dos parafusos do bordo de ataque do estabilizador horizontal e o fato dessa superfície ter-se desprendido da estrutura da aeronave. Há ainda a comprovação de não possuir os registros que identificassem a retirada dos parafusos. Com a queda da aeronave, a deficiência na execução, supervisão e a falta de padronização na manutenção e controle dela pode gerar responsabilidades jurídicas aos gerentes, inspetores e mecânicos que efetuaram os serviços nas diversas etapas do processo de manutenção. Desse modo, o princípio da proporcionalidade poderia ser aplicado na medida da responsabilidade cível e penal aos profissionais que efetivamente estavam envolvidos no acidente, relacionando-os ao grau de participação na ocorrência.

O gerenciamento dos recursos de manutenção (do inglês, *maintenance resource management - MRM*) é um procedimento de treinamento que tem como objetivo a diminuição de falhas nos

serviços dos mantenedores com aprimoramento dos recursos humanos, tanto no controle técnico de manutenção como também dos profissionais que laboram diretamente e indiretamente na aeronave. Nesse contexto, deve ocorrer uma mudança de cultura da empresa aérea, a qual adotará atitude positiva e proativa no que se refere aos postulados, sempre calcados na segurança.

O MRM é baseado em sete pilares, a saber:

- a) planejamento;
- b) comunicação;
- c) apoio (suporte) mútuo;
- d) administração da tarefa;
- e) consciência situacional;
- f) tomada de decisões;
- g) análise da execução.

Essas bases são de fundamental importância, sua interação e integração faz com que ocorra uma sistematização organizacional integrada.

## **5.3 Aeronave F-BTSC, em 25/07/2000, Paris/França**

O Concorde é um jato supersônico, comercial, desenvolvido pelo Reino Unido e pela França, que perdurou com suas operações por um período de 30 anos. Essa aeronave possuía quatro motores. O início de suas operações comerciais ocorreu entre Paris e Rio de Janeiro, com escala em Dakar.

### **5.3.1 Introdução**

No dia 25 de julho de 2000, a aeronave modelo Concorde F-BTSC, que regularmente efetuava o voo 4590, decolou do aeroporto Charles de Gaulle, Paris, após esperar autorização para decolar com destino a Nova Iorque. A aeronave decolou após realizar um reparo no motor nº 2 (asa esquerda). Ela possuía cem passageiros e nove tripulantes a bordo.

Um dos quatro motores do Concorde se incendiou em virtude de uma peça de metal, de 43 cm ter se soltado de uma peça estrutural da carcaça do motor direito de outra aeronave, a DC-10, marca N13067. Esse dispositivo ficou depositado na pista de pouso e decolagem do aeroporto francês. Cinco minutos depois, o Concorde F-BTSC decolou a uma velocidade de aproximadamente 320 km/h e, deste modo, o pneu do trem de pouso principal esquerdo colidiu com o pedaço de metal que estava no solo. O pneu explodiu e uma parte da borracha atingiu a asa da aeronave com uma força muito grande (uma tonelada, aproximadamente). O impacto na asa abriu uma cobertura do tanque de combustível e isso culminou no vazamento de querosene.

Conseqüentemente, o combustível jorrou nos motores esquerdos que entraram em ignição em função dos fios do trem de pouso terem se rompido com o impacto, ocasionando a perda de potência em voo do Concorde. O avião saiu do chão com a asa esquerda em chamas. Como alternativa, o piloto tentou seguir para o Aeroporto de *Le Bourget*, a 15 quilômetros ao norte do



centro de Paris, para que um pouso de emergência fosse realizado. Entretanto, sua tentativa não teve êxito, pois a aeronave perdeu sustentação no ar e caiu em seguida sobre um hotel de Gonesse, redundando em óbito todos os que estavam a bordo e mais quatro pessoas que estavam no hotel.

### 5.3.2 Análise

Embora o relatório final da investigação oficial do acidente sustentasse que a peça de outro avião teria sido o único fator que contribuiu para o evento, outros também podem ser enumerados, quais sejam:

- excesso de peso, com uma tonelada a mais de combustível e uma dezena a mais de malas embarcadas;
- decolagem efetuada em uma pista com vento de popa, aumentando o peso da aeronave e dificultando a decolagem;
- ausência de um espaçador em um dos trens de pouso, de tal modo que contribuiu para o deslocamento da aeronave na pista no momento da aceleração para decolagem e o choque com o objeto de metal.

Outro fato interessante a ser indagado é que as investigações extraoficiais indicaram que o piloto levantou o nariz da aeronave, mudando a atitude do avião algumas milhas abaixo da velocidade V1 (ponto sem retorno) e que o motor incendiado foi desligado antes que a aeronave atingisse a velocidade necessária para voar com motor desligado. Portanto, esses fatores podem ter contribuído para que o avião perdesse velocidade e atingisse o hotel.

### 5.3.3 Análise jurídica

Em função da evolução na manutenção e indústria aeronáutica, por suas peculiaridades e complexidades, elas devem exigir maior profissionalismo do pessoal encarregado na execução e inspeção dos mantenedores de aeronaves.

Desse modo, em 6 de dezembro de 2010, a atual *United Continental Holding*, antiga Continental Airlines, foi condenada a pagar a quantia de aproximadamente 200.000 euros às famílias das vítimas, a título de responsabilidade civil, pelo tribunal francês. Os representantes do Ministério Público deste caso procuraram demonstrar o nexo causal da manutenção mal executada na estrutura da aeronave DC-10, que efetivamente ocasionou a soltura da peça de metal e que deu ensejo ao *foreign object damage* (FOD) por danos causados a um ou mais componentes de uma aeronave (estouro do pneu do trem de pouso; curto-circuito e o dano à célula do tanque de combustível do Concorde) devido ao contato direto com objeto estranho ao meio; neste caso, uma peça de metal deixada na pista de pouso e decolagem pela aeronave que havia decolado anteriormente ao Concorde.

O mecânico especialista em estrutura, isto é, o soldador, foi condenado a quinze meses de prisão, mas não necessitou cumpri-la. O encarregado pela manutenção foi considerado inocente.

À luz do direito brasileiro, seria possível julgar e condenar a empresa operadora do Concorde F-BTSC porque ela efetuou um contrato com os passageiros que estavam a bordo da aeronave,

gerando uma obrigação de resultado. Desse modo, o contrato foi descumprido por parte da operadora de transporte aéreo pela ocorrência do acidente aeronáutico. Poderá redundar também na possibilidade de danos morais, com amparo constitucional, em virtude de a morte do ente querido ter causado aos outros entes sofrimento e perda material e emocional. No entanto, na hipótese de ser condenada, a empresa poderia propor a ação regressiva em desfavor da outra, qual seja, a operadora da aeronave DC-10.

Os mecânicos executores e inspetores de manutenção desta aeronave poderiam responder juridicamente por negligência ou imprudência em função da peça de metal que se soltou da estrutura do avião: o primeiro porque não efetuou um trabalho de forma adequada; o segundo, ao ter supostamente falhado na verificação da qualidade dos serviços estruturais efetuados quanto à segurança operacional de voo.

No que se refere à infraestrutura aeroportuária responsável pela operação da pista, houve um lapso temporal de cinco minutos, intervalo entre uma decolagem e outra. No caso concreto, deve-se analisar se houve ou não omissão por parte da administração aeroportuária quanto à remoção de objeto estranho. Além disso, é necessário avaliar se os responsáveis pela infraestrutura aeroportuária dispunham de procedimentos padrões de inspeção diária do pátio antes, durante e após as operações aéreas na pista de táxi, como forma preventiva a ocorrência de FOD. Logo, recomenda-se a utilização de máquinas que combinem aspiração e atração magnética, com intuito de remover objetos dessa natureza na concretização da limpeza da pista de pouso e decolagem.

Evidencia-se, no caso concreto, que falhas estruturais comprometem, de fato, a segurança operacional de voo. Desse modo, os processos concernentes às inspeções diárias, tais como pré-voo e pós-voo são ferramentas e ações recomendadas pelo fabricante das aeronaves de importância ímpar, pois há uma verificação minuciosa acerca das condições físicas, mecânicas e operacionais da aeronave. Nessa intervenção mantenedora, o mecânico será capaz de detectar as reais condições da máquina e, assim, prevenir o acontecimento de quaisquer ocorrências aeronáuticas.

## Resumindo

Neste capítulo, observou-se que os estudos de caso enriquecem os conhecimentos dos mantenedores de aeronaves. Foram estudadas três situações de sinistro, duas envolvendo aeronaves estrangeiras e uma envolvendo aeronave nacional. Dentro de uma organização de manutenção de aeronaves, todas as pessoas devem estar envolvidas no processo. É possível aprender com os erros alheios e adotar posturas distintas àquelas que efetivamente não funcionaram.

No primeiro caso, viu-se que aspectos organizacionais contribuíram para o acontecimento de uma ocorrência aeronáutica. No segundo, houve falha de comunicação entre os profissionais envolvidos. Entendeu-se que as tarefas não finalizadas também são falhas latentes que podem convalidar em falha ativa. O terceiro e último caso mostrou que inspeções periódicas de pré-voo e pós-voo são ferramentas que podem impedir a ocorrência de um sinistro, desde que utilizada diariamente.



# Unidade 3

## Helicóptero

Com o Brasil assumindo a posição de segunda maior frota de aeronaves de asas rotativas (rotores) do mundo, surgiu a necessidade da formação técnica de mecânicos aeronáuticos com conhecimento de helicóptero.

A unidade de helicópteros é composta de quatro capítulos. O primeiro fará uma breve introdução contendo um histórico sobre os primeiros projetos dessas aeronaves, conceitos iniciais, diferenciando avião de helicóptero, e a importância deste último para o Brasil. O segundo abordará a aerodinâmica aplicada ao helicóptero, assunto de suma importância para que o mecânico possa entender o funcionamento e o controle. O terceiro falará sobre os componentes principais que o constituem. E, no quarto, serão abordadas a manutenção do helicóptero, suas inspeções e manutenções programadas.



# Capítulo 1

## Evolução histórica do helicóptero

O helicóptero é um tipo de aeronave que vem evoluindo ao longo dos anos. O crescimento das pesquisas aeronáuticas, juntamente com o desenvolvimento de componentes aeronáuticos ultramodernos, está proporcionando ao mundo máquinas voadoras eficientes e versáteis, capazes de realizar voos mais rápidos e de cumprir a missão com mais segurança.

Sendo uma aeronave, é constituído dos seguintes componentes: rotores, grupo motopropulsor (motor), conjuntos mecânicos, estrutura, trem de pouso e outros (sistemas de combustível, sistema hidráulico, etc.). Seu desempenho depende diretamente da potência do motor e das características aerodinâmicas do rotor principal.

### 1.1 Conceitos básicos

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) 01 cita as seguintes definições sobre aeronave e avião:

Aeronave significa um dispositivo que é usado ou que se pretenda usar para voar na atmosfera, capaz de transportar pessoas e/ou coisas.

[...]

Avião significa uma aeronave de asa fixa, mais pesada que o ar, propelida a motor e que é sustentada no ar pela reação dinâmica do ar contra suas superfícies de sustentação que permanecem fixas sob determinadas condições de voo (BRASIL, 2011, p. 2 e 5).

Conclui-se que o helicóptero é uma aeronave e não um avião, pois possui asas rotativas (chamadas de rotores) e não asas fixas.

O mesmo RBAC supracitado traz outras importantes definições para que o mecânico aeronáutico possa identificar e definir com precisão a qual aeronave está se referindo. São elas:

*Girodino* significa uma aeronave de asa rotativa cujos rotores são normalmente movidos a motor durante a decolagem, voo pairado e pouso e usam parte da velocidade rotacional do rotor para deslocamentos horizontais. Seu meio de propulsão, consistindo normalmente de hélice convencional, é independente do sistema do rotor.

*Giroplanador ou Girocóptero* significa uma aeronave de asas rotativas cujos rotores não são acionados por motor (exceto, eventualmente, para partida), mas giram pela ação do ar quando a aeronave está em movimento e cujo meio de propulsão, consistindo geralmente de hélices convencionais, é independente do sistema do rotor.



**Aerodinâmicas:** é o estudo do movimento de fluidos gasosos, relativo às suas propriedades e características e às forças que exercem em corpos sólidos neles imersos.

[...]

*Helicóptero* significa uma aeronave de asa rotativa que depende principalmente de seus rotores, movidos a motor, para deslocamentos horizontais.

[...]

*Rotor*, referindo-se a aeronaves de asas rotativas, significa um conjunto de aerofólios rotativos.

*Rotor auxiliar* significa um rotor que serve para contrariar o efeito de torque do rotor principal de uma aeronave de asa rotativa ou para manobrar tal aeronave em torno de um ou mais dos seus três eixos.

*Rotor principal* significa o rotor que supre a principal parcela da sustentação de uma aeronave de asa rotativa (BRASIL, 2011, p. 9, 10 e 15 – grifos no original).

## 1.2 Histórico

O helicóptero é tido como uma das primeiras ideias voltadas ao mundo aeronáutico. Há mais de 2.000 anos, os chineses construíram o que hoje é conhecido como *chinese top* (Figura 1).

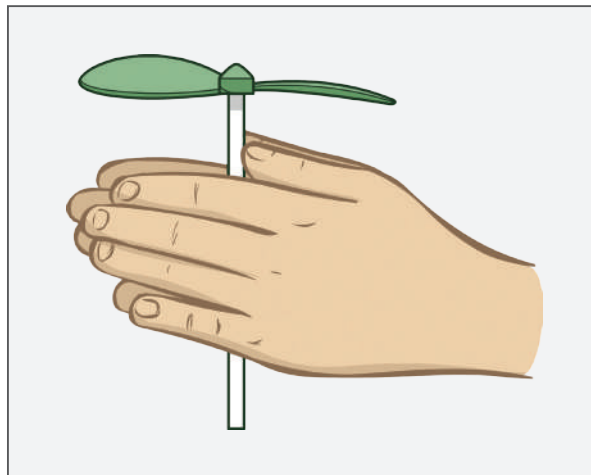


Figura 1 - *Chinese top*

Esse simples brinquedo, ainda comum nos dias atuais, é feito de uma hélice presa a um pequeno bastão e, quando girado entre as mãos, gira também a hélice, provocando sustentação.

A busca do homem pela liberdade de voar é tão antiga que inspirou grandes personagens da história a realizarem projetos inovadores. No século XV, Leonardo da Vinci, conhecido por suas pinturas famosas e invenções revolucionárias, elaborou o primeiro projeto de uma máquina voadora capaz de sustentar-se na posição vertical. Era criado, então, um projeto que

serviria de base para o desenvolvimento do helicóptero. A Figura 2 ilustra o primeiro projeto de Da Vinci para realização de um voo na vertical.

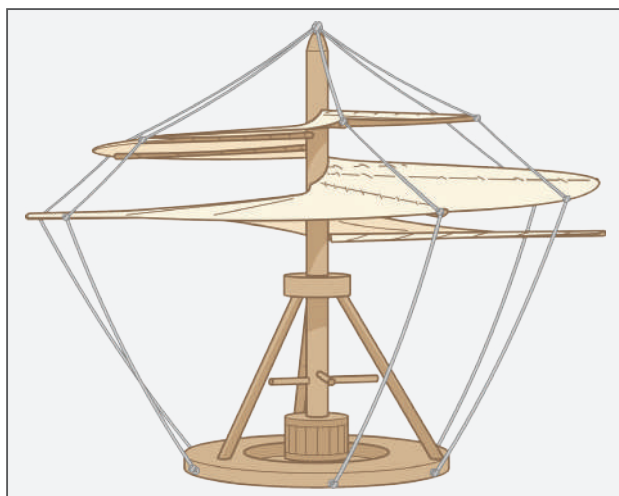


Figura 2 - *Helixpteron*: projeto de Da Vinci

O desejo por uma máquina que voasse na vertical continuava. Nos séculos XVII e XVIII, o projeto de se criar uma máquina de asa rotativa foi pensado novamente; porém, foi apenas no início do século XX que o inglês *Sir George Cayle* obteve sucesso em construir alguns protótipos capazes de voar na vertical (Figura 3).

Contudo, alguns problemas surgiriam. Era preciso solucionar o problema do controle horizontal do helicóptero no voo com deslocamento. Isso foi conseguido apenas em 1920 por meio do engenheiro aeronáutico espanhol Juan de La Sierva, a partir do projeto e da criação de um **autogiro**.

O engenheiro Von Baumhauer observou que o helicóptero sofria um fenômeno físico chamado torque. O torque ocorre quando o helicóptero está girando o seu rotor principal para um determinado lado e a estrutura do helicóptero tende a girar em sentido contrário. Em 1929, ele construiu o primeiro helicóptero com rotor principal e com rotor de cauda, que tinha como objetivo anular o **torque**. Von Baumhauer verificou que somente com uma força contrária ao sentido de rotação do rotor principal seria possível equilibrar as forças. Então, surgiu o rotor de cauda criando uma força antitorque. O projeto ainda apresentava falhas. Somente com intervenção do russo Igor Sikorsky foi possível resolver o problema de equilíbrios de força, que ajudou a desenvolver as aeronaves de asa rotativa.

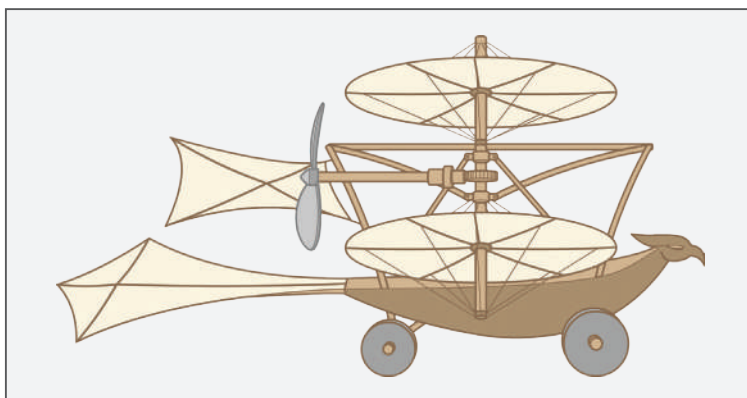


Figura 3 - Helicóptero de *Sir Cayle*



**Autogiro:** brinquedo que gira entre as mãos e voa igual ao helicóptero.

**Torque:** é definido a partir do componente perpendicular ao eixo de rotação da força aplicada sobre um objeto, que é efetivamente utilizado para fazê-lo girar em torno de um eixo ou ponto central conhecido como ponto pivô ou ponto de rotação.

A seguir, apresentam-se o primeiro rotor de cauda (Figura 4) e o projeto final (Figura 5).

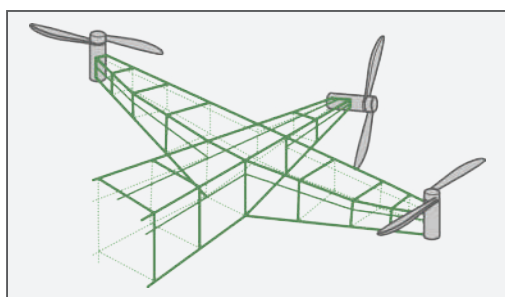


Figura 4 - Primeiro rotor de cauda de Igor Sikorsky



Figura 5 - Projeto final de Igor Sikorsky (VS 300)  
Fonte: EUA, 2012. FAA.

Desde que Leonardo da Vinci teve a ideia de fazer com que o helicóptero voasse na vertical, seu projeto vem evoluindo gradativamente. Usou-se essa aeronave para fins humanitários na guerra da Coreia. Apenas na guerra do Vietnã, ao final da década de 1970, foi descoberto seu uso como armamento.

Apesar de ser uma aeronave praticamente recente, tendo ainda muito para desenvolver, é altamente versátil, podendo voar na horizontal e/ou na vertical, realizar voo pairado e pousar em lugares extremamente restritos para aviões de asa fixa. O desenvolvimento tecnológico do helicóptero, bem como a sua empregabilidade nos diversos ramos da sociedade tanto civil como militar, vem se tornando primordial.

## O helicóptero no Brasil

O BF-1 Beija-flor foi um helicóptero projetado e construído pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD) na década de 1950, fez seu primeiro voo de ensaio em 3 de setembro de 1958.

Um acidente ocorrido com o protótipo em 11 de julho de 1966, durante um voo de ensaio, pôs fim ao projeto. Foi sinalizado que era economicamente mais favorável a construção de aeronaves de asa fixa, abrindo caminho para a fabricação da aeronave de nome **Bandeirante**, que cruza os céus até os dias de hoje (Figura 6).



**Bandeirante:** avião turboélice com capacidade de 15 a 21 passageiros, para uso civil ou militar, desenvolvido por uma fabricante de aeronaves brasileira.

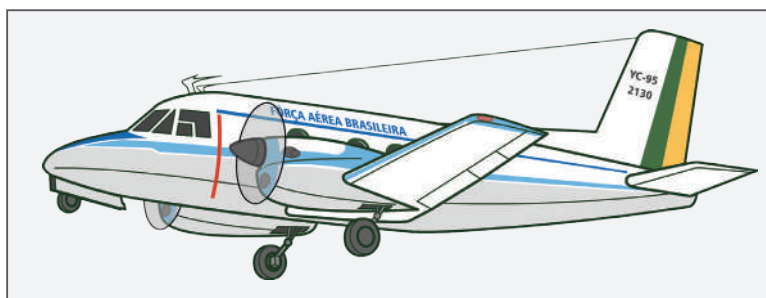


Figura 6 - Representação do modelo de teste do IPD-6504  
(futuro Bandeirante)



Após um longo período de esquecimento, a indústria aeronáutica brasileira começou a observar uma grande tendência do mercado aeronáutico mundial de asa rotativa se formando, não só em torno da aviação militar, mas, também, da aviação civil.

Com o crescimento populacional das grandes metrópoles e o trânsito de veículos automotivos se tornando cada vez mais caótico, foi surgindo a necessidade de meios alternativos de transporte mais rápidos e eficientes.

As aeronaves de asas rotativas, por serem de mais fácil acesso e, de certa forma, mais ágeis na locomoção de curtas distâncias, podem ser usadas por executivos, chefes de Estado, serviços jornalísticos, serviços médicos de emergência, busca e resgate em áreas de difícil acesso a outros veículos, dentre outras inúmeras utilidades.

O Brasil começou a investir na indústria e na importação de helicópteros, visando a atender ao grande mercado que foi se estabilizando ao longo dos anos e, hoje, ocupa a segunda posição no *ranking* mundial em números de helicópteros voando.

## Resumindo

Neste capítulo, apresentaram-se conceitos básicos fornecidos pelo RBAC 01 acerca da diferença entre helicóptero e avião. Concluiu-se que o helicóptero é uma aeronave, pois possui asas rotativas chamadas de rotores. Ademais, expuseram-se as definições de girodino, de giroplanador e de rotor.

Em seguida, relatou-se o histórico dos grandes inventores que tiveram participação fundamental na criação e evolução dos helicópteros. De início, apresentou-se o *chinese top*, criado há mais de 2.000 anos pelos chineses, e passou-se pela concepção básica de um helicóptero formulado por Leonardo da Vinci. Foi mostrado como o inglês *Sir George Cayle* obteve sucesso em construir protótipos que voassem na vertical e como o espanhol *Juan de La Sierva* solucionou o problema do controle horizontal do helicóptero no voo com deslocamento. Ao final, a evolução histórica do helicóptero no Brasil foi abordada.



# Capítulo 2

## Aerodinâmica aplicada ao helicóptero

A aerodinâmica é responsável por estudar a relação de forças e objetos que se movem no ar, na terra e no mar. Essas forças atuam em aviões, barcos, automóveis ou qualquer outro móvel que se desloque e sofra a ação de forças aerodinâmicas.

Os engenheiros aeronáuticos se baseiam nos princípios da aerodinâmica para construir, por exemplo, as aeronaves. As forças que atuam em um helicóptero são sustentação, tração, arrasto e peso.

### 2.1 Forças que atuam em um helicóptero

O voo de um helicóptero só é possível porque a força de sustentação é obtida por intermédio de dois conceitos físicos: o teorema de Bernoulli e a 3ª lei de Newton.

Segundo o Teorema de Bernoulli, o fluxo de ar entra no **tubo de Venturi** com certa velocidade. Ao atingir a parte mais estreita do tubo, aumenta sua velocidade e pressão dinâmica, além de ter sua pressão estática diminuída. Após atingir o espaço mais largo do tubo, o fluxo de ar volta ao estado inicial. A Figura 7 mostra o comportamento do fluxo de ar ao longo do tubo de Venturi.

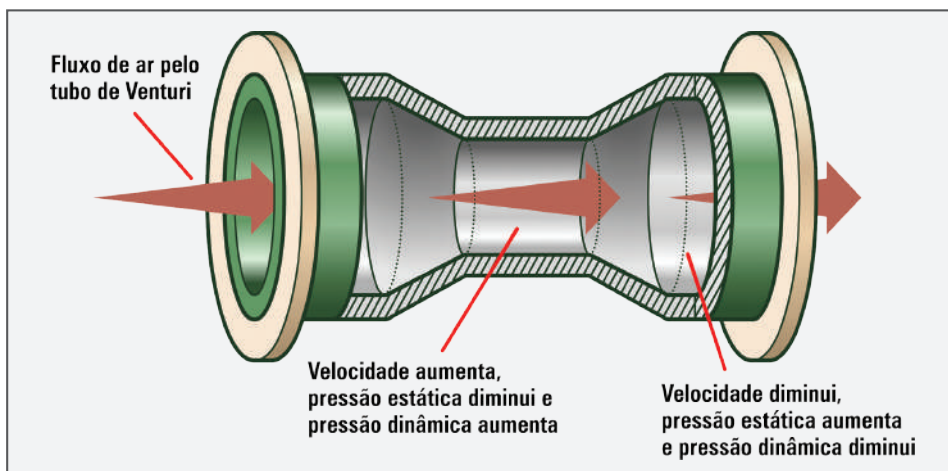


Figura 7 - Tubo de Venturi

A 3ª lei de Newton, ou princípio da ação e reação, enuncia que, se um corpo aplicar uma força sobre um outro corpo, ele receberá deste uma força de mesma intensidade, mesma direção e de



**Tubo de Venturi:** tubo utilizado para demonstrar o comportamento do ar em relação a uma superfície aerodinâmica.



**Vento relativo:** é o vento aparente que sopra sobre um corpo em movimento na atmosfera, geralmente no sentido contrário ao objeto em movimento.

**Cambra superior:** parte superior da superfície aerodinâmica.

**Cambra inferior:** parte inferior da superfície aerodinâmica.

sentido contrário à superfície aerodinâmica em deslocamento (ação), irá de encontro ao vento relativo (VR), provocando imediatamente uma força de reação (F), ilustrada pela Figura 8.

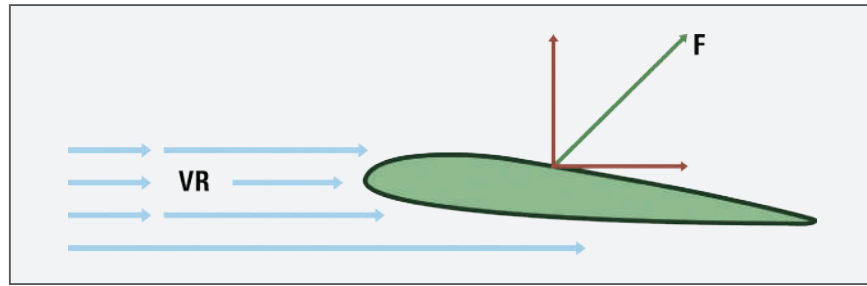


Figura 8 - 3ª lei de Newton

Além das forças já compreendidas, o helicóptero é conhecido como uma aeronave que voa o tempo todo, sofrendo um grande esforço em sua estrutura. São forças que atuam em um helicóptero:

- sustentação - força perpendicular ao vento relativo, criada pela diferença de pressão entre o extradorso (**cambra superior**, que causa menor pressão estática) e intradorso (**cambra inferior**, causando maior pressão estática) aplicada a uma superfície aerodinâmica;
- tração - força que vence a resistência do ar (arrasto), proporcionando à aeronave um deslocamento horizontal. É sempre paralela ao vento relativo (mesma direção), porém com sentido contrário e perpendicular à sustentação. Nos helicópteros, é produzida pelo motor e pás do rotor, surgindo da decomposição do peso com a sustentação;
- arrasto - força contrária ao deslocamento da aeronave, causada por ele e variando com o quadrado da velocidade;
- peso - força contrária à sustentação, causada pelo próprio peso da aeronave.

Essas forças estão mostradas na Figura 9.

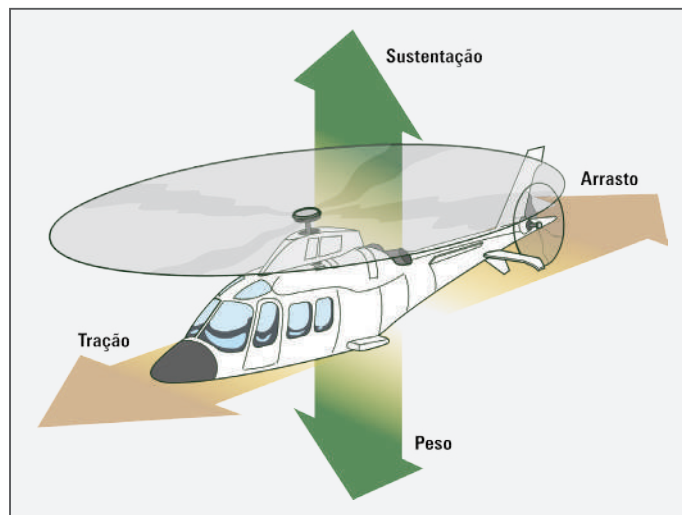


Figura 9 - Forças atuantes no helicóptero

## 2.2 Princípios do voo de um helicóptero

O helicóptero pode realizar três movimentos que são impossíveis ao avião: voar para trás, girar e pairar no ar sem se mover. Essa **maneabilidade** faz do helicóptero uma máquina de voar extraordinária.

No helicóptero, a velocidade é obtida pela rotação do rotor propulsionado por um motor. A rotação do rotor (asa rotativa) provoca uma força de sustentação rotacional (**FN**) que permite ao helicóptero realizar um voo. A Figura 10 ilustra a força de sustentação rotacional.

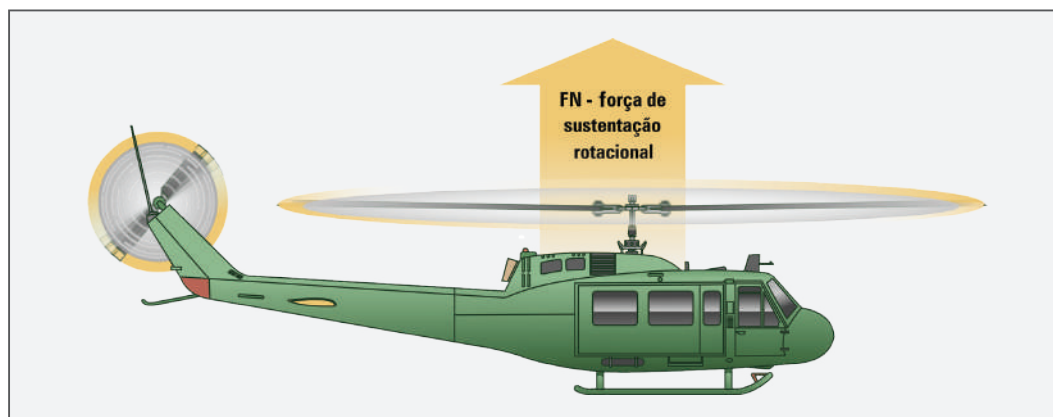


Figura 10 - Força de sustentação rotacional

A asa rotativa (rotor) permite ao helicóptero voar verticalmente (subir e descer) ou permanecer imóvel (pairado). O voo com deslocamento em todas as direções é peculiar do helicóptero devido à ajuda dos comandos do **cíclico** e do **coletivo**, que possibilitam inclinar o plano de rotação do rotor.

O rotor é responsável pela propulsão do helicóptero. Para isso, basta executar um comando apropriado para inclinar seu plano de rotação para frente, colocando o **cíclico** à frente. A sustentação (**FN**) decompõe-se em duas forças: força de sustentação que equilibra o peso e força de propulsão (**FS**) que equilibra o arrasto do aparelho e provoca a **translação** (BRASIL, 2000, p. 60).

A força de sustentação e propulsão é ilustrada na Figura 11.

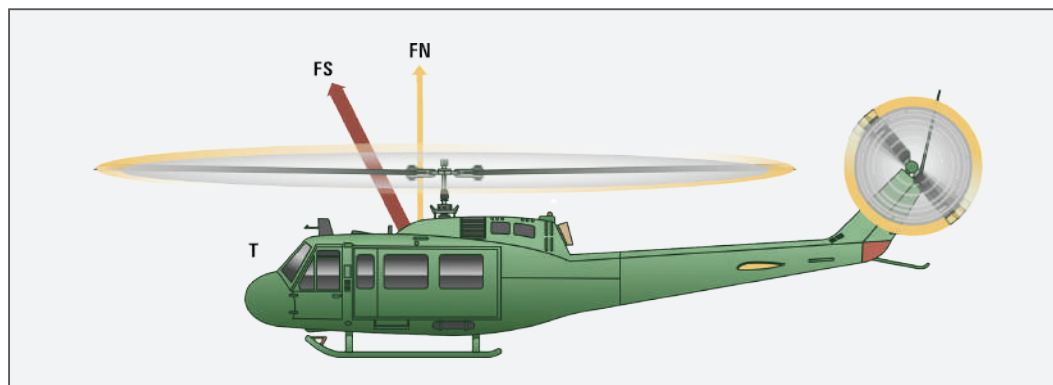


Figura 11 - Força de sustentação e propulsão



**Maneabilidade:** é a capacidade de se mover de manobrar com eficiência.

**Cíclico:** comando responsável por movimentar o helicóptero em quatro direções: frente, trás, esquerda e direita.

**Coletivo:** comando responsável por fazer o helicóptero decolar. O controle coletivo é uma alavanca que fica ao lado da poltrona do piloto e que pode ser movimentada para cima ou para baixo.

**Translação:** ação ou efeito de transladar. Ir a frente, prosseguir, caminhar.

## 2.3 Efeitos aerodinâmicos

No momento em que um helicóptero alça voo, a aeronave é cometida de vários efeitos aerodinâmicos prejudiciais. Ela realiza dois tipos básicos de voo: pairado e com deslocamento, detalhados a seguir.

### a) Voo pairado

Nesse voo, o helicóptero se encontra imóvel em relação a um ponto. São efeitos aerodinâmicos no voo pairado:

- arrasto de fuselagem - uma força perpendicular ao vento relativo, que não ajuda a sustentação do helicóptero e tem sentido contrário a este. A Figura 12 ilustra o arrasto de fuselagem;

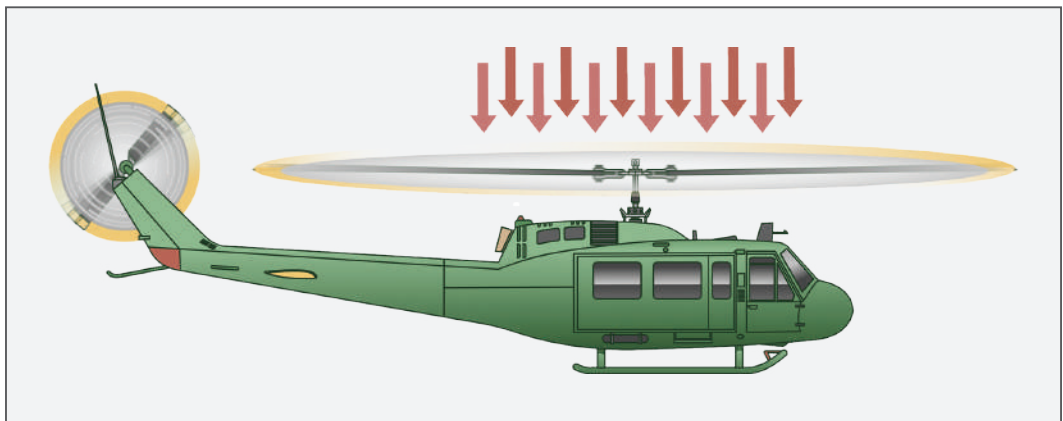


Figura 12 - Arrasto de fuselagem

- efeito de cone - dobramento para cima das pás do rotor principal, causando perda de sustentação e podendo resultar na quebra destas. É composta de duas forças: sustentação e centrífuga (aumento da sustentação e decréscimo da centrífuga);
- efeito solo (flutuação) - no efeito solo, o ar é comprimido pelo rotor principal contra o solo, formando um colchão de ar;
- ressonância com o solo - é quando ocorre uma vibração forte e constante devido ao desequilíbrio do colchão de ar sob o rotor principal.

Essa vibração pode destruir o helicóptero em questão de segundos.

### b) Voo com deslocamento - existem dois tipos de voos com deslocamento: voo vertical (sustentação maior que o peso) e voo horizontal (tração maior que o arrasto).

No voo vertical, puxando o coletivo, altera-se o ângulo de ataque das pás em todos os setores do plano de rotação às pás, adquirindo uma maior ou menor sustentação. Com mais coletivo, a sustentação fica maior que o peso fazendo o helicóptero subir (BRASIL, 2000, p. 60).

Já no voo horizontal, levando o cíclico à frente, o helicóptero começa o deslocamento na horizontal.

## 2.4 Estabilidade

Para que um helicóptero esteja em equilíbrio, é necessário que todas as forças que atuam sobre ele estejam equilibradas com a mesma intensidade e em direções opostas.

O equilíbrio de um corpo se divide em duas situações distintas: estático e dinâmico.

O equilíbrio estático é o conjunto de forças aplicadas a um corpo, tendo como resultado final um valor modular igual a zero.

[...] Leva em consideração a tendência ao retorno ou não do helicóptero quando perturbado, desprezando o estado do helicóptero após a aplicação da força.

- ESTÁVEL (POSITIVO) - Tende a voltar a posição inicial de equilíbrio;
- INSTÁVEL (NEGATIVO) - Tende a afastar o helicóptero da posição inicial;
- INDIFERENTE (NEUTRO) - Tende a se equilibrar em nova posição (SÉRVULO, 2009b?, p. 16).

O equilíbrio dinâmico, por seu turno, é o conjunto de forças aplicadas a um corpo, mantendo-o em movimento retilíneo uniforme com resultante final igual a zero. Convencionou-se que:

- ESTÁVEL (POSITIVA) - Tende a voltar com oscilações de amplitude decrescentes e suaves;
- INSTÁVEL (NEGATIVA) - Tende a retornar a posição inicial com oscilações de amplitude crescentes e bruscas, não conseguindo o objetivo;
- INDIFERENTE (NEUTRA) - Tende a retornar a posição de equilíbrio em uma nova posição.

No helicóptero, a estabilidade dinâmica positiva e neutra só é encontrada com a atuação do comando cíclico, pois seu voo depende de uma determinada instabilidade (SÉRVULO, 2009b?, p. 16).

## 2.5 Conceitos complementares

Este tópico trará algumas definições básicas para leituras relativas ao tema de helicóptero. São elas:

- Envergadura - distância entre a raiz e a ponta da pá.
- Alongamento - (Razão de aspecto ou Aspecto *Ratio*) - relação entre envergadura e corda. Quando maior o alongamento, maior a sustentação e menor o arrasto.

- Solidez parcial do disco - razão entre a área de uma pá e a área do disco.
  - Solidez total do disco - razão entre a área de todas as pás e a área do disco.
  - Razão de carga - relação entre o peso bruto da aeronave e a área do disco.
  - Área útil de sustentação - projeção sobre um plano do disco rotor.
- [- Flutuação - é a condição de voo pairado próximo ao solo] (SÉRVULO, 2009a?, p. 10 e 11).

## Resumindo

Neste capítulo, foram apresentadas a aerodinâmica aplicada ao helicóptero e as forças básicas atuantes no voo. Estudaram-se os princípios do voo de uma aeronave de asa rotativa e os efeitos aerodinâmicos no voo pairado e no voo em deslocamento; além disso, mostraram-se as forças que estabilizam o helicóptero durante o voo.

Observou-se a importância do conhecimento em aerodinâmica na preparação do mecânico aeronáutico habilitado em célula, uma vez que os componentes estruturais do helicóptero sofrem a todo tempo esforços aerodinâmicos capazes de destruir a aeronave.



# Capítulo 3

## Componentes do helicóptero

Conhecer os componentes que equipam um helicóptero é primordial para o bom desenvolvimento profissional do técnico em aviação.

Em seguida, será visto o motor, parte responsável por acionar todos os outros acessórios da aeronave. Outras peças também serão conhecidas e, com isso, a função e a responsabilidade que cada uma possui para realizar um voo em segurança.

### 3.1 Motor

O motor fornece potência mecânica para acionamento do rotor principal e de outros equipamentos, entre os quais o rotor de cauda, que é o de maior relevância.

Esta peça transforma a energia existente no combustível e no ar em energia mecânica que, por meio da árvore de transmissão, aciona os rotores.

A Figura 13 ilustra o motor de nomenclatura **Arriel**, o qual equipa o helicóptero H-50. Ele tem o peso de 126 kg ou 227 lbs (libras), rotação máxima de 6.000 rotações por minuto e é constituído por módulos.



**Arriel:** motor projetado para adaptar-se às exigências e particularidades de propulsão da nova geração de aeronaves, neste caso, o helicóptero.

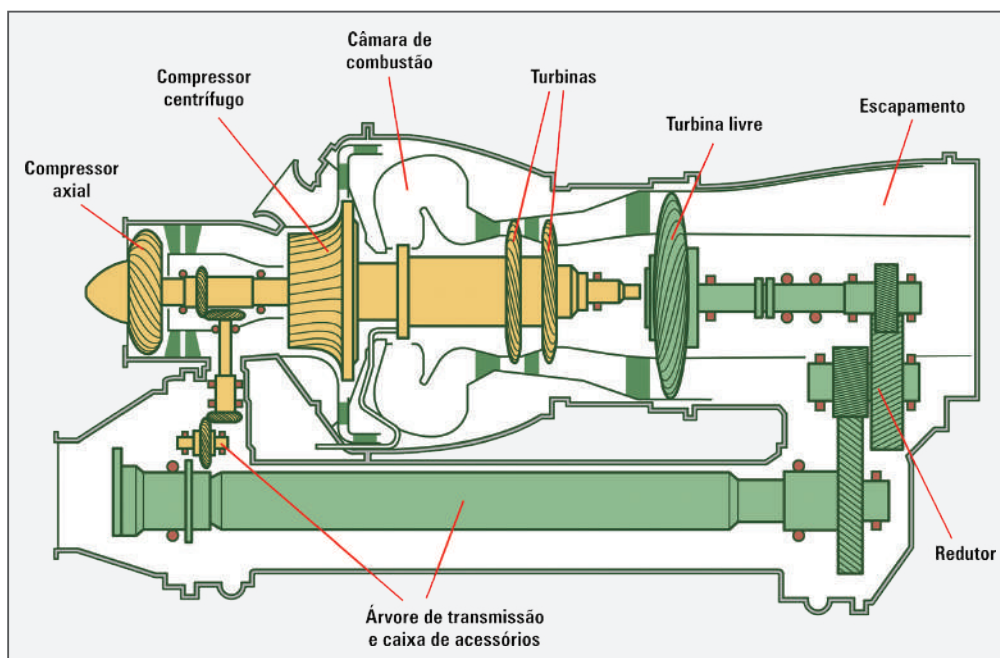


Figura 13 - Motor Arriel

O processo de funcionamento do motor Arriel compreende a compressão, a combustão, a expansão e a transmissão de potência. Esses processos serão detalhados a seguir.

- a) Compressão - o ar ambiente é comprimido por um compressor axial de sobrealimentação e um compressor centrífugo.
- b) Combustão - o ar comprimido é admitido dentro da câmara de combustão, misturando-se com o combustível e queimando em um processo contínuo.

O ar é dividido em dois fluxos:

- fluxo primário para a combustão;
  - fluxo secundário para o resfriamento dos gases.
- c) Expansão - o gás se expande na turbina do gerador de gás. Essa turbina extrai a energia necessária para acionar o compressor e o acessórios. Durante esta fase, a pressão e a temperatura de gás diminuem, enquanto a velocidade aumenta. A turbina livre extrai a energia dos gases para acionar a árvore de transmissão. Após a turbina livre, o gás é expelido para fora do motor pelo duto de escapamento, criando um pequeno empuxo residual.
  - d) Transmissão de potência - a potência é transmitida por intermédio da caixa de transmissão externa. O fluxo de ar segue as seguintes estações de referência:
    - entrada de ar;
    - entrada de compressão axial;
    - saída do compressor axial;
    - saída do compressor centrífugo;
    - entrada de turbina;
    - saída da turbina do gerador de gás;
    - saída da turbina livre.

## 3.2 Rotor principal

Também conhecido como asas rotativas, o rotor principal é responsável por transformar a potência do motor em sustentação e tração. É um sistema de grande importância, já que é o principal responsável por toda a sustentação do helicóptero.

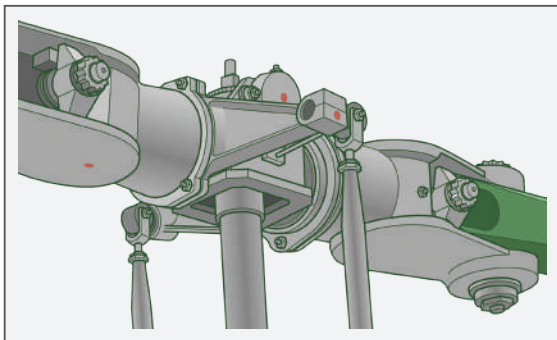


Figura 14 - Rotor rígido

Existem três tipos de rotores: rígido, semirrígido e articulado.

- Rotor rígido - é o rotor que possui apenas a articulação do movimento, mudança de ângulo no qual as pás, a cabeça e o mastro são rígidos entre si. O movimento de batimento ocorrerá pela deformação do material, ou seja, por fadiga; o de avanço e de recuo será absorvido pela própria pá. A Figura 14 ilustra um tipo de rotor rígido.

- Rotor semirrígido - rotor que possui articulações em sua estrutura, capazes de executar o movimento de mudança

de ângulo das pás do rotor principal e o movimento de batimento. Possui a particularidade de absorver os movimentos de avanço e recuo das pás do rotor principal. A Figura 15 ilustra o rotor semirrígido utilizado no HB 350.

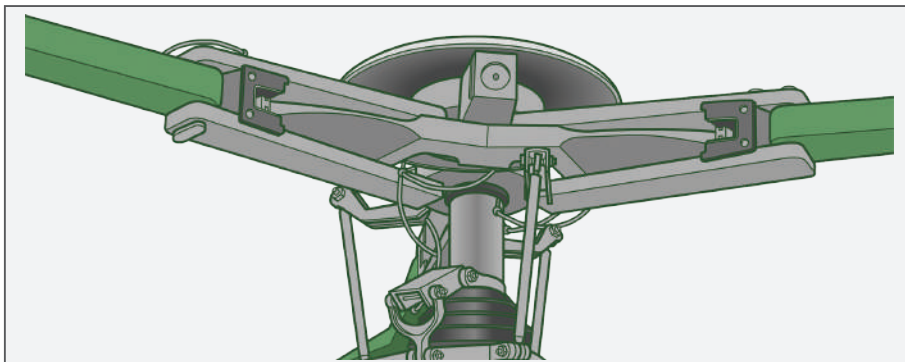


Figura 15 - Rotor semirrígido

- Rotor articulado - neste rotor, as pás, a cabeça e o mastro movimentam entre si, permitindo o deslocamento livre das pás e os individualizados de batimento, avanço e recuo. A Figura 16 mostra um tipo de rotor articulado.

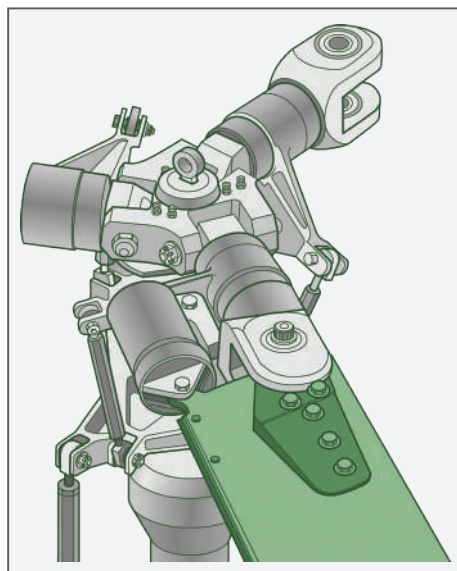


Figura 16 - Rotor articulado

### 3.3 Rotor de cauda

Quando se fala em rotor de cauda, inicialmente, não se imagina que se tratam de duas pequenas pás fabricadas com materiais compostos derivados do plástico e que somente algumas peças de ligação são metálicas. Sua pequena estrutura e simplicidade esconde uma funcionalidade que surpreende a engenharia moderna.



**Garfo da cabeça:** também conhecido como tesoura, auxilia e dá suporte ao movimento de comando no helicóptero.

**Dissimetria de sustentação:** é uma sustentação desigual na área do disco do rotor.

O rotor de cauda do tipo flexível possui uma longarina feita de fibra de vidro e resina, na qual são moldadas duas pás. A longarina é encaixada entre duas semiconchas, sendo uma delas dotada de um furo que permite a montagem em gangorra do conjunto de pás no garfo da cabeça do eixo do rotor. A montagem em gangorra assegura a função de batimento das pás (movimento das pás no sentido vertical). O batimento compensa a **dissimetria de sustentação** entre a pá que avança e a pá que recua.

Longarina é uma fina lâmina flexível no sentido do empuxo, para absorver os esforços de flexão devido ao empuxo; também se flexiona em torção na parte central, para permitir a articulação de mudança de passo (controle do empuxo).

O princípio do rotor de cauda funciona com a longarina encaixada entre duas semiconchas e a montagem em gangorra no garfo da cabeça do eixo do rotor.

As figuras a seguir demonstram a estrutura do rotor de cauda após ser instalado na cauda do helicóptero.

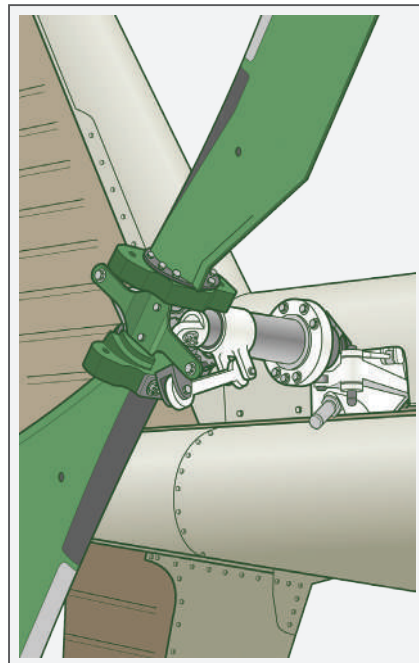


Figura 17.A - Rotor de cauda após ser montado em seu lugar de funcionamento

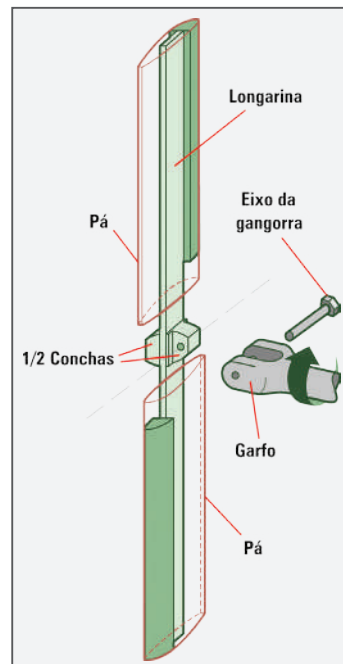


Figura 17.B - Desenho ilustrativo do rotor de cauda desmontado

A finalidade do rotor de cauda é eliminar o torque ou conjugado de reação provocado pelo giro do rotor principal, permitindo ao piloto controlar a aeronave em relação ao eixo de guinada. As forças envolvidas são o torque de reação do rotor principal e o empuxo do rotor de cauda.

São resultantes das forças atuantes no torque ou conjugado de reação de um helicóptero:

- $f_1 = f_2$  - a aeronave encontra-se em equilíbrio;
- $f_1 > f_2$  - a aeronave gira para a esquerda;
- $f_1 < f_2$  - a aeronave gira para a direita.

Em que:

- $f_1$  - torque de reação;
- $f_2$  - empuxo do rotor de cauda.

Quando o torque de reação é igual ao empuxo do rotor de cauda, tem-se um voo reto e equilibrado.

Quando o torque de reação é maior que o empuxo do rotor de cauda, tem-se um voo com a aeronave girando para a esquerda.

Quando o torque de reação é menor que o empuxo do rotor de cauda, tem-se um voo com a aeronave girando para a direita.

A Figura 18 ilustra como é o comportamento do rotor de cauda funcionando como componente antitorque.

Em alguns tipos de helicópteros, o princípio de funcionamento e objetivo do rotor de cauda é o mesmo, porém com configurações diferentes. As Figuras 19, 20 e 21 ilustram os três tipos de rotores de cauda em utilização no mundo.

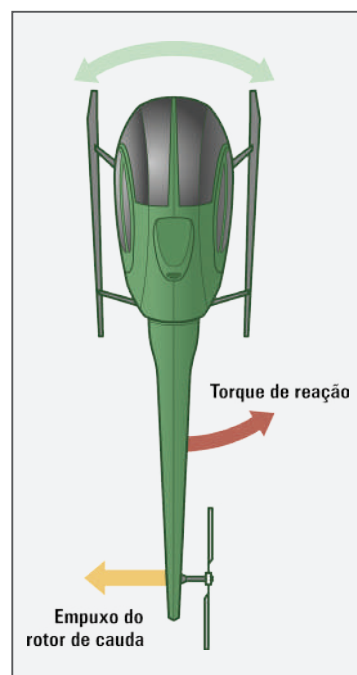


Figura 18 - Função do rotor de cauda como componente antitorque



Figura 19 - Rotor de cauda convencional

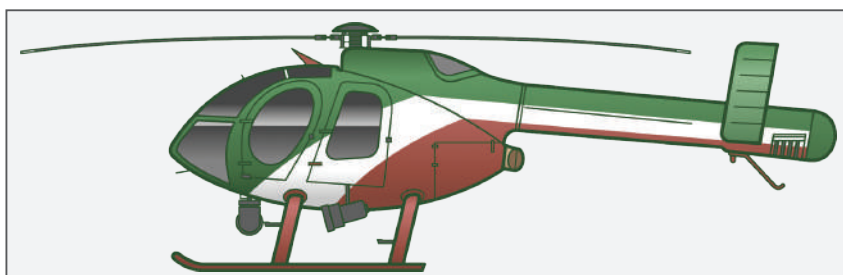


Figura 20 - Rotor de cauda com jato de ar

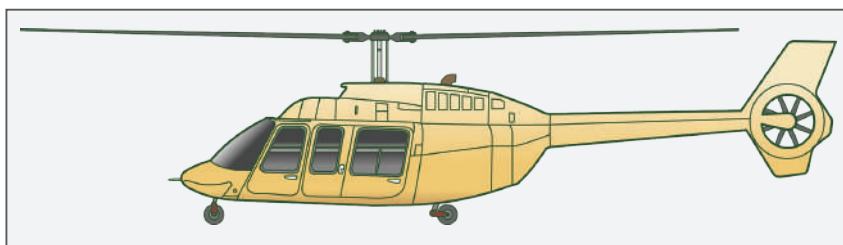


Figura 21 - Rotor de cauda acoplado à cauda

### 3.4 Estrutura (fuselagem)

A estrutura de um helicóptero é composta por sete subconjuntos que formam o conjunto maior da aeronave. São eles:

- a) capota;
- b) estrutura central;
- c) estrutura traseira;
- d) cone de cauda;
- e) empenagem;
- f) trem de pouso;
- g) barca e piso da cabine.

É na estrutura que estão presos todos os outros componentes aeronáuticos, como motor, instrumentos, rotores. Na Figura 22, pode-se identificar as partes da estrutura do helicóptero H-50 e seus subconjuntos.

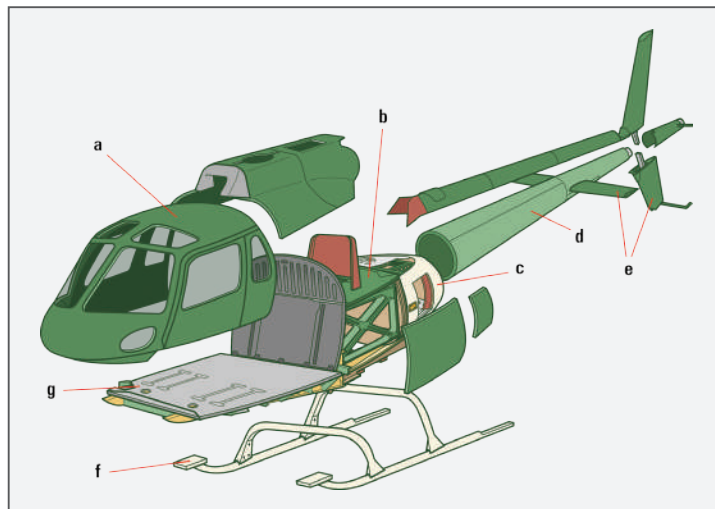


Figura 22 - Estrutura do H-50 (Esquilo)

A estrutura do H-50 é fabricada com materiais compostos derivados de plástico e de ligas metálicas, como:

- termoplásticos (policarbonato, *nylon*);
- termoendurecidos (epóxi, silicone);
- acrílico;
- sanduíche de colmeia recheado com fibra de vidro, carbono, grafite, boro;
- duralumínio;
- aço.

A seguir, apresentam-se os subconjuntos da estrutura do helicóptero:

a) Capota - é composta pelos elementos teto (1), montantes (2) e nariz (3), ilustrados pela Figura 23. Esses elementos são fabricados em policarbonato e reforçados por fibra de vidro;

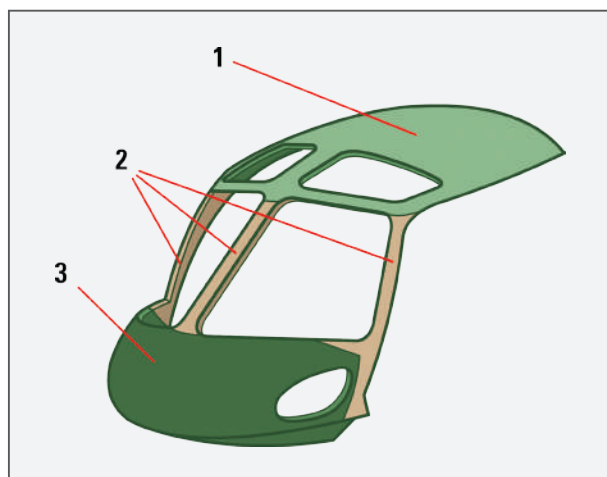


Figura 23 - Capota do helicóptero H-50

b) Estrutura central - é a parte mais resistente da estrutura, conhecida como hexaedro rígido. Suporta a caixa de transmissão principal (CTP), rotor principal, trem de pouso, piso da cabine, estrutura traseira e, ainda, aloja o tanque de combustível e os bagageiros laterais. A Figura 24 mostra a estrutura central;

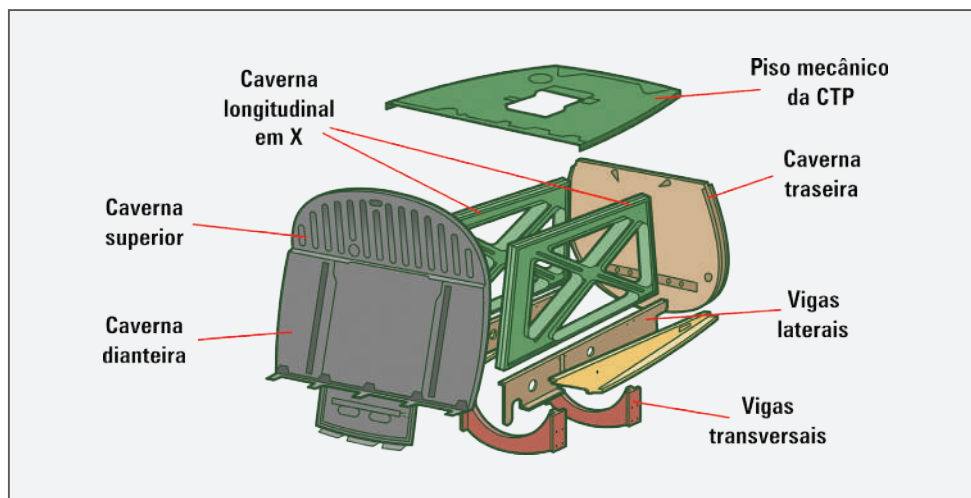


Figura 24 - Estrutura central H-50

c) Estrutura traseira - possui três cavernas em forma de anel. As cavernas dianteira e traseira suportam o motor. Sobre a terceira caverna, a de junção, está fixado o cone de cauda. A estrutura traseira aloja o bagageiro traseiro. A Figura 25 traz a ilustração da estrutura traseira;

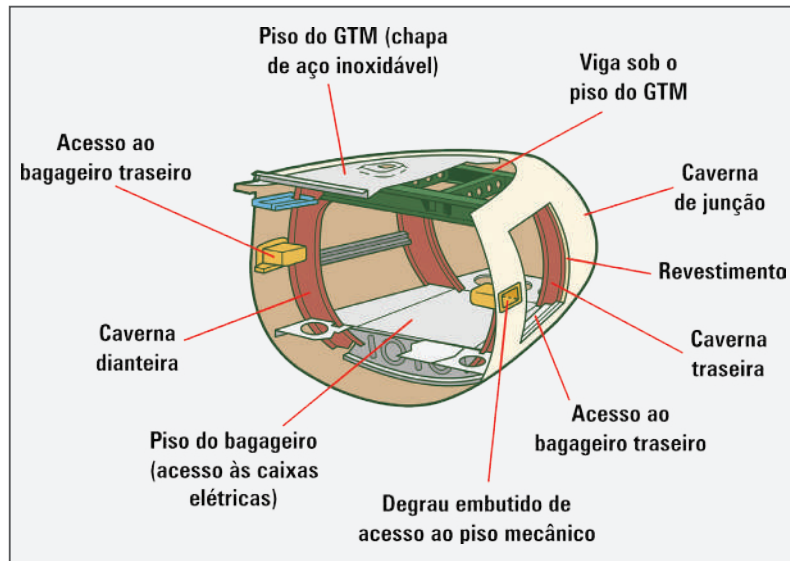


Figura 25 - Estrutura traseira do H-50

d) Cone de cauda - o cone de cauda (5) suporta a caixa de transmissão traseira (1), o estabilizador horizontal (4), a árvore de transmissão traseira (2), as derivas (3) e os pontos de fixação dos parafusos à caverna de junção (6). A Figura 26 mostra o cone de cauda;

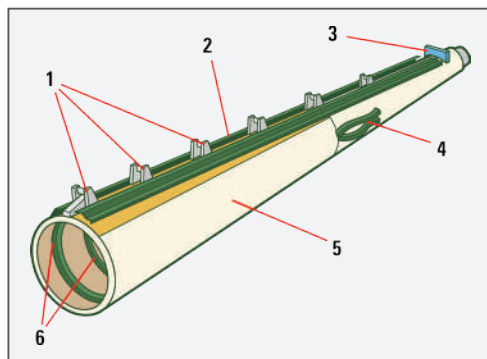


Figura 26 - Cone de cauda do H-50

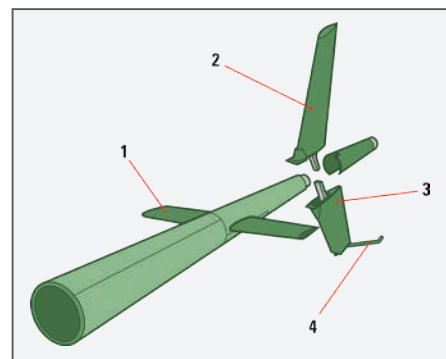


Figura 27 - Empenagem do H-50

e) Empenagem - a empenagem é composta de um estabilizador horizontal de perfil assimétrico (1); uma deriva superior de perfil assimétrico (2); uma deriva inferior de perfil simétrico (3); protetor da deriva inferior (4). A Figura 27 ilustra a empenagem de um helicóptero;

O estabilizador horizontal e as derivas são superfícies estabilizadoras. Ao serem submetidas ao vento relativo, tendem a opor-se às mudanças de atitude da aeronave e a trazê-la de volta à sua atitude original, quando dela se afastar.



f) Trem de pouso - o trem de pouso suporta a aeronave, protege a estrutura durante o pouso e amortece as vibrações quando a aeronave se encontra no solo, com o rotor girando. São componentes do trem de pouso:

- tubos transversais: dianteiro e traseiro (de aço);
- dois esquis de liga de alumínio (protegidos com sapatas de aço);
- dois amortecedores hidráulicos.

A Figura 28 apresenta o trem de pouso do H-50.

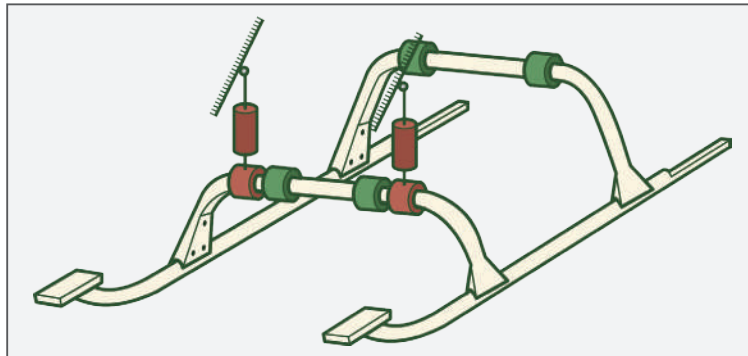


Figura 28 - Trem de pouso do H-50

g) Barca e piso da cabine - a estrutura da barca, que suporta o piso da cabine, é composta por duas vigas longitudinais reforçadas por diversas travessas. Essas vigas são aparafusadas na estrutura central e servem de apoio à parte dianteira do trem de pouso. Na Figura 29, pode-se verificar cada parte da barca e do piso da cabine do H-50.

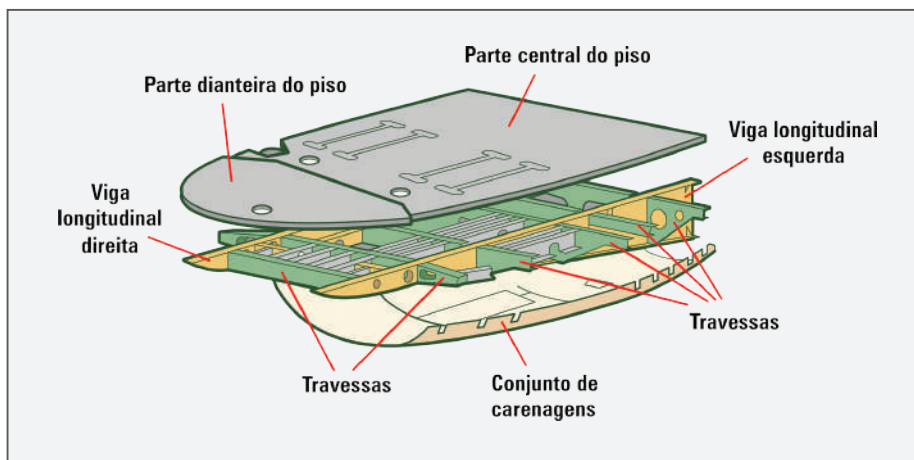


Figura 29 - Barca e piso da cabine

### 3.5 Sistema de transmissão principal e acionamento do rotor de cauda (caixa de 90°)

O sistema de transmissão principal tem a função de captar o movimento rotacional do motor, reduzi-lo a um nível de rotação apropriado e movimentar o rotor. Ele está instalado na parte central do helicóptero, em cima de uma placa adaptadora localizada entre o grupo motopropulsor e o rotor principal. É responsável por reduzir a rotação por minuto da velocidade de todos os acessórios que equipam o helicóptero. São acessórios que recebem uma velocidade já reduzida:

- rotor principal e rotor de cauda;
- ventoinha (pode ser acionada por intermédio do sistema elétrico da aeronave);
- geradores principais;
- taquímetro (contragiro).

Para o bom funcionamento do sistema de transmissão principal, usa-se óleo proveniente do motor com uma temperatura mais elevada.

O sistema de transmissão principal é composto, basicamente, dos itens embreagem, unidade de roda livre, conjunto planetário de redução (caixa redutora) e parafusos de cisalhamento. São assim explicitados:

- embreagem - componente responsável por eliminar a sobrecarga do rotor principal no momento da partida;
- unidade da roda livre - componente responsável por intermediar o motor e a transmissão principal;
- conjunto planetário de redução (caixa redutora) - conjunto de engrenagens responsáveis por executar as reduções e ampliações de rotação por minuto do motor para os diversos acessórios;
- parafusos de cisalhamento - parafusos encontrados dentro da transmissão, responsáveis pela proteção do motor. Rompem-se para liberar o rotor principal da transmissão, caso haja uma falha deste.

A Figura 30 demonstra o sistema de transmissão principal em corte.

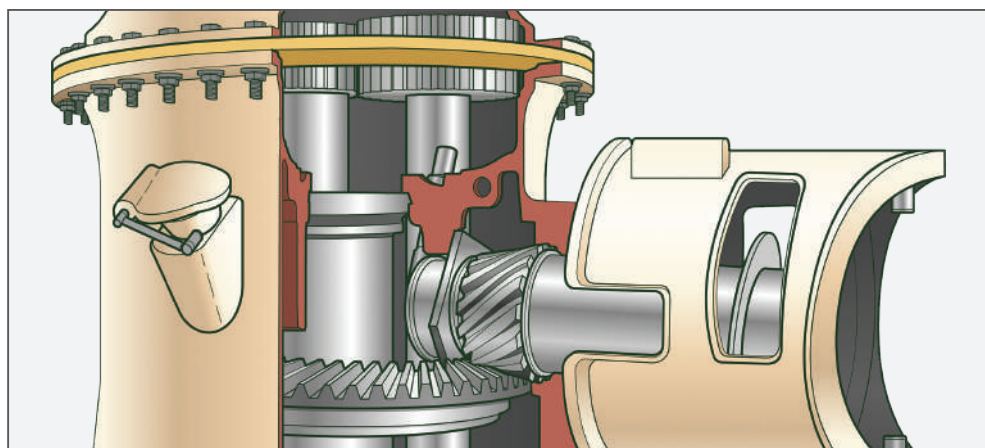


Figura 30 - Sistema de transmissão principal em corte

## Acionador do rotor de cauda (caixa de 90°)

Esse componente, acionador do rotor de cauda, tem a função de transferir a potência do motor ao rotor de cauda, reduzindo a rotação por minuto (RPM) e mudando a direção de acionamento em 90°.

Na caixa de 90°, estão alojados os mecanismos de mudança de passo e o sistema de redução da velocidade do rotor de cauda.

Os componentes do sistema de acionamento são constituídos por árvore de acoplamento dianteiro (eixo curto), árvore de acoplamento traseiro (eixo longo), flector e caixa de transmissão traseira.

O eixo curto é um tubo de aço ligado ao motor e ao eixo longo por meio de flectores. Já o eixo longo é um tubo de duralumínio ligado à caixa de transmissão traseira mediante flectores. É suportado por cinco **mancais** (rolamentos). A Figura 31 mostra a posição do eixo longo e do eixo curto.

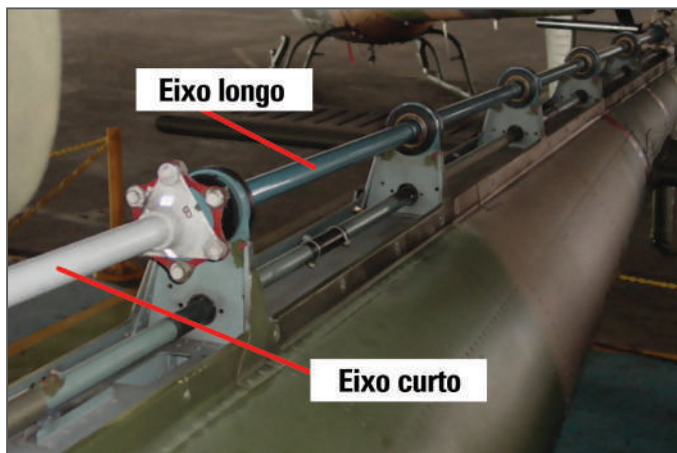


Figura 31 - Componentes eixo curto e eixo longo  
Fonte: Foto do autor / © Cláudio José Bastos.



**Flector:** acoplamento flexível que absorve pequenos desalinhamentos dos eixos.

**Mancais:** são peças que dão suporte de fixação no local em que são instaladas.

A caixa de transmissão traseira (CTT) é responsável pela transmissão da potência do motor, redução da rotação e mudança da direção em 90°. Ela é fixada por quatro parafusos e possui sistema de lubrificação do tipo salpico, que lubrifica por meio de dispensador de óleo lubrificante para componentes com rolamentos, eixos e polias.

As Figuras 32 e 33 apresentam, respectivamente, a posição do flector e da caixa de transmissão traseira.

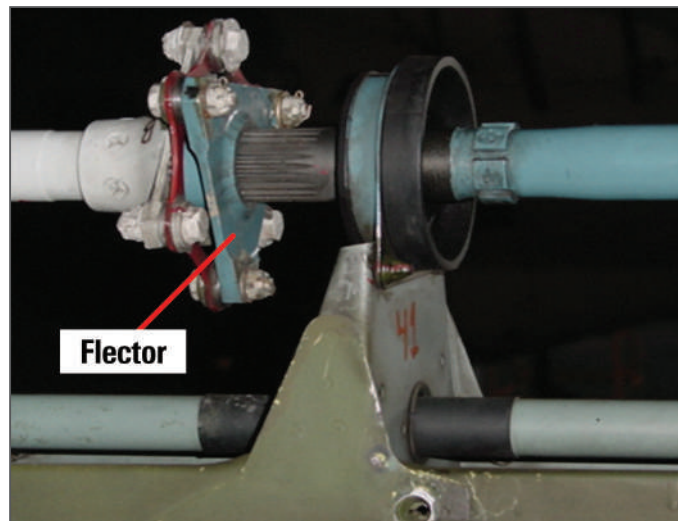


Figura 32 - Componente flector  
Fonte: Foto do autor / © Cláudio José Bastos.

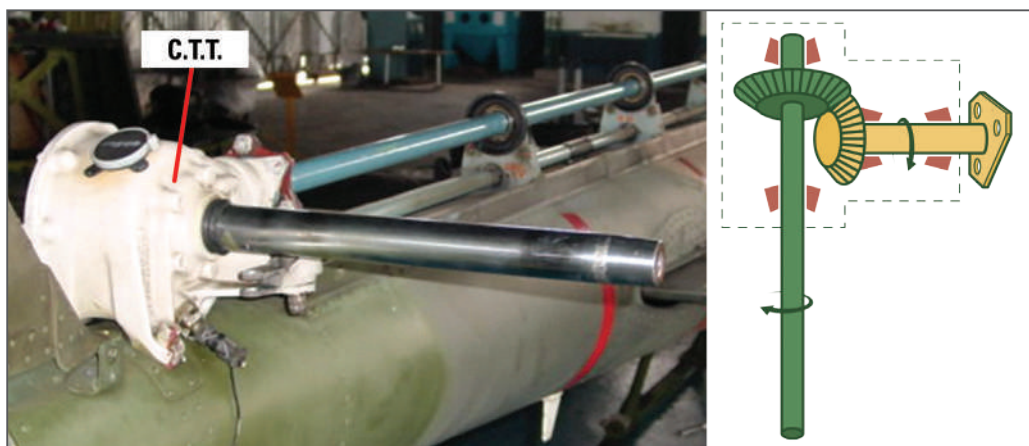


Figura 33 - Componente caixa de transmissão traseira  
Fonte: Foto do autor / © Cláudio José Bastos.

### 3.6 Painel de instrumento

A partir do tempo em que se começou a voar, fizeram-se necessários instrumentos de vários tipos. Era evidente que o piloto precisaria de instrumentos precisos e objetivos que indicassem velocidade da aeronave, altitude e outras informações importantes para a realização do voo.

Com o passar dos tempos, os instrumentos foram sendo desenvolvidos visando a atender a uma necessidade do mercado aeronáutico. Dessa forma, os componentes que equipam um helicóptero podem ser classificados de acordo com a função em três categorias principais: instrumentos do motor, instrumentos de voo e navegação e instrumentos de miscelânea, detalhados a seguir.

- a) Instrumentos do motor - prestam informações sobre o funcionamento dos motores e do grupo motopropulsor. Verificam os parâmetros de pressão, temperatura e rotação da turbina. São eles:
- medidores de pressão (manômetros);
  - medidores de temperatura (termômetros);
  - medidores da rotação das turbinas dos motores a jato.
- b) Instrumentos de voo e navegação - dão informação ao piloto sobre a velocidade de voo, altitude do avião, posição, velocidade de subida ou descida, entre outras. São eles:
- indicadores de velocidade aerodinâmica (velocímetro);
  - indicadores de altitude (altímetro);
  - indicadores de subida e descida (variômetro);
  - indicadores de curva e inclinação (*turn and bank*);
  - indicadores de rumo (giro direcional);
  - indicadores horizontal (horizonte artificial);
  - piloto automático;
  - bússola;
  - cronômetro;
  - rádio-compasso.
- c) Instrumentos de miscelânea - informam ao piloto a situação do sistema hidráulico, sistema pneumático ou outros sistemas que fazem parte do painel de instrumento do helicóptero. São eles:
- indicadores de temperatura (ar externo e cabine);
  - medidores de pressão (óleo hidráulico, degelador, sistema de oxigênio);
  - medidores do nível de combustível (liquidômetro);
  - indicadores de posição (aeronaves de trem de pouso retrátil);
  - indicadores do sistema elétrico (amperímetro e voltímetro).

Os instrumentos possuem as seguintes características:

- devem trabalhar satisfatoriamente dentro de uma variação de temperatura de menos 35 °C a mais 60 °C. A temperatura considerada normal é de 15 °C;
- funcionamento satisfatório sob o efeito de pequenas vibrações. Todos os instrumentos são montados em painéis à prova de choque que eliminam o excesso de vibração;
- capacidade de vedação. Alguns são vedados à prova d'água; outros, atuados giroscopicamente, vedados à prova de ar.

A Figura 34 mostra o desenho do painel do helicóptero AS 350.

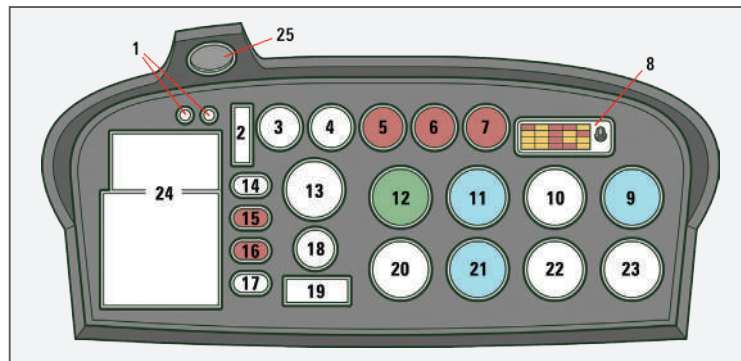


Figura 34 - Desenho ilustrativo do painel utilizado na aeronave AS 350

Identificação dos instrumentos:

- |  |  |
|--|--|
| 1 - Potenciômetros de iluminação         | 15 - Indicador de pressão do óleo do GTM             |
| 2 - <i>Marker</i>                        | 16 - Indicador de temperatura do óleo do GTM         |
| 3 - Voltímetro                           | 17 - Amperímetro                                     |
| 4 - Liquidômetro                         | 18 - Cronômetro                                      |
| 5 - Tacômetro do gerador de gases (NG)   | 19 - Disponível                                      |
| 6 - Indicador de T4                      | 20 - Indicador de ADF                                |
| 7 - Torquímetro                          | 21 - Indicador de razão de subida (CLIMB)            |
| 8 - Painel de alarmes                    | 22 - Giro direcional                                 |
| 9 - Velocímetro                          | 23 - Indicador de VOR                                |
| 10 - Giro horizonte                      | 24 - Caixas de comando das instalações rádio com/nav |
| 11 - Altímetro                           | 25 - Bússola magnética.                              |
| 12 - Tacômetro do rotor (NR)             |  |
| 13 - Disponível                          |  |
| 14 - Indicador de pressão do combustível |  |

## Resumindo

Neste capítulo, mostrou-se a importância do motor em transformar a energia contida no combustível e no ar em energia mecânica na árvore de transmissão. Verificou-se a relevância do motor no desenvolvimento da rotação do rotor principal, gerando a sustentação necessária ao voo do helicóptero.

Adicionalmente, viram-se as várias partes da fuselagem e suas particularidades para um melhor aproveitamento do voo. Por fim, apresentaram-se o sistema de transmissão do rotor principal e o acionamento do rotor de cauda, como partes importantes para a ligação do motor aos rotores.

# Capítulo 4

## Inspeção e manutenção programada dos componentes de um helicóptero

Uma compreensão completa dos componentes de um helicóptero é essencial ao mecânico aeronáutico. Ela garante que esse profissional execute de forma precisa e segura as inspeções e manutenções dos produtos aeronáuticos que equipam a aeronave.

O mecânico deve estar familiarizado com cada intervenção prevista no manual de manutenção do helicóptero. Nesse sentido, ele deve saber como realizá-las, a fim de manter a aeronave aeronavegável, ou melhor, voando com segurança. É essencial conhecer os tipos de manutenção que o motor do helicóptero sofre; como são as inspeções do rotor principal e do rotor de cauda e seus limites de vida; como e por que a fuselagem de um helicóptero sofre com esforço de forças contrárias e a importância de suas inspeções; a inspeção e manutenção do trem de pouso retrátil e do trem de pouso fixo. Há que se ter cuidado especial com a cabine e o painel de instrumentos, de modo que tudo esteja bem fixo para evitar problemas.

### 4.1 Inspeção e manutenção do motor

Para o estudo sobre a inspeção e manutenção dos motores que equipam um helicóptero, é referenciado o motor turboeixo, modelo Arriel instalado no helicóptero H-50. Esse modelo de motor é projetado para oferecer uma alta taxa de disponibilidade com uma manutenção reduzida, tornando a operacionalidade da aeronave menos onerosa.

Para facilitar o processo de inspeção e manutenção do motor modelo Arriel instalado no helicóptero H-50, o sistema de manutenção foi dividido em módulos. Essa divisão é chamada de modularidade efetiva, que é a divisão do sistema de manutenção em quatro módulos, apresentados a seguir:

- a) Primeiro escalão - a manutenção é realizada com os motores montados na aeronave. Pode ser do tipo manutenção programada ou preventiva;
  - Manutenção programada - prevista no manual de manutenção do fabricante do motor da aeronave. Pode ser dividida em:
    - verificações e inspeções;
    - remoção por fim de tempo básico de operação (TBO) ou tempo limite de vida (TLV).
  - Manutenção corretiva - utilizada para corrigir alguma discrepância encontrada no motor. Pode ser meio de:
    - detecção de pane (problemas);
    - troca de componentes;
    - controle de componentes.

- b) Segundo escalão - a manutenção dos motores é realizada em oficina. É feita por manutenção corretiva.
- c) Terceiro escalão - é uma manutenção mais abrangente, com intervalos definidos. Ocorre por manutenção corretiva, com troca de motores.
- d) Quarto escalão - neste escalão, é realizada a revisão geral em oficina especializada. Acontece por manutenção programada, por término de potencial ou por substituição de peças que atingiram o tempo limite de vida. No potencial, são vistos o tempo básico de operações (TBO) do motor, módulos e acessórios, por meio de testes e pela experiência. Os componentes são sujeitos a um programa de extensão.

Em resumo, o potencial ou tempo básico de operação (TBO) é o limite de tempo dado ao componente para operar antes de ser enviado a uma oficina para realizar uma revisão geral, onde será avaliado o estado geral da peça.

Alguns componentes (compressores, turbinas, roda de injeção, flectores) possuem um tempo limite de vida que determina o seu sucateamento quando esse tempo é atingido. O tempo de vida dos componentes do helicóptero é medido em ciclos de funcionamento.

Um ciclo é uma sequência de utilização previamente definida. A contagem pode ser feita tanto manual quanto automaticamente. Os métodos de contagem e os diferentes tempos limites de vida são descritos no manual de manutenção do motor do fabricante do modelo Arriel, que equipa a aeronave de asa rotativa H-50.

A verificação de contagem (comparação entre a contagem manual e a contagem automática) é um procedimento previsto nos cartões de manutenção periódica emitidos pelos fabricantes da aeronave.

As inspeções de rotina podem ser realizadas antes do primeiro e após o último voo do dia.

Já as inspeções periódicas podem ser realizadas em bloco, em que existe um intervalo fixo para executar todas as operações; ou podem ser progressivas, em que os procedimentos são distribuídos em um intervalo de tempo, obedecendo aos intervalos de cada operação, a fim de reduzir o tempo de indisponibilidade. As inspeções progressivas se dividem em:

- inspeções de 100, 500, 1500 horas ou calendarária (18 meses);
- inspeções especiais;
- inspeções particulares;
- inspeções relacionadas à aeronavegabilidade.



**Aeronavegabilidade:** é a capacidade de uma aeronave de realizar um voo seguro no espaço aéreo.

## **Tipos de manutenção**

A manutenção de um motor pode ser dividida em manutenção preventiva, manutenção *on condition* (OC) e manutenção corretiva. Elas serão detalhadas a seguir.

### a) Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é um conjunto de operações que devem ser realizadas sistematicamente. Os principais pontos de controle da manutenção preventiva são:

- inspeção visual;



- inspeções dos filtros e bujões magnéticos;
- coleta de óleo para análise;
- verificações dos níveis;
- limpeza do compressor (conforme as condições de operações);
- verificações em voo e giros no solo;
- verificação da autorrotação;
- verificação do estatismo;
- verificação da contagem dos ciclos.

#### b) Manutenção *on condition* (OC)

A manutenção *on condition* (verificação das condições) consiste em realizar operações de manutenção conforme as condições dos componentes do motor. Exige um acompanhamento baseado em procedimentos previstos no projeto do motor.

A verificação das condições visa a aumentar a segurança e a reduzir os custos de manutenção. Esses objetivos são atingidos, uma vez que essa verificação assegura um diagnóstico antecipado das anomalias, que poderiam trazer sérias consequências; além disso, evita ações desnecessárias de manutenção.

Para ser aplicada a manutenção *on condition*, é necessário que o motor seja projetado adequadamente e que os meios de controle sejam utilizados.

Os seguintes meios devem ser considerados.

- Verificação **endoscópica** - permite verificar o estado das peças internas, não acessíveis sem a desmontagem, como compressor, câmara de combustão, turbina. Este controle utiliza equipamento que permite obter uma visão clara das peças.
- Verificação do óleo lubrificante - diversos controles (bujões magnéticos, níveis, ralos, amostras) permitem verificar as condições de contaminação do óleo. Trata-se, essencialmente, de coletas de óleo com intervalos regulares de contaminação, analisados para determinar o nível de contaminação e antecipar-se a uma pane incipiente (análise **magnetoscópica**, **ferrográfica** ou **espectrométrica** do óleo).
- Verificação do nível de vibração - o nível de vibração dos conjuntos rotativos fornece informações sobre as condições do motor. Captadores instalados em determinados pontos são usados para medir o nível de vibração. Este tipo de verificação é realizado durante as inspeções periódicas ou conforme as condições do motor.
- Verificações visuais diretas - essas inspeções também podem ser consideradas para verificação das condições da entrada de ar, turbina livre, livre rotação dos conjuntos rotativos, suportes diversos, fixação do motor, escapamento e parte externa do motor. O objetivo da verificação das condições é aumentar a segurança e reduzir os custos de manutenção.

#### c) Manutenção corretiva

A manutenção corretiva tem por objetivo recolocar o motor em serviço normal o mais rápido possível. A manutenção corretiva compreende todas as operações que devem ser realizadas em caso de necessidade (panes, falhas). Ela envolve certo número de atividades gerais e operações específicas.



**Endoscópica:** exame especializado para verificar o motor por dentro sem precisar abri-lo.

**Magnetoscópica:** exame especializado para verificar o nível de magnésio no óleo do motor.

**Ferrográfica:** exame especializado para verificar o nível de ferro (metal) no óleo do motor.

**Espectrométrica:** exame especializado para verificar o óleo do motor.

Entre as principais operações de manutenção corretiva, estão:

- remoção e instalação - do grupo completo, dos acessórios e equipamentos, dos módulos e de alguns componentes, quando necessário. Eventualmente, ocorre a desmontagem e montagem de alguns elementos. A desmontagem e montagem do motor são consideradas no escalão revisão geral e reparação;
- verificações do funcionamento - verificação do bom funcionamento de sistemas, acessórios;
- verificações de condições;
- regulagens;
- procedimentos diversos - limpeza, estocagem;
- reparação (os componentes podem ser reparáveis ou consumíveis);
- pesquisa de pane.

## 4.2 Inspeção e manutenção do rotor principal

As pás do rotor principal do helicóptero modelo S-76C, apesar de serem componentes essenciais para o voo de um helicóptero, não possuem tempo limite de vida (TLV). Elas são *on condition* (OC), ou seja, realizadas sob condições. Isso significa que as pás do rotor principal desse helicóptero só são trocadas se, ao serem inspecionadas, for constatado pelo profissional de manutenção que elas não têm mais condições de operar, conforme parâmetros estabelecidos no manual de manutenção da aeronave.

As pás do rotor principal do helicóptero modelo S-76C passam por inspeções periódicas e revisões programadas. Sofrem inspeções visuais a cada 25 e 300 horas de voo. Isso significa dizer que, de tempo em tempo, as pás do rotor principal do helicóptero são inspecionadas visualmente pelo mecânico e sofrem manutenção programada conforme estabelecida pelo manual de manutenção do helicóptero.

No alto do rotor principal, existe o conjunto da cabeça do rotor principal ou cubo. Esse componente realiza inspeção a cada 50 horas de voo. Nesse conjunto da cabeça do rotor principal, alguns componentes possuem limite de vida de 10.000 horas de voos; após atingir essas horas de voo, o componente deve ser descartado. Esses itens também passam por revisão geral a cada 2.500 horas de voo. Quando é realizado algum tipo de inspeção ou manutenção no rotor principal de um helicóptero, devem-se verificar as diretrizes de aeronavegabilidade em razão de sua importância para a segurança da aeronave.

Quando uma aeronave é equipada com um componente fabricado e certificado em um determinado país, a autoridade aeronáutica deste país é responsável por emitir diretrizes de aeronavegabilidade relativas àquele produto aeronáutico. Essas diretrizes são documentos de cumprimento obrigatório, que estabelecem, conforme o caso, inspeções, modificações, instruções, procedimentos e limitações aplicáveis a produtos aeronáuticos quando existir uma condição insegura neles. Também aplicada quando houver probabilidade dessa condição existir ou se desenvolver em outros produtos de mesmo projeto.

Um exemplo de diretriz de aeronavegabilidade emitida para o modelo de pás do rotor principal em estudo é o AD 2002-15-51, cujo nome é *main rotor blade* (pás do rotor principal). Essa diretriz traz informações que previnem falhas das pás do rotor principal, podendo levar a perda do controle da aeronave por motivo de descargas elétricas.

### 4.3 Inspeção e manutenção do rotor de cauda

As inspeções, assim como as manutenções do rotor de cauda de um helicóptero, são bem mais rigorosas e requerem um tratamento especial por parte do mecânico aeronáutico.

Apesar de ser um conjunto bem mais simples que o rotor principal, o rotor de cauda também é considerado como um componente essencial de uma aeronave de asas rotativas. No caso do rotor de cauda do S-76C, ele sofre inspeções a cada 25 horas de voo, mas possui tempo limite de vida de 3.000 horas de voo.

O rotor de cauda possui particularidades que vão desde a troca do rotor quando atingem 3.000 horas de voo até pequenas lubrificações, inspeções visuais das pás e retiradas de folga das hastes de comando. Diferente do que acontece com o rotor principal, o rotor de cauda possui um tempo básico de operações enquanto o rotor principal só troca as pás dos seus rotores se for constatada a degradação destas.

Quando se realiza uma inspeção ou manutenção de um rotor de cauda, devem-se consultar algumas diretrizes de aeronavegabilidade americanas aplicadas aos tipos de aeronaves. Uma importante diretriz de aeronavegabilidade aplicada ao rotor de cauda é a AD 89-07-12, cujo nome é *tail rotor horn* (rotor de cauda). Essa diretriz trata de falha/fadiga no rotor de cauda, que pode ocasionar redução do controle e vibração do helicóptero.

Os técnicos em manutenção aeronáutica devem estar atentos a todos os procedimentos de inspeção e manutenção programada do rotor de cauda de um helicóptero. Os boletins de serviço precisam ser aplicados durante as inspeções; as cadernetas de células, motor e rotor são analisadas periodicamente em intervalos curtos; as fichas de inspeção devem ser preenchidas e controladas pelo mecânico para não haver atrasos no programa de manutenção exigido e aprovado pelo fabricante.

Assim, todos os serviços realizados em um rotor de cauda necessitam ser registrados na caderneta de célula e entregues ao controle técnico e registros de manutenção, setor responsável dentro da organização por atualizar e controlar as informações geradas pela prática da manutenção.

### 4.4 Inspeção e manutenção da estrutura (fuselagem)

Um exemplo de inspeção e manutenção da fuselagem de uma aeronave de asa rotativa é o modelo EC-135.

Quando um helicóptero EC-135 realiza um voo, ele sofre muito esforço em sua estrutura e em seus componentes, requerendo cuidados especiais por parte do mecânico aeronáutico. Por

essa razão, devem ser realizados alguns tipos de inspeção na estrutura do helicóptero: inspeção visual, inspeção do estado, testes funcionais e inspeções de trincas, examinadas a seguir.

- a) Inspeção visual - o objetivo desta inspeção é fornecer informações sobre o estado externo da estrutura sem remover qualquer parte das peças. É verificado o estado de conservação da pintura e o estado de conservação da aeronave em relação às avarias ao longo da fuselagem. Qualquer alteração na pintura de uma aeronave pode trazer sérios problemas de corrosão, prejudicando-a e ocasionando prejuízo financeiro ao operador. Qualquer tipo de avaria na fuselagem de uma aeronave pode acarretar um acidente, dependendo das proporções do dano.
- b) Inspeção do estado - inspeção mais profunda, na qual é verificada a situação das peças de forma mais específica. Os componentes devem ser inspecionados quanto a corrosão, a danos e a desgastes. São necessárias ferramentas especiais como instrumentos de medição, lupas e outras, dependendo da evolução do serviço. Nessa etapa, podem ser retiradas peças do local para uma melhor análise.
- c) Testes funcionais - testes que verificam o funcionamento de cada componente, como superfícies que recebem grandes esforços.
- d) Inspeção de trincas - são realizadas para detectar defeitos materiais devido a fadiga e sobretensão em estado inicial. Podem ser usados vários equipamentos de inspeção, como raio-X, partículas magnéticas e exame de líquido penetrante. São três as formas de se realizar inspeções de trincas:
  - inspeção a olho nu ou com lupa;
  - inspeção por líquido penetrante;
  - inspeção por partículas magnéticas.

Para garantir a aeronavegabilidade do helicóptero EC-135, as verificações são realizadas pelo piloto ou mecânico, não sendo necessário um inspetor. Já as inspeções são feitas por um mecânico e assinadas por um inspetor.

As verificações e inspeções desse modelo devem ser realizadas de acordo com o manual de manutenção do fabricante/manual de voo da aeronave, são constituídas de:

- verificação pré-voo;
- verificação complementar a 50 horas de voo;
- verificação complementar a 100 horas de voo;
- verificação intermediária a 400 horas de voo;
- inspeção periódica a 800 horas de voo ou três anos;
- inspeções suplementares conforme o tempo de operação;
- inspeções condicionais após incidentes operacionais/atividades de manutenção;
- giro no solo/voo de verificação funcional.

Uma inspeção de 12 meses deve ser realizada de acordo com o manual de manutenção AMM 05-23-00, que é o manual do modelo EC-135.

## 4.5 Inspeção e manutenção do trem de pouso

Para um helicóptero de trem de pouso retrátil, uma inspeção minuciosa envolve a análise cuidadosa de toda a estrutura da engrenagem que movimenta o trem de pouso para baixo e para cima. Esta inspeção inclui os anexos à fuselagem, asas, amortecedores, freios das rodas, mecanismos de atuação para a engrenagem retrátil, sistema hidráulico, válvulas, portas do trem, e todas as peças associadas ao conjunto do trem de pouso.

Recomenda-se que o técnico siga as instruções contidas no manual de manutenção da aeronave inspecionada. Isso é importante para os equipamentos mais complexos instalados a bordo de um helicóptero com a engrenagem retrátil do trem de pouso.

Para uma aeronave de trem de pouso fixo, uma rigorosa inspeção e manutenção deve ser realizada regularmente para verificar desgaste, deterioração, corrosão, alinhamento e outros fatores que podem causar falha ou funcionamento insatisfatório durante a operação do helicóptero. O técnico deve, então, tentar mover os suportes de rodas da engrenagem e testar a peça na montagem. Se for encontrada frouxidão, a causa deve ser determinada e corrigida.

Essa situação será diferente com o trem de pouso que emprega borracha tipo cabo de choque. A inspeção deverá ser de acordo com a idade do cabo. É verificado o desgaste do estreitamento trançado da bainha do cabo e nos pontos de contato com a estrutura. Se a idade do cabo de choque é perto de cinco anos ou mais, é aconselhável a substituição por um novo. Cabos que mostram outros defeitos devem ser substituídos independentemente da idade.

## 4.6 Inspeção e manutenção da cabine

A cabine de um helicóptero é o local ocupado pela tripulação de voo (piloto, copiloto, mecânico e outros). A partir dessa cabine, originam-se todos os controles usados no voo da aeronave. O controle é um termo geral aplicado aos meios previstos para permitir ao piloto controlar velocidade, direção de voo e altitude de um helicóptero.

Na fabricação de uma aeronave, os engenheiros permitem uma altura suficiente e visibilidade adequada para que a tripulação possa voar com segurança.

A cabine da aeronave deve ser construída de modo que a tripulação possa voar com conforto, mexendo-se livremente sem o perigo de encostar em algum comando de voo quando a aeronave estiver voando.

Dentro da cabine, existem muitos componentes aeronáuticos essenciais à realização de um voo. Entre eles estão o sistema de oxigênio e de comunicação, apresentados em seguida.

- Sistema de oxigênio - sistema imprescindível para aeronaves que voam acima de 10.000 pés. Helicópteros que voam acima dessa altura precisam contar com um sistema de oxigênio em condições de uso. Suas máscaras devem estar limpas, os cilindros de oxigênio necessitam estar cheios e com a manutenção em dia, as linhas de pressão devem ser verificadas e seu sistema testado antes de realizar um voo acima da altitude de conforto para os pulmões humanos.

- Sistema de comunicação - sistema responsável por toda a comunicação da tripulação. A cabine do helicóptero possui fones de comunicação interna entre os tripulantes e a comunicação externa, nesse caso, entre a tripulação e o controle de tráfego aéreo.

Ao realizar a inspeção ou manutenção da cabine de um helicóptero, o mecânico deverá atentar para o bom funcionamento de cada fone, testando e limpando para evitar contaminação de doenças, quando utilizados por pessoas diferentes. Além disso, ao realizar a inspeção da cabine do helicóptero, ele deverá inspecionar os cintos de segurança, o sistema de iluminação do painel de instrumento, forros, entre outros componentes da cabine incluídos no programa de manutenção da aeronave na parte de estrutura.

## 4.7 Inspeção e manutenção do painel de instrumento

A confiabilidade nas marcações feitas pelos instrumentos que equipam uma aeronave é muito importante para que o piloto possa realizar um voo seguro e confiável. Dessa maneira, uma inspeção e/ou manutenção deverá ser realizada sempre que for solicitada ou prevista no manual de manutenção do helicóptero em questão.

As seguintes etapas devem ser realizadas nos instrumentos de um helicóptero:

- inspeção e manutenção da condição de visibilidade do visor de cada instrumento para evitar que a leitura feita pelo piloto seja equivocada, vindo a ocasionar uma ocorrência aeronáutica;
- estado e colocação de marcas de segurança no visor para que o piloto possa visualizar melhor as faixas de segurança de cada instrumento que vier a operar;
- condições de limpeza dos filtros, evitando qualquer tipo de entupimento que possa gerar mau funcionamento dos instrumentos;
- sistema de ventilação para que a temperatura dos instrumentos fique adequada e não interfira em sua operacionalidade;
- segurança na montagem dos instrumentos, aperto de tubos, conexões elétricas e verificação dos painéis onde são instalados.

Após as montagens dos painéis ou instrumentos, devem ser verificados se todos os parafusos estão presos de forma adequada.

Quando os acessórios das tubulações dos instrumentos são removidos ou substituídos, as montagens devem ser realizadas com ferramentas apropriadas para evitar danos aos tubos enquanto os encaixes das tubulações estão sendo apertados. Se houver danos aos tubos, podem ocorrer falhas de indicação dos instrumentos.

Outros componentes importantes são os acessórios de vácuo, que devem ser verificados com cuidado em todas as conexões de mangueiras e tubos. Se as mangueiras e os tubos começarem a se deteriorar, partículas podem ser arrastadas para o sistema e causar danos aos instrumentos e às bombas. Ao conectar acessórios em um sistema de vácuo, não utilizar lubrificante, as partículas de materiais podem entrar no sistema e causar danos aos equipamentos. Materiais, como o *spray* de silicone, podem ser empregados.

Assim, os suportes em que se encontram instalados os instrumentos do helicóptero estão expostos a todo tipo de vibração; se não forem bem inspecionados, correm o risco de apresentar rupturas capazes de danificar os instrumentos e gerar um número maior de manutenção. Isso trará, conseqüentemente, mais despesas para o operador da aeronave.

## 4.8 Inspeção e manutenção da caixa de transmissão principal e de cauda

A caixa de transmissão principal e de cauda do helicóptero no modelo AS 332 está equipada com bujões de inspeção que permitem examinar os dentes dos pinhões de acionamento com um boroscópio, equipamento que possibilita ao técnico de manutenção examinar a parte interna de um componente.

Essa verificação pode esclarecer dúvidas quanto à origem de partículas descobertas no óleo e orientar as intervenções de manutenção. Caso seja detectado qualquer partícula estranha por meio dos bujões de inspeção, todo o conjunto deverá ser removido e limpo conforme procedimentos relatados nos manuais do fabricante do produto aeronáutico em questão.

A caixa de transmissão principal é de concepção modular. Pode-se substituir o módulo do redutor e os módulos das caixas de acessórios sem ajuste ou ferramenta especial. Isso evita o retorno à fábrica da caixa completa, o que pode levar a uma redução de custos de manutenção e do tempo de paralisação.

As engrenagens e os rolamentos das caixas de transmissão principal e traseira são lubrificados e **arrefecidos** por óleo sob pressão. Após a lubrificação, o óleo estará muito quente e precisará ser arrefecido em um círculo externo, por meio de um trocador de calor. O sistema de arrefecimento externo é vulnerável com relação a vazamentos (comprimento das tubulações, números de conexões). Por essa razão, o sistema de lubrificação é duplo e deverá ser inspecionado sempre que ocorrer uma intervenção de inspeção e manutenção.



**Arrefecidos:** é o mesmo que resfriado, gelado.

## Resumindo

Foram apresentadas as inspeções e manutenções aplicadas aos componentes principais de um helicóptero, tais como motor, rotor principal, rotor de cauda, fuselagem, trem de pouso, cabine, painel de instrumento, transmissão principal e de cauda. Na parte do motor, mostraram-se os principais aspectos para uma manutenção bem planejada, os quatro escalões que dividem o programa de manutenção do motor, o conceito de tempo limite de vida e o que é uma manutenção preventiva.

Foi relatada a importância e a complexidade de uma revisão bem feita do rotor principal e do rotor de cauda e o cuidado que deve ser dado para as diretrizes de aeronavegabilidade emitidas pela autoridade aeronáutica responsável por esses produtos aeronáuticos. Conheceram-se os tipos de inspeção aplicados à fuselagem e os intervalos de tempo entre as inspeções e manutenções aplicadas ao componente. Mostrou-se como é tratado o trem de pouso retrátil e o cuidado que deve ser dado a toda a estrutura da engrenagem que movimenta o trem de pouso. Por último, falou-se sobre a inspeção e manutenção da caixa de transmissão principal e de cauda. Suas lubrificações são vitais para o bom funcionamento de todo o conjunto de rotores da aeronave.





# Unidade 4

## Inspeção de aeronaves

Inspeção de aeronaves é um estudo direcionado à compreensão das peculiaridades operacionais dos principais sistemas que integram as aeronaves.

São conhecimentos relacionados a métodos e técnicas necessários à correta aplicação das orientações dos fabricantes de produtos, dispostos em forma de manuais e documentos de serviço. Inclui procedimentos gerais direcionados, especificamente, a operação, inspeção e manutenção dos componentes, conjuntos e sistemas classificados na categoria de célula.

Esta unidade também contempla a interface do trabalho conjunto de itens e sistemas compreendidos nas categorias de motor e aviônicos.

Por fim, o serviço de inspeção representa uma das principais atividades do mecânico de manutenção aeronáutica. É um trabalho voltado a garantir condições seguras de operação, aumentando a vida útil dos diversos equipamentos e diminuindo o custo operacional de uma aeronave.



# Capítulo 1

## Inspeção

Inspeção é a verificação do estado de conservação de um equipamento em operação. O objetivo é fazer uma avaliação sistemática sobre as possibilidades de manutenção em uso por um período determinado, para que o equipamento mantenha a integridade estrutural, apresentando as mesmas qualidades funcionais requeridas à conclusão dos objetivos operativos do sistema, do qual é parte integrante.

As propriedades físicas dos materiais estão sujeitas a constantes alterações relacionadas às situações operacionais, bem como transformações ocasionadas no transcorrer do tempo. As inspeções têm como foco essas transformações. Elas fazem um acompanhamento rigoroso de sua evolução para um diagnóstico preciso do potencial de resposta às demandas solicitadas na conclusão das atividades inerentes ao item, sistema ou conjunto.

### 1.1 Inspeção e manutenção de aeronaves

O serviço de inspeção de aeronaves acrescenta aos conceitos já estudados as particularidades do voo. Ou seja, os componentes dos diversos sistemas que compõem uma aeronave estão sujeitos a situações adversas de funcionamento impostas pela atividade aérea. São situações referentes às mudanças na **pressão atmosférica**, na **umidade relativa do ar** e na temperatura atmosférica, bem como às mudanças climáticas, cujo máximo desempenho pode ser requerido a este equipamento.

A engenharia dos materiais usados na indústria aeronáutica reconhece tais condicionantes como nuances a serem processadas para o desenvolvimento de equipamentos duráveis e de alta performance. Não obstante, a resistência necessária a suportar as adversidades descritas está condicionada a um rigoroso controle de qualidade proporcionado pelos programas de inspeção e manutenção.

Por exemplo, as propriedades lubrificantes de um óleo são desenvolvidas para alcançar a máxima **viscosidade** em uma específica temperatura de funcionamento. Assim, qualquer modificação de pressão ou umidade na atmosfera causará alterações na viscosidade do óleo e, em consequência, aumentará progressivamente o desgaste interno das peças do motor, diminuindo sua vida útil.

As condições ideais de funcionamento de um item são projetadas para uma específica situação operacional. Pensando na atividade aérea, essa situação deve ser mais solicitada durante a operação de voo.



**Pressão atmosférica:** pressão atmosférica é a pressão exercida pela camada de moléculas de ar sobre a superfície.

**Umidade relativa do ar:** relação entre a quantidade de água presente no ar e o ponto de saturação exposta em forma de porcentagem.

**Viscosidade:** é a propriedade caracterizada pela resistência de um fluido ao escoamento.

## 1.2 Importância das práticas de inspeção e de manutenção para a segurança de voo

O fator segurança de voo é uma das vertentes do trabalho de inspeção e manutenção de aeronaves. O mecânico de manutenção aeronáutica tem a segurança de voo como parte dos serviços de inspeção, manutenção e avaliação de componentes. A garantia de um espaço aéreo seguro é de competência governamental; não obstante, abrange o trabalho responsável, ético e, por vezes, solitário do mecânico de manutenção aeronáutica. São instantes em que se avaliam as condições seguras da frenagem de um parafuso, nos quais se observam a posição correta de **contrapinação** e os limites de segurança necessários a garantir o funcionamento do item nas diversas fases do voo. Portanto, é no preciosismo de pequenas ações que o mecânico garantirá o correto funcionamento dos diversos sistemas.



**Contrapinação:** ato de inserir contrapinos em uma porca castelada.

**Torque:** momento de torção, calculado pela força vezes o braço (local onde a força é aplicada).

**Cablagem:** conjunto de fios pertencentes a um sistema ou a um equipamento.

Quanto à segurança de voo, a dedicação na execução das tarefas, mesmo que pequenas e de fácil realização, apresenta-se como uma variável diretamente proporcional em relação à segurança. Isto é, quanto maior a dedicação, maior será a segurança. Na avaliação de uma ação de manutenção, a simplicidade das ações não as torna menos importantes.

Em uma situação de acidente, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) tem por obrigação verificar, em uma das suas linhas investigativas, a regularidade dos trabalhos de inspeção e manutenção executados no equipamento acidentado.

No desenrolar dos trabalhos de investigação, são levantadas hipóteses de possíveis falhas mecânicas. A verificação detalha situações como a falta de um freio ou a ausência de **torque** em um parafuso, um isolamento de uma **cablagem** deficiente ou qualquer outro detalhe que aponte para um possível erro do serviço de manutenção.

Em caso de ser comprovada a falha mecânica de um equipamento, tal situação desloca o foco investigativo diretamente para os trabalhos de manutenção. Questões são levantadas durante a investigação, para determinar se a falha mecânica ocorreu em virtude de uma deficiência no material ou de um erro humano, tais como: Quem foi o mecânico que executou o serviço? Quem foi o inspetor que assinou pela inspeção? Eles estão homologados? Desse modo, de acordo com Celestino (2011, p. 1002), “[...] a verdadeira importância da segurança de voo somente é percebida quando ela falha”.

## 1.3 Princípios básicos de um programa de manutenção

Um programa de manutenção tem como princípio básico garantir que uma aeronave esteja aeronavegável, em condições seguras de cumprir a missão para a qual possui certificação. Para tanto, todos os requisitos de inspeção e de manutenção descritos pelo fabricante devem ser cumpridos, de forma que os diversos itens, conjuntos ou sistemas sejam submetidos a inspeções periódicas ou a qualquer outro sistema de controle indicado pelo fabricante e autorizado pela ANAC.

Nesse contexto, um programa de manutenção deve assegurar o cumprimento das inspeções programadas descritas nos manuais, bem como as atividades de manutenção, manutenção

preventiva e reparos tidos como necessários ao cumprimento das diretrizes de aeronavegabilidade emitidas pela ANAC.

A aeronavegabilidade continuada deve ser preservada e regulamentada. Os programas de manutenção constituem documentos legais necessários e exigíveis, tanto para o controle interno quanto para o controle exercido pelas agências nacionais e internacionais de controle da aviação civil. O efeito requerido, portanto, será sempre um espaço aéreo seguro.

### 1.3.1 Regulamentação aplicável aos programas de manutenção

A legislação aplicada ao serviço de inspeção de aeronaves está descrita no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC), no Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) e nas Instruções Suplementares (IS) emitidos pela ANAC. O princípio legislativo visa à certificação de que as inspeções descritas como necessárias pelos fabricantes de produtos aeronáuticos estão sendo cumpridas.

A regulamentação determina que todas as aeronaves sofram inspeções anuais, não devendo ser liberadas para voar sem que tenham sido aprovadas por pessoal devidamente qualificado. Isso porque, para as atividades de transporte de passageiros com fins lucrativos e instrução aérea, são exigidas às aeronaves inspeções de 100 em 100 horas, podendo ser prorrogadas por mais 10 horas nos casos em que haja necessidade de completar uma etapa de voo. Um exemplo são os casos em que as 100 horas terminem no meio de uma viagem. No RBHA 91.405, está especificado que a responsabilidade pelo cumprimento do calendário de inspeções é do proprietário ou do operador. Com efeito, qualquer **discrepância** identificada durante os períodos de operação da aeronave deve ser sanada independente da programação de manutenção (BRASIL, 2003, p. 39).

É também permitido aos proprietários e operadores optarem por um sistema de **manutenção progressiva**, no qual a inspeção anual é desmembrada em pequenas inspeções e encaixada nos intervalos em que a aeronave permanece no solo. Para tanto, a regulamentação estabelece que esse programa de manutenção deve abranger todas as rotinas de manutenção exigidas nas inspeções de 12 meses e no prazo de um ano, a lei não abre mão de que todos os itens de inspeção sejam cumpridos dentro do prazo de um ano.

Os programas de manutenção calendáricos ou progressivos devem ser submetidos à aprovação da ANAC. As empresas, nesse cenário, devem comprovar que tais programas atendem às especificações dos fabricantes. Nisso, a IS nº 120-001 estabelece que “As Seções 121.367 e 135.425 dos RBAC 121 e 135, respectivamente, requerem que a empresa aérea estabeleça um programa de inspeções e um programa abrangendo manutenção, manutenção preventiva, alterações e reparos [...]” (BRASIL, 2014a, p. 1).

### 1.3.2 Pressupostos para elaboração de um programa de manutenção

Para elaboração de um programa de manutenção, primeiramente as tarefas devem ser selecionadas e organizadas segundo o tempo limite entre inspeções estipulado pelo fabricante. O programa de manutenção é disposto em pacotes integrados, que permitirão a execução progressiva das tarefas de manutenção programadas, necessárias ou desejadas para a aeronave.



**Discrepância:** diferença entre o estado em que se encontra uma peça e o que se espera encontrar como recomendado pelo fabricante.

**Manutenção Progressiva:** programa de manutenção continuada. Os cartões de manutenção são desmembrados e executados nos momentos em que a aeronave permanece no solo.

Os pacotes integrados são geralmente designados pelas letras A, B e C, em que:

- A - representa as inspeções de pouca complexidade e de fácil execução, no entanto, são mais frequentes;
- B - os cheques possuem uma complexidade um pouco maior e incorpora todos os cheques descritos na letra A;
- C - destina-se às rotinas de manutenção mais complexas em que o grau de desmontagem é maior, o que também incorpora as letras A e B.

As informações devem contemplar, segundo a IS nº 120-001, questionamentos sobre “[...] o que, como, e quando em relação à manutenção a ser realizada nos produtos aeronáuticos da empresa” (BRASIL, 2014a, p. 2).

- o que - é uma referência ao item a ser inspecionado, isto é, uma identificação precisa e detalhada de forma a facilitar seu reconhecimento na aeronave ou no sistema ao qual pertence;
- como - é a especificação da tarefa de manutenção programada propriamente dita, ou seja, a descrição do serviço que deve ser realizado para garantir que o item continuará executando as funções exigidas ao desempenho operacional;
- quando - é a frequência ou o intervalo no qual a rotina de manutenção deve ser executada. As tarefas devem ser identificadas e selecionadas nos pacotes de manutenção, objetivando a otimização do gerenciamento, da auditoria e da logística.

Para que um programa de manutenção seja aprovado pela ANAC, além das prerrogativas já descritas, ele deve conter:

- os procedimentos para a execução das tarefas, detalhando os pontos de verificação e teste na aeronave, inclusive equipamentos de emergência, quando aplicados;
- os intervalos de manutenção referentes ao item, o que pode ser um controle por tempo calendário, horas de voo, **ciclos de operação** ou uma combinação entre esses;
- formas de registro, indicando procedimentos para anotações de falhas e para as correções destinadas à restituição das propriedades operacionais dos equipamentos.

Um programa de inspeção que tem a aprovação da ANAC implicará a obrigatoriedade do proprietário ou operador em proceder conforme as prescrições nele dispostas. Outrossim, a ANAC tem a **prerrogativa** de requerer revisões no programa de inspeção sempre que novas circunstâncias apontarem para tal necessidade.

## 1.4 Manutenções programadas e corretivas

As manutenções programadas compreendem todos os serviços de manutenção referenciados no programa de manutenção que possuam as características de prevenção. As medidas corretivas são aplicadas periodicamente, mesmo que esse equipamento esteja em perfeitas condições de uso.



**Ciclos de operação:** cada partida no motor corresponde a um ciclo de partida.

**Prerrogativa:** privilégio.

O controle microbiológico nos tanques de combustíveis, para evitar o crescimento de fungos e bactérias, por exemplo, pode ser feito tanto na forma preventiva programada quanto na forma corretiva. No primeiro caso, a prevenção é feita pela aplicação semestral do agente biocida destinado à eliminação dos fungos. No segundo, só ocorrerá a aplicação do mesmo agente biocida caso seja comprovada a presença de fungos ou bactérias nos tanques, constatada por meio de testes de laboratório.

As ações corretivas destinam-se à restituição das condições operacionais de um item, conjunto ou sistema após sua exposição às condições impróprias de funcionamento. São situações em que os limites operacionais, constantes nos manuais de operação, se excedem. Os programas de manutenção não necessitam explicar tais situações, mas os operadores devem estar aptos a reconhecer tais circunstâncias e a utilizar os manuais aplicáveis.

As manutenções corretivas podem ser requeridas, por exemplo, devido a um incidente de solo, a uma colisão de uma asa com um trator, a um pouso forçado, à colisão com pássaros, à temperatura do motor acima do limite, etc.

## **Resumindo**

Os programas de manutenção de aeronaves possuem especificidades garantidas por leis. A regulamentação destina-se tanto à elaboração quanto à fiscalização do seu cumprimento. Os serviços de inspeção destinados a garantir a operação segura dos diversos sistemas são estruturados segundo orientações dos fabricantes, além de serem rigorosamente fiscalizados pela ANAC.

As inspeções são requeridas anualmente para todos os sistemas, e de 100 em 100 horas para aeronaves que executem transporte comercial de passageiros. A empresa também pode optar por um sistema de inspeção progressiva, em que os cartões de inspeção serão cumpridos nos momentos em que a aeronave não estiver voando. O voo seguro e a segurança do espaço aéreo dependem também do controle do trabalho de inspeção e de manutenção.





# Capítulo 2

## Inspecção no setor do motor e da hélice

Inspecção no setor do motor e da hélice são verificações periódicas pertencentes aos programas de manutenção, objetivando a manutenção das condições seguras de operação.

Essas inspeções podem ser visuais, magnéticas ou dimensionais, desde que realizadas dentro das especificações do fabricante do produto.

Fazem-se, também, no motor, inspeções buroscópicas, de análise de óleo e de vibração. Tais inspeções aumentam o tempo de operação, uma vez que apresentam um diagnóstico seguro das reais condições de funcionamento interno do motor.

### 2.1 Motor

No motor, devem ser inspecionadas todas as tubulações dos sistemas hidráulico, pneumático e de combustível, conforme se descreve abaixo:

- a) não devem apresentar rachaduras, sinais de atrito ou desgaste acima dos limites estabelecidos;
- b) as **luvas** ou **flanges** são áreas propícias a trincas e vazamentos. Portanto, checa-se o aperto de todas as conexões;
- c) tubulações não completamente apertadas podem-se romper durante a operação;
- d) tubulações amassadas, que apresentam restrição interna maior que 20% da área total da sua seção transversal, devem ser substituídas;
- e) no caso de haver desgaste por atrito nas tubulações de combustível, o desgaste não pode exceder 20% da sua espessura. Nas demais tubulações, o desgaste não pode exceder 40%;
- f) havendo a possibilidade de atrito entre tubulações ou entre tubulações e cablagem, elas devem ser reposicionadas. Para tanto, utilizam-se braçadeiras para prendê-las e evitar o atrito.

O filtro de óleo deve ser inspecionado quanto à presença de **limalhas**. Nessa mesma rotina de manutenção, drena-se parte do óleo e o manda para análise.

Assim, deve-se reinstalar o filtro e abastecer o reservatório de óleo, tomando cuidado para não completar totalmente o nível requerido, uma vez que o reservatório de óleo somente pode ser completamente reabastecido após o corte dos motores e até o limite de 15 mm. Nessa condição, o óleo terá retornado totalmente para o reservatório e estará na temperatura ideal para o alcance da **dilatação volumétrica** máxima de funcionamento do motor.



**Luva:** dispositivo de encaixe cilíndrico.

**Flange:** deformação em formato angular e circular na borda do orifício com o objetivo de reforçar a estrutura, ou para facilitar a união de duas tubulações.

**Limalha:** conjunto de partículas metálicas que resulta da fricção de uma lima.

**Dilatação volumétrica:** aumento das medidas de largura, comprimento e altura de um corpo quando submetido a um aumento de temperatura.



**Mossa:** amassado causado por impacto de outro objeto.

**Transferidor universal:** ferramenta de verificação de angulação em superfícies aerodinâmicas.

**Inclinômetro digital:** ferramenta para medir a angulação das superfícies de comando.

**Arrefecimento:** diminuição de temperatura por meio de trocas de calor.

Nos motores turbofan e turbojato, inspeciona-se a entrada de ar dos motores quanto a **mossas**, trincas e presença de rebites soltos. Verifica-se, também, a possibilidade de obstrução, rachaduras ou corrosão nos sensores de temperatura e pressão localizados próximo à FAN (ventoinha) nos motores turbofan, ou próximo ao primeiro estágio do compressor em motores turbojatos.

## 2.2 Hélice

O conjunto da hélice deve ser inspecionado quanto à fixação das pás e do conjunto. Verifica-se a existência de folgas que excedam as limitações. Para tanto, cada pá deve ser checada individualmente; em primeiro lugar, na direção do deslocamento da aeronave (direção horizontal) e, depois, na direção da rotação da hélice (direção vertical). Por fim, verifica-se no sentido da mudança de passo (rotação).

As pás que possuem proteção contra erosão nos bordos de ataque devem ser inspecionadas quanto à fixação, à segurança e ao estado geral.

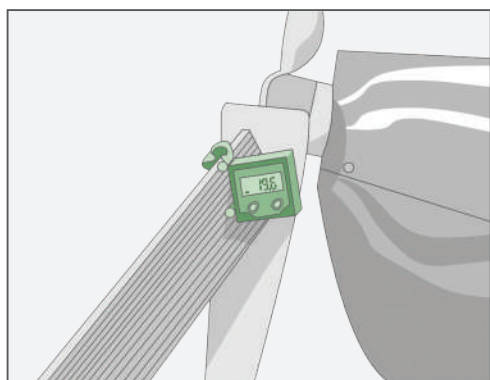


Figura 1 - Medição dos ângulos das pás com inclinômetro digital

Erosões, mossas ou pequenas rachaduras encontradas nos bordos de ataque das pás devem ser limadas e tratadas. Feito isso, as áreas reparadas devem ser inspecionadas para ver se as novas medidas encontram-se dentro das limitações previstas na referida estação da pá.

Os mecanismos de mudança de passo e governadores de hélice devem ser inspecionados quanto à existência de vazamentos.

Usando um **transferidor universal** ou um **inclinômetro digital**, verificam-se os ângulos das pás, conforme apresentado na Figura 1.

As inspeções no conjunto da hélice sem a desmontagem de regulador, mecanismo de troca de passo ou retirada da hélice são apenas visuais e dimensionais.

## 2.3 Carenagens

As carenagens dos motores são responsáveis por dar o formato aerodinâmico na região dos motores e direcionar o fluxo de ar para o sistema de admissão, proporcionando, também, uma melhor relação de **arrefecimento**. A Figura 2 apresenta um modelo de carenagem de motores a reação.

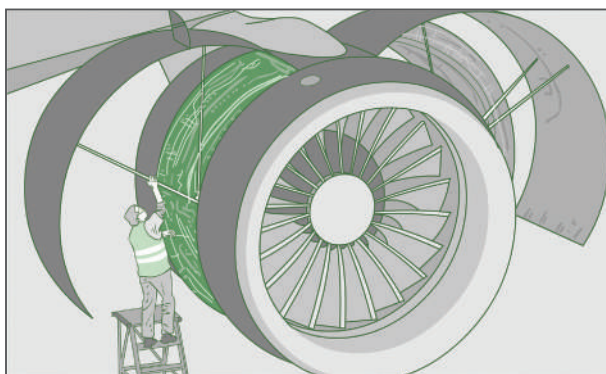


Figura 2 - Carenagem do motor a reação

Elas devem ser inspecionadas, primeiramente, quanto à sua funcionalidade, o que compreende a verificação dos movimentos de abertura e fechamento, bem como os dispositivos de travamento. Os pontos de articulação, como dobradiças, são inspecionados quanto à evidência de rachaduras, corrosão ou qualquer defeito que possa representar risco de desprendimento durante o voo.

Na parte inferior da carenagem, podem ser encontradas poças de óleo ou combustível, caracterizando vazamentos. Nesse caso, a origem deve ser localizada e o vazamento sanado.

Nos motores a reação, apura-se a evidência de pontos quentes nas carenagens, o que pode significar vazamento nas tubulações de ar quente dos compressores para o sistema de ar condicionado. Vazamentos nessa região implicam uma pressurização deficiente.

A pintura deve estar em bom estado. Rachaduras ou descascamentos podem incorrer em futuros pontos de corrosão. Rebites soltos encontrados durante a inspeção devem ser rebatidos ou trocados.

## 2.4 Escapamento

Para inspecionar os escapamentos de motores convencionais, de início, o escapamento deve ser retirado e limpo, conforme Figura 3.

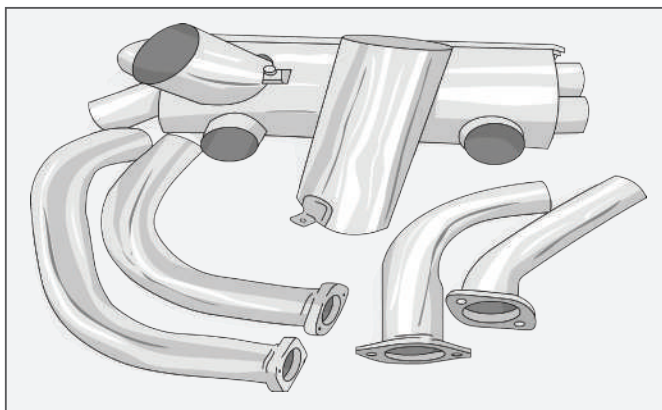


Figura 3 - Escapamento desmontado

Os escapamentos que possuem acabamento de revestimento de cerâmica não devem ser limpos com jato de areia ou qualquer produto alcalino. Nesse caso, usa-se apenas desengordurante.

Feita a limpeza, averíguam-se rachaduras, mossas ou qualquer outro defeito que possa desencadear um futuro vazamento. Tais evidências são normalmente encontradas em áreas de soldas ou junções como luvas, braçadeiras, flanges, garra de fixação, vedações, suportes, alça de fixação de suportes, juntas e peças flexíveis.

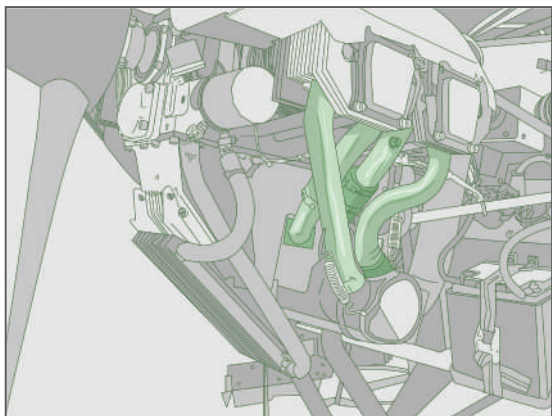


Figura 4 - Escapamento montado

As áreas mais baixas, regiões de curvas ou de soldas estão mais sujeitas à umidade. Portanto, devem ser inspecionadas quanto à corrosão, à perfuração ou ao desgaste. A Figura 4 apresenta o escapamento de um motor convencional, ressaltando as partes mais baixas, sujeitas ao acúmulo de umidade.

Quando for necessário checar vazamentos, deve-se vedar as aberturas do escapamento e aplicar ar comprimido internamente. Ao mergulhar o escapamento na água, aparecerão bolhas nas áreas de vazamento.

Após a limpeza e a inspeção visual, o escapamento deve ser instalado. Os parafusos de fixação devem ser apertados no torque correto e frenados.

Com o escapamento instalado, faz-se uma checagem operacional com o motor funcionando até que ele atinja a temperatura normal de trabalho. Feito isso, desliga-se o motor e retiram-se todas as carenagens para examinar vazamentos nas juntas. Os vazamentos poderão ser identificados pela coloração cinza ou preta de fuligem. Em caso de vazamento, a correção pode ser alcançada fazendo-se uma nova acomodação na junção das peças.

Nas inspeções em motores a reação, examina-se o estado geral do cone de escapamento, corrosão e presença de rachaduras. Verificam-se, ainda, os sensores de pressão de descarga da turbina quanto a estado geral, a corrosão, a obstrução e a rachaduras.

## 2.5 Inspeção de análise de óleo

A eficiência de operação de um motor está diretamente relacionada à qualidade dos processos internos de lubrificação. O óleo usado no motor possui propriedades físicas destinadas a atender às demandas de seu funcionamento. A inspeção de análise de óleo avalia as condições do lubrificante, o nível de sujidade, e apresenta informações sobre o desgaste interno das peças do motor.

Em situações em que sejam encontradas concentrações anormais de um determinado tipo de metal, pela análise do óleo, é possível identificar qual peça ou sistema está apresentando um desgaste excessivo.

O mecânico de manutenção, nesse cenário, deve coletar o óleo no alojamento do filtro, tomando cuidado para não contaminá-lo com impurezas externas ao sistema de lubrificação, e enviá-lo para os laboratórios especializados.

## 2.6 Inspeção de análise de vibração

A operação de um motor produz frequências de vibração inerentes às partes girantes. O movimento dos rolamentos, eixos, compressores, turbinas e acessórios dos motores a reação, assim como bielas, virabrequim, pistões e comandos de válvulas dos motores convencionais, produz vibrações.

As vibrações inerentes a cada item do motor possuem uma frequência que o identifica perante as demais. Com efeito, a inspeção de análise de vibração tem como objetivo captar qualquer alteração nos padrões de vibração, localizando e identificando o item avariado.

A inspeção de análise de vibração, nesse contexto, permite um aumento do intervalo entre inspeções de desmontagem do motor. Ou seja, se todas as peças girantes estão trabalhando harmonicamente, significa que o desgaste interno não atingiu ainda um nível prejudicial ao funcionamento do motor. O equipamento de teste de análise de vibração é mostrado na Figura 5.

A ferramenta de teste consiste em um **transdutor** ou acelerômetro ligado a um computador. Uma análise de dados é proporcionada pela comparação de dados preestabelecidos, isto é, os padrões normais de vibração do equipamento a ser testado são previamente inseridos no computador. O computador, então, processa qualquer alteração nos padrões de vibração do motor e apresenta o resultado no *display* em forma de gráficos. Com efeito, cabe ao mecânico a compreensão dos gráficos apresentados, que terá à sua disposição orientações tanto nos manuais e **documentos de serviço** emitidos pelos fabricantes quanto em manuais de operação próprios da ferramenta.

A vibração é captada pelo transdutor por meio do seu **crystal piezoelétrico**, cuja principal característica é a propriedade de, ao ser submetido a uma determinada pressão, gerar uma tensão elétrica proporcional. A tensão elétrica é então gerada na frequência de exposição do cristal, o que traduz a vibração do equipamento. É um **espectro** de frequências que possibilita a identificação de diferentes frequências, bem como sua amplitude.

Nas orientações dos fabricantes, constarão os pontos no motor em que serão efetuados os testes de vibração, sua finalidade e os padrões esperados para cada ponto.

Desalinhamentos, folgas estruturais, folgas nos mancais, problemas de engenharia, problemas em rolamentos, correias gastas, cavitação de bombas e eixos empenados são exemplos de falhas detectadas nas inspeções de análise de vibração.

O programa de manutenção tem ganhado com as inspeções de análises de vibração a possibilidade de um acompanhamento do desgaste interno das peças girantes, além de um diagnóstico mais assertivo, evitando a troca desnecessária de um item. Não obstante, ele possibilita a comparação dos padrões de funcionamento do motor antes e depois da substituição desse item, constatando se houve eficiência no trabalho realizado.

## 2.7 Inspeções buroscópicas

As inspeções buroscópicas são inspeções visuais destinadas à verificação interna do motor sem que este seja desmontado. São inspeções na **seção quente** e na área do compressor, objetivando verificar a evidência de trincas, rachaduras ou qualquer outro dano que ultrapasse as limitações descritas nos manuais dos fabricantes.



Figura 5 - Equipamento de teste de vibração (computador e transdutor)



**Transdutor:** dispositivo que transforma um tipo de energia em outro, utilizando para isso um elemento sensor; recebe um sinal e o retransmite convertido.

**Documento de serviço:** documentos emitidos pelo fabricante de produtos aeronáuticos trazendo informações úteis sobre reparos, alterações, inspeções, manutenção e manutenção preventiva.

**Cristal piezoelétrico:** cristal que, quando submetido a uma pressão, gera um campo elétrico.

**Espectro:** sombra; intensidade da radiação em função do comprimento da onda.

**Seção quente:** região do motor onde é feita a queima dos gases.

A ferramenta utilizada é o buroscópio, no qual há uma sonda composta de microcâmera em uma de suas extremidades e um visor na outra, podendo ser uma tela LCD. Um sistema de iluminação do tipo fibra ótica garante a visualização no interior dos motores fechados. O equipamento buroscópico completo é apresentado nesta Figura 6.

Os programas de manutenção incluem as inspeções buroscópicas com vistas ao monitoramento contínuo do interior dos motores, o que evita a desmontagem desnecessária. Com a utilização do buroscópio, a abertura de um motor pode ser programada para o dobro do tempo destinado a um motor que não o utiliza. A economia é garantida pela segurança de que as partes internas do motor estão ainda em condições de operação.



Figura 6 - Equipamento de inspeção buroscópica

Inspeções não programadas podem também incluir o uso do buroscópio. Caso haja suspeita de entrada de pássaros ou qualquer tipo de objeto estranho (FOD), os danos podem ser avaliados utilizando o equipamento buroscópio. A Figura 7 apresenta um exemplo de teste buroscópico realizado nas *blades* do compressor de um motor a reação.

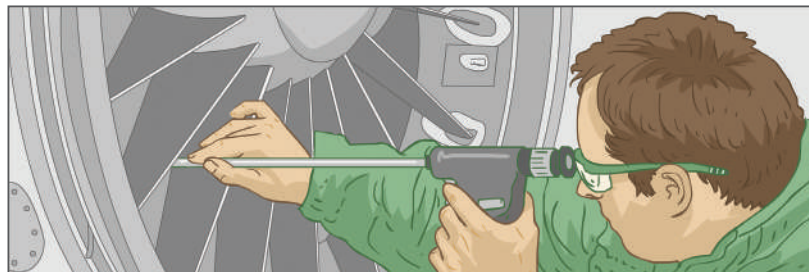


Figura 7 - Inspeção buroscópica sendo realizada nas *blades* do compressor

Os parâmetros inadequados de funcionamento, caracterizados pelo aumento de temperatura, também mostram uma situação para o uso do buroscópio.

Os aspectos avaliados podem ser uma mudança de cor, acúmulo de depósitos de carbono nas câmaras de combustão, trincas ou deformações nas *blades* do compressor e turbina.

Nos motores convencionais, podem ser inspecionadas as partes superiores dos pistões, das válvulas, das velas e do cilindro, quanto a corrosão, a rachaduras ou a carbonização.

Os parâmetros e os pontos de inspeção, além da forma de execução e os locais de acesso, são descritos nos manuais de manutenção do fabricante.



**Blades:** paletas do compressor ou da turbina dos motores a reação. Asas rotativas do helicóptero.

## Resumindo

As inspeções no motor realizadas juntamente com as inspeções de célula da aeronave não compreendem a desmontagem do conjunto. São inspeções visuais, dimensionais e magnéticas, que objetivam a correção de pequenas falhas. Há inspeções maiores, em que há necessidade de desmontagem do motor. O motor deve ser desinstalado e a inspeção deve ocorrer em bancadas de manutenção. Outrossim, as inspeções especiais, como análise de óleo, cheque de vibração e buroscópica, quando integradas nos programas de manutenção, aumentam o intervalo das inspeções maiores e garantem a segurança de operação do motor, uma vez que o diagnóstico apresentado é bastante confiável e conclusivo.

A hélice deve ser inspecionada quanto à fixação das pás e do seu conjunto. É necessário verificar se existem folgas que excedam as limitações. Esse cheque deve ser realizado em cada pá, de forma individual. Existem procedimentos especiais para se inspecionar os escapamentos. Por fim, as carenagens dos motores devem ser inspecionadas quanto à sua funcionalidade e à presença de rachaduras, de corrosão ou de defeitos que representem riscos de desprendimento durante o voo.





# Capítulo 3

## Inspecção no setor da fuselagem

O setor da fuselagem compreende os setores externo e interno do corpo principal da aeronave. A região se inicia no **nariz** e se estende até o **cone de calda**. A fuselagem é subdividida em compartimento do nariz, cabine da tripulação, cabine de passageiros e compartimento para bagagens.

Nas aeronaves monomotoras, o compartimento do nariz é a **nacele do motor**. Em aeronaves bimotoras, o compartimento do nariz pode conter um compartimento eletrônico, no qual são acondicionados os equipamentos de rádio, de navegação e de piloto automático.

As inspeções no setor da fuselagem compreendem cheques visuais na área externa e visuais e operacionais na área interna. As irregularidades encontradas devem ser corrigidas, ou, se necessário, o componente avariado deve ser trocado.

### 3.1 Cabines de tripulantes

A cabine de tripulantes é inspecionada, primeiramente, quanto à segurança dos assentos. As cadeiras dos pilotos devem proporcionar os movimentos de ajuste de altura e distância em relação aos comandos primários de voo. Verificam-se, também, as condições de segurança relacionadas aos trilhos de fixação das cadeiras e os cintos de segurança quanto às condições gerais, de travamento e de segurança.

Os comandos primários de voo devem ser testados quanto ao livre movimento e à existência de folgas, observando os seguintes procedimentos:

- a) Os pedais são comandados totalmente para a direita e, igualmente, para a esquerda, verificando o movimento do leme de direção até o limite do **batente primário**.
- b) O volante do manche é girado no sentido horário e anti-horário até que o movimento dos **ailerons** atinja o limite dos batentes primários.
- c) A coluna do manche deve ser deslocada para frente e para trás até que o movimento do profundor atinja os batentes primários.

Deve-se executar o teste operacional dos **compensadores**, **flaps** e **spoilers**. O pedestal central deve ser inspecionado quanto ao estado geral e à segurança dos equipamentos, bem como à correta operação dos **manetes** de comando do grupo motopropulsor e ao controle de comando do **flap**.



**Nariz:** região frontal da aeronave.

**Cone de calda:** superfície estrutural cônica localizada no final da fuselagem.

**Nacele do motor:** alojamento do motor no avião. Mesmo que berço do motor.

**Batente primário:** dispositivo que limita o deslocamento angular de uma superfície de comando.

**Ailerons:** superfície aerodinâmica responsável por romper a estabilidade lateral em cima do eixo longitudinal.

**Compensador:** superfície secundária de comando de voo que atua nos comandos primários.

**Flaps:** superfície aerodinâmica com objetivo de aumentar a sustentação das asas nas baixas velocidades.

**Spoiler:** superfície aerodinâmica usada como freio aerodinâmico.

**Manete:** dispositivo para acelerar o motor da aeronave.

Os para-brisas devem ser inspecionados quanto a trincas ou a deformações que possam causar distorções na visão dos pilotos. A cabine de tripulantes é mostrada na Figura 8.



Figura 8 - Cabine de tripulantes  
Fonte: Agência Força Aérea/© Sgt Rezende

### 3.2 Cabine de passageiros

A inspeção da cabine de passageiros começa pela verificação das portas de acesso. Examinam-se os comandos de abertura, fechamento e trava, aproveitando para lubrificar todo o mecanismo de acionamento, fechamento e travamento de todas as portas.

As saídas de emergência devem proporcionar abertura imediata e de fácil acionamento, além de apresentar condições seguras de travamento. Portanto, deve-se fazer um cheque operacional de acionamento das saídas de emergência.

Todas as portas de acesso devem estar com as borrachas de vedação em boas condições, principalmente as aeronaves pressurizadas, pois grande parte dos problemas de pressurização está associada a irregularidades na vedação das portas.

As janelas não devem apresentar trincas ou problemas com a vedação, principalmente quando a aeronave é pressurizada. No interior da cabine de passageiros, são verificados itens como segurança e condição geral dos assentos e cintos de segurança. Tapetes, revestimento do teto e painéis laterais devem estar em boas condições.

As áreas acessíveis próximas aos lavatórios, banheiros e *galley* devem ser inspecionadas no que toca à presença de vazamentos. Caso seja confirmado, o vazamento deve ser encontrado e sanado, verificando-se, ademais, a possibilidade de corrosão nas áreas afetadas.

Os membros estruturais das portas de entrada e saídas de emergência devem ser inspecionados em relação a evidências de sobrecarga, rebites e fixadores soltos ou faltando.

Toda a fuselagem deve ser inspecionada externamente quanto ao estado geral do revestimento e às evidências de rebites soltos.



**Galleys:** são compartimentos montados nas aeronaves onde ficam armazenadas as refeições e bebidas dos passageiros e tripulantes, bem como fornos, cafeteiras e outros, configurado conforme solicitação do cliente.

### 3.3 Baterias

As baterias devem ser inspecionadas no que concerne a seu estado de conservação e fixação. O suspiro deve ser checado quanto à obstrução e fixação, uma vez que é responsável pela eliminação dos gases gerados nas operações de carga e descarga. Tais gases são altamente corrosivos, implicando a necessidade de se fazer inspeções de corrosão nas áreas próximas. O suspiro pode ser visto na Figura 9.

As baterias possuem sensores de temperatura que devem ser checados no que tange ao estado de conservação. Verificam-se, ainda, seus conectores e cablagens, no que concerne à segurança, à fixação e à frenagem. O sensor de temperatura pode, igualmente, ser visto na Figura 9.

Em intervalos regulares descritos no manual do fabricante, a bateria deve ser retirada da aeronave para inspeções de descarga e recarga, limpeza e troca de células defeituosas. A retirada da bateria deve ser feita com cuidado para que nenhuma superfície metálica, como fivelas de cintos ou alianças, possa fechar o curto-circuito nos eletrodos da bateria. Os eletrodos das baterias podem ser vistos na Figura 9.

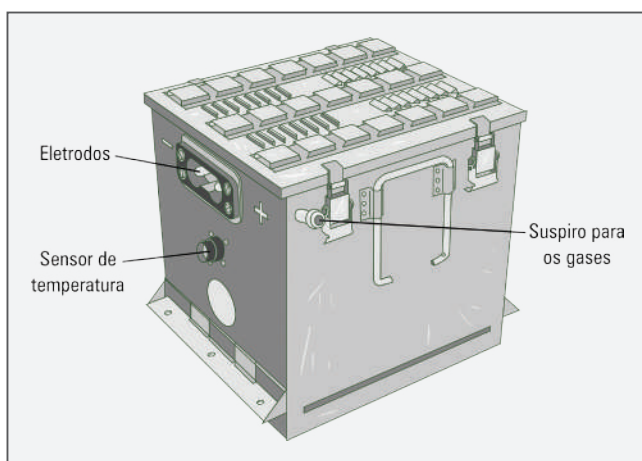


Figura 9 - Exemplo de bateria

Ao reinstalar a bateria, os terminais devem ser conectados e frenados. Para tanto, usa-se arame de cobre, que permite a desconexão rápida em situações emergenciais de superaquecimento.

### 3.4 Tanques de combustíveis

Os tanques de combustíveis devem ser inspecionados diariamente em relação à presença de água. A água entra nos tanques por meio da condensação da umidade do ar, da decantação da água dissolvida no combustível ou da chuva mediante o bocal de abastecimento. Portanto, o combustível deve ser drenado diariamente e em quantidade suficiente à eliminação completa da água depositada nas partes mais baixas dos tanques.

Os tanques possuem sistemas de ventilação necessários a manter equilibradas as pressões interna e externa durante consumo de combustível pelos motores. Esses sistemas possuem linhas de

ventilação ligadas às entradas de ar **naca**, que devem estar desobstruídas. As linhas de ventilação devem ser drenadas para que a ventilação dos tanques não seja comprometida.

As tampas dos bocais de abastecimento devem ser inspecionadas relativamente ao correto fechamento e capacidade de vedação.

A aeronave deve ser **destanqueada** e o residual de combustível drenado. Feito isso, as tampas inferiores de acesso aos tanques são abertas para inspecionar a estrutura interna. Averíguam-se a existência de corrosão microbiológica e a condição dos selantes dos tanques integrais das asas. Se qualquer uma dessas condições for encontrada, os tanques devem ser limpos e o selante deteriorado deve ser refeito.

Vazamentos nos tanques de combustíveis estão relacionados à deterioração do selante, **gaxetas** de vedação defeituosas ou torque inadequado dos parafusos que suportam as tampas de inspeção dos tanques. Para esses casos, deve-se proceder conforme o defeito, ou seja, refazer o selante, trocar a gaxeta ou reapertar os parafusos.

## Corrosão microbiológica

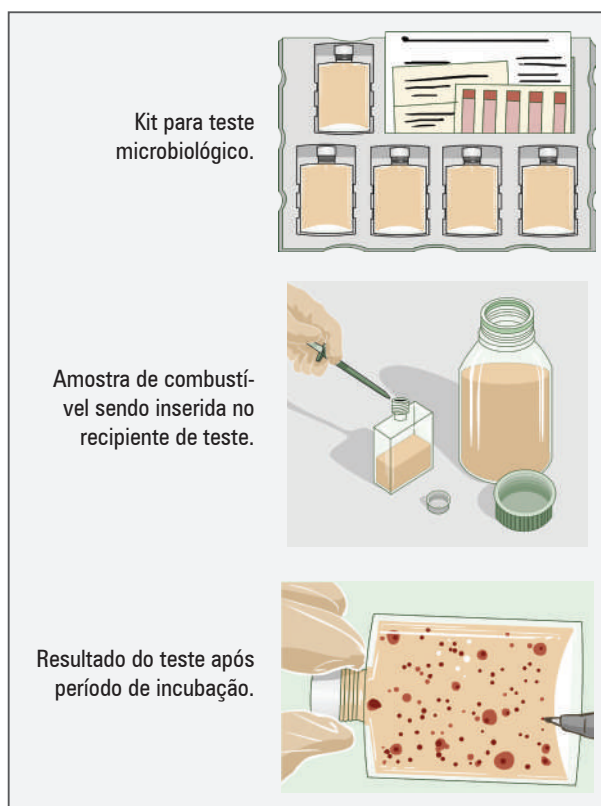


Figura 10.A - Catálogo de orientações para execução do teste microbiológico

Os micro-organismos se **prolifera**m na interface da água com o querosene e são responsáveis pela corrosão microbiológica no interior dos tanques. Esses micro-organismos podem causar falhas nos motores, como consequência do entupimento dos filtros ou panes nas bombas.

O crescimento dos micro-organismos acontece em forma de colônias, que se alimentam de hidrocarbonetos dos combustíveis, impurezas contidas na água, sais minerais e selantes dos tanques integrais.

As inspeções microbiológicas visam a detectar o crescimento de colônias para que seja efetuado o tratamento. O procedimento consiste em drenar uma quantidade de combustível e injetá-la em um recipiente estéril contendo uma substância que estimula o crescimento das colônias, conforme a Figura 10.A.

Em caso de haver a presença de micro-organismos no combustível, as colônias se proliferarão no recipiente e se revelarão em uma coloração avermelhada. O nível de contaminação poderá ser estimado de acordo com a



**Naca:** entrada de ar desenvolvida para corpos aerodinâmicos.

**Destanqueada:** ato de retirada do combustível dos tanques.

**Gaxeta:** dispositivo de vedação em forma de anel.

**Proliferar:** ato de multiplicar-se rapidamente.

tonalidade do revelador, que apresentará tons que vão de rosa claro até totalmente avermelhado, veja-se a Figura 10.B.

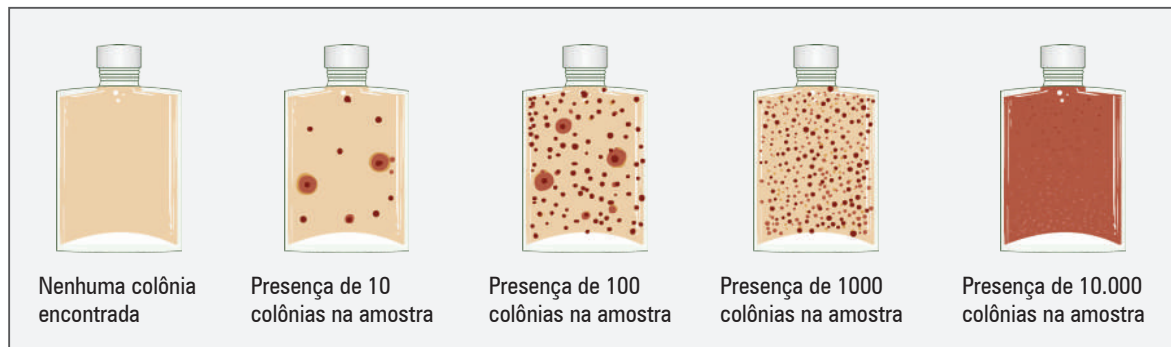


Figura 10.B - Aparência do resultado após o período de incubação

Constatada a contaminação, aplica-se uma substância **biocida** nos tanques e aguarda-se o tempo recomendado de acordo com a concentração do produto. Após esse tempo, os micro-organismos mortos devem ser drenados para que os filtros não sejam entupidos.

Outra forma de controle de micro-organismos nos tanques é conseguida pela aplicação periódica do biocida. Neste caso, o controle é preventivo, o que dispensa as inspeções microbiológicas.

## Resumindo

A inspeção na região da fuselagem destina-se à verificação visual das estruturas e cheques operacionais e estruturais dos sistemas que integram as cabines de passageiros e tripulantes. A inspeção no sistema de combustível objetiva garantir a manutenção do fornecimento de combustível com qualidade para as bombas do motor, bem como a manutenção estrutural, incluindo a eliminação de vazamentos, bactérias e fungos. As baterias são inspecionadas em intervalos calendáricos, visando a aumentar a vida útil das células internas, bem como a garantir integridade estrutural das áreas vizinhas, sujeitas à corrosão pela evaporação dos gases no processo químico de carga e descarga.

Os componentes que fazem parte da cabine de tripulantes devem ser inspecionados quanto à segurança dos assentos, comandos primários de voo, testes operacionais dos compensadores, *flaps* e *spoilers*. Os para-brisas não podem causar distorções na visão dos pilotos. A inspeção da cabine de passageiros ocorre pela verificação das portas de acesso, saídas de emergência, janelas e áreas próximas aos lavatórios, banheiros e *galley*. Os tanques de combustíveis devem ser inspecionados diariamente em relação à presença de água. Por fim, micro-organismos podem causar falhas nos motores como consequência do entupimento dos filtros ou panes nas bombas.



**Biocida:** substância usada no combate de bactérias e fungos.



# Capítulo 4

## Inspecção no setor de trem de pouso

Os trens de pouso das aeronaves são os responsáveis por apoiar a aeronave no solo ou na água. Eles são compostos por vários sistemas: direcional, de **frenagem**, antiderrapante (similar aos ABS dos carros), de abaixamento e recolhimento, de amortecimento, de avisos de posição do trem de pouso, de abaixamento e frenagem do trem de pouso em emergência.

As inspeções no setor do trem de pouso compreendem rotinas de manutenção direcionadas a cada um desses sistemas.

### 4.1 Componentes do trem de pouso

Os componentes dos trens de pouso são considerados, em sua maioria, itens críticos para a segurança de voo, pois grande parte dos acidentes aeronáuticos acontece nos instantes de decolagem e pouso. Segundo o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), “[...] a maior parte dos acidentes do período (2004-2013) ocorreu nas fases de cruzeiro / manobras (22,54%), decolagem – corrida e subida inicial (18,4%) e pouso (15,14%)” (BRASIL, 2014b, p. 16). Os acidentes compreendidos nos momentos de pouso e decolagem somam 33,44% dos acidentes nesse período.

O impacto da aeronave com o solo durante o pouso é absorvido pelo sistema de amortecimento dos trens de pouso. A situação obriga seus componentes a operar nos seus limites estruturais máximos. Portanto, a inspeção desses sistemas, conforme a Bombardier (2012), deve, primeiramente, visualizar a evidência de rachaduras por **fadiga**, corrosão e segurança e condições gerais das estruturas do trem de pouso principal, trem de pouso de nariz, atuadores de extensão e recolhimento dos trens, pontos de fixação dos atuadores, amortecedores e estruturas de suporte.

As mangueiras hidráulicas que integram os sistemas de freio, de atuadores das portas e de trens de pouso possuem data de validade e devem ser substituídas na data do vencimento, e também quando apresentarem rachaduras, vazamentos ou sinais de deterioração.

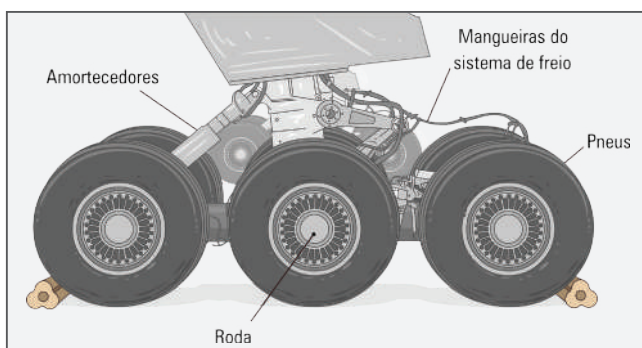


Figura 11 - Exemplo de trem de pouso



**Frenagem:** ato de frear; ato de amarrar parafusos ou porcas para evitar a sua soltura.

**Fadiga:** perda parcial ou total das propriedades estruturais de uma peça.

Vários sistemas na aeronave possuem dois modos de operação: um para o solo e outro para o voo. Diante disso, as aeronaves são equipadas com interruptores acionados pela compressão dos amortecedores do trem de pouso. Tais interruptores são chamados de *squat switches* e devem ser inspecionados, segundo a Bombardier (2012), quanto à condição geral, ao funcionamento, ao posicionamento adequado (regulagem) e ao aperto das braçadeiras de fixação.

Lubrificar todos os pontos de articulação dos trens de pouso principal e de nariz descritos como necessários à tarefa de manutenção.

### 4.1.1 Portas

As portas dos trens de pouso devem ser inspecionadas no que concerne a evidências de rachaduras, principalmente nas dobradiças e pontos de articulação.

Geralmente, o acionamento das portas dos trens de pouso é feito por hastes de comando com dispositivos de regulagem de comprimento, chamados de esticadores. As hastes devem ser inspecionadas nos seus **terminais** quanto à segurança da fixação e à regulagem do comprimento, com vistas a proporcionar o correto fechamento das portas.

No **comandamento** do recolhimento do trem de pouso, as portas, ao se fecharem, devem acionar interruptores para indicar à tripulação o encerramento do movimento de recolhimento. As portas somente se fecharão completamente se os trens estiverem totalmente recolhidos. Os interruptores são chamados de *micro switches* e devem ser inspecionados em relação à condição geral, à fixação, ao estado geral das cablagens e ao posicionamento adequado para que o acionamento desses interruptores aconteça no instante em que as portas estiverem completamente fechadas.

As dobradiças das portas devem ser lubrificadas e um **fio massa** deve estar instalado entre a porta e o restante da aeronave. O objetivo do fio massa é dissipar a **energia estática** acumulada no deslocamento da aeronave. Todas as superfícies móveis devem estar **aterradas** com a aeronave, que deve conter **descarregadores estáticos** para dissipar essa energia com a atmosfera, durante o deslocamento.

### 4.1.2 Amortecedores

Os amortecedores têm a função de absorver a força do impacto da aeronave com o solo durante o pouso e suavizar as trepidações causadas pelas imperfeições das pistas durante o **táxi** e a corrida de decolagem.

As inspeções nos amortecedores destinam-se à verificação de vazamentos de óleo hidráulico, da eficiência de amortecimento, caracterizada pela checagem dos níveis de óleo hidráulico, e da pressão de nitrogênio aplicada no amortecedor. Para tanto, a rotina de manutenção estabelece que seja aliviada a pressão total de nitrogênio e o óleo hidráulico alijado por completo. Feito isso, um óleo novo é usado para reabastecer o cilindro do amortecedor até a quantidade estabelecida no manual. Depois, aplica-se pressão de nitrogênio até o limite especificado também no manual.



**Terminais:** refere-se a ponta das hastes. Local onde se faz a regulagem de tamanho da haste.

**Comandamento:** ato de comandar o acionamento de um sistema.

**Fio massa:** fio que liga eletricamente todas as partes móveis da aeronave às estruturas fixas, com o objetivo de dissipar a energia estática acumulada no deslocamento.

**Energia estática:** energia acumulada por uma aeronave adquirida no deslocamento pelo atrito com as moléculas de ar.

**Aterrada:** ligado à carcaça da aeronave.

**Descarregador estático:** dispositivo para descarregar a energia estática acumulada na fuselagem em virtude do atrito com o ar.

**Táxi:** deslocamento da aeronave no pátio até a cabeceira da pista.



A altura do amortecedor está discriminada no manual e deve ser checada nas inspeções de pré-voo, a cada voo. Se o amortecedor estiver abaixo da altura especificada, a correção pode ser a calibração com nitrogênio, aplicando-se uma pressão desse gás no bico de reabastecimento do amortecedor. No caso da calibração não resolver o problema, deve-se proceder conforme a rotina de manutenção descrita no parágrafo anterior.

### 4.1.3 Rodas

Na inspeção das rodas, examina-se a **linha de fé** traçada entre a roda e o pneu, para certificar-se que não houve movimento relativo entre o pneu e a roda.

Os parafusos de montagem das rodas possuem linhas de fé, que devem ser inspecionadas para verificar se não houve movimento relativo, o que indica a perda do torque do parafuso.

As válvulas de enchimento e os fusíveis térmicos devem ser inspecionados quanto à presença de vazamentos.

Durante as trocas de pneus, a maioria dos fabricantes determina a necessidade de se fazer **ensaios não destrutivos** nas rodas para verificar a evidência de rachaduras nas regiões próximas às bordas, esta é uma região de maior esforço durante os pousos da aeronave.

### 4.1.4 Pneus



Figura 13 - Exemplo de desgaste do pneu e aparecimentos de lonas

Os pneus devem ser inspecionados diariamente, verificando-se o nível de desgaste. Se for constatado o aparecimento de lonas acima do limite de segurança especificado pelo fabricante, o pneu deve ser substituído. O desgaste do pneu e os aparecimentos de lonas são mostrados na Figura 13.

Conforme a Bombardier (2012), a presença de cortes na **banda de rodagem** ou no **costado** deve ser inspecionada quanto aos limites permitidos para o pneu.

A pressão interna dos pneus deve ser calibrada para o valor de trabalho do pneu, considerando os valores da temperatura ambiente e do peso da aeronave, verificando, também, a perda de pressão em relação à última calibragem, uma vez que perdas excessivas caracterizam vazamentos.

Vazamentos encontrados nas válvulas de enchimento podem ser sanados pelo aperto da válvula ou pela sua substituição. Averigua-se a presença de vazamentos nos **fusíveis térmicos**. No caso de confirmado o vazamento, substitui-se a gaxeta de vedação do fusível ou o próprio fusível.

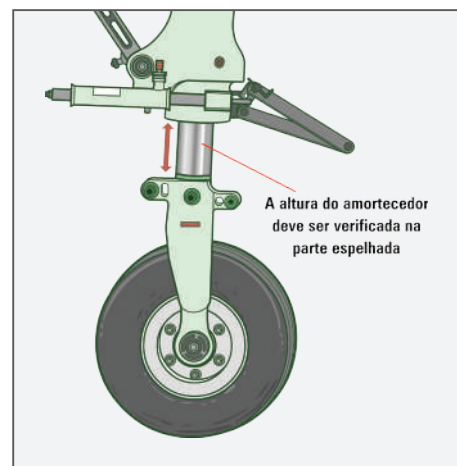


Figura 12 - Exemplo de amortecedor do trem de pouso



**Linha de fé:** linha reta, traçada geralmente na cor vermelha, sob o assentamento de uma porca em um parafuso, para atestar que não houve qualquer perda de torque pelo deslocamento relativo entre ambos.

**Ensaio não destrutivo:** testes estruturais realizados em uma peça para detectar falhas internas ou superficiais.

**Banda de rodagem:** superfície superior do pneu que entra em contato com o solo na rolagem.

**Costado:** superfícies laterais do pneu.

**Fusível térmico:** dispositivo de alívio de alta pressão nos pneus gerada por altas temperaturas.

### 4.1.5 Conjunto de freio

As inspeções nos conjuntos de freio são controladas pelo número de pousos efetuados pela aeronave. O conjunto é retirado, desmontado e todas as gaxetas internas são trocadas, bem como as **pastilhas** e os **discos de freio**, se estiverem gastos. Um conjunto de freio completo, de pastilhas e de discos de freio é mostrado na Figura 14.

O conjunto de freio deve ser inspecionado diariamente com relação a desgaste das pastilhas de freio, a segurança de fixação e a vazamentos nas mangueiras e tubulações hidráulicas.

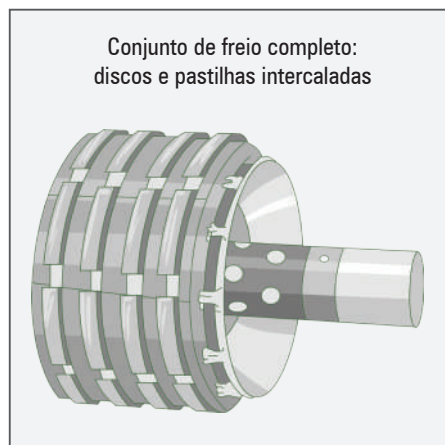


Figura 14 - Exemplo de conjunto de freio

## 4.2 Unidades e tubulações do sistema hidráulico

As unidades e tubulações do sistema hidráulico devem ser inspecionadas quanto a estado geral, a fixação e a vazamentos.

O sistema possui filtros de óleo hidráulico em que os elementos filtrantes devem ser limpos ou substituídos.

Os acumuladores hidráulicos, responsáveis por evitar quedas bruscas de pressão durante as demandas de acionamento dos diversos subsistemas, devem ser checados quanto à correta pré-carga de nitrogênio. Caso haja necessidade, o acumulador deve ser calibrado para a pressão de trabalho.

Tubulações que forem encontradas atritando com outras tubulações ou com a estrutura devem ser reposicionadas. O reposicionamento das tubulações pode ser feito pelo uso de **braçadeiras**.

## 4.3 Cheques operacionais

Nos cheques operacionais do sistema do trem de pouso, a aeronave deve ser suspensa por macacos hidráulicos. Feito isso, conecta-se uma unidade de teste hidráulico na aeronave e eleva-se a pressão de seu sistema hidráulico, utilizando o teste hidráulico até o limite da pressão de trabalho do sistema. Com a aeronave suspensa pelos macacos e com pressão hidráulica de trabalho no sistema, faz-se o cheque operacional de recolhimento e abaixamento do trem de pouso.

No teste, verificam-se os tempos de abaixamento e recolhimento, o correto fechamento das portas e o travamento dos trens nas posições embaixo e em cima. Para tanto, um sistema de



**Pastilhas:** componente de um sistema de freio a disco. Atua por fricção durante a frenagem.

**Disco de freio:** peça que atrita com as pastilhas durante a frenagem.

**Braçadeira:** dispositivo de fixação de cablagens ou tubulações.

três luzes verdes e uma vermelha dará a confirmação do travamento do trem de pouso. O comando e o sistema de avisos de travamento do trem de pouso são mostrados na Figura 15.

Durante o movimento de recolhimento do trem de pouso, averigua-se a possibilidade de haver alguma mangueira do sistema de freio, do sistema de acionamento dos atuadores dos trens ou do sistema de acionamento das portas, atritando ou sendo prensadas pelas partes móveis.

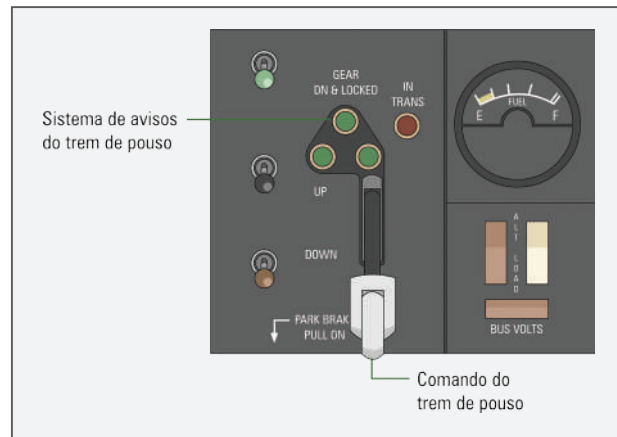


Figura 15 - Comando e sistema de avisos de travamento do trem de pouso

## Resumindo

Os trens de pouso das aeronaves representam áreas críticas de grande esforço, responsáveis pelas operações de pouso e decolagem. A inspeção dos conjuntos de trens de pouso envolve rigoroso controle das condições seguras de operação dos seus subsistemas.

A verificação e a conservação das estruturas do trem de pouso compreendem a realização de ensaios não destrutivos e a lubrificação de todas as partes móveis, somados a um eficiente controle das inspeções de todo o conjunto e dos itens que possuem programas de manutenção específicos, visto que o número de acidentes aeronáuticos envolvendo problemas mecânicos nos conjuntos dos trens de pouso é bastante expressivo.



# Capítulo 5

## Inspeção no setor das asas e empenagem

A inspeção no setor das asas e da fuselagem destina-se principalmente a manutenção estrutural e funcional de cada um de seus elementos constitutivos. São cheques visuais e dimensionais, bem como serviços de ajuste e lubrificação, necessários para garantir condições ideais de segurança e operacionalidade requeridas à certificação de aeronavegabilidade.

As asas, juntamente com a empenagem, formam um conjunto cuja função está diretamente relacionada à atividade de voar. A força de sustentação de uma aeronave é gerada pelas asas. Outrossim, a estabilidade para que a aeronave mantenha as condições necessárias ao voo é gerada na empenagem.

Portanto, todos os serviços de manutenção executados nas superfícies que compõem os conjuntos das asas e da fuselagem não podem criar obstáculos à realização das suas funções ou aos movimentos de cada membro estrutural incorporado.

### 5.1 Asas

As asas devem ser inspecionadas nos pontos de fixação com a fuselagem, verificando a presença de rachaduras ou a possibilidade de perda do torque aplicado ao parafuso de fixação. Para tanto, examina-se o alinhamento da linha de fé entre a porca, o parafuso, a estrutura da asa e a fuselagem. A qualquer sinal de deslocamento relativo apresentado na linha de fé, o torque previsto deve ser reaplicado no parafuso. A Figura 16 mostra um parafuso de fixação de asa e a linha de fé. A linha de fé é a faixa amarela pintada indicada pela seta.

Averíguam-se os revestimentos inferior e superior das asas quanto ao estado geral, aos rebites soltos, ao acabamento e à pintura.

O revestimento inferior pode apresentar sinais de vazamento de combustível nas aeronaves equipadas com tanques integrais de asa. Os vazamentos de combustível têm como causa provável a deterioração do selante ou o aperto insuficiente dos parafusos envolvidos na fixação das janelas de inspeção dos tanques.

Os bordos de ataques das asas ou dos estabilizadores podem apresentar mossas causadas por impacto de pássaros, granizo ou objetos estranhos. Tais mossas não devem exceder os limites especificados nos manuais do fabricante.

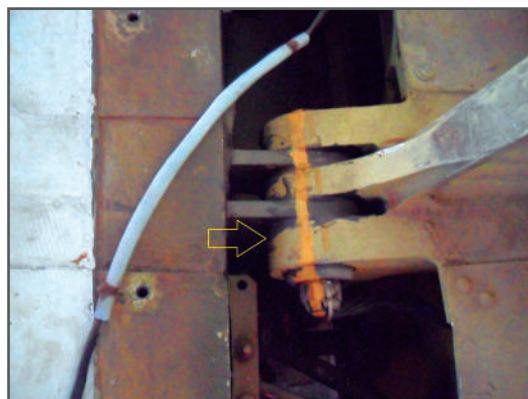


Figura 16 - Exemplo de parafuso de fixação da asa  
Fonte: Foto do autor / © Marcelo Araújo Souza.

Nas aeronaves equipadas com sistema de degelo pneumático nos bordos de ataque, os suspiros para o escoamento do ar proveniente dos compressores dos motores não podem apresentar obstrução, pois isto implicaria falha do sistema de degelo. A Figura 17 apresenta um exemplo de suspiro do sistema de degelo. O suspiro do sistema de degelo deve estar desobstruído.



Figura 17 - Exemplo de suspiro do sistema de degelo dos bordos de ataque

Fonte: Foto do autor / © Marcelo Araújo Souza

Os *flaps* devem ser inspecionados quanto ao estado geral, à fixação, à condição dos pontos de articulação e aos trilhos. A Figura 18 apresenta um exemplo de trilho de *flap*. Os trilhos dos *flaps* e todos os pontos de articulação devem ser lubrificados.



Figura 18 - Exemplo de trilho do *flap*

Fonte: Foto do autor / © Marcelo Araújo Souza

Inspecionam-se os spoilers quanto ao estado geral, aos pontos de articulação e aos atuadores, verificando o livre movimento, vazamentos de óleo hidráulico proveniente dos atuadores ou conexões, e a presença de folgas excessivas ou rachaduras nos pontos de articulação.

Os bordos de fuga das asas são equipados com descarregadores estáticos que devem ser inspecionados visualmente com relação às condições de fixação e estados gerais.

Todos os pontos de articulação das superfícies móveis agregadas às asas devem ser lubrificados.

### ***Ailerons***

A inspeção nos *ailerons* destina-se, primeiramente, à verificação da correta operação e fixação. O *aileron* deve ser movimentado para os seus limites de deflexão, verificando o movimento livre. Os ângulos de deflexão para cima e para baixo devem estar dentro dos limites especificados, o que pode ser checado usando uma ferramenta do tipo inclinômetro ou um gabarito. Feito isso, os batentes primários devem ser ajustados para esses limites.

Os volantes dos manches devem ser mantidos presos para verificar folgas no mecanismo de acionamento dos *aileron*s. Com os volantes dos manches presos, movimentar-se o bordo de fuga dos *aileron*s para cima e para baixo. A folga será percebida por um movimento irregular ou um estalo durante o teste.

Os contrapesos de balanceamento dos *aileron*s são inspecionados quanto à evidência de vibração, às quebras por fadiga e à segurança geral.

## Compensadores

Os compensadores são superfícies secundárias de comando destinadas a facilitar o comando das superfícies primárias.

A inspeção nos compensadores destina-se à verificação do estado geral de conservação e da presença de possíveis danos causados por impacto de granizo ou objetos estranhos. Os pontos de articulação são inspecionados quanto à presença de trincas e ao livre movimento e segurança de fixação.

## 5.2 Empenagem

A empenagem é a região da aeronave que compreende os estabilizadores vertical e horizontal. São elementos estruturais responsáveis pela manutenção da estabilidade vertical e direcional da aeronave.

As inspeções na área da empenagem destinam-se a verificar a correta operação das superfícies móveis e a inspecionar o revestimento, as carenagens e as cintas quanto a limpeza, rebites soltos, defeitos de pintura e corrosão.

Lubrificam-se as cintas de junção do estabilizador horizontal com o vertical em aeronaves equipadas com sistema de compensação de *arfagem* pelo movimento do estabilizador horizontal. A Figura 19 apresenta um exemplo de cinta de junção.

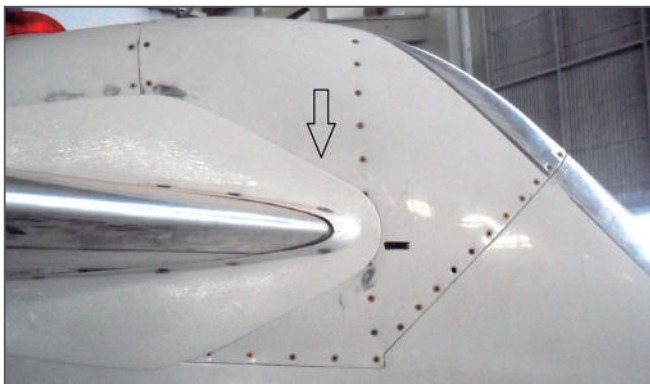


Figura 19 - Exemplo de cinta de junção  
Fonte: Foto do autor / © Marcelo Araújo Souza.



**Arfagem:** movimento de uma aeronave em voo, em que o nariz da aeronave é deslocado para cima ou para baixo, rompendo a estabilidade longitudinal em cima do eixo lateral.

Inspeciona-se o estabilizador vertical quanto à rachaduras e a condição geral principalmente nos pontos de ligação com o estabilizador horizontal.

Retiram-se todas as janelas de inspeção e verifica-se o estado geral das longarinas, cavernas e nervuras do cone de cauda e do estabilizador vertical, o estado de fixação e segurança dos equipamentos elétricos, eletrônicos e antenas instaladas.

### **5.2.1 Profundor**

Os profundores são superfícies responsáveis pelo movimento de arfagem. A inspeção nos profundores tem como principal objetivo a verificação das condições seguras de operação.

Inspecionam-se os pontos de articulação quanto a evidências de rachaduras e a correta fixação.

Os limites de deflexão máxima devem ser checados. Para tanto, utilizam-se ferramentas especiais como inclinômetros, transferidores ou gabaritos. Feito isso, ajusta-se os batentes primários para esses limites.

As folgas nas articulações dos profundores devem estar dentro dos limites. A inspeção de folgas consiste em prender a coluna do manche e movimentar manualmente o bordo de fuga do profundor. As folgas poderão ser percebidas pelo deslocamento irregular da superfície ou pela percepção auditiva de qualquer tipo de estalo durante o teste.

Os contrapesos de balanceamento dos profundores são inspecionados quanto à evidência de vibração, quebras por fadiga e à segurança geral.

Verificam-se a fixação e o estado geral dos fios massa e lubrificam-se todos os pontos de articulação.

### **5.2.2 Leme de direção**

O leme de direção tem a função de permitir o movimento de guinada, o que é conseguido pelo acionamento dos pedais na cabine de pilotagem. As inspeções no leme de direção consistem, primeiramente, na verificação da segurança de operação.

A inclinação máxima para ambos os lados deve ser verificada. Para tanto, utilizam-se ferramentas como inclinômetros, transferidores ou gabaritos. Feito isso, ajustam-se os batentes primários para as inclinações máximas permitidas.

Com os pedais do leme travados, movimenta-se o leme de direção alternadamente para esquerda e para direita, observando os pontos de articulação quanto à evidência de folgas e à segurança geral. As folgas poderão ser percebidas pelo deslocamento irregular da superfície ou pela percepção auditiva de estalos.

Os contrapesos de balanceamento do leme de direção também são inspecionados no que concerne à evidência de vibração, à quebras por fadiga e à segurança geral.

A fixação e o estado geral dos fios massa são verificados. Os pontos de articulação também são lubrificados.



## 5.3 Compensadores

Os compensadores são superfícies secundárias de comando destinadas a facilitar o comando das superfícies primárias. O objetivo é aliviar a força necessária ou suavização dos movimentos, pela diminuição da velocidade de resposta ao comando do piloto. A Figura 20 apresenta um exemplo de compensador.

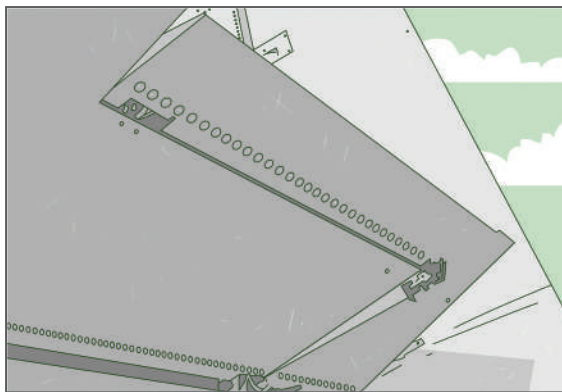


Figura 20 - Exemplo de compensador

Outro tipo de compensador destina-se a aliviar as forças geradas durante a operação de voo. São compensadores comandáveis e servem para compensar uma asa que ficou pesada devido a um desbalanceamento de combustível ou a um forte vento de través. Qualquer tendência de movimento indesejável pode ser corrigida por compensadores comandáveis.

A inspeção nos compensadores destina-se à verificação do estado geral de conservação e da presença de possíveis danos causados por impacto de granizo ou objetos estranhos. Os pontos de articulação são inspecionados quanto à presença de trincas e ao livre movimento e segurança de fixação.

## 5.4 Cabos de comando

Para fazer inspeção nos cabos de comandos, primeiramente, todos os painéis de acesso aos cabos devem ser removidos para que estes possam ser inspecionados estaticamente no seu estado de conservação e dinamicamente quanto à liberdade de movimento.

Os comandos de profundor, leme e *aileron*, e os comandos dos compensadores, quando forem acionados por cabos de comando, devem ser comandados efetuando movimentos completos de deslocamento. Ou seja, o movimento deve ser de extremo a extremo até os batentes primários serem atingidos. Feito isso, verificam-se os movimentos dos cabos ao passar pelas roldanas e guias de cabos.



**Vento de través:** deslocamento de ar atmosférico que se propaga na lateral da aeronave. Tende a empurrar a aeronave para fora da proa.

**Roldanas:** polia do sistema de cabos de comando responsáveis por guiar os cabos e permitir a mudança de direção.

**Guias de cabo:** dispositivo fabricado de material macio com o objetivo de guiar os cabos de comando através dos membros estruturais, evitando que haja atrito entre os cabos e as estruturas das aeronaves.

Os cabos não devem estar atritando com a estrutura ao passar pelas cavernas ou com qualquer outro membro estrutural. A Figura 21 mostra os pontos em que os cabos de comando atravessam os membros estruturais. As regiões em que os cabos atravessam os membros estruturais apresentam maior probabilidade de atrito.



Figura 21 - Exemplo de cabos de comando atravessando os membros estruturais

As regiões dos cabos próximas às guias de cabos e roldanas estão mais sujeitas a desgaste. Os cabos devem ser inspecionados nessas regiões quanto ao desgaste ou à presença de fios partidos. O desgaste pode ser evidenciado pelo espelhamento do cabo e os fios partidos podem ser percebidos pelo uso de uma lupa. A Figura 22 apresenta um exemplo de cabo de comando desgastado por atrito.

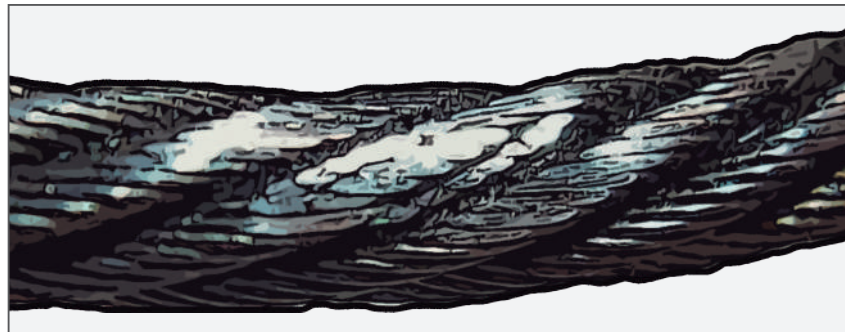


Figura 22 - Exemplo de desgaste no cabo de comando por atrito



**Tambor:** componente dos esticadores de cabo de comando responsável pelo aperto ou pela soltura do cabo.

**Esticador:** dispositivo para regular a tensão aplicada nos cabos de comando.

Os cabos de comando devem estar regulados para a correta tensão de trabalho (força que estica o cabo). Para tanto, utiliza-se um tensiômetro e mede-se a tensão dos cabos. A tensão dos cabos é medida nos seus pontos médios, evitando regiões próximas às roldanas. No caso das tensões estarem abaixo do previsto, a correta tensão deve ser reestabelecida pelo tensionamento do cabo nos tambores dos esticadores.

Os esticadores são inspecionados quanto à segurança dos freios utilizados para evitar que os cabos percam a tensão pelo afrouxamento do tambor.

## 5.5 Estrutura

As partes estruturais da aeronave devem ser inspecionadas quanto à evidência de rachaduras, à corrosão, ao estado geral de fixação dos rebites e à evidência de avarias por impacto de objetos estranhos.

Os para-brisas devem ser limpos e não podem apresentar rachaduras ou distorções causadas por superaquecimento do sistema de degelo.

A limpeza dos para-brisas é feita seguindo instruções do fabricante, uma vez que a utilização de produtos de limpeza como solventes causa deformações no acrílico.

## Resumindo

As inspeções nas regiões das asas e da empenagem têm como principal objetivo a verificação da operação segura das superfícies de comando. Os cheques compreendem ações de inspeção e manutenção nos cabos de comando, superfícies primárias e secundárias, objetivando a garantia operacional e estrutural das asas e da empenagem.

A aplicação da tensão correta nos cabos de comando das superfícies de comando garante o alinhamento das superfícies primárias, proporcionando um desempenho adequado na dirigibilidade da aeronave. As estruturas das aeronaves podem apresentar pequenas falhas que devem ser corrigidas para que os problemas não progridam a ponto de causar a falha completa do elemento estrutural.



# Capítulo 6

## Inspeção no setor de comunicação e navegação

O setor de comunicação e navegação compreende todos os equipamentos de radiocomunicação, juntamente com os equipamentos de radionavegação.

A finalidade da inspeção nesse setor é a verificação das condições de instalação e operação, objetivando a correção de situações inseguras quanto ao posicionamento das cablagens, à condição geral das conexões, ao estado geral do equipamento e à operação dentro dos padrões exigidos à manutenção da certificação de aeronavegabilidade.

### 6.1 Equipamentos de rádio e eletrônico

Equipamentos de rádio com *very high frequency* (VHF) e *high frequency* (HF) devem ser inspecionados quanto à correta instalação dos painéis de controle e ao estado geral das cablagens. Os conectores devem estar bem acoplados, verificando se a fixação está adequadamente segura, pois “Cablagens mal instaladas ou mal cuidadas podem ser fonte de dano potencial, de mau funcionamento ou de falhas nos sistemas da aeronave” (PERSICI et al., 2010, p. 1).

Os **transceptores** das unidades de comunicação, localizados normalmente nos compartimentos eletrônicos das aeronaves, devem ser verificados quanto à correta instalação, à segurança de fixação, ao estado geral dos conectores e a cablagens.

As antenas dos sistemas de comunicação e navegação são inspecionadas quanto à condição geral, pintura descascada ou deterioração do selante usado na base das antenas.

As antenas podem representar áreas críticas de fuga de pressurização se não estiverem seladas adequadamente.

A antena de HF é inspecionada quanto à correta tensão do fio e ao estado geral de conservação. Os demais equipamentos eletrônicos de auxílio à navegação, tais como radar, *traffic collision avoidance* (TCAS), *electronic horizontal situation indicator* (EHSI), *radio magnetic indicator* (RMI), *attitude director indicator* (ADI) e *global positioning system* (GPS), são inspecionados no que concerne à correta instalação, à segurança da fixação dos conectores, ao estado geral das cablagens e aos cheques operacionais, conforme descritos nos manuais de *checklist* das aeronaves. Será explicado a seguir a função alguns desses sistemas desempenham.



**Radionavegação:** modo de se orientar usando ondas de rádio.

**Transceptor:** dispositivo de emissão e recepção de sinais.

**Checklist:** lista de cheques requeridos em todas as etapas do voo.

a) *Traffic collision avoidance* (TCAS) - Sistema Anticolisão de Tráfego. Conjunto de equipamentos eletrônicos de bordo destinados à segurança de voo. Tem como objetivo evitar colisões aéreas com outras aeronaves. Esse sistema se comunica eletronicamente com aeronaves que possuem *transponder* por monitorar o espaço aéreo, alertando o piloto quanto à presença de outra aeronave. A Figura 23 ilustra um TCAS, que alertou ao piloto a presença de duas aeronaves (+06 e +08).



Figura 23 - Exemplo de TCAS

b) *Transponder* - sistema de radiocomunicação entre o avião e o radar, e que informa sinais de identificação da aeronave, como o número do voo, altitude, velocidade e direção. Componente essencial para o controle do tráfego aéreo. A Figura 24 ilustra um transponder.

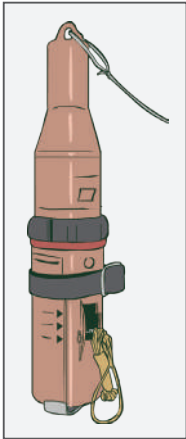


Figura 24 - Transponder

c) *Electronic horizontal situation indicator* (EHSI) – Indicador eletrônico de situação horizontal. Instrumento de navegação de voo que indica ao piloto a atitude em relação ao horizonte da aeronave. É o indicador de curso do voo.

d) *Radio magnetic indicator* (RMI) - Indicador rádio magnético. Giro direcional acoplado a uma bússola magnética remota colocado em uma das pontas das asas. Tem o objetivo de diminuir o efeito do campo magnético da aeronave. A Figura 25 traz um exemplo de RMI.



Figura 25 - Indicador rádio magnético

e) *Global positioning system* (GPS) – Sistema de posicionamento global. Os aviões usam GPS para mostrar aos pilotos sua posição em um mapa. Entretanto, o controle do tráfego aéreo ainda é baseado em radares.

f) ACARS - Sistema que permite que os computadores de bordo de uma aeronave troquem informações com os computadores no solo sobre o voo e os sistemas a bordo. Tais informações são transmitidas por rádio ou satélite, permitindo aos funcionários em terra terem acesso à informações vitais de diagnóstico do trajeto de um voo. A Figura 26 mostra o esquema de como diversos radares se complementam no acompanhamento de uma aeronave.

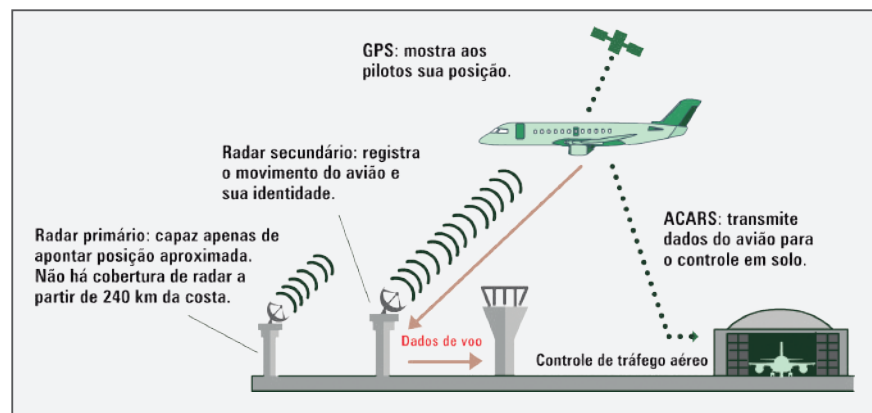


Figura 26 - Sistema de radares interconectados

g) *Ground proximity warning system* (GPWS) - Sistema de alerta de proximidade ao solo. Sistema de radar que mede a distância do avião até o solo. Tem como objetivo emitir alertas sonoros aos pilotos sobre a proximidade da aeronave ao solo ou se ela se chocará com algum obstáculo. A Figura 27 ilustra uma situação onde esse sistema é ativado.

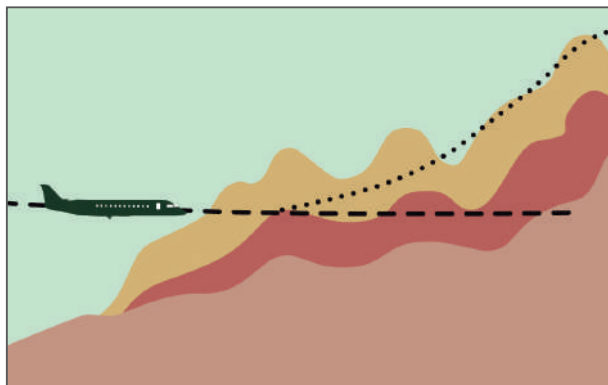


Figura 27 - Situação onde o GPWS é ativado

Os painéis de controle de áudio devem ser checados em relação ao estado geral, à instalação adequada, às condições seguras dos conectores e à operação, de acordo com o manual *checklist* da aeronave.

Inspecionam-se os painéis de disjuntores, assegurando-se que as marcações das identificações estejam limpas e legíveis.

As luzes de aviso do painel de instrumentos devem ser testadas quanto à possibilidade de lâmpadas queimadas.

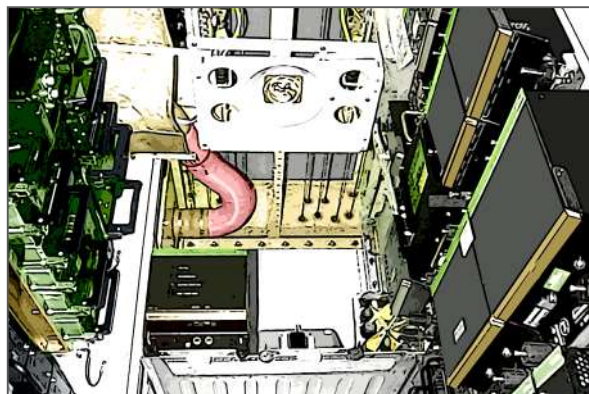


Figura 28 - Exemplo de compartimento eletrônico

## 6.2 Piloto automático

Piloto automático é um sistema que auxilia o piloto no controle da aeronave em todas as etapas do voo. O sistema proporciona conforto e precisão aos comandamentos, bem como aumenta a segurança de operação e, conseqüentemente, a certificação de aeronavegabilidade.

Nas aeronaves modernas, no caso de haver um mau funcionamento no sistema de piloto automático, a operação da aeronave fica bastante restrita ou mesmo impossível. Existem

aeronaves que só estão autorizadas a efetuar decolagens se o sistema de piloto automático estiver operando.

O sistema atua nas superfícies primárias e secundárias, comandando mudanças de atitude (qualquer alteração em um dos três eixos) ou corrigindo tendências ao desvio da atitude selecionada.

O sistema de piloto automático é equipado, basicamente, por um computador de piloto automático, módulos de controle integrados aos sistemas de navegação, motores elétricos para atuar as superfícies de comando (chamados de servo atuadores), sensores de posição das superfícies, sensores de deslocamento das superfícies, equipamentos giroscópios para sentir as mudanças de atitude da aeronave e sistema anemométrico para informações de altitude e velocidade.

A inspeção no sistema de piloto automático destina-se à verificação do estado de conservação, de fixação, estados dos conectores, cablagens e operação dos diversos equipamentos que o integram.

O sistema anemométrico deve ser inspecionado quanto à obstrução dos tubos de PITOT e das tomadas externas de pressão estática, além das linhas que integram o sistema, devem ser drenadas quanto à condensação da umidade retida no deslocamento da aeronave em voo.

## 6.3 Fiação e cablagens

A fiação e as cablagens devem ser inspecionadas quanto à segurança de fixação, ao estado geral e à deterioração do isolante. Segundo PERSICI *et al.* (2010):

Os procedimentos de manutenção e reparo [de cablagens e conectores], da mesma forma que no momento da instalação original pelo fabricante da aeronave, devem estar de acordo com as melhores técnicas de manutenção e com o objetivo de eliminar possíveis falhas, ou ao menos minimizá-las, tornando-as o mais improvável possível (PERSICI *et al.*, 2010, p. 1).

Nos sistemas móveis como trens de pouso, as cablagens devem ser fixadas de forma que o movimento de abaixamento e recolhimento não permita o roçamento ou prensamento, o que pode causar o desgaste do isolamento ou rompimento do fio. Igualmente, as cablagens que acompanham o movimento do trem de pouso ou qualquer superfície móvel devem possuir, nos pontos de articulação, um ângulo de curvatura suficiente para que o constante movimento de deflexão não estresse a estrutura dos fios condutores.

Os pontos em que as cablagens atravessam as nervuras ou as cavernas da estrutura da aeronave devem ser inspecionados quanto à possibilidade de roçamento. Verifica-se a proteção dos orifícios de passagem das cablagens (o estado de conservação dos grumets e das braçadeiras).

Cablagens próximas a tubulações de óleo hidráulico ou de combustíveis devem ser verificadas para que não haja vazamentos em cima dos fios. Caso as cablagens estejam muito próximas às tubulações, estas devem ser presas com braçadeiras de forma que uma distância mínima de segurança seja mantida. As distâncias de segurança requeridas são de acordo com o tipo de tubulação (hidráulica, combustível ou oxigênio) e estão previstas nos manuais.



**Sistema anemométrico:** sistema de captação de pressão externa do ar e velocidade do vento.

**Tubos de PITOT:** sensores de pressão do ar de impacto. Capta informações da velocidade aerodinâmica da aeronave.

**Nervuras:** membro estrutural que dá formato ao aerofólio das asas.

**Cavernas:** membros estruturais da aeronave responsáveis pelo formato da fuselagem.

**Grumets:** invólucro interno em um orifício, para passagem de uma cablagem através de um membro estrutural. Protege os fios da cablagem contra o atrito na estrutura metálica.



Todas as braçadeiras devem ser inspecionadas quanto à instalação segura e à possibilidade de estar pressionando algum fio da cablagem (mastigando o fio).

## 6.4 Massa e blindagem

Durante um deslocamento, a aeronave acumula cargas elétricas devido ao atrito com as partículas de ar. Tais cargas podem interferir nos equipamentos de radionavegação, radiocomunicação e de **proa magnética**. Para tanto, a carcaça de todos os equipamentos e superfícies móveis deve estar ligada a um sistema de descarga das cargas elétricas acumuladas (por meio dos fios massas). O objetivo é que todas as partes da aeronave estejam interligadas, para que os descarregadores estáticos instalados nos bordos de fuga das asas e dos estabilizadores horizontais e verticais descarreguem essa energia para a atmosfera.

Durante a inspeção, todos os fios massas devem ser verificados quanto ao estado geral, à segurança de instalação e ao aterramento adequado.

Os descarregadores estáticos devem ser inspecionados visualmente no que toca ao desgaste. Estando desgastados ou queimados, devem ser trocados.

As blindagens das cablagens têm como objetivo evitar o desenvolvimento de potenciais de radiofrequência, proporcionando o descarregamento da energia magnética gerada nos cabos condutores de alta tensão e nos cabos das velas dos motores. A energia magnética não perfeitamente aterrada e descarregada causa interferência em todos os sistemas que trabalham com eletromagnetismo (a maior parte dos sistemas de navegação e comunicação).

As blindagens devem ser inspecionadas quanto a estado de conservação e a condições do aterramento.

## Resumindo

Nas inspeções dos equipamentos de rádio e navegação, são verificadas, principalmente, as condições seguras de instalação dos equipamentos e das cablagens. Um fio partido ou em curto causará o funcionamento inadequado de um sistema, cuja identificação do problema poderá ser bastante difícil. O perfeito funcionamento dos equipamentos de comunicação e navegação está condicionado à eficiência dos serviços de inspeção.

Piloto automático é um sistema de auxílio ao piloto no controle da aeronave em todas as etapas do voo. Esse sistema oferece precisão aos comandamentos, aumento da segurança de operação e certificação de aeronavegabilidade. A fiação e as cablagens devem ser inspecionadas quanto à segurança de fixação, ao estado geral e à deterioração do isolante. Durante a inspeção dos fios massas, eles devem ser verificados no tocante ao estado geral, à segurança de instalação e ao aterramento adequado.



**Proa magnética:** ângulo entre o Norte e o Eixo Longitudinal do avião.



# Capítulo 7

## Ensaaios não destrutivos

Embora o conteúdo sobre ensaios não destrutivos já tenha sido abordado, este capítulo apresentará diferenças substanciais, aprofundando o assunto, o que justifica a sua retomada.

Ensaaios não destrutivos são inspeções destinadas à verificação do estado estrutural de uma peça. Os diversos materiais que constituem os artigos aeronáuticos possuem propriedades específicas inerentes a processos físicos e químicos, destinados a suportar as cargas de estresse a que estão submetidos durante a operação. Tais propriedades são enfraquecidas devido à sua constante exposição em situações adversas de grande esforço, ou mesmo em situações normais, considerando o tempo em que permaneceram em serviço.

A decisão pela manutenção em operação dos itens submetidos a grandes esforços, ou mesmo cujo grau de importância para o sistema em que opera, o classifica como imprescindível à segurança da atividade aérea. Tal decisão será mais precisa quando o item for submetido a um ou mais ensaios não destrutivos.

Os ensaios detectam falhas internas ou superficiais classificadas como fadigas em forma de trincas, rompimentos, laminações, rachaduras ou corrosões, bem como defeitos de fabricação causados por intrusão de impurezas ou bolhas internas provenientes dos processos de fundição, extrusão, forjamento ou estampagem. Segundo Lemos (2010, p. 213), “Os Ensaaios Não Destrutivos (END) são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo executados nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção”.

### 7.1 Inspeção por partículas magnéticas

A indicação de falhas usando partículas magnéticas somente é possível em materiais ferromagnéticos. Conforme Lemos (2010, p. 214), esses materiais ferromagnéticos podem ser “fundidos, forjados, soldados, laminados, extrudados, trefilados, usinados, etc. Aplicado durante a fabricação, após a fabricação e na manutenção para a detecção de descontinuidades em serviço”.

O objetivo é a localização e identificação de falhas superficiais ou subsuperficiais detectadas pela descontinuidade magnética.

O efeito requerido é obtido pela magnetização da peça ensaiada, em que são gerados dois polos, igualmente a qualquer ímã natural que conhecemos. Para tanto, uma corrente controlada é aplicada no sentido longitudinal da peça.

A peça é usada como um condutor elétrico, em que será envolta por um campo magnético proporcional à intensidade da corrente elétrica aplicada. Qualquer fissura, trinca ou corrosão que



**Laminação:** deformação plástica de um metal pela passagem entre rolos.

**Intrusão:** introdução de impurezas em uma peça durante os processos de fundição, forjamento e estampagem. É considerada uma falha.

**Extrusão:** processo de conformação de materiais.

**Forjamento:** processo de conformação mecânica efetuadas com esforço de compressão sobre um material dúctil.

**Estampagem:** processo de imprimir desenhos ou formatos em chapas.

**Fundido:** derretido, obtido a partir da liquefação de algum minério.

**Trefilado:** material que sofreu processo de conformação a frio.

**Usinado:** material submetido a um processo de transformação utilizando máquinas.

**Descontinuidade magnética:** quando as linhas magnéticas de um corpo magnetizado encontram um obstáculo.

se oponha à condução das linhas do fluxo magnético representará uma área de descontinuidade na qual serão formados mais dois polos. A aplicação é igual quando se quebra um ímã natural.

Durante o teste, as partículas magnetizadas são dispersas ao longo da peça. No caso de haver qualquer defeito, os polos magnéticos gerados nas áreas de ruptura se atrairão às partículas magnetizadas, formando uma concentração proporcional à amplitude do defeito.

O defeito a ser detectado pelo método de partículas magnéticas deve estar perpendicular às linhas do fluxo magnético. O fato determina duas formas distintas e imprescindíveis de aplicação do teste, já que as imperfeições podem ocorrer em qualquer local ou direção na extensão da peça.

Na primeira forma de aplicação do teste, uma corrente é fornecida por dois eletrodos nas extremidades da peça para detectar falhas paralelas à sua extensão. A corrente, ao ser conduzida pela extensão da peça, cria um campo magnético em sua volta. É uma magnetização circular que apontará qualquer falha paralela ao eixo longitudinal do item ensaiado, conforme ilustrado na Figura 29.

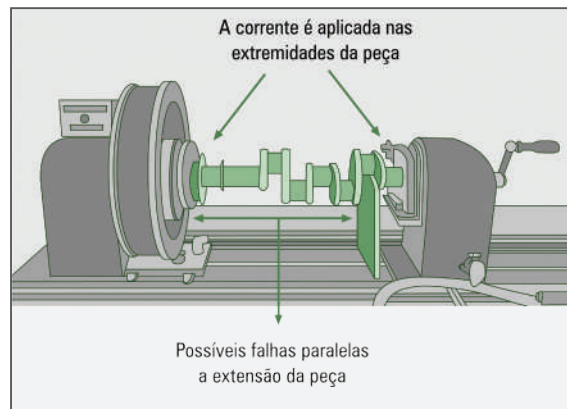


Figura 29 - Exemplo de magnetização circular



#### Indução magnética:

efeito de induzir um campo magnético em uma peça. As ondas magnéticas devem atravessar o corpo da peça.

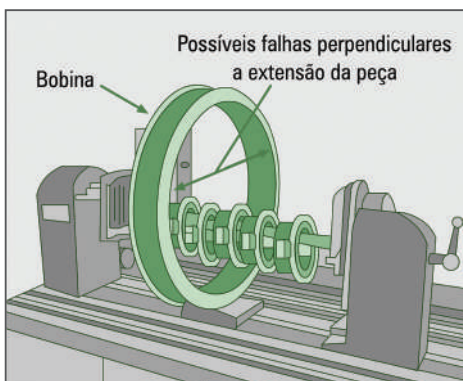


Figura 30 - Exemplo de magnetização longitudinal

Na segunda forma de aplicação do teste, a magnetização é feita por **indução magnética**. Para tanto, a corrente deve ser aplicada em uma bobina. A peça a ser ensaiada deve passar no seu interior, conforme mostrado na Figura 30. As linhas magnéticas formadas pela bobina atingem longitudinalmente o eixo da peça. As falhas que se encontram perpendicular à extensão da peça são detectadas, uma vez que a peça é magnetizada no mesmo sentido de seu eixo.

São três os processos de dispersão das partículas ferromagnéticas sobre a área que se deseja inspecionar.

- a) Aplicam-se as partículas ferromagnéticas em suspensão em um líquido.
- b) A peça é mergulhada em um líquido contendo partículas ferromagnéticas em suspensão.

c) As partículas ferromagnéticas são espalhadas na superfície da peça em forma de pó seco.

Após a realização de uma inspeção de ensaio por partículas magnéticas, as peças devem ser desmagnetizadas para a eliminação do magnetismo residual. A condição de magnetismo residual pode atrair limalhas ou partículas de aço provenientes do desgaste na operação normal das peças.

A desmagnetização é conseguida pela aplicação de uma corrente alternada utilizando bobina ou aplicando a corrente alternada diretamente na peça.

No primeiro caso de desmagnetização, a peça deve passar várias vezes por uma bobina energizada com uma corrente alternada. Feito isso, a peça deve ser afastada lentamente da bobina para que haja uma diminuição gradativa da intensidade do campo magnético na peça.

No segundo caso, a peça é energizada diretamente em suas extremidades por uma corrente alternada. A intensidade da corrente é diminuída gradativa e lentamente para que a intensidade do campo magnético diminua na mesma proporção.

## 7.2 Inspeção por líquidos penetrantes

São muitas as aplicações de líquidos penetrantes nas inspeções de aeronaves, uma vez que este ensaio permite verificar diversos tipos de materiais, incluindo, segundo Andreucci (2014a, p. 5), “materiais não magnéticos como alumínio, magnésio, aços inoxidáveis austeníticos, ligas de titânio, e zircônio, além dos materiais magnéticos. É também aplicado em cerâmica vitrificada, vidro e plásticos”.

A inspeção consiste na aplicação de um líquido com características ideais para melhor penetrar nas irregularidades caracterizadas por descontinuidades, como falhas na fundição, forjamento e defeitos de solda de superfície. No contexto, são imperfeições como trincas, porosidade da superfície e fissuras por fadiga de operação.

O princípio de funcionamento está nas características do líquido utilizado, ou seja, a eficiência capilar é a propriedade mais desejável quando se pretende este método de ensaio. Com efeito, não só capilaridade, mas também viscosidade, tensão superficial, volatilidade, ponto de fulgor, facilidade de dissolução, inércia química, molhabilidade, penetrabilidade e sensibilidade. Todas elas representam propriedades requeridas na escolha do líquido.

Portanto, para cada tipo de material a ser ensaiado, haverá uma necessidade peculiar que determinará a opção por um tipo fluido.

O líquido é aplicado na peça por completo ou em um local específico onde se pretende o ensaio. Havendo qualquer descontinuidade do tipo superficial, por menor que seja até o limite de  $\approx 0,001$  mm, o líquido penetrará e ali ficará depositado.

Após a aplicação do líquido, o excesso deve ser retirado de forma que a peça fique totalmente limpa com exceção do fluido retido nas descontinuidades. Para tanto, existem hoje vários métodos e produtos utilizados na limpeza, cuja escolha deve ser a mais eficiente, considerando o tipo de líquido penetrante e as propriedades físicas do material ensaiado.



**Austenítico:** aço de alta liga. Suporta fortes desgastes por impacto.

**Zircônio:** elemento químico de número atômico 40 (símb.: Zr).

**Cerâmica vitrificada:** cerâmica que recebeu um banho de vítrea para melhorar as propriedades impermeabilizantes.

**Volatilidade:** facilidade com que uma substância passa do estado líquido para o estado de vapor ou gasoso.

**Ponto de fulgor:** é a menor temperatura na qual um líquido libera vapor.

**Inércia química:** é a propriedade de uma substância em não reagir quimicamente.

**Molhabilidade:** habilidade de um líquido em manter contato com uma superfície sólida.

Feita a limpeza, aplica-se um produto revelador. Esse produto pertence ao processo de revelação em que um talco branco é disperso no material ensaiado. O talco pode ser aplicado a seco ou misturado a algum líquido. Quando o talco encontra uma descontinuidade, ele penetra e suga o líquido retido no processo anterior, o que apresentará um contraste, possibilitando a visualização do defeito.



Figura 31.A - Aplicação do líquido penetrante na extensão da peça

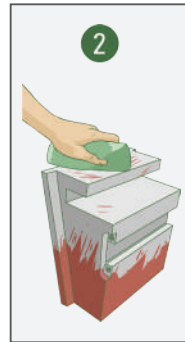


Figura 31.B - Limpeza da peça

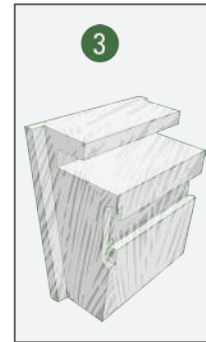


Figura 31.C - Aplicação do revelador

## 7.3 Inspeção por radiografia

O ensaio não destrutivo por radiografia tem como princípio de funcionamento a exposição do material à radiação eletromagnética.

Semelhante às radiografias utilizadas na medicina, este método de inspeção baseia-se no comportamento da radiação ao penetrar em um objeto sólido. Isto é, os objetos possuem características de engenharia configuradas por variações de espessura e densidade, as quais se apresentam como obstáculos à radiação. Na exposição de um objeto à radiação, parte dessa radiação é refletida, outra é absorvida e uma parcela atravessa o objeto.

Conforme Andreucci (2014d, p. 7), “A radiografia é um método usado para inspeção não destrutiva que se baseia na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça que está sendo inspecionada”. A absorção radioativa pelo material ensaiado ocorrerá na proporção das restrições impostas pelo objeto, quer dizer, a radiação absorvida depende da espessura do material. Quanto maior for a espessura, maior será a radiação absorvida. O quantitativo de radiação não absorvido, que atravessa o material, formará um espectro no filme radiográfico.

O método de operação desse ensaio é a comparação. Durante a inspeção em uma determinada região na peça, regiões vizinhas de mesma espessura devem apresentar o mesmo espectro no filme radiográfico. Qualquer distorção implicará a existência de uma falha, podendo ser uma trinca, intrusão ou vazio.

A capacidade de penetração da radiação eletromagnética está diretamente relacionada ao comprimento da onda de propagação. É o comprimento da dela que determina o nível de radiação das ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas estão presentes em nosso mundo e são classificadas de acordo com o seu comprimento, demonstrado na Figura 32.

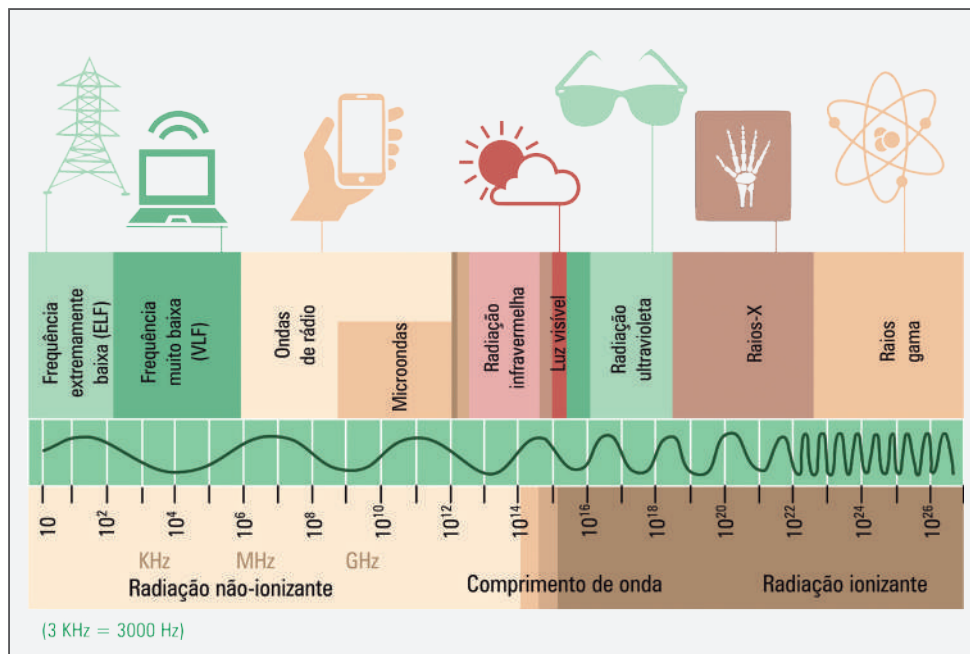


Figura 32 - Exemplo de ondas eletromagnéticas e suas respectivas frequências

O comprimento da onda é medido de pico a pico, cuja ocorrência em uma determinada unidade de tempo determina sua frequência. Nesse contexto, os ensaios não destrutivos por radiografia estão limitados às altas frequências discriminadas por raio-X e raio Gama, também mostrado na Figura 32.

De acordo com essa figura, quanto menor for o comprimento da onda, maior será a frequência e penetrabilidade do eletromagnetismo. Os sólidos de maior densidade e espessura devem ser ensaiados pela exposição da peça a raios Gama, visto que estes apresentam frequências mais altas.

## 7.4 Inspeção por ultrassom

A inspeção por ultrassom tem como princípio de funcionamento o comportamento das ondas mecânicas quando propagadas no meio material da peça ensaiada. Essas ondas possuem uma característica de se refletir ao encontrar qualquer falha ou descontinuidade. As trincas, inclusões ou vazios representam variações na estrutura elástica do material, sendo obstáculos à propagação da onda mecânica que, ao serem refletidas, dão uma indicação possível à interpretação.

O princípio básico de funcionamento deste ensaio é a velocidade de propagação das ondas sonoras em um determinado meio que, ao refletirem, retornam ao transdutor do equipamento de ultrassom na mesma velocidade em que foram emitidas.

Considera-se o fenômeno de propagação das ondas sonoras com um movimento uniforme de velocidade constante, dado pela fórmula  $\Delta S = V.t$ , em que a variação do espaço é igual a



**Raio-X:** é uma forma de radiação eletromagnética, de natureza semelhante à luz.

**Raio Gama:** tipo de radiação ionizante capaz de penetrar em uma matéria de forma mais profunda que o raio X.

velocidade de propagação do ultrassom vezes o tempo decorrido entre a emissão e o retorno ao transdutor.

Na fórmula, a velocidade de propagação das ondas ultrassônicas é constante para um determinado meio. O espaço percorrido pela onda sonora será diretamente proporcional ao tempo gasto entre a emissão e o retorno, ou seja, esse tempo determinará a espessura do material quando este estiver livre de falhas, ou a espessura da face até a falha quando houver.

Segundo Andreucci (2014b), a compreensão desse fenômeno leva em consideração a propriedade de reflexão do som, que, ao se deparar com uma mudança na estrutura elástica do material, caracterizada por uma falha, causa a reflexão da onda sonora na interface da mudança do meio de propagação, conforme mostrado na Figura 33.

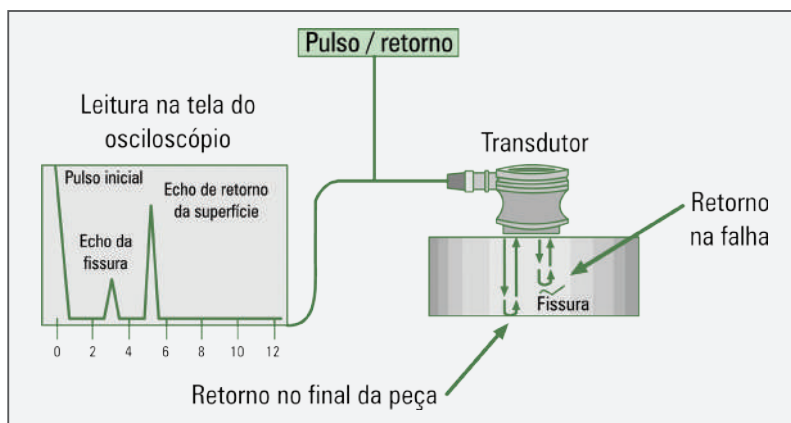


Figura 33 - Exemplo de esquema de funcionamento do equipamento de ultrassom

O retorno prematuro do pulso ultrassônico, ao se deparar com a falha, é identificado por uma indicação no osciloscópio caracterizada pela amplitude reduzida. Uma amplitude menor significa um tempo menor transcorrido entre a emissão e a recepção do pulso ultrassônico, o que indica a falha. O esquema de funcionamento também está demonstrado na Figura 33.

O equipamento de ultrassom consiste, basicamente, em um transdutor e uma CPU. O transdutor é um cabeçote formado por uma carcaça externa, eletrodos e cristais com propriedades piezoelétricas. Quando esses cristais piezoelétricos são submetidos a uma determinada pressão, geram um diferencial de potencial elétrico proporcional à sua deformação volumétrica. Não obstante, em efeito contrário, quando tais cristais são submetidos a um diferencial de potencial elétrico, deformam-se volumetricamente, gerando uma onda mecânica (onda sonora).

Os cristais, ao serem submetidos a uma frequência de pulsos elétricos, produzem ondas mecânicas na mesma frequência. Quando esses pulsos ultrapassam a marca dos 20 KHz, os cristais emitem ondas ultrassônicas. Outrossim, o retorno dessas ondas mecânicas, pelo fenômeno da reflexão, fará o cristal vibrar na mesma frequência, gerando, assim, uma corrente



elétrica também de igual frequência. A Tabela 1 detalha de forma didática esses efeitos de ação e consequência.

Tabela 1 - Efeitos de ação e consequência gerados pelos cristais piezoelétricos

Ação	Consequência
Cristais piezoelétricos sob pressão	Diferencial de potencial elétrico
Cristais submetidos ao diferencial de potencial elétrico	Onda mecânica (onda sonora)
Cristais submetidos à frequência de pulsos elétricos	Ondas mecânicas na mesma frequência
Quando os pulsos ultrapassam 20 KHz	Ondas ultrassônicas
Retorno das ondas mecânicas pelo fenômeno da reflexão	Cristal vibra na mesma frequência, gerando corrente elétrica de igual frequência.

A unidade central de processamento (CPU) é responsável por controlar a emissão dos pulsos elétricos na frequência requerida para os transdutores e por processar a corrente elétrica de retorno produzida pelo efeito do ECHO no transdutor. Para tanto, essa unidade é equipada com fontes de energia elétrica, controladores de frequência e duração dos pulsos, amplificadores, conversor analógico digital, display e comandos adicionais de processamento dos dados e das formas de apresentação dos resultados no display ou por meio de computadores, conforme a Figura 34.

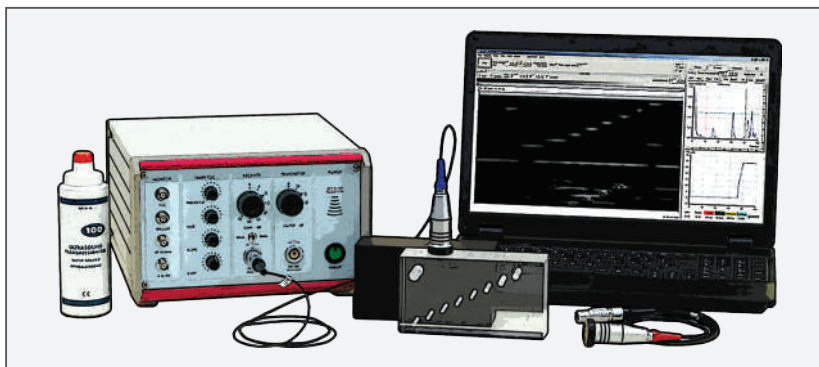


Figura 34 - Exemplo de equipamento de teste de ultrassom

Há no mercado vários tipos de unidades de ultrassom, inclusive as que apresentam informações em 3D. Os transdutores também apresentam diferentes tamanhos e formatos destinados às mais variadas aplicações. Há transdutores de cristal simples e duplos. Nos transdutores de cristais duplos, a emissão se faz em um cristal e a recepção ocorre em outro cristal. Tal recurso facilita ensaios em equipamentos de pequena espessura.

Quando houver necessidade, o ensaio poderá ser realizado em ângulo, isto é, o transdutor deslizará na face da peça em um ângulo específico. Usa-se, então, um adaptador em forma

de cunha plástica no ângulo desejado. Essa cunha plástica pode estar acoplada na carcaça do cabeçote, fazendo parte do transdutor. Os adaptadores são mostrados na Figura 35.

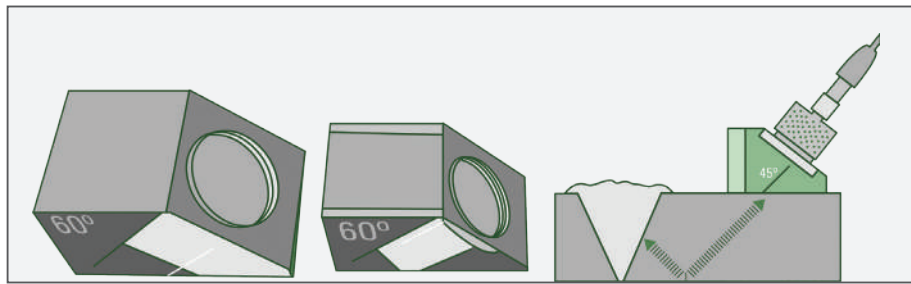


Figura 35 - Adaptadores de plástico para cristais piezoelétricos

## 7.5 Inspeção pelo processo de correntes parasitas (*eddy current*)

A inspeção de *eddy current* utiliza a indução eletromagnética como princípio de funcionamento. Esse ensaio não destrutivo consiste na aplicação de uma corrente alternada por intermédio do enrolamento primário de uma bobina.



**Enrolamento primário:** bobina que ao ser energizada gera um campo magnético primário.

**Reatância indutiva:** oposição ao fluxo da corrente causada por bobinas.

**Indutância da bobina:** oposição ao fluxo da corrente elétrica gerada por uma bobina.

**Impedância:** oposição total ao fluxo da corrente.

**Corrente parasita:** corrente induzida em uma superfície metálica, quando exposta a um campo magnético.

O enrolamento primário da bobina ao ser energizado produz um campo magnético proporcional à intensidade da corrente aplicada (campo magnético primário - HP).

A intensidade da corrente elétrica em uma bobina varia proporcionalmente à oposição total ao fluxo criada pelas características da bobina. Essa oposição ao fluxo refere-se à soma da resistência do fio condutor utilizado no enrolamento da bobina e à **reatância indutiva (XL)** das espiras da bobina, dada pela fórmula:

$$\rightarrow XL = 2\pi f L,$$

A reatância indutiva é igual ao produto da **indutância da bobina (L)** por duas vezes PI ( $\pi$ ) vezes a frequência da corrente ( $f$ ).

A oposição total ao fluxo da corrente é calculada pelas somas da resistência elétrica do fio com a reatância indutiva da bobina e é chamada de **impedância (Z)**, dada pela fórmula:

$$\rightarrow Z^2 = r^2 + XL^2$$

A impedância ao quadrado ( $Z^2$ ) é igual a soma do quadrado da resistência do condutor ( $r^2$ ) mais o quadrado da reatância indutiva ( $XL^2$ ).

O ensaio por *eddy current* é feito pelo deslizamento da bobina energizada na região da peça que se deseja inspecionar. O campo magnético primário (HP) da bobina induz uma **corrente parasita** na peça. A corrente induzida na peça gera um campo magnético secundário (HS) que se oporá ao campo magnético primário. Essa oposição dará origem a um campo magnético resultante (HP-HS).

O campo magnético resultante induzirá uma corrente elétrica no enrolamento secundário da bobina. A variação da intensidade da corrente elétrica gerada pelo campo magnético resultante

na bobina secundária é o sinal de retorno necessário à indicação de diagnóstico de avaliação das condições estruturais da peça ensaiada.

O aumento ou a diminuição da resistência ao fluxo da corrente parasita, causado por qualquer alteração estrutural na peça ensaiada, produz uma mudança no campo magnético secundário.

O campo magnético resultante é alterado na mesma proporção, o que significa uma variação na impedância da bobina. Isso ocorre porque o campo magnético secundário é uma das variáveis na formação da impedância na bobina. A Figura 36 apresenta o esquema de funcionamento do ensaio de *eddy current*.

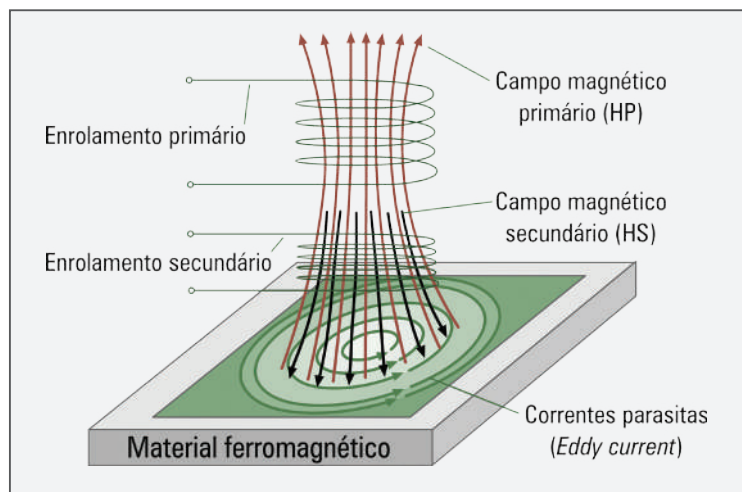


Figura 36 - Exemplo de esquema do funcionamento de ensaio por *eddy current*

Em uma compreensão simplificada do funcionamento desse teste, tem-se que uma trinca superficial, por exemplo, causa uma descontinuidade na corrente parasita induzida pelo campo primário. Por conseguinte, a alteração na corrente parasita produz uma modificação na impedância da bobina, que é sentida no enrolamento secundário. Em seguida, o enrolamento secundário manda essa informação a uma CPU, para que seja processada e transformada em um diagnóstico possível de ser compreendido pelo técnico na tela LCD.

As alterações na estrutura da peça inspecionada, possíveis de serem diagnosticadas pelo ensaio de *eddy current*, são trincas, deformações, inclusões, variações de espessura, corrosão, falta de homogeneidade em ligas, superaquecimento local, erros de tratamento térmico, entre outros.

Ressalta-se, também, que a eficiência do ensaio está limitada a inspeções superficiais e subsuperficiais em materiais que sejam condutores elétricos. Com efeito, a profundidade efetiva do ensaio é proporcional à frequência da corrente aplicada ao enrolamento primário da bobina. Quanto menor a frequência, maior é a profundidade do ensaio, e menor será a sua sensibilidade.

O equipamento de *eddy current* consiste em sondas, nas quais ficam as bobinas, e em uma CPU, composta de controles para modulação da frequência e da intensidade da corrente alternada aplicada no ensaio. Também possui controles para operar os diversos programas

relacionados ao processamento do sinal de retorno, proporcionando uma informação visual de fácil compreensão ao operador. O equipamento de *eddy current* é mostrado na Figura 37.



Figura 37 - Exemplo de equipamento de *eddy current*

## Resumindo

As inspeções de ensaios não destrutivos ocorrem de forma programada ou não. No primeiro caso, são inspeções periódicas constantes nos programas de manutenção destinadas a itens cuja intensidade do esforço normal de operação justifica essa necessidade. No segundo caso, as inspeções têm por objetivo a avaliação de danos causados por situações imprevisíveis, em que os limites operacionais são excedidos. Um pouso forçado, por exemplo, pode motivar uma inspeção por radiografia nas pernas dos trens de pouso ou *eddy current* nas rodas.

As ferramentas utilizadas podem ser tanto equipamentos portáteis destinados à realização de inspeções localizadas, como também complexas estações de trabalho montadas como parte de uma linha de montagem, haja vista que uma das grandes aplicações dos ensaios não destrutivos destina-se, principalmente, ao controle de qualidade na fabricação de novos equipamentos.

# Unidade 5

## Instrumentos

Uma vez que o ser humano, utilizando apenas seus sentidos, falha em aferir, com precisão, as grandezas físicas, é necessário que haja todo um instrumental dedicado à execução dessa tarefa. No setor aéreo, essas medições são imprescindíveis ao piloto na realização de um voo seguro.

Os instrumentos que se encontram em uma aeronave proporcionam, entre diversas outras funções, um voo mais seguro e econômico, além de permitirem um voo em condições atmosféricas adversas.

A manutenção dos diversos instrumentos medidores deve ser precisa, pois dela depende o bom funcionamento desse importante conjunto de dispositivos. Entre outras habilidades, o técnico em manutenção deverá estar familiarizado com as regras de segurança, realizar uma boa leitura dos aparelhos de medição e usar adequadamente as ferramentas.

Esta unidade contém informações a respeito das características dos instrumentos de medição de uma aeronave e é composta de 16 capítulos. O capítulo um aborda o estudo da classificação dos instrumentos das aeronaves; o dois apresenta esses instrumentos começando por aqueles que aferem pressão.

Em sequência, no capítulo três, discorre-se sobre os instrumentos remotamente sincronizados por meio dos sistemas do tipo síncro; no quatro, sobre os de movimento mecânico, tais como tacômetro, acelerômetro e outros; e, no cinco, sobre os medidores de temperatura.

No capítulo seis, apresentam-se os instrumentos de indicação de direção, como a bússola, os quais fornecem ao piloto uma referência da direção do avião. No sete, o assunto está relacionado à fonte de energia para operação de giroscópio, por sistema a vácuo, por pressão e por motor elétrico. Assim, no oito, explicitam-se os princípios dos instrumentos giroscópicos e, no nove, os instrumentos giroscópicos comuns.

Um instrumento conhecido como giropiloto, contido no sistema de piloto automático e seus componentes, que, automaticamente, guia as aeronaves, é o assunto do capítulo dez. Nos capítulos subsequentes – 11, 12 e 13 –, os assuntos são, respectivamente, o sistema de controle de voo automático e diretor de voo; o gerenciamento, o alerta e a monitoração de voo, os quais possuem seus próprios instrumentos eletrônicos, contidos, por sua vez, em um sistema eletrônico para a indicação de voo.

No capítulo 14 são abordados os avisos e as precauções que se exprimem por meio de sistemas anunciadores e alarmes, bem como a informação sobre os *clocks* e sobre a caixa de instrumentos e seu manuseio. Em seguida, no 15, discorre-se sobre a instalação e a marcação de instrumentos, enquanto, no 16, expõem-se o sistema e a manutenção de instrumentos da aeronave.

Embora existam diferenças nos componentes e sistemas entre uma e outra aeronave, alguns exemplos pontuais serão utilizados, levando-se em consideração aeronaves mais comuns, que servirão de norte para o executor técnico da manutenção, nos mais variados conjuntos.

# Capítulo 1

## Classificando os instrumentos

Desde o início do voo mecanizado, reconhece-se que o piloto necessita saber o máximo de informações sobre a aeronave. Isso porque, para se realizar um voo seguro, é importante que o profissional tenha conhecimento das generalidades e das particularidades da aeronave, principalmente de seus instrumentos.

Com efeito, existem vários instrumentos que auxiliam os pilotos a operarem com confiança, segurança e economia. Desses instrumentos, tornou-se comum o relógio de pulso, popularizado pelo aviador Santos Dumont. Nesse contexto, uma variedade de instrumentos tem-se desenvolvido para informar diferentes parâmetros à tripulação.

Os sistemas de instrumentos existem hoje para prover informação sobre as condições da aeronave – motor, componentes, altitude, clima, pressurização, navegação e comunicação. É trabalho do técnico de manutenção entender e manter toda a aeronave, incluindo esses vários sistemas de instrumentos.

Em geral, qualquer instrumento ou sistema de instrumentos se divide em duas partes: parte sensorial da situação e parte de exibição. É como no relógio de pulso mencionado, no qual se encontram, na parte interna, os mecanismos e engrenagens que, interagindo harmoniosamente, compõem a máquina do relógio. E, na parte externa, o mostrador do relógio pode estar em números romanos ou arábicos.

Em instrumentos análogos, ambas as funções frequentemente ocorrem em uma única unidade ou instrumento. Esses são chamados instrumentos sensoriais diretos. Os instrumentos sensoriais remotos requerem o envio da informação captada a um *display* separado na cabine. Ambos os instrumentos, analógicos e digitais, fazem o uso desse método.

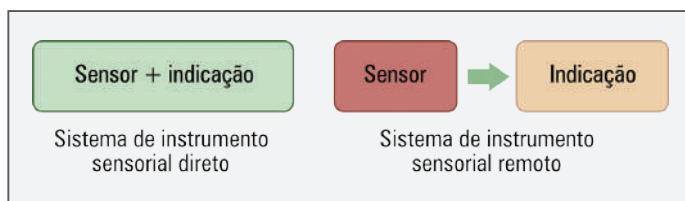


Figura 1 - Diferença entre instrumentos sensoriais diretos e sensoriais remotos

A retransmissão das informações captadas por instrumentos sensoriais, tanto diretos quanto remotos, pode ser feita de diversas maneiras. A eletricidade normalmente é utilizada por meio de cabos que carregam a informação sensorial para dentro da cabine, e às vezes linhas pneumáticas são usadas. Na aviação moderna, complexa, isso pode levar a uma quantidade enorme de tubos e fiação terminando atrás do painel de *display* de instrumentos.



**Pneumático:** relativo ao ar ou a outros gases. Que funciona por meio da energia proveniente da compressão do ar (diz-se de aparelho).

Mediante o uso de transmissores de dados digitais, uma transferência mais eficiente de informação pode ser alcançada. Essencialmente, são cabos que compartilham as mensagens de vários instrumentos por meio da decodificação de sinal individual. Isso reduz o número de fios e o peso requerido para transferir a informação captada remotamente para o uso do piloto.

Mostradores de computador de tela plana podem ser controlados para mostrar apenas a informação desejada e serem mais leves do que numerosos mostradores individuais necessários para exibir a mesma informação simultaneamente.

## 1.1 Instrumentos de voo

Os instrumentos utilizados no controle de altitude são conhecidos como instrumentos de voo. Existem os instrumentos básicos, como o altímetro, que mostra a altitude, o indicador de velocidade e o indicador magnético de direção, uma espécie de bússola. Adicionalmente, pode haver um horizonte artificial, um coordenador de curva e um indicador de velocidade vertical, que estão presentes na maior parte das aeronaves. Existe muita variação para esses instrumentos, que será explicada adiante.

Com o passar dos anos, os instrumentos de voo se tornaram situados similarmente nos painéis de instrumentos da maior parte das aeronaves. O arranjo básico em (T) está representado na Figura 2.



Figura 2 - O arranjo básico em T dos instrumentos de voo analógicos

Fonte: EUA, 2012. FAA.



**Giroscópio:** dispositivo cujo eixo de rotação mantém sempre a mesma direção na ausência de forças que o perturbem, seja qual for a direção do veículo que o conduz.

O mostrador central inferior funciona como uma bússola, mas é dirigido por um giroscópio e não se sujeita às oscilações que são comuns aos indicadores magnéticos de direção.

Os instrumentos de voo analógicos originais são operados pela pressão do ar e pelo uso de giroscópio. Isso evita o uso de eletricidade, o que poderia colocar o piloto em uma situação de perigo caso a aeronave perdesse a energia elétrica. Mesmo com a possibilidade atual de painéis



complexos movidos à eletricidade, frequentemente um altímetro pneumático, um horizonte giro-artificial e um indicador de direção magnético são mantidos em algum local no painel de instrumentos para fins de redundância.

## 1.2 Instrumentos de motor

Os instrumentos de motor são aqueles idealizados para medir parâmetros operacionais do motor da aeronave. Normalmente, tratam de quantidade, de pressão e de indicações de temperatura. Eles também incluem a aferição da velocidade do motor.

Os instrumentos mais comuns de motor são os de quantidade de combustível e óleo e medidores de pressão, de temperatura e **tacômetros**. A Figura 3 contém vários instrumentos de motor encontrados no alternador e na aeronave movida a turbina. Os instrumentos analógicos abaixo existem para o caso de perda de energia elétrica.



Figura 3 - Painel eletrônico de tela plana da aeronave modelo C-172  
Fonte: EUA, 2012. FAA.

A instrumentação de motor frequentemente é mostrada no centro da cabine, conforme se pode ver na Figura 4, tornando-se facilmente visível ao piloto e ao copiloto. Em aeronaves menores, que requerem apenas um tripulante, esse pode não ser o caso. A instrumentação pode se localizar em uma das laterais da cabine. Aeronaves com mais motores, muitas vezes, utilizam um único medidor para cada parâmetro de motor em particular, mas ele mostra a informação de todos os motores por meio do uso de múltiplos ponteiros no mesmo mostrador.



Figura 4 - Aeronave com indicadores ao centro  
Fonte: Agência Força Aérea / © Sgt Simo.



**Tacômetro:** dispositivo que mede as rotações por minuto de um motor ou de um eixo, em geral utilizado para fornecer informações sobre a velocidade de um veículo; conta-giros, conta-voltas, taquímetro.

## 1.3 Instrumentos de navegação

Os instrumentos de navegação são aqueles que contribuem com a informação usada pelo piloto para guiar a aeronave ao longo de um curso definido. Esse grupo inclui compassos de vários tipos, alguns dos quais incorporam o uso de sinais de rádio para definir um curso específico durante o voo da aeronave em rota de um aeroporto para outro.

Outros instrumentos de navegação são feitos especificamente para direcionar a aproximação do piloto ao pousar. Instrumentos tradicionais de navegação incluem um relógio e uma bússola magnética, que, próximos aos indicadores de velocidade do ar e de informações do vento, podem ser utilizados para calcular o progresso navegacional.

Esses esforços manuais foram substituídos, na aviação moderna, por rádios e instrumentos que enviam informações a respeito da localização via ondas de rádio. Sistemas de posicionamento global (GPS) usam satélites para apontar a localização da aeronave por meio da triangulação geométrica. Essa tecnologia é embutida em alguns pacotes de instrumentos para propósitos navegacionais.

Existem outros instrumentos que se incluem no grupo de indicadores diversos, não pertencentes a nenhum dos principais sistemas relacionados às operações fundamentais de voo, desempenho do motor e navegação, tais como o **voltamperímetro**, o **medidor de fadiga** e outros.



**Voltamperímetro:** aparelho que serve para medir a potência aparente de uma corrente alternada.

**Medidor de fadiga:** o medidor de fadiga é um acelerômetro e registrador. Ele é montado perto do CG da aeronave e a sua função é monitorar acelerações verticais da trajetória de voo e registrar o número de vezes que cada uma das oito acelerações é excedida.

**Estado sólido:** diz-se de circuitos ou dispositivos eletrônicos feitos de material sólido e baseados inteiramente no semicondutor.

## Resumindo

Neste capítulo, foram expostos vários tipos de instrumentos, assim como detalhes de seu funcionamento e posicionamento dentro da cabine da aeronave. Ademais, viu-se que, para entender como eles funcionam, são reparados e mantidos e podem ser classificados de acordo com o princípio sobre o qual operam.

Posto isso, observou-se que há instrumentos que usam: métodos mecânicos, para medir a pressão e a temperatura; magnetismo e eletricidade, para captar e exibir um parâmetro; sensores de estado sólido e computadores, para processar e exibir informações importantes; alguns, por seu turno, dependem do uso de giroscópios e seus funcionamentos primários.

# Capítulo 2

## Instrumentos medidores de pressão

Vários instrumentos informam ao piloto as condições da aeronave e as situações de voo por meio da **aferição** da pressão. Instrumentos sensores de pressão podem ser tanto de leitura direta quanto remota e encontrados no grupo de voo e de motor.

Esses são alguns dos instrumentos mais importantes, que devem informar, acuradamente, o piloto, para manter a segurança das operações. Aferir a pressão envolve um tipo de mecanismo que pode detectar as mudanças nela.

O tipo de pressão que precisa ser aferida, frequentemente, torna um mecanismo sensorial mais apropriado. Os três mecanismos fundamentais de aferição de pressão usados em sistemas de instrumentos aéreos são: o tubo Bourdon, o **diafragma** ou a bexiga e o aparelho sensor de estado sólido.

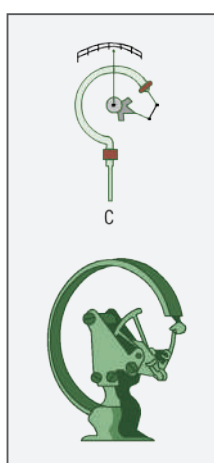


Figura 5.A - Tubo Bourdon em C



Figura 5.B - Tubo Bourdon em espiral

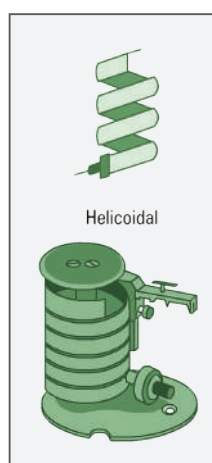


Figura 5.C - Tubo Bourdon helicoidal

### 2.1 Tipos e instrumentos de pressão

Pressão é a comparação entre duas forças. A pressão absoluta existe quando uma força é comparada ao vácuo total ou à absoluta pressão zero. É necessário definir pressão absoluta, porque o ar na atmosfera está sempre exercendo pressão em tudo. Isto é, mesmo quando parece não haver pressão sendo aplicada, como quando um balão é esvaziado, há, ainda, uma pressão atmosférica dentro e fora do balão.

Para mensurar a pressão atmosférica, precisa-se compará-la à ausência total de pressão, tal qual o vácuo. Muitos instrumentos de uma aeronave fazem o uso de valores de pressão absolutos, tais como o altímetro, o indicador de escalada e o indicador de pressão de admissão.

Na aviação, existe uma pressão comumente usada, a qual se denomina pressão padrão. A pressão padrão se refere a um valor estabilizado ou ao padrão que foi criado para a pressão atmosférica.



**Aferir:** cotejar (pesos, medidas, etc.) com os respectivos padrões; afilar. Examinar a exatidão dos instrumentos que servem para pesar, medir, afilar, afinar.

**Diafragma:** em um veículo automotor, membrana da bomba injetora de combustível. Qualquer anteparo com um orifício ou fenda, ajustável ou não, que regule o fluxo de uma substância ou de um feixe de radiação.

Instrumentos de pressão são usados por engenheiros, ao se desenhar sistemas de instrumentos, e, às vezes, por técnicos e pilotos.

Na aviação, existe uma pressão também comumente usada, denominada pressão padrão. A pressão padrão se refere a um valor estabilizado ou ao padrão que foi criado para a pressão atmosférica.

### 2.1.1 Pressão de óleo do motor

O instrumento mais importante usado pelo piloto para a percepção da condição do motor é o medidor de pressão do óleo. A pressão do óleo é, normalmente, indicada em psi (libra por polegada quadrada). O calibre de operação normal é, tipicamente, representado por um arco verde no medidor circular. Para um calibre operacional aceitável, exato, é necessário consultar os dados de manutenção e operação do fabricante.

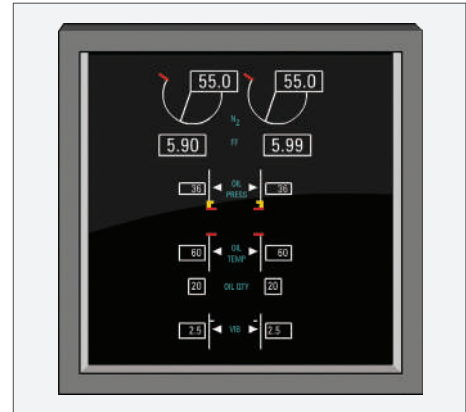


Figura 6 - Mostrador do motor da aeronave comercial a jato, bimotor, de fuselagem estreita (narrow-body)

### 2.1.2 Pressão de admissão

Em aeronaves de motor a pistão, o medidor de pressão de admissão indica a pressão do ar na indução do motor. Essa é uma indicação da energia que está sendo desenvolvida pelo motor. Quanto mais alta a pressão da mistura do ar do combustível entrando no motor, mais energia ela pode produzir.

Para motores comuns, isso significa que uma indicação próxima à pressão atmosférica é a pressão máxima. Motores turboalimentados ou superalimentados pressurizam o ar, sendo misturados com o combustível para que indicações de energia máxima fiquem acima da pressão atmosférica.

### 2.1.3 Razão de pressão do motor

Os motores das turbinas têm sua indicação própria de pressão que relaciona a energia sendo desenvolvida pelo motor, cujo medidor se denomina indicador de razão de pressão do motor, em inglês, *engine pressure ratio* (EPR). Esse medidor compara a pressão de exaustão total à pressão do ar externo na entrada do motor. Com ajustes para temperatura, altitude e outros fatores, o medidor de EPR apresenta uma indicação da impulsão sendo desenvolvida pelo motor.

Uma vez que o medidor de EPR compara duas pressões, ele é um medidor de pressão diferencial. É utilizado um instrumento sensorial remoto para receber essa entrada do transmissor da razão de pressão do motor ou, nos *displays* dos sistemas de instrumentos, a partir de um computador.



O transmissor de razão da pressão contém o arranjo dos **foles** que compara as duas pressões e converte a razão em sinal elétrico usado pelo medidor para indicação.



Figura 7.A - Um indicador EPR analógico de um motor a turbina



Figura 7.B - Indicação EPR digital e outros parâmetros do motor a turbina em uma tela de exibição digital da cabine de comando

**Fole:** instrumento para produzir correntes de ar, usado para diversos fins (como ativar uma combustão, limpar cavidades, encher de ar os tubos dos órgãos e harmônios, soprar as palhetas do acordeão etc.), que funciona por expansão e contração alternadas, absorvendo ar por uma válvula ou orifício e expelindo-o através de um tubo.

### 2.1.4 Pressão de combustível

Medidores de pressão de combustível também fornecem informações críticas para o piloto. Em geral, o combustível é bombeado para fora de vários tanques de combustível da aeronave para ser utilizado pelos motores. É necessário que o piloto tenha condições de observar se uma bomba de combustível está funcionando mal ou se um tanque foi esvaziado além do ponto, deixando de existir combustível suficiente na entrada da bomba para manter a pressão de saída desejada.

Como existe a disposição de medidores sensoriais diretos de pressão do combustível que usam os tubos Bourdon, diafragmas e foles (ou cápsulas), é particularmente indesejável passar uma linha de combustível por dentro da cabine, devido ao potencial de incêndio que existe por causa de um vazamento.

Portanto, a disposição de preferência é fazer com que qualquer mecanismo sensorial de um aparelho transmissor use eletricidade para enviar um sinal ao indicador da cabine. Às vezes, usam-se indicações que monitoram a taxa de fluxo do combustível em vez dos medidores de pressão do combustível.



Figura 8 - Indicador de pressão do combustível

### 2.1.5 Pressão hidráulica

Outros numerosos medidores de monitoramento de pressão são utilizados em aeronaves complexas para indicar vários sistemas de apoio que não são encontrados em aviões simples e leves. Comumente, os sistemas hidráulicos são utilizados para recolher o trem de pouso, operar controles de voo, aplicar os freios, etc. As bombas hidráulicas são necessárias à operação dos dispositivos hidráulicos, que fornecem pressão suficiente para o sistema hidráulico.

Medidores de pressão hidráulica estão localizados na cabine de comando e em pontos determinados na estrutura do avião e podem ser utilizados pelo técnico de manutenção. Os indicadores localizados remotamente, de uso do pessoal de manutenção, são quase sempre indicadores de leitura direta tipo tubo Bourdon.



Figura 9 - Indicador de pressão a vácuo

### 2.1.6 Pressão de vácuo

Vácuo é uma indicação de pressão diferencial, ou seja, a pressão a ser medida é comparada com a pressão atmosférica. Ela é mensurada por meio de uma cápsula ou diafragma selado e o seu medidor é calibrado em polegadas de mercúrio. Em suma, mostra o quanto a pressão no sistema é menor do que na atmosfera.

Indicador de pressão de giroscópio, de vácuo ou de sucção são termos usados para o monitoramento a vácuo, desenvolvido no sistema que opera o instrumento de voo *giroscópico* de ar movido. O ar é puxado por meio dos instrumentos, causando a rotação do giroscópio.

A velocidade com que o giroscópio roda precisa estar dentro de certa faixa para uma operação correta. Essa velocidade está diretamente relacionada à pressão de sucção desenvolvida no sistema. O indicador de sucção é importante para a aeronave e depende exclusivamente dos instrumentos de voo giroscópicos operados a vácuo.

### 2.1.7 Interruptores de pressão

Na aviação, muitas vezes é suficiente monitorar para saber se a pressão desenvolvida por um determinado sistema operacional é demasiadamente alta ou baixa, de modo que uma ação se realize quando uma dessas condições ocorrer. E isso, muitas vezes, é obtido pela utilização de um interruptor de pressão.

Um interruptor de pressão é um dispositivo simples, geralmente usado para abrir e fechar circuitos elétricos quando uma determinada pressão é atingida em um sistema. Ele pode ser fabricado de forma que, normalmente, deixe o circuito elétrico aberto e, em seguida, se feche quando certa pressão é detectada. O circuito também pode ser fechado e aberto e, após isso, é feita a ativação quando certa pressão é atingida.



**Giroscópico:** o que é relativo ao giroscópio.

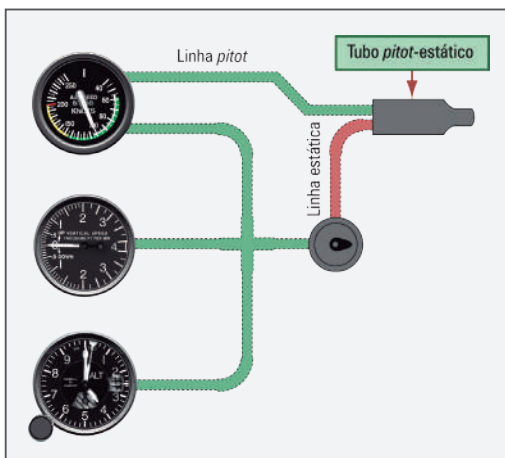


Figura 10 - Sistema de *pitot-estático* conectado aos instrumentos de voo

## 2.2 Sistema do *pitot-estático*

Alguns dos instrumentos de voo mais importantes derivam de suas indicações de medição de pressão de ar. O sistema de *pitot-estático* tem a função de coleta e distribuição de várias pressões de ar para os instrumentos de voo.

### 2.2.1 Tubo de pitot e tomada de pressão estática

Em aeronaves simples, isso pode consistir em um sistema da cabeça do tubo de pitot ou pitot-estático com orifícios de pressão do ar estáticos ou de impacto e tubos antivazamento conectando esses pontos de entrada de pressão do ar aos instrumentos que requerem o ar para suas indicações.

O altímetro, o indicador de velocidade do ar e de velocidade vertical são os três instrumentos pitot-estáticos mais comuns. O tubo de pitot (ou tubo pitot) é aberto e fica virado para a corrente de ar, recebendo força total da pressão do ar de impacto enquanto a aeronave se move para frente. Esse ar passa através de uma placa de proteção feita para proteger o sistema da entrada da umidade e da poeira no tubo. Abaixo da placa de proteção se localiza um dreno, que permite o escape da umidade. Um tubo ereto, ou canal, leva esse ar pressurizado do conjunto do pitot para o indicador da velocidade do ar.

### 2.2.2 *Air data computers* (ADC) e *digital air data computers* (DADC)

Os sistemas pitot-estáticos de aeronaves de alta performance e de transporte a jato podem ser mais complicados. Essas aeronaves operam, em geral, em uma grande altitude, na qual a temperatura ambiente pode exceder 10 °C abaixo de zero. A **compressibilidade** do ar é, então, alterada a altas velocidades e a grandes altitudes.

O fluxo de ar em volta da fuselagem se altera, tornando difícil captar entradas de pressão estática consistentes. O piloto precisa, portanto, fazer uma compensação, levando em conta todos os fatores da temperatura e densidade do ar para obter indicações precisas dos instrumentos.

Enquanto muitos instrumentos análogos têm dispositivos de compensação embutidos, o uso de um computador de dados do ar, em inglês, *air data computer* (ADC), é comum para esses fins em aeronaves de alta performance. Além disso, aeronaves modernas utilizam computadores de dados do ar digitais, em inglês, *digital air data computers* (DADC). A conversão das pressões do ar captadas em valores digitais os torna mais facilmente manipulados pelo computador para gerar informação **concisa**, que já tenha compensado pelas mais diversas variáveis encontradas.

## 2.3 Instrumentos de voo sensores de pressão do pitot-estático

Em muitos aviões, os instrumentos básicos de voo estão diretamente ligados ao sistema de pitot-estático. Os instrumentos de voo analógicos usam, principalmente, meios mecânicos para medir e indicar vários parâmetros de voo. Os sistemas de instrumentos de voo digitais usam eletricidade e a eletrônica para fazer o mesmo. A discussão dos instrumentos de voo pitot-estáticos básicos começa com instrumentos analógicos, depois mais informações sobre instrumentação digital moderna são adicionadas.

### 2.3.1 Altitude e altímetros

Um altímetro é um instrumento utilizado para indicar a altura da aeronave acima de um nível predeterminado, tal como o nível do mar ou do terreno abaixo da aeronave.

Os altímetros que medem a altitude da aeronave, ao mensurar a pressão atmosférica do ar, são conhecidos como altímetros de pressão. Um altímetro de pressão é feito para mensurar a pressão do ar ambiente em qualquer local ou altitude. Na aeronave, fica conectado ao **espiráculo** por meio de tubos no sistema pitot-estático.



**Compressibilidade:** propriedade de um corpo material ou substância que, sob aplicação de uma pressão externa, pode ter seu volume reduzido.

**Conciso:** reduzido ao essencial; em poucas palavras (diz-se de escritos, ideias, discurso etc.); preciso, sucinto, resumido.

**Espiráculo:** abertura por onde o ar circula; respiráculo, respiradouro. Abertura ou orifício estreito.



**Pé (medida):** unidade de medida linear anglo-saxônica, equivalente a cerca de 30,48 centímetros do sistema métrico decimal.

**Aneróide:** que ou o que opera sem a intervenção de fluidos (diz-se de cada um dos instrumentos de medida). Que ou o que opera sem fluidos (diz-se de barômetro).

**Invólucro:** aquilo que serve ou é usado para envolver, cobrir; envoltório, envólucro, cobertura, revestimento, involutório.

**Hermético:** diz-se de toda forma de fechar, perfeitamente vedada.

**Expandir:** tornar(-se) amplo; alargar(-se), estender(-se).

**Nó (medida):** é uma unidade de medida de velocidade equivalente a uma milha náutica por hora, ou seja 1852 m/h1.

**Milha (medida):** a milha terrestre é uma unidade de medida de comprimento definida pelo sistema imperial de medidas como o equivalente a 1.609,344 metros.

A relação entre a pressão mensurada e a altitude é indicada no mostrador do instrumento, que é calibrado em **pés**. Essa pressão mensurada é aferida por instrumentos de leitura direta, estes mensuram a pressão absoluta. Para realizar tal leitura, um **aneróide** ou fole aneróide fica no coração do maquinário interno do altímetro de pressão. Esses diafragmas lacrados ficam presos aos acoplamentos e às engrenagens que os conectam aos ponteiros, os quais, por sua vez, informarão a relação entre a pressão e a altitude mencionada anteriormente.

A pressão do ar estático entra no **invólucro** do instrumento **hermético** e circula o aneróide. Ao nível do mar, o altímetro indica zero quando essa pressão é excetuada pelo ar ambiente no aneróide. Uma vez reduzida a pressão do ar ao mover o altímetro para mais alto na atmosfera, o aneróide se **expande** e mostra a altitude no instrumento ao girar o ponteiro. Com a redução do altímetro na atmosfera, a pressão do ar em volta do aneróide aumenta e o ponteiro se move na direção oposta.

### 2.3.2 Indicador de razão de subida

Um indicador de velocidade vertical analógico, que indica a razão de subida, ou indicador de velocidade vertical, pode ser expresso em inglês de duas maneiras: *vertical speed indicator* (VSI) ou *vertical velocity indicator* (VVI). É um indicador de leitura direta, medidor de diferencial de pressão, que compara a pressão estática do sistema estático da aeronave direcionado para um diafragma com a pressão estática em torno do diafragma no invólucro do instrumento.

Sem restrições, o ar flui livremente por dentro e por fora do diafragma, mas o dispositivo é feito de forma que o ar possa fluir por dentro e por fora da caixa por meio de um orifício calibrado. Quando a pressão no interior e no exterior do diafragma é a mesma, um ponteiro anexado ao diafragma indica velocidade vertical zero. Um parafuso de ajuste ou botão localizado na face do instrumento é utilizado para centralizar o ponteiro exatamente no zero, enquanto a aeronave encontra-se no solo.

### 2.3.3 Velocímetro

O indicador de velocidade é outro instrumento de voo primário e é um indicador de diferencial de pressão. A pressão do ar externo no tubo de pitot da aeronave é direcionada para um diafragma em uma caixa do instrumento analógico de velocidade do ar. A pressão estática da tomada estática da aeronave é então direcionada para a caixa em torno do diafragma. À medida que a velocidade da aeronave varia, modifica-se também a pressão dinâmica do ar, expandindo e contraindo o diafragma. Por fim, a conexão com o diafragma faz que o ponteiro se mova sobre o mostrador do instrumento, o qual é calibrado em **nós** ou **milhas** por hora (mph).

## Resumindo

Neste capítulo, foram descritos, primeiramente, os tipos de pressão, permitindo a familiarização com o conceito mais técnico, em específico para os fins da aviação. No desenvolvimento, foram apresentados diversos instrumentos capazes de mensurar a pressão.



Tratou-se, ainda, de como os instrumentos que auferem pressão podem ser utilizados para diversos outros fins, contribuindo, assim, para a segurança do voo e para a melhor manutenção da aeronave. Cada instrumento apresentado teve seu funcionamento descrito em detalhes, a fim de permitir ao mecânico uma apropriação técnica necessária à profissão.



# Capítulo 3

## Sensoriamento remoto e indicação

Muitas vezes é impraticável ou impossível utilizar medidores de leitura direta para obter as informações a serem transmitidas à cabine de comando. A colocação dos sensores em locais mais adequados na fuselagem ou no motor e a transmissão dos dados coletados eletricamente são métodos amplamente utilizados de sensoriamento remoto e de indicação em uma aeronave. A coleta elétrica é realizada por meio dos fios para a exibição em telas na cabine de comando. Muitos sistemas de sensoriamento remoto consistem, simplesmente, na unidade do sensor e transmissor e na unidade do indicador de cabine conectados por meio dos fios.

Para os instrumentos de voo de pressão, os computadores de dados aerodinâmicos, em inglês, *air data computer* (ADC), e os dispositivos de **captação** (tubos de pitot, tomadas estáticas, etc.) constituem a unidade de detecção e transmissão. Muitas aeronaves coletam dados captados em computadores e máquinas exclusivas e ali a informação pode ser processada. Em seguida, na seção de saída de dados do computador, estes são transmitidos elétrica e digitalmente para exibição em telas na cabine de comando.

O sistema de sensoriamento remoto opera com alta confiabilidade e precisão. Ele é alimentado pelo sistema elétrico da aeronave.

### 3.1 Instrumentos de indicação remota tipo sincro

O sistema elétrico sincro é usado para a transmissão de informação de um ponto a outro. A palavra sincro é uma abreviatura da palavra **síncrono** e refere-se a qualquer sistema elétrico de duas unidades que é capaz de medir, transmitir e indicar determinados parâmetros na aeronave.

A maioria dos instrumentos que indicam a posição, como o indicador de posição de *flap*, é projetada em torno de um sistema de sincronismo. Sistemas de sincro são utilizados como indicadores de posição remota para trens de pouso, sistemas de piloto automático, radares e muitas outras aplicações de indicações remotas.

Os tipos de sistema sincro mais comuns são: *selsyn*, sistema de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico e sistema de AC de sincronismo de dados por ímã permanente. Na sua construção, esses sistemas são similares e todos operam por intermédio da exploração entre o relacionamento consistente, a eletricidade e o magnetismo. A base de sua operação reside no fato de que a eletricidade pode ser usada para criar campos magnéticos, que têm direção definida e podem interagir com ímãs e outros campos eletromagnéticos.



**Captação:** ato ou efeito de captar; captagem. Ato de trazer para si, por mérito ou habilidade; de atrair, apanhar, recolher.

**Síncrono:** que acontece simultaneamente, relativo a fatos coincidentes ou coexistentes.

### 3.1.1 Sistema *selsyn* DC

Em aeronaves com sistemas elétricos de corrente contínua, em inglês, *direct current* (DC), o sistema *selsyn* DC é bastante utilizado. Esse sistema consiste em um transmissor, um indicador e fios de ligação. O transmissor é composto de um enrolamento de resistência circular e de um braço de contato rotativo. Este último gira em torno de um eixo no centro do enrolamento de resistência e suas duas extremidades são escovas que sempre tocam o enrolamento em lados opostos.

No sistema de indicação de posição, o eixo, no qual o braço de contato está fixado, projeta-se por meio da extremidade do invólucro do transmissor. Esse mesmo eixo encontra-se ligado à unidade, em posição de ser transmitido (ex.: *flaps*, trem de pouso). Muitas vezes o transmissor está ligado a uma unidade móvel mediante uma conexão mecânica. À medida que a unidade se move, ela faz com que o eixo do transmissor gire.

O eixo do rotor do sistema de *selsyn* DC, a medição de outros tipos de dados, funciona da mesma maneira, mas não pode sobressair para fora do invólucro. O dispositivo de detecção, que transmite um movimento rotativo ao eixo, pode ser localizado no interior do invólucro do transmissor.



**Rotor:** parte giratória de certas máquinas e motores, especialmente dos elétricos.

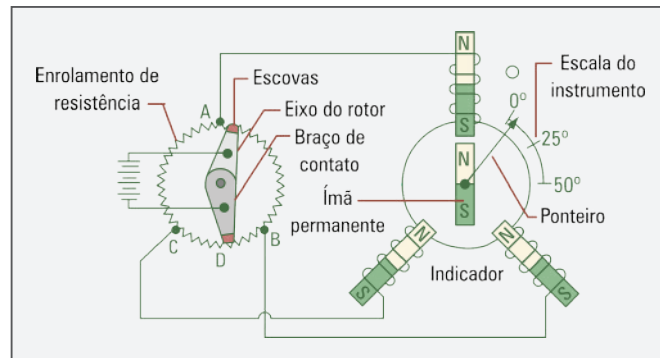


Figura 11 - Esquemático do sistema de indicação remota síncro tipo *selsyn* DC

De acordo com a Figura 11, o enrolamento da resistência do transmissor está rosqueado por fora em três lugares fixos, geralmente com 120 graus. Quando o eixo do rotor do transmissor estiver ligado, a tensão fornecida moverá o braço de contato.

### 3.1.2 Sistemas síncro AC

Aeronaves com sistemas de geração elétrica de corrente alternada, em inglês, *alternating current* (AC), fazem uso do sistema de indicação remoto síncro, tais como sistema de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico ou sistema de AC de sincronismo de dados por ímã permanente. Ambos operam de uma maneira semelhante ao sistema *selsyn* DC, exceto que a energia que utilizam é de corrente alternada. Em vez de fluxo de corrente de resistência, definido pelas escovas do rotor, eles fazem uso da indução elétrica.

O sistema de AC de sincronismo de dados por ímã permanente utiliza rotores de ímãs permanentes, também encontrados no sistema *selsyn* DC. Geralmente, o ímã transmissor é maior que o ímã indicador, mas a resposta eletromagnética do ímã e do ponteiro do rotor

indicador permanece a mesma. Ele se alinha com o campo magnético criado pelas bobinas, adotando o mesmo ângulo de deflexão do rotor do transmissor.

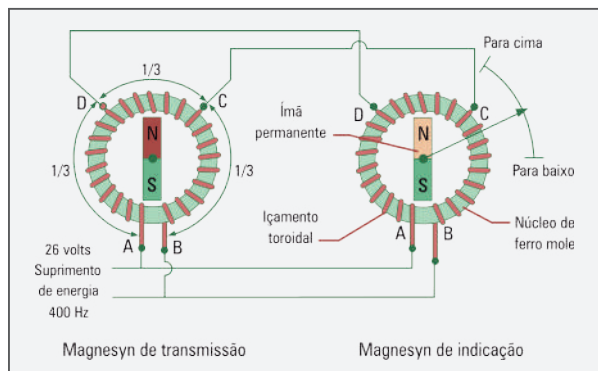


Figura 12 - Um sistema de indicação remoto síncro de AC de sincronismo de dados por ímã permanente

Sistemas de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico são mais distintos pelo fato de que o transmissor e o indicador dos rotores utilizam eletroímãs em vez de ímãs permanentes. No entanto, assim como o ímã permanente, o eletroímã se alinha com a direção do campo magnético criado pela corrente que flui por meio das bobinas do estator no indicador. Assim, a posição do ponteiro indicador reflete a posição do rotor do transmissor.

O sistema de sincronização do sistema AC é ligado de forma diferente do sistema DC. A corrente variante flui por meio do transmissor e as bobinas do estator indicador são induzidas enquanto o AC gira pelo zero e o fluxo do campo magnético do rotor fica livre para fluir.

A importante característica de todos os sistemas síncro é mantida tanto pelo sistema de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico quanto pelo sistema de AC de sincronismo de dados por ímã permanente, isto é, a posição do rotor transmissor é refletida pelo rotor no indicador. Esses sistemas são utilizados em muitas das mesmas aplicações dos sistemas de corrente contínua. Uma vez que eles são geralmente parte de instrumentação para aeronaves de alta performance, adaptações de sistemas de sincronização de AC de dados por ímã elétrico e AC de dados por ímã permanente são frequentemente usadas em indicadores direcionais e em sistemas de piloto automático.

Na Figura 13, observa-se que um sistema de indicação remota de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico utiliza a interação entre campos magnéticos criados pelo fluxo de corrente elétrica para posicionar o ponteiro indicador.

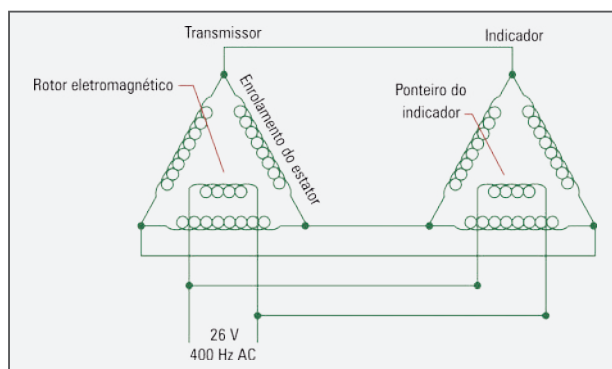


Figura 13 - Sistema de indicação remota de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico

## 3.2 Indicação remota de pressão de óleo e de combustível

Convenientemente, as indicações de combustível e de pressão de óleo podem ser obtidas por meio do uso de sistemas de sincronização. Não é desejável passar as linhas de combustível e de óleo para dentro da cabine direcionando-os para um indicador de leitura direta, pois o aumento de risco de incêndio na cabine e o peso adicional nas linhas são dois impedimentos primários.

Dentro do transmissor, o movimento de um fole de pressão pode ser engrenado ao rotor do transmissor, de tal maneira a fazer o rotor girar. Como em todos os sincronizadores, o rotor transmissor gira proporcionalmente à pressão detectada, que varia as tensões produzidas nos enrolamentos do resistor de sincro estator. Essas voltagens são transmitidas para as bobinas indicadoras que se desenvolvem no campo magnético para o posicionamento do ponteiro.

Muitas vezes, no avião bimotor, mecanismos de sincronização para cada motor podem ser usados para conduzir ponteiros separados no mesmo indicador. Ao colocar as bobinas uma atrás da outra, o eixo do motor do ponteiro indicador posterior pode ser enviado por meio do eixo oco do motor indicador dianteiro. Assim, cada ponteiro responde com o alinhamento do ímã no campo magnético do seu próprio motor, enquanto compartilha o mesmo alojamento do indicador.

Etiquetar o motor do ponteiro 1 ou 2 remove qualquer dúvida acerca de qual ponteiro indicador possa estar sendo observado. Um princípio semelhante é empregado em um indicador que tenha sinalizações lado a lado para diferentes parâmetros, tais como a pressão do óleo e a pressão de combustível em seu mesmo alojamento. Cada parâmetro tem seu próprio motor de sincronismo para posicionar o seu ponteiro.

## Resumindo

Nesta unidade, verificaram-se os sistemas de sincronização remota em que se transmitem eletricamente as informações de um determinado ponto para outro. Foram apresentados os três tipos de sistemas sincro comuns: *selsyn*, sistema de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico e sistema de AC de sincronismo de dados por ímã permanente. Eles são sistemas semelhantes na sua estrutura e operam de forma equivalente, tanto eletricamente quanto nos princípios mecânicos.

Portanto, grande parte dos instrumentos indicadores projetados sobre o sistema de sincronismo remoto possui a capacidade de medição e indicação de desvios de posições, como a deflexão angular do trem de pouso, dos *flaps* e de outras aplicações remotas.

# Capítulo 4

## Indicadores de movimento mecânico

Existem diversos instrumentos relacionados com uma aeronave, os quais indicam os movimentos mecânicos de um componente ou mesmo da própria aeronave. Alguns utilizam os sistemas sincro sensoriais remotos e sistemas de indicação descritos anteriormente. Outros meios de capturar e exibir a informação do movimento mecânico também são utilizados.

### 4.1 Tacômetros

O tacômetro é um instrumento que indica a velocidade do eixo virabrequim de um motor a pistão. Ele pode ser um instrumento de indicação direto ou remoto, o qual possui um mostrador que é calibrado para indicar as rotações por minuto (rpm). Em um motor a pistão, o tacômetro é usado para monitorar a potência do motor e para assegurar que este seja operado dentro dos limites de certificação.

Turbinas a gás também possuem o tacômetro. Elas são utilizadas para controlar a velocidade na seção de compressão do motor. Os tacômetros do motor de turbina são calibrados em rotações por minuto (rpm) com cem por cento de correspondência com a velocidade de turbina otimizada. Isso permite que os procedimentos operacionais sejam semelhantes, apesar da rotação por minuto do motor variada dos diferentes motores, conforme mostram as Figuras 14.A e 14.B.



Figura 14.A - Tacômetro para motor a pistão é calibrado em rpm

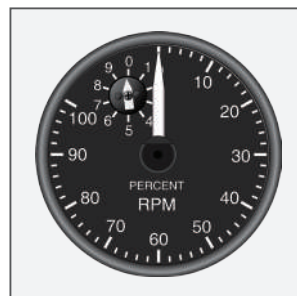


Figura 14.B - Tacômetro de motor a turbina é calculado em porcentagem em rpm

Além do tacômetro do motor a pistão e do motor a turbina, os helicópteros utilizam o tacômetro como medidor da rotação por minuto do eixo do rotor principal. Deve-se notar que muitos tacômetros de motores a pistão possuem tambores numéricos embutidos que estão engrenados dentro do mecanismo de rotação. Esses são horímetros que mantêm o controle do tempo que o motor for operado.

Existem, atualmente, dois tipos de sistemas de tacômetros utilizados: mecânicos e elétricos.

### 4.1.1 Tacômetro mecânico

O sistema de indicação do tacômetro mecânico é encontrado em aeronaves pequenas, leves, monomotoras, em que existe uma pequena distância entre o motor e o painel de instrumentos. Constitui-se de um indicador conectado ao motor por um eixo de acionamento flexível. O eixo de acionamento está engrenado no motor de tal forma que, quando o motor gira, o mesmo acontece com o eixo.

O indicador contém um conjunto de contrapeso acoplado a um mecanismo de engrenagem que aciona um ponteiro. À medida que o eixo de acionamento gira, a **força centrífuga** atua sobre os contrapesos e os move para uma posição angular que, por sua vez, varia com a rotação do motor. Após isso, a quantidade de movimento dos contrapesos é transmitida por meio de um mecanismo de engrenagem ao ponteiro que gira para apontar o movimento no indicador do tacômetro, que está diretamente relacionado com a rotação do motor (Figura 15).

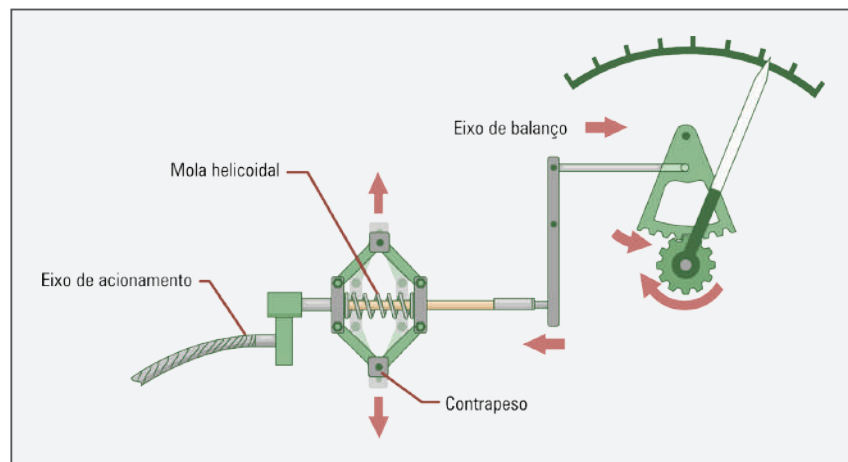


Figura 15 - Mecanismo simplificado de um tacômetro mecânico do tipo contrapeso

### 4.1.2 Tacômetro elétrico

Não é prático utilizar um acoplamento mecânico entre o motor e o indicador de rotação por minuto (rpm) em aeronaves com motores não montados na fuselagem, bem à frente do painel de instrumentos. Dessa maneira, a utilização do tacômetro elétrico promove maior precisão com menor necessidade de manutenção.

Portanto, uma grande variedade de sistemas de tacômetro elétrico pode ser empregada, assim como as instruções do fabricante podem ser consultadas para obter detalhes de cada sistema de tacômetro elétrico.

## 4.2 Sincroscópio

O sincroscópio é um instrumento que indica se dois ou mais dispositivos rotativos, tais como motores, estão sincronizados. Uma vez que ele compara rpm, utiliza a saída dos geradores dos



**Força centrífuga:** A força inercial centrífuga é uma pseudoforça ou força inercial percebida apenas por observadores em referenciais não inerciais de movimento de rotação em relação a um referencial inercial.



tacômetros. Além disso, tal instrumento consiste em um pequeno motor elétrico que recebe corrente elétrica dos geradores de ambos os motores e, por consequência, a corrente do motor mais rápido controla a direção na qual o motor do sincrocópio gira.

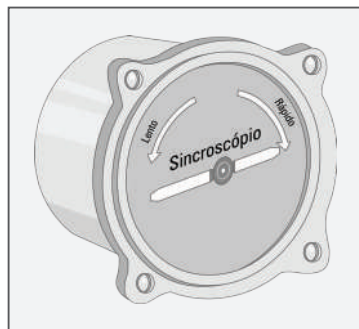


Figura 16 - Sincrocópio

### 4.3 Acelerômetro

Um acelerômetro é um instrumento que mensura aceleração. Ele é usado em sistemas de navegação de referência inerte e para monitorar as forças que atuam sobre uma fuselagem. A sua instalação normalmente está limitada a aeronaves acrobáticas e de alta performance.

Os acelerômetros simples são instrumentos mecânicos de leitura direta, calibrados para indicar a força em (**G**). Um (**G**) é igual a uma vez a força da gravidade. O mostrador de um acelerômetro é feito para exibir as forças positivas e negativas. Em outras palavras, quando uma aeronave inicia uma subida rápida, a força positiva (**G**) tende a empurrar a pessoa contra o assento. Em contrapartida, ao iniciar uma descida rápida, é gerada uma força na direção oposta, resultando em uma força (**G**) negativa.

Também existem acelerômetros elétricos e digitais, nos quais são empregados sensores sólidos como os dispositivos piezoelétricos cristalinos. Nesses tipos de acelerômetro, quando uma força em aceleração é aplicada, a quantidade de resistência, o fluxo de corrente ou a capacitância muda em relação direta com o tamanho da força. Os sinais microelétricos desses acelerômetros mais modernos se integram bem com computadores digitais feitos para processar e exibir a informação na cabine.

### 4.4 Indicadores de dispositivo de alarme e ângulo de ataque (AOA)

Um ângulo de ataque, em inglês, *angle of attack* (AOA), de uma aeronave é formado entre a linha central da asa e o vento relativo. A um determinado ângulo, o fluxo de ar sobre as superfícies das asas é insuficiente para criar a sustentação necessária com vistas a manter a aeronave voando, dando origem ao estol, que pode ser evitado pelo instrumento AOA.

Uma unidade de sensores AOA de aeronaves modernas enviará sinais de saída para os computadores de dados aerodinâmicos ou, em inglês, *air data computers* (ADC). Lá, os dados do AOA são utilizados para criar uma indicação de AOA, normalmente no mostrador de voo primário. A informação de AOA pode ser



Figura 17 - Indicador do ângulo de ataque



**Piezoelétrico:** que é dotado de piezeletricidade, que é o conjunto de fenômenos elétricos produzidos por pressões ou deformações exercidas sobre certos corpos.

**Estol:** velocidade abaixo da qual o avião perde a sustentação, por não haver sucção em cima das asas e pressão embaixo.



**Aleta alfa:** também chamada de aleta do ângulo de ataque, a aleta alfa é uma sonda externa usada para medir o ângulo de ataque.

**Sonda de fenda:** componente pertencente ao indicador do ângulo de ataque (AOA).

integrada com a informação da posição de *flap* e *slat* para determinar um ponto de estol. Além disso, sensores de AOA desse tipo estão sujeitos a erros de posicionamento, uma vez que o fluxo de ar passa em volta da aleta alfa e a sonda de fenda, mudando com a velocidade do vento e a altitude da aeronave. Os erros são pequenos, mas podem ser corrigidos com os ADC.

Para incorporar um aviso de estol iminente, muitos sistemas de AOA sinalizam para um motor de vibração acoplado ao manche da aeronave. Esse motor literalmente sacode a coluna de controle, na qual está anexado o manche, para avisar ao piloto que a aeronave se aproxima de uma condição de estol. Ademais, interruptores elétricos atuam no indicador de AOA em várias situações para ativar o motor que causa um peso desbalanceado, ocasionando os tremores na coluna.

Alguns sistemas incluem um dispositivo que empurra o manche para frente, abaixando o nariz da aeronave quando um AOA crítico se aproxima. Apesar de muitas variações existentes para o aviso de estol, o sistema AOA dispara todos os avisos de estol em aeronaves de alta performance.

## Resumindo

Neste capítulo, foram apresentados os instrumentos que têm relação com os movimentos de uma aeronave. Da mesma maneira, buscou-se descrever componentes como o tacômetro, o acelerômetro, o sincrocópio, entre outros instrumentos fundamentais em todas as aeronaves comerciais.

Em suma, um tacômetro é um dispositivo que informa as rotações por minuto do motor do avião. Já o sincrocópio consiste em um instrumento que indica se dois ou mais motores da aeronave estão em sincronia, ou seja, se operam na mesma rpm. O acelerômetro tem por função realizar um monitoramento das acelerações verticais da trajetória de voo e realizar um registro no intuito de evitar danos significativos. E, por último, tratou-se de como o sistema do ângulo de ataque provê informações para outras unidades do avião, a fim de evitar um estol.

# Capítulo 5

## Instrumentos medidores de temperatura

A temperatura de um determinado local resulta do movimento aleatório das moléculas nesse local. Na existência de diferentes temperaturas dentro ou fora de um lugar, realiza-se a medição das temperaturas e interpreta-se a medida.

### 5.1 Indicadores de temperatura não elétricos

As características físicas da maioria dos materiais mudam quando expostos a modificações de temperatura. Essas alterações são **substanciais**, tais como a expansão ou contração de sólidos, líquidos e gasosos.

O **coeficiente** de expansão de diferentes materiais varia e é único para cada material, pois quase todos estão familiarizados com o líquido do termômetro de mercúrio. Dessa maneira, com o aumento da temperatura do mercúrio, ele se expande, preenchendo uma passagem estreita que tem uma escala graduada para ler a temperatura associada àquela expansão. O termômetro de mercúrio não tem aplicação na aviação, mas ilustra bem o funcionamento da medição por expansão (outra maneira de dizer é: por medição feita pela expansão do mercúrio).

Um termômetro bimetalico é muito útil na aviação. O elemento sensor de temperatura desse termômetro é feito de duas tiras de metais dissimilares presas juntas. Cada metal se expande e contrai a uma taxa diferente quando a temperatura se altera. Por conseguinte, uma das pontas da tira bimetalica é fixada em um determinado ponto dentro do instrumento e a outra fica solta e enrolada. Um ponteiro, montado no corpo do instrumento, fica preso à ponta enrolada. Quando a tira bimetalica é aquecida, os dois metais se expandem. Uma vez que as taxas de expansão dos dois metais são diferentes entre si, e estando um ligado ao outro, o efeito é que a ponta enrolada tenta se endireitar enquanto um metal se expande mais rápido que o outro. Essa diferença faz o ponteiro se mover pelo mostrador do instrumento. Quando a temperatura cai, os metais se contraem a taxas diferentes, o que tende a apertar o caracol e mover o ponteiro na direção oposta.

Um **tubo Bourdon** também é utilizado como um medidor de temperatura não elétrico de leitura direta em aeronaves leves e simples. Ao calibrar o mostrador de um medidor tipo tubo Bourdon com uma escala de temperatura, ele pode indicar temperatura. A base da operação é a expansão consistente do vapor produzido por um líquido **volátil** em uma área fechada. Essa pressão do vapor se altera diretamente com a



**Substancial:** que é considerado grande; considerável, avultado, vultoso.

**Coefficiente:** produto de um ou mais fatores, convencionalmente escolhidos, de um monômio.

**Tubo Bourdon:** é um elemento sensor para a medição mecânica de pressão utilizado, por exemplo, em manômetros.

**Volátil:** que não é firme ou permanente; inconstante, mudável; que vaporiza à pressão e temperatura ambientes.



Figura 18 - Indicador de temperatura bimetalico



**Bulbo:** qualquer estrutura, elemento ou parte deles cuja forma lembra a de um bulbo. Estrutura anatômica arredondada ou intumescente. Nas lâmpadas e válvulas, o envoltório de metal ou vidro.

**Psi:** libra-força por polegada quadrada, ou, em inglês, *pound force per square inch*, é a pressão resultante da força de uma libra-força aplicada a uma área de uma polegada quadrada.

**Ponte de Wheatstone:** é um esquema de montagem de elementos elétricos que permite a medição do valor de uma resistência elétrica desconhecida.

temperatura. Ao se encher um bulbo sensor com um líquido tão volátil e ao conectá-lo ao tubo Bourdon, o tubo causa uma indicação da subida e da queda da pressão do vapor devido à mudança de temperatura.

A calibração do mostrador em graus Fahrenheit ou Celsius, em vez de psi, fornece uma leitura de temperatura. Nesse tipo de medidor, o bulbo sensor é colocado na área que precisa ter a temperatura medida. A lâmpada é ligada ao tubo Bourdon na cápsula do instrumento por meio de um tubo capilar longo. O diâmetro estreito do tubo capilar assegura que o líquido volátil seja de peso leve e permaneça primariamente no bulbo sensor. Às vezes, a temperatura do óleo é medida dessa maneira.

## 5.2 Indicadores de medição elétrica de temperatura

O uso de eletricidade para medir a temperatura é muito comum na aviação. Os seguintes sistemas de medição e indicação podem ser encontrados em muitos tipos de aeronaves. Certos intervalos de temperatura, contudo, são medidos mais adequadamente por um ou outro tipo de sistema.

### 5.2.1 Termômetro de resistência elétrica

As principais partes do termômetro de resistência elétrica são o instrumento de indicação, o elemento sensível à temperatura (ou bulbo), os fios de ligação e os conectores de encaixe. Termômetros de resistência elétrica são amplamente utilizados em muitos tipos de aeronaves para medir ar do carburador, óleo, temperatura do ar livre e muito mais. Eles são usados para medir temperaturas baixas e médias, na temperatura de menos de  $-70^{\circ}\text{C}$  a mais de  $150^{\circ}\text{C}$ .

Para a maioria dos metais, a resistência elétrica muda à medida que a temperatura dos metais muda. Esse é o princípio sobre o qual um termômetro de resistência opera. Tipicamente, a resistência elétrica de um metal aumenta à proporção que a temperatura sobe. Várias ligas têm um coeficiente de temperatura de resistência alto, ou seja, a sua resistência varia significativamente com a temperatura. Isso pode torná-las adequadas para o uso em dispositivos de detecção de temperatura.

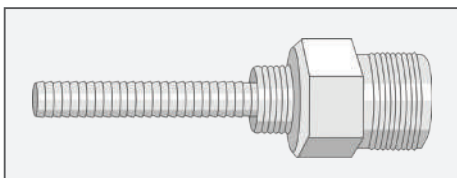


Figura 19 - Um bulbo sensor do termômetro de resistência elétrica

O resistor de metal é submetido ao fluido ou à área em que a temperatura deve ser medida. Ele está ligado por fios a um dispositivo indicador de medição de resistência no interior da cabine. O mostrador do instrumento é calibrado em graus Fahrenheit ou Celsius como desejado, em vez de em ohms. À proporção que a temperatura a ser medida muda, a resistência dos metais muda, e a temperatura é mostrada no indicador de medição de resistência.

### 5.2.2 Termômetro de resistência de razão elétrica

Outra maneira de indicar a temperatura quando se emprega um termômetro de resistência elétrica é usando um medidor de razão. O indicador de ponte de Wheatstone está sujeito a

erros de flutuação de tensão linha. O medidor de razão é mais estável e pode proporcionar maior precisão. Como o próprio nome sugere, o medidor de razão do termômetro de resistência elétrica mede a razão do fluxo de corrente.

O circuito contém uma resistência variável e uma resistência fixa para proporcionar a indicação a qual contém duas derivações para o fluxo de corrente. Cada uma das derivações tem uma bobina montada em ambos os lados do conjunto de ponteiro, que, por sua vez, está montado no interior do campo magnético de um grande ímã permanente. Ao variar o fluxo de corrente por meio das bobinas, provocam-se diferentes campos magnéticos para a forma, que reagem com o campo magnético maior do ímã permanente. Essa interação gira o ponteiro contra o mostrador de discagem, que é calibrado em graus Fahrenheit ou Celsius, dando uma indicação de temperatura.

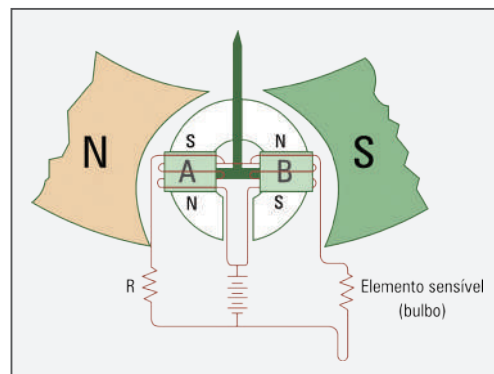


Figura 20 - Galvanômetro

Os polos das extremidades magnéticas do ímã permanente estão mais próximos do topo do que da parte inferior. Isso faz com que as linhas do campo magnético de fluxo entre os polos sejam mais concentradas na parte superior. Como as duas bobinas produzem os seus campos magnéticos, o campo mais forte interage e **pivota** para baixo, para a parte mais fraca e menos concentrada do campo magnético permanente, enquanto o campo magnético da bobina mais fraca converte para cima, em direção ao campo de fluxo mais concentrado do ímã grande.



**Pivotar:** girar, fazer girar.

### 5.3 Indicadores de temperatura de termopares

Um termopar é um dispositivo elétrico de medição de temperatura, constituído de dois metais distintos, que, unidos por suas extremidades, formam um circuito fechado. Os metais tocam dois cruzamentos separados. Ao serem tocados, se uma das junções for aquecida a uma temperatura mais elevada que a outra, uma força eletromotriz é produzida no circuito.

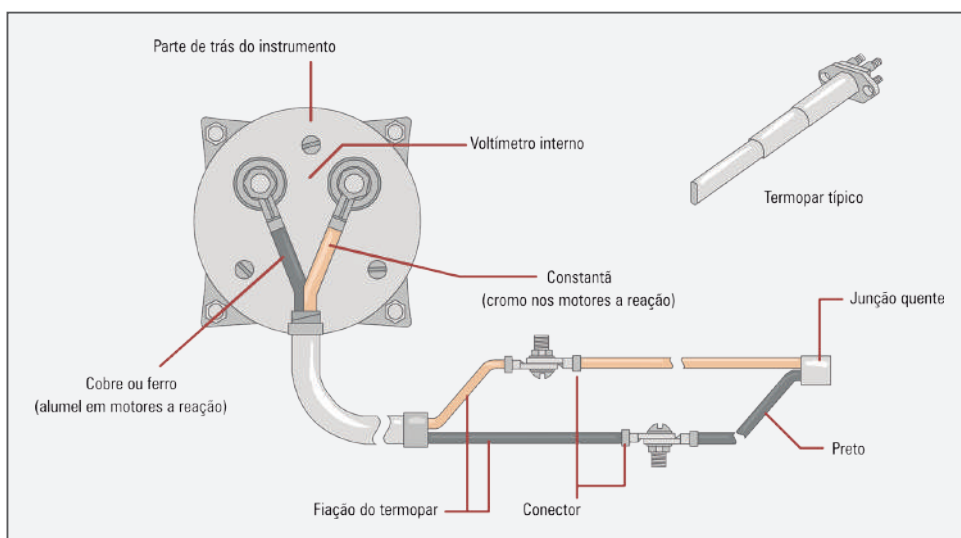


Figura 21 - Sistema de indicação de temperatura da cabeça do cilindro



**Constantã:** é uma liga metálica utilizada na produção de fios para a fabricação de resistores elétricos, bem como em termopares para instrumentação, devido à sua propriedade característica de exibir a resistividade elétrica praticamente constante em um amplo intervalo de temperatura.

**Alumel:** nome comercial de uma liga de níquel com alumínio (2%), manganês (2%) e silício (1%), de grande resistência à corrosão oxidante e us. na fabricação de resistores elétricos.

**Milivolt:** unidade de potencial igual a um milésimo de volt [símb.: mV].

**Servo (modalidade de motor):** servo motor é uma máquina, mecânica ou eletromecânica, que apresenta movimento proporcional a um comando, em vez de girar ou se mover livremente sem um controle mais efetivo de posição como a maioria dos motores.

Os termopares são usados para medir a altas temperaturas. Existem duas aplicações comuns para a medição da temperatura da cabeça do cilindro, em inglês, *cylinder head temperature* (CHT), em motores alternativos, e da temperatura dos gases do escapamento, em inglês, *exhaust gas temperature* (EGT), em motores de turbina. Termopares são feitos a partir de uma variedade de metais de acordo com a temperatura máxima à qual eles são expostos.

São comuns para a medição de CHT o ferro e **constantã** ou cobre e constantã. Cromo e **alumel** são usados para termopares de EGT. Quando aquecidos, a quantidade de tensão produzida pelos metais diferentes é medida em **milivolts**. Portanto, condutores de termopares são projetados para fornecer uma quantidade específica de resistência no circuito termopar (geralmente muito pouco). Seu material, o comprimento ou o tamanho da seção transversal não podem ser alterados sem qualquer compensação para a variação da resistência total que resultaria. Cada condutor que estabelece uma ligação de volta para o voltímetro deve ser feito do mesmo metal que parte do termopar, ao qual ele está ligado.

### Sistema de indicação de temperatura dos gases da turbina

EGT é uma variável crítica da operação do motor de turbina. O sistema de indicação da EGT informa a temperatura dos gases de escapamento da turbina por intermédio da exibição na cabine. Em certos motores de turbina, a temperatura dos gases de escape é medida na entrada da unidade de turbina. Esse sistema de indicação se refere à temperatura de entrada da turbina, em inglês, *turbine input temperature* (TIT).

Vários termopares são usados para medir EGT ou TIT. Eles estão espaçados em todo o perímetro do invólucro da turbina ou do duto do escapamento. As tensões termopares são tipicamente amplificadas e usadas para energizar um pequeno **servo** motor que impulsiona o ponteiro indicador do termômetro. As escalas dos instrumentos variam entre 0 °C e 1200 °C, com um mostrador vernier no canto superior direito e uma bandeira de alerta de **off** localizada na parte inferior do mostrador de aviso.

Um sistema de indicação TIT proporciona uma indicação visual no painel de instrumentos da temperatura dos gases que entram na turbina. Em um tipo de turbina de aviação, a temperatura de entrada de cada turbina é medida por 18 unidades de sondas duplas, instaladas no anel envolvente da turbina. Numerosos termopares podem ser utilizados com a tensão média para representar a TIT. Termopares duplos existem contendo duas junções eletricamente independentes dentro de uma única sonda.

## 5.4 Medição total da temperatura do ar (TAT)

A temperatura do ar é um parâmetro de valor do qual muitas variáveis de controle e monitoramento de performance dependem. Durante o voo, a temperatura do ar estático muda continuamente e é um desafio fazer uma medição precisa. Abaixo de 0.2 Mach, um medidor de temperatura bimetálico ou tipo resistência simples pode prover informação de temperatura do ar relativamente precisa. Quando em velocidades maiores, a fricção, a compressibilidade do ar e o comportamento da camada fronteira tornam a captura de temperatura acurada

mais complexa. A temperatura total do ar, *total air temperature* (TAT), é a temperatura do ar estático mais qualquer aumento na temperatura causado pelo movimento de alta velocidade da aeronave pelo ar. Sondas sensoras de TAT são feitas especificamente para capturar com precisão esse valor e transmitir sinais para indicação da cabine, bem como para o uso em vários sistemas da aeronave e motores.

Sistemas simples de TAT incluem um sensor e um indicador com um circuito de balanceamento de resistência embutido. O fluxo de ar pelo sensor é feito para que o ar com a temperatura precisa impacte um elemento de resistência de liga de platina. O sensor é desenvolvido para capturar variações de temperatura em termos de variação da resistência do elemento. Quando colocado no circuito ponte, o ponteiro indicador se move em resposta ao desequilíbrio causado pelo resistor variável.



Figura 22.A - Mostrador TAT de cabine - Indicador de plataforma balanceada



Figura 22.B - Mostrador TAT de cabine - Indicador acionado por servo



Figura 22.C - Mostrador TAT de cabine - Indicador LCD



Figura 22.D - Mostrador TAT de cabine - Tela digital completo

## Resumindo

Em muitos tipos de aeronaves, os sistemas de medição de temperatura são usados para medir o óleo do motor, o ar ambiente, o ar do carburador e outras temperaturas. Eles são especialmente utilizados para medir as condições de temperatura.

Viu-se, portanto, a importância da precisão na transmissão dos dados coletados e o funcionamento interno de diversos instrumentos de medição de temperatura conforme sua fonte de energia, o material do qual podem ser feitos, entre vários outros aspectos, como sua localização na aeronave, da captação ao *display* na cabine de comando.





# Capítulo 6

## Instrumentos de indicação de direção

Para seguir em uma rota desejada, é necessário que o piloto mantenha uma direção – termo que se usa genericamente para rumo (sentido para o qual o nariz do avião aponta) e caminhos (local por onde passa o avião). Existe uma infinidade de técnicas e instrumentos para auxiliar o piloto na navegação da aeronave, a indicação de direção faz parte dessa navegação.

### 6.1 Bússola magnética

Ter um instrumento a bordo da aeronave que indique direção pode ser **inestimável** para o piloto. De fato, é requisito que toda aeronave certificada tenha algum tipo de indicador de direção magnética. A bússola magnética é um instrumento de encontrar direção, que tem sido usado para navegação há centenas de anos. É um instrumento simples que se aproveita do campo magnético da Terra.

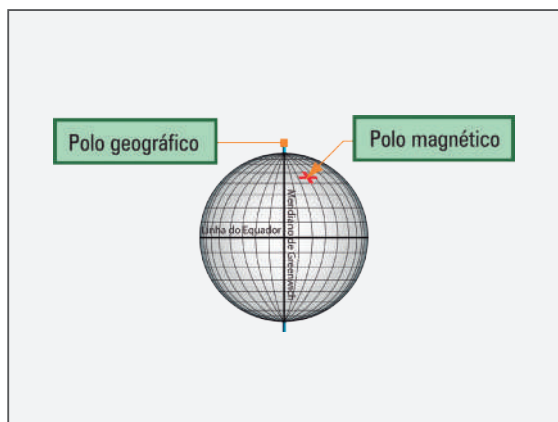


Figura 23.A - Polos geográfico e magnético da Terra

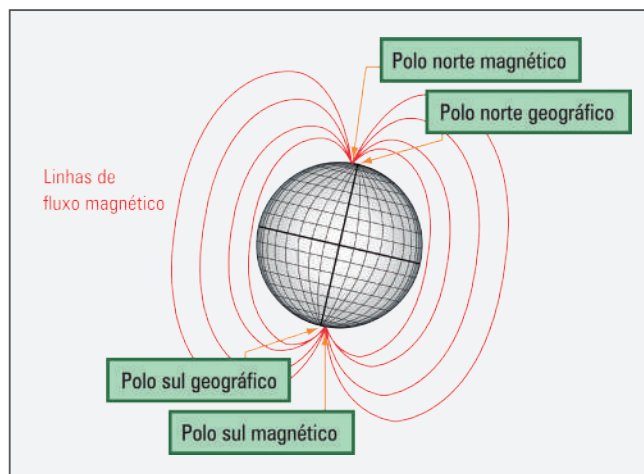


Figura 23.B - Polos norte e sul geográfico e magnético da Terra

As Figuras 23.A e 23.B mostram a Terra e o campo magnético que a circula. O polo norte é bem próximo ao polo norte **geográfico** do globo, mas eles não são os mesmos. Um ímã normal permanente que esteja livre para se mover alinha-se com a direção do campo magnético da Terra e, sobre esse princípio, constrói-se um instrumento que o piloto pode usar como referência para obter orientação direcional.



**Inestimável:** difícil ou impossível de ser estimado, avaliado; inapreciável, incalculável. De grande valor; incalculável.

**Geográfico:** relativo à geografia. Pertencente ou característico de uma região particular.



**Pivô:** aquilo que sustenta; suporte.

**Rosa dos ventos:** é um instrumento antigo utilizado para auxiliar na localização relativa, isto é, como um ponto posiciona-se em relação a outro. Ela também serve de referência para localização absoluta em mapas e cartas.

**Perímetro:** linha que forma o contorno de uma figura traçada em um plano ou em uma superfície; soma de lados de uma figura. Linha que delimita uma área ou região.

**Oscilação:** movimento de um corpo suspenso similar ao do pêndulo de um relógio; balanço. Movimento de um lado para outro.

**Fricção:** ação de friccionar; atrito, esfregação. Atrito resultante de dois corpos que se esfregam; atrição.

**Linha limbo:** ou linha de fé. Reta traçada sobre a alidade de um círculo ou de qualquer outro instrumento graduado e que serve para indicar a direção do centro do instrumento ao objeto visado.

Ímãs permanentes são presos a uma boia que fica montada em um pivô, assim ela fica livre para girar em um plano horizontal. Dessa maneira, os ímãs se alinham com o campo magnético da Terra. Uma rosa dos ventos numérica, normalmente graduada em incrementos de cinco graus, é construída em volta do perímetro da boia, que serve de mostrador do instrumento. Todo o conjunto se conforma em uma caixa selada, que é preenchida com um líquido similar ao querosene. Isso amortece a vibração e a oscilação do conjunto flutuante móvel e diminui a fricção.

Na frente da caixa, um mostrador de vidro permite a leitura da rosa dos ventos em contraste com a linha limbo. Portanto, o direcionamento magnético da aeronave é lido pela percepção da graduação na qual a linha limbo cai. Assim, o sentido em qualquer dos 360 graus pode ser obtido do mostrador com o conjunto de boia magnética, de acordo com as mudanças de sentido da aeronave.

O líquido que preenche a caixa da bússola se expande e se contrai com as mudanças de altitude e com a flutuação da temperatura. Existe um diafragma (sifão) que realiza os mesmos movimentos do líquido para ajustar o volume do espaço dentro da caixa, de forma que permaneça cheia, conforme mostrado nas Figuras 24.A e 24.B.

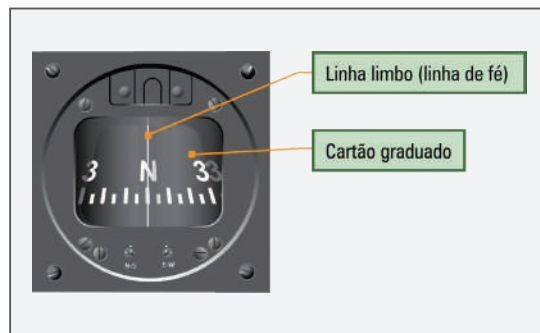


Figura 24.A - Bússola magnética padrão

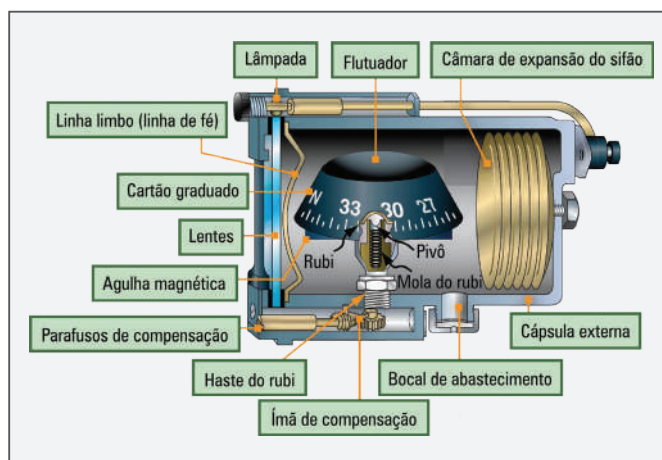


Figura 24.B - Partes de uma bússola magnética padrão

Há questões de precisão associadas ao uso da bússola magnética. Os ímãs principais de uma bússola se alinham não apenas ao campo magnético da Terra, eles, na realidade, ordenam-se



em relação ao campo composto criado por todas as influências magnéticas ao seu redor. Isso significa que há influência **eletromagnética** local de estruturas metálicas próximas à bússola e do sistema elétrico operacional da aeronave.

A isso se dá o nome de desvio magnético, que causa um desalinhamento do ímã com o campo magnético da Terra. Para corrigir esse desvio magnético, é necessário apertar os parafusos de compensação, que movem ímãs permanentes pequenos na caixa da bússola. Os dois parafusos de ajuste ficam no mostrador do instrumento e denominam-se N-S e E-W para representar *north, south, east, west*, em português, norte, sul, leste, oeste. Eles são posicionados para contrabalançar as influências magnéticas locais que agem nos ímãs da bússola principal.

É relevante mencionar que o desvio magnético não pode ser ignorado e não pode passar de dez graus. Dessa maneira, o processo de saber como ajustá-lo é conhecido como oscilação da bússola. Para mantê-lo no seu mínimo nível, é desejável utilizar parafusos **não ferrosos** e proteger ou retorcer o fio que corre até a iluminação da bússola.

Outro erro da bússola se chama variação magnética, causada pela diferença de localidade entre os polos magnéticos e geográficos. Curiosamente, há apenas alguns lugares do planeta onde uma bússola que aponta o norte magnético também aponte o norte geográfico.

Uma linha desenhada entre essas localidades se chama **linha agônica**. Já as **linhas isogônicas**, desenhadas nas cartas aeronáuticas, indicam os pontos de variação **igualitária**. Em todos os outros pontos, há alguma variação entre as indicações magnéticas e geográficas. Diante disso, dependendo da localização da aeronave, os aviadores devem adicionar ou subtrair graus da indicação magnética para que se obtenha a informação da localidade geográfica verdadeira.

O campo magnético da Terra sai dos polos verticalmente e arqueia-se para se estender pelo **equador** horizontalmente ou paralelamente à superfície da Terra. Ao operar uma aeronave perto dos polos, acontece o que ficou conhecido como erro de mergulho. Para melhor entendimento, os ímãs da bússola empuxam para baixo em direção ao polo, em vez de horizontalmente, que é o caso próximo ao equador. Esse movimento para baixo causa imprecisão na indicação. Apesar de o mecanismo de flutuação da bússola ser pesado para compensar, quanto mais próximo a aeronave estiver do norte ou do sul magnéticos, mais **pronunciados** serão os erros.

Os erros da bússola manifestam-se de duas formas. A primeira é chamada de erro de aceleração. Se uma aeronave estiver voando em um caminho leste-oeste e simplesmente acelerar, a **inércia** do mecanismo de flutuação causa o giro da bússola para o norte e a desaceleração rápida causa um giro para o sul. A segunda forma desse erro acontece se uma curva com inclinação for feita em direção ao polo norte, o empuxo do campo magnético para baixo inicialmente puxa a rosa dos ventos para longe do sentido da curva.

O oposto é verdadeiro se o voo for para o sul a partir do polo norte e uma curva com inclinação for iniciada. Nesse caso, há um empuxo inicial do indicador da bússola no sentido da curva. Esses tipos de movimentos são chamados erros de curva.

Existe outra peculiaridade com a bússola magnética, que consiste em virar a aeronave para a esquerda. Caso ela voe para o norte ou em direção a qualquer sentido indicado, haverá um decréscimo da estabilidade nos números de **proa**. Mas, antes de se fazer a curva, os números

#### **Eletromagnético:**

concernente a eletromagnetismo ou que dele decorre. Eletromagnetismo é o conjunto de fenômenos que dizem respeito à interação entre campos elétricos e magnéticos e sua interação.

**Não ferroso:** metais não ferrosos são ligas metálicas ou metais que não contêm ferro ou o têm em pequena quantidade.

**Linha agônica:** pontos na superfície terrestre de declinação magnética nula.

**Linha isogônica:** são linhas formadas por pontos na superfície terrestre com a mesma declinação magnética.

**Igualitária:** relativa ao igualitarismo, que se refere à igualdade absoluta.

**Equador:** a linha do equador é uma linha imaginária responsável pela divisão do globo terrestre em dois hemisférios: Hemisfério Sul, também denominado meridional ou austral; Hemisfério Norte, também conhecido como setentrional ou boreal.

**Pronunciado:** que sobressai ou se destaca; saliente.

**Inércia:** resistência que a matéria oferece à aceleração.

**Proa:** parte dianteira de uma embarcação.

à esquerda da rosa dos ventos, na realidade, diminuem. Os números à direita da linha limbo giram atrás dele em uma curva à esquerda. Assim, a rosa dos ventos gira na direção oposta à da curva pretendida. Isso se dá porque, do assento do piloto, veem-se, na verdade, as costas da rosa dos ventos.

## 6.2 Bússola magnética vertical

Foram desenvolvidas soluções para os imprevistos da bússola magnética simples, descritas anteriormente. Como foi visto, a bússola magnética vertical é uma variação da bússola magnética que elimina a rotação reversa da rosa dos ventos. Ao se montarem os ímãs principais da bússola em um vão, em vez de boia, por meio de uma série de engrenagens, uma rosa dos ventos pode ser feita para girar em torno de um eixo horizontal. Dessa forma, ao se virar à direita, os números crescentes ficam à direita; e, ao se virar à esquerda, os números decrescentes giram desde a esquerda.



Figura 25 - Indicador de direção magnético vertical

Muitas bússolas magnéticas verticais têm também substituído os instrumentos com líquido por um recipiente amortecedor que usa correntes parasitas para amortecer as oscilações. Uma bússola magnética vertical e um giro direcional se parecem muito e se encontram com frequência na posição central inferior do painel básico de instrumentos em (T). Ambos usam o nariz da aeronave como linha limbo contra a qual uma rosa dos ventos giratória é lida. Os compassos magnéticos verticais são caracterizados pela ausência do botão de ajuste manual encontrado nos giros direcionais, os quais são utilizados para alinhar o giro com a indicação magnética.

## 6.3 Bússola de indicação remota

O desvio magnético é compensado pelo giro da bússola por meio do ajuste de ímãs de compensação na caixa do instrumento. No entanto, uma solução melhor para esse desvio é colocar remotamente a bússola magnética em uma ponta da asa ou do estabilizador vertical em que há pouca, ou quase nenhuma, interferência com o campo magnético da Terra. Ao se usar um sistema indicativo **remoto sincro**, o conjunto de flutuação da bússola magnética pode agir como o rotor do sistema sincro.

Com o giro do mecanismo de flutuação, para se alinhar com o norte magnético na bússola localizada remotamente, uma corrente elétrica variada pode ser produzida no transmissor. Isso altera o campo magnético produzido pelas bobinas do indicador na cabine, e é mostrada uma indicação magnética, relativamente livre de desvio.



**Remoto sincro:** é um sistema utilizado para transmitir informação de um ponto a outro.

## 6.4 Bússola de indicação remota giro acoplado

Um método elaborado e muito preciso de indicação de direção tem sido desenvolvido, combina um giro, uma bússola magnética e um sistema de indicação remoto. Ele é denominado bússola giro **acoplado** ou sistema de bússola *flux gate* (válvula de fluxo). Um estudo da seção de instrumentos giroscópicos auxilia no entendimento desse dispositivo.

Um indicador de direção giroscópico é aumentado pela informação da direção magnética de uma bússola remotamente localizada. O tipo de bússola usada é chamado bússola *flux valve* ou bússola *flux gate*. O campo magnético da Terra flui por esse núcleo de ferro e varia sua distribuição pelos segmentos do núcleo enquanto a válvula de fluxo é girada por meio do movimento da aeronave. As bobinas de captação são enroladas em cada perna da armação do núcleo, posicionando-se a 120° de distância uma da outra.

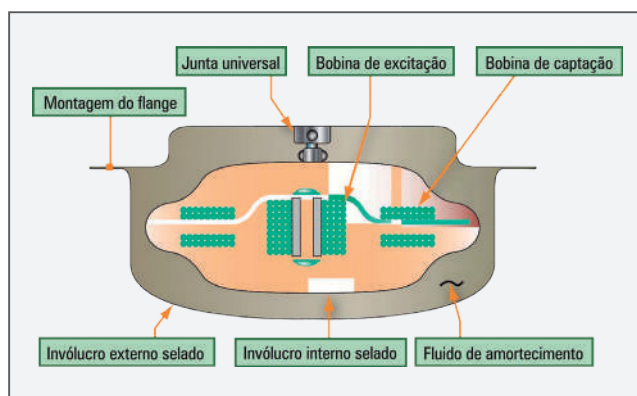


Figura 26.A - Exemplo de uma válvula de fluxo

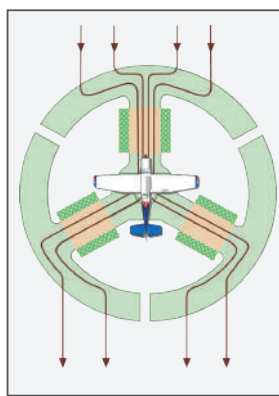


Figura 26.B - Aeronave rumo ao norte com linhas de fluxo da terra

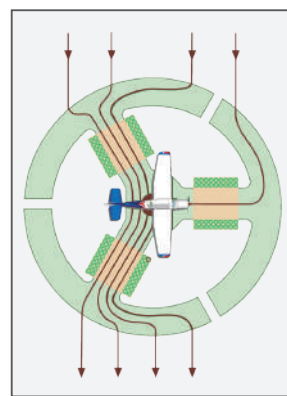


Figura 26.C - Aeronave rumo ao oeste com linhas de fluxo da terra

A distribuição do campo magnético da Terra que flui pelas pernas da armação é única para cada orientação direcional da aeronave. Uma bobina é posicionada no centro do núcleo e energizada pela **corrente AC**. Com a passagem do fluxo AC pelo zero na mudança de direção, o campo magnético da Terra se permite fluir através do núcleo. Daí, ele é bloqueado ou canalizado enquanto o campo magnético do fluxo de corrente do núcleo vai até o seu pico novamente. O ciclo se repete na frequência da AC suprida à bobina de **excitação**. Durante cada ciclo, uma voltagem única é induzida em cada uma das bobinas de captação, refletindo a orientação da aeronave no campo magnético da Terra.

A eletricidade que flui de cada uma das bobinas é transmitida para fora da válvula de fluxo por meio de fios que entram em uma segunda unidade. Elas contêm um sistema de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico, um giro direcional, um amplificador e um **estator** de três fases, que é similar ao encontrado no indicador de um sistema sincro. Uma voltagem única é induzida ao rotor central desse estator, que reflete a voltagem recebida das bobinas de captação da válvula de fluxo enviadas por meio das bobinas estatoras. Ela é amplificada e usada para aumentar a posição do giro direcional. Após isso, o giro recebe fiação para ser o rotor de



**Acoplar:** juntar(-se), unir(-se), ligar(-se) fisicamente (dois ou mais corpos ou objetos). Estabelecer ou passar a apresentar vínculo, conexão (com).



**Corrente AC:** A corrente alterna (CA) ou corrente alternada, em inglês, *alternating current* (AC), é uma corrente elétrica cujo sentido varia no tempo.

**Excitação:** estado de agitação, de exaltação.

**Estator:** diz-se de ou parte estacionária de um gerador ou motor elétrico em funcionamento.

um sistema de AC de sincronismo de dados por ímã elétrico que transmite a posição do giro para dentro de uma unidade indicadora localizada na cabine. No indicador, uma rosa dos ventos vertical gira contra a linha limbo no formato de uma pequena aeronave.

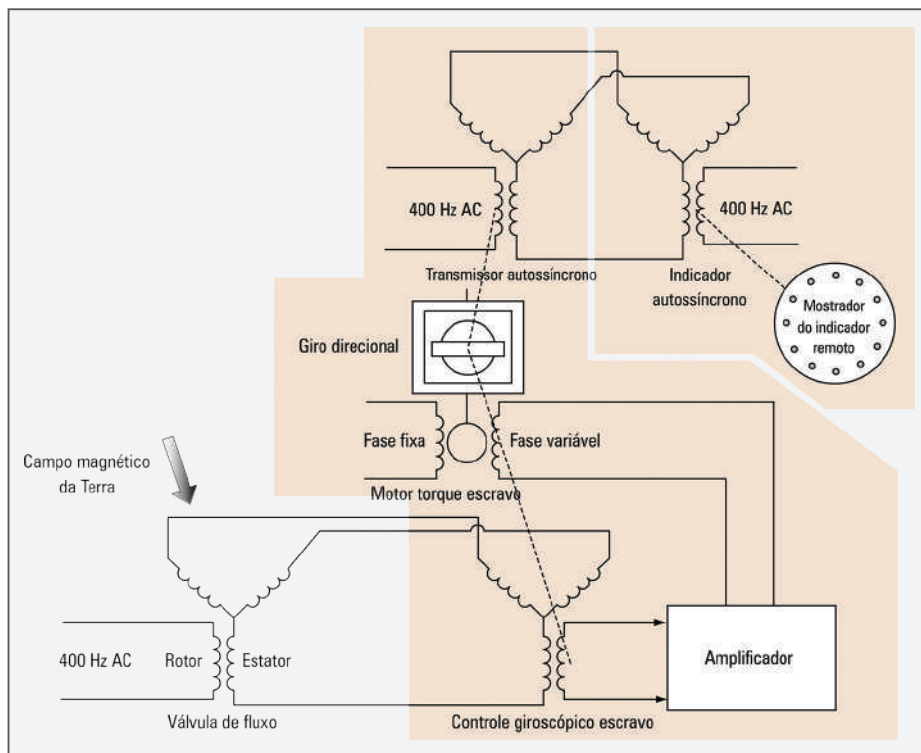


Figura 27 - Circuito elétrico da bússola giroscópica

Outros melhoramentos para sistemas de direcionamento desse tipo envolvendo a integração da rádio navegação são comuns. O indicador rádio magnético, em inglês, *radio magnetic indicator* (RMI), é uma dessas variações. Além do indicador de direção rotativo da bússola giro escravo, ele contém dois ponteiros. Um indica a marcação para uma estação de frequência muito alta, do inglês *very high frequency* (VHF), e de alcance unidirecional, *omnidirecional range* (VOR), e os outros indicam a marcação de um localizador automático de direção, *automatic direction finder* (ADF).

## 6.5 Magnetômetro de estado sólido

Os magnetômetros de estado sólido são usados em muitas aeronaves modernas. Eles não possuem partes móveis e são extremamente precisos. Seu funcionamento acontece mediante a reação de pequeninas camadas ao magnetismo a um nível molecular, resultando em variações na atividade dos elétrons.



**Giro escravo:** bússola magnética estabilizada por um giro.

**Unidirecional:** que envolve uma única direção; que se move, se propaga ou funciona em uma única direção.

Esses dispositivos de baixo consumo de energia podem captar não apenas a direção dos polos magnéticos da Terra, mas, também, o ângulo do campo de fluxo. Eles não estão sujeitos às oscilações que podem influenciar uma bússola magnética padrão e caracterizam algoritmos de processamento integrado e integração fácil com sistemas digitais.

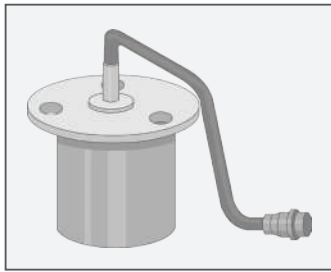


Figura 28.A - Magnetômetro de estado sólido

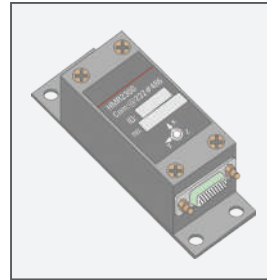


Figura 28.B - Outro exemplo de magnetômetro de estado sólido

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que há diversos tipos de bússola, entre eles, a antiga, mas ainda em uso, bússola magnética. Uma vez que os polos geográficos da Terra não são necessariamente os mesmos indicados pela bússola magnética, é necessário que o piloto faça uma leitura relativizada dessa bússola, levando em consideração as possíveis variantes, como as interferências magnéticas geradas pelas próprias estruturas metálicas da aeronave. Informou-se que é possível realizar a manutenção desse tipo de bússola, alinhando seus ímãs corretamente por meio de parafusos dispostos no mostrador do instrumento.

Notou-se que, posteriormente, foi criada a bússola vertical e que a bússola de indicação remota foi desenvolvida para apontar uma direção líquida, bastando-se ajustá-la manualmente. A bússola válvula de fluxo encontra a direção do campo magnético da Terra e converte a informação captada em um sinal elétrico, e é mais moderna. O magnetômetro, menor e melhor integrado com as novas tecnologias, realiza com bastante precisão a tarefa de captar a direção dos polos magnéticos da Terra e o ângulo do campo de fluxo sem ser influenciado pelas interferências comuns.





# Capítulo 7

## Fonte de energia para operação de giroscópio

Os instrumentos giroscópicos são essenciais e utilizados em toda aeronave. Eles fornecem ao piloto a **atitude** crítica e a informação direcional e são particularmente importantes durante o voo sob regras de voo por instrumentos ou, em inglês, *instrument flight rules* (IFR). As fontes de energia desses instrumentos podem variar. O requisito básico é girar os giroscópios a uma taxa alta de velocidade.

Originalmente, os instrumentos giroscópicos eram **estritamente** movidos a **vácuo**. Uma fonte a vácuo puxava o ar através do giro dentro dos instrumentos para fazer com que girassem. Tempos depois, a eletricidade foi adicionada como uma fonte de energia. Em algumas aeronaves a pressão, em vez do vácuo, é utilizada para induzir o giro a se movimentar. Portanto, vários sistemas e configurações de energia têm sido desenvolvidos para prover uma operação confiável dos instrumentos giroscópicos.

### 7.1 Sistema a vácuo

Sistemas a vácuo são muito comuns para instrumentos de giro. Em um sistema a vácuo, uma corrente de ar direcionada contra os **vãos** do rotor gira-o em alta velocidade. A ação é similar a uma **roda d'água**. Primeiramente o ar, à pressão atmosférica, é direcionado a um ou mais de um filtro. Daí ele é direcionado para dentro do instrumento e, depois, para os vãos no rotor do giro, por conseguinte, uma linha de **sucção** vai da cápsula do instrumento à fonte de vácuo e, a partir disso, o ar é ventilado para fora. Tanto uma bomba de vácuo quanto um Venturi podem ser usados para fornecer o vácuo requerido a fim de mover os rotores dos instrumentos de giro.

O valor a vácuo, requerido para a operação do instrumento, fica normalmente entre 3½ polegadas a 4½ polegadas de mercúrio. Normalmente, ele se ajusta por meio da válvula de alívio de vácuo localizada na linha de suprimento. Alguns indicadores de curva e inclinação requerem um ajuste a vácuo mais baixo que pode ser obtido por intermédio do uso de uma válvula de regulação adicional na linha de suprimento a vácuo da curva e inclinação.

#### 7.1.1 Sistema do tubo de Venturi

A velocidade do ar que corre através de um **tubo de Venturi** pode criar sucção suficiente para movimentar os instrumentos de giro. Corre-se uma linha dos instrumentos de giro até a garganta de Venturi montado do lado de fora da fuselagem do avião. A baixa pressão no tubo empurra o ar através dos instrumentos, move os giros e expelle o ar para fora por intermédio do Venturi. Essa fonte de energia do giro é usada em muitas aeronaves antigas, mais simples.



**Atitude:** circunstância ou disposição de uma aeronave (foguetes, míssil, satélite etc.) caracterizada pela elevação do eixo em comparação ao ponto de referência.

**Estritamente:** de forma rigorosa, precisa; exatamente, rigorosamente. Completamente, absolutamente.

**Vácuo:** que nada contém; absolutamente vazio, oco. Espaço não ocupado por matéria alguma; vacuidade, vazio.

**Vão:** espaço vazio entre uma e outra matéria.

**Roda d'água:** a roda de água ou roda d'água é um dispositivo circular montado sobre um eixo, contendo na sua periferia caixinhas ou aletas dispostas de modo a poder aproveitar a energia hidráulica.

**Sucção:** ato ou efeito de sugar; sugação. Ato ou efeito de aspirar; aspiração.

**Tubo de Venturi:** é um aparato criado para medir a velocidade do escoamento e a vazão de um líquido incompressível por meio da variação da pressão durante a passagem deste líquido por um tubo.

Uma aeronave leve, monomotora, pode ser equipada com um Venturi de 2 polegadas (capacidade de 2 polegadas de mercúrio) para operar o indicador de curva e inclinação. Ela também pode possuir um Venturi mais largo, de 8 polegadas para fornecer energia para os indicadores de atitude e direcionamento. A Figura 29 fornece ilustrações simplificadas desses sistemas Venturi a vácuo. Normalmente, o ar que entra nos instrumentos é anteriormente filtrado.

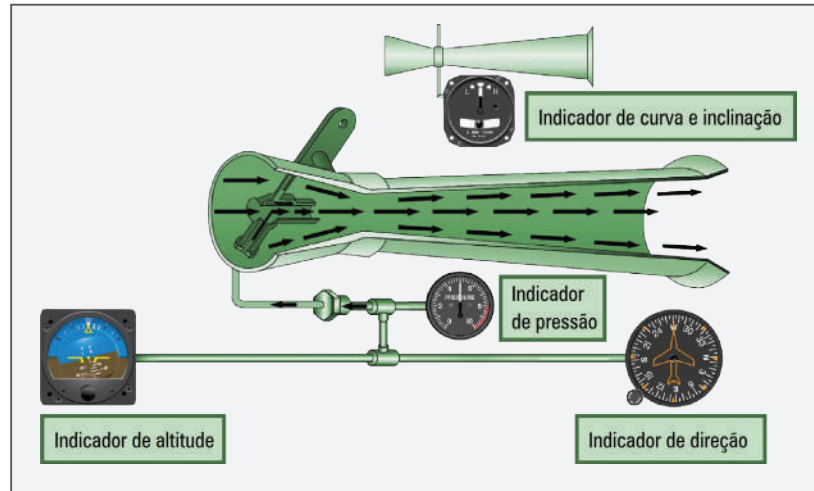


Figura 29 - Sistema simples de tubo de Venturi

As vantagens de um Venturi como fonte de sucção são seu relativo baixo custo e a simplicidade de sua instalação e operação. Ele também não exige energia elétrica, mas apresenta sérias limitações. Por exemplo: um Venturi é feito para produzir o vácuo desejado a aproximadamente 100 mph ao nível do mar. Ocorre que grandes variações na velocidade ou na densidade do ar causam flutuação na sucção realizada, comprometendo assim o resultado do Venturi. Além disso, o fluxo de ar pode também ser dificultado pelo gelo que pode se formar no tubo de Venturi.

Ademais, uma vez que o rotor não alcança a velocidade normal de operação até que se tenha decolado, checagens operacionais dos instrumentos de giro energizados pelo tubo de Venturi não podem ser feitas antes do voo. Por essas razões, fontes alternativas de energia a vácuo foram desenvolvidas.

### 7.1.2 Bomba de vácuo movida pelo motor

A bomba de vácuo de **palheta** acionada pelo motor é a fonte mais comum de vácuo para os giros instalados na aviação em geral, para aeronaves leves. Um tipo de bomba a motor é **engrenado** ao motor e conectado ao sistema de lubrificação para **selar**, resfriar e lubrificar a bomba. Ela opera sem lubrificação externa e a instalação não requer conexão ao suprimento de óleo do motor e também não precisa do separador de óleo e ar, ou válvula unidirecional, encontrados em sistemas de bomba úmida. Em várias outras ocasiões, o sistema de bomba a seco e o sistema de lubrificação a óleo são os mesmos como demonstrado na Figura 30.

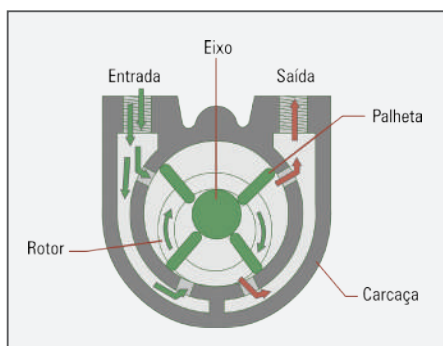


Figura 30 - Vista em corte de uma bomba de vácuo acionada pelo motor tipo palheta



**Palheta:** qualquer lâmina ou espátula para uso específico.

**Engrenado:** ajustado adequadamente. Que se engatou.

**Selar:** cerrar, fechar (hermeticamente).



**Ar comprimido:** o que é confinado e submetido a uma pressão superior à da atmosfera.

**Inflável:** passível de inflar-se ou ser inflado.

**Interconexão:** ligação, relação entre duas ou mais coisas, entre dois ou mais fenômenos, sistemas, etc.

Quando uma bomba a vácuo desenvolve um vácuo (pressão negativa), ela também cria uma pressão positiva na saída da bomba. Essa pressão é ar comprimido, o qual, às vezes, é utilizado para operar os instrumentos de giro à pressão. Os componentes dos sistemas de pressão são praticamente os mesmos daqueles do sistema a vácuo. Por vezes, pode ocorrer da pressão criada pela bomba de vácuo ser usada para inflar as *ice boots* (botas de borracha infláveis) ou os selos de borracha infláveis. Pode ocorrer também da pressão ser ventilada para fora.

Uma vantagem das bombas a motor é a sua performance consistente no solo e no voo. Mesmo a uma rpm do motor baixa, elas podem produzir tanto vácuo que um regulador no sistema se torna necessário para continuamente prover a sucção correta para os instrumentos a vácuo.

Enquanto o motor opera, o sistema a vácuo relativamente simples move adequadamente os giros para prover indicações precisas. Contudo, uma falha no motor, especialmente em monomotores, poderia deixar o piloto sem atitude e informação direcional em um momento crítico. Para evitar esse imprevisto, muitas vezes o indicador de curva e inclinação opera com um giro movido a eletricidade que pode ser movido a bateria por um período curto. Quando combinado com a bússola magnética da aeronave, informação suficiente de direção e de atitude permanece disponível.

Aeronaves com mais de um motor tipicamente contêm sistemas a vácuo independentes para o piloto e para o copiloto. São instrumentos movidos por bombas a vácuo, separadas em cada um dos motores. Se falhar um motor, o sistema a vácuo energizado pelo motor ainda operante supre completamente os instrumentos de giro. Uma válvula de interconexão pode também ser instalada para conectar os instrumentos em falha para a bomba ainda operacional.

### 7.1.3 Sistema comum de sucção produzida por bomba

Os componentes seguintes se encontram em um sistema a vácuo comum para suprimento de energia giroscópica. É dada, a seguir, uma descrição breve de cada um, com ilustração detalhada para referência.

- Separador de ar e óleo - o óleo e o ar na bomba a vácuo são exauridos através do separador, que os separa; o ar é ventilado para fora e o óleo retorna ao cárter do motor. Esse componente não está presente quando uma bomba a vácuo do tipo seco é utilizada. A natureza autolubrificante dos vãos da bomba não requer óleo.
- Regulador de vácuo ou válvula de alívio da sucção - uma vez que a capacidade do sistema é mais do que o necessário para a operação dos instrumentos, o regulador de vácuo ajustável é regulado para o vácuo desejado para os instrumentos. O excesso de sucção nas linhas dos instrumentos é reduzido quando a válvula provida de mola se abre à pressão atmosférica conforme a Figura 31.

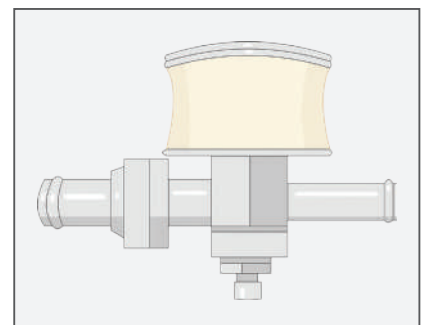


Figura 31 - Regulador de vácuo, também conhecido como válvula de alívio da sucção



**Culatra:** nos motores de explosão, peça que veda a parte superior dos cilindros.

**Seletor:** qualquer aparato usado para estabelecer conexões dentro de circuitos, como, por exemplo, um relé ou um comutador, qualquer mecanismo, automático ou não, que executa determinada seleção.

- Válvula unidirecional - previne possíveis danos aos instrumentos pela culatra do motor, que reverteria o fluxo de ar e óleo da bomba de acordo com a Figura 32.

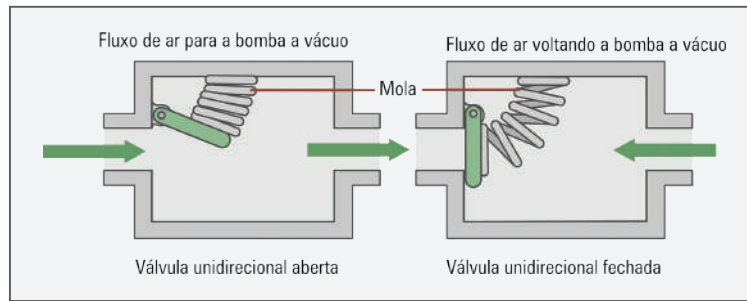


Figura 32 - Válvula unidirecional

- Válvula de alívio da pressão - uma vez que um fluxo reverso de ar da bomba poderia fechar a válvula unidirecional e a válvula de alívio da pressão, a pressão resultante poderia romper as linhas. Essa válvula ventila pressão positiva na atmosfera.
- Válvula seletora - em aeronaves bimotoras que contenham bombas a vácuo energizadas pelos dois motores, a bomba alternativa pode ser selecionada para prover vácuo no caso do motor ou da bomba falharem, com uma válvula unidirecional incorporada para selar a bomba falha.
- Válvula de restrição - o ponteiro do indicador de curva e inclinação opera com menos vácuo do que o requerido pelos outros instrumentos, por isso o vácuo na linha principal precisa ser reduzido para o uso desse instrumento. Uma válvula de restrição em linha faz esse trabalho. Essa válvula é tanto uma válvula de agulha quanto uma válvula controladora provida de mola, que mantém um vácuo constante e reduzido para o indicador de curva e inclinação.
- Filtro de ar - um filtro mestre de ar filtra a matéria externa do ar que flui por todos os instrumentos de giro. É um filtro de extrema significância e requer manutenção regular. A obstrução do filtro mestre reduz o fluxo de ar e causa uma leitura mais baixa no medidor de sucção. Cada instrumento possui, também, filtros individuais. Em sistemas que não possuem o filtro mestre e que recaem apenas sobre filtros individuais, o entupimento de um filtro não aparece necessariamente no medidor de sucção.
- Medidor de sucção - um medidor de pressão que indica a diferença entre a pressão dentro do sistema e a atmosférica ou a pressão da cabine. Normalmente, ele é calibrado em polegadas de mercúrio. O vácuo desejado e os limites mínimo e máximo variam com o *design* do sistema de giro. Se o vácuo desejado para os indicadores de atitude e direção for 5 polegadas e o mínimo for 4.6 polegadas, uma leitura abaixo do valor mais recente indica que o fluxo de ar não está virando os giros rápido o suficiente para uma operação confiável. Em muitas aeronaves, o sistema dispõe de uma válvula seletora para o medidor de sucção, permitindo ao piloto checar o vácuo de várias partes do sistema.

As pressões a vácuo/sucção discutidas em conjunto com a operação de sistemas a vácuo são, na verdade, pressões negativas, indicadas como polegadas de mercúrio abaixo da pressão



Hg: símbolo do elemento químico de número atômico 80, o mercúrio.

atmosférica. O sinal negativo em geral não se apresenta, pois a importância se coloca sobre a magnitude do vácuo produzido. Em relação ao vácuo absoluto (0 psi ou Hg), os sistemas a vácuo de instrumentos têm pressão positiva.

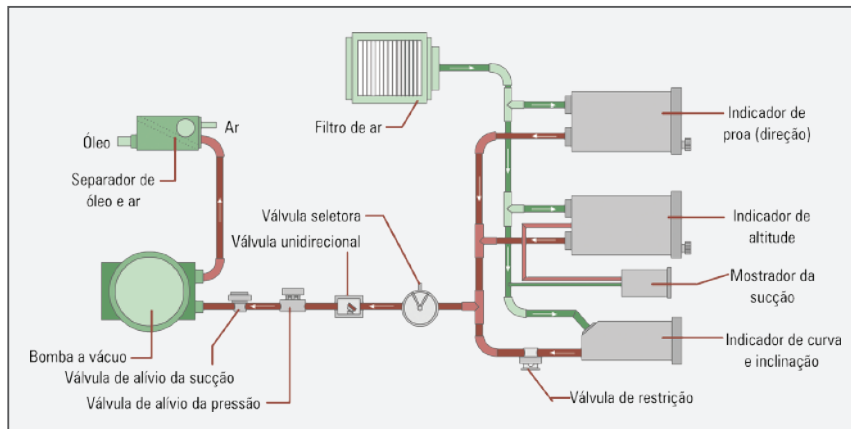


Figura 33 - Padrão de sistema de bomba movida pelo motor a vácuo para alimentar os instrumentos giroscópicos

A Figura 33 mostra um sistema a vácuo de bomba movida a motor padrão contendo os componentes descritos anteriormente. Uma capacidade de bomba de aproximadamente 10” Hg a velocidades de motor acima de 1,000 rpm é normal. A capacidade e o tamanho da bomba variam em aeronaves diferentes, dependendo do número de giros a ser operado.

#### 7.1.4 Operação do sistema de sucção de aeronaves bimotores

Os sistemas a vácuo de aeronaves bimotoras são mais complicados, pois contêm uma bomba a vácuo motorizada em cada motor. As linhas associadas e os componentes para cada bomba são isolados uns dos outros e agem como dois sistemas a vácuo independentes. As linhas a vácuo são encaminhadas a partir de cada bomba a vácuo por meio de uma válvula de alívio e de uma válvula unidirecional para a válvula seletora de quatro vias a vácuo.

A válvula de quatro vias permite que qualquer das bombas supra um tubo de distribuição a vácuo. A partir do tubo de distribuição, tubulações flexíveis conectam os instrumentos operados a vácuo ao sistema. Para reduzir o vácuo para os indicadores de curva e inclinação, as válvulas de agulha são incluídas a essas unidades, em ambas as linhas. As linhas para os horizontes artificiais e para o giro direcional recebem vácuo total e, a partir dos instrumentos, são levadas ao medidor de vácuo por intermédio de uma válvula seletora de curva e inclinação.

Essa válvula tem três posições: principal, de curva e inclinação, em inglês, *turn and bank* (T&B) à esquerda, e T&B à direita. Na posição principal, o medidor de vácuo indica o vácuo nas linhas dos horizontes artificiais e do giro direcional. Em outras posições, os indicadores do valor mais baixo do vácuo da curva e inclinação podem ser lidos.

## 7.2 Sistema de instrumentos giroscópicos movido por pressão

Os instrumentos giroscópicos são, por fim, dispositivos balanceados com rolamentos que precisam ser mantidos limpos para trabalharem apropriadamente. Quando os primeiros sistemas a vácuo foram feitos, existiam apenas bombas lubrificadas a óleo. Mesmo com o uso de separadores de ar e óleo, as saídas de pressão dessas bombas contêm traços de óleo e poeira. Como resultado, preferiu-se desenvolver um ar limpo para passar pelos instrumentos de giro com um sistema a vácuo, em vez de usar uma saída de pressão que apresentasse o risco de contaminação. O desenvolvimento de bombas autolubrificáveis e secas reduziu grandemente a contaminação da saída da pressão, e isso tornou possíveis os sistemas de giro a pressão.

A altas altitudes, o uso de giros a pressão é mais eficiente. Os sistemas de pressão são similares aos sistemas a vácuo e fazem uso dos mesmos componentes, mas eles são feitos para pressão em vez de vácuo. Assim, utiliza-se o regulador de pressão no lugar da válvula de alívio de sucção. Os filtros permanecem extremamente importantes para prevenir danos aos giros. Normalmente, o ar é filtrado na entrada e na saída da bomba em um sistema de giro a pressão.

## 7.3 Sistema de instrumentos giroscópicos movido por motor elétrico

Um repuxamento do induzido elétrico para motor pode atuar como um giroscópio. Isso é o básico para instrumentos giroscópicos movidos a eletricidade, nos quais o movimento do rotor do giro é iniciado por um motor elétrico.

Giros elétricos têm a vantagem de ser energizados por uma bateria por um tempo limitado se um gerador falhar, ou se a energia se perder. Uma vez que o ar não é enviado sem o giro movimentando o rotor, se reduzem também as preocupações com a contaminação. Além disso, a eliminação de bombas a vácuo, do encanamento e dos componentes do sistema a vácuo economizam peso.

Em muitas aeronaves pequenas, monomotoras, o indicador elétrico de curva e inclinação ou o das coordenadas de curva são combinados com os instrumentos de giro direcionais e de atitude, como um meio de redundância. O reverso é também possível.

Ao combinar esses dois tipos de instrumentos no painel de instrumentos, o piloto tem mais opções. Em uma aeronave mais complexa, com mais motores, confiável, os sistemas elétricos redundantes utilizam todos os instrumentos de giro possíveis movidos a energia elétrica.

Deve-se notar que os instrumentos de giro elétricos têm uma espécie de indicador no mostrador do *dial* para informar quando o instrumento não estiver recebendo energia. Normalmente, isso se dá na forma de uma bandeira vermelha ou algum tipo de marca, ou até mesmo, com a palavra *off* (desligado) escrita.



**Repuxamento:** Ato ou efeito de repuxar, que se refere a puxar com força, esticar.

**Induzido elétrico:** parte de um gerador eletromecânico na qual é induzida uma força eletromotriz.

**Dial:** Termo em inglês, que significa a face sobre a qual medidas são registradas normalmente através de graduações e um ponteiro.

## Resumindo

Neste capítulo, foram apresentados os instrumentos giroscópicos que podem ser operados por um sistema de vácuo, à pressão ou por um sistema elétrico, a depender de cada aeronave. O sistema movido a vácuo ou a pressão faz o rotor do giroscópio girar em alta velocidade ao direcionar um fluxo de ar contra as palhetas do rotor, enquanto o sistema elétrico se utiliza de um motor movido a eletricidade.

Em alguns modelos de aeronaves, foi visto que o sistema a vácuo e o sistema elétrico fornecem energia para instrumentos distintos **concomitantemente**, sendo comum que haja pelo menos duas fontes de energia para manter o giroscópio e os instrumentos vitais.

Notou-se, ainda, que um sistema de vácuo comum é feito por uma bomba de vácuo com motor, válvula de alívio, filtro de ar, medidor e os tubos necessários que ligam os instrumentos entre si. O medidor é montado no painel de instrumentos e aponta a pressão no sistema (o vácuo é medido em polegadas de mercúrio inferior à pressão atmosférica).

A monitoração do sistema é imprescindível durante o voo, pois uma pressão incorreta pode alterar os dados do voo e fornecer informações não confiáveis.



**Concomitante:** diz-se de ou o que se produz ou se apresenta em simultâneo com outra coisa. Que ou o que coexiste indivisamente com outra(s) coisa(s).





# Capítulo 8

## Princípios de instrumentos giroscópicos

Existem, no interior de uma aeronave, vários instrumentos de voo que se utilizam de propriedades giroscópicas para funcionar. Entre eles, os mais comuns são o indicador de rumo, o coordenador de curva e o horizonte artificial ou indicador de altitude.

Para entender como esses instrumentos funcionam, é necessário compreender o sistema de energização por trás deles, bem como os princípios giroscópicos e os princípios de funcionamento de cada um dos instrumentos.

### 8.1 Giros mecânicos

O giro mecânico é um dispositivo mecânico que possui uma roda capaz de girar rapidamente presa a um determinado suporte. É necessário fazê-la girar para operar o giroscópio mecânico e, para isso, geralmente, utiliza-se um motor elétrico.

Três dos instrumentos de voo mais comuns são controlados por giroscópios: o indicador de atitude, o de proa e o ponteiro de curvas do indicador de curva e inclinação. Para entender como esses instrumentos operam, é necessário conhecer os princípios giroscópicos e os sistemas de energia dos instrumentos.

Um giroscópio mecânico, ou giro, é composto de uma roda ou um rotor com sua massa concentrada ao redor do seu perímetro. O rotor possui rolamentos capazes de habilitá-lo a girar a altas velocidades conforme a Figura 34.A.

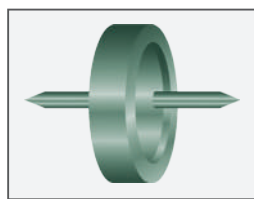


Figura 34.A - Giroscópio mecânico

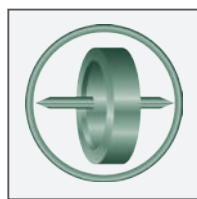


Figura 34.B - Giro com o primeiro eixo montado no suporte circular (gimbal)

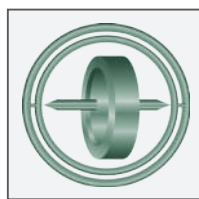


Figura 34.C - Giro escravo apenas no eixo perpendicular ao eixo de giro



Figura 34.D - Giro livre para rodar nos dois eixos perpendiculares ao eixo de giro

Existem configurações diferentes de montagens para o rotor e o eixo, as quais permitem que o conjunto do rotor gire em torno de um ou dois eixos perpendicularmente ao seu eixo de giro. Para suspender a rotação do rotor, o primeiro eixo é montado em um suporte circular (gimbal), conforme a Figura 34.B. Se os suportes forem presos em 90°, em volta do suporte circular, a partir do eixo de giro fixo, o suporte circular e o rotor podem se mover livremente em 360°. Quando nessa configuração, haverá um giro cativo, ou giro escravo (*slave gyro*), que pode rodar apenas ao redor de um eixo perpendicular ao eixo de giro, consoante a Figura 34.C.

**Perpendicular:** que se intercepta em ângulo reto (diz-se de retas ou planos). Exatamente a prumo.

**Gimbal:** um mecanismo normalmente consiste em anéis pivotantes a ângulos determinados visando a manter um instrumento como a bússola.



O suporte circular também pode ser montado dentro de uma peça circular maior. Os pontos de apoio são os mesmos do suporte descrito, 90° ao redor do suporte circular a partir de onde o eixo de giro se prende. Portanto, a conexão de um suporte ao seu **homônimo** circular externo permite a movimentação do rotor em dois planos enquanto gira. Ambos são perpendiculares ao eixo de giro do rotor. Dessa forma, o plano sobre o qual o rotor gira, devido à sua movimentação ao redor de seu eixo, não pode ser um plano de rotação.

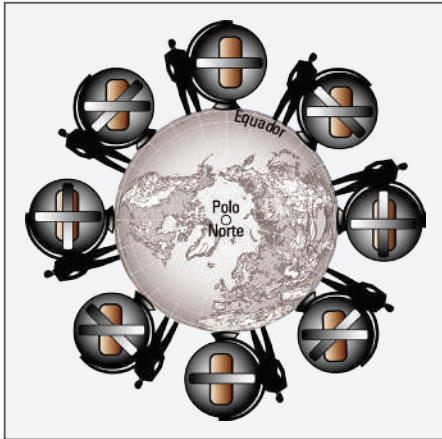


Figura 35 - Rotor de giro livre

Um giroscópio com essa configuração, dois suportes circulares mais o suporte de montagem, é chamado de giro livre, pois é livre para rodar sobre dois eixos perpendiculares ao eixo de giro do rotor, de acordo com a Figura 34.D. Como resultado, o suporte circular com o giroscópio montado internamente fica livre para girar 360° dentro do suporte circular externo.

A menos que o rotor de um giro esteja girando, ele não tem propriedades incomuns, é simplesmente uma roda universalmente montada. Quando o rotor gira a uma alta velocidade, o giro exibe algumas características únicas. O primeiro se chama rigidez do giroscópio, ou rigidez no espaço. Isso significa que o rotor de um giro livre sempre aponta na mesma direção, não importando qual o sentido do posicionamento da base do giro, como mostra a Figura 35.



**Homônimo:** que ou aquele que tem o mesmo nome (de outro). Diz-se de ou cada uma de duas ou mais palavras de significados diferentes e de grafia idêntica; homógrafo.

**Deflexão:** alteração ou desvio da posição natural (de alguém ou algo) para um dos lados; deflexionamento.

**Precessão:** em um corpo rígido, movimento de rotação do seu eixo de rotação que gira e se encontra sujeito à ação de um sistema conjugado externo.

A rigidez giroscópica depende de vários fatores de *design*:

- peso - para um devido tamanho, uma massa pesada é mais resistente a forças de distúrbio do que uma massa leve;
- velocidade angular - quanto maior a velocidade rotacional, maior a rigidez ou resistência à deflexão;
- raio no qual o peso está concentrado - o efeito máximo é obtido de uma massa quando seu peso principal está concentrado perto do aro, rodando a alta velocidade;
- fricção de suporte - qualquer fricção que se aplique à força deflexiva a um giro. Quanto menor a fricção de suporte, menores as forças deflexivas.

Essa característica dos giros permanecerem rígidos no espaço é explorada nos instrumentos de indicação de atitude e nos indicadores direcionais que usam giros.

A **precessão** é a segunda característica importante dos giroscópios, e pode ser explicada da seguinte forma: ao se aplicar uma força no eixo horizontal do giro, a força aplicada é de resistência. Em vez de responder à força, ao se mover ao redor do eixo horizontal, o giro se move em resposta sobre seu eixo vertical, sendo esse fenômeno precessivo exclusivo do giroscópio. Em outras palavras, uma força aplicada ao eixo do giroscópio não o inclina. Em vez disso, o giro responde como se a força fosse aplicada em um giro de 90° na direção da rotação do

rotor de giro. O giro roda em vez de se inclinar, conforme indica a Figura 36. Essa precessão controlada e previsível de um giroscópio é utilizada em um instrumento de curva e inclinação.

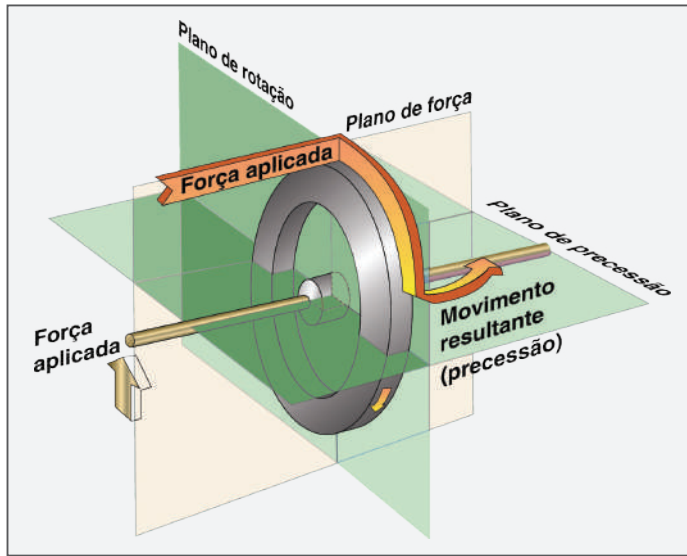


Figura 36 - Precessão giroscópica

## 8.2 Giros de estado sólido e sistemas relacionados

A informação melhorada de atitude e de direção é sempre uma meta na aviação. As aeronaves modernas usam dispositivos direcionais e de atitude de estado sólido precisos e sem partes móveis. Isso resulta em uma alta confiabilidade e em baixa necessidade de manutenção.

**Loop:** conjunto de instruções que um programa de computador percorre e repete um significativo número de vezes até que sejam alcançadas as condições desejadas.

### 8.2.1 Giroscópio de anel de laser

O giroscópio de anel de laser, em inglês, *ring laser gyro* (RLG), ou giroscópio óptico, é amplamente utilizado na aviação comercial. O RLG exige tempo para levar a luz por meio de um percurso circular não rotativo e estacionário, essa é sua base de operação. A luz, por conseguinte, leva mais tempo para completar a jornada, se o percurso estiver girando na mesma direção em que ela estiver viajando, e menos tempo para completar a *loop*, se o percurso estiver girando na direção oposta à dela. Essencialmente, o percurso é feito mais longo ou mais curto pela sua rotação.

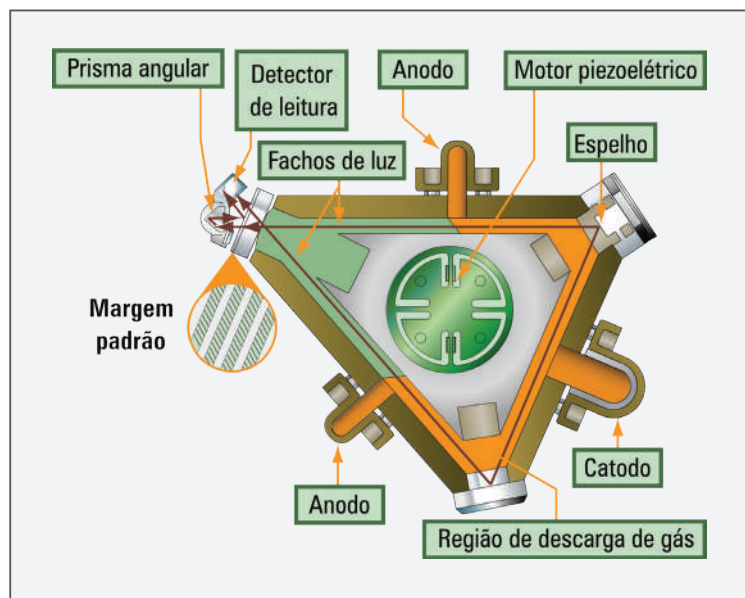


Figura 37 - Giroscópio de anel de laser



Os RLG são muito robustos e têm uma longa vida útil, não necessitando de nenhuma manutenção devido à ausência de partes móveis. Eles medem o movimento em torno de um eixo muito rapidamente e fornecem saída contínua. Além disso, são extremamente precisos e geralmente são considerados superiores aos giroscópios mecânicos.

### 8.2.2 Sistemas direcionais baseados em atitude microeletromecânica

Nas aeronaves, os dispositivos de sistemas **microeletromecânicos**, em inglês, *microelectromechanical systems* (MEMS), economizam espaço e peso. Pelo uso de dispositivos MEMS de estado sólido, a confiabilidade é primariamente aumentada por causa da ausência de partes móveis. O desenvolvimento de tecnologia MEMS para o uso na instrumentação da aviação se integra com o uso de computadores de dados aerodinâmicos, em inglês, *air data computers* (ADC). Essa tecnologia é de baixo custo e tende a se proliferar por todas as formas da aviação.

Os MEMS para aplicação giroscópica são usados tanto em aeronaves pequenas de uso geral quanto em aeronaves grandes e comerciais. Eles são compostos por pequenas unidades baseadas na vibração com captadores de medição de capacitância e resistência, e são precisos e confiáveis, medindo apenas alguns milímetros de largura e comprimento.

Normalmente, os MEMS integram-se em um *chip* sólido microeletrônico completo feito para limitar uma saída depois de realizados vários processos de condicionamento. Os *chips* desse sistema, que são análogos a pequenos módulos de circuitos, podem ser empacotados para instalação dentro de um computador ou módulo que é instalado na aeronave.

Enquanto um giroscópio mecânico grande gira em um avião, sua rigidez no espaço é usada para observar e medir o movimento da aeronave. A base da operação de muitos MEMS é a mesma, apesar do seu tamanho minúsculo. A diferença é que um dispositivo piezoelétrico, que oscila ou vibra, substitui o giro do suporte circular do giro mecânico.

Ainda assim, uma vez em movimento, qualquer deslocamento externo ao avião é detectável por intermédio da variação das microvoltagens ou capacitâncias, detectadas por sondas dispostas geometricamente. Uma vez que as substâncias piezoelétricas possuem uma relação entre o movimento e a eletricidade, simulações microelétricas podem colocar um giro piezoelétrico em movimento e podem ser extraídas pequenas voltagens produzidas pelo movimento do piezo. Eles podem ter entradas de acordo com as variáveis requeridas para computar informações de atitude ou de direção.

### 8.2.3 Outros sistemas direcionais e atitude

Nas aeronaves modernas, os sistemas de referência de atitude e orientação, em inglês, *attitude heading and reference systems* (AHRS), têm substituído o giroscópio e outros instrumentos individuais. Enquanto os dispositivos MEMS fornecem parte da informação de atitude para o sistema, os sinais de GPS, os magnetômetros de estado sólido, os acelerômetros de estado sólido e os dados aéreos digitais têm sido combinados com um AHRS para computar e externar informação altamente confiável para *display* no painel da cabine de comando.



**Microeletromecânico:** a tecnologia MEMS é um processo de natureza multidisciplinar para produzir sistemas integrados em um único *chip*, gerando dispositivos capazes de desempenhar sensoriamento, controle e atuação.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que os giroscópios podem ser objetos bem complexos porque se movem de maneiras peculiares e até parecem desafiar a gravidade. Essas propriedades especiais tornam os giroscópios extremamente importantes em tudo, desde uma bicicleta comum até o sistema navegacional de uma aeronave espacial.

Examinou-se que um avião comum utiliza por volta de uma dúzia de giroscópios, do compasso ao piloto automático. Além disso, aprendeu-se que as propriedades giroscópicas estão presentes em qualquer objeto que gire. O giroscópio é justamente o rotor projetado e montado para fazer uso dessas propriedades. É constituído por uma roda ou rotor disposto em anéis, permitindo-lhe girar em qualquer posição. Quando, em altas rotações, o rotor gira, podem-se notar, portanto, duas propriedades: a precessão e a rigidez giroscópica, propriedade empregada na bússola giroscópica. Por fim, foi mostrado que, no giroscópio óptico, o laser produz dois raios de luz, indicando que o objeto mudou de direção.



# Capítulo 9

## Instrumentos giroscópicos comuns

A utilização de instrumentos em um voo se dá quando é necessário pilotar a aeronave sem as referências visuais externas, o que é sempre uma situação possível. Eles são primordiais nas condições de regras de voo por instrumentos, em inglês, *instrumental flight rules* (IFR).

O maquinário que fornece ao piloto a atitude da aeronave provê uma maneira de identificar se a aeronave encontra-se parada, em movimento, subindo, descendo, mais ou menos inclinada, etc., equipando a tripulação com indicações necessárias ao controle do avião durante o voo.

### 9.1 Giroscópio de atitude acionado por sucção

O indicador de atitude, ou horizonte artificial, é um dos instrumentos de voo mais essenciais. Ele dá ao piloto informação de **arfagem** e rolagem, que é especialmente importante quando se está voando sem referências visuais externas. Esse instrumento básico opera com um giroscópio rodando em um plano horizontal. Assim, ele reflete o horizonte real por meio de sua rigidez no espaço.

Com as dinâmicas de atitude da aeronave em relação ao horizonte verdadeiro, as juntas universais do giroscópio permitem que a caixa dos instrumentos e a inclinação e o rolamento da aeronave em volta do rotor do giroscópio permaneçam em **paralelo** ao solo. A representação horizontal do avião em miniatura é afixada na face da caixa do instrumento. Uma semiesfera simula o horizonte e o céu e o solo são anexados às juntas universais do giro. O limite entre o céu e o solo é chamado barra-horizonte.

A relação entre a barra-horizonte e a miniatura do avião é a mesma entre a aeronave e o horizonte verdadeiro. O que dará a referência dos graus de arfagem e rolagem é uma escala graduada. É comum, portanto, que haja um botão de ajuste para permitir o posicionamento da barra-horizonte, para que se encontrem em um nível apropriado em altitudes variadas, como demonstram as Figuras 38.A e 38.B.



Figura 38.A - Indicador de atitude comum acionado por sucção mostrando a aeronave em voo nivelado



Figura 38.B - Indicador de atitude comum acionado por sucção mostrando a aeronave em uma curva de subida à direita



**Arfagem:** balanço de qualquer veículo no sentido longitudinal.

**Paralelo:** diz-se de cada uma de duas retas coplanares que não se cortam.

Em um sistema comum de atitude de giro acionado por sucção, o ar é sugado por meio de um filtro e, depois, do indicador de atitude, de uma maneira que gire o rotor do giro internamente. Dentro do instrumento encontra-se um mecanismo de levantamento para auxiliar na rotação do rotor do giroscópio no plano pretendido. Isso se torna necessário por causa da precessão causada pelo atrito do mancal.

Os indicadores antigos de atitude acionados por sucção eram limitados em relação a quanto a aeronave poderia inclinar ou girar antes da parada da junta universal do giroscópio conectado, causando a precessão abrupta e o tombamento do giroscópio. Muitos desses giros possuem, inclusive, um dispositivo de bloqueio usado para erguer o rotor à sua posição normal de operação antes do voo ou após tombamento.

Uma bandeira indica que o giroscópio deve ser **desenjaulado** antes do uso. Os instrumentos giroscópicos mais modernos são feitos para não tombar, independentemente do movimento angular da aeronave em torno de seus eixos.



**Desenjaular:** desfazer o enjaulamento (vide enjaular).

**Enjaular:** o enjaulamento do giro é feito por um dispositivo que visa a manter os suportes do rotor no lugar, para que não entrem em rotação.

## 9.2 Indicadores de atitude elétrica

Os indicadores elétricos de atitude são muito similares aos de giro acionados por sucção. A diferença principal está no mecanismo. Dentro das juntas universais de um giro elétrico, um pequeno motor elétrico em forma de gaiola é o rotor. Em geral, ele funciona a 115 volts e 400-cycle AC e gira a aproximadamente 21,000 rpm.

Outras características do giroscópio a vácuo são compartilhadas pelo giroscópio elétrico, e o rotor ainda é orientado no plano horizontal. As juntas universais do giro livre permitem que a cápsula do instrumento e da aeronave girem em volta do rotor do giro que permanece rígido no espaço. Uma miniatura de avião, afixada à caixa do instrumento, indica a atitude da aeronave em relação ao horizonte móvel por trás.

Os indicadores elétricos de atitude adereçam alguns dos imprevistos dos indicadores de atitude movidos a vácuo. Já que não há ar fluindo por meio de um indicador de atitude elétrico, filtros de ar, reguladores e linhas de encanamento e bombas a vácuo não são necessários. A contaminação de poeira no ar não é um problema, resultando em uma maior durabilidade potencial e menor precessão.

É possível que o giroscópio experimente precessão e precise ser erguido. Isso é feito com ímãs em vez de orifício de ventilação. Um ímã anexado ao tipo do eixo do giroscópio roda a aproximadamente 21,000 rpm. Em volta desse ímã, mas não preso a ele, tem uma luva que é girada pela atração magnética a aproximadamente 44 a 48 rpm. Esferas de aço ficam livres para se mover em volta da luva. Se o empuxo da gravidade não estiver alinhado com o eixo do giro, as esferas caem para o lado baixo. A precessão resultante realinha o eixo de rotação verticalmente.

De maneira geral, os giros do indicador de atitude podem ser **enjaulados** manualmente por um mecanismo de alavanca e para permitir uma ereção rápida. Quando o instrumento não



está conseguindo energia suficiente para operar normalmente, uma bandeira de desligado *off* aparece na parte direita superior do mostrador do instrumento.

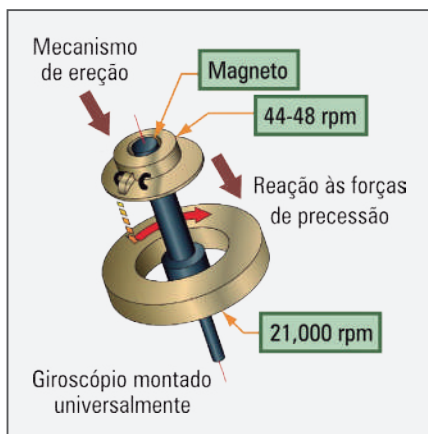


Figura 39.A - Mecanismo de levantamento e bloqueio de um indicador de atitude elétrico

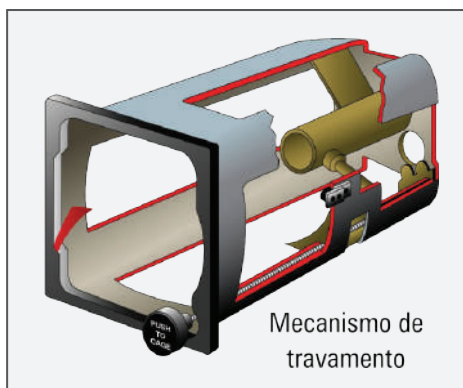


Figura 39.B - Mecanismo de travamento

### 9.3 Indicador de direção giroscópica ou giro direcional

O indicador de direção giroscópica ou giro direcional, do inglês *directional gyro* (DG), é o instrumento primário para direção. Uma vez que a bússola magnética flutua muito, um giro alinhado à bússola magnética dá uma indicação de rumo muito mais estável. Os indicadores giroscópicos de direção estão localizados na base central do painel básico de instrumentos em (T).

Um DG a vácuo é comum em muitas aeronaves leves. Sua base de operação é a rigidez do giro no espaço. Em suma, o rotor do giro roda no plano vertical e se alinha à direção para a qual foi determinado. A aeronave e a caixa de instrumentos movem-se ao redor do giro rígido e, dessa forma, uma carta de bússola vertical é engrenada ao eixo cardã do rotor para se mover. Ele é calibrado em graus, habitualmente etiquetado com todos os 30 graus. O nariz de um pequeno avião no vidro do instrumento indica o rumo da aeronave.

Indicadores de direção movidos a vácuo têm muitos dos problemas dos mesmos instrumentos giroscópicos básicos, como os indicadores de atitude. Uma compensação embutida para precessão varia e um dispositivo de bloqueio é encontrado. É necessário que o piloto realize um realinhamento manual periódico na bússola magnética durante o voo.

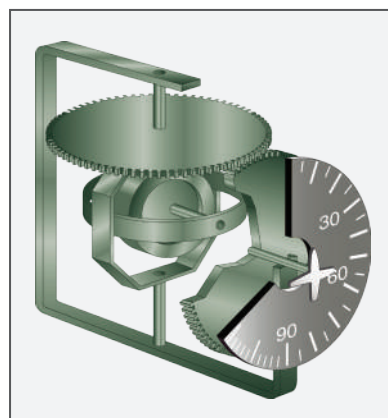


Figura 40 - Indicador de direção giroscópica

### 9.4 Coordenadores de curva

Muitas aeronaves fazem uso de um coordenador de curva. O rotor do giro em um coordenador de curvas é de 30 graus de subida inclinada. Dessa forma, ele responde não apenas ao movimento



**Eixo cardã:** o eixo cardã é composto de dois eixos tubulares. As suas extremidades são articuladas e podem possuir outros elementos.

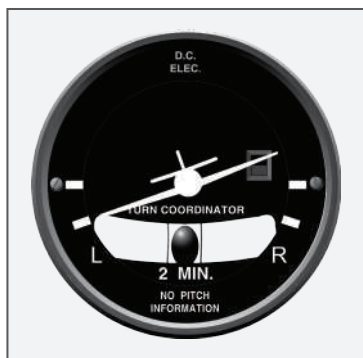


Figura 41 - Coordenador de curva

em torno do eixo vertical, mas, também, aos movimentos de rolagem em redor do eixo longitudinal. Isso é útil porque é necessário para girar uma aeronave com vistas a fazer a curva em torno do eixo longitudinal. Ele, ainda assim, é útil para rolar uma aeronave a fim de virá-la em volta dos eixos verticais. A indicação instrumental de rolagem, desse modo, é o aviso mais antecipado possível de uma saída de voo nivelado em linha reta.

Normalmente, o mostrador do coordenador de curva tem um pequeno símbolo de avião. As pontas das asas do avião dão a indicação do nível do voo e a taxa na qual a aeronave está se virando.

## 9.5 Indicador de curva e derrapagem

O indicador de curva e derrapagem também pode ser chamado de indicador de curva e inclinação ou indicador pau e bola. De toda forma, ele mostra a correta execução de uma curva durante a inclinação da aeronave e indica o movimento em torno do eixo vertical da aeronave (*yaw*). A maior parte dos indicadores de curva e derrapagem se localiza abaixo do indicador de velocidade do painel básico em (T), bem à direita do indicador de direção.

O indicador de curva e inclinação é, na verdade, composto de dois aparelhos embutidos na mesma caixa de instrumentos: um ponteiro indicador de curva e uma bola indicadora de derrapagem. O ponteiro de curva é operado por um giroscópio que pode ser movido por um vácuo, por ar pressurizado ou por eletricidade.

A bola é um dispositivo completamente independente. É uma ágata redonda ou bola de aço em um tubo de vidro repleto de fluido amortecedor, que se move em resposta à gravidade e à força centrífuga experimentada em uma curva.

Os indicadores de curva variam, embora todos indiquem a taxa na qual a aeronave está virando. Três graus de curva por segundo, por exemplo, podem causar um giro de 360° da aeronave em dois minutos, o que se considera uma curva padrão. Essa taxa pode ser indicada com marcas à direita e à esquerda do ponteiro, o qual descansa na posição vertical.



Figura 42 - Indicador de curva e derrapagem

Às vezes, não se apresentam marcas e a extensão do ponteiro é usada como um dispositivo de calibração. Nesse caso, uma deflexão de extensão do ponteiro na vertical é igual a 3° por segundo padrão (taxa de curva em dois minutos). Aeronaves mais velozes tendem a fazer a curva mais vagarosamente e têm graduações que indicam curvas de quatro minutos.

Em outras palavras, o alcance de um ponteiro ou o alinhamento com uma marca de graduação nesse instrumento indica que uma aeronave está curvando a 11/2° por segundo e completa uma volta de 360° em quatro minutos. É costumeiro etiquetar

o mostrador desse instrumento com palavras indicando se ele tem o padrão de dois ou de quatro minutos.

O ponteiro de curva indica a taxa na qual uma aeronave está fazendo a curva em torno do seu eixo vertical. Ele o faz usando a precessão de um giroscópio para inclinar um ponteiro. O giroscópio, por sua vez, roda em um plano vertical alinhado ao eixo longitudinal da aeronave. Quando a aeronave gira em torno de seu eixo vertical durante a curva, a força experimentada pelo giro em movimento é exercida em torno do eixo vertical. Devido à precessão, a reação do rotor do giro é  $90^\circ$  mais à frente do giro na direção do movimento giratório. Isso significa que a reação à força em torno do eixo vertical é o movimento em torno do eixo longitudinal da aeronave.

Assim, a curva da aeronave em volta do eixo vertical é indicada em torno do eixo longitudinal do medidor. Isso é intuitivo ao piloto quando observa o instrumento, desde que o ponteiro indique a mesma direção da curva.

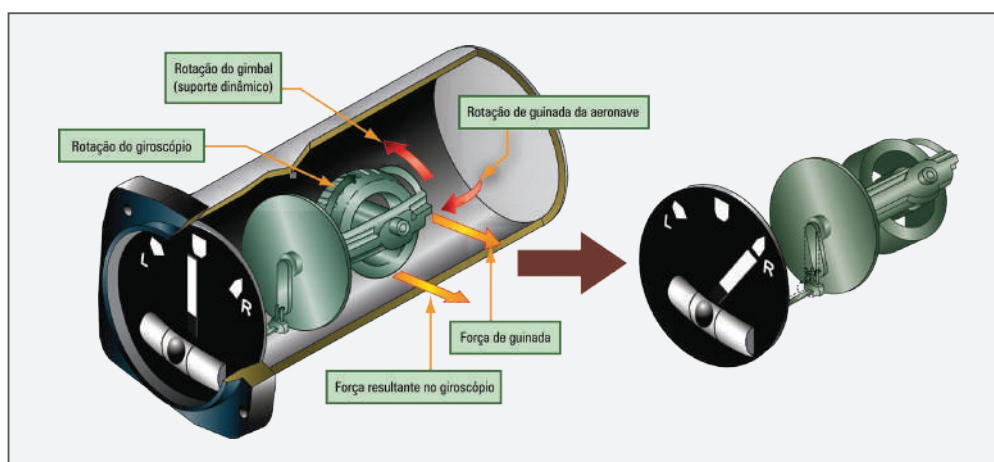


Figura 43 - Reação giroscópica do indicador de curva e derrapagem em curva à direita

A parte do instrumento do indicador de derrapagem (bola) é um inclinômetro. A bola responde apenas à gravidade durante o voo coordenado reto e nivelado. Assim, ele se apoia na parte inferior do vidro encurvado entre as linhas de referência. Quando se inicia uma curva e a aeronave está inclinada, ambas as forças gravitacionais e centrífugas da curva agem sobre a bola. Se a curva for coordenada, a bola permanece em seu lugar. Se for uma curva derrapante, a força centrífuga se excede à força da gravidade na bola e ela se move na direção externa da curva.

Durante uma curva deslizante, há mais inclinação do que o necessário e a gravidade é maior do que a força centrífuga agindo na bola, que se move no vidro curvo na direção interna da curva.

Como mencionado previamente, muitas vezes, a energia que move o indicador giroscópico de curva e inclinação é elétrica se os indicadores de atitude e direção forem movidos a vácuo. Isso permite uma operação limitada em relação à energia da bateria caso o sistema a vácuo e o gerador elétrico falhem. A informação direcional e de atitude do indicador de curva e inclinação, combinada à informação dos instrumentos pitot-estáticos, permite uma operação de emergência segura e continuada da aeronave.

Os indicadores de curva e inclinação energizados eletricamente são alimentados DC. Esses mesmos indicadores energizados a vácuo rodam com menos vácuo (aproximadamente 2“Hg) do que os indicadores de atitude e direção completamente montados sobre um eixo cardã. Contudo, o vácuo adequado deve ser mantido para se obter a informação da taxa de curva adequada a ser exibida no *display*.

## Resumindo

A pilotagem de uma aeronave sem as referências visuais externas é somente realizada mediante instrumentos de voo e navegação. Neste capítulo, foram vistos os instrumentos que informam a atitude da aeronave.

Ademais, viu-se que, para evitar a perda dos instrumentos no caso de uma pane elétrica, os giroscópios se mantêm presentes. Eles podem ser movidos a vácuo ou a eletricidade e encontram-se sempre no painel de instrumentos, visíveis aos tripulantes da cabine.

# Capítulo 10

## Sistema de piloto automático

O sistema de piloto automático controla uma aeronave sem que o piloto manuseie diretamente os controles. Além disso, mantém a atitude e/ou direção dela, retornando-a àquela condição da qual foi movida. O piloto automático é capaz, ainda, de mantê-la estabilizada lateral, vertical e longitudinalmente.

### 10.1 Princípios de funcionamento do piloto automático

O propósito primário de um sistema de piloto automático é reduzir a força de trabalho e a fadiga de quem está controlando a aeronave durante voos longos. A maior parte dos pilotos automáticos têm ambos os modos, automático e manual, de operação.

No modo manual, o piloto seleciona cada manobra e dá pequenos comandos ao controlador do piloto automático. Esse sistema move as superfícies de controle da aeronave para realizar a manobra. No modo automático, o piloto seleciona a atitude e a direção desejadas para o segmento do voo. Assim, o piloto automático move as superfícies de controle para configurar e manter esses parâmetros. Ademais, fornece controle de um, dois ou três eixos de uma aeronave.

O sistema de piloto automático que administra a aeronave em torno de apenas um eixo é responsável pelo controle dos *ailerons* e é conhecido como sistema nivelador das asas. É encontrado em aeronaves leves. Portanto, o sistema nivelador das asas é um piloto automático de eixo único operado a vácuo, de forma que apenas o *aileron* é controlado e o coordenador de curva é o elemento sensor. O vácuo do sistema a vácuo de instrumentos é calibrado para que os acionadores do cabo do diafragma movam os *ailerons* quando os sensores do coordenador de curva rolarem, conforme a Figura 44.



**Ailerons:** são partes móveis nas extremidades das asas de aeronaves, que servem para controlar o movimento de rolamento.

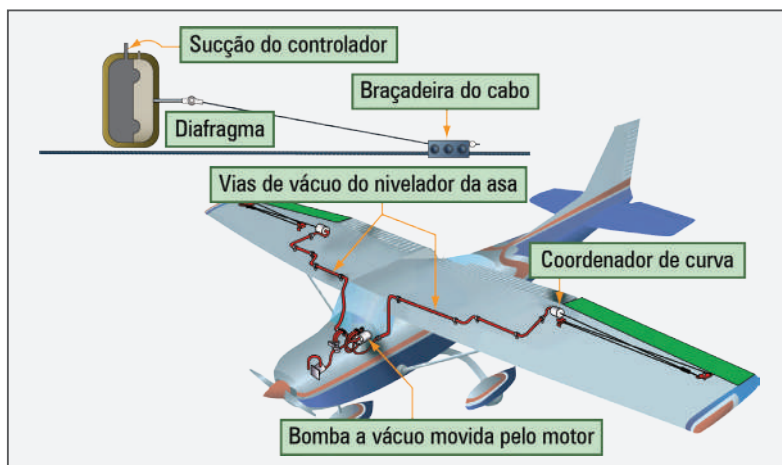


Figura 44 - Relação do autopiloto com o nivelador das asas e o coordenador de curva em uma aeronave de pequeno porte



**Profundor:** diz-se de ou aerofólio articulado ao estabilizador horizontal, na cauda da aeronave, usado para imprimir-lhe movimentos longitudinais ou de arfagem; elevador.

**Leme:** o leme de navegação ou de direção situa-se na parte posterior do estabilizador vertical. É responsável pelo movimento em torno do eixo vertical (movimento de guinada).

**Estabilizador vertical:** aerofólio de perfil simétrico, cuja finalidade é evitar que a aeronave glisse ou derrape durante uma curva, além de ser suporte do leme direcional.

**Auto throttle:** mecanismo que permite ao piloto controlar automaticamente a configuração de força do motor da aeronave.

Outros pilotos automáticos são sistemas de eixo duplo, que controlam os *ailerons* e os *profundores* (estabilizadores horizontais). Já os pilotos automáticos de triplo eixo controlam os *ailerons*, os *profundores* e o *leme de direção* (estabilizador vertical). Os de duplo ou triplo eixo podem ser encontrados em aeronaves de todos os tamanhos.

Há muitos sistemas de piloto automático disponíveis. Eles combinam uma gama extensa de funções e complexidade. As aeronaves leves têm pilotos automáticos com menos funções do que aeronaves de alta performance e da categoria de transportes. Nesse sentido, a integração de funções navegacionais é comum, mesmo em sistemas de aeronaves leves. Na medida em que os pilotos automáticos aumentam em complexidade, eles não apenas manipulam as superfícies de controle do voo, mas outros parâmetros de voo também.

Algumas aeronaves pequenas, modernas, de alta performance, e aeronaves da categoria de transportes têm sistemas de piloto automático muito elaborados conhecidos como sistemas de controle de voo automático, em inglês, *automatic flight control systems* (AFCS). Esses sistemas de triplo eixo vão além do direcionamento da aeronave, pois controlam a aeronave durante subidas, descidas, cruzeiro, e da aproximação do pouso. Alguns até possuem uma função de autorregulação integrada que controla, automaticamente, a potência do motor, aquela que torna possíveis os pousos automáticos.

Para maior controle automático, têm sido desenvolvidos sistemas de manuseio de voo. Por meio do uso de computadores, todo um perfil de voo pode ser programado antecipadamente, permitindo ao piloto supervisionar sua execução. Decerto, um computador do sistema de gerenciamento de voo é capaz de coordenar quase todos os aspectos de um voo, incluindo o piloto automático e o sistema de *auto throttle* ou acelerador automático, a seleção da rota de navegação, programas de administração de combustível e outros mais.

## 10.2 Base para a operação do piloto automático

A base de operação do sistema de piloto automático é a correção do erro. Quando uma aeronave falha em preencher as condições selecionadas, é sinal de que houve um erro. Por isso, existe o sistema de piloto automático, que corrige o erro automaticamente e restaura a atitude de voo desejada pelo piloto.

Há duas formas básicas para os pilotos automáticos fazerem isso:

- Baseada na posição - o piloto automático manipula os controles da aeronave para que qualquer desvio da atitude desejada seja corrigido. Isso é feito por intermédio da memorização da atitude desejada e ao se mover as superfícies de controle para que a aeronave retorne àquela atitude.
- Baseada na taxa de variação (ou ritmo) - o piloto automático baseado na taxa de variação usa a informação sobre o ritmo de movimento da aeronave e move as superfícies de controle para contrariar as taxas de mudança que causam o erro. A maior parte das aeronaves grandes usa esse tipo de piloto automático e as pequenas podem utilizar os dois tipos.

## 10.3 Componentes do piloto automático

Muitos dos sistemas de piloto automático consistem em quatro componentes básicos, além de vários comutadores e unidades auxiliares. Os quatro componentes básicos são:

- elementos sensoriais;
- elementos computacionais;
- elementos de saída;
- elementos de comando.

Muitos sistemas avançados de piloto automático contêm um quinto elemento: o de *feedback* ou de *follow-up*. Ele se refere aos sinais enviados enquanto as correções são feitas pelos elementos de saída para alertar o piloto automático quanto ao progresso sendo feito.

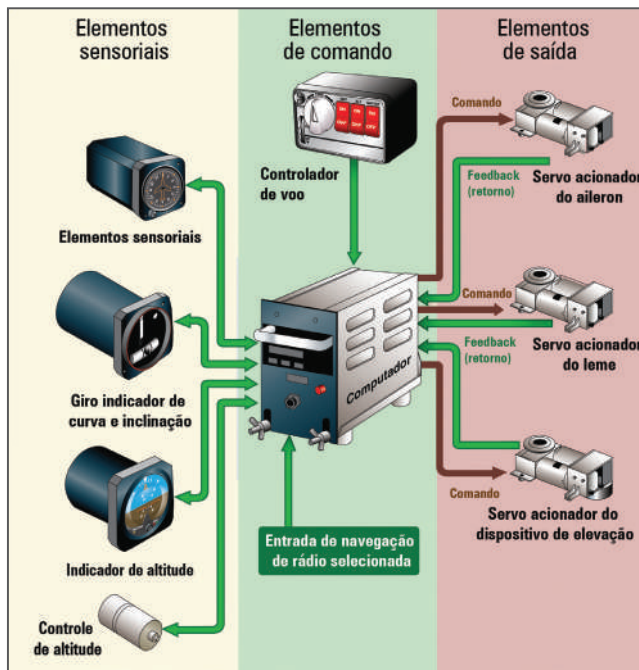


Figura 45 - Componentes do sistema de piloto automático analógico comum

### 10.3.1 Elementos sensoriais

Os elementos sensoriais do piloto automático são os giros de atitude e os direcionais, o coordenador de curva e um controle de altitude. Essas unidades captam os movimentos da aeronave e geram sinais elétricos usados pelo piloto automático para tomar a atitude de correção automaticamente no intuito de manter a aeronave voando como pretendido.

Os giroscópios sensoriais podem ser localizados nos instrumentos montados na cabine e, ainda, podem ser montados remotamente. Os sensores giroscópicos remotos dirigem os *displays* servos no painel da cabine, bem como fornecem os sinais de entrada para o computador do piloto automático.



**Comutador:** que ou o que comuta. Que ou o que é usado para inverter o sentido de uma corrente (diz-se de dispositivo).

**Feedback:** reação a um estímulo; efeito retroativo. Informação que o emissor obtém da reação do receptor à sua mensagem, e que serve para avaliar os resultados da transmissão.

**Follow-up:** acompanhamento de um processo após a execução da etapa inicial com fase seguinte à do lançamento de um projeto (a campanha publicitária, sua venda), em que resultados são monitorados.

Pilotos automáticos digitais modernos podem usar uma variedade de sensores diferentes. Giros MEMS, sistema eletromecânico projetado em escala micrométrica, podem ser usados ou acompanhados pelo uso de acelerômetros e magnetômetros. Sistemas baseados nas taxas de variação podem ser completamente ausentes de giros.

Muitos sensores de entrada podem ser localizados dentro da mesma unidade ou em unidades separadas que transferem informações via barramento de dados digitais. A informação de navegação é também integrada por meio da conexão do barramento de dados digitais com os computadores aviônicos.

### 10.3.2 Computador e amplificador

O elemento de computação de um piloto automático pode ser analógico ou digital. Sua função é interpretar os dados dos elementos de captação, integrar entradas de comando e navegacionais e enviar sinais aos elementos de saída para mover os controles de voo como requeridos para controlar a aeronave.

Utiliza-se um amplificador para fortalecer o sinal de processamento, se necessário, e para o uso pelos dispositivos de saída, tais como os servo-motores. O amplificador e seus circuitos associados é o computador de um sistema de piloto automático analógico. A informação é manipulada em canais correspondentes ao eixo do controle para o qual os sinais correspondem (canal de inclinação, canal de rotação ou canal de guinada).

Os sistemas digitais usam tecnologia de computadores microprocessadores e apenas amplificam sinais enviados aos elementos de saída.

### 10.3.3 Elementos de saída

Os elementos de saída de um piloto automático são os servos que causam a atuação das superfícies de controle de voo. Eles são dispositivos independentes para cada um dos canais de controle que integram o sistema de controle de voo comum. O formato dos pilotos automáticos varia grandemente a depender do método de atuação dos controles de voo.

Os sistemas cabeados utilizam servo-motores elétricos ou servo-eleto-pneumáticos. Os sistemas de controle de voo hidráulicos usam pilotos automáticos eletro-hidráulicos servos. Aeronaves com sistemas de controle por cabo elétrico (*fly-by-wire*) digitais utilizam os mesmos acionadores para realizar manobras manuais e de piloto automático.

Quando um piloto automático está acionado, os acionadores respondem aos comandos do piloto automático em vez de exclusivamente do piloto. De toda forma, os servos do piloto automático devem permitir um movimento desimpedido da superfície de comando quando o piloto automático não estiver operante.

Aeronaves com superfícies de controle cabeadas usam dois tipos básicos de servos elétricos motorizados. Em um tipo, um motor é conectado ao servo mastro de saída pelas caixas de redução. Depois disso, é acionado, parado e tem a direção revertida em resposta aos comandos do computador do piloto automático.



**Fly-by-wire:** ou sistema de controle por cabo elétrico é um tipo de controle das superfícies móveis de um avião por computador.



O outro tipo de servo elétrico usa um motor ligado constantemente engrenado ao mastro de saída por meio de duas embreagens magnéticas.

As embreagens são dispostas de tal forma que, ao se energizar uma embreagem, transmite-se torque de motor para virar o mastro de saída em uma direção. Ao energizar a outra embreagem, o mastro vira na direção oposta.

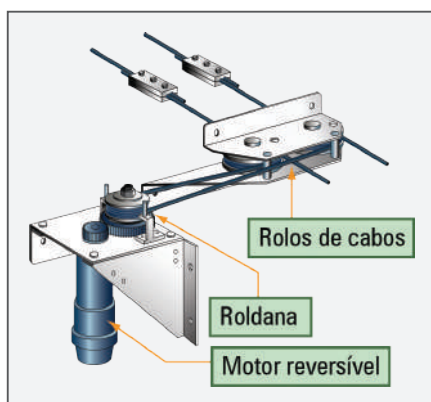


Figura 46.A - Motor reversível com cabrestante e cabo de freio

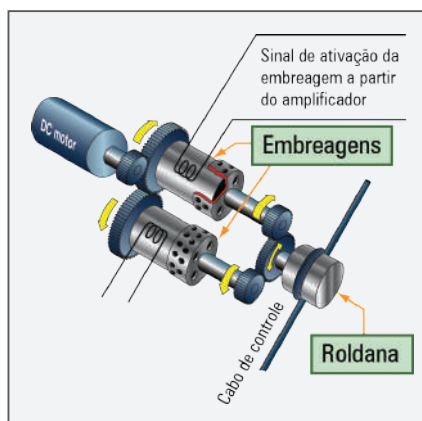


Figura 46.B - Motor constante de unidirecional com grampos que dirigem os veios de saída e o cabo de controle em direções opostas

Servos eletropneumáticos podem ser utilizados para o comando de controles de voo cabeados em alguns sistemas de piloto automático. Eles são controlados por sinais elétricos a partir do amplificador do piloto automático e acionados por uma fonte apropriada de pressão do ar. A fonte pode ser uma bomba de sistema a vácuo ou um motor de turbina de ar de extração. Cada servo consiste em um conjunto de válvulas eletromagnéticas e um conjunto de ligação de saída.

Aeronaves com sistemas de controle de voo acionados hidraulicamente têm servos de piloto automático que são eletro-hidráulicos. Eles são válvulas de controle que direcionam a pressão de fluidos conforme necessário para mover as superfícies de controle por meio dos acionadores de superfícies de controle, os quais são energizados pelos sinais do computador do piloto automático.

Quando o piloto automático não está acionado, os servos dão vazão ao fluido hidráulico de forma irrestrita no sistema de controle de voo para operar normalmente. As válvulas servo podem incorporar transdutores de realimentação para atualizar o piloto automático quanto à evolução durante uma correção de erro.

### 10.3.4 Elementos de comando

A unidade de comando, chamada de controlador de voo, é a interface humana do piloto automático. Ela permite ao piloto dizer ao piloto automático o que fazer. Os controladores de voo variam com a complexidade do sistema de piloto automático. Portanto, ao apertar os botões da função desejada, o piloto faz com que o controlador envie sinais de instrução ao computador do piloto automático, habilitando-o a ativar os respectivos servos para executar o(s) comando(s).



**Transdutor:** diz-se de ou sistema ou dispositivo capaz de transformar uma forma de energia em outra. Diz-se de ou circuito capaz de transformar um sinal de entrada de natureza mecânica ou eletromagnética, por exemplo, som ou luz, em sinais elétricos de saída e vice-versa.

**Interface:** dispositivo que causa uma ligação entre dois sistemas.



Figura 47 - Controlador de piloto automático de um sistema de piloto automático simples

Algumas das escolhas disponíveis na maior parte dos pilotos automáticos são: voo nivelado, subidas, descidas, virar-se em uma direção ou voar em um sentido específico. Embora muitas aeronaves se utilizem de uma multidão de subsídios rádio navegacionais, eles podem ser selecionados para emitir comandos diretamente ao computador do piloto automático.

Além do botão *on/off* no controlador do piloto automático, muitos desses sistemas possuem um botão de desconexão localizado no(s) manche(s). Esse botão, operado pela pressão do polegar, pode ser usado para desengatar o sistema de piloto automático no caso de mau funcionamento do sistema ou tão logo o piloto queira assumir o controle manual da aeronave.

### 10.3.5 Elementos de *feedback* ou *follow-up*

Com as manobras feitas pelo piloto automático nos controles de voo para atingir uma atitude de voo desejada, ele deve reduzir a correção da superfície de controle ao tempo em que a atitude desejada esteja próxima de ser alcançada, assim os controles da aeronave poderão descansar em curso.

Sem isso, o sistema iria continuamente corrigir-se. A deflexão de superfície ocorreria até o alcance da atitude desejada. Mas o movimento ainda ocorreria com o retorno da superfície à posição prévia ao erro. O sensor de atitude iria novamente detectar um erro e começar todo o processo de correção novamente.

Vários *feedbacks* elétricos, ou sinais de *follow-up*, são gerados para reduzir progressivamente a mensagem de erro no piloto automático para que a correção contínua não ocorra. Isso é feito com transdutores nos atuadores da superfície ou nas unidades servo do piloto automático.

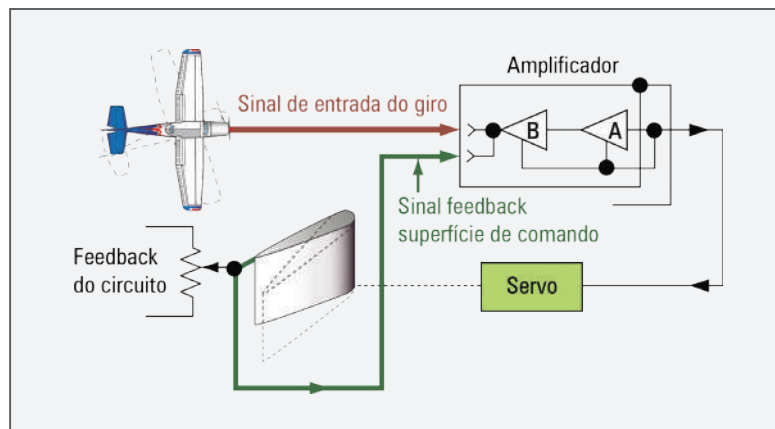


Figura 48 - Função básica de um sistema de piloto automático analógico incluindo o *follow-up* ou *feedback*

Um sistema de taxa recebe os sinais de erro de uma taxa de giro que estão em uma certa polaridade e magnitude, causando o movimento das superfícies de controle. Com a reação ao erro por parte das superfícies de controle, e seu movimento para corrigi-las, os sinais de *follow-*

*up* de polaridade oposta e a magnitude crescente contrariam o sinal de erro até que a aeronave tenha sua atitude correta restaurada.

Sistemas de *follow-up* de deslocamento usam sensores na superfície de controle para cancelar a mensagem de erro quando a superfície foi movida para a posição correta.

### 10.3.6 Funções do piloto automático

A descrição seguinte do sistema de piloto automático é apresentada para mostrar a função de um piloto automático analógico simples. A maior parte dos pilotos automáticos é bem mais sofisticada; contudo, muitos dos fundamentos operacionais são similares.

O sistema de piloto automático guia a aeronave com o uso de sinais elétricos desenvolvidos em unidades giro-sensíveis. Essas unidades são conectadas aos instrumentos de voo que indicam direção, taxa de curva, inclinação ou atitude. Se a atitude de voo ou direção magnética for alterada, sinais elétricos são gerados nos giros. Esses sinais são enviados ao computador/amplificador do piloto automático e usados para controlar a operação de unidades servo.

Um servo para cada um dos três canais de controle converte sinais elétricos em força mecânica, que move a superfície de controle em resposta aos sinais corretivos ou aos comandos do piloto. O canal do leme de direção recebe dois sinais que determinam quando e o quanto o leme se move. O primeiro sinal é um sinal de curso que deriva de um sistema de bússola.

Contanto que a aeronave permaneça na direção magnética que estava quando o piloto automático foi acionado, nenhum sinal é gerado. Mas qualquer desvio causa o envio de um sinal por parte da bússola ao canal do leme de direção que é proporcional ao deslocamento angular da aeronave do sentido previamente selecionado.

O segundo sinal recebido pelo canal do leme de direção é o sinal de frequência que fornece informação em qualquer tempo em que a aeronave esteja girando em torno de seus eixos verticais. Essa informação é fornecida pelo indicador giroscópico de curva e inclinação. Quando a aeronave faz uma tentativa de se encurvar para fora do curso, a taxa de giro gera um sinal proporcional à taxa de curva e o curso de giro desenvolve um sinal proporcional à amplitude do deslocamento.

Por conseguinte, os dois sinais são enviados ao canal do leme de direção do amplificador, em que eles se combinam e sua força é aumentada. O sinal amplificado, por sua vez, é então enviado ao servo leme. O servo coloca o leme na direção apropriada para retornar a aeronave ao direcionamento magnético selecionado.

Com o movimento da superfície do leme, é gerado um sinal *follow-up* que se opõe à entrada do sinal. Quando os dois sinais são iguais em magnitude, o servo deixa de se mover. Com a chegada da aeronave ao curso, o sinal de curso alcança o valor zero, e o leme de direção retorna à posição de linha de fluxo aerodinâmico pelo sinal de *follow-up*.

O canal de *aileron* recebe seu sinal de entrada de um transmissor localizado no indicador giroscópico de horizonte. Qualquer movimento da aeronave em torno de seus eixos longitudinais faz com que a unidade giro-sensora desenvolva um sinal para corrigir esse movimento. Esse

sinal é amplificado, tem sua fase detectada e é enviado ao servo *aileron*, que move as superfícies de controle do *aileron* para corrigir o erro.

Com o movimento das superfícies do *aileron*, um sinal *follow-up* se estabelece em oposição ao sinal de entrada. Quando os dois sinais forem iguais em magnitude, o servo para de se mover. Os *ailerons* são deslocados da linha de fluxo aerodinâmico e, por causa disso, a aeronave passa a se mover de volta ao voo de nível com o sinal de entrada se tornando menor e o sinal de *follow-up* administrando as superfícies de controle de volta em direção à posição de linha de fluxo aerodinâmico. Quando a aeronave retorna ao nível de voo de atitude de rolamento, o sinal de entrada é novamente zero. Ao mesmo tempo, as superfícies de controle se encontram na linha de fluxo aerodinâmico, e o sinal de *follow-up* é zero.

Os circuitos do canal do profundor são similares aos do canal do *aileron*, com a exceção de que o canal do profundor detecta e corrige mudanças na atitude de arfagem da aeronave. Para o controle de altitude, utiliza-se uma unidade remota contendo um diafragma de pressão de altitude.

A unidade de altitude é similar à de atitude e aos giros direcionais. Ela gera sinais de erro quando a aeronave se move de uma altitude selecionada previamente e, por isso, é conhecida como uma função mantenedora de altitude. De modo geral, os sinais controlam os servos de arfagem, que se movem para corrigir o erro. Uma função de seleção de altitude causa o envio contínuo do sinal para os servos de arfagem até que uma altitude pré-selecionada tenha sido alcançada. A aeronave, assim, mantém a altitude pré-selecionada usando sinais mantenedores de altitude.

### 10.3.7 Amortecimento de guinada

Muitas aeronaves possuem uma tendência a oscilar em torno de seus eixos verticais enquanto voam em uma direção fixa. Uma entrada do profundor quase contínua é necessária para reagir a esse efeito. A fim de corrigir esse movimento, utiliza-se um amortecedor de guinada, que pode ser parte de um sistema de piloto automático ou uma unidade completamente independente. Esse amortecedor recebe sinais de erro da taxa de giro do coordenador de curva. Logo, um movimento oscilante de guinada é reagido pelo movimento do profundor, o que é feito automaticamente pelo(s) servo(s) profundor(es) em resposta à polaridade e à magnitude do sinal de erro.

## Resumindo

Os pilotos automáticos, também chamados de autopilotos, remetem automaticamente às aeronaves, porque assim foram popularizados, mas são dispositivos que controlam, além delas, naves espaciais, embarcações, mísseis e veículos.

Foi visto que, na aviação, o piloto automático é mais precisamente descrito como um sistema de controle de voo automático, e faz parte dos sistemas eletrônicos chamados aviônicos. O uso original de um AFCS se destinava a proporcionar alívio ao piloto durante estágios monótonos

do voo, como o voo de cruzeiro a altas altitudes, contudo, atualmente, pode fazer muito mais que isso, realizando até manobras altamente precisas, como pousar uma aeronave em condições de visibilidade zero.

Abordou-se que a maioria desses sistemas pode ser classificada de acordo com o número de peças ou com as três superfícies que podem controlar ao mesmo tempo ou separadamente: os profundores, o leme direcional e os controles de rolagem.



# Capítulo 11

## Sistema de controle de voo automático (AFCS) e sistema diretor de voo

O piloto automático de uma aeronave, com muitas funções e muitos sistemas de piloto automático relacionados e integrados em um único sistema, é chamado sistema de controle de voo automático, em inglês, *automatic flight control system* (AFCS). Esse sistema era encontrado antigamente apenas em aeronaves de alta performance, mas, atualmente, devido a avanços na tecnologia digital para a aviação, as aeronaves modernas de qualquer tamanho podem possuí-lo.

### Descrição e funcionalidade do AFCS e diretor de voo

As capacidades de um AFCS podem variar de sistema para sistema. Alguns dos avanços, além dos sistemas comuns de piloto automático, são a extensão das possibilidades de programação, o nível de integração dos subsídios navegacionais, a integração do diretor de voo e sistemas de *auto throttle* (acelerador automático) e a combinação dos elementos de comando desses vários sistemas em uma interface humana de controle de voo integrado único.

É no nível de integração do AFCS que um sistema *auto throttle* se integra ao diretor de voo e aos sistemas de piloto automático com funções de *glideslope*, para que pousos sejam possíveis. Pode ser que não se encontrem funções dependentes de regulagem em pequenas aeronaves de uso geral que são produzidas com o AFCS.

Na aviação moderna em geral, os AFCS são completamente integrados com a atitude digital e os sistemas de referência (AHRS) e subsídios navegacionais, incluindo o *glideslope*. Eles contêm uma arquitetura de computadores moderna para o piloto automático, bem como sistemas diretores de voo que são ligeiramente diferentes dos sistemas de piloto automático analógicos.

A funcionalidade é distribuída por uma quantidade de computadores inter-relacionados e inclui o uso de servos inteligentes que lidam com alguns dos cálculos de correção do erro. Os



**Glideslope:** é um componente do sistema de pouso por instrumentos que fornece indicações de uma rampa de planeio até a cabeceira da pista.

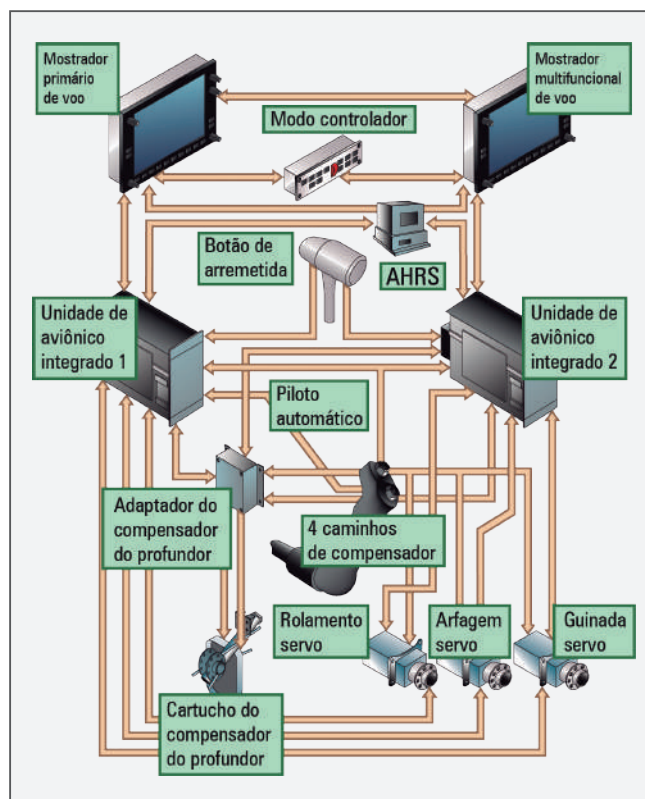


Figura 49 - Sistema de controle de voo automático (AFCS) de um sistema de instrumentos de cabine para aeronaves em geral

servos se comunicam com computadores aviônicos exclusivos e computadores de unidade de apresentação por meio de um painel de controle, pois que não existe um computador de piloto automático central.

Um sistema diretor de voo é um sistema de instrumentos que consiste em componentes eletrônicos, os quais computam e indicam a atitude requerida para atingir e manter uma condição de voo pré-selecionada na aeronave. Uma barra de comando no indicador de atitude da aeronave mostra ao piloto o quanto e em que direção a atitude da aeronave deve ser modificada para alcançar o resultado desejado. As indicações de comando computadas aliviam o piloto de muitos cálculos mentais requeridos para voos por instrumentos, tais como ângulos de **intercepção**, correção de **deriva** do vento e razões de subida e descida.

Essencialmente, um sistema diretor de voo é um piloto automático sem os servos. Todas as mesmas captações e computações são feitas, mas o piloto controla o avião e faz manobras seguindo os comandos exibidos no painel de instrumentos. Os sistemas diretores de voo podem ser parte de um sistema de piloto automático ou podem existir em uma aeronave que não possua sistemas de piloto automático completos. Muitos pilotos automáticos permitem a opção de acionamento ou desarmamento do *display* do diretor de voo.

A informação do diretor de voo é exibida no instrumento que mostra a atitude da aeronave. O processo se completa com uma técnica de referência visual. Um símbolo que representa a aeronave é encaixado em uma barra de comando posicionada perto do diretor de voo na localização apropriada para uma manobra a ser realizada. Os símbolos usados para representar a aeronave e a barra de comando variam conforme o fabricante. No entanto, o objetivo é sempre fazer com que o símbolo da aeronave voe para dentro do símbolo da barra de comando.



Figura 50.A - Instrumento indicador de atitude mostrando aeronave desnivelada



Figura 50.B - Indicador de atitude mostrando aeronave nivelada

De acordo com as Figuras 50.A e 50.B, a barra de comando do diretor de voo sinaliza ao piloto como manobrar a aeronave. O símbolo triangular, que representa o avião, deve se encaixar na barra de comando. A Figura 50.A mostra o instrumento ordenando uma subida no momento em que a aeronave se encontra nivelada, já a Figura 50.B mostra que o piloto cumpriu a manobra.

O instrumento que exhibe os comandos do diretor de voo é conhecido como um indicador do diretor de voo, em inglês, *flight director indicator* (FDI). Há também o indicador de diretor de



**Interceptar:** parar a ocorrência ou o curso de alguma coisa. Pôr obstáculo a, impedir. Impedir a passagem e/ou o caminho de. Causar a interrupção de.

**Deriva (do vento):** desvio de rota de um navio ou de uma aeronave causado por ventos ou correntes. À deriva, sem rumo certo, ao sabor de.



atitude, *attitude director indicator* (ADI), ou indicador de diretor de atitude eletrônico, *electronic attitude director indicator* (EADI). O ADI, ou EADI, pode ser conhecido como um horizonte artificial com diretor de voo. Como um piloto automático, esses sistemas consistem em dois elementos sensoriais: um computador e um painel de interface.

A integração de detalhes de navegação no indicador de atitude é altamente útil. O diretor de voo contribui para sua utilidade porque indica ao piloto como manobrar o avião para navegar um curso desejado. A seleção da função VOR no painel de controle do diretor de voo faz um *link* do computador ao receptor omnidirecional. O piloto seleciona um curso desejado e o diretor de voo exibe a atitude de inclinação necessária para interceptar e manter esse curso.

Alocações para o cálculo da deriva do vento e do ângulo de interceptação são feitas automaticamente. Os sistemas diretores de voo variam em detalhes e complexidade. Muitos têm o bloqueio de altitude, de seleção de altitude, bloqueio de arfagem e outras funções. No entanto, os sistemas diretores de voo são feitos para oferecer a maior assistência durante a fase do instrumento de aproximação de voo. Os sinais do localizador ILS e do *glideslope* são transmitidos ao computador por receptores e apresentados com indicações de comando. Isso permite ao piloto realizar a descida pelo melhor caminho de aproximação da pista usando o sistema diretor de voo.

Com a função bloqueio de altitude acionada, o voo horizontal pode ser mantido durante a manobra e a fase da curva de regresso de uma aproximação. O bloqueio de altitude se desarma automaticamente quando o *glideslope* é interceptado. Uma vez introduzidos no localizador, os sinais de comando do diretor de voo são mantidos em uma condição centrada ou zero.

A interceptação do *glideslope* causa uma indicação para baixo no indicador de controle de arfagem. Qualquer desvio do *glideslope* apropriado causa uma indicação de comando voar-para-baixo ou voar-para-cima. Assim, o piloto precisa apenas manter o símbolo do avião encaixado dentro da barra de comando.

## Resumindo

Os primeiros sistemas de controle de voo automático visavam a estabilizar a aeronave após uma perturbação de pequena intensidade, como a perturbação de controle ou as rajadas, mantendo-a em uma atitude de voo predeterminada.

Explicou-se, neste capítulo, que o termo piloto automático tem sido usado há muitos anos e é comumente entendido como desenvolvedor da função única de estabilização anteriormente citada. Embora essa função seja, sim, pertinente ao autopiloto, é importante reconhecer outras muitas, como ocorre no AFCS, que acumula outras funções além da primária anteriormente referida, como a manutenção da rota por meio de barras.



# Capítulo 12

## Instrumentos eletrônicos

A aviação em geral tem sido acrescida de componentes eletrônicos com telas digitais cada vez mais avançadas. A maior segurança dos aviões modernos e o melhor desempenho são as características mais marcantes da aplicação de instrumentos eletrônicos.

O aumento da segurança derivado da melhor confiabilidade do sistema retrai o custo do equipamento das aeronaves com aviônicos, visto que os equipamentos analógicos são mais propensos a falhas do que os pacotes primários de instrumentos eletrônicos.

### 12.1 Indicador eletrônico de atitude e direção

O indicador eletrônico de atitude e direção, em inglês, *electronic attitude director indicator* (EADI), é uma versão avançada dos indicadores de atitude elétricos e não elétricos previamente discutidos. Aquele que se relaciona às aproximações por instrumentos e às barras de comando do diretor de voo, por exemplo, é mais notável. O alerta de sistemas ativos, tais quais o sistema de controle de voo automático, ou *automatic flight control system* (AFCS), e os sistemas navegacionais, é padrão, ou seja, é comum a todas as aeronaves em geral.

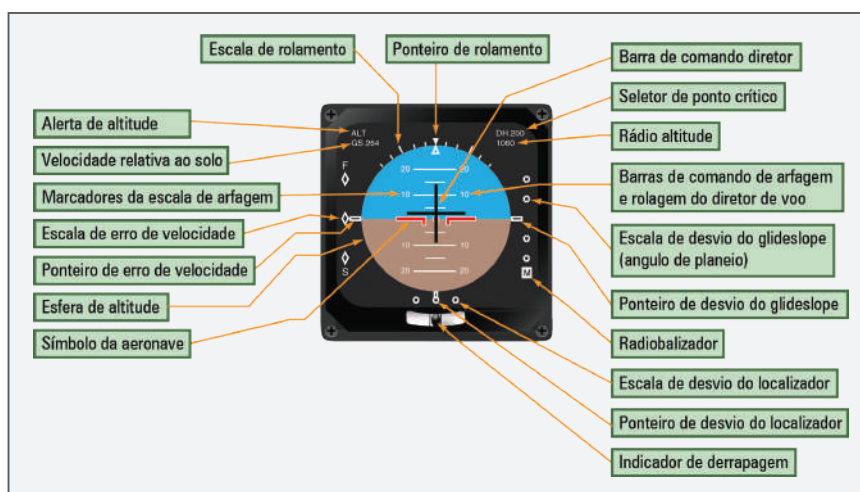


Figura 51 - Parâmetros de um EADI

O conceito por trás de um EADI é colocar todos os dados relacionados à situação do voo em proximidade para facilitar a observação pelo piloto. A maior parte dos EADIs pode ser modulada entre telas diferentes de *display*, dependendo da preferência do piloto e da fase de voo. Os EADIs variam de fabricante para fabricante e de aeronave para aeronave. Contudo, a maior parte das informações exibidas é a mesma.

Além disso, podem ser alojados em um único cabeamento de instrumentos ou podem ser parte de um sistema de *display* de instrumentos eletrônicos. Tal sistema, o sistema de instrumentos eletrônicos de voo, em inglês, *electronic flight instrument system* (EFIS), usa um tubo de raios catodo dirigido pela tela digital (*display*) de EADI por um gerador de sinal.

Os *displays* de tela grande nas cabines de vidro usam tecnologia LCD para exibir a informação EADI como parte de um *display* situacional de um todo diretamente em frente ao piloto, no meio do painel de instrumentos. De qualquer maneira, o EADI é o instrumento de voo primário usado para informar a atitude da aeronave durante o voo por instrumentos e especialmente durante a aproximação por instrumentos. Ele é quase sempre acompanhado por um indicador eletrônico de situação horizontal, em inglês, *electronic horizontal situation indicator* (EHSI), localizado logo abaixo do painel de *display*.

## 12.2 Indicadores eletrônicos de posição horizontal (EHSI)

O indicador eletrônico de posição horizontal (EHSI) é uma versão evoluída do indicador horizontal de situação, em inglês, *horizontal situation indicator* (HSI), que, por sua vez, nasceu do indicador giroscópico de direção ou giro direcional. O HSI incorpora a informação direcional a dois subsídios navegacionais diferentes, bem como o *heading* da aeronave. Já o EHSI tem outras funções, mas o propósito primário é exibir a maior quantidade de informação navegacional possível.

Em conjunto com um computador de gerenciamento de voo e um controlador de *display*, um EHSI pode exibir informações em modos PLAN, MAP, VOR e ILS. O modo PLAN exibe um mapa fixo de entrada do plano de voo. Normalmente, isso inclui todos os subsídios navegacionais selecionados para cada segmento de voo e o aeroporto de destino.

O modo MAP exibe a aeronave em contraste com um mapa detalhado móvel ao fundo. Subsídios ativos e inativos são mostrados, bem como outros aeroportos e pontos intermediários (*waypoints*). Em vez disso, a informação de radar pode ser selecionada para ser exibida em escala como um plano de fundo.



**Heading:** do inglês, o curso ou a direção na qual uma embarcação ou aeronave aponta ou se move.

**Waypoint:** do inglês, um determinado ponto entre pontos principais em uma rota, como ao longo de um percurso.

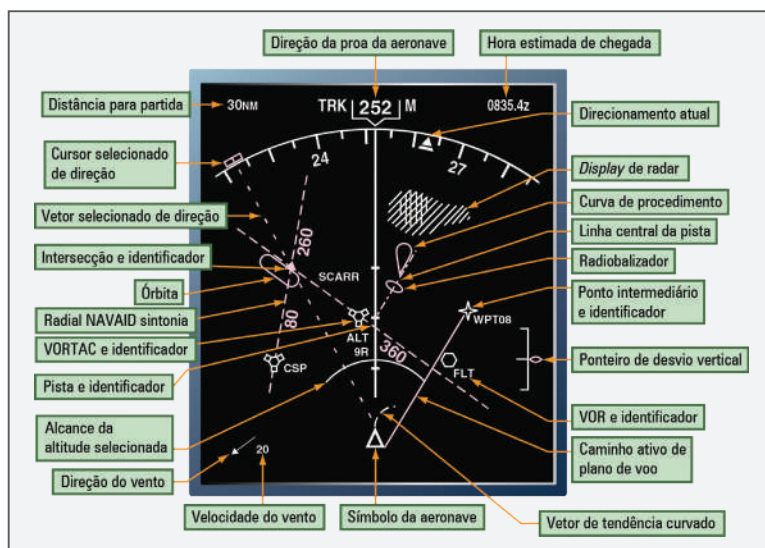


Figura 52 - Parâmetros de um EHSI

Alguns HSI podem retratar outros tráfegos aéreos quando integrados com o sistema TCAS. Diferentemente de um HSI padrão, um EHSI pode exibir apenas a porção pertinente da rosa dos ventos. Aparecem as anúncios do modo ativo e das características selecionadas com outras informações pertinentes, tais como a distância e o horário de chegada próximo ao ponto intermediário, direção e velocidade do vento, entre outros.

Como demonstra a Figura 52, um EHSI apresenta informações de navegação durante todo o voo. O piloto seleciona

o modo mais útil para uma determinada fase de voo, que inclui o planejamento de navegação de aproximação por instrumentos para pouso. O modo MAP é utilizado durante a maior parte do voo.

Na Figura 53, a exibição VOR de um EHSI apresenta um foco mais tradicional em um VOR selecionado, ou outra estação navegacional sendo utilizada durante um segmento de voo em particular. A rosa dos ventos inteira da bússola, a tradicional barra de desvio lateral, a informação do local de partida e do local de chegada, a direção e a informação de distância são padrões.

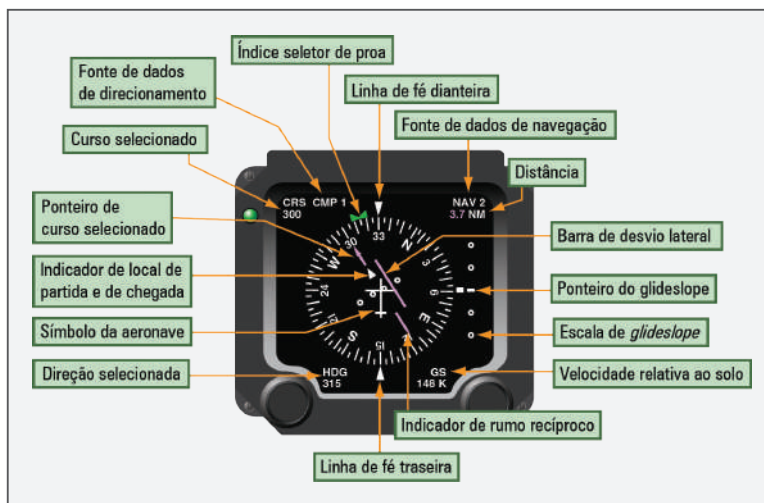


Figura 53 - Modo VOR de um EHSI

Podem ser exibidas outras informações. O modo ILS de um EHSI mostra a aeronave em relação aos subsídios de aproximação de sistema de pouso por instrumento e a pista selecionada com variados graus de detalhes. Com essa informação exibida, o piloto não precisa consultar a informação impressa de aproximação do aeroporto, permitindo atenção completa à pilotagem da aeronave.

## Resumindo

Neste capítulo, foram apresentados os principais instrumentos eletrônicos usados nas aeronaves comerciais modernas, bem como o EHSI e o EADI. O EHSI é um instrumento eletrônico de situação horizontal que mostra o rumo magnético, as radiais das estações VOR, distâncias, traçado das rotas e seus *waypoints*.

Viu-se que o EADI, por sua vez, é um instrumento eletrônico, que contém as imagens do horizonte artificial, do sistema diretor de voo e as indicações de aproximação para o pouso, ventos e outras variáveis.



# Capítulo 13

## Sistema eletrônico de informação de voo

Em um esforço para aumentar a segurança de operar aeronaves complicadas, os computadores e sistemas computacionais têm sido incorporados à aviação. A instrumentação de voo e o monitoramento de motor e sistemas são áreas particularmente melhores para se ganhar as vantagens do uso dos computadores.

Esses sistemas eletrônicos contribuem ajudando a reduzir o tumulto do painel de instrumentos e a focalizar a atenção do piloto apenas nas questões de importância iminente.

Cabine de vidro é um termo que se refere ao uso de painéis de *display* de tela plana na instrumentação da cabine. Ele também se refere ao uso de imagens produzidas por computador, que têm substituído medidores individuais mecânicos.

Ademais, computadores e seus sistemas monitoram os processos e componentes de uma aeronave em operação, além da habilidade humana, enquanto aliviam o estresse do piloto de ter de fazê-lo.

Os sistemas de instrumentos de voo eletrônicos computadorizados têm benefícios adicionais, pois a natureza de estado sólido dos componentes aumenta a confiabilidade. Além disso, microprocessadores, barramentos de dados e LCD, todos economizam espaço e peso. Os sistemas a seguir têm sido desenvolvidos e utilizados nas aeronaves há um determinado tempo. Decerto, novos sistemas e arquiteturas de computadores virão no futuro.

### 13.1 Sistema eletrônico de instrumento de voo (EFIS)

Os instrumentos de voo foram os primeiros a adotar a tecnologia do computador e a utilizar *displays* multifuncionais, em inglês, *multifunctional displays* (MFD), de tela plana. O EFIS utiliza geradores exclusivos de sinal para coordenar duas telas digitais independentes no centro do (T) básico. O indicador de atitude e o giro direcional são substituídos por tubos de raio catodo, em inglês, *cathode ray tubes* (CRT), utilizados para exibir as apresentações de EADI e EHSI.

Esses instrumentos melhorados operam juntamente a instrumentos mecânicos e elétricos com integração limitada. Mesmo assim, a tecnologia EADI e EHSI é muito desejável, reduzindo a carga de trabalho e o painel de digitalização, adicionando-se a segurança, uma vez que a informação de navegação também é integrada, como descrito.

Sistemas antigos de EFIS têm tecnologia analógica, enquanto modelos mais novos podem ser sistemas digitais. Os geradores de sinal recebem informação da atitude e do equipamento de navegação. Por meio de um controlador de *display*, o piloto pode selecionar as várias características de modo ou de tela conforme o desejo de exibição.

Sistemas exclusivos e independentes de piloto e copiloto são normais. Um terceiro gerador de *backup* fica disponível para assumir a operação caso uma das duas unidades primárias falhe.

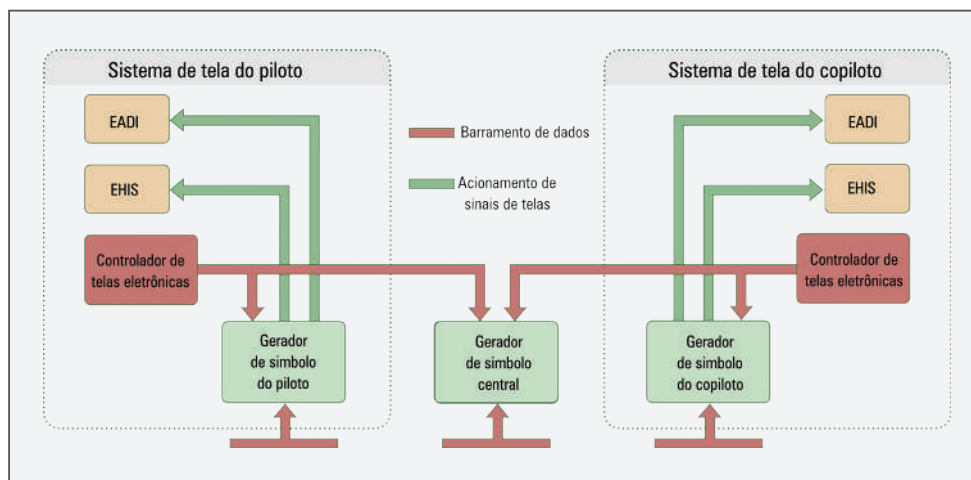


Figura 54 - Diagrama simplificado de um sistema EFIS

A descrição eletrônica da informação de ADI e HSI é o propósito central de um sistema EFIS. Seu tamanho expandido e suas capacidades acima dos medidores tradicionais permitem a integração de ainda mais dados dos instrumentos de voo. Uma escala vertical de velocidade do ar é exibida logo à esquerda do campo de atitude. Isso é na mesma posição relativa ao indicador de velocidade do ar em um painel de instrumentos em (T) básico analógico.

Uma vez que a maior parte das descrições EFIS e EADI inclui o *inclinômetro*, fazendo parte do coordenador de curva, todos os instrumentos básicos de voo são descritos pelo *display* de EFIS.

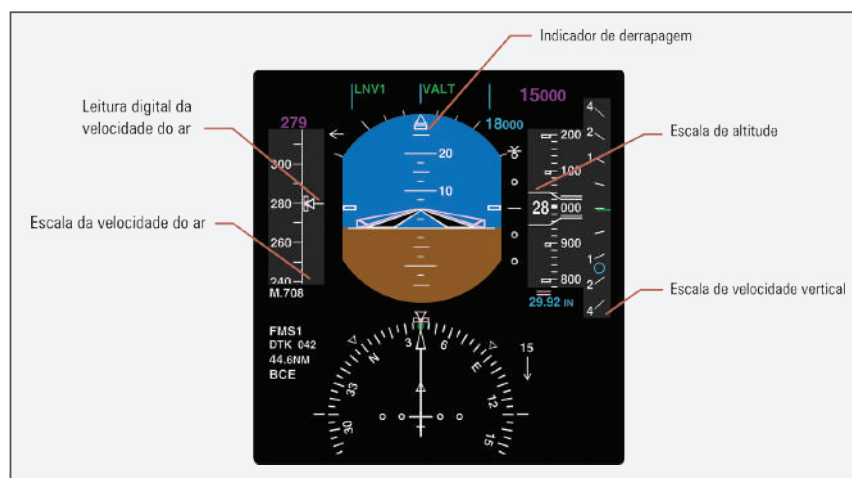


Figura 55 - Um EFIS EADI

De acordo com a Figura 55, um EFIS EADI exibe uma escala de velocidade do ar à esquerda da esfera horizontal e um altímetro e escala de velocidade vertical à direita. O indicador de derrapagem é o pequeno retângulo sob os triângulos de direção no topo. Esse visor EFIS apresenta todas as informações de voo na cabine convencional em (T).



**Backup:** cópia de um arquivo ou conjunto de dados mantidos por questão de segurança no original ou cópia principal.

**Inclinômetro:** designação genérica de aparelhos usados para medir ângulos de inclinação.



## 13.2 Monitorização eletronicamente centralizada da aeronave (ECAM)

A carga de trabalho de um piloto em qualquer aeronave inclui um monitoramento contínuo dos instrumentos de voo e do ambiente externo à aeronave. Isso inclui, ainda, um **escrutínio** vigilante para a devida operação da máquina e dos sistemas.

Nas aeronaves de carga, isso pode significar o monitoramento de inúmeros medidores, além de manobrar a aeronave. O sistema de monitoramento eletrônico centralizado da aeronave, do inglês, *electronic centralized aircraft monitoring* (ECAM), é desenvolvido para auxiliar nessa tarefa.

O conceito básico por trás do ECAM (e de outros sistemas de monitoramento) é a performance automática de monitoramento das tarefas para o piloto. Quando um problema é detectado ou uma falha ocorre, o *display* primário, juntamente com uma referência auditiva e visual, alerta o piloto. Depois disso, uma ação corretiva que precise ser tomada é exibida, bem como uma ação sugerida, devido à falha. E, ao fazer o monitoramento do sistema automaticamente, o piloto fica livre para pilotar a aeronave até que um problema ocorra.

Os sistemas ECAM antigos apenas monitoram os demais sistemas, exibindo os parâmetros do motor nos medidores de cabine de tempo integral tradicionais. Já os modelos mais modernos incorporam *displays* do motor, bem como os sistemas.

Um sistema ECAM tem dois monitores CRT. Nas aeronaves mais novas, por exemplo, eles podem ser de LCD. O monitor esquerdo ou superior, dependendo do *layout* do painel da aeronave, exibe a informação do *status* do sistema e quaisquer avisos associados a ações corretivas. Isso é feito em um formato de *checklist*. Por conseguinte, o monitor direito ou inferior exibe informação agregada do sistema em uma forma *pictorial*, tal qual um diagrama do sistema sendo a si referido no monitor primário.

Os monitores ECAM são energizados por geradores de sinal separados e os dados da aeronave são inseridos por dois computadores de aviso de voo. As entradas analógicas são alimentadas primeiramente por meio de um conversor analógico de dados do sistema e depois vão para os computadores de aviso. Estes, por seu turno, processam a informação e encaminham-na aos geradores de sinal para iluminar os monitores.

Um sistema eletrônico centralizado de monitoramento de aeronave (ECAM) exibe *status* do sistema da aeronave, lista de verificação, avisos e advertências sobre os monitoramentos.



**Escrutínio:** exame que se faz minuciosamente.

**Checklist:** é uma palavra em inglês, considerada um americanismo que significa lista de verificações. Esta palavra é a junção de *check* (verificar) e *list* (lista).

**Pictorial:** referente ou próprio da pintura.

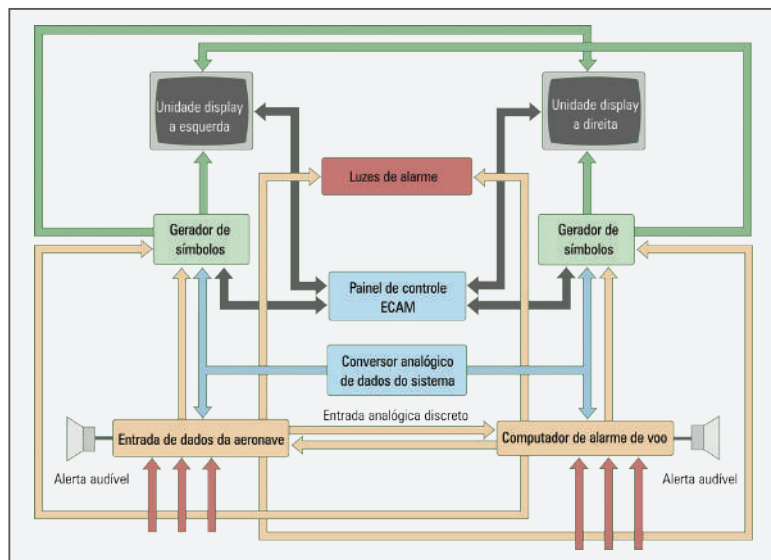


Figura 56 - Sistema eletrônico centralizado de monitoramento de aeronave (ECAM)

Existem quatro modos básicos de sistema ECAM: fase de voo, aviso, falha e manual. O modo de fase de voo é o normalmente usado. As fases são: pré-voo, decolagem, subida, cruzeiro, descida, aproximação e pós-pouso. Os modos de aviso e de falha vão aparecer automaticamente de acordo com a situação.

Quando um aviso é exibido no monitor primário, o secundário vai exibir automaticamente o esquema do sistema com valores numéricos. O mesmo ocorre para o modo de falha, que precede acima de todos os modos, independentemente de qual modo está selecionado no momento da falha. Então, para atrair atenção às questões na ordem de importância, usam-se códigos de cores nos *displays*. Os modos de *display* são selecionados via um painel de controle de ECAM, exibido na Figura 57.



Figura 57 - Painel de controle do *display* ECAM

O modo manual de ECAM é ajustado ao se pressionar um dos botões de *display* sinóticos no painel de controle. Isso permite o *display* dos diagramas do sistema. No entanto, um aviso de falha ou de evento de aviso cancela essa exibição.

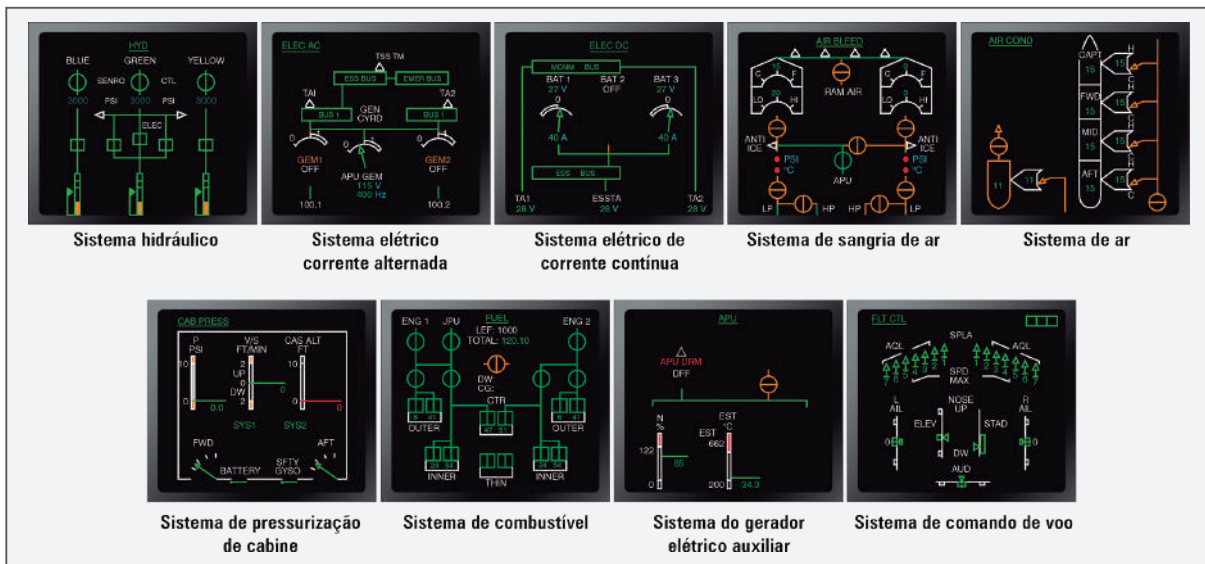


Figura 58 - Nove dos 12 diagramas de sistema disponíveis a partir do modo manual ECAM

Os computadores de aviso de voo em ECAM e os geradores de sinal se autotestam quando são acionados. Um painel de manutenção permite a anunciação do teste e de testes posteriores sob demanda. Trata-se do BITE, a abreviatura de *built-in test equipment*, que significa equipamento de teste embutido.

É padrão para os sistemas de monitoramento acompanhar a si mesmos e aos sistemas da aeronave. Todas as entradas do sistema para os computadores de aviso de voo podem ter sua

continuidade testada a partir desse painel, bem como as entradas e saídas do conversor analógico de dados do sistema.

Qualquer falta individual do sistema será listada no *display* primário, como sempre. Falhas nos computadores de aviso de voo e geradores de sinal serão anunciadas no painel de manutenção. É necessário seguir as orientações do fabricante ao testar o ECAM e os sistemas relacionados. A Figura 59 demonstra o painel de manutenção usado para teste e falhas anunciadores no sistema de ECAM.

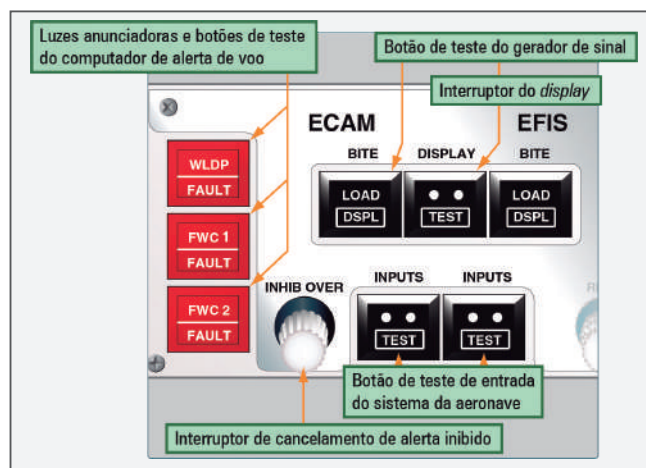


Figura 59 - Painel de manutenção

### 13.3 Sistema de alerta de tripulação para indicação de motor (EICAS)

Um sistema de alerta de tripulação para indicação de motor, o EICAS, realiza muitas das mesmas funções de um sistema ECAM. O objetivo permanece sendo monitorar os sistemas da aeronave para o piloto. Todos os EICAS exibem os parâmetros de motor e de sistemas. Medidores tradicionais não são utilizados, exceto um medidor de motor de combinação em *standby*, para o caso de falha total do sistema.

O EICAS também é um sistema de dois computadores e dois monitores com um painel de seleção de *display*. Ambos os monitores recebem informação do mesmo computador e o segundo serve como um *standby*. As entradas digitais e analógicas dos sistemas de motor são monitoradas continuamente, incorporando-se luzes de precaução e aviso, bem como tons aurais.

O EICAS fornece parâmetros do motor primário em tempo integral (EPR, N1, EGT) no monitor primário do topo, demonstrando, ainda, avisos e precauções. Os parâmetros do motor secundário e *status* de sistemas não motores são exibidos na tela do fundo. A tela inferior também é utilizada para os diagnósticos de manutenção quando a aeronave está no solo. Os códigos de cores são utilizados, bem como a priorização das mensagens.

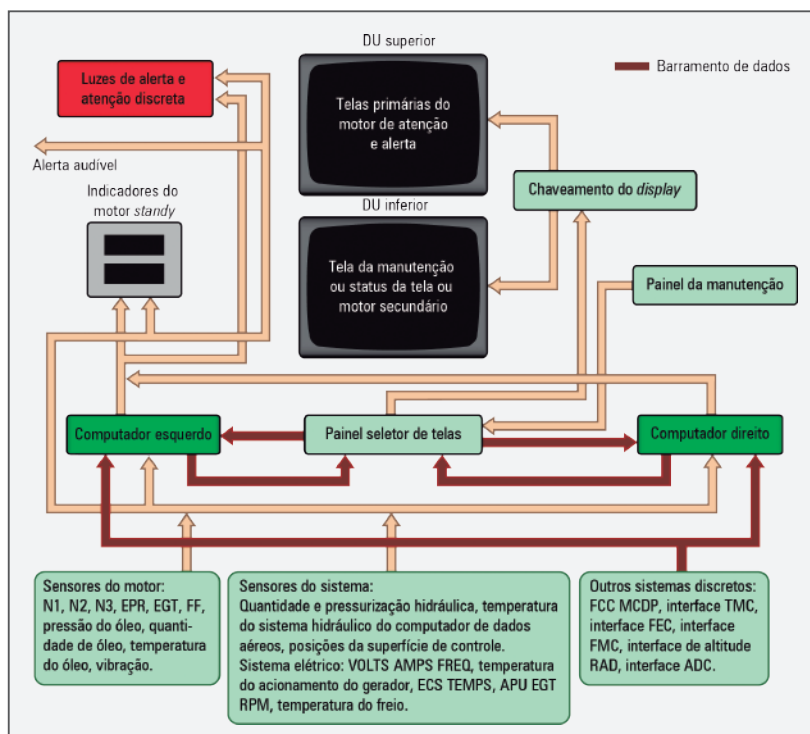


Figura 60 - Esquema de EICAS



**Standby:** estar pronto ou disponível para agir.

**Tom aural:** inflexão relativa ou pertencente ao sentido da audição.

O painel de seleção de *display* permite ao piloto escolher qual computador está ativamente provendo informação. Ele também controla o *display* da informação do motor secundário e os *displays* de status do sistema no monitor inferior. O EICAS tem uma característica única que, automaticamente, grava os parâmetros de um evento de falha para que seja lembrado mais tarde pelo pessoal da manutenção.

Caso o piloto suspeite que um problema esteja ocorrendo durante um voo, pode pressionar o botão de gravação de evento no painel de seleção de *display*. Ele grava, ainda, os parâmetros daquele período de voo para que seja estudado depois pela manutenção. Os dados hidráulicos, elétricos, ambientais, de performance e APU são exemplos do que pode ser gravado.

O EICAS usa BITE para sistemas e componentes, assim, um painel de manutenção se inclui para os técnicos. A partir desse painel, quando a aeronave está em solo, interruptores *push-button* (botão de apertar) exibem informação pertinente a vários sistemas para análise.

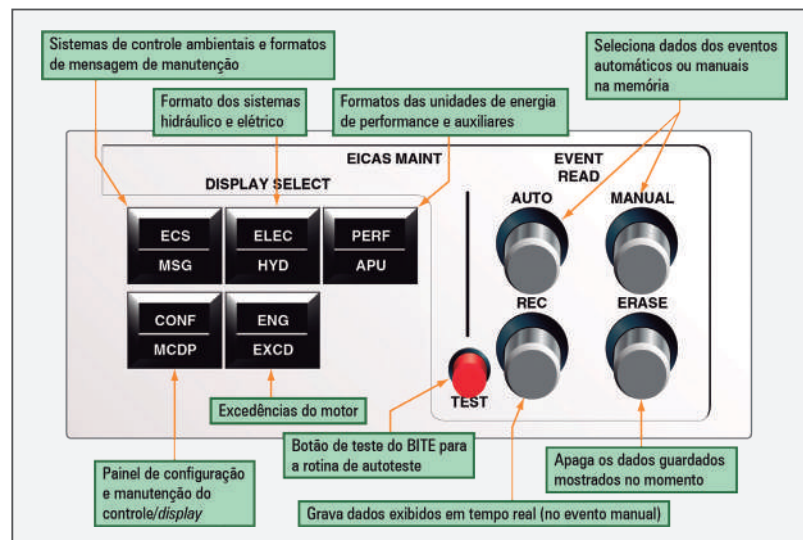


Figura 61 - Painel de controle de manutenção EICAS de uso exclusivamente técnico

## 13.4 Sistema de gerenciamento de voo (FMS)

O nível mais elevado do sistema de voo automatizado é o FMS de voo, pois as companhias que alugam aeronaves, em geral, desejam alcançar resultados especiais. Desempenho, economia de combustível e longa vida útil do motor e dos componentes contribuem para a lucratividade e para a qualidade na prestação dos serviços.

Um FMS ajuda a alcançar esses resultados ao operar a aeronave com a maior precisão possível por um único piloto humano. Pode ser pensado, ainda, como um sistema computadorizado mestre que controla todos os outros sistemas, computadorizados ou não.

Como tal, ele coordena o ajuste do voo, motor e parâmetros de sistemas, tanto automaticamente quanto instruindo o piloto a como fazê-lo. Literalmente, todos os aspectos do voo são considerados, desde o planejamento pré-voo até o pouso, incluindo alterações em voo para ações dos cursos planejados.

O componente principal de um FMS é o computador de gerenciamento de voo, que controla as funções de *auto throttle* (acelerador automático de potência), os geradores de símbolos, o sistema automático de comando de voo, o sistema de referência inercial, sistemas de anticolisão e todos os subsídios navegacionais via barramentos de dados.

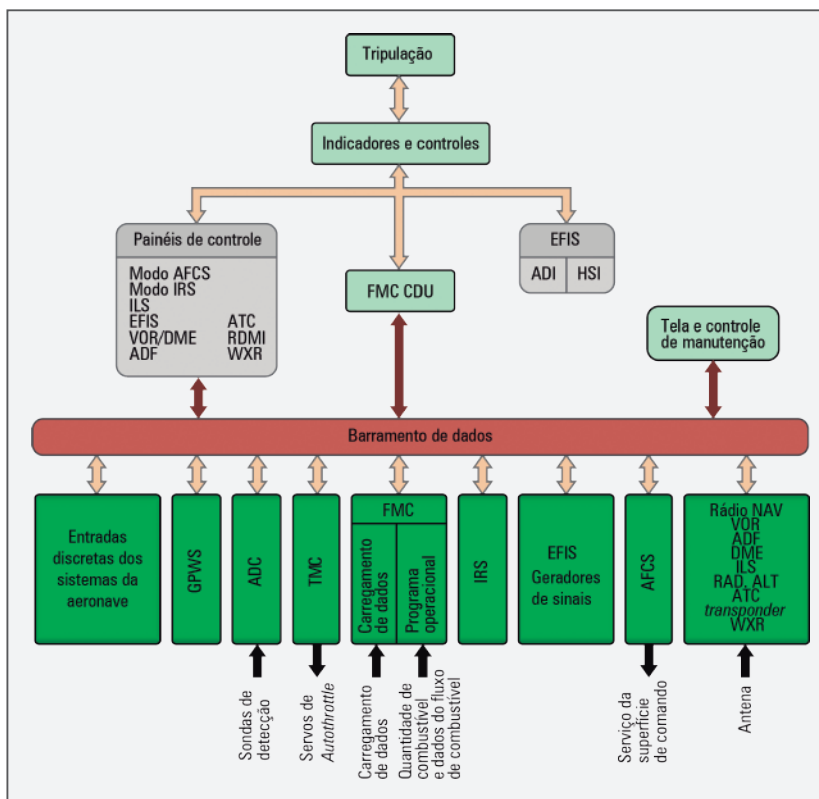


Figura 62 - Sistema de gerenciamento de voo (FMS)

A interface do sistema é uma unidade de *display* de controle, em inglês, *control display unit* (CDU), que se localiza adiante no pedestal central da cabine. Ele contém um teclado completo alfanumérico, uma tela de LCD *display*/trabalho, anunciadores de *status* e condições e teclas de função especializadas.

Os FMS comuns usam dois FMS e o computador gerenciador de bordo, em inglês, *flight management computer* (FMC), que operam independentemente entre as unidades do piloto e do copiloto. Contudo, eles cruzam informações por meio do barramento de dados. Em operações normais, o piloto e o copiloto dividem a carga de trabalho, com o CDU do piloto ajustado para supervisionar e se relacionar com os parâmetros operacionais e o CDU do copiloto lidando com as tarefas navegacionais. Isso é opcional e *discricionário* à tripulação. Se um componente principal falhar (por exemplo, um FMC ou um CDU), as unidades operacionais remanescentes continuam a operar com controle total e sem comprometer o sistema.

Cada voo de uma aeronave tem componentes verticais, horizontais e navegacionais, os quais se mantêm pela manipulação do motor e pelos controles

**Discricionário:** deixado à discricião; livre de condições; não limitado.



Figura 63 - Unidade de controle (CDU) de um FMS



de sistemas. Enquanto isso, opções inúmeras ficam disponíveis ao piloto: razão de subida, ajustes de potência, níveis de EPR, velocidade do ar, razão de descida e outras variadas.

Carreiras aéreas comerciais usam o FMC para estabelecer diretrizes pelas quais os voos podem se realizar. Normalmente, eles promovem as metas da companhia para conservação de combustível e equipamento. O piloto precisa apenas inserir variáveis como requerido e responder a alternativas sugeridas pelo FMC.

O FMC tem, literalmente, centenas de planos de voo arquivados em sua base de dados com parâmetros operacionais predeterminados que podem ser selecionados e implementados. A integração com subsídios NAV-COM permite ao FMS mudar as frequências de rádio quando o plano de voo é liberado.

Computações internas usando entrada direta a partir de sistemas do fluxo de combustível e quantidade de combustível permitem ao FMC realizar operações chave ou perseguir seus objetivos, tais como operações de alta performance, se ganhar tempo for **proeminente** em um voo em particular.

Aspectos sobre o clima e o tráfego também são integrados. O FMS pode lidar com todas as variáveis automaticamente, mas se comunica por meio da tela do CDU para apresentar sua ação planejada, conseguir consenso ou perguntar por uma entrada ou decisão.

Quanto aos sistemas de monitoramento, o FMS inclui equipamento com sistema de autoteste (BITE), o FMC monitora continuamente seus sistemas inteiros e entradas relacionadas a faltas durante a operação. Dessa forma, o pessoal da manutenção pode obter mensagens de faltas geradas pelo sistema e gravadas pelo piloto, bem como acessar páginas de manutenção que convoca equipamentos de substituição rápida na pista (LRUs para as quais as falhas têm sido rastreadas pelo sistema BITE). Portanto, os procedimentos do fabricante devem ser seguidos a fim de realizar a interface com os dados de informação da manutenção.

## Resumindo

Neste capítulo, foram explanados os sistemas eletrônicos que informam os dados de voo de uma aeronave. Discorreu-se sobre EFIS, sistema que mostra dados primários de voo, navegação, sistemas, entre outros. Ele incorpora as unidades de *display*, processamento, interfaces homem/máquina e o *software*. O ECAM, sistema que detecta o problema ou uma falha que ocorre na aeronave, informa ao piloto em uma tela eletrônica, juntamente com uma referência auditiva e visual.

EICAS é o sistema que alerta aos pilotos no comportamento dos motores de uma aeronave. Ele inclui instrumentos de controle de diversos parâmetros dos motores, como as RPM, a temperatura, o fluxo e quantidade de combustível e pressão do óleo, além de outros sistemas que controlam o aspecto hidráulico, o pneumático e o elétrico.

Por fim, viu-se que o FMS, sistema importante para orientar e navegar aeronaves modernas, segue um plano de voo que é configurado e programado pelo piloto por intermédio do FMC, permitindo ao piloto corrigir a ação conforme a direção, altitude e velocidade do voo.



**Proeminente:** que forma proeminência ou relevo; que é mais elevado. Que se distingue por caracteres angulosos mais ou menos pronunciados.

# Capítulo 14

## Avisos e precauções

Quando ocorre qualquer situação anormal, avisos visuais e sonoros são acionados para captar a atenção dos membros da tripulação, como um meio de precaução durante o voo de uma aeronave.

O relógio, por sua vez, controla a duração de um voo. Ele também possui algumas utilidades referentes à segurança e ao aperfeiçoamento de desempenho durante o voo. Desse modo, são instalados relógios de precisão e tipo cronômetro nos painéis de instrumentos na cabine de comando, que estão descritos mais adiante.

### 14.1 Sistema anunciador

Os instrumentos são instalados para dois propósitos: exibir as condições correntes e notificar sobre as condições insatisfatórias. Utilizam-se, portanto, cores padronizadas para diferenciar entre uma e outra mensagem visual. Por exemplo, a cor verde indica uma condição satisfatória. Já o âmbar (semelhante ao amarelo) é utilizado para alertar sobre uma condição mais séria que requeira monitoramento posterior. O vermelho, por conseguinte, é a cor de uma condição insatisfatória. Essas cores dão uma rápida referência ao piloto ao serem parte do mostrador do instrumento ou de um sistema de aviso visual.

A maior parte das aeronaves inclui luzes anunciadoras que se acendem quando um evento que demande atenção ocorre. Elas usam as cores anteriormente mencionadas em uma variedade de apresentações. As mais comumente utilizadas são as luzes individuais próximas ao instrumento associado da cabine ou um *display* coletivo de luzes para vários sistemas em uma localização central. Cada luz é rotulada por uma palavra ou a palavra faz parte da própria luz para identificar qualquer problema rápido e claramente.

Em aeronaves complexas, deve-se conhecer e manter o *status* de sistemas numerosos e de componentes. Nesse sentido, sistemas de aviso centralizados têm sido desenvolvidos para anunciar mensagens críticas concernentes a uma multidão de sistemas e componentes de uma maneira simplificada e organizada.

Isso é feito frequentemente ao se posicionar um único painel anunciador em algum lugar no painel de instrumentos. Além disso, esses sistemas de aviso analógicos de aeronaves podem ter a aparência variada e dependem da preferência do fabricante e dos sistemas instalados.

Ao analisar a Figura 64, é possível verificar que o painel anunciador centralizado analógico possui luzes indicadoras de sistemas e componentes em toda a aeronave.



Figura 64 - Painel anunciador centralizado analógico

O EFIS produz a anunciação de avisos e mensagens como parte do seu controle de voo e das suas capacidades de monitoramento, como previamente descrito. Normalmente, a unidade primária de *display* é escolhida como a localização para exibir anunciações.

Luzes de alerta geral são utilizadas para chamar a atenção da tripulação para uma situação crítica, além de um anunciador que descreve o problema. Essas luzes de alerta geral recebem uma faixação central e iluminam sempre que qualquer dos sistemas participantes ou componentes requeiram atenção.



Figura 65 - Interruptor de alerta geral destacado do painel de instrumentos

Uma vez notificado, o piloto pode cancelar o alerta geral, mas um sistema específico ou uma luz anunciadora de componente permanece iluminado até que a situação que causou o aviso se retifique. Por consequência, o cancelamento reprograma as luzes de alerta geral para avisar sobre um evento de falha subsequente até mesmo antes da falha inicial ser corrigida.

Há um botão de teste disponível para todo o sistema anunciador, que energiza todo o circuito de aviso e o acende para confirmar sua prontidão. Frequentemente, esses testes expõem a necessidade de reposição das pequenas lâmpadas que são utilizadas pelo sistema.



## 14.2 Sistema de alerta auditivo

Os sistemas de alerta aurais, ou auditivos, funcionam em conjunto com os sistemas iluminados anunciadores. Eles informam ao piloto audivelmente sobre uma situação que requiera atenção. Vários tons e frases soam na cabine para alertar a tripulação quando determinadas condições existem. Por exemplo, uma aeronave com trem de pouso retrátil usa um sistema de aviso audível para alertar a tripulação sobre uma condição não segura.

Soa um sino se o acelerador estiver retardado e o trem de pouso não estiver na condição de posição travado.

Uma aeronave comum da categoria de carga tem um sistema de aviso audível que alerta o piloto com sinais de áudio nas situações seguintes: anormalidades na decolagem, no pouso, na pressurização ou nas condições da velocidade do ar, fogo no motor ou na roda, chamadas do sistema de chamada da tripulação, recomendações do sistema anticolisão, e mais. A Tabela 1 mostra alguns dos problemas que disparam os avisos sonoros e quais são as ações recomendadas para corrigir a situação.

Tabela 1 - Alarme auditivo da aeronave

Exemplos de alerta auditivo da aeronave				
Fase de operação	Sistema de alerta	Sinal de alerta	Causas de sinal de alerta de ativação	Ação corretiva
Pouso	Trem de pouso ATA 32-00	Buzina contínua	Trem de pouso não travou embaixo quando os <i>flaps</i> estão fora da posição em cima e os manetes retardados para a marcha lenta.	Recolher os <i>flaps</i> e avançar os manetes.
Em voo	Aviso de <i>Mach</i> ATA 34-00	<i>Clacker</i>	Número de <i>Mach</i> ou velocidade equivalente fora dos limites.	Reduzir a velocidade da aeronave.
Decolagem	Controle de voo ATA 27-00 gerador elétrico auxiliar (APU) ATA 49-00	Buzina intermitente	Os manetes estão avançados e existe uma das seguintes condições: 1. Freios aerodinâmicos não estão recolhidos; 2. <i>Flaps</i> fora da posição de decolagem; 3. Porta do escapamento da força auxiliar, aberta.	Corrigir a aeronave para as condições adequadas à decolagem.
Em voo	Pressurização ATA 21-00	Buzina intermitente	Se a pressão da cabine torna-se igual à atmosférica em uma específica altitude (altitude no momento da ocorrência).	Corrigir a condição.
Qualquer estágio	Aviso de fogo ATA 26-00	Campanha contínua	Alguma condição de superaquecimento ou fogo em algum motor ou no alojamento das rodas principais ou do nariz. Motor auxiliar (APU) ou algum compartimento com instalação de aviso de fogo. Também quando o sistema de aviso de fogo é testado.	1. Reduzir o aquecimento da área onde o sistema de aviso de fogo foi ativado. 2. O sistema pode ser silenciado empurrando-se o interruptor de corte da campanha de aviso de fogo ou de corte do APU.

Qualquer estágio	Comunicação ATA 23-00	Toque muito alto	Em qualquer tempo que o botão de chamada do comandante é pressionado para um painel de força do comissário (a) da parte dianteira ou traseira da cabine.	Soltar o botão ou se ele permanecer travado puxá-lo para fora.
Qualquer estágio	Comunicações sistema SECAL ATA 23-00	Tonalidade de chamada muito baixa, simplesmente baixa.	Sempre que um sinal tenha sido recebido por um sistema de comunicação HF ou VHF e decodificado pelo sistema SECAL.	Pressionar o botão rearmar no painel de controle do sistema SECAL.
O sistema Secal é o <i>selective calling system</i> : cada aeronave recebe uma combinação de quatro tons de áudio com a finalidade de identificação. Uma estação terrestre possui a chave do código, sempre que for desejado um contato com determinada aeronave. O sinal será decodificado pelo sistema Secal a bordo e a tripulação alertada pelo sistema de aviso.				

Fonte: Elaboração com dados de BRASIL, 2002, p. 51-52.



## 14.3 Relógios

**Relógio mecânico de oito dias:** é um relógio de corda utilizado em aeronaves. Ele leva esse nome porque, depois de dada a corda, funciona por oito dias antes de parar.

Um indicador de tempo padrão é requerido na cabine de uma aeronave certificada para IFR e pode ser denominado relógio ou cronômetro. Os pilotos usam um relógio durante o voo para cronometrar as manobras e para propósitos navegacionais. O relógio normalmente é afixado próximo ao grupo de instrumentos, muitas vezes perto do coordenador de curva. Ele indica as horas, os minutos e os segundos.



Figura 66 - Relógio mecânico aeronáutico comum de oito dias

Por muitos anos, o **relógio mecânico de oito dias** era o dispositivo de tempo padrão das aeronaves porque ele continua funcionando sem a energia elétrica, contanto que se tenha dado corda. O relógio mecânico de oito dias é confiável e acurado o bastante para o uso pretendido. Alguns relógios mecânicos de aeronaves possuem um botão de apertar do dispositivo do tempo decorrido. Com o desenvolvimento da confiabilidade dos sistemas elétricos, sistemas altamente redundantes que existem hoje, o uso de um relógio elétrico para substituir o mecânico foi iniciado.

Um relógio elétrico é um aparelho analógico que também pode possuir um dispositivo do tempo decorrido. Ele pode ser ligado à bateria ou ao cabo da bateria. No entanto, continua a operar no evento de uma falha de energia. Muitas vezes, é utilizado em aeronaves com mais motores em que a completa perda de energia elétrica é improvável.



Figura 67 - Relógio eletrônico comum de aeronave

Muitas aeronaves modernas possuem um relógio digital eletrônico com leitor de LED. Dispositivo que vem com as vantagens de consumo baixo de energia e alta confiabilidade devido à ausência de partes móveis, além de ser bastante acurado. Eletrônicos de estado sólido permitem características expansíveis, tais como tempo decorrido, tempo de voo que começa automaticamente na decolagem, um cronômetro e memória para todas as funções. Alguns até possuem leitores de data e temperatura. Apesar de estar ligado ao sistema elétrico da aeronave, o relógio digital eletrônico pode incluir uma bateria pequena e independente que opera o dispositivo caso haja perda de energia elétrica.

Em aeronaves com sistemas de instrumentos totalmente computadorizados digitalmente e utilizando *displays* de tela plana, o relógio interno do computador, ou um relógio GPS, pode ser usado com um leitor digital de tempo, localizado em algum local do *display* primário de voo.

## 14.4 Caixa de instrumento e seu manuseio

Muitos materiais são utilizados para proteger o funcionamento interno dos instrumentos de uma aeronave, bem como para melhorar o desempenho do instrumento e de qualquer outro equipamento disposto nas proximidades. As caixas dos instrumentos podem ser de uma peça ou compostas, feitas com alguns materiais comuns, por exemplo: liga de alumínio, de magnésio, aço, ferro e plástico, etc. Os instrumentos elétricos possuem caixa de aço ou liga de ferro para conter o fluxo eletromagnético causado pela movimentação da corrente interna.

Apesar da sua aparência externa robusta, todos os instrumentos, especialmente os instrumentos mecânicos analógicos, devem ser manuseados com cuidado especial e jamais podem cair. Uma rachadura em um instrumento de ar pressurizado inviabiliza seu uso. Não se devem soprar nas portas, as quais devem estar plugadas até que o instrumento seja instalado, e os instrumentos de giro devem ser enjaulados até que estejam instalados no painel de instrumentos. Devem-se observar, portanto, todos os cuidados descritos no cabeamento do instrumento e seguir as instruções do fabricante para o manuseio e o transporte apropriado, bem como a instalação.

## Resumindo

Foi apresentado, neste capítulo, como funcionam os sistemas anunciadores e alertas de uma aeronave, por meio dos quais as cores iluminam-se conforme a gravidade do problema (pane). Existem também cores que indicam operação normal de um determinado componente. O julgamento do problema se dá conforme os manuais de procedimento de voo.

Ademais, viu-se que o relógio pode ser do tipo mecânico ou digital eletrônico e que ele possui diversas utilidades além de marcar as horas, como cronometrar o voo, por exemplo. Em sua forma digital, ele agrega ainda mais funções, como o GPS. E, finalmente, visualizou-se de que são compostas as caixas dos instrumentos e quais são o seu manuseio e manutenção corretos.



# Capítulo 15

## Instalação e marcação de instrumentos

As marcações de limites de operação são realizadas por faixas coloridas em forma de arco ou por **decalques** nos vidros dos instrumentos ou diretamente no vidro do mostrador.

Assim, a marcação de instrumentos se trata de uma parte importante da instalação, que voltará a ocorrer sazonalmente, de forma preventiva, ou sob novas demandas conforme se fizer necessário.

### 15.1 Painel de instrumentos

Os painéis de instrumentos são feitos de liga de alumínio e são pintados de uma cor escura e fosca. Às vezes, os painéis subdividem-se para facilitar o acesso às costas dos instrumentos durante a manutenção e recebem uma base à prova de choque para absorver choques de baixa frequência e de alta amplitude.

As bases absorvem a maior parte das vibrações vertical e horizontal, e assim permitem que os instrumentos operem sob condições de menor vibração. Usam-se faixas de ligação para garantir a continuidade elétrica do painel aos sistemas.

O tipo e o número de bases à prova de choque a serem utilizadas nos painéis de instrumentos são determinados pelo peso da unidade. Painéis de instrumentos à prova de choque devem ser livres para se moverem em todas as direções e devem ter espaço suficiente em volta para evitar que se choquem contra a estrutura de suporte.

Quando um painel não possuir uma folga adequada ao redor dos instrumentos, devem-se inspecionar as bases à prova de choque para verificar se não há folgas, rachaduras ou qualquer espécie de deterioração.

O *layout* do painel de instrumentos é bem variado em aeronaves antigas. Assim, o **advento** do voo por instrumentos tornou os instrumentos de voo muito importantes quando a referência externa de horizonte ou de solo é ausente.

Os sistemas de instrumentos de voo eletrônicos e os *displays* da cabine digital mantiveram o mesmo arranjo básico em (T) para os instrumentos de voo e para as apresentações de dados. Os instrumentos de voo e o (T) básico localizam-se diretamente na frente dos assentos do piloto e do copiloto. Algumas aeronaves leves possuem apenas um jogo completo de instrumentos de voo, que se localiza em frente ao assento esquerdo.



**Decalque:** transferência de (imagens gráficas) de uma superfície a outra, por calco ('compressão') ou cópia; calque.

**Advento:** aparecimento, chegada (de alguém ou algo). Aquilo que começa ou se institui.

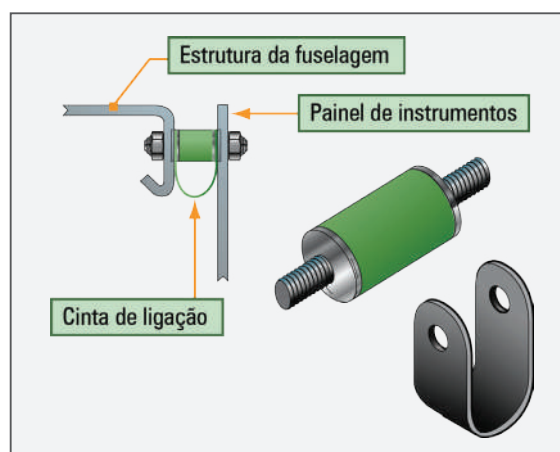


Figura 68 - Montagens de choque do painel de instrumentos

A localização dos instrumentos de motor e navegação varia. Idealmente, eles deveriam estar acessíveis a ambos, o piloto e o copiloto. Muitas variações existem para utilizar o espaço limitado no centro do painel de instrumentos e ainda promover acessibilidade pela tripulação a todos os instrumentos pertinentes.

Em aeronaves grandes, um pedestal central e painéis superiores ajudam a criar mais espaço. Já em aeronaves pequenas, os instrumentos de motor muitas vezes são realocados para permitir que os instrumentos de navegação e de rádio ocupem o centro do painel de instrumentos.



Figura 69 - Instrumentos de voo diretamente à frente do piloto

Em aeronaves modernas, os sistemas de informação de voo digitais e EFIS reduzem o painel e permitem a facilidade do acesso a todos os instrumentos por ambos, piloto e copiloto. Painéis de telas digitais controláveis permitem a seleção de páginas de informação que, quando não exibidas, são completamente invisíveis e não ocupam espaço no painel de instrumentos.

## 15.2 Montagem de instrumentos



**Flangeada:** em forma de flange.

**Autofreno:** diz-se de peça que possua ação inerente de travamento, não estando sujeita à folga em caso de vibração.

**Flanges:** aba em forma de coroa, localizada na ponta de cano ou conexão, para se juntar a outra extremidade similar, geralmente por meio de parafuso, com vedante interposto.

O método de montagem de instrumentos em seus respectivos painéis depende do projeto da caixa do instrumento. Em um projeto, a moldura é **flangeada** de tal forma que o instrumento pode ter uma montagem embutida em seu corte a partir da parte de trás do painel. Porcas de **autofreno** integrais localizam-se nos mostradores traseiros dos **flanges** angulares para receber parafusos de montagem desde a frente do painel.

O instrumento tipo flangeado também pode ser montado na frente do painel. Nesse caso, instalam-se porcas fixas no próprio painel. Para montar os instrumentos, são usados parafusos não ferrosos.

Existem, outrossim, sistemas de montagem de instrumentos que são sem flanges. Uma braçadeira especial, moldada e dimensionada para se encaixar na caixa do instrumento, é posicionada permanentemente na face traseira do painel. O instrumento é, então, deslizado para dentro do painel pela frente e para dentro da braçadeira e o parafuso que aperta a braçadeira fica acessível pela parte da frente do painel.

Independentemente de como um instrumento é montado, ele não deve tocar ou estar muito próximo de outro instrumento para evitar que entrem em contato durante o choque do pouso. Na Figura 70, a montagem de instrumentos apresenta-se flangeada (acima e no meio) e sem flanges (abaixo).

### 15.3 Requisitos para energia do instrumento

Muitos instrumentos de uma aeronave requerem energia elétrica para operar, portanto, mesmo os instrumentos não elétricos podem requerê-la. Os geradores da aeronave produzem apenas um pouco de eletricidade, o que torna imperativo que os equipamentos não gastem mais energia do que aquela disponível pelos geradores.

Os dispositivos elétricos, incluindo os instrumentos, possuem classificação de energia que precisa ser checada antes de qualquer instalação. Esses componentes mostram qual é a voltagem requerida para operar a unidade corretamente e a quantidade de amperagem que ele obtém quando opera em sua capacidade. Recomenda-se, dessa maneira, a substituição de um componente por outro que tenha a mesma classificação de energia para garantir que a carga elétrica potencial do equipamento instalado permaneça dentro dos limites pretendidos pelo fabricante da aeronave.

Adicionar um componente com uma classificação diferente ou instalá-lo totalmente novo pode requerer a realização de uma verificação de carga. Isso é essencialmente uma checagem operacional de solo para garantir que o sistema elétrico possa suprir todos os dispositivos instalados na aeronave que consomem eletricidade. Em resumo, é necessário seguir as instruções do fabricante sobre como realizar essa checagem.

### 15.4 Marcação de faixa de instrumento

Muitos instrumentos contêm marcações coloridas na face do mostrador para indicar, apenas em um relance, se um sistema em particular ou um componente está dentro de um alcance de operação que seja seguro e desejável ou se uma condição indesejada existe.

As marcações são inseridas nos instrumentos pelo fabricante do equipamento original em acordo com as especificações da aeronave na ficha de dados do certificado. Os dados que descrevem essas limitações podem, às vezes, ser encontrados nos manuais de manutenção e de operação do fabricante da aeronave.

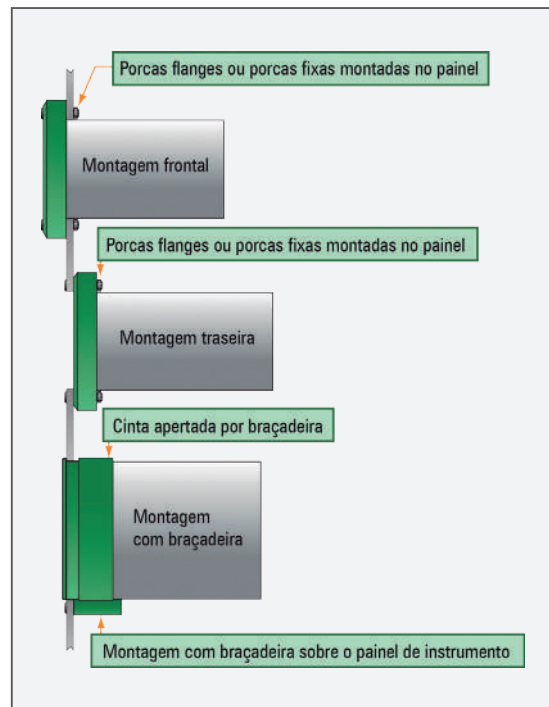


Figura 70 - Montagem de instrumentos



Figura 71 - Indicador de velocidade faz amplo uso das marcações de faixa

Ocasionalmente, o técnico em manutenção de aeronaves decide pela necessidade de aplicar essas marcações em um instrumento de reposição aprovado no qual elas não aparecem. É crucial que o instrumento seja marcado corretamente e apenas de acordo com os dados aprovados. A marcação pode ser posicionada na tampa de vidro do instrumento com tinta ou decalque. Assim, uma marca branca de deslizamento é feita para se estender do vidro até a cápsula do instrumento. No entanto, se o vidro girar na moldura, a marcação não se alinhará propriamente ao mostrador calibrado do instrumento.

As marcações podem acontecer na forma de um arco ou de uma linha radial, utilizando-se as cores vermelho, amarelo, verde, azul ou branco. O vermelho, por exemplo, é utilizado para indicar os alcances mínimos e máximos. Vale ressaltar que operar fora dessas marcações é perigoso e deve ser evitado. O verde, por sua vez, indica o alcance normal de operação. Já o amarelo é usado

para indicar cautela e, por último, o azul e o branco são utilizados nos indicadores de velocidade do ar para definir condições específicas.

## Resumindo

Neste capítulo, tratou-se das características de *layout* e da montagem do painel de instrumentos. Abordou-se a existência de uma variedade de disposição dos sistemas de instrumentos dentro de um painel e a possibilidade de alterações nessas estruturas devido à movimentação brusca gerada pelo impacto do pouso.

Forneceram-se, ainda, informações das marcações de limites de operação ideal. Quando são feitas marcações nos vidros dos instrumentos, podendo ser referenciadas com cores diferentes, haverá modificações sempre que houver alteração em alguns desses limites.



# Capítulo 16

## Sistema de instrumento e manutenção de instrumento

Um técnico de manutenção de aeronaves que possua a carteira de habilitação técnica (CHT) não está qualificado para realizar a manutenção interna em instrumentos relacionados a equipamentos de substituição rápida na pista. Esse procedimento deve ser realizado em instalações que disponham de equipamentos especializados. Técnicos qualificados com treinamento especializado e conhecimento íntimo de instrumentos desenvolvem esse tipo de trabalho, normalmente sob certificação de reparo de estação.

Contudo, os técnicos licenciados se encarregam de uma variedade de funções de manutenção relacionadas a instrumentos e sistemas de instrumentos. A instalação, remoção, inspeção, pesquisa de problemas (panes) e checagens funcionais, por exemplo, são procedimentos realizados no campo pelo pessoal licenciado. Também é uma responsabilidade do técnico licenciado verificar a qualificação do sistema. Para tanto, ele deve conhecer as exigências sobre a manutenção e acessar os procedimentos aprovados para preencher essas exigências.

Vários procedimentos de manutenção e serviço, bem como sugestões, são fornecidos. A discussão se dá na ordem em que vários instrumentos e sistemas de instrumentos são apresentados.

A intenção não é representar toda a manutenção requerida por todos os instrumentos ou sistemas. O fabricante das aeronaves e o fabricante dos instrumentos possuem documentos de manutenção aprovados que devem sempre ser consultados pela manutenção, seguindo-se as instruções, devendo, ainda, ser observadas as regras dos órgãos da aviação.

### 16.1 Teste de altímetro

Quando uma aeronave está para ser operada sob IFR, um teste de altímetro deve ter sido realizado dentro dos 24 meses prévios.

O mecânico licenciado não está qualificado para desempenhar inspeções de altímetro. Elas devem ser conduzidas, portanto, ao fabricante ou a uma estação certificada de reparos.

### 16.2 Teste e manutenção do sistema de pitot-estático

Água presa em um sistema pitot-estático pode causar indicações intermitentes ou *inacuradas* nos instrumentos de voo pitot-estáticos. Esse é especificamente um problema se a água congelar durante o voo. Assim, muitos sistemas são equipados com drenos nos pontos baixos do sistema para remover qualquer umidade durante a manutenção. Na falta disso, o ar seco comprimido ou o nitrogênio podem ser soprados por meio dos canais do sistema.



**Inacurada:** não acurada,  
inexata, imprecisa.

Deve-se sempre desconectar todos os instrumentos pitot-estáticos antes de realizar essa manutenção e fazer com que o ar sopre da ponta do instrumento em direção às portas pitot e estáticas.

Esse procedimento deve ser seguido por uma checagem de vazamentos descrita adiante. Sistemas com drenos podem realizar a drenagem sem a necessidade de checar por vazamentos. Ao término, o técnico deve se assegurar de que os drenos não estejam fechados e realizar, com segurança, todos os procedimentos aprovados de manutenção, de acordo com as regras.

Os sistemas pitot-estáticos de uma aeronave devem ser testados contra vazamentos a cada 24 meses. Esse teste também deve ocorrer após a instalação de qualquer componente ou quando exista suspeita de mau funcionamento no sistema.

O método de teste contra vazamentos depende do tipo de aeronave, do seu sistema pitot-estático e do equipamento de teste disponível. Essencialmente, nas Figuras 72.A e 72.B, um dispositivo de teste se conecta ao sistema estático e ao respiradouro para medição de pressão estática e se reduz a pressão no sistema pelo montante requerido para indicar 1,000 pés no altímetro. Então, o sistema é selado e observado por um minuto. Se houver uma perda de altitude de mais de 100 pés, isso não é permissível. Se um vazamento existir, uma checagem sistemática de porções do sistema é conduzida até que o vazamento seja isolado.

A maior parte dos vazamentos ocorre nas emendas e a porção pitot do sistema pitot-estático é checada de uma forma similar. Devem-se seguir, portanto, as instruções do fabricante no ato de checar todos os sistemas pitot-estáticos.



Figura 72.A - Unidade de teste do sistema analógico do pitot-estático  
Fonte: EUA, 2012. FAA.



Figura 72.B - Unidade de teste do sistema digital do pitot-estático  
Fonte: EUA, 2012. FAA.

Em todos os casos, a pressão e a sucção devem ser aplicadas e liberadas vagarosamente para evitar dano aos instrumentos da aeronave. Unidades de checagem de vazamento no sistema pitot-estático possuem seus próprios altímetros embutidos. Isso permite uma verificação cruzada funcional do altímetro da aeronave com o altímetro de teste calibrado durante a checagem.

Ao terminar um teste contra vazamentos, deve-se certificar de que o sistema está de volta à sua configuração normal de voo. Se for necessário bloquear várias porções de um sistema, é preciso checar para certificar-se de que todas as capas protetoras, os adaptadores ou as peças de fita adesiva tenham sido removidos.

## 16.3 Manutenção do tacômetro

São necessários alguns procedimentos para manutenção do tacômetro. São eles:

- checar os vidros dos tacômetros para se certificar de que não estão soltos. Também podem ocorrer marcação de escala fragmentada ou ponteiros soltos;
- verificar a diferença nas indicações entre as leituras feitas antes e depois de leve derivação, uma vez que não deve exceder aproximadamente 15 rpm. Esse valor pode variar, dependendo da tolerância estabelecida pelo fabricante indicador;
- inspecionar o gerador do tacômetro e o indicador contra folgas das conexões mecânicas e elétricas;
- verificar a segurança da montagem e as condições gerais do instrumento. Para obter as instruções dos procedimentos de manutenção detalhados, devem-se consultar os manuais dos fabricantes.

Quando um motor equipado com um tacômetro elétrico estiver rodando à RPM lenta, os ponteiros indicadores do tacômetro podem flutuar e realizar uma subleitura. Essa é uma indicação de que o motor síncrono não está sincronizado com o *output* do gerador. Como a velocidade do motor aumenta, o motor deve sincronizar e registrar a RPM corretamente. A RPM na qual a sincronização ocorre varia com o *design* do sistema do tacômetro. Se os ponteiros do instrumento oscilam a velocidades acima do valor de sincronização, é necessário determinar que a oscilação total não exceda a tolerância aceitável.

A oscilação do ponteiro pode também ocorrer com um sistema de indicação mecânico se o eixo flexível chicotear. O eixo de acionamento deve ser verificado em intervalos frequentes para prevenir o chicoteamento. Quando a instalação de indicadores do tipo mecânico for feita, deve-se certificar-se de que o eixo flexível tenha o espaço necessário por trás do painel. Quaisquer emendas necessárias para girar o *drive* não deve causar deformação no instrumento quando estiver afiançado ao painel. Um eixo instalado imprópriamente pode causar uma falha na leitura do indicador.

## 16.4 Compensação e manutenção da bússola magnética

A bússola magnética é um instrumento simples que não requer ajuste ou uma fonte de poder. Um mínimo de manutenção é necessário, mas o instrumento é delicado e deve ser manuseado cuidadosamente durante a inspeção. Os itens seguintes estão incluídos em uma inspeção:

- o indicador da bússola deve ser checado por leituras corretas em vários pontos cardeais e recompensado, se necessário;
- as partes móveis da bússola devem se mover com facilidade;
- o conjunto da bússola deve estar suspenso corretamente em um dispositivo antivibração e não deve tocar parte alguma do recipiente de metal;



**Output:** do inglês, significa saída.

- o estojo da bússola deve estar repleto de líquido, o qual não deve conter quaisquer bolhas ou possuir descoloração de nível algum;
- a escala deve estar legível e bem iluminada.



Figura 73 - Bússola magnética com um cartão de correção do desvio em anexo  
Fonte: EUA, 2012. FAA.

O desvio da bússola magnética é causado pela interferência eletromagnética de materiais ferrosos e componentes elétricos operacionais na cabine. O desvio pode ser reduzido ao se balançar o compasso e ajustar seus ímãs de compensação. Um exemplo de como realizar essa calibragem se encontra mais adiante. Os resultados são gravados em um cartão de correção da bússola, que se localiza próximo à bússola na cabine, conforme a Figura 73.

Há várias formas de balançar a bússola, das quais uma será descrita a seguir. Ressalta-se que as instruções do fabricante em questões de método e balanço da bússola magnética devem ser seguidas. Isso é feito durante o voo ou em intervalos de calendário. A calibragem da bússola também é feita quando um componente elétrico novo é adicionado à cabine, tal qual um novo rádio.

Para balançar uma bússola, na maior parte dos aeroportos, uma pintura da rosa dos ventos é feita em uma área de baixo tráfego onde o pessoal da manutenção possa trabalhar. Ela também pode ser feita com giz e uma boa bússola. A área na qual a rosa dos ventos é colocada deve estar longe de quaisquer possíveis agentes que possam causar alterações, inclusive aqueles no subsolo. Além disso, ela deve permanecer livre de quaisquer veículos ferrosos ou equipamentos grandes durante o procedimento, que é demonstrado na Figura 74.



Figura 74 - Rosa dos ventos  
Fonte: Agência Força Aérea / © Ten Enilton.



**Miscelâneos:** conjunto de coisas diferentes; mistura, mixórdia.

A aeronave deve estar em uma atitude de voo nivelada para que o procedimento de balanço da bússola seja realizado. Para isso, o interior da aeronave e os compartimentos de carga devem se encontrar livres de itens **miscelâneos** que possam interferir na bússola. Assim como os motores devem estar ligados e todo o equipamento normal deve estar a bordo e ligado para simular uma condição de voo.

A ideia básica, ao se balançar uma bússola, é notar o desvio ao longo do radial norte-sul e do radial leste-oeste. Assim, é necessário:

- ajustar os ímãs de compensação da bússola para eliminar o máximo possível de desvio;
- começar com a centralização ou o zeramento dos ímãs de compensação da bússola com uma chave de fenda não ferrosa;
- alinhar o eixo longitudinal da aeronave com o radial norte-sul virado para o norte;
- ajustar o parafuso de compensação para que a indicação seja 0°;
- alinhar o eixo longitudinal da aeronave no radial leste-oeste virado para o leste. O ajuste do parafuso de compensação leste-oeste deve ser realizado de forma que a bússola indique 90°;
- mover a aeronave para que fique alinhada com o radial norte-sul, virada para o sul. Se a bússola indicar 180°, não há desvio enquanto a aeronave estiver virada para o norte ou para o sul. Contudo, isso é improvável. Qualquer que seja a indicação para o sul, o ajuste do parafuso de compensação norte-sul deve ser realizado para eliminar metade do desvio de 180°;
- prosseguir ao redor para virar a aeronave para o oeste no radial leste-oeste e usar o parafuso de compensação leste-oeste para eliminar metade do desvio virado para o oeste de 270°;
- retornar a aeronave ao alinhamento com o radial norte-sul virado para o norte e gravar a indicação. Um desvio de até 10° é permitido;
- alinhar a aeronave com os radiais a cada 30° em torno da rosa dos ventos e gravar cada indicação no cartão de compensação da bússola;
- datar e assinar o cartão e colocá-lo bem à vista do piloto, próximo à bússola na cabine.

## 16.5 Manutenção do sistema a vácuo

Qualquer fator que previna o sistema a vácuo de operar dentro da sucção previamente delimitada pode causar erros de indicação em um instrumento giroscópico a vácuo. Erros também podem ocorrer causados por problemas dentro do instrumento, tais como fricção, e peças desgastadas ou quebradas. Qualquer fonte que atrapalhe a rotação livre do giro na velocidade predeterminada é indesejada, resultado em precessão excessiva e falha dos instrumentos para manter uma indicação acurada. Diante disso, o técnico de aeronaves fica responsável pela prevenção ou correção dos maus funcionamentos do sistema a vácuo. Normalmente isso consiste em limpar e substituir os filtros, checar e corrigir o vácuo insuficiente ou remover e substituir a bomba a

vácuo ou os instrumentos. Uma lista de maus funcionamentos mais comuns, juntamente à sua correção, é incluída na Tabela 2.

Tabela 2 - Guia de solução de problemas do sistema de vácuo

Causa provável	Pesquisa	Correção
<b>(1) Vácuo inoperante ou deficiente:</b>		
Defeito do indicador.	Em aeronave multimotora, testar o indicador com o sistema do motor oposto.	Substituir o instrumento defeituoso.
Válvula de alívio da sucção com ajuste incorreto.	Corrigir o ajuste da válvula.	Fazer o ajuste para adequado valor.
Válvula de alívio instalada inversamente.	Inspecionar visualmente.	Instalar corretamente.
Linha quebrada.	Inspecionar visualmente.	Substituir a linha.
Linhas cruzadas.	Inspecionar visualmente corretamente.	Instalar as linhas.
Obstrução nas linhas de vácuo.	Testar quando há obstrução.	Limpar e testar as linhas, substituindo as peças com defeito.
Falha da bomba de vácuo.	Remover e inspecionar.	Trocar a bomba com defeito.
Válvula reguladora incorretamente ajustada.	Fazer o reajuste da válvula e verificar o resultado.	Ajustar para o adequado valor.
Válvula de alívio de sucção suja.	Limpar e ajustar a válvula.	Se não conseguir o reajuste, substituir a válvula.
<b>(2) Vácuo excessivo:</b>		
Válvula de alívio com ajuste incorreto.	-----	Ajustar a válvula de alívio para a regulagem correta.
Indicador de vácuo inexato.	Testar a calibração do indicador.	Substituir o indicador com defeito.
<b>(3) Barra do horizonte artificial não atua corretamente:</b>		
Instrumento travado.	Inspecionar visualmente.	Destruar o instrumento.
Filtro do instrumento sujo.	Testar o filtro.	Substituir ou limpar como necessário.
Insuficiência de vácuo.	Testar a regulagem.	Ajustar a válvula de alívio corretamente.
<b>(4) Indicador de curva e inclinação, com atuação deficiente:</b>		
Conjunto do instrumento gasto ou sujo.	-----	Substituir o instrumento.
Instrumento sem suprimento de vácuo.	Testar as linhas e o sistema de vácuo.	Limpar ou substituir as linhas e componentes como necessário.
Instrumento defeituoso.	Testar o instrumento quanto ao funcionamento apropriado.	Substituir o instrumento com defeito.
<b>(5) Ponteiro indicador de curva e inclinação, com vibração:</b>		
Instrumento com defeito.	Testar o instrumento quanto ao funcionamento apropriado.	Substituir o instrumento com defeito.

## 16.6 Manutenção do sistema de piloto automático

A manutenção de um piloto automático consiste na inspeção visual, substituição de componentes, limpeza e lubrificação e checagem operacional do sistema. Para realizar todos esses procedimentos, deve-se consultar o manual do fabricante.

Com o piloto automático desengatado, os controles de voo têm de funcionar suavemente e a resistência oferecida pelos servos do autopiloto não devem afetar o controle da aeronave. Ademais, os mecanismos que se interconectam entre o sistema de piloto automático e o sistema de controle de voo devem estar corretamente alinhados e suaves enquanto operam. Quando se aplica, os cabos operacionais devem ter sua tensão checada.

Uma checagem operacional é importante para assegurar que os circuitos estejam funcionando propriamente. Uma checagem operacional de piloto automático deve ser realizada nas novas instalações, após a substituição de um componente do piloto automático, ou sempre que se suspeite de um mau funcionamento no piloto automático.

Depois que o disjuntor de energia geral da aeronave for ligado, deve-se permitir que os giros ganhem velocidade e o amplificador aqueça antes de engatar o autopiloto. Alguns sistemas são feitos protegidos que previnem a ligação muito cedo do piloto automático. Enquanto se segura a coluna do controle na posição de voo normal, deve-se ligar o sistema de autopiloto usando o disjuntor no controlador do autopiloto.

Depois que o sistema está ligado, realizam-se as checagens operacionais especificadas para a aeronave em particular. Em geral, ocorre da seguinte forma:

- gira-se o botão de curva para a esquerda, o pedal esquerdo do leme deve ser movimentado para frente e a coluna de comando da roda deve ser movimentada para a esquerda e levemente para trás;
- gira-se o botão de comando de curva para a direita, o pedal direito do leme deve ser movimentado para frente e a coluna de controle da roda deve ser movimentada para a direita e levemente para trás. Retorna-se o botão para a posição central, os controles de voo devem retornar à posição de voo nivelado;
- gira-se o botão do compensador do profundor para frente, a coluna de controle deve se mover para frente;
- gira-se o botão do compensador do profundor para trás, a coluna de controle deve se mover para trás.

Se a aeronave possuir um sistema de compensador do profundor instalado, ele deve funcionar para adicionar o compensador para baixo com a movimentação da coluna de controle para frente e adicionar compensador para cima com o movimento da coluna para trás. Muitos sistemas de compensador do profundor possuem um modo automático e manual de operação. A ação descrita anteriormente ocorre apenas quando está no modo automático.

A checagem para verificar a possibilidade de cancelar manualmente ou **sobre-energizar** o sistema de piloto automático em todas as posições de controle deve ocorrer. É necessário:



**Sobre-energizar:** energizar excessivamente.

- centralizar todos os controles quando as checagens operacionais forem completadas;
- desengatar o sistema de piloto automático e verificar se as superfícies de controle estão livres pelo movimento das colunas de controle e pedais do leme;
- engatar novamente o sistema e checar o circuito de destravamento de emergência;
- desengatar cada vez que o botão de destravamento no controle for acionado.

Quando se realiza a manutenção e as checagens operacionais em um sistema de autopiloto específico, sempre deve-se seguir o procedimento recomendado pelo fabricante da aeronave ou do equipamento.

## 16.7 Telas de *display* em LCD

Os sistemas de instrumentos digitais e eletrônicos que utilizam a tecnologia LCD podem possuir considerações especiais para o cuidado das telas de *display*. Algumas vezes, o **revestimento antirrefletivo** é utilizado para diminuir o brilho e tornar os *displays* mais visíveis. Esses tratamentos podem ser degradados pelos óleos da pele humana e determinados agentes de limpeza, tais como aqueles que contêm amônia. Portanto, é muito importante limpar as lentes do *display* usando um pano de limpeza livre de fiapos e um limpador que se especifica como seguro para revestimento antirrefletivo, preferencialmente um recomendado pelo fabricante da aeronave.



**Revestimento antirrefletivo:**  
cobertura que anula a  
capacidade reflexiva.

## Resumindo

Neste capítulo, relacionaram-se alguns sistemas de instrumento e sua manutenção, apresentando os respectivos testes para verificação da continuidade de uso e a execução completa de suas funções.

Além disso, destacou-se como efetuar testes de altímetro e sistemas de pitot-estático, manutenção do tacômetro, compensação e manutenção da bússola magnética, manutenção do sistema de vácuo e do piloto automático e, por fim, procedimento de limpeza das telas LCD.



# Unidade 6

## Oficina de montagem e alinhamento

Esta unidade, organizada em dois capítulos, consiste no estudo das principais características de montagem e de alinhamento de aeronaves. A construção de uma aeronave divide-se nas seguintes seções: asa, empenagem, fuselagem e trem de pouso. Ao ajuntamento destas seções dá-se o nome de montagem e, ao ajuste final, de alinhamento. Este último tem como principal objetivo obter uma resposta aerodinâmica positiva, tornando a aeronave aeronavegável. A montagem e o alinhamento impróprios podem resultar em esforços excessivos em determinados componentes, gerando desgastes não previstos no projeto.

Nesta unidade, serão apresentadas as principais recomendações sobre a aplicação dos materiais e dos métodos de manutenção, destacando-se que a montagem e o alinhamento devem ser procedidos conforme os requisitos recomendados pelo fabricante da aeronave, pois cada projeto tem a sua particularidade.



# Capítulo 1

## Manutenção de aeronaves

Manutenção de aeronaves é o processo que compreende as ações para manter ou melhorar a aeronavegabilidade, aprimorando ou mantendo a confiabilidade prevista no projeto da aeronave, durante o seu ciclo operacional.

### 1.1 Sistemas de controle de voo

Para que a aeronave mantenha-se **aeronavegável**, seu conjunto tem que estar em perfeita harmonia. A sua dirigibilidade inicia-se no comando da cabine, estendendo-se às superfícies de comando. O sistema de controle de voo possui três tipos de comando: por cabo flexível, por hastes rígidas (ligações mecânicas) e por tubo de torque.

#### 1.1.1 Sistema por cabo flexível

O sistema de comando por cabo flexível é o mais utilizado, pois as **deflexões** estruturais das aeronaves em que está instalado não afetam sua atuação. É composto por vários arames de aço entrelaçados, que oferecem rigidez e flexibilidade. Em sua extremidade, possui os terminais prensados, para a ligação com outras unidades. A este sistema são ligados os esticadores, cuja função é dar a tensão adequada aos cabos.

Uma inspeção criteriosa, periódica e regular determina o estado dos cabos. A inspeção deve obedecer à recomendação dos fabricantes que consiste, basicamente, na verificação quanto ao correto uso dos cabos, seus tamanhos e suas dimensões para a aplicação, conforme ilustra a Figura 1.

Algumas ações de manutenção podem ser executadas pelos mantenedores, tais como:

- passar um pano ao longo do comprimento dos cabos, verificando se há quebra dos fios. Caso o pano não corra liso é sinal de quebra;
- substituir os cabos, obrigatoriamente, se constatar mudança na coloração entre os arames, pois é sinal de corrosão na parte interna do cabo;
- usar panos para limpar os cabos, nunca escovas de fios metálicos ou solventes que possam danificá-los;
- observar os desgastes dos cabos que ocorrem, geralmente, sobre as polias e por meio dos seus guias.

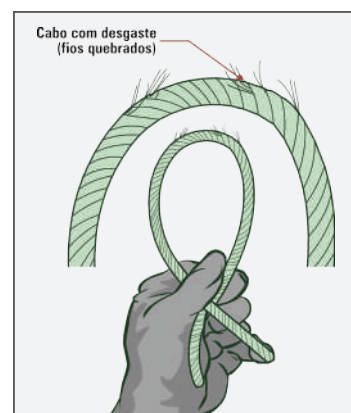


Figura 1 - Inspeção técnica do cabo



**Aeronavegável:** condição segura de operação aérea de uma aeronave, de acordo com o projeto e o tipo.

**Deflexão:** alteração ou desvio da posição natural para um dos lados; deflexionamento.

### 1.1.2 Sistema por hastes rígidas

Cabos de comando revestidos em tubo de alumínio prensado, são muito utilizados em aeronaves de grande porte e seu revestimento tem a finalidade de mantê-los fixos em seu interior. A vantagem destes cabos revestidos, em relação aos cabos convencionais, é a redução das mudanças de tensão em alterações de temperatura. A quantidade de estiramento, em determinada carga, também é menor se comparada ao cabo convencional.

Os esticadores são dispositivos usados nos cabos de comando para que tenham ideal ajuste de tensão. Nas extremidades dos esticadores encontram-se roscas direitas e roscas esquerdas, respectivamente. Na parte central, pode-se aplicar o torque desejado, de modo que ao serem apertados, os esticadores puxem o cabo a eles conectado.

O sistema de comando por hastes rígidas está instalado e fixado a um quadrante de transmissão de força. Com o sistema em operação, o esforço do piloto é transmitido de modo a abrir as válvulas hidráulicas, direcionando o fluido hidráulico aos atuadores, conectados às superfícies de controle por hastes de comando. Assim, são executados os movimentos das superfícies primárias de comando.

### 1.1.3 Sistema por tubo de torque

O sistema de comando por tubo de torque é composto por dispositivos utilizados para proporcionar um movimento angular ou de torção aos comandos de voo e transmitir este movimento em direções opostas. Existe uma combinação dos três tipos de comando que é empregada em muitas aeronaves.

Além os sistemas descritos, há o sistema de controle operado hidráulicamente. É igualmente importante em razão da evolução tecnológica das aeronaves que, atualmente, atingem grandes velocidades. Por isso, devido à grande pressão exercida sobre as superfícies de comando, os comandos de voo são dificilmente controlados. Para solucionar este problema, foram criados os sistemas de controle operados hidráulicamente. Os compensadores de mola operados mecanicamente passaram a ter o auxílio da **força hidráulica**, reduzindo o esforço na pilotagem.



**Força hidráulica:** o que é atuado (empurrado) por força de um líquido.

**Pressurização:** imposição de pressão (pressurizar) a um ambiente fechado.

## 1.2 Guias de cabos

Os guias de cabos são compostos por guias, selos de vedação para **pressurização** e roldanas (ou polias). Como sugere o nome, os guias têm a função de guiar, direcionar os cabos de comando em linha reta. São feitos de material não metálico, como o fenol, ou de metal macio, como o alumínio.

Para que os cabos de comando passem entre as estruturas das aeronaves pressurizadas foram criados os selos de pressão, instalados em pontos nos quais os cabos se movem nas partes pressurizadas da aeronave. O selo fixa-se ao ponto em que foi instalado, evitando vazamento

de pressão de ar, sem impedir o movimento do cabo entre as estruturas da aeronave conforme a Figura 2.

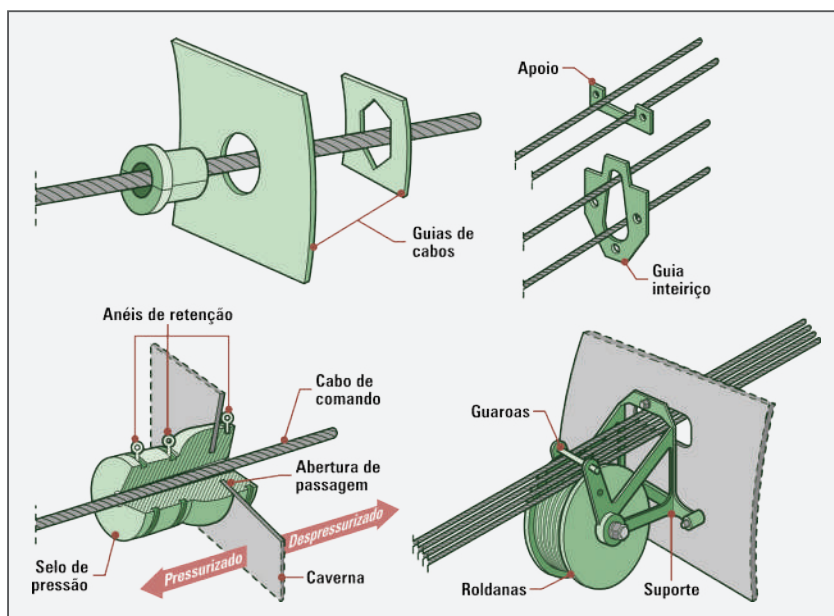


Figura 2 - Guias de cabos de comando

Os selos de pressão devem ser inspecionados em intervalos regulares, a fim de verificar se os anéis de retenção estão, seguramente, no lugar. Caso estes anéis soltem-se, podem provocar o travamento das roldanas, dispositivos que servem para mudar a direção do movimento do cabo e, ao mesmo tempo, direcioná-lo.

As roldanas têm os seus rolamentos selados, os quais possuem lubrificante próprio do fabricante. Portanto, não é necessário lubrificá-las. As roldanas são presas à estrutura da aeronave por braçadeiras, enquanto que os cabos são mantidos por guarnições bem ajustadas, conservando-os firmemente no lugar.

### 1.3 Ligações mecânicas

Existem várias ligações mecânicas que unem os comandos da cabine aos cabos e às superfícies de controle. Servem para transmitir o movimento ou a mudança de movimento dos comandos. São ligações mecânicas dos comandos de voo: as hastes de comando, os quadrantes, a articulação, o setor e o tambor de cabos.

As hastes de comando são usadas como conexões nos sistemas de comando de voo, proporcionando o movimento de vai e vem. Possuem, em cada terminal, uma **contraporca** que, quando apertada, previne que a haste ou o esticador afrouxem. Podem ser ajustadas por um ou por ambos os terminais conforme a Figura 3.A.

Os quadrantes são utilizados para mudar a direção do movimento dos cabos de comando, de acordo com o fabricante. Quanto aos tambores de cabo, são primariamente usados nos compensadores das superfícies de comando.



**Contraporca:** porca (peça com furo cilíndrico) atarraxada em seguida a outra, para evitar que esta desaperte.

As Figuras 3.A, 3.B e 3.C apresentam as ligações mecânicas do comando de voo.

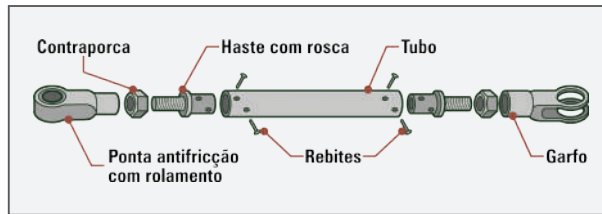


Figura 3.A - Haste de comando

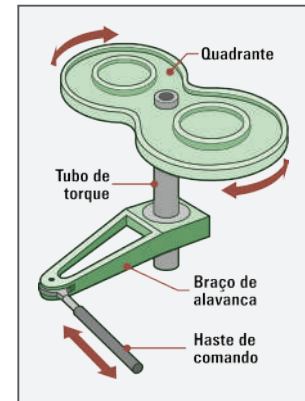


Figura 3.B - Quadrante

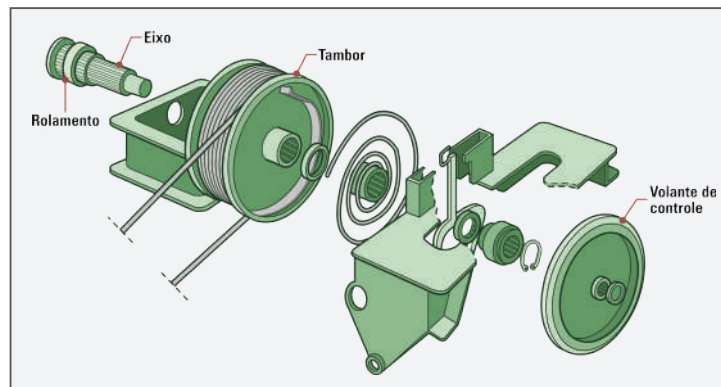


Figura 3.C - Tambor de cabos

## 1.4 Batentes

Os batentes são dispositivos fixos ou ajustáveis, empregados para limitar o curso dos movimentos das superfícies primárias. Nos comandos mecânicos, os batentes localizam-se nas áreas de comando ou na cabine de pilotagem, no pedestal do manche. Nos comandos hidráulicos, encontram-se os cilindros hidráulicos. Qualquer um dos batentes pode servir como limitador de parada. Contudo, aqueles situados nas superfícies de controle, normalmente, realizam esta função.

Os outros batentes, geralmente, não se tocam, mas são ajustados para uma folga definitiva, quando a superfície de comando está totalmente estendida de seu curso. Assim, funcionam como batentes de sobrepujamento, prevenindo que os cabos estiquem e danifiquem o sistema de comando, durante manobras violentas.

“Quando da montagem dos sistemas de controle, deve-se consultar o Manual de Manutenção aplicável, para a correta sequência dos passos de ajuste dos batentes, para limitar o percurso da superfície de controle.” (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2005, p. 6).

## 1.5 Amortecedores de superfícies de controle e equipamentos para travamento

Várias ferramentas, chamadas de travas de superfícies de controle, são usadas nas aeronaves quando estas estão estacionadas, mantendo travadas as superfícies de controle e protegendo-as contra os fortes ventos e rajadas.

Neste caso, os equipamentos mais utilizados são: o freio de trava interno, o êmbolo atuado por mola e as travas externas das superfícies de controle.

O equipamento para travamento interno é usado para deixar as superfícies primárias (*ailerons*, *leme* e *profundor*) alinhadas à estrutura da aeronave, na posição neutra. O equipamento para travamento é, usualmente, operado por meio de um sistema de cabos por um êmbolo atuado por mola/pino, que encaixa em um furo na conexão mecânica da superfície de controle. Quando a alavanca de comando na cabine é colocada na posição destravada, a mola conectada ao pino força-o de volta à posição destravada. Assim, em alguns tipos de aeronaves, uma barra de ferro excêntrica é usada para travar as superfícies de controle.

Os sistemas de travamento de superfície de comando são, usualmente, projetados para que as manetes não avancem até que as superfícies de controle estejam destravadas. Isso previne a decolagem com as superfícies de controle na posição travada.

Uma típica trava de comando, para pequenas aeronaves, consiste em um tubo de metal, instalado para travar a roda de comando, e em pedais do leme, em um ponto de fixação na cabine, conforme Figura 4.

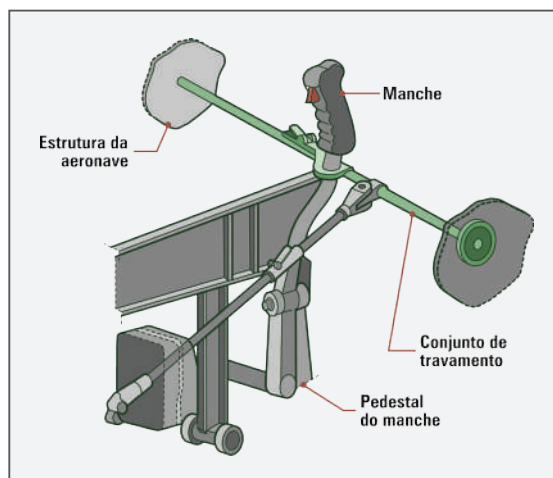


Figura 4 - Conjunto típico de travas de comando para pequenas aeronaves

Algumas aeronaves fazem uso de unidades hidráulicas de reforço para mover as superfícies de controle. Estas unidades possuem dispositivos de proteção, chamados de amortecedores de superfícies de controles, pois controlam, hidraulicamente, ou amortecem as superfícies de controle, protegendo-as contra rajadas de vento quando a aeronave está estacionada. Isso evita que as rajadas de vento façam com que as superfícies de controle choquem-se, violentamente aos seus batentes e danifiquem-se.



**Ailerons:** partes móveis dos bordos de fuga das asas das aeronaves de asa fixa, que servem para controlar o movimento de rolamento da aeronave.

**Leme:** superfície localizada na parte traseira de uma aeronave, com a função de direcioná-la.

**Profundor:** é uma superfície de controle móvel horizontal existente na extremidade traseira da cauda dos aviões.

As travas externas das superfícies de controle têm formato de blocos de madeira canelada. Os canais dos blocos encaixam-se em aberturas entre as superfícies de comando e a estrutura da aeronave, travando as superfícies na posição neutra.

## 1.6 Ajustagem

As superfícies de controle devem se mover a uma certa distância da posição neutra. Tais movimentos devem ser sincronizados aos movimentos dos controles da cabine. O sistema de controle de voo deve ser ajustado para que estas condições possam ser obtidas. De um modo geral, a ajustagem consiste:

- no posicionamento do sistema de controle de voo em neutro e, temporariamente, encaixado por meio de pinos de trava ou de blocos;
- na regulagem do curso das superfícies, da tensão dos cabos de comando, das hastes de ligação e na regulagem dos batentes conforme as especificações dos fabricantes das aeronaves.

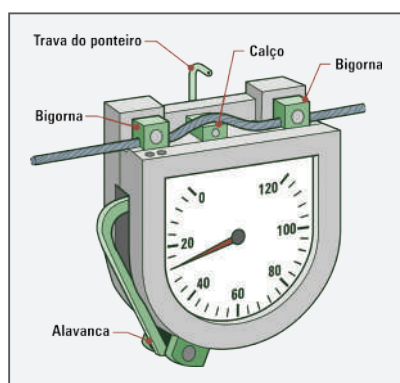


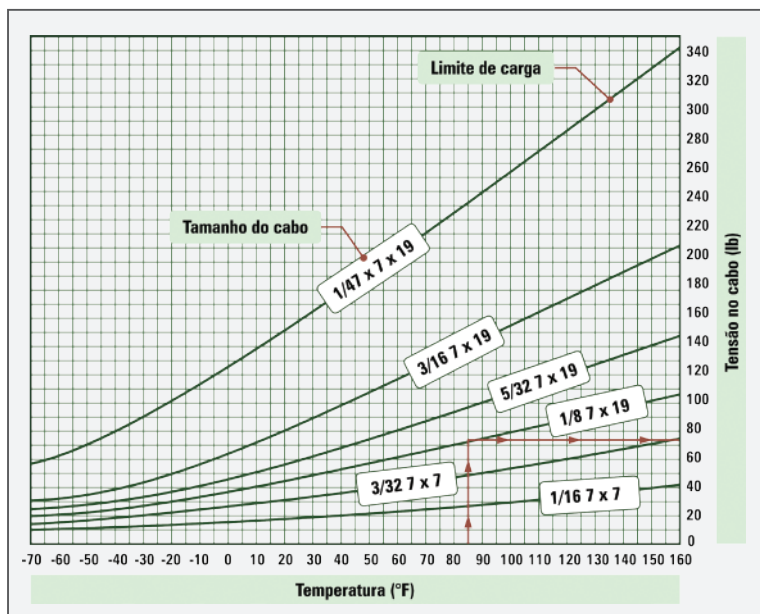
Figura 5 - Tensiômetro

Para a regulagem dos sistemas de controle de voo, são necessários diversos equipamentos: tensiômetros, cartas de regulagem de tensão de cabos, transferidores, acessórios de regulagem, gabaritos de contorno e régua.

A Figura 5 mostra um tensiômetro, principal instrumento usado para medir a quantidade de tensão de um cabo de comando.

Um tensiômetro tem aproximadamente 98% de precisão em condições normais de utilização. A tensão do cabo é determinada pela medida da quantidade de força necessária para esticá-lo entre dois blocos de aço endurecido, chamados de bigornas. Um levantador, ou calço, é pressionado contra o cabo, forçando-o a um afastamento.

GRÁFICO 1 - Gráfico típico de ajustagem de cabos



Existem vários tipos e modelos de tensiômetros, cada um destinado a diferentes tipos de cabo, medidas de cabo ou tensão. Os manuais do fabricante devem ser consultados antes do uso dos tensiômetros, a fim de que sejam empregados corretamente. Além disso, devem ser aferidos periodicamente. No Gráfico 1, é possível visualizar as diferenças típicas de ajustagem de cabos.



**Aferidos:** comparados às medidas com seus padrões específicos; avaliados.



Para execução da medição da amplitude das superfícies de comando, utiliza-se algumas ferramentas, tais como: transferidores, gabaritos de contorno, réguas e moldes para ajuste. Os transferidores são ferramentas para medir ângulos em graus. Vários tipos de transferidores são usados para determinar a amplitude das superfícies dos comandos de voo, dependendo da determinação do fabricante. Na Figura 6 é possível observar o transferidor de ângulo universal.

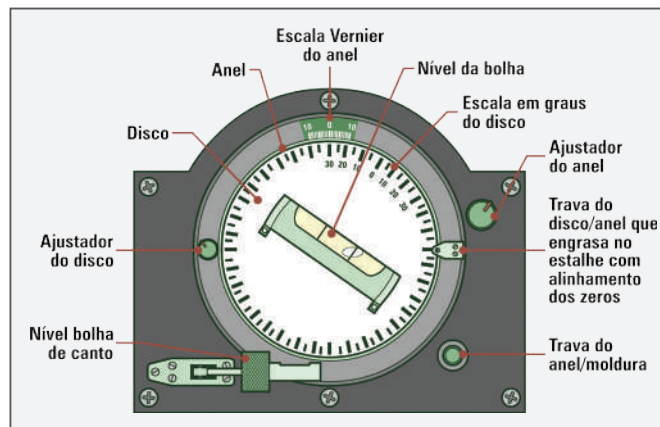


Figura 6 - Transferidor de ângulo universal

Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (2005, p. 9), há alguns procedimentos de utilização do transferidor de ângulo universal na regulagem das superfícies de controle.

- Com a trava disco/anel no entalhe, girar o ajustador do disco até o travamento com o anel.
- Mover a superfície de controle para a posição neutra. Colocar o transferidor sobre a superfície de controle e girar o ajustador do anel até que a bolha do nível esteja centralizada. Destaca-se que o anel deve estar destravado da moldura do transferidor.
- Travar o anel na moldura do transferidor, utilizando a trava anel/moldura.
- Mover a superfície de controle até o seu limite de movimento.
- Destruar o disco do anel, utilizando a trava disco/anel.
- Girar o ajustador de disco até a centralização da bolha do nível central.
- Ler, no disco, a amplitude da superfície de controle em graus e, na escala de Vernier, em décimos de graus.

No transferidor, a trava do disco/anel é usada para assegurar que o zero do anel, na escala Vernier, e o zero do disco, em graus, estejam alinhados. A trava do anel na moldura não permite que o anel mova-se quando o disco está em movimento. A **escala Vernier** do anel é graduada com marcação dupla de zero a dez.

Gabaritos e moldes são ferramentas especiais de precisão, recomendadas pelo fabricante para medir e controlar o deslocamento de superfícies. Marcando o gabarito ou o molde, verifica-se a amplitude da superfície.

Para a utilização das réguas, o fabricante da aeronave informa o valor do deslocamento de superfície em graus e polegadas. Se o deslocamento for em polegadas, a régua pode ser usada para medir o deslocamento da superfície.



**Escala Vernier:** dispositivo tecnológico que aumenta a sensibilidade de uma escala ao subdividi-la em nônios.

## 1.7 Verificação dos ajustes

O ajuste das aeronaves deve seguir, criteriosamente, as instruções dos fabricantes, considerando que cada projeto tem sua particularidade. Esta prática de manutenção tem como objetivos aplicar os métodos e, de modo geral, verificar o alinhamento em relação aos principais componentes estruturais da aeronave.

Para o alinhamento estrutural das aeronaves, são traçadas duas linhas imaginárias de referência. A primeira liga a fuselagem da aeronave de ponta a ponta, e é chamada de linha de referência longitudinal. A segunda liga a asa de ponta a ponta, e recebe o nome de linha de referência lateral. É por meio destas linhas de referência que a posição ou o ângulo dos componentes da estrutura principal das aeronaves são determinados.

Vários são os métodos de verificação de alinhamento estrutural de aeronaves, mas compete ao fabricante determinar o mais adequado. Um dos métodos mais utilizados para as aeronaves de pequeno porte é o de placa de grade, que usa **prumos** e nível de bolha, por serem simples. Somente algumas aeronaves de grande porte empregam este método. Na Figura 7 pode ser observada uma placa de grade para verificação do alinhamento.



**Prumos:** instrumentos constituídos de corpo pesado, com uma alça na base, amarrados a um fio flexível, usados para verificar a verticalidade de um lugar ou eixo de um sólido; fios a prumo, fios de prumo.

**Içamento:** ato ou efeito de içar (puxar para cima, levantar).

**Diedro:** ângulo formado entre o plano da asa e o plano horizontal de referência.

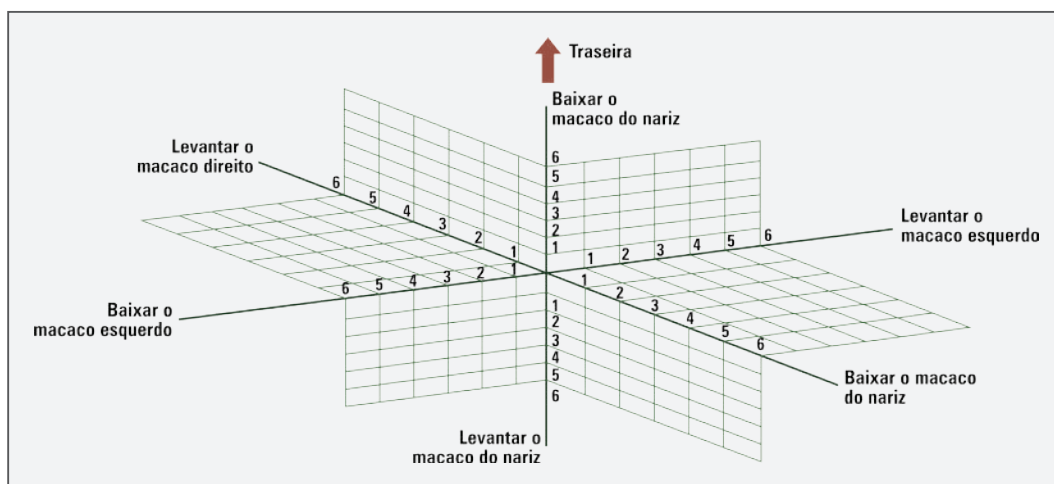


Figura 7 - Placa de alinhamento

A pesagem e o balanceamento da aeronave devem ser, exatamente, como o descrito no manual do fabricante. Além disso, as normas de segurança devem ser obedecidas quando executada a pesagem de uma aeronave. Um dos principais itens de segurança é a certificação da capacidade de carga dos macacos de **içamento** de aeronaves, que não deve ser ultrapassada.

Com raríssimas exceções, os ângulos de incidência e o **diedro** das aeronaves modernas convencionais não podem ser ajustados. Alguns fabricantes permitem o ajuste do ângulo de incidência das asas para corrigir as condições de asa pesada. O diedro e o ângulo de incidência



são inspecionados após um **pouso duro** ou uma carga de voo anormal, de modo a verificar se não houve anomalia estrutural da aeronave, como mostra a Figura 8.

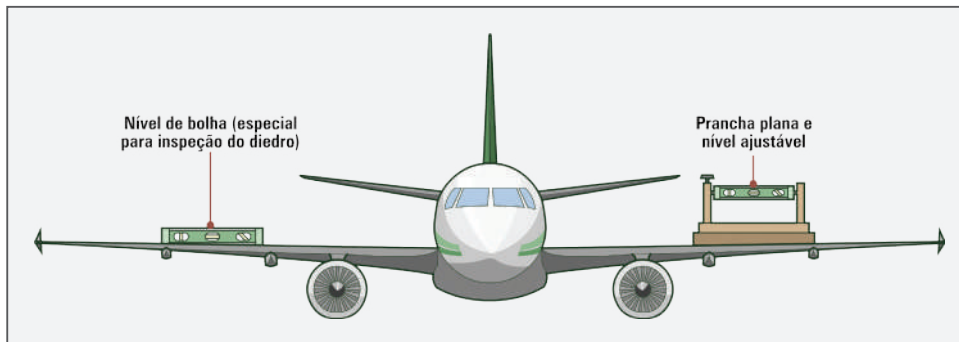


Figura 8 - Inspeção do ângulo diedro

Importante destacar que o ângulo diedro é formado entre o plano das asas e o eixo transversal do avião. Para medi-lo, usa-se quadros especiais, previstos pelo fabricante da aeronave, ou um **inclinômetro**. É importante que o diedro seja inspecionado conforme posições especificadas pelo fabricante. Algumas vezes, parte das asas pode ser horizontal, com ângulo neutro, ou, em raras ocasiões, um diedro negativo pode estar presente, em asas declinadas.

A inspeção do **ângulo de incidência** é executada, no mínimo, em dois pontos específicos, situados na superfície da asa, de modo a verificar se a asa está ou não torcida. Vários instrumentos de medição são usados para checar o ângulo de incidência. Quando usados, são colocados na posição específica da superfície que está sendo inspecionada. Se o ângulo de incidência está correto, uma inclinação, no topo do quadro, indica zero ou uma tolerância especificada do zero. Modificações das áreas, nas quais o instrumento de tolerância está localizado, podem afetar a leitura. Por exemplo: um sistema de degelo, instalado no bordo de ataque, afeta a posição tomada por um quadro com um batente no bordo de ataque.

A Figura 9 ilustra a forma correta de medição do ângulo de incidência.

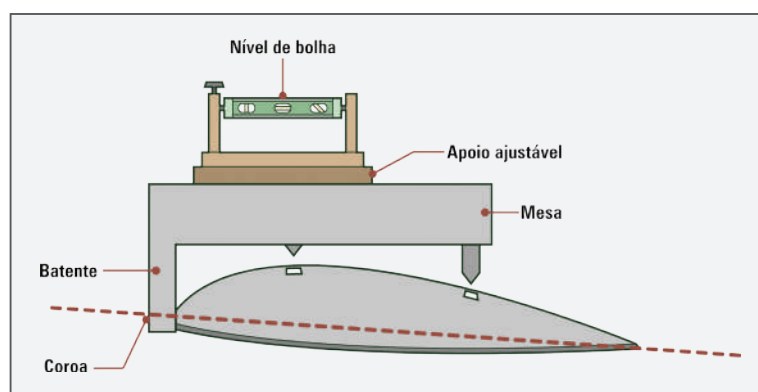


Figura 9 - Quadro de medição do ângulo de incidência

**Pouso duro:** é o pouso em que a razão de descida do avião ao tocar a pista é próxima ou acima do máximo recomendado pelo fabricante.

**Inclinômetro:** designação genérica dos aparelhos para medir ângulos de inclinação.

**Ângulo de incidência:** ângulo formado entre a corda da asa e o eixo longitudinal.

Após a inspeção do ajuste do estabilizador horizontal, pode-se inspecionar a verticalidade do outro estabilizador, relativa à linha de referência lateral. Esse procedimento é chamado de inspeção da superfície vertical. As medidas são tomadas de um ponto, em um dos lados do topo da superfície, a um ponto, à esquerda ou à direita do estabilizador horizontal, como mostra a Figura 10. As medidas devem ser similares, sem ultrapassar os limites.

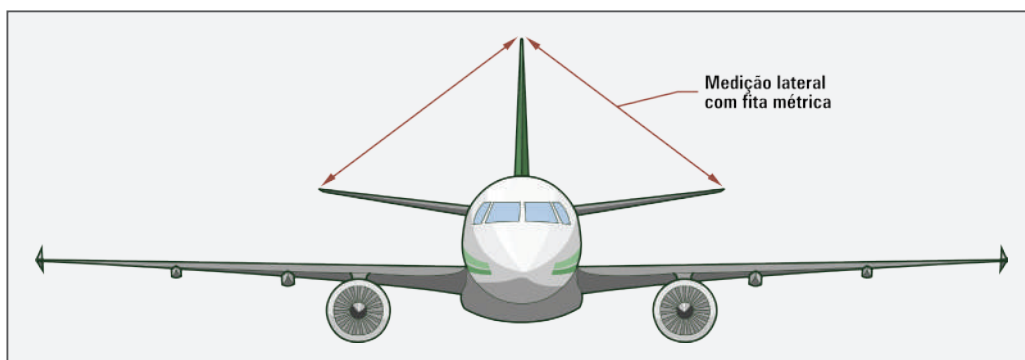


Figura 10 - Checagem da verticalidade do estabilizador vertical

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) recomenda que:

Quando for necessário inspecionar o alinhamento das dobradiças do leme direcional, remove-se o leme e passa-se uma linha de fio de prumo através da ligação das cavernas das dobradiças do leme. A linha deve passar centralizada por todas as cavernas. (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2005, p.12).

Em algumas aeronaves, o bordo de ataque do estabilizador vertical apresenta-se compensado na linha central longitudinal para neutralizar o torque dos motores.

Na inspeção de alinhamento, os motores são, geralmente, montados com a linha de empuxo paralela ao plano longitudinal horizontal de simetria. Entretanto, isso nem sempre ocorre quando os motores são montados nas asas.

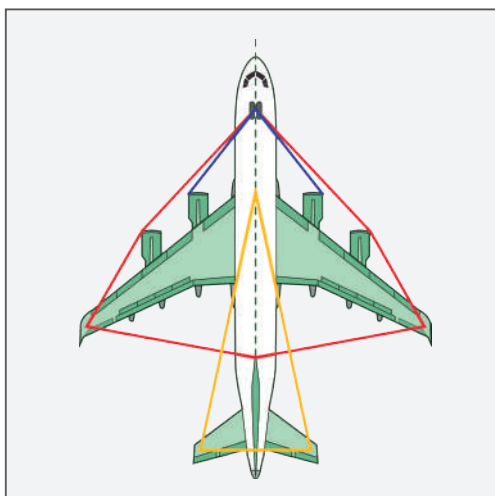


Figura 11 - Método típico de inspeção da simetria de uma aeronave

Ao inspecionar o alinhamento, deve-se assegurar que a posição dos motores, incluindo alguns graus de compensação, está de acordo com o tipo de montante. Geralmente, a inspeção requer uma medida da linha central do montante à linha central longitudinal da fuselagem, nos pontos especificados no manual aplicável, conforme exemplificado na Figura 11.



**Trena:** fita métrica usada para medir distâncias em geral.

Na inspeção de simetria, os pontos de inspeção e as tolerâncias da aeronave são encontrados nos manuais de serviço ou manutenção. Nas aeronaves de pequeno porte, as medidas entre os pontos são, costumeiramente, tomadas usando-se uma trena. Nas aeronaves longas, as medições são tomadas, normalmente, marcando-se o solo. Tal medição é feita pela suspensão de um fio de prumo nos pontos de inspeção, marcando o ponto do chão sob cada prumo.

## 1.8 Ajuste das superfícies de comando

Em seguida às instalações das superfícies de controle, os ajustes devem ser executados. Os procedimentos de ajuste devem seguir, passo a passo, o manual de manutenção da aeronave, que determina três recomendações básicas:

- os controles na cabine e nas superfícies de comando devem estar na posição neutra;
- as superfícies primárias devem estar na posição neutra, para o ajuste das tensões dos cabos de comando;
- os batentes dos controles devem ser ajustados ao limite dos movimentos da superfície, conforme o manual de manutenção da aeronave.

Ao partir do neutro, a faixa de amplitude dos controles e das superfícies de controle deve ser inspecionada em ambas as direções. O ajuste do sistema de compensadores é realizado da mesma maneira.

## 1.9 Princípios de balanceamento ou rebalanceamento

Para entender os princípios do balanceamento ou rebalanceamento, é necessário imaginar a condição de equilíbrio com pesos e contrapesos. A condição de desbalanceamento pode causar avarias de flutuação e de vibração na aeronave.

Antes de decolar, toda aeronave precisa passar por um rebalanceamento. Este procedimento consiste em colocar o peso dentro da aeronave para manter o equilíbrio e não mudar seu centro de gravidade. Quando uma bagagem é despachada, é pesada não só para saber se é necessário pagar a mais pelo excesso de peso, mas para saber qual massa entra no avião. De posse destes dados, o responsável pelo balanceamento pode distribuir a bagagem e equilibrar a aeronave (por meio de contrapesos e da distribuição de combustível nos tanques).

Para tanto, a melhor solução é adicionar pesos, internamente, ou nos bordos de ataque dos compensadores, *ailerons* ou em local apropriado nos painéis de balanceamento. A adição de

pesos, realizada de forma correta, produz uma condição de equilíbrio à aeronave, comparada a uma gangorra com duas crianças, cada qual em uma extremidade, como mostram as Figuras 12.A, 12.B, 12.C e 12.D.

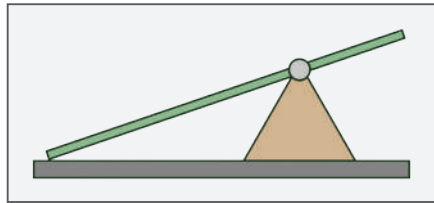


Figura 12.A - Gangorra

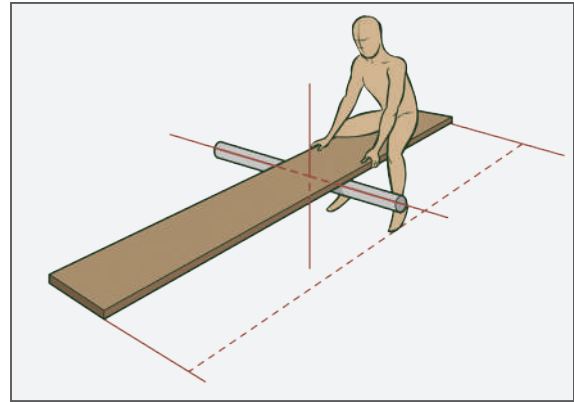


Figura 12.B - Superfície de controle

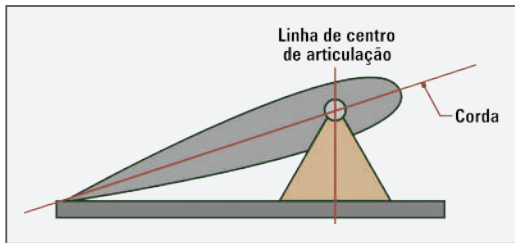


Figura 12.C - Condição de desequilíbrio

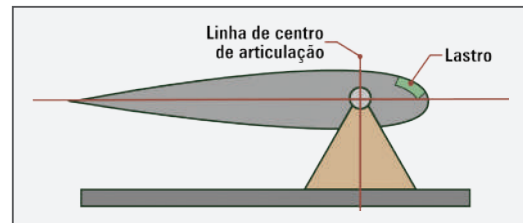


Figura 12.D - Condição de equilíbrio

A Figura 13 demonstra como se dá o equilíbrio de uma gangorra.

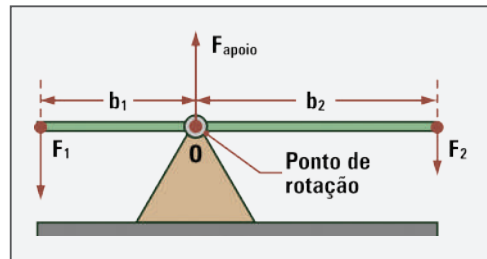


Figura 13 - Exemplo de gangorra sobre efeito de forças

Como é possível observar, a força ( $F_1$ ), aplicada a uma distância ( $b_1$ ) do ponto de rotação ( $O$ ), numa ponta da gangorra, tende a fazê-la girar no sentido anti-horário. Na ponta oposta, a força ( $F_2$ ), aplicada a uma distância ( $b_2$ ) do ponto de rotação ( $O$ ), tende a produzir rotação da gangorra no sentido horário. Para simplificar, desconsidera-se o peso da própria gangorra.

O equilíbrio na gangorra depende do momento de todas as forças aplicadas ( $F_1$ ) e ( $F_2$ ), que devem se anular. Portanto, chamamos de momento  $M$  de uma força ao produto da intensidade  $F$  (ou módulo) da força pela distância  $b$  ao centro de rotação  $O$ . Assim, o equilíbrio da gangorra se dá pela fórmula  $Mf_1 = Mf_2 \Rightarrow F_1 \times b_1 = F_2 \times b_2$ . Onde: ( $F_1$ ) é a força aplicada na extremidade 1, a uma distância ( $b_1$ ) do ponto ( $O$ ) (ponto de rotação) e ( $F_2$ ) é a força aplicada na extremidade oposta, a uma distância ( $b_2$ ) do ponto ( $O$ ).

Supondo-se que existem duas crianças, uma com 40 kg na extremidade 1, a uma distância de 1,80 m do ponto de rotação, e uma segunda, com 30 kg na extremidade 2, como reproduzido na Figura 14.

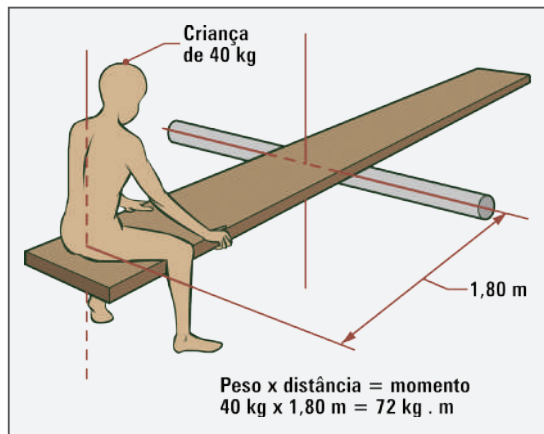


Figura 14 - Momento da força

Qual deve ser a distância da segunda criança, em relação ao ponto de rotação, para que haja o equilíbrio da gangorra? Para fins de elucidação, a gravidade será desprezada e a força será tratada somente em relação ao peso.

Para que haja o equilíbrio:

$$F_1 \times b_1 = F_2 \times b_2$$
$$40\text{kg} \times 1,80\text{m} = 30\text{kg} \times b_2$$
$$b_2 = \frac{72}{30}$$
$$b_2 = 2,4\text{m}$$

Assim, a distância da criança deve ser de 2,4 m em relação ao ponto de rotação da gangorra, resultando uma condição de equilíbrio, uma vez que o momento no sentido anti-horário, em torno do ponto de apoio (O), é igual ao momento no sentido horário em torno do mesmo ponto.

Na aviação, em uma superfície de controle, pela adição de peso, o mesmo efeito é obtido. Isso porque a maioria dos reparos em superfícies de controle é realizada atrás da linha central da dobradiça, resultando em uma condição de bordo de fuga pesada, o peso é adicionado adiante da linha central da dobradiça.

Este conteúdo foi apresentado apenas com os propósitos didático e de familiarização. Assim, não deve ser entendido como base à execução do balanceamento de superfícies de controle. Para tanto, deve ser seguido o preconizado nos manuais de serviço dos respectivos fabricantes de aeronaves.

O rebalanceamento de uma superfície de controle diz respeito aos balanceamentos estático e dinâmico.

Segundo a ANAC (2005, p.18), balanceamento estático é a tendência de um objeto de permanecer parado quando sustentado pelo seu próprio centro de gravidade. Uma superfície de controle pode estar desbalanceada estaticamente em duas situações:

- sobrebalanceamento - superfície móvel com bordo de ataque pesado. Diedro (-);
- sub-balanceamento - superfície móvel com bordo de fuga pesado. Diedro (+).

O diedro para baixo é negativo (-) e para cima positivo (+).

Nas Figuras 15.A, 15.B e 15.C, é possível verificar o balanceamento estático das superfícies de controle.

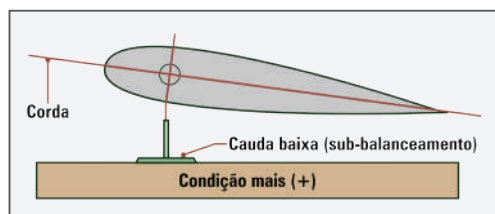


Figura 15.A - Sub-balanceamento

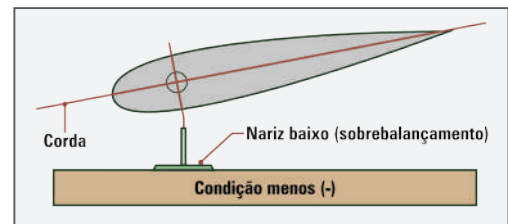


Figura 15.B - Sobrebalanceamento

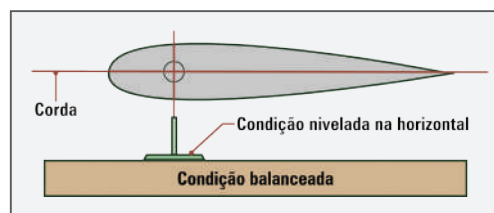


Figura 15.C - Condição nivelada

Uma condição de cauda pesada (balanceamento estático) causa desempenho indesejável de voo e, normalmente, não é admitida. Melhores operações de voo são obtidas por meio de um balanceamento estático, com nariz pesado. A maioria dos fabricantes defende a existência de superfícies de controle feitas, especificamente, para se obter esta condição.

Segundo a ANAC (2005, p.19), balanceamento dinâmico é a condição de um corpo na rotação. Neste caso, todas as forças são balanceadas dentro do corpo, sem que qualquer vibração seja produzida enquanto está em movimento.

O balanceamento dinâmico, relacionado às superfícies de controle, é um esforço para manter o equilíbrio quando a superfície é submetida a movimento durante o voo. Implica na colocação de pesos, em pontos corretos, na extensão da **longarina** das superfícies. A localização dos pesos encontra-se, na maioria dos casos, adiante da linha central da dobradiça.



**Longarina:** principal elemento estrutural de uma asa que suporta os esforços de flexão.



## 1.10 Procedimentos para rebalanceamento

Reparos na superfície de controle ou em seus compensadores, geralmente, aumentam o peso atrás da linha central da dobradiça, necessitando de um rebalanceamento estático em toda a superfície, bem como em seus compensadores.

Para rebalanceamento, as superfícies de controle devem ser removidas da aeronave e apoiadas sobre um local apropriado, um cavalete ou um gabarito de balanceamento, como mostram as Figuras 16.A, 16.B, 16.C e 16.D.

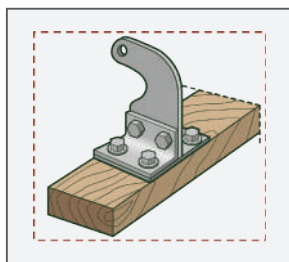


Figura 16.A - Apoio de fixação externa



Figura 16.B - Gabarito de ajuste de superfície

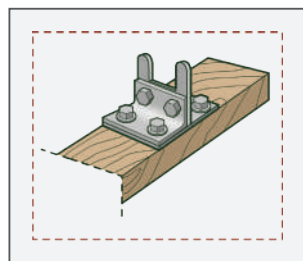


Figura 16.C - Apoio de fixação interna

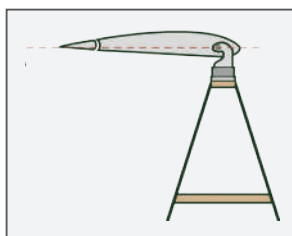


Figura 16.D - Posição neutra do gabarito

Os compensadores da superfície devem ser presos em uma posição neutra, quando a superfície estiver montada no local adequado. O local deve estar nivelado e localizado em uma área livre de correntes de ar. A superfície deve ser capaz de girar livremente em torno da dobradiça. O balanceamento é determinado pelo comportamento do bordo de fuga, quando a superfície é suspensa pelos pontos da dobradiça. Qualquer atrito excessivo resulta em uma falsa reação, causando o sub-balanceamento ou o sobrebalanceamento da superfície. Um nivelador é utilizado para determinar a posição neutra, antes da sequência dos procedimentos de balanceamento. Em algumas vezes, uma simples checagem visual é suficiente para determinar se a superfície está balanceada ou não, conforme pode ser observado na Figura 17.

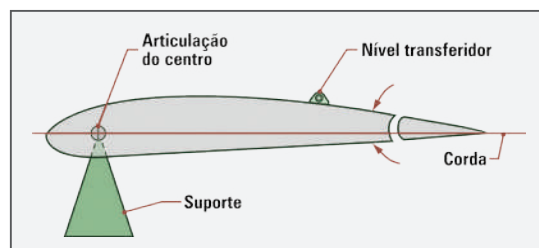


Figura 17 - Exemplo de posição neutra

Qualquer compensador ou outras montagens, que permaneçam na superfície durante o balanceamento, devem estar em seus devidos lugares. Partes ou objetos desnecessários, devem ser removidos antes do balanceamento.

## 1.11 Métodos

Os métodos de balanceamento/rebalanceamento têm a finalidade de equilibrar, adequadamente, as superfícies de controle. Diversos métodos são empregados e recomendados pelos fabricantes de aeronaves. Os mais comuns são denominados de método de tentativa por peso (tentativa e erro) e método de componentes.

A execução do balanceamento/rebalanceamento é necessária quando há sintomas de desbalanceamento da aeronave em voo ou quando a estrutura da superfície de controle for danificada e necessite de reparos. Para esses casos, existe o método de cálculo que é utilizado para o balanceamento de uma superfície de controle. É o mais vantajoso por facilitar as ações de manutenção, uma vez que a remoção das superfícies de controle da aeronave é desnecessária. As Figuras 18.A e 18.B apresentam como calcular o balanceamento.

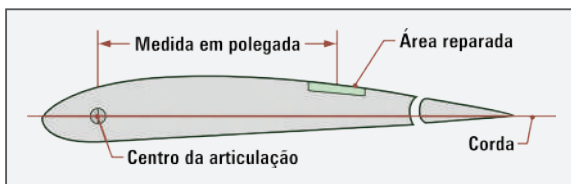


Figura 18.A - Método para calcular o balanceamento

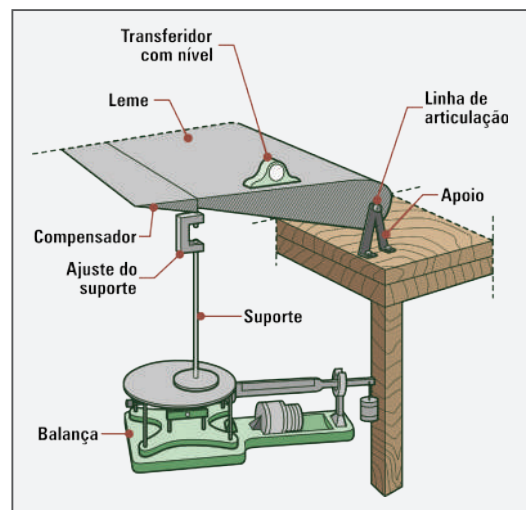


Figura 18.B - Balanceamento de superfície de comando

O método de cálculo é o resultado do peso líquido do montante adicionado à superfície, obtido por meio da subtração dos materiais retirados e dos materiais acrescidos às superfícies de controle. A distância da linha central da dobradiça ao centro da área do reparo é medida em polegadas. Esta distância deve ser determinada para uma medida mais próxima a um centésimo de polegada. Assim, encontrados o peso líquido e a distância da linha central, multiplicam-se os valores. O resultado é dado em polegadas por libras (pol/lbs). Destaca-se que, estando a superfície balanceada ou não, o valor é sempre determinado pelo fabricante, mediante os manuais de manutenção.

## Resumindo

Neste capítulo foram apresentadas as principais características de manutenção de aeronaves, bem como os principais sistemas de controle de voo, suas ligações mecânicas e os componentes que formam a aeronave.

Foram descritos os equipamentos empregados no alinhamento e no ajuste das aeronaves, e os procedimentos para sua correta utilização. A necessidade da verificação dos ajustes, após as manutenções, também foi explicitada. Por fim, foram abordados os princípios de balanceamento e de rebalanceamento e os métodos empregados pelos diversos fabricantes de aeronaves.



## Capítulo 2

### Manutenção de helicópteros

A manutenção de helicópteros tem como objetivo melhorar a aeronavegabilidade, aprimorando ou mantendo a confiabilidade prevista no projeto da aeronave durante o seu ciclo operacional.

#### 2.1 Aerodinâmica de um helicóptero

O voo de um helicóptero é o resultado de uma complexa combinação de forças que se equilibram. Sua sustentação, por exemplo, vem das asas. Quando as asas rotativas do helicóptero estão inclinadas contra o fluxo de ar, produzem uma força para cima e, conseqüentemente, sua ascensão.

O helicóptero é uma aeronave com asas rotativas denominadas, tecnicamente, de rotores. Diferentemente do avião, que se desloca apenas para frente, o helicóptero pode pairar no ar e até voar de ré. Isso porque suas pás (asas), em movimento rotacional, produzem sustentação em vários sentidos. O processo não é simples, pois a tendência natural do impulso, provocada pela rotação das pás (torque), faz com que a aeronave gire em torno de seu eixo vertical, como um pião. Porém, este impulso é contrariado pelo rotor de cauda, uma segunda pá (asa), que gira verticalmente, produzindo uma força lateral, dando a direção ao helicóptero, o que corresponde ao leme de direção dos aviões.

A orientação de um helicóptero dá-se pelo equilíbrio das forças, que pode ser levemente alterado pelo piloto. Esta alteração é comandada pela mudança do ângulo das pás, modificando sua sustentação aerodinâmica.

Como é possível notar na Figura 19, dentre as forças que atuam em um helicóptero, destacam-se quatro: impulso, sustentação, arrasto e peso.

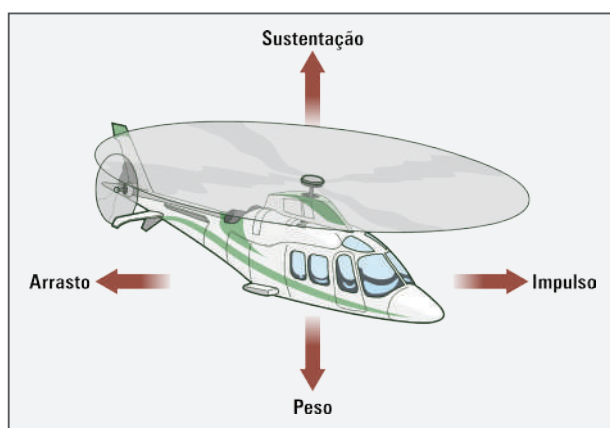


Figura 19 - Forças que atuam em um helicóptero



**Aerofólio fixo:** também conhecido como asa fixa.

**Pairado:** parado no ar.

**Passo cíclico:** é o comando dado às pás do rotor principal mudando o seu ângulo de ataque.

As asas, tanto as fixas como as rotativas, são a principal fonte de sustentação do helicóptero. Uma das diferenças entre um helicóptero (asa rotativa) e um avião (asa fixa) é que a aeronave de asa fixa deriva sua sustentação de um aerofólio fixo, enquanto o helicóptero deriva sua sustentação de um aerofólio rotativo, chamado de rotor.

Durante o pairar de um helicóptero em condição sem vento, o seu plano é horizontal, isto é, paralelo ao solo. Para que isso ocorra, o impulso/sustentação e peso/arrasto se neutralizam, ou seja, a soma das forças de sustentação e de impulso deve ser igual à soma do peso e arrasto.

Durante o voo vertical, em uma condição sem vento, a sustentação e as forças de impulso agem verticalmente para cima, enquanto o peso e o arrasto atuam verticalmente para baixo. Quando a resultante é positiva, o impulso/sustentação é maior que o peso/arrasto e o helicóptero sobe verticalmente. Já, quando a resultante é negativa, ou seja, quando o peso/arrasto é maior que o impulso/sustentação, o helicóptero desce verticalmente.

## 2.2 Peso e balanceamento

A terminologia e os conceitos aplicados ao peso e ao balanceamento de aeronaves, também são aplicáveis aos helicópteros. Existem algumas diferenças, especificadas pelos fabricantes, que devem ser identificadas pelos mantenedores por meio de seus manuais de manutenção.

A maioria dos helicópteros tem o seu centro de gravidade muito mais restrito que os aviões. Em alguns casos, este intervalo é inferior a três polegadas. A localização exata e o comprimento do intervalo do centro de gravidade são especificados para cada modelo de helicóptero. Geralmente, o centro de gravidade localiza-se a uma curta distância, que vai da popa do mastro rotor principal ao centro dos rotores principais, no caso de um sistema de rotor duplo.

Os aviões têm o seu centro de gravidade que corre ao longo do eixo longitudinal. Nos helicópteros, o centro de gravidade desloca-se, tanto longitudinalmente quanto lateralmente. Isso porque as asas rotativas estendem-se para fora, a partir do centro de gravidade. Os aviões têm uma vantagem em relação aos helicópteros no que concerne à estabilidade lateral, que é bem maior.

Um helicóptero, por outro lado, atua como um pêndulo, com seu peso pendurado a partir do eixo do rotor principal. Idealmente, o helicóptero deve ter este equilíbrio totalmente perfeito, de modo que a fuselagem permaneça horizontalmente equilibrada.

Se o helicóptero tem a sua cauda ou o seu nariz pesados durante o pairado, o controle do passo cíclico é utilizado para mantê-lo horizontalmente estabilizado. Se a localização do centro de gravidade é muito extrema, torna-se difícil mantê-lo equilibrado.

Os princípios e os procedimentos de peso e de balanceamento descritos aplicam-se, de modo geral, aos helicópteros. Cada modelo de helicóptero é homologado para um peso máximo bruto específico, tendo como ressalva que não pode ser operado no limite máximo em todas as condições.

Um helicóptero pesado suporta menos os choques e as cargas adicionais causadas pelas turbulências do ar. Assim, quanto maior a carga, menor a margem de segurança das estruturas do helicóptero, como o rotor principal, a fuselagem, o trem de pouso, etc.

O helicóptero deve ter o seu balanceamento preciso, de tal modo que a fuselagem permaneça na posição horizontal durante uma flutuação, sendo necessário fazer correções somente para compensar o vento.

Os helicópteros projetados mais recentemente têm os compartimentos de carga e os reservatórios de combustível localizados no centro de gravidade ou próximo a ele. Se o helicóptero não estiver carregado adequadamente e o centro de gravidade não estiver bem próximo ao ponto de balanceamento, a fuselagem não se estabiliza horizontalmente durante a flutuação. Se o centro de gravidade estiver muito para trás, o nariz tende a subir, sendo necessário um controle cíclico excessivo para frente, a fim de manter uma flutuação estacionária. Por outro lado, se o centro de gravidade estiver muito para frente, o nariz tende a cair, requerendo um controle excessivo para trás. Em condições extremas de desbalanceamento o controle cíclico, totalmente para frente ou totalmente para trás, não é suficiente para manter o controle.

Transporte de cargas externas podem apresentar problemas parecidos aos de balanceamento lateral.

Os fabricantes dos helicópteros fornecem aos seus operadores todas as informações, tais como: o peso vazio, o centro de gravidade e a carga útil. Tais informações estão anotadas nas folhas de dados de peso e de balanceamento, no manual de voo do helicóptero. Após a entrega do helicóptero, caso haja execução de grandes reparos, um adição ou uma remoção de equipamento, que possam afetar o peso vazio, o centro de gravidade ou a carga útil, o peso e o balanceamento devem ser refeitos e registrados no livro de registros, com a autorização dos fabricantes.

## 2.3 Ajustagens de um helicóptero

As unidades de controle de voo dos helicópteros, localizadas na cabine, são muito semelhantes as dos aviões, além de possuírem alguns outros controles, como: controle de passo coletivo, controle de passo cíclico e pedais de controle direcional. A Figura 20 mostra os principais controles dos helicópteros e sua função.

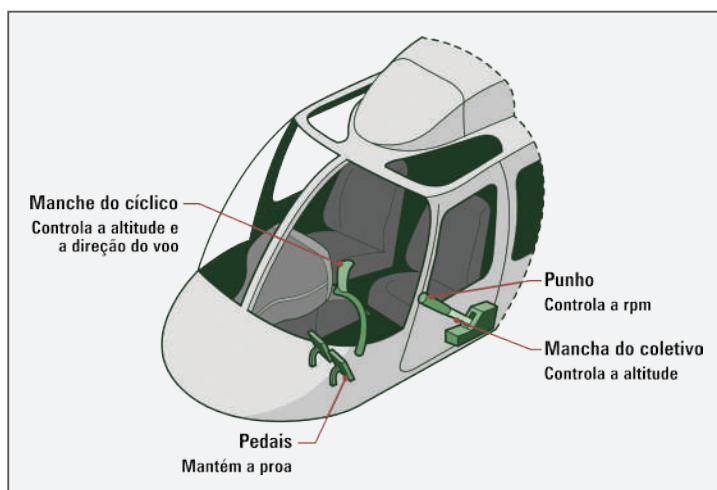


Figura 20 - Controles do helicóptero e a principal função de cada um

O ajuste do helicóptero coordena os movimentos dos controles de voo, estabelece as relações entre o rotor principal e seus controles e, também, entre o rotor de cauda e seus controles. Na Figura 21 é possível ver um transferidor de ajuste.

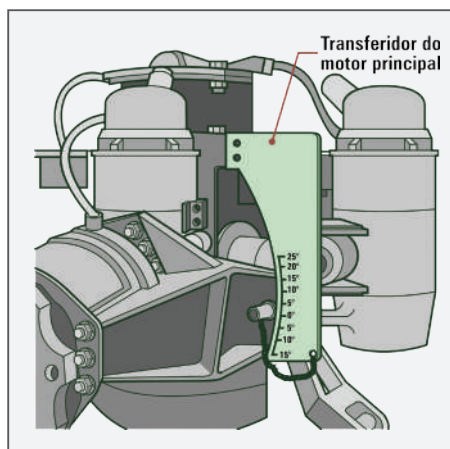


Figura 21 - Um típico transferidor de ajuste

O ajuste não é uma tarefa difícil de ser executada, mas requer atenção detalhada e uma grande precisão.

Segundo a ANAC (2005, p.14), os ajustes de vários sistemas de controle de voo podem ser separados em três grandes ações:

- colocação do sistema de controle numa posição particular, mantendo-o na posição com pinos, grampos ou guias e ajustando as várias ligações, a fim de consertar o componente de controle imobilizado;
- colocação das superfícies de controle na específica posição de referência, usando um ajuste guia, um transferidor de precisão ou um nível de bolha de ar, para checar a diferença entre a superfície de controle e uma superfície fixa na aeronave;
- ajuste da faixa máxima de deslocamento dos vários componentes.

Ainda conforme a ANAC (2005, p.14), após o completo ajuste estático, uma verificação do sistema de controle de voo deve ser realizada, de acordo com o tipo de helicóptero e o sistema afetado. Tal verificação consiste em determinar se:

- a direção do movimento das pás do rotor principal e de cauda está correta em relação ao movimento dos controles do piloto;
- as operações interconectadas dos sistemas de controle (potência do motor e **passo coletivo**) estão coordenadas corretamente;
- a faixa de movimento e a posição neutra dos controles dos pilotos estão corretas;
- os ângulos, de passo máximo e mínimo das pás do rotor principal, estão em conformidade aos limites especificados. Isso inclui checagens para frente e para trás (*for-and-aft*), passo cíclico lateral e ângulos das pás do passo coletivo;
- a trajetória das pás do rotor principal está correta;
- no caso de aeronave **multirrotores**, o ajuste e o movimento das pás do rotor estão sincronizados;



**Passo coletivo:** é a mudança de inclinação de todo o rotor para baixo ou para cima.

**Multirrotores:** helicóptero com mais de dois rotores.



- compensadores, instalados nas pás do rotor principal, estão corretamente ajustados;
- os ângulos de passo máximo, mínimo e neutro e o ângulo de inclinação das pás do rotor de cauda estão corretos;
- os controles duplos fornecidos funcionam corretamente e em sincronismo.

Para completar os ajustes, devem ser checadas todas as ligações, garantindo que parafusos, porcas e extremidades das hastes estejam devidamente fixados e frenados.

Chama-se de fora de trajetória quando as pás do rotor principal não fazem um mesmo cone durante a rotação. Isso pode resultar em excessiva vibração na coluna de controle. Deve-se lembrar que a trajetória mostra somente a posição relativa das pás, não suas trajetórias de voo.

“Trajetória da pá é o processo de determinar as posições das pontas das pás do rotor relativas uma à outra, enquanto a cabeça do rotor está girando e determinando a necessária correção para manter estas posições dentro das tolerâncias certas.” (ANAC, 2005, p.15.). O objetivo é manter as pás na mesma trajetória, durante o ciclo de rotação completo e, assim, tê-las seguindo umas às outras, o máximo possível. Para isso, devem ser usados equipamentos corretos à obtenção máxima de precisão. Os equipamentos utilizados para verificação da trajetória das pás são:

- bandeira de trajetória;
- lápis de cera ou giz colorido;
- material conveniente de marcação;
- bastão de trajetória;
- ferramenta de ajuste de compensador;
- indicador de ângulo do compensador;
- rastreador eletrônico;
- refletores e lâmpadas de rastreamento, como ilustrado nas Figuras 22.A e 22.B.

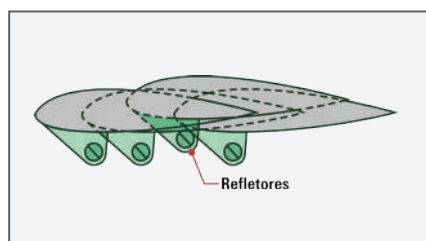


Figura 22.A - Refletores

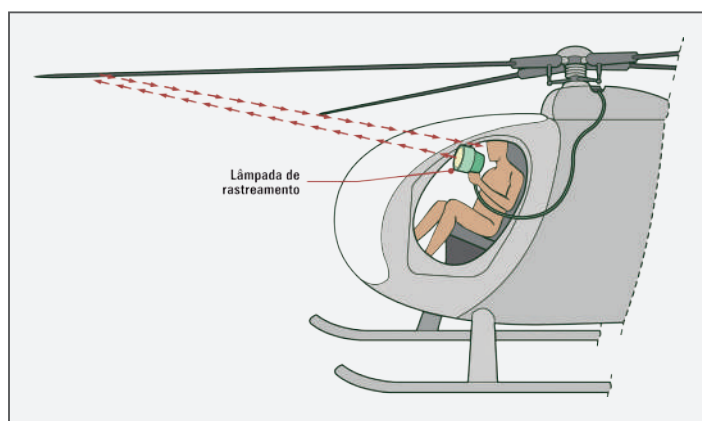


Figura 22.B - Lâmpada de rastreamento

Antes de se iniciar uma operação de conferência da trajetória das pás, deve-se checar a sua incidência. Um dos meios de verificar a trajetória das pás é o método da bandeira, como mostram as Figuras 23.A e 23.B.

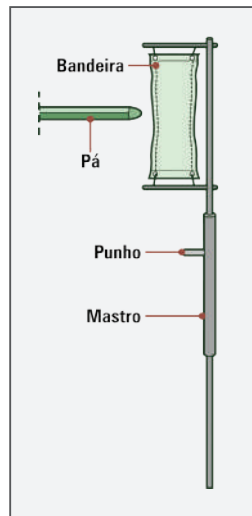


Figura 23.A - Verificação da trajetória da pá com o método das bandeiras

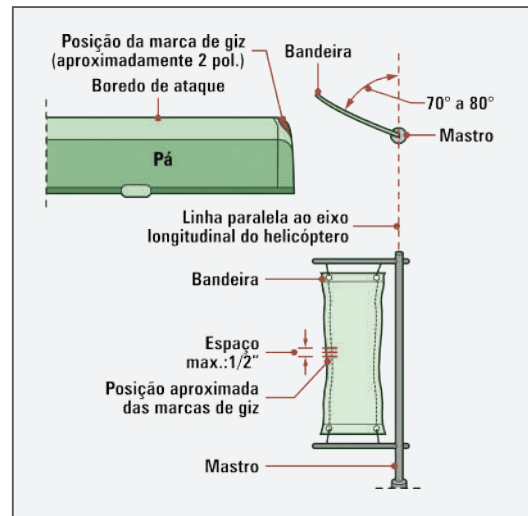


Figura 23.B - Detalhes da pá e bandeira

As pontas das pás são marcadas com giz ou lápis de cera, diferenciando cada ponta de pá com uma cor diferente, de modo que facilite determinar a trajetória de uma em relação à outra. Este método pode ser usado para todos os tipos de helicópteros que não tenham dispositivo de propulsão nas pontas das pás.

Mediante o método das bandeiras, pode-se descobrir a posição relativa das pás, como também suas características de voo em diferentes rotações e ajustes de potência. Após a marcação das pás, com giz de cores diferentes, uma vara, com um pano na extremidade, deve ser erguida como uma bandeira. Depois, as pás devem ficar próximas ao helicóptero para que possam marcar a bandeira. Vem daí a necessidade de cores diferentes, pois facilita a detecção de pás fora da trajetória. Assim, é feita a medição em diferentes rotações.

Há um método no qual se utiliza um rastreador eletrônico para verificação da trajetória das pás. Nas Figuras 24.A, 24.B e 24.C constam alguns dos equipamentos utilizados por esse método.



Figura 24.A - Regulador

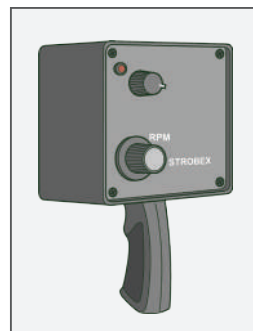


Figura 24.B - Rastreador

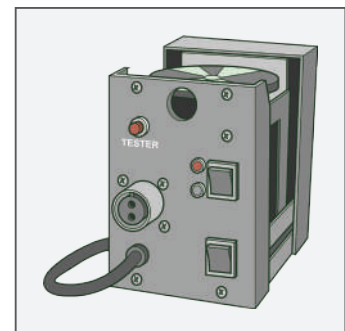


Figura 24.C - Testador de vibrações



**Dispositivo de propulsão:** dispositivo que converte o movimento de rotação do motor em movimentos tradicionais propulsivos.

O rastreador permite o rastreamento das pás do helicóptero pelo lado de dentro do helicóptero, em voo, ou pelo lado de fora, quando está parado no solo. O sistema usa um feixe de luz altamente concentrado, piscando em frequência com a rotação das pás do rotor principal, de modo que um alvo fixado na ponta da pá do rotor pareça estar parado. Cada pá é identificada por um número retrorrefletivo, gravado ou acoplado à parte inferior da pá.

Quando visto de um ângulo do interior do helicóptero, o número gravado aparece visivelmente. O monitoramento pode ser realizado com acompanhamento dos refletores da tampa da ponta da pá e uma luz estroboscópica. A ponta dos tampões é temporariamente acoplada à extremidade de cada pá. A alta intensidade de luz estroboscópica pisca no tempo do giro das pás. Ao observar a imagem refletida na ponta da pá, é possível ver a faixa das pás rotativas. Sendo assim, pode-se identificar se as pás estão alinhadas ou não e, também, se estão desbalanceadas.

*Tracking* é o processo pelo qual se verifica se as pás do rotor principal estão girando igualmente, se ambas têm a mesma angulação. Caso isso não ocorra, há uma enorme vibração. O *tracking* pode ser verificado por quatro métodos distintos: acompanhamento pelo solo, verificação no pairado, acompanhamento do voo para frente e autoajuste da RPM de rotação.

O erro mais comum na trajetória é trazer as pás com os compensadores somente em uma determinada RPM. A trajetória correta é produzida, mantendo uma constante separação das pás, em todas as RPMs, potências selecionadas e velocidades de voo. Uma separação constante pode ser mantida somente pelo ajuste correto dos compensadores.

A trajetória que aparece com o aumento da RPM é uma pá elevada, e a outra que desce com o aumento da RPM é uma pá de descida. Para acertar a trajetória da pá, devem-se movimentar os TABs das pás como se fossem compensadores fixos. Quando uma pá elevada e uma pá de descida encontram-se em um mesmo ponto, dá-se o nome de cruzamento.

Após uma separação constante ter sido estabelecida com os compensadores, é necessário trazer as pontas das pás para um caminho único de rotação, com os comandos de inclinação das pás. Dobrando o compensador para cima, a pá sobe, para baixo, a pá desce.

O ajuste do compensador é checado, quanto à correção, pelo giro do rotor na velocidade prescrita pelo fabricante, assegurando que a coluna do controle do passo cíclico permaneça estacionária. Caso esteja fora de balanceamento surgem movimentos de vibração na coluna.

## Resumindo

Neste capítulo foram destacadas as principais características de manutenção de helicópteros. Ademais, abordaram-se os conceitos que envolvem a aerodinâmica, os métodos e os ajustes empregados para a manutenção das pás e dos elementos componentes. Noções sobre peso e balanceamento dos helicópteros também foram destacadas.

Fica depreendida a importância em adotar o ajuste adequado para cada tipo de helicóptero especificamente, seguindo as orientações descritas nos manuais dos fabricantes.



**Luz estroboscópica:** luz que pisca muito rapidamente.

**RPM:** sigla empregada para rotação por minuto.

**TAB:** pequena aba móvel embutida no bordo de fuga das superfícies de comando primárias da aeronave.



# Unidade 7

## Prática de oficina

Toda a operação de aeronaves é executada de maneira precisa e dentro dos mais altos padrões de segurança, tanto em voo quanto na manutenção em solo. Dentro dessa ótica, o fator humano envolvido deve estar qualificado para manter, de forma segura e contínua, a manutenção da aeronave. Técnicos de manutenção de aeronaves entregam grande parte de sua vida na operação de aeronaves em oficinas, em hangares e nos pátios de operação.

Esta unidade é composta de cinco capítulos. Ela se justifica devido à importância da prática do mecânico de célula. No capítulo um, abordam-se os procedimentos utilizados em oficinas e em hangares para prevenção de acidentes com ferramentas, proteção contra incêndios e primeiros socorros. O capítulo dois discorre sobre a forma correta de reparar peças com ferramentas comuns e como o uso de instrumentos de medição fazem parte do dia a dia da manutenção.

O controle das superfícies de comando de voo e outros componentes que utilizam cabos de comando de aço e arames são tratados no capítulo três, juntamente com os tipos de frenagem e bloqueio de aeronaves. Estudam-se, no capítulo quatro, como os diversos fluidos da aeronave devem ser canalizados para vários pontos e o modo como deve ser feita essa canalização com linhas de tubulações e mangueiras construídas, mantidas e reparadas, quando necessário. A corrosão, a natureza e causas, os tipos de proteção e métodos de aplicação de elemento protetor apresentam-se no capítulo cinco.



# Capítulo 1

## Procedimentos em oficinas de célula de aeronaves

Deve ser habitual a padronização na prática de oficinas, de modo que os serviços prestados pelos mecânicos de aeronaves sigam os procedimentos corretos quanto à segurança do trabalho e do voo.

### 1.1 Cuidados com ferramentas e equipamentos

O uso de ferramentas e de equipamentos nas oficinas representa risco à integridade física dos mecânicos. A eletricidade em contato com o corpo humano pode causar queimaduras e o sistema nervoso central também pode ser danificado. O uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPI) aumenta a segurança no trabalho.

Exemplos de equipamentos de proteção individual são as luvas de borracha, os óculos de segurança, os tapetes de borracha ou de segurança, entre outros, e são essenciais à segurança, como disposto no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) 156:

[...] Equipamentos, veículos e sinalização viária da área operacional [...] (b) Equipamentos de proteção individual e de proteção respiratória – EPI e EPR (1) O operador de aeródromo deve manter os equipamentos de proteção individual (EPI) e de proteção respiratória (EPR) de forma a garantir sua operacionalidade em conformidade com os requisitos estabelecidos no parágrafo 156.331(g) da Subparte F deste Regulamento e no manual do fabricante (BRASIL, 2011, p. 60).

O RBAC 156, para garantir a segurança dos mecânicos de aeronaves, dispõe, ainda, sobre a importância da medição de desempenho da segurança operacional. Nesse sentido:

[...] Garantia da segurança operacional [...] (d) O operador de aeródromo deve considerar o uso das seguintes ferramentas para monitoramento e medição de desempenho da segurança operacional, conforme a complexidade de suas operações e desempenho de segurança operacional aferido anteriormente: (1) relatos de segurança operacional; (2) auditorias internas de segurança operacional; (3) pesquisas de segurança operacional; (4) revisões de segurança operacional; (5) estudos de segurança operacional; (6) investigações internas de segurança operacional, incluindo eventos que não requeiram o envio à ANAC; (7) relatórios de inspeção da ANAC (BRASIL, 2011, p. 27).

Da mesma forma, a operação de máquinas utilizadas nas oficinas deve ser realizada com cautela, obedecendo aos requisitos de segurança.

Várias ferramentas e maquinários foram abordados no Módulo Básico, na unidade que trata de ferramentas manuais e de medição. Nesta unidade, abordam-se a forma de uso e os principais cuidados no manuseio e na operação de ferramentas.

As furadeiras de bancada podem ser empregadas para furar, escarear, tornear e no seu uso devem ser seguidos alguns procedimentos, quais sejam:

- a utilização de óculos de proteção;
- a fixação das peças com firmeza;
- o desligamento da máquina para ajustes;
- a limpeza da área depois do trabalho.

Por sua vez, os tornos são usados para trabalhos cilíndricos internos ou externos. As peças a serem trabalhadas devem estar firmemente fixadas à ferramenta. Outro cuidado importante é verificar se não existem trincas ou rachaduras na peça, pois essas falhas podem causar rupturas. Para manuseio de tornos, é necessário:

- utilizar óculos de proteção;
- empregar ferramentas afiadas;
- deixar a ferramenta de rotação parar por si só (não tentar parar com as mãos);
- nunca deixar ferramentas soltas no torno;
- somente medir o trabalho com o torno parado.

Com efeito, as fresadoras são utilizadas para dar forma ou acabamento, fazer dentes em engrenagens, fendas e outros trabalhos similares. Além do uso de equipamentos de proteção individual e limpeza da área, é importante lembrar que a velocidade da máquina não pode ser alterada durante a operação.

Os esmeris, por seu turno, são máquinas simples e largamente utilizadas em oficinas para vários tipos de operação, tais quais afiar uma ferramenta de corte, retirar rebarbas de peças, entre outros. Para isso, é utilizada, no eixo do esmeril, uma peça de material abrasivo em forma de disco chamada **rebolo**.

Os procedimentos de segurança a serem seguidos com essa ferramenta são:

- verificar as condições do rebolo;
- não usar aperto excessivo na fixação do rebolo, pois isso pode causar quebra e os estilhaços podem ser arremessados longe;
- não se colocar na mesma linha do rebolo, porque, em caso de quebra, os estilhaços são lançados na direção do giro.

Outra operação que requer muitos cuidados é a soldagem. Ela deve ser feita em local designado e apropriado; todas as peças que serão soldadas devem, sempre que possível, ser retiradas da aeronave.

Uma oficina de soldagem deve estar equipada com mesas apropriadas, ventilação, local para armazenar as ferramentas, equipamento para prevenir e extinguir incêndios. Caso não seja



**Rebolo:** é uma ferramenta fabricada com material abrasivo, em geral tem a forma de disco e é normalmente utilizada com o auxílio de uma lixadeira para fazer desbaste em superfícies ou para amolar ferramentas cortantes.



possível utilizar a oficina, a soldagem deve ser feita ao ar livre. Porém, se for necessário realizar a solda dentro do hangar, devem-se observar os seguintes requisitos:

- não podem existir tanques de combustível abertos e qualquer trabalho em sistemas de abastecimento;
- o trabalho de pintura não deve acontecer ao mesmo tempo;
- qualquer outra aeronave deve estar a, pelo menos, 35 pés de distância da operação de soldagem;
- o material inflamável deve estar distante da operação de soldagem;
- apenas soldadores qualificados podem ser autorizados a realizar o trabalho;
- a área de soldagem deve ser isolada e sinalizada;
- o equipamento para extinção de fogo e uma brigada de incêndio devem estar de prontidão durante o procedimento;
- as aeronaves que estão sendo soldadas ao ar livre devem estar presas a um reboque, com um rebocador engatado, e com os freios de estacionamento da aeronave soltos. Um operador qualificado deve estar no rebocador e mecânicos disponíveis para ajudar na operação de reboque, caso ela seja necessária. Se a aeronave estiver em um hangar, as portas devem estar abertas.

As ferramentas manuais, como chaves de boca, alicates e martelos, entre outras, devem ser utilizadas com cuidado e da maneira correta. Precisam estar sempre limpas e livres de substâncias oleosas, em perfeito estado de conservação para segurança e precisão do serviço.

Muitas ferramentas são pneumáticas, ou seja, funcionam com ar comprimido. Os cuidados com esse tipo de ferramenta são relativos ao estado de conservação das partes de regulagem da pressão e estado das tubulações e mangueiras que conduzem a pressão para o funcionamento. Vazamentos diminuem o desempenho da ferramenta além de trazer riscos de explosão e causar danos à integridade física dos mantenedores.

O manuseio seguro de ferramentas deverá ser exercitado no estágio supervisionado.

Para um maior aprofundamento em segurança operacional em manutenção de aeronaves, é recomendada a leitura, na íntegra, do RBAC 156, que discorre sobre segurança operacional em aeródromos – operação, manutenção e reposta à emergência.

## 1.2 Proteção contra fogo

A Resolução nº 115 da ANAC, estabelece “[...] critérios regulatórios quanto à implantação, operação e manutenção do Serviço de Prevenção, Salvamento e Combate a Incêndio em Aeródromos Civis (SESCINC), no âmbito da ANAC” (BRASIL, 2009. p. 1).

Para conhecer os fatores de segurança contra fogo, é preciso, primeiro, entender quais as condições necessárias para que ele ocorra e sua classificação.

### 1.2.1 Condições necessárias para o fogo

Três aspectos são essenciais para a existência de fogo. São eles: combustível – qualquer material que, na presença de calor e de oxigênio, libera mais calor e reduz-se a outros compostos químicos; calor – acelera a combinação do oxigênio com o combustível, e, assim, libera mais calor; e oxigênio – quimicamente, combina-se com as outras substâncias por meio do processo da oxidação. Essa oxidação rápida, associada à liberação perceptível de luz e de calor denomina-se combustão ou queima. Destarte, removendo qualquer um desses três elementos, o fogo se extinguirá.

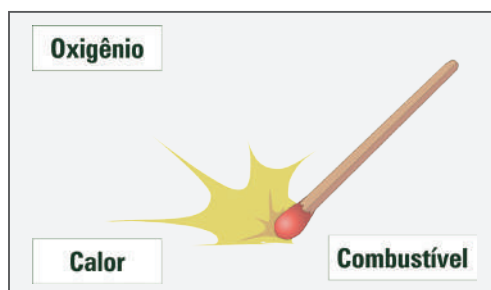


Figura 1 - Elementos do Fogo

### 1.2.2 Classificação de Incêndios

A Associação Nacional de Proteção Contra Incêndios (NFPA), dos Estados Unidos, classificou os incêndios em três tipos básicos:

- classe **A** - fogo ocorre em materiais combustíveis comuns, tais como madeira, papel, estofamentos, e outros desse mesmo tipo.
- classe **B** - o fogo acontece em produtos petrolíferos inflamáveis de outros líquidos inflamáveis, ou combustíveis líquidos, gorduras, solventes, entre outros.
- classe **C** - o fogo que ocorre em corrente elétrica e equipamentos.

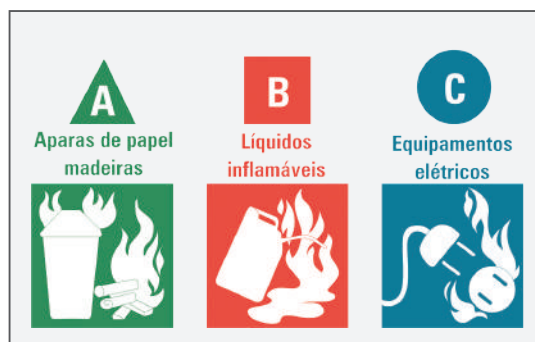


Figura 2 - Três tipos básicos de incêndios

Com o avanço dos materiais utilizados em aviação, os técnicos devem estar familiarizados como uma nova classe – a classe **D** –, definida como fogo em metais inflamáveis. Os incêndios de classe **D** envolvem magnésio, titânio e lítio, entre outros metais pirofóricos encontrados nos freios, motores e transmissões de aviões e de helicópteros.

Além dessa classificação, ainda, existe a classe **K**, a qual envolve óleo e gordura, como demonstra a Figura 3.



Figura 3 - As cinco classes de incêndio

Qualquer um dos quatro primeiros tipos de incêndio pode acontecer durante a manutenção, ou em operações envolvendo aeronaves. Para cada tipo de fogo, existe um extintor de incêndio específico.

Tabela 1 - Classes de incêndios e seus agentes extintores

Classes de incêndio	Tipos de extintores	Água pressurizada	Gás carbônico	Espuma	Pó químico seco
<b>A</b>		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NÃO</b>	<b>NÃO</b>
	De superfície e profundida planas: lixo, fibras, papéis, madeiras, etc.	Excelente eficiência	Não tem eficiência	Insuficiente	Não tem eficiência
<b>B</b>		<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>
	De superfície querosene: gasolina, óleos, tintas, graxa, gases, etc.	Não tem eficiência	Boa eficiência	Ótima eficiência jogar indiretamente	Ótima eficiência
<b>C</b>		<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>
	Equipamentos elétricos energizados.	Não tem eficiência	Ótima eficiência	Perigoso, conduz eletricidade	Boa eficiência, contudo, pode causar danos em equipamentos danificados
<b>D</b>		<b>NÃO</b>	<b>NÃO</b>	<b>NÃO</b>	<b>NÃO</b>
	Materiais pirofóricos: motores de carro.	Obs: poderá ser usada água em último caso (se não houver PQS).			

Fonte: JEFFERSON, 2008, p. 1.

## 1.3 Primeiros socorros em situações de risco

Vários são os perigos que cercam o dia a dia na operação com aeronaves. Muitos operadores sofrem acidentes em razão das mais variadas situações inerentes ao trabalho em hangares, pistas e oficinas, e precisam ser socorridos o mais rápido possível. Por isso, é indispensável que se esteja a par de medidas de emergência que devem ser tomadas quando é preciso prestar os primeiros socorros.

Os cuidados iniciais que um profissional treinado faz em uma pessoa com estado físico em risco são chamados de primeiros socorros. O propósito é garantir as funções vitais e evitar o agravamento até a chegada de equipe médica especializada.

O socorrista pode ser qualquer pessoa que possua o treinamento mínimo para prestar o primeiro atendimento à vítima de acidente ou mal súbito, podendo identificar as causas, iniciar os primeiros socorros e providenciar transporte adequado até o encaminhamento da vítima ao suporte médico. A manutenção da calma e, sempre que possível, a tranquilidade são atributos do socorrista. Ele deve ter a capacidade de improvisar com os materiais disponíveis, contudo, é preciso lembrar que sua tarefa se restringe a prestar os primeiros socorros.

Mais detalhes sobre este tema foram tratados no livro do Módulo Básico, na unidade 8.

Na sequência, são apresentadas as ocorrências mais comumente encontradas em oficinas e em locais de manutenção de aeronaves.

### Choque hemodinâmico

Também chamado de estado de choque, é o conjunto de sintomas que se manifestam de um desequilíbrio entre o volume de sangue circulante e a capacidade do sistema vascular, causados, geralmente, por choque elétrico, hemorragia aguda, queimadura extensa, ferimento grave, envenenamento, exposição a extremos de calor e frio, fratura, emoção violenta, distúrbios circulatórios, dor aguda e infecção grave.

Em caso de o paciente estar sem trauma aparente, consciente, a primeira ação é acalmar a vítima, colocá-la deitada em local fresco e arejado, afrouxar as roupas e tentar manter a temperatura corporal levantando as pernas a 45°. No caso de estar inconsciente e não ter lesão na coluna, a vítima deve ser colocada na posição lateral de segurança, conforme mostra a Figura 4.



Figura 4 - Posição lateral de segurança



**Sistema vascular:** composto pelas veias, artérias, vasos linfáticos, vasos capilares e coração.

## Corpos estranhos no organismo

São agentes que, quando introduzidos de forma proposital ou acidental, causam incômodo ou dano à vítima. Podem ocorrer em diversas partes do corpo, como as listadas a seguir.

### a) Nos olhos

Os olhos são muito delicados e a simples contaminação por poeira, areia, insetos ou outros pequenos corpos estranhos podem causar irritação, até mesmo ferimentos mais sérios que podem ocasionar a perda da visão.

No momento em que um corpo estranho atinge os olhos, deve-se fechá-los e esperar até que as lágrimas os lavem e removam o corpo estranho. Pequenas partículas podem ser removidas por meio de hastes flexíveis com pontas de algodão, como demonstra a Figura 5.

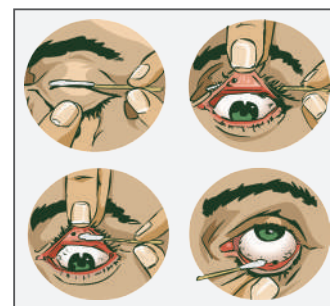


Figura 5 - Remoção de partícula nos olhos

### b) Na pele

Corpos estranhos encravados na pele causam ferimentos e infecções. Em caso de pequenos objetos, como **felpas** e espinhos, devem ser removidos com uma pinça limpa ou agulha esterilizada.

No caso de objetos maiores ou encravados mais profundamente na pele, a vítima deve ser encaminhada ao pronto socorro.

### c) No ouvido

A presença de um corpo estranho no ouvido geralmente não caracteriza um problema de urgência, portanto, não há necessidade de desespero. A vítima deve ser encaminhada ao pronto socorro. Nunca se pode introduzir outro objeto para a retirada do corpo estranho do ouvido sem a orientação de um médico.

### d) Na garganta

Corpos estranhos na garganta podem obstruí-la, provocar lesões e/ou asfixia, pois impedem a entrada de ar nos pulmões. A obstrução de vias aéreas por corpo estranho (OVA-CE) pode ocorrer, por exemplo, por meio de engasgo com alimentos ou bebidas.

A desobstrução da garganta pode ser resolvida com uma simples tosse para liberar as vias aéreas, permitindo a passagem do ar. Todavia, para o caso de objetos sólidos bloqueando a passagem do ar, existem outras técnicas que permitem a desobstrução. Pancadas leves nas costas são eficientes quando o objeto está posicionado superficialmente na traqueia, mas a técnica mais efetiva para desobstruir as vias aéreas superiores é a manobra de Heimlich. Essa manobra induz uma tosse artificial que deve expelir o objeto da traqueia da vítima. É feita uma pressão sob o diafragma, que comprime os pulmões, provocando uma pressão sobre qualquer objeto estranho parado na traqueia.

## Parada respiratória

Denomina-se parada respiratória, ou asfixia, a ausência de fluxo de ar nos pulmões por falta de movimentos respiratórios, seja pelo colapso dos pulmões, paralisia do diafragma ou outras



**Felpas:** penugem de aves e animais, tecido felpudo de lã ou de algodão.

causas. A forma simples de identificar os movimentos respiratórios é colocar as mãos sobre o tórax da vítima. Ao se deparar com uma vítima de acidente, deve-se examinar o peito e tentar despertá-la. Se ela não responder, o peito não apresentar movimentos e saída de ar pelas vias aéreas, acompanhado de lábios e unhas azulados, essa vítima pode estar sofrendo uma parada respiratória. O primeiro passo, no caso de parada respiratória, é tentar descobrir o que está impedindo o fluxo normal do ar. No caso de objeto que esteja obstruindo as vias respiratórias, é preciso que ele seja retirado. Se a vítima estiver desacordada, deve ser realizada a manobra de Heimlich modificada. A vítima inconsciente é deitada com a cabeça lateralizada e estendida, o socorrista se posiciona para comprimir a região do abdômen entre o umbigo e o apêndice xifoide, para dentro e para cima, em direção ao tórax.



**Apêndice xifoide:** bolinha endurecida que fica no final do osso esterno localizado entre os peitos.

**Hipofaringe:** região na parte inferior da faringe.

Outra causa de parada respiratória é o posicionamento da cabeça nos casos de mal súbito, quando a língua fica flácida, caindo para trás e obstruindo a passagem do ar. A língua é a causa mais comum de obstrução das vias aéreas. Pode-se facilmente usar os métodos manuais para resolver essa situação, pois a língua está presa à mandíbula e move-se com ela. Qualquer manobra que mova a mandíbula, afasta a língua da hipofaringe.

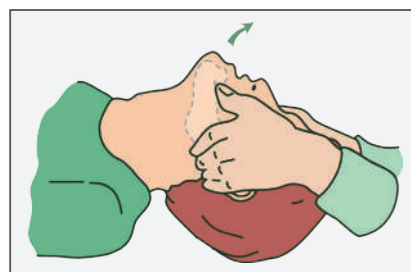


Figura 6 - Movimento de afastamento da mandíbula

## Choque elétrico

É alta a possibilidade de ocorrer um choque elétrico é outra situação no dia a dia de oficinas e de hangares de manutenção de aeronaves. Causado por uma descarga de corrente elétrica através do corpo, ele desencadeia sensações e efeitos variados, provocando lesões graves ou menos graves, em função de fatores como: voltagem, amperagem, natureza da corrente, tempo de duração, percurso no corpo, condições de condutibilidade dos tecidos, local do acidente, entre outras.

São consequências de choque elétrico a parada cardiorrespiratória, queimaduras em ponto de entrada e saída da corrente elétrica, fraturas, luxações, lesões medulares e contusões, além de convulsões e paralisia dos músculos respiratórios.



Figura 7 - Manuseio em vítima de choque elétrico

O atendimento deve ser iniciado com o desligamento da fonte de energia. A vítima não deve ser tocada e a alta voltagem não pode ser manipulada com pedaços de pau ou luvas de borracha, pois qualquer substância pode se transformar em condutor. O interruptor do equipamento não deve ser utilizado, porque ele pode ter sido a causa do acidente. Na impossibilidade de cortar a energia, material isolante deve ser colocado debaixo dos pés e a vítima deve ser afastada da fonte de energia, também com um material isolante, como o exemplo apresentado a Figura 7. Materiais metálicos ou úmidos jamais devem ser utilizados. Como alternativa, pode-se passar uma corda ou qualquer pano seco em volta de alguma parte da vítima para puxá-la.

Depois de cortada a corrente de energia, realiza-se um exame primário na vítima e, caso necessário, iniciam-se as manobras de reanimação. Deve-se ter atenção com as queimaduras. Se a vítima estiver inconsciente, ela deve ser colocada na posição lateral de segurança e o atendimento médico deve ser acionado.

## Ferimentos

Feridas são interrupções na continuidade da pele, que afetam sua integridade e que podem ser provocadas por vários tipos de agentes, como instrumentos cortantes ou perfurantes ou, ainda, por queimaduras e mordeduras de animais.

A contusão é uma ferida em que não ocorre rompimento da pele, como um traumatismo causado por uma batida no canto de uma mesa. Escoriações são ferimentos causados pela ação de objeto áspero que atinge apenas as camadas superficiais da pele.

Como regras básicas para atendimentos à pessoa com um ferimento, o primeiro passo é lavar o local ferido com água e sabão e, em seguida, secá-lo com um pano limpo. É importante verificar se existe sangramento e, em caso positivo, o local deve ser comprimido até cessar o sangramento. O ferimento tem que ser protegido com um pano limpo e seco e orienta-se para não retirar nada que esteja aderido à ferida.

Os locais do corpo nos quais os ferimentos ocorrem são de suma importância para o socorro das vítimas, pois eles sinalizam o caminho a seguir durante o socorro.

### Ferimentos no tórax

Os ferimentos no tórax podem ser muito graves, principalmente se os pulmões forem atingidos. Quando o agente causa um ferimento com um orifício grande no tórax, é possível ouvir o ar saindo pelo orifício do ferimento ou ver o sangue que sai borbulhando pelo mesmo orifício. Nesses casos, deve-se cobrir o ferimento com pano limpo ou plástico e fixá-lo com faixas ou cinto para vedá-lo totalmente, mas sem muita pressão a fim de não prejudicar a respiração.



Figura 8.A - Cobertura de ferimento

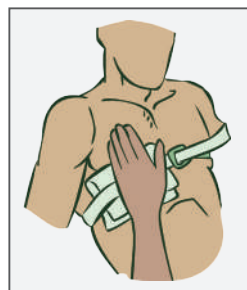


Figura 8.B - Fixação da cobertura

### Ferimentos no abdômen

Os ferimentos profundos no abdômen quase sempre são perigosos, pois podem atingir algum órgão interno. A perfuração da parede do abdômen pode causar eviscerações, que são

a saída de algum órgão da cavidade abdominal. Nessa situação, um órgão eviscerado jamais deve ser recolocado na cavidade abdominal. Deve-se cobri-lo com panos limpos, umedecidos constantemente com água limpa, conforma mostra a Figura 9.

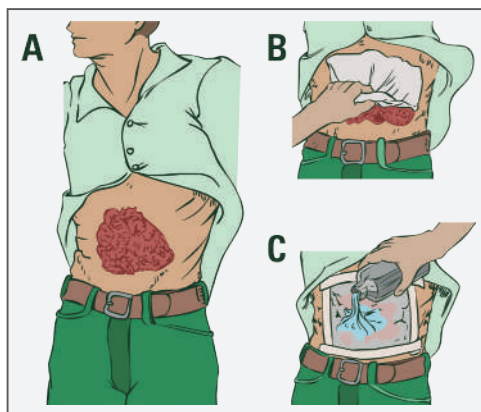


Figura 9 - Evisceração no abdômen

Os órgãos expostos não podem ser cobertos com materiais aderentes, tais quais papel toalha, papel higiênico, algodão, isso porque deixam resíduos e levam muito tempo para ser removidos.

No caso de objeto encravado – canivete, lasca de madeira, caco de vidro, entre outros –, não se pode retirá-lo, visto que é possível ocasionar uma hemorragia grave ou lesão de nervos e músculos na região afetada.

Nessas ocasiões, deve-se manter o objeto no lugar e, para estabilizá-lo, fazer um curativo volumoso. A vítima tem, por conseguinte, de ser encaminhada imediatamente ao serviço de emergência. Quando o objeto encravado for muito longo, dificultando o transporte, poderá ser cortado com a ferramenta adequada, desde que não provoque movimento ou deslocamento no interior do corpo.

### Amputações traumáticas

As amputações são definidas como lesões em que existe separação de um membro ou de uma estrutura do corpo e podem ser causadas por objetos cortantes, esmagamentos ou forças de tração.

O tratamento inicial deve ser rápido por dois motivos: a gravidade da lesão pode causar a morte por hemorragia e pode haver possibilidade de reimplante do membro amputado.

Nos primeiros socorros, o controle da hemorragia é crucial. Sempre que houver a possibilidade, o membro amputado deve ser preservado, porém a prioridade é a manutenção da vida.

São três os tipos de amputação:

- amputação completa ou total - o membro é totalmente separado do corpo;
- amputação parcial - 50% ou mais do membro foi separado do corpo;
- desenluvamento - quando a pele e o tecido adiposo são arrancados sem lesão do tecido subjacente.



**Tecido adiposo:** tecido do corpo humano cujas células possuem gorduras e óleos.

**Tecido subjacente:** também conhecido como tecido conjuntivo, é formado por fibras, tem a função de manter as células unidas e é encontrado em grande quantidade no corpo humano.



Nos casos de amputação, a conduta é controlar a hemorragia o mais rapidamente possível, até mesmo com o uso de torniquete, tratar o estado de choque da vítima e cobrir a ferida com pano umedecido com água limpa. A parte amputada deve ser enrolada em um pano limpo e depois colocada em um ou dois sacos plásticos. O saco plástico deve ser inserido em um recipiente com gelo ou água gelada.

A extremidade amputada jamais deve ser colocada em contato direto com o gelo.

O membro deve ser levado ao hospital junto com a vítima. Em muitos casos, existe a possibilidade de reimplante.

## Fraturas

Fratura é a quebra de um osso. Pode ser completa, quando separa partes ósseas, ou incompleta, chamada de fissura. Elas podem ser:

- fechadas - quando não há interrupção de continuidade entre a pele e o osso fraturado;
- abertas - quando existe um ferimento no local da fratura, porém o osso não se expõe;
- expostas - quando existe uma abertura na pele, por onde se expõe parte do osso fraturado.

O socorro deve ser iniciado com a imobilização do local afetado, de modo a impedir que o osso fraturado se mexa e danifique as partes moles. A imobilização costuma reduzir a dor. A vítima deve ser encaminhada ao serviço médico.

## Queimaduras

Queimadura é a lesão dos tecidos produzida por substância corrosiva ou irritante, pela ação do calor ou emanção radioativa. A gravidade não se mede somente pelo grau da lesão, que pode ser superficial ou profunda, mas, também, pela extensão da área atingida, conforme classificação a seguir:

- queimadura de 1º grau - é a mais comum, geralmente deixa a pele avermelhada, provocando ardor e ressecamento;
- queimadura de 2º grau - é aquela que atinge as camadas um pouco mais profundas da pele. Há formação de bolhas e desprendimento das camadas superficiais da pele com a formação de feridas avermelhadas, úmidas e muito dolorosas. São geralmente produzidas por contato ou imersão em líquidos ferventes, por explosões e por **substâncias cáusticas**.
- queimadura de 3º grau - é aquela em que todas as camadas da pele são atingidas, podendo chegar nos músculos e ossos. Essas queimaduras têm aparência seca, esbranquiçada ou de aspecto **carbonizado**. Elas são produzidas geralmente por contato direto com chamas, líquidos inflamáveis ou eletricidade. Esse nível apresenta maior gravidade e representa sérios riscos para a vítima, sobretudo se atingir grande extensão do corpo.



**Substâncias cáusticas:** substâncias alcalinas que causam corrosão.

**Carbonizado:** queimado.

Nas queimaduras por fogo, uma pessoa cuja roupa está em chamas não deve correr, pois o ar ativará as chamas, além disso, não pode permanecer de pé, uma vez que as chamas podem incendiar os cabelos e queimar o rosto. A vítima deve ser colocada deitada e as chamas abafadas com um cobertor, manta, casaco ou lona. Na falta desses recursos, pode-se rolar a vítima no chão, conforme mostrado na Figura 10.

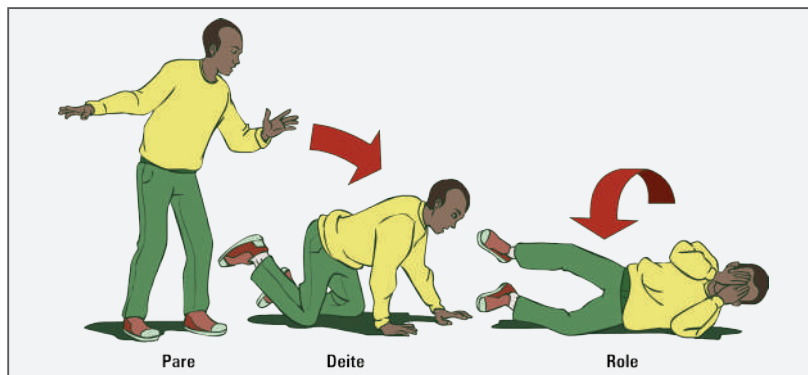


Figura 10 - Apagar roupas em chamas

As queimaduras por substâncias químicas, na maioria das vezes, ocorrem em laboratórios, oficinas e indústrias. O local queimado deve ser lavado com água em abundância para que não reste qualquer resíduo da substância e, em seguida, as feridas devem ser protegidas com gaze ou pano limpo.

A queimadura nos olhos requer cuidado especial. A ação deve ser rápida para evitar a perda da visão. Nessa situação, o olho da vítima deve ser lavado com bastante água e coberto com curativo de gaze ou pano limpo. Imediatamente, deve-se procurar socorro médico.

## Hemorragia

É a perda de sangue devido ao rompimento de um vaso sanguíneo, veia ou artéria. Toda hemorragia deve ser contida imediatamente. A hemorragia intensa, e não controlada, pode causar morte no período de três a cinco minutos.

Para estancar uma hemorragia, luvas devem ser utilizadas para fazer pressão, com firmeza, sobre o ferimento, utilizando compressa limpa e seca de gaze, pano ou lenço limpo. Atadura, tira de pano, gravata ou outro recurso poderão ser utilizados para amarrar a compressa e mantê-la bem firme no lugar.

Em casos de indisponibilidade de compressa, a ferida deve ser fechada com o dedo ou com a mão, evitando uma hemorragia intensa. A veia ou a artéria deve ser fortemente pressionada com o dedo ou com a mão de encontro ao osso nos pontos onde é mais fácil de ser encontrada.

Quando o ferimento ocorrer nos braços ou nas pernas e sem fratura, a hemorragia será controlada mais facilmente se a parte ferida ficar elevada. Em caso de hemorragia intensa, aplica-se um torniquete. Deve-se despertar gradualmente o torniquete a cada 10 ou 15 minutos. Se a hemorragia não voltar, deixar o torniquete frouxo no lugar, de modo que ele possa ser reapertado em caso de necessidade.

## Resumindo

Neste capítulo, discorreu-se sobre os principais procedimentos de segurança que devem ser seguidos em oficinas de célula de aeronaves. Listaram-se os cuidados com ferramentas e equipamentos básicos e indicou-se o uso de equipamentos de proteção individual (EPI). Ademais, abordou-se a proteção contra fogo, mostrando as condições necessárias à existência de fogo, sua classificação e seus agentes extintores.

Por último, explicitaram-se as principais situações de risco que podem ocorrer em oficinas e hangares de manutenção de aeronaves e os primeiros socorros para cada uma dessas ocorrências.



# Capítulo 2

## Reparo de peças

O mecânico de aeronaves com habilitação em célula é o profissional que deve realizar a manutenção nas estruturas e no revestimento metálico das aeronaves. Durante a execução dessa tarefa, é muito comum realizar cortes e ajustes de chapas e peças em geral.

Neste capítulo, apresentam-se detalhes e aplicações das principais ferramentas manuais para corte e acabamento utilizadas em manutenção do grupo célula, além de instrumentos de medição utilizados em oficinas para o reparo de peças em bancada, já abordados no Módulo Básico, na unidade 6.

### 2.1 Tarefas de reparo

Durante os trabalhos de manutenção em célula, existe a necessidade de realizar cortes e ajustes em chapas metálicas. Para esse tipo de trabalho, várias ferramentas devem ser utilizadas para marcar, cortar e ajustar as peças. Na sequência, abordam-se as ferramentas mais empregadas para esse fim.

#### 2.1.1 Riscadores

Emprega-se o riscador para fazer marcas sobre o metal, manuseando-o de modo idêntico a um lápis de desenho. Em outras palavras, é indicado para marcar linhas de corte. Deve-se manejá-lo firme e uniformemente, de forma a produzir uma marca forte e definida. Se isso for feito, não será necessário repetir o traçado o que, geralmente, causa a confusão das marcas.

As linhas feitas com esse tipo de aparelho, que não puderem ser removidas, não poderão ser traçadas no alumínio. Não se devem, ainda, traçar linhas de dobramento com o riscador, pois a referência feita enfraqueceria o material. Em suma, as linhas para dobras serão feitas com um lápis.

Ademais, o riscador é utilizado durante a realização dos reparos estruturais, com o objetivo de repassar diretamente para a peça reparadora o *layout* do reparo necessário, pois, em muitas situações, não é possível desenhar o reparo em uma peça de prova. Em virtude disso, deve-se tomar cuidado para não realizar riscos que não poderão ser removidos ou não serão usados como guias de corte.

Costumeiramente são usados para riscar as peças metálicas, as portas de acesso, as carenagens, as divisórias, etc.

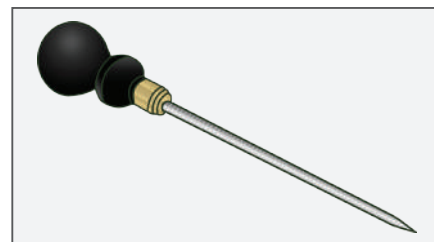


Figura 11 - Riscador

## 2.1.2 Tesouras

Depois que se realiza a marcação das chapas para o corte, é comum utilizar ferramentas manuais para executar o serviço. A principal ferramenta é a tesoura. Para cada situação, existe um tipo que apresenta melhor resultado. Com o uso da tesoura apropriada, grande parte do trabalho é resolvida de modo fácil e rápido. As tesouras manuais mais usadas são elencadas a seguir.

### a) Tesoura reta

Esta tesoura possui lâminas largas e retas. Portanto, pode ser empregada para fazer cortes em linha reta ou em grandes curvas. Ela é, especialmente, fabricada para ser usada na mão direita, pois têm a lâmina superior do lado direito, a fim de permitir uma visão livre do traçado no material a ser cortado.

As tesouras retas são utilizadas nas atividades de corte de chapas de alumínio com espessura máxima de 1/16 da polegada e que necessitem de grandes curvas, o que torna o acabamento do corte melhor em relação aos efetuados na guilhotina.

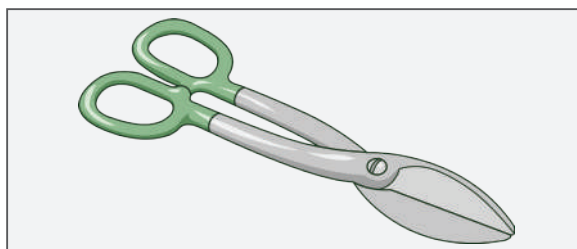


Figura 12 - Tesoura de corte reto

### b) Tesoura de aviação

Este é o tipo mais usado, pois foi idealizado especialmente para trabalhos em reparos de estruturas. As tesouras de aviação são constituídas de cortes para a direita e para a esquerda. Possui lâminas curtas com o gume serrilhado, com vistas a aumentar o poder de agarramento durante o corte.

São tesouras usadas especialmente em peças de liga de alumínio por apresentarem maior capacidade de corte que as tesouras retas. Diferem-se das tesouras retas, pois para cada direção do corte é utilizada uma tesoura específica, identificada pela cor do cabo. A Figura 13, por exemplo, apresenta o cabo na cor amarela a qual é usada para corte em linha reta.

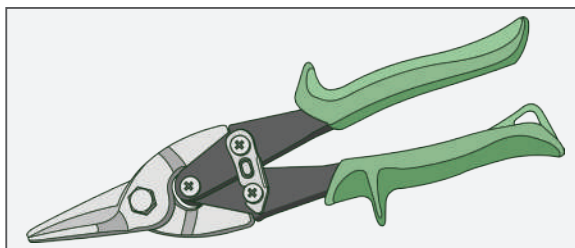


Figura 13 - Tesoura de aviação

Uma aplicação desse tipo de tesoura é no corte das aletas de refrigeração dos cilindros dos motores, permitindo o reparo por meio do corte da aleta danificada.

### c) Tesoura combinada

A tesoura combinada possui lâminas estreitas e retas, com gumes levemente convexos (arredondados) para permitir cortar curvas para a direita e também em linha reta.

Esse tipo é usado para cortes que exijam cuidados com as arestas (pontas) das chapas. Em reparo estrutural, é destinado para cortes de chapas utilizadas no interior da aeronave, como, por exemplo:

- divisórias;
- laminados para compor espelho;
- chapas de assentos.

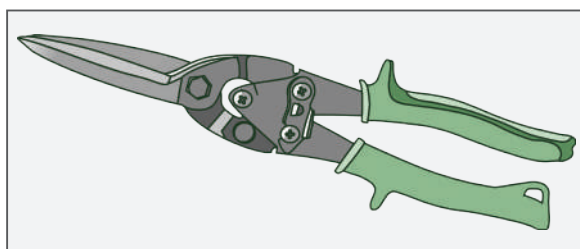


Figura 14 - Tesoura de combinada

### 2.1.3 Arcos de serra

Os arcos de serra são utilizados para cortar metal ou outros materiais duros. Eles podem ser ajustáveis ou sólidos. Os arcos sólidos, apesar de mais fortes, somente receberão lâminas de comprimento para os quais foram feitos. O número de dentes em uma lâmina de serra varia de 14 a 32 por polegada. Por exemplo: uma lâmina de serra com 32 dentes, por polegada, é usada em cano de parede fina e chapas de metal de até 1/16" de espessura. A velocidade mais eficiente para se trabalhar com o arco de serra é cerca de um golpe por segundo, ou cerca de 50 a 60 golpes por minuto.

Esses arcos são normalmente usados para corte em tubulações quando há necessidade de substituição durante a realização dos serviços de manutenção em célula de aeronaves.

Outra aplicação para dos arcos de serra se dá nos trabalhos em estruturas de madeira ou em peças formadas por folhas de alumínio com interior reforçado de *honeycomb*.

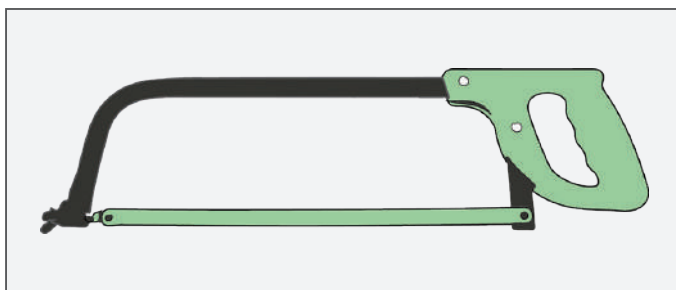


Figura 15 - Arcos de serra ajustável

## 2.1.4 Limas

Para fins de remoção de material (desbastar), acabamento, afiamento de tesouras ou outro instrumento de corte são utilizadas limas. Na Tabela 2, podem-se observar as limas utilizadas nos trabalhos relacionados a ajustes e a acabamento, deve-se escolher a lima adequada ao serviço a realizar.

Tabela 2 - Tipos de limas

Tipos de limas			
Corte transversal	Perfil do comprimento	Tipos de dente	Espessura dos dentes
Chata	Cônica	Simple	Bastarda (grossa)
Redonda	Paralela	Duplo	Murça (fina)
Meia-cana		Grossa	
Quadrada		Curvo	
Triangular			
Faca			

A título de exemplo, tem-se que o corte da grossa é extremamente áspero (grosseiro) e, em geral, ela é empregada para madeira, couros e substâncias igualmente moles, para rápida remoção do material. Pode-se dizer que há dois modos elementares pelos quais uma lima pode ser posta em serviço:

- limagem reta - consiste em passar a lima ao comprido para frente ou ligeiramente em diagonal, através do material;
- limagem de arrasto - consiste em segurar a lima em cada ponta e arrastá-la para frente e para trás sobre o material.

## 2.1.5 Furadeiras

Sendo necessária a abertura de orifícios para execução do trabalho, devem-se usar furadeiras, as quais podem ser portáteis, de bancada ou de coluna. A escolha do tipo a se utilizar vai depender do trabalho a ser realizado.

As furadeiras portáteis podem ser manuais, pneumáticas ou elétricas, mas, em aviação, em virtude do risco de incêndio e do seu tamanho reduzido, as furadeiras pneumáticas são as mais aconselháveis. Os manuais, por sua vez, são usados para serviços simples e rápidos, que não requerem muito esforço.



## 2.1.6 Brocas

As brocas são as ferramentas, conectadas à furadeira, utilizadas para trabalhos de abrir orifícios, escarear, entre outras operações. Durante os trabalhos, é comum que as brocas percam o fio, quando isso acontece, procede-se à afiação, mas, para isso, é importante conhecer um pouco os elementos que compõem uma broca.

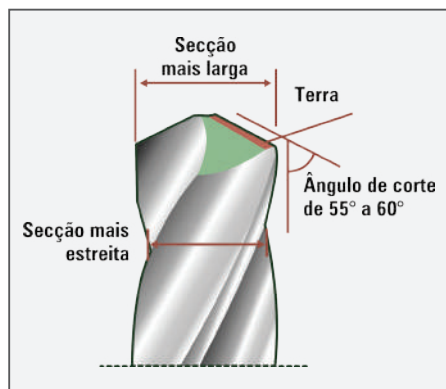


Figura 16.A - Ponta da broca vista de frente

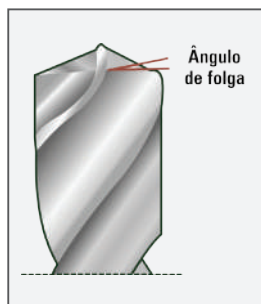


Figura 16.B - Ponta da broca vista de lado

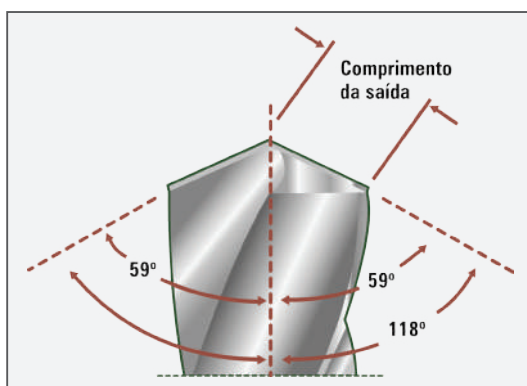


Figura 17 - Ângulo de inclinação da broca

Como se pode observar na Figura 17, as brocas de uso geral devem ser afiadas com um ângulo de ponta de, aproximadamente,  $59^\circ$ . Essa abertura possibilita a maioria dos cortes em materiais metálicos. As brocas possuem um diâmetro ligeiramente maior na ponta em relação ao restante dela, a fim de facilitar o corte e jogar os restos de material da furação fora do orifício. Para afiar, leva-se a broca ao esmeril e, levemente, aproxima-se a ponta da broca ao rebolo fino, procedendo a um desgaste suave até se conseguir a angulação correta desejada.

Nunca se procede a essa operação sem os equipamentos de proteção individuais (EPIs) previstos.

As brocas são utilizadas para a remoção de rebites e efetuação de furos a fim de instalar os prisioneiros.

Dependendo do tipo de material a ser furado ou de rebite a ser retirado, deve-se observar o diâmetro e o tipo de material da broca, bem como a velocidade e a força a serem aplicadas na furação. Previnem-se, assim, danos à peça a ser reparada.

### 2.1.7 Cossinetes e tarraxas

Quando se necessita abrir roscas, utiliza-se um conjunto formado por duas peças, quais sejam: o cossinete e a tarraxa. Estas são ferramentas construídas de aço especial ou liga de aço temperado.

O cossinete é a ferramenta de corte que é presa na tarraxa. A escolha do primeiro é feita de acordo com suas características e com o tipo de trabalho que precisa ser executado na manutenção.

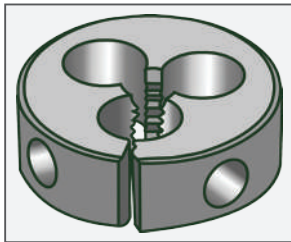


Figura 18 - Cossinete redondo aberto

- cossinete redondo aberto - para regular a profundidade do corte, esta peça possui uma fenda no sentido de sua espessura. Nessa fenda, coloca-se um parafuso cônico, que tem como função regular o diâmetro do cossinete no início do processo.

- cossinete redondo fechado - esta peça é empregada em roscas normalizadas com medidas calibradas, impossibilitando a regulagem. É

necessário, portanto, que o parafuso e o eixo tenham o mesmo diâmetro do cossinete, caso contrário, os filetes poderão ser danificados pela quantidade de material a ser retirada no caso de o diâmetro do material ser muito maior que o da ferramenta.

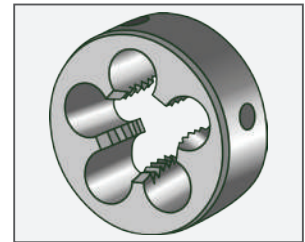


Figura 19 - Cossinete redondo fechado

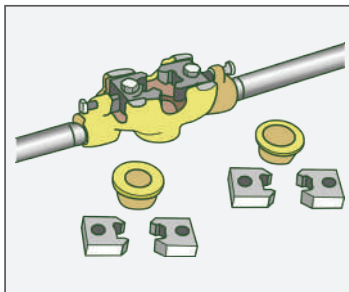


Figura 20 - Cossinete bipartido

- cossinete bipartido - a construção dessa peça, por sua vez, é realizada a partir de um aço especial com uma formação retangular. Ela possui somente duas arestas de corte, além de canais de saída para os cavacos produzidos na operação.

- cossinete de pente - é uma caixa circular que possui, em seu interior, cabeçotes com quatro ranhuras, nos quais se montam pentes filetados. O aperto desse tipo de cossinete é simultâneo e concêntrico, o que garante a regulagem do diâmetro.

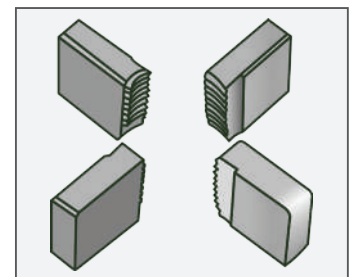


Figura 21 - Cossinete de pente

Os cossinetes são fixados nas tarraxas e, juntos, formam o conjunto com o intuito de abrir as roscas.

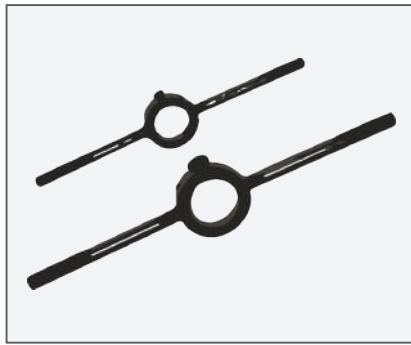


Figura 22 - Tarraxas

## 2.2 Utilização de instrumentos de medição

Durante os trabalhos de manutenção, por várias vezes, faz-se necessário o cuidado com a exatidão nas medidas. Para esses trabalhos, devem-se usar ferramentas de medição, comuns ou de precisão. Para garantir a exatidão nos procedimentos e a qualidade, esses instrumentos têm de sofrer uma calibração, de acordo com o cronograma dos laboratórios regionais, setoriais ou órgãos responsáveis, a fim de que se possa confiar na leitura por eles indicada.

### 2.2.1 Escala ou régua graduada

Usada para tomar medidas lineares, quando não há exigência de grande precisão. É um instrumento de medição, fabricado em aço, que, geralmente, apresenta graduações no sistema métrico (centímetro e milímetro) e no sistema inglês fracionário (polegada e subdivisões).

Deve-se ter muito cuidado no uso da régua, quanto ao perfeito encosto dela nas peças a serem medidas, e também manter a limpeza das partes.

As régua são usadas para marcar as peças a serem cortadas, como exemplo, as chapas que constituem o piso da aeronave.

Outra aplicação da régua é na definição do comprimento de uma rachadura em uma chapa que constitui a estrutura da aeronave.

### 2.2.2 Compasso

Os compassos de ponta são empregados para transferir distâncias da escala ao material e para riscar arcos ou círculos.

É usado, por exemplo, para definir o raio de um reparo redondo, efetuando os desenhos conforme o cálculo e número de rebites necessários para garantir a resistência original da peça a ser reparada. Suponha-se um dano de raio de 1 polegada, que necessitará de um reparo cinco

vezes o seu raio e no mínimo duas fileiras de rebites. Nesse caso, usa-se o compasso para definir os raios em que os rebites serão instalados.

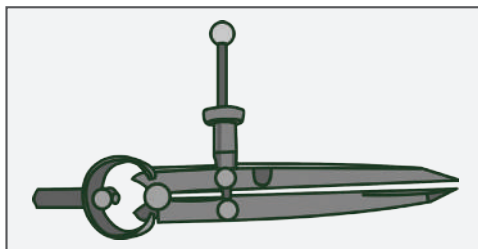


Figura 23 - Compasso

### 2.2.3 Paquímetro

Paquímetro é um instrumento finamente acabado com as superfícies planas e polidas. É utilizado para medição de peças cujo grau de incerteza não justifique o uso do micrômetro e quando a tolerância requerida não for menor que 0,01 mm, 1/128" ou 0,001". Geralmente, é construído em aço inoxidável. A escala é graduada em milímetros e polegada, podendo a polegada ser fracionária ou milesimal, conforme a Figura 24.

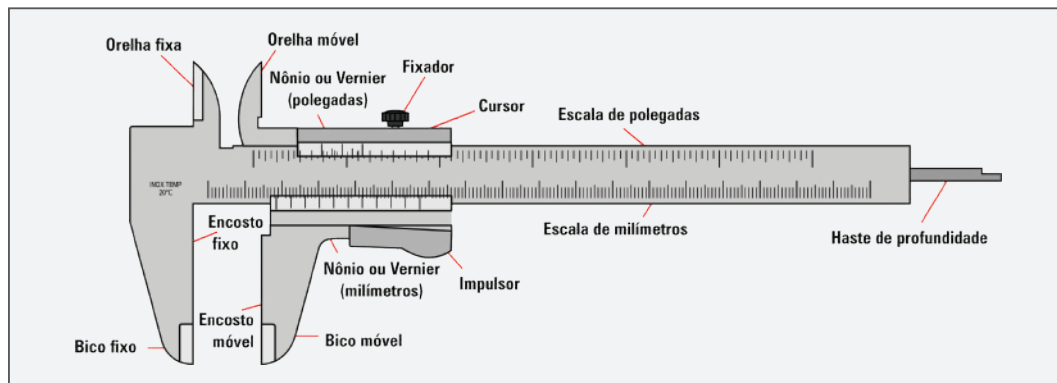


Figura 24 - Paquímetro

Por ser um instrumento de precisão, alguns cuidados especiais devem ser observados para seu uso e transporte:

- ser manejado com todo cuidado, evitando-se quedas;
- evitar choques, não deve ser colocado junto com as demais ferramentas usuais de trabalho;
- evitar arranhar ou entalhar, pois isso prejudica a graduação;
- guardar o paquímetro em estojo próprio;
- executar a limpeza após o uso;
- não pressionar excessivamente o cursor, ao fazer uma medição;
- fazer a calibração periódica do instrumento.

Os paquímetros são usados para a medição de um dano com maior precisão que as réguas ou para definir a espessura da chapa a ser reparada ou que será usada como reparo.

Outra aplicação do paquímetro é na definição do diâmetro da broca a ser usada em uma determinada furação.

## 2.2.4 Calibres

Os calibradores, também conhecidos como gabaritos, são instrumentos de medir, verificar, comparar ou ajustar diâmetros, espessuras, ângulos, etc. Auxiliam muito na confecção e nos reparos de peças. Podem-se observar, nas Figuras 25.A, B e C, os calibradores mais usados.

Em razão da dilatação térmica, algumas peças necessitam de uma determinada folga, previamente definida pelo fabricante.

Durante os serviços de manutenção em célula, usam-se os calibradores para a verificação das folgas mínimas. Estes serão os delineadores para a tomada de decisão quanto à permanência da peça ou sua substituição.

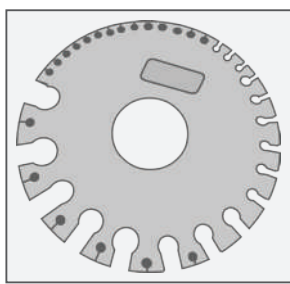


Figura 25.A - Calibrador de chapas



Figura 25.B - Calibrador de folgas

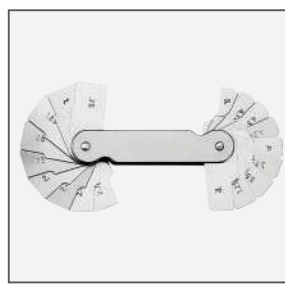


Figura 25.C - Calibrador de rosca

## 2.2.5 Micrômetro

O micrômetro é um instrumento que permite medir por leitura direta as dimensões reais, com uma aproximação de 0,01 mm ou mesmo de 0,001 mm ou o equivalente em polegada.

Medir com micrômetro é determinar a grandeza de uma dimensão, comparando-a com padrões preestabelecidos. A sua utilização se faz necessária quando a exatidão requerida for superior à obtida com o paquímetro.

Os micrômetros são usados para a medição da espessura de uma peça. Desse modo, são mais precisos que os paquímetros e usados em várias partes da aeronave, interna e externamente. Além das medidas de espessura, podem-se realizar medidas de profundidade, assegurando, por exemplo, a profundidade de um furo para rebite, sem danificar a estrutura da aeronave. Quando o fator for precisão deve-se usar o micrômetro, pois se torna mais difícil executar leituras incorretas nesse aparelho.

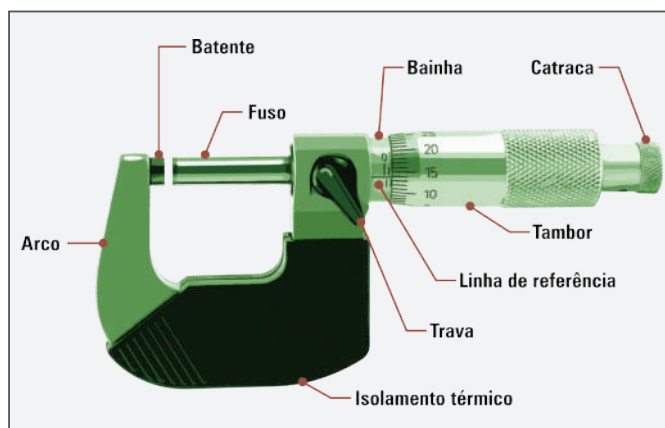


Figura 26 - Micrômetro

Algumas partes importantes dos micrômetros:

- arco é constituído de aço especial ou fundido;
- isolante térmico, fixado ao arco, evita sua dilatação porque isola a transmissão de calor das mãos para o instrumento;
- fuso micrométrico é constituído de aço especial temperado e retificado;
- as faces de medição tocam a peça a ser medida e, para isso, apresentam-se rigorosamente planos e paralelos;
- a porca de ajuste permite o ajuste da folga do fuso micrométrico;
- tambor é onde se localiza a escala centesimal. Ele gira ligado ao fuso micrométrico;
- a catraca ou fricção assegura uma pressão de medição constante;
- a trava permite imobilizar o fuso em uma medida predeterminada.

### 2.2.6 Mesa de nivelar

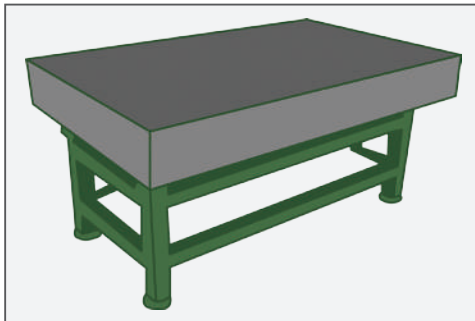


Figura 27 - Mesa de nivelar

Quando se necessita determinar medidas de dimensões, distâncias entre orifícios e outras medições, de maneira precisa, com um plano de referência físico, deve-se usar uma mesa de nivelar. Construídas com alta precisão nas dimensões e nivelamento sendo sua superfície perfeitamente reta e plana. São feitas geralmente de ferro fundido, livre de falhas, e fortemente reforçada internamente e apoiadas em bases resistentes para evitar a deflexão pelo seu próprio peso.

Dependendo do grau de exatidão exigido, a superfície plana pode ser usinada ou plainada. As mesas de referência para traçagem e medição são fabricadas de granito, pois, devido ao seu envelhecimento natural (milhões de anos), sua tendência a deformações é mínima, além de tornar visível qualquer tipo de deformação.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que as ferramentas manuais mais utilizadas para ajustagem de peças são os riscadores, as tesouras de corte, o arco de serra, as limas, as furadeiras, as brocas e os cossinetes. Estudou-se, ademais, acerca dos instrumentos de medição mais comuns em todas as oficinas de manutenção aeronáutica.

No desenvolvimento das atividades práticas, os profissionais devem aprender as técnicas de manuseio e de conservações desses instrumentos e ferramentas. É importante saber selecionar a ferramenta certa para cada tipo de serviço e manter os instrumentos de medição calibrados. Todas as atividades desenvolvidas na manutenção aeronáutica buscam a excelência, para tanto, os técnicos devem se dedicar e manter-se constantemente em busca de aprimoramento.

## Capítulo 3

### Cabos de comando e sistemas de segurança

Os cabos de comando são o meio utilizado em aeronaves não equipadas com sistema de controle por cabo elétrico, em inglês, *fly by wire*, para atuação das superfícies móveis de um avião. Esses cabos permitem a mudança da atitude da aeronave nos três eixos de comando, por meio do acionamento dos *ailerons*, profundores e leme de direção. Os cabos de comando fazem a ligação entre o comando (manche) e as superfícies primárias de comando por meio de roldanas, terminais, esticadores e conectores.

Os sistemas de segurança são utilizados nas aeronaves e em seus componentes para evitar perda de torque, causada pela vibração, e estresses em voo e em seu deslocamento no solo, durante taxiamento, corrida de pouso e decolagem, bem como ao longo do funcionamento normal do equipamento. Os estresses de torção, flexão, compressão, tensão e cisalhamento podem levar a uma perda de tensão ou ruptura de um cabo de comando, sendo usados os sistemas de segurança para minimizarem esses efeitos.

O conjunto de cabos de comando e os sistemas de segurança feitos por meio de amarração entre unidades, chamado de frenagem, ou por meio de contra pino, neste caso chamado de pinagem, elevam a segurança na utilização da aeronave, o que torna possível uma disponibilidade maior quando se determina o intervalo de inspeção por parte do fabricante.

#### 3.1 Cabos de comando

Os cabos de comando são formados por conjunto de fios unidos de forma espiral e em torno de um conjunto central, formando o cabo e dando sua resistência. É geralmente feito de aço carbono ou inox, resistente a corrosões. Alguns cabos de comando são cobertos por nylon para sua proteção contra sujeira e a diminuição de atrito nas roldanas, o que eleva sua vida útil. As Figuras 28.A e 28.B ilustram um cabo de comando.

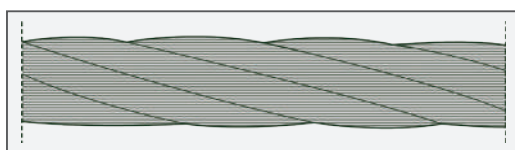


Figura 28.A - Cabo de comando - vista lateral

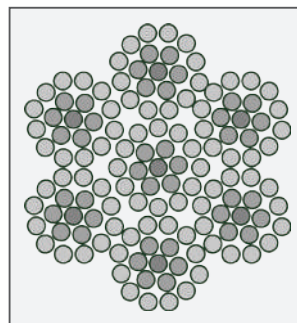


Figura 28.B - Cabo de comando - vista frontal

Durante a realização de manutenção de célula de aeronaves em oficina deve ser observado o estado geral dos cabos de comando e os acessórios que formam o conjunto, seguindo as recomendações dos fabricantes de aeronaves e os procedimentos previstos nos manuais de manutenção e de reparo de componentes.

Ao longo das atividades de manutenção, observam-se, principalmente:

- a) Quantidade de fios rompidos no conjunto - o diâmetro do cabo e sua quantidade de fios por conjunto definem sua resistência. No caso da Figura 28.B, o cabo é formado por um conjunto de 7 x 19 (sete por dezenove), indicando que o cabo é formado por sete conjuntos envolvidos com 19 fios cada conjunto, sendo um dos sete conjuntos central aos demais.

A quantidade de fios rompidos que irá inutilizar um cabo de comando é definida pelo

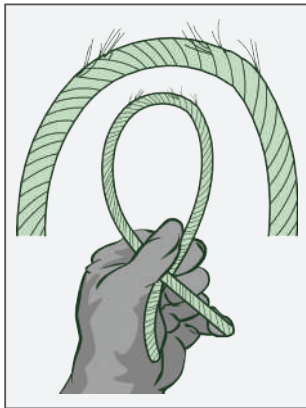


Figura 29 - Verificação de fios rompidos em cabos de comando

fabricante, pois depende da localização em que os fios aparecem rompidos, ou seja, a distância que se encontra da sua extremidade. A ruptura dos fios acontece com mais frequência nas áreas de passagem dos cabos por roldanas e por meio dos guias de cabo. Outro fator que define sua inutilização será a carga que o cabo de comando é responsável por atuar, logo dependerá de qual superfície é responsável, do peso da superfície e do esforço que a mesma sofre, ou que transmite para o cabo de comando.

Para ser efetuada a verificação de fios rompidos, alivia-se a tensão do cabo de comando e dobra-o em um ângulo menor que 90°, conforme demonstra a Figura 29, após, conta-se a quantidade de fios rompidos e seu limite conforme define o fabricante.

Os cabos de comando cobertos por *nylon* sofrem verificações de rompimento de fios, como também do estado geral de acabamento quanto à falta de cobertura, principalmente nas áreas que são movimentadas nas roldanas.



Figura 30.A  
Terminal  
trançado  
apresentando  
folgas

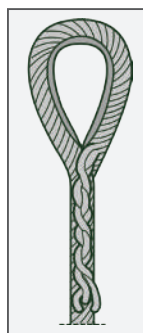


Figura 30.B  
Terminal  
trançado  
corretamente

- b) Terminais - efetuam a ligação dos cabos de comando com a superfície a ser atuada, o tipo de terminal a ser usado depende do tipo de cabo, do seu diâmetro, do número de conjuntos e do esforço que o cabo está sujeito. Os terminais poderão ser:

- trançado - as Figuras 30.A e 30.B ilustram dois terminais trançados, em que deve ser observada a condição de acabamento, não podendo apresentar folgas e fios rompidos. O trançado do terminal da Figura 30.A demonstra a folga da trança, em comparação ao do terminal da Figura 30.B.



- presilha - tipo de terminal usado em cabos de até 3/8 de polegadas de diâmetro e com esforços previamente definidos pelo fabricante. Sempre usar as ferramentas especificadas pelo fabricante para trabalhos com este tipo de terminal. Durante a verificação das condições das presilhas, elas não devem apresentar fissuras, corrosão ou folga. As figuras 31.A e 31.B ilustram este tipo de terminal.

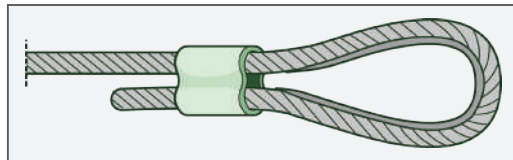


Figura 31.A - Terminal tipo presilha - travamento simples

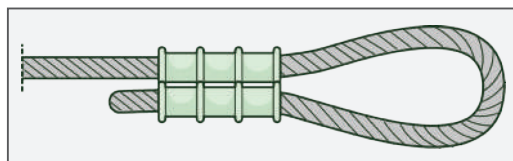


Figura 31.B - Terminal tipo presilha - travamento duplo

- embutidos - é o tipo de terminal mais utilizado na aviação, pelo fator segurança e resistência aos estresses sofridos pelas superfícies de comando. Eles poderão ser dos tipos haste única com final tipo bola, haste dupla com final tipo bola, extremidade com haste, cabo com rosca, extremidade tipo cabo de garfo, final tipo olho. As Figuras 32.A, B, C, D, E e F mostram esses tipos de terminais embutidos.

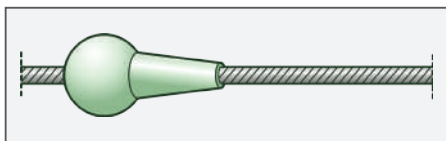


Figura 32.A - Terminal embutido - tipo haste única com final tipo bola

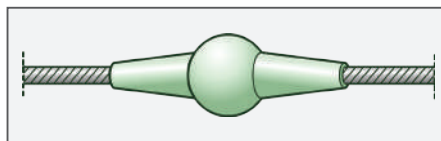


Figura 32.B - Terminal embutido - tipo haste dupla com final tipo bola

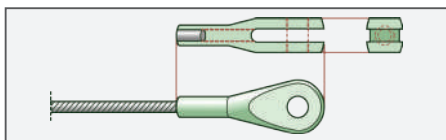


Figura 32.C - Terminal embutido - tipo extremidade com haste

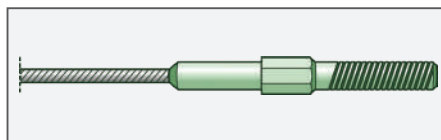


Figura 32.D - Terminal embutido - tipo cabo com rosca

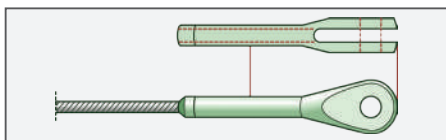


Figura 32.E - Terminal embutido - tipo cabo de garfo

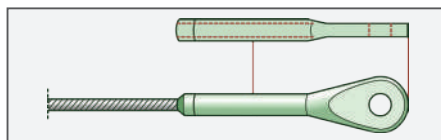


Figura 32.F - Terminal embutido - tipo olho

Cuidados devem ser tomados durante a inserção dos cabos de comando nestes tipos de terminais, a Figura 33 apresenta a maneira para efetuar a inserção do cabo, devendo fazer a estampagem (amassamento) da ponta do terminal somente após a inserção total do cabo de comando.

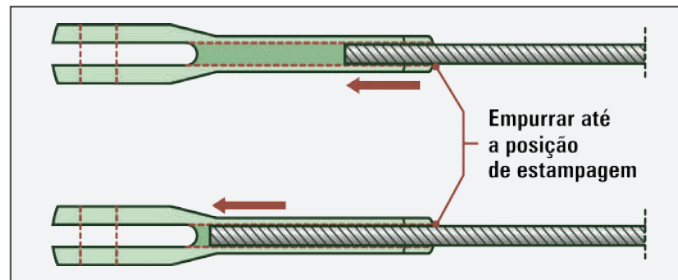


Figura 33 - Inserção do cabo em terminal embutido

Os danos permissíveis nesses tipos de terminais são apresentados nos manuais dos fabricantes e variam conforme seu diâmetro e número de fios por conjunto.

- c) Esticadores - usados para realizar pequenos ajustes de comprimento e os de tensão nos cabos de comando. Possui rosca no sentido esquerdo em um dos terminais e no sentido direito na outra extremidade. Sua parte central chamada de barril apresenta roscas internas com as mesmas características de roscas dos terminais. Após efetuar os ajustes de tensão, utiliza-se um tensiômetro para efetuar a leitura da tensão dos cabos de comando. As Figuras 34 e 35 mostram um esticador e um tensiômetro. Depois de concluídos os ajustes e a verificação de tensão, os terminais são travados para evitar perda de ajuste em virtude dos estresses sofridos pelos terminais, principalmente vibração.



Figura 34 - Esticador

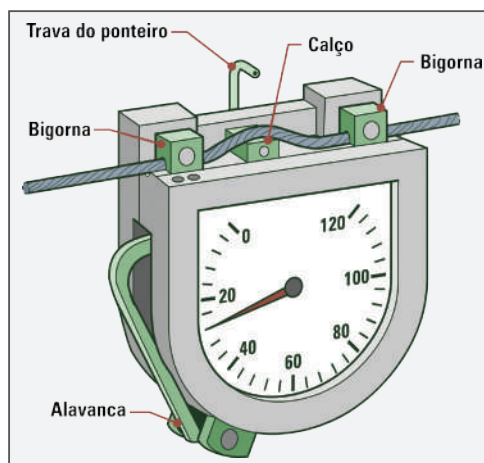


Figura 35 - Tensiômetro

Um tipo de travamento é ilustrado na Figura 36.

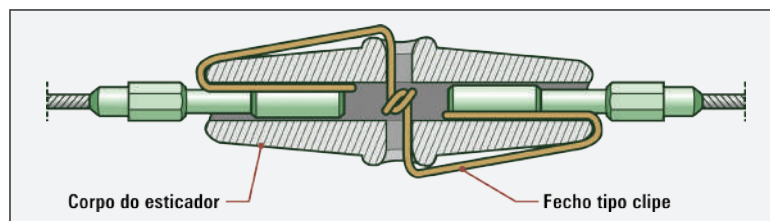


Figura 36 - Travamento do esticador

d) Conectores - os conectores são usados para efetuar ligações rápidas entre cabos de comando, devendo ser observada sua perfeita pressão de encaixe durante a realização de trabalhos com esse tipo de material. A Figura 37 ilustra um tipo de conector.

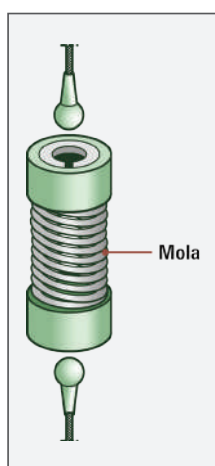


Figura 37 - Conector tipo mola

e) Tambores de cabos - usados no sistema de compensador para atuar nas superfícies secundárias de comando. Funcionam enrolando e desenrolando o cabo de comando no interior do tambor. Durante os serviços de manutenção, deve-se observar, além do estado geral do tambor e de cabos de comando utilizados, o número de voltas de cabo de comando e a condição dos sucos do tambor. A Figura 38 apresenta um tambor de cabo.

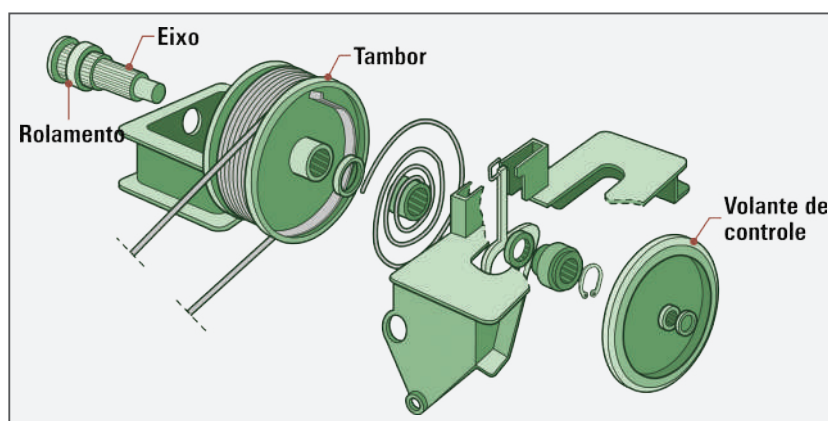


Figura 38 - Conjunto tambor de compensador

f) roldanas - são usadas para diminuir os esforços de atuação dos cabos de comando, observam-se danos nas roldanas quanto à quebra de bordas e outros desgastes mostrados nas Figuras 39.A, B, C, D, E e F, como também uma roldana sem desgaste:

- a Figura 39.A mostra uma roldana riscada internamente em todos os sentidos por excesso de atrito do cabo de comando;
- a Figura 39.B apresenta o desgaste das bordas da roldana provocado pelo desalinhamento da roldana;
- a Figura 39.C mostra o desgaste interno do centro da roldana, causado pela utilização de um cabo de menor diâmetro que o ideal para a roldana;
- na Figura 39.D, aparece o desgaste em apenas uma borda da roldana, causado pelo cabo desalinhado;
- a Figura 39.E apresente uma roldana riscada no sentido paralelo ao centro pelo travamento do rolamento da roldana;
- a Figura 39.F mostra uma roldana sem desgaste, sendo este o modelo a ser encontrado durante as atividades de manutenção em roldanas.

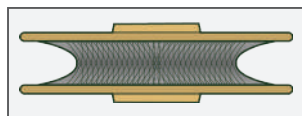


Figura 39.A - Tensão excessiva do cabo

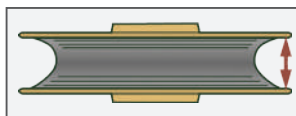


Figura 39.B - Roldana desalinhada

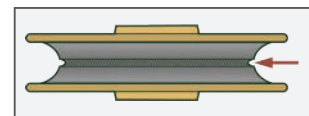


Figura 39.C - Cabo de pouco diâmetro

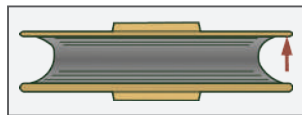


Figura 39.D - Cabo desalinhado

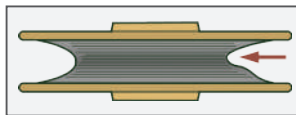


Figura 39.E - Rolamento travado

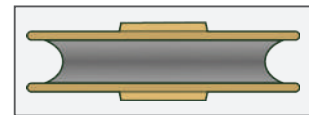


Figura 39.F - Roldana sem desgaste

g) Guias de cabos - utilizadas como apoio dos cabos e orientação à passagem por selos de áreas pressurizadas e por roldanas. São feitas de materiais mais macios que os cabos. Devem ser observados os desgastes e o atrito excessivo com o cabo de comando; quando os guias apresentam desgastes, eles devem ser substituídos. As Figuras 40.A, 40.B e 40.C demonstram alguns tipos de guia.

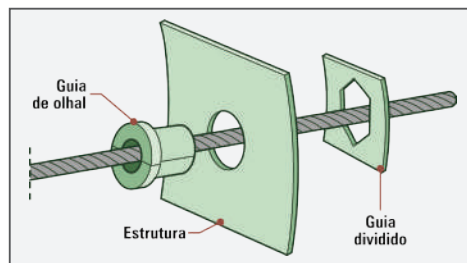


Figura 40.A - Guia de olho e guia dividido

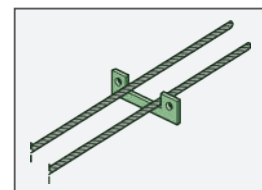


Figura 40.B - Guia vazado

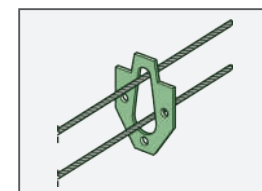


Figura 40.C - Guia inteiro

Em todo trabalho realizado em cabos de comando e em seus conjuntos, devem ser observados os sinais de corrosão bem como seu tratamento e proteção. O manual H-8083-31, da *Federal Administration Aviation* (FAA), define que:

Caso a corrosão seja somente na parte externa, deverá proceder-se a remoção com um pano grosso e/ou escova de fibra. Escovas metálicas não devem ser usadas, pois deixam resíduos que podem causar futuros processos corrosivos (EUA, 2012, p. 44, tradução do autor).

Durante as atividades de limpeza, não é permitido o uso de solventes, para não remover o lubrificante contido nos cabos que diminuem o atrito com as roldanas, os tambores e as guias de cabos.

### 3.2 Sistemas de segurança

Os sistemas de segurança utilizados para garantir a fixação de parafusos, porcas e conexões são a frenagem com arame, contrapino e porca autofreno. Utiliza-se como meio de uma visualização de segurança rompida à linha de fé. A Figura 41 ilustra uma linha de fé que é uma pintura feita entre a peça e sua trava, no caso da figura, entre a tampa de uma estrutura e sua porca autofreno. Qualquer sinal de movimento da trava, a linha perde seu alinhamento, indicando que a trava perdeu seu torque ou tensão de fixação.

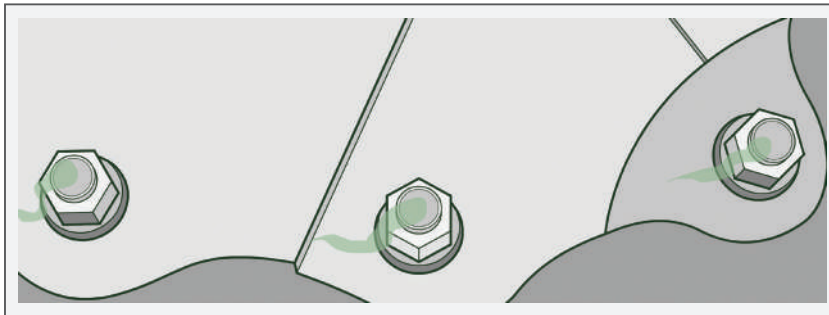


Figura 41 - Linha de fé em porcas auto freno

O sistema de segurança poderá ser feito por frenagem ou bloqueio, nesses casos, serão:

- a) Frenagem - a frenagem garante o torque aplicado, evitando que a peça travada gire em virtude das vibrações causadas pelo funcionamento da aeronave. A frenagem poderá ser feita por meio de arame, contrapino ou por porca autofreno, como segue:

- arame - as peças são amarradas com arames trançados e devem ser observados a tensão do arame, o número de voltas em sua ponta, o sentido de aperto e a quantidade de peças frenadas com um mesmo arame. A Figura 42 demonstra dez exemplos de frenagens corretas.

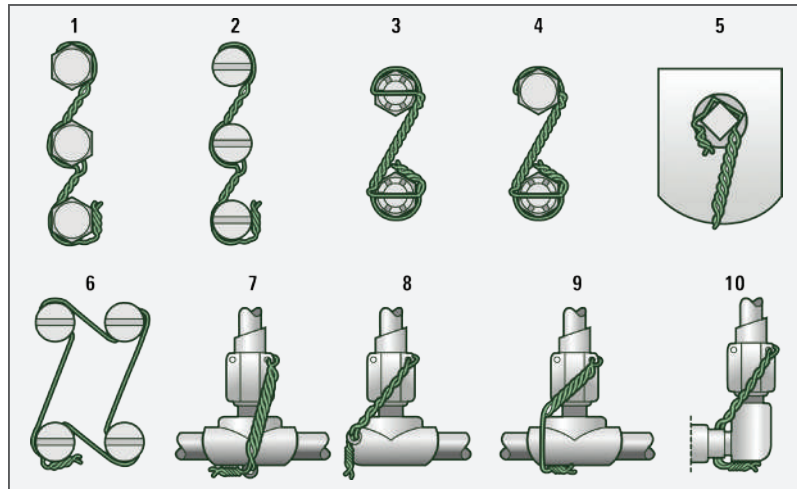


Figura 42 - Exemplos de frenagens com arame

São usados alicates de freno para realizar as atividades de frenagem com arame. A Figura 43 ilustra um alicate de freno e o seu funcionamento.

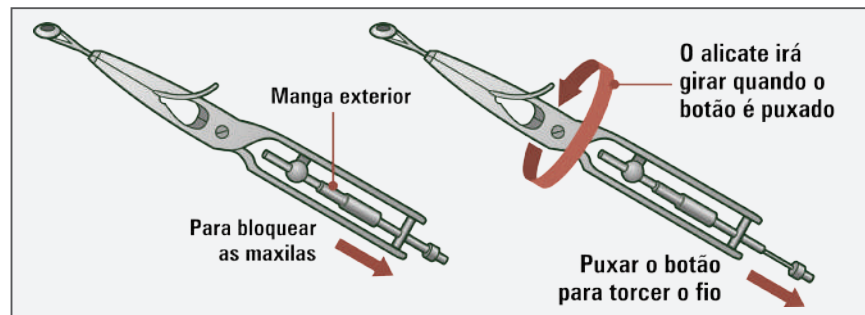


Figura 43 - Alicate de freno

- contrapino - são pinos de aço utilizados em porcas casteladas que impedem a rotação da peça quando pinada. Deve ser observado o estado do pino e da curvatura de suas extremidades. A Figura 44 mostra uma porca com contrapino.

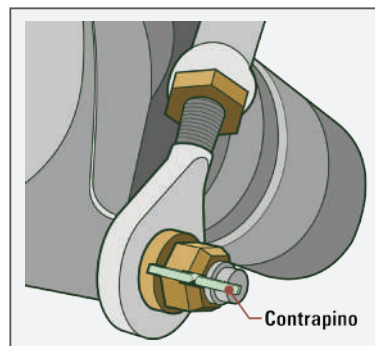


Figura 44 - Contrapino



**Porca castelada:** uma porca castelada, também chamada de porca castelo é um tipo característico hexagonal que contém seis entalhes radiais alinhados a um furo no parafuso. O nome vem da semelhança da porca com o parapeito de um castelo medieval.

- porca autofreno - são utilizadas onde não existe acesso para uma frenagem por arame ou a peça não pode ser furada para receber o contrapino. Toda porca autofreno deve ser descartada quando removida, pois perde seu poder de frenagem. A Figura 45 mostra um conjunto de porcas autofreno.

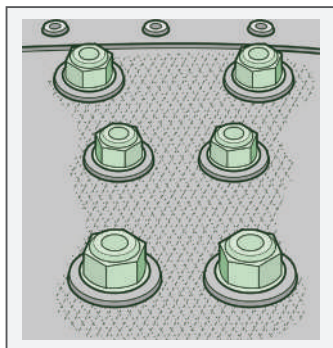


Figura 45 - Porca auto freno

- b) Bloqueios - são usados durante as atividades de manutenção para impedir a atuação da superfície de comando e garantir a segurança pessoal durante a realização das atividades. Um exemplo desse sistema de segurança é durante a realização de manutenção em um *spoiler*, em que ele deve ser mantido aberto mesmo quando não há força hidráulica disponível para a aeronave.

## Resumindo

As atividades em cabos de comando e nos sistemas de segurança garantem a continuidade operacional da aeronave, elevando a segurança e diminuindo as manutenções corretivas e as trocas prematuras das peças relacionadas ao sistema de comando de voo. A prática nas atividades relacionadas a cabos de comando permite a identificação do correto funcionamento destes, como também a identificação dos danos causados em todo o conjunto, tais quais número de fios rompidos nos cabos de comando e desgastes nas roldanas, tambores e guias.

A prática permite ainda efetuar tensões nos cabos de comando e identificar os tipos de terminais utilizados nos conjuntos, além de efetuar a sua segurança quanto à travamento. Neste caso, utiliza-se um método de frenagem, quer seja por arame, contrapino ou por porca autofreno.





# Capítulo 4

## Inspeção em tubulações

As tubulações são utilizadas nas aeronaves para conduzir fluidos de ar, de combustível, de óleo lubrificante e hidráulico e, ainda, as cablagens elétricas por áreas em que deve ser mantido o seu isolamento. Um exemplo disso são as tubulações imersas nos tanques, que conduzem as cablagens dos transmissores de quantidade de combustível.

As tubulações devem ser inspecionadas em intervalos definidos pelo fabricante, pois seus desgastes podem ocorrer pelo tempo de utilização (desgaste natural) ou por dano causado, como atrito, vibração, excesso de pressão ou de temperatura. Os danos em tubulações rígidas ou flexíveis permitem, em alguns casos, seu reparo, porém, na maioria das vezes, sua substituição. Neste caso, há a necessidade da sua fabricação. Quando as tubulações são rígidas, deverá ser dada atenção quanto a dobras e flanges.

### 4.1 Tipos de tubulações

São usados vários materiais na fabricação de tubulações rígidas, como liga de alumínio ou de aço, mas nem sempre é fácil identificá-los. O aço, por exemplo, poderá ser de carbono ou inox. Quando for impossível identificar o tipo de material da tubulação, devem ser observados o local e o tipo de fluido que a tubulação conduz.

Outro método utilizado para identificar as tubulações é o das etiquetas coloridas e com sinais, que significam sua codificação. Cada cor e combinação de cores identifica o tipo de fluido que a tubulação conduz. Essas etiquetas podem ser adesivas ou placares, fixadas nas tubulações. As Figuras 46 e 47 mostram as codificações de cores e o tipo de fixação.

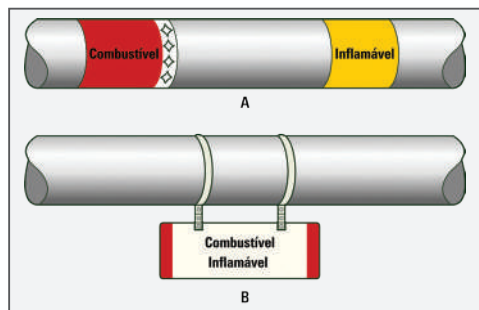


Figura 47 - Fixação da identificação: (A) adesivas e (B) placares

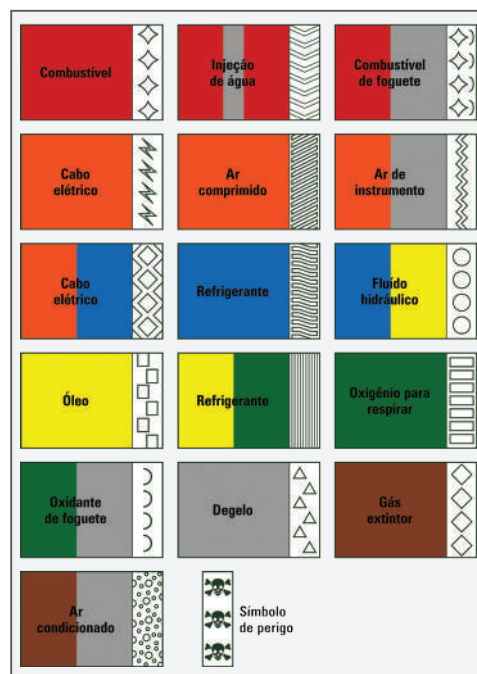


Figura 46 - Codificação das tubulações  
Fonte: EUA, 2088. FAA

A identificação do tipo de fluido é muito importante durante a realização das atividades com tubulações, para evitar qualquer acidente pessoal ou danos a gaxetas ou tubulações de politetrafluoretileno, que são reagentes a determinados fluidos, como, por exemplo, o fluido hidráulico.

Durante a inspeção dessas tubulações, é necessário observar a existência de vazamentos, o que caracteriza fissuras ou rachaduras nas tubulações. Quando rachaduras forem encontradas, deve-se observar a perfeita fixação da tubulação, buscando identificar pontos de atrito ou de vibração causados por fixação incorreta.

Os reparos permissíveis em tubulações são definidos pelo fabricante devendo-se, sempre, utilizar os manuais de manutenção e de reparo. Quando ocorrer a necessidade de fabricação, devem-se, após a identificação do tipo de material da tubulação e o que ela transporta, acompanhar os seguintes passos:

- a) Preparação para corte - mede-se a tubulação antiga e acrescenta-se 10% a mais de comprimento à nova, em razão da variação das dobras. Para efetuar o corte, usa-se um cortador de tubos ou uma serra comum. O cortador de tubos está representado na Figura 48.

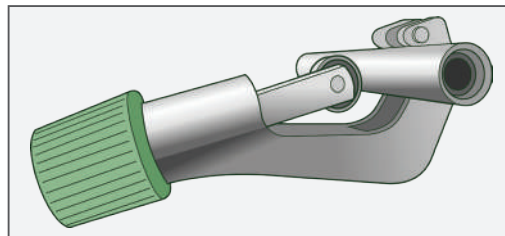


Figura 48 - Cortador de tubo

O corte é realizado girando-se a ferramenta em torno da tubulação, sendo necessário que esta esteja estática. Não deve-se aplicar pressão excessiva durante o giro da ferramenta para evitar deformação ou **rebarbas** excessivas.

- b) Remoção de rebarbas - o acabamento do corte de uma tubulação é realizado por meio da remoção das rebarbas produzidas pelo corte. Usa-se uma ferramenta especial para essa remoção (Figura 49). A ferramenta remove tanto as rebarbas externas quanto as internas. Os cuidados a serem tomados durante o acabamento do corte é quanto à quantidade de material removido, evitando diminuir a espessura das paredes da tubulação. Em caso de falta da ferramenta especial para remoção de rebarbas, pode ser usada uma lima comum para efetuar o acabamento da tubulação nova.

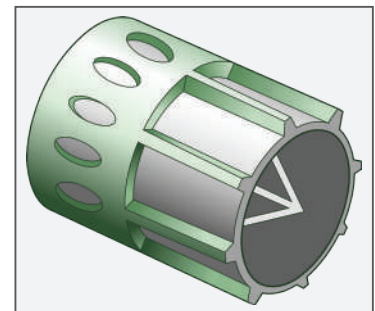


Figura 49 - Ferramenta para acabamento de corte de tubulação

- c) Flangeamento - o flange é utilizado para permitir a união da tubulação com a conexão. Nada mais é do que o alargamento da sua ponta, ou seja, do bocal de saída da tubulação. O flangeamento poderá ser simples ou duplo, conforme ilustram as Figuras 50.A e 50.B, pois o tipo de flange depende da pressão de fluido que a tubulação conduz.



**Rebarbas:** saliências de um acabamento mal realizado.

Outro fator importante durante a realização do flange é quanto ao seu tamanho, visto que flanges curtos podem provocar vazamentos ou a soltura da conexão e que, quando muito longos, possibilitam provocar vazamentos, uma vez que não será dado o aperto total do parafuso da conexão. O excesso de torque para compensar um flange longo não evita o vazamento, logo, a solução é efetuar o corte do flange e iniciar novamente o processo de flangeamento.

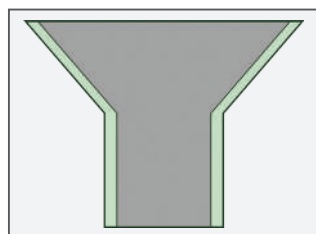


Figura 50.A - Flange simples

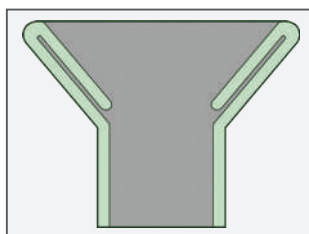


Figura 50.B - Flange duplo

O flangeamento é feito utilizando-se uma ferramenta especial (Figura 51), composta de “[...] um bloco flangeador, ou matriz de aperto, uma forquilha, e um pino flangeador. O bloco flangeador é constituído de duas barras articuladas com furos correspondentes aos vários tamanhos de tubos” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2012, p. 6).

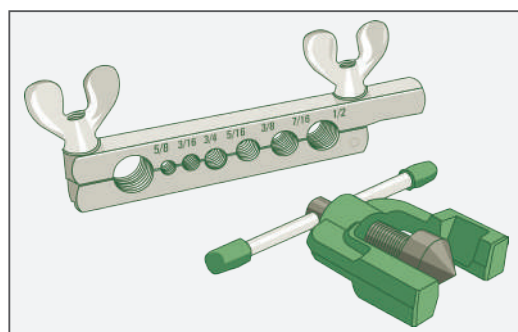


Figura 51 - Ferramenta especial para flangeamento

O ângulo do flange utilizado nas tubulações de aviação é de  $35^\circ$  ou  $37^\circ$ , conforme a figura subsequente, a qual exemplifica um flange com ângulo de  $37^\circ$ .

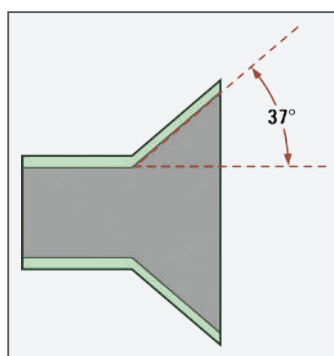


Figura 52 - Ângulo de flangeamento

d) Frisamento - a realização de uma ondulação nas extremidades do tubo é chamada de frisamento da tubulação, normalmente usada para aumentar a resistência da fixação da conexão da tubulação. Utiliza-se uma ferramenta especial para realizar um correto frisamento da tubulação, devendo-se seguir os passos descritos a seguir e mostrados nas Figuras 53.A, B, C e D.

- Passo 1 - lubrifica os lados interno e externo do tubo com um óleo fino, a fim de reduzir o atrito dos rolos durante o processo de frisagem.

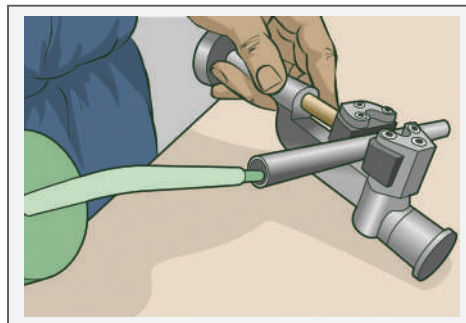


Figura 53.A - Frisamento: lubrificação da tubulação

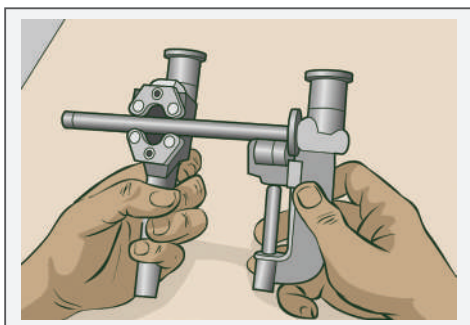


Figura 53.B - Frisamento: fixação da tubulação na ferramenta frisadora

- Passo 2 - prende-se a tubulação na ferramenta frisadora.

- Passo 3 - inicia-se o giro da ferramenta para confeccionar o friso.

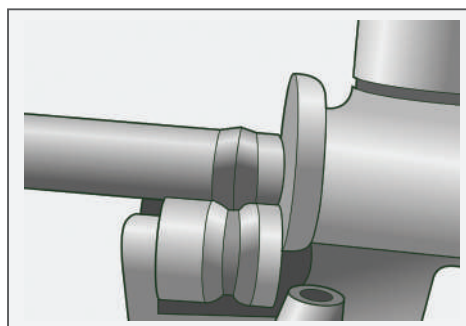


Figura 53.C - Frisamento: confecção do friso

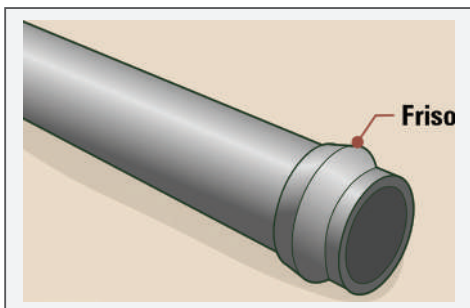


Figura 53.D - Frisamento: tubulação frisada

- Passo 4 - inspeciona-se a qualidade do friso quanto ao seu perfeito contorno.

## 4.2 Curvatura em tubulações

Nem sempre as tubulações seguirão caminhos em linha reta para atender aos vários sistemas das aeronaves. As tubulações deverão seguir os contornos necessários aos acessos, sem atrapalhar a distribuição dos componentes da aeronave. A curvatura deve ser suave para evitar amassamento da tubulação. Podem ser feitas com e sem a utilização de ferramentas especiais. No caso de uma tubulação com diâmetro inferior a 1/4 da polegada, a curvatura poderá ser feita manualmente com as próprias mãos. Tubulações com diâmetros superiores a 1/4 da polegada necessita da utilização de um dobrador, que poderá ser manual ou industrial, conforme as Figuras 54.A e 54.B.

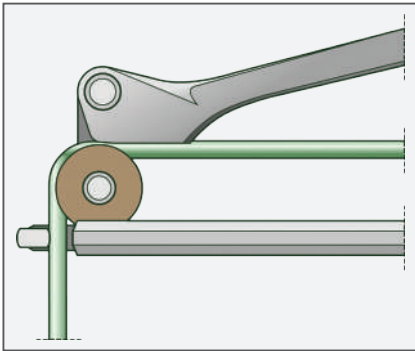


Figura 54.A - Dobrador manual

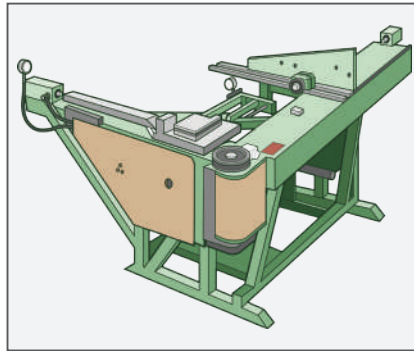


Figura 54.B - Dobrador industrial

Durante a realização da dobração de tubulações, o maior cuidado a ser tomado é com o ângulo da curvatura para evitar o achatamento ou rachaduras nos tubos. Tubulações com achatamento, enrugamento ou dobras irregulares não são aceitáveis, devendo ser descartadas. Exemplos de curvas corretas e incorretas são mostrados nas Figuras 55.A, B, C e D.



Figura 55.A - Curvatura perfeita



Figura 55.B - Curvatura achatada



Figura 55.C - Curvatura Enrugada



Figura 55.D - Curvatura trincada

Depois da fabricação, todas as tubulações devem ser testadas com relação a vazamentos e a resistência à pressão antes de serem instaladas. Normalmente, usa-se três vezes mais pressão que a normal de trabalho.

## Resumindo

Em aeronaves são usadas tubulações para conduzir cablagens elétricas, combustível, óleo lubrificante, óleo hidráulico, ar do sistema pneumático, fluídos refrigerantes e o agente extintor utilizado no combate ao fogo de motor. As tubulações sofrem desgaste natural, como também se desgastam por instalação incorreta ou vibração, necessitando assim de inspeções periódicas para que suas condições de segurança sejam avaliadas.

Em algumas situações será necessário confeccionar tubulações devendo, para isso, seguir os passos definidos nos manuais dos fabricantes, além dos métodos de corte, remoção de rebarbas, flangeamento, frisamento e a confecção de curvas. Cada método necessita de ferramentas especiais, dependendo do material da tubulação e do tipo de função que exerce. A identificação das tubulações é feita utilizando codificação de cores e sinais afixados por meio de adesivos ou placares.

# Capítulo 5

## Combate à corrosão

A corrosão é fonte de constante preocupação, porque, dia a dia, seus efeitos contra estruturas metálicas são destruidores. Elas se transformam em esqueletos enferrujados, cabos de comando rompem-se, parafusos, porcas e rebites são condenados durante a vida útil de uma aeronave.

Os processos para combater a corrosão têm sido implementados nos programas de manutenção, na busca por uma diminuição dos custos com as perdas diretas relacionadas à substituição das peças que sofreram corrosão, à remoção e ao tratamento das peças atingidas pela corrosão. Também existem os custos com as perdas indiretas, relacionadas à indisponibilidade da aeronave para o combate à corrosão.

A *International Air Transport Association* (IATA) ou, em português, Associação Internacional de Transporte Aéreo, estima que são gastos de dez a vinte e quatro dólares por hora de voo só na manutenção anticorrosiva, sem ser considerada a troca de peças corroídas. Em virtude disso, busca-se, na aviação, a identificação, a remoção e o tratamento da corrosão de forma antecipada, antes que os danos e os custos se tornem maiores do que os estimados a esse tipo de efeito nos componentes metálicos.

### 5.1 Identificação da corrosão

Durante os trabalhos de manutenção, é importante a observação das estruturas metálicas e de seus componentes na busca por sinais de corrosão, pois sua identificação antecipada diminuirá os custos diretos e indiretos, bem como ensejará a remoção e o tratamento da área atingida e sua adjacência.

A maioria dos metais puros não é adequada para uso na aviação, por isso, é usada a combinação com outros metais, algumas vezes não metais, para formar ligas. A maioria das ligas é constituída internamente de pequenas regiões cristalinas denominadas grãos.

A corrosão pode ocorrer na superfície das regiões que são menos resistentes e também nos limites entre regiões, resultando na formação de **pites**, corrosão intergranular, podendo ser uniforme ou generalizada, e corrosão localizada. No caso da generalizada, ocorre quando a superfície é atacada em toda a sua extensão, apresentando características que variam com a natureza do material e do tipo de contaminante, a Figura 56 ilustra a corrosão generalizada em uma esfera de rolamento axial. Por seu turno, a corrosão localizada é dita quando ela se processa em determinados pontos preferenciais de uma chapa ou estrutura.

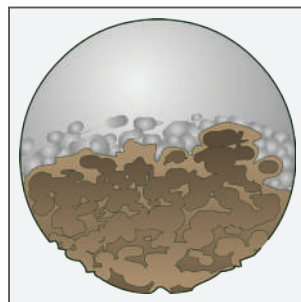


Figura 56 - Corrosão generalizada



**Adjacência:** vizinhança.

**Pites:** tipo de corrosão em forma de cova, poço. Do inglês *pit*.

A corrosão pode apresentar-se sob as mais variadas formas, e o conhecimento sobre elas auxiliará no esclarecimento das causas do processo corrosivo e na adoção de medidas de proteção. As corrosões podem ser dos seguintes tipos:

- a) Corrosão em placas - localizada apenas na superfície sem tomar toda sua extensão e formando placas com escavações.

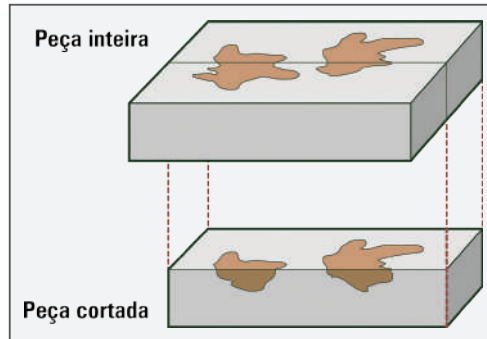


Figura 57 - Corrosão em placas

- b) Corrosão por pites - evidenciada pela presença de um pó branco ou cinza na superfície do metal. Quando se remove o pó, são evidenciadas pequenas cavidades na superfície.

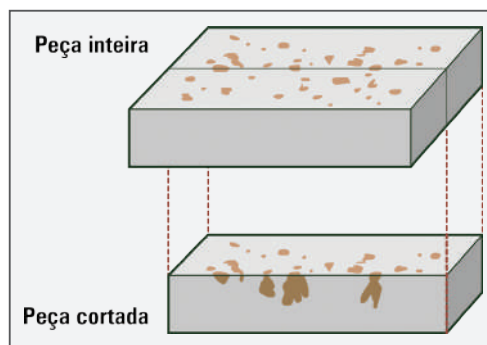


Figura 58 - Corrosão por pites

- c) Corrosão alveolar - semelhante à de pite, diferenciando-se apenas nas formas e dimensões das cavidades. As cavidades da corrosão tipo pite são cônicas, enquanto as da alveolar são menos profundas e mais arredondadas.

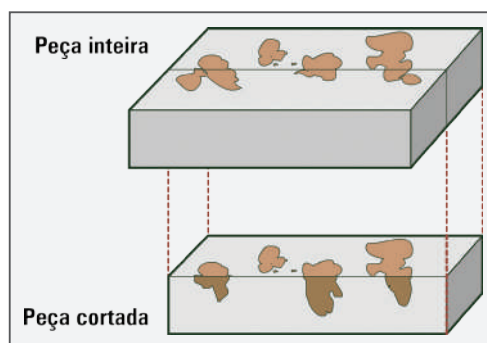


Figura 59 - Corrosão alveolar



- d) Corrosão intergranular - somente detectada no início de seu processo, pois ocorre entre os grãos da estrutura cristalina do material, sendo necessário realizar ensaios não destrutíveis para sua detecção.



Figura 60 - Corrosão intergranular

- e) Corrosão transgranular - ocorre nos próprios grãos da estrutura cristalina do material. Também é necessária a utilização de ensaios não destrutíveis para sua detecção.

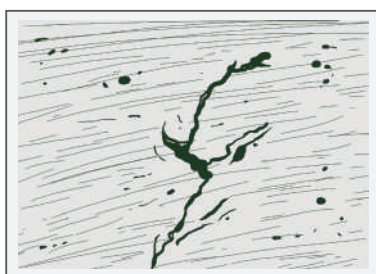


Figura 61 - Corrosão transgranular

- f) Corrosão filiforme - forma de corrosão que apresenta numerosos filamentos de produtos corrosivos embaixo de peças metálicas revestidas. Ocorre, normalmente, quando a umidade relativa está acima de 78% e é identificada pelo deslocamento da superfície.

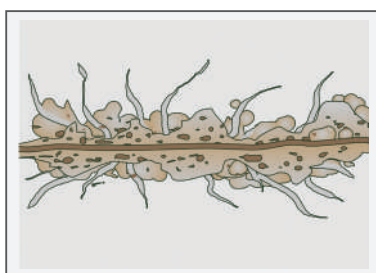


Figura 62 - Corrosão filiforme

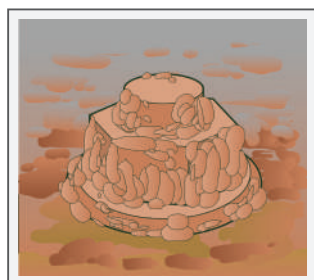


Figura 63 - Corrosão por desfolhamento

- g) Corrosão por desfolhamento - é a corrosão resultante da combinação da intergranular com a transgranular. O que provoca um **empolamento** e, depois, um desfolhamento da superfície, em virtude da necessidade de espaço para seu desenvolvimento e expansão.



**Empolamento:** é expansão volumétrica das chapas ou peças de metal causada pela corrosão intergranular e transgranular.

A importância de práticas no reconhecimento das corrosões eleva a vida útil dos equipamentos e a diminuição dos custos de manutenção, bem como a capacidade na tomada de decisão por uma investigação antes da condenação da peça corroída.

## 5.2 Remoção da corrosão

A remoção da corrosão pode ser feita desde que os limites determinados pelo fabricante não tenham sido atingidos. Podem ser usados os processos mecânicos, químicos ou a combinação de ambos. Tal processo dependerá do tipo de corrosão, sua localização e da peça atacada.

a) Processo mecânico - utilizado em peças que resistam à força que será aplicada para a remoção da corrosão e que permitam a aplicação de um dos métodos a seguir:

- lixamento - utilizar lixas finas ou abrasivas conforme o tipo de material a ser trabalhado. Pode ser feito por processo manual ou mecânico;

- limagem - utilizar tamanhos e formas de limas também conforme o tipo de material a ser trabalhado, tomando cuidado com o acabamento para evitar rebarbas, que, conseqüentemente, trarão novas corrosões;

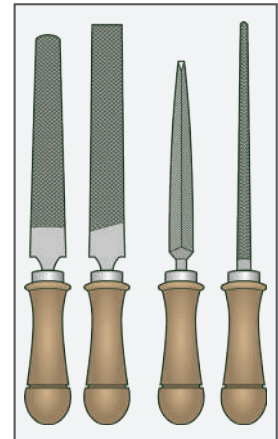


Figura 64 - Tipos de limas

- escovamento - utilizado quando a corrosão for profunda, usam-se escovas com cerdas de aço;
- raspagem - método utilizado em peças frágeis com espátulas de aço inoxidável para evitar danos à peça;

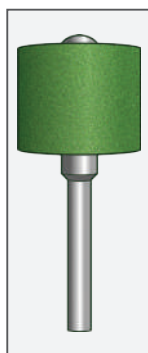


Figura 65.A  
Pedra dura para  
esmerilhamento

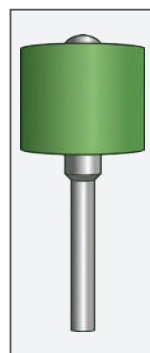


Figura 65.B  
Pedra macia para  
esmerilhamento

- esmerilhamento - utiliza-se a pedra dura para remover a primeira camada de corrosão e, após, a pedra macia para a camada mais fina de corrosão;

- jateamento - pode ser feito por pressão de ar ou por jatos de areia, dependendo da área a ser trabalhada e da sua resistência;
  - polimento - processo mecânico usado para acabamento final da remoção da corrosão.
- b) Remoção química - processo utilizado para a retirada de grandes áreas atacadas por corrosão, porém não recomendado para lugares que apresentem fendas ou reentrâncias, pois pode reter o removedor que causará danos futuros à peça tratada. Utilizam-se removedores ácidos ou alcalinos.

### 5.3 Tratamento contra a corrosão

O tratamento para combater a corrosão é feito sempre durante a fabricação da peça ou após a remoção de uma corrosão. São realizados banhos para formar camadas antioxidantes na superfície das peças. Esses banhos poderão ser:

- a) Anodização - é um tratamento eletroquímico conduzido em um banho eletrolítico, para formar a eletrólise dos materiais usados na constituição das ligas, formando, assim, uma camada de óxido protetora;
- b) Alodização - processo semelhante à anodização, porém realizado a frio e sem necessidade de aplicar um banho. Feito normalmente com um pincel na área a ser protegida;
- c) Fosfatização - utiliza os fosfatos de zinco, ferro e manganês para formar a película protetora anticorrosiva, além de auxiliar na aderência da camada de tinta, o que aumenta a proteção contra o surgimento da corrosão;
- d) Galvanização - processo que aplica uma camada de metal mais nobre que o original da peça. Isso eleva a proteção contra a corrosão, pois ocorrerá apenas corrosão na camada protetora, facilitando a remoção da corrosão e a substituição da camada protetora.

O tratamento da corrosão pode ser aumentado por meio de tratamento misto, que consiste em um produto que possui uma parte orgânica (resina animal ou vegetal) e uma parte inorgânica (ácidos e metais). O tratamento consubstancia-se em uma pintura inicial antes da aplicação da tinta final, em geral usa-se *wash-primer* em peças que recebem esmaltes sintéticos no acabamento final.

As peças que não são pintadas recebem uma camada de cromato de zinco para formar a camada protetora contra corrosão. O tratamento misto não elimina a necessidade de aplicação dos processos de proteção contra corrosão durante a fabricação de peças, bem como após a remoção de qualquer tipo de desgaste.

## Resumindo

Para diminuir os custos com a corrosão na aviação, durante as manutenções, é de vital importância o conhecimento na identificação do tipo de corrosão, o qual poderá se apresentar em placas, pites, alvéolos, entre os grãos dos metais ou nos próprios grãos e, até mesmo, apontar desfolhamento do metal. Essas corrosões podem ser uniformes ou localizadas.

A identificação do tipo de corrosão permite definir o processo de remoção adequado, como o lixamento, a limagem, o escovamento, a raspagem, o esmerilhamento ou o jateamento. Deve-se, ainda, finalizar o processo de remoção com o acabamento por meio do polimento da peça.

Toda peça fabricada, ou que sofreu corrosão e recebeu os processos de remoção, necessita de tratamento para aumentar a proteção contra corrosão. Nesse caso, pode ser feita a anodização, a alodização, a fosfatização ou a galvanização.

# Unidade 8

## Procedimentos de pista

Os procedimentos de pista são práticas de solo que envolvem infraestrutura logística e ação de diversos técnicos, com o intuito de disponibilizar a aeronave para um voo seguro e eficaz. O trabalho de pista é realizado, imediatamente, antes ou depois do voo. Neste contexto, é o técnico de aviação que permite dar continuidade à façanha humana de voar, usando equipamentos cada vez mais sofisticados. Por isso, é indispensável que se aproprie dos conhecimentos básicos da rotina dos procedimentos de pista.

De modo geral, esta unidade aborda, topograficamente, os temas desenvolvidos na unidade Manutenção de solo por força de disposição do conteúdo programático obrigatório a ser desenvolvido pelas instituições de ensino. Estas seguem as normas comuns orientadoras do funcionamento e estruturação didática dos cursos de manutenção de aeronaves. Na referida unidade, foram vistos procedimentos relacionados à partida em motores convencionais, turboélices e turbojatos sem citar propriamente a aeronave. Tratou-se de motores genéricos, indeterminados, dentro de uma teoria geral.

Nesta unidade, Procedimentos de pista, tem-se um tipo específico de equipamento, determinada aeronave, com dados extraídos diretamente do manual, com ênfase no manuseio da publicação específica e dando uma ideia de como ela se apresenta descrita no manual específico. Os assuntos serão tratados com enfoque mais próximo e aprofundado da realidade a ser enfrentada pelo mantenedor de aeronaves, trazendo um grau intermediário de informação, adequado à etapa e dentro de todo o currículo previsto para o curso de formação.

No primeiro capítulo, serão apresentadas informações importantes sobre os procedimentos de pré-voo e anteriores à partida em aeronaves com motores convencionais, turboélices e turbojatos. No segundo, explicitam-se os procedimentos adequados aos diferentes tipos de abastecimentos preparatórios para o voo e as medidas de segurança a serem adotadas. E, por fim, no terceiro, mostram-se os procedimentos que versarão sobre a manutenção das aeronaves em solo, com ênfase às técnicas de ancoragem e de reboque.



# Capítulo 1

## Procedimentos de solo

No ramo da aviação, é muito comum que as expressões de procedimentos de solo, de pista e manuseio de solo sejam empregadas de forma indistinta. De fato, ainda não houve preocupação acadêmica sobre a determinação do emprego de uma terminologia padronizada acerca do tema.

Na prática, o termo manuseio de solo pode ser considerado como sinônimo de procedimento de solo. Entretanto, o termo procedimento de solo é mais usual, por ser mais abrangente, pois envolve todas as ações executadas em relação às aeronaves no hangar, na linha de voo ou em qualquer outra parte da área operacional.

Por outro lado, o termo procedimento de pista é utilizado de forma particular, uma vez que se refere a atividades específicas (pré-voo, intêrvoo, pós-voo e outras manutenções de menor porte, como uma pane ou uma lavagem de compressor) em um local determinado do aeródromo.

### 1.1 Procedimentos de pista

Nos procedimentos de pista, todas as manutenções e preparações para o voo ocorrem na linha de voo próxima à pista. A Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) nº 53-1 determina que a “pista é uma área retangular definida, em um aeródromo terrestre, preparada para o pouso e a decolagem de aeronaves”. Pode ser uma área sobre a água também. O artigo 26 da Lei nº 7.565/1986, que dispõe sobre o Código Brasileiro Aeronáutico (CBA), estabelece que [...] O sistema aeroportuário é constituído pelo conjunto de aeródromos brasileiros, com todas as pistas de pouso, pistas de táxi, pátio de estacionamento de aeronave, terminal de carga aérea, terminal de passageiros e as respectivas facilidades” (BRASIL, 1986, p. 1).

Conhecer os elementos que formam o cenário na linha de voo e da área operacional é prerequisite para o trabalho do técnico em manutenção, em razão da dinâmica dos acontecimentos, da pressão que envolve sua atividade e da multiplicidade de pessoas e de equipamentos com os quais se defronta em sua rotina. Para não afetar a segurança de voo, o técnico deve ter a consciência de que a movimentação intensa no pátio de estacionamento possibilita o surgimento de situações que podem colocar em risco o preparo da aeronave, assim como sua segurança e de outras pessoas.

#### Equipamento de proteção individual (EPI)

No cenário da aviação, o trabalhador está sujeito a vários riscos, que podem prejudicar sua saúde:

- químicos - contato com gases, poeira, líquidos, névoa ou neblina;
- físicos - ocorrem em ambientes fechados, com temperatura elevada, ruídos, má iluminação, radiações e trabalhos com pressões anormais;



**Terminologia:** o conjunto de termos de uma arte, ciência ou profissão.

**Aeródromo:** área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves.

- biológicos - ocorrem por exposição a uma variedade de micro-organismos.

Por isso, o uso de EPIs evita exposições diretas aos riscos e age de maneira protetiva, preservando a saúde e a integridade física do técnico. É de uso obrigatório e a sua falta tem implicações administrativas e trabalhistas tanto para a empresa, quanto para o empregado que pode ser despedido por justa causa ao não observar o seu uso. Para a empresa, pode ocorrer multas e outras penalidades, caso não os forneça e não exija o seu emprego nos trabalhos que os exigem.

## 1.2 Inspeção de pré-vo

O manual de instruções de cada fabricante de aeronave possui procedimentos específicos e obrigatórios. Portanto, a concentração, sem distrações de qualquer ordem, e a obediência aos itens da inspeção, são habilidades fundamentais à realização de uma das tarefas mais importantes no preparo da aeronave: o pré-vo.

O pré-vo consiste em uma inspeção programada obrigatória e preparatória, realizada imediatamente antes do voo, visto que não é recomendável executá-la no dia anterior ao voo.

Por prudência, a aeronave não deve ser movimentada após concluída a inspeção pré-vo, sob pena de comprometer os procedimentos preparatórios para o voo.

De modo geral, esta inspeção refere-se a uma verificação visual dos danos e da fixação de superfícies móveis, segurança e danos estruturais, do abastecimento, do nível de óleo do motor, da condição dos equipamentos elétricos e eletrônicos e da presença de calços nas rodas.

Na área ao redor da aeronave, a presença de detritos, que possam colidir com a hélice ou serem aspirados pelo motor a jato, deve ser observada. Na cabine, é fundamental a verificação da integridade dos instrumentos, da posição dos interruptores elétricos e eletrônicos, dos **manetes** de potência, do combustível e das alavancas de comando de *flaps*, entre outros itens. Além disso, esta inspeção requer que seja conferida a existência do equipamento de apoio no solo (EAS) e o estado de seu funcionamento. O diário de bordo (relatório de voo) da aeronave deve ser lido com atenção para a tomada de conhecimento de algum fato impeditivo e, se necessário, utilizado para o registro de restrições ou anormalidades.

## 1.3 Procedimentos anteriores à partida

Antes da partida de uma aeronave, fatores como a altitude do local, a temperatura do ar e a pressão atmosférica devem ser considerados. Isso permite a correta leitura dos parâmetros do motor, avaliando precisamente o seu rendimento. Assim, a aeronave deve ser posicionada contra o vento predominante, melhorando o arrefecimento e o desempenho dentro do envelope do motor.



**Manetes:** dispositivos ou alavancas que aceleram o motor de avião. Pode-se acionar manualmente determinadas partes de uma máquina.

**Envelope:** limite operacional da aeronave. Conjunto de características que devem se apresentar no desempenho da aeronave em qualquer aspecto: perfil de voo, desempenho do motor, entre outros.





**Nacele:** local onde fica o motor. Também pode se referir à cabine.

Conforme o local e as condições, é necessário que haja um contato permanente entre o piloto (ou o técnico que efetua a partida) e quem articula o evento ao lado de fora da *nacele*. Neste momento, o contato visual, por meio dos sinais convencionais, é imprescindível para coordenar uma eventual emergência. Atualmente, sistemas permitem a comunicação, entre a *nacele* e o mecânico fora da aeronave, via rádio, por meio de cabo.

A fonte de força externa deve ficar posicionada de forma a ser movimentada sem risco de colisão com a aeronave ou com a parte que reboca para o sentido de afastamento da aeronave, evitando um possível choque entre elas. Calços nas rodas são necessários para prevenir acidentes, caso haja falha nos freios.

As partidas, mais propensas ao aparecimento de fogo, são aquelas realizadas no momento em que a aeronave saiu de uma grande inspeção ou de um reparo no motor. Neste caso, é importante a presença de um bombeiro, posicionado próximo à aeronave, preparado para qualquer intervenção. Nas demais situações, o aparelhamento de extintores, próximos à aeronave, e um profissional capacitado para utilizá-los é suficiente. Por vezes, conforme o aeródromo, o próprio mecânico é a pessoa habilitada para esta função.

### **1.3.1 Procedimentos de partida nos motores convencionais, turboélice e turbojato**

São procedimentos voltados ao suporte a equipamentos (fonte de força, calços, etc.), à posição da aeronave em relação ao vento e à prevenção da ocorrência de fogo. Para tanto, o profissional deve remover todas as coberturas de proteção do motor para inspecionar os coletores e os escapamentos, a fim de verificar a presença de vestígios de combustível e óleo. É importante destacar que as orientações contidas no manual do fabricante, relativas à aeronave inspecionada, devem ser rigorosamente seguidas na sequência de partida.

Peculiaridades sobre a partida em motores convencionais, motores turboélices e turbojatos são apresentadas a seguir.

#### **a) Motores convencionais**

O uso da fonte externa é recomendado sempre que possível, pois seu objetivo é poupar a bateria da aeronave, resguardando-a para um caso emergencial, para um eventual reacendimento do motor em voo. Neste último caso, a bateria deve estar com o máximo de capacidade, a fim de que a operação de reacendimento seja efetuada com sucesso.

Antes da partida, todos os equipamentos elétricos e eletrônicos dispensáveis devem estar desligados e as posições da chave de comando, das superfícies movidas por energia elétrica e hidráulica precisam ser averiguadas. Com o funcionamento do motor da aeronave, as superfícies se movimentam para a posição neutra, podendo causar algum tipo de dano à pessoa ou ao equipamento próximos da superfície. Fato comum aos motores relaciona-se à pressão do óleo, que deve subir em 60 segundos (em alguns, 30 segundos) após o início do funcionamento. Caso isso não aconteça, o motor deve ser cortado imediatamente.

Na partida manual, o operador aciona a hélice diretamente. Este procedimento requer muito cuidado, especialmente se a operação for feita na grama. As mãos do operador não

podem estar sujas de óleo, pelo perigo de resvalar e sofrer um choque fatal com a hélice. Pelos riscos e necessidade, é pouco usado.

A Tabela 1 apresenta a sequência de acionamento do motor de uma aeronave modelo *Skyhawk 172*, sem uso da fonte externa, conforme o manual de informação.

Tabela 1 - Partida no motor da aeronave modelo *Skyhawk 172*

A	Mistura ..... rica ou compensada (conforme altitude densidade).
B	Potência ..... fechada.
C	Aquecedor do carburador ..... fechado.
D	Interruptores elétricos ..... desligados (luz anticolisão: ligada).
E	Disjuntores ..... armados.
F	Master dos rádios ..... desligados.
G	Injetora ..... travada (uso conforme necessário).
H	Master da bateria ..... ligar (após conferir segurança da área).
I	Operações noturnas ..... ligar luzes de navegação e do painel.
J	Livre..... (grita-se, antes de acionar).
K	Ignição ..... partida (máxima 30 seg.).
L	Potência ..... abaixo de 1000 RPM.
M	Pressão de óleo ..... estabilizada.
N	Amperímetro e sucção ..... indicações normais.



**RPM:** sigla para rotação por minuto.

As Figuras 1.A e 1.B mostram a localização de alguns componentes no painel da aeronave modelo *Skyhawk 172*.

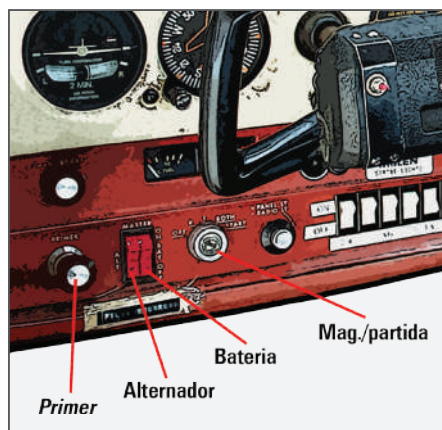


Figura 1.A - Painel lado esquerdo  
Fonte: Foto do autor/ © Larri Francisco da Silva.

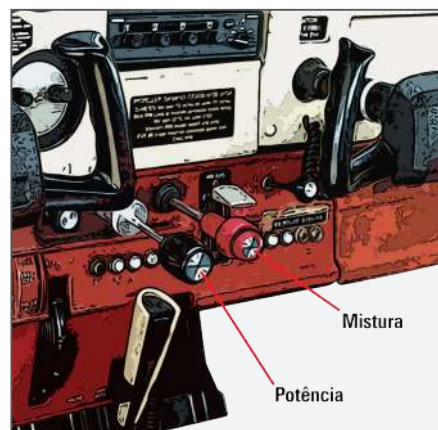


Figura 1.B - Painel central, conjunto de manetes  
Fonte: Foto do autor/ © Larri Francisco da Silva.

#### b) Procedimentos de partida nos motores turbo-hélices

Acidentes podem ocorrer em função de procedimentos mal executados. A inobservância à retirada de bloqueios da entrada de ar, por exemplo, provoca falta de potência no motor após a decolagem. Por sua vez, as condições que recomendam o corte imediato do motor, no caso de uma partida com indícios de anormalidade, são temperatura do motor acima do normal, pressão de óleo que não sobe dentro do limite estabelecido para o motor e

indicação de fogo por intermédio de luzes de indicação. Além disso, a temperatura do motor acima do normal, a pressão de óleo em desacordo ao limite de tempo estabelecido para o motor e a presença de fogo, indicada por meio de luzes no painel, são indícios de anormalidade. Diante disso, a recomendação é cortar o motor imediatamente.

Entretanto, é importante salientar que nem sempre a presença de fumaça ou de aparente início de fogo exige o corte de combustível. Às vezes, a melhor ação é prosseguir, controlando a temperatura, e consumir o excesso de combustível. Este procedimento, normalmente, vem descrito na ordem técnica da aeronave como ocorrência possível.

No manual de informação do piloto de uma aeronave, em inglês, *pilot's operating handbook* (POH), encontra-se a sequência de partida, usada como exemplo para demonstrar, na prática, as situações que podem ser comuns a várias aeronaves. Tais situações são constantemente atualizadas e os procedimentos devem se basear no *checklist* da aeronave.

O cenário descrito na Tabela 2 refere-se a um motor turboélice específico, usado em uma aeronave que possui um dos motores mais empregados atualmente. Neste caso, é com o uso da fonte externa, uma vez que existe previsão de uso da bateria também.

Tabela 2 - Partida no motor da aeronave modelo Caravan 208B

1	Interruptor da BATERIA .....	ligado.
2	Interruptor de AVIÔNICOS nº 1.....	ligado.
3	Indicadores de motor (painel central) .....	parâmetros (nenhuma vermelha).
4	Interruptor de EXTERNAL POWER .....	desligado.
5	Barra de voltagem .....	chechar (20 volts, no mínimo).
6	Interruptor de AVIÔNICOS nº 1 .....	desligado.
7	Interruptor da BATTERY .....	desligado.
8	Unidade de fonte externa .....	acoplada; então, ligue.
9	Interruptor de EXTERNAL POWER .....	BUS.
CUIDADO: certificar-se de que o manete de EMERGENCY POWER está na posição NORMAL ou uma condição de sobretemperatura poderá ocorrer, pois ele só é usado em caso de falha do FCU.		
10	Interruptor da bateria .....	ligado.
11	Interruptor da luz externa BEACON .....	ligado.
12	Interruptor de AVIÔNICOS nº 1.....	ligado.
13	Barra de voltagem .....	chechar (24-28 volts).
14	Interruptor de EXTERNAL POWER .....	STARTER.
15	Alavanca de EMERGENCY POWER .....	NORMAL.
16	Área da hélice .....	livre.
17	Interruptor de FUEL BOOSTER .....	ligado.
a	FUEL BOOST ON CAS MSG (luzes crew alert system) .....	acesa.
b	Luz de aviso FUEL PRESS LOW CAS MSG .....	apagada.
c	Indicador de FLUXÔMETRO DE COMBUSTÍVEL (PPH) .....	ZERO.
CUIDADO: se a alimentação da fonte externa cair durante este procedimento, abortar a partida.		
18	Interruptor STARTER .....	posição START.
a	Luz IGNITION ON CAS MSG .....	chechar acesa.
b	Instrumento indicador de pressão de óleo (PSI) .....	chechar.



**Checklist:** lista de itens a serem vistos em uma inspeção.

**Aviônicos:** parte eletrônica das aeronaves, ligada à navegação, controle, entre outros.

**External power:** energia externa.

**Bus:** barra elétrica na qual são ligados todos os itens elétricos. Divide-se em principal e auxiliar. Varia de avião para avião.

**FCU:** unidade de controle de combustível do motor.

**Beacon:** uma das luzes externas, também conhecida como anticolisão.

**Fuel booster:** combustível auxiliar.

**PPH:** do inglês *pounds per hour*. Medida de fluxo de combustível, libras por hora de consumo de combustível.



**Low idle:** termo em inglês empregado para indicar aposição de marcha lenta nos motores das aeronaves.

**Partida quente:** partida em que foram alcançados graus elevados de temperatura para um motor.

**NAV:** abreviatura de navegação (*navigation*). Pode ser aplicada às luzes externas da aeronave (luzes de navegação) ou aos receptores de sinal de VHF (NAV 1, NAV 2) para navegação/orientação em voo.

**Percentual de Ng (% Ng):** percentual de rotação por minuto do motor de giro da turbina.

c	Instrumento indicador de % Ng ..... estável (12% no mínimo).
19	Manete de <b>FUEL CONDITION</b> ..... <b>LOW IDLE</b> .
a	Fluxo de combustível (PPH) ..... checar entre 90 e 140 pph.
b	Indicador de ITT (temperatura) ..... monitorar.
CUIDADO: o máximo admissível neste momento é 1090 °C, limitado por dois segundos. Limites acima deste podem desencadear outros procedimentos, inclusive a remoção do motor para inspeção. Se a temperatura (ITT) subir rapidamente para 1090 °C, deve-se preparar para cortar pela manete de combustível para evitar a chamada <b>partida quente</b> .	
c	Indicação de % Ng ..... 52% no mínimo.
20	Interruptor de <b>STARTER</b> ..... desligar. (Verificar luzes de <b>STARTER ON CAS MSG</b> : desligado no painel.)
21	Painel de luzes sistema de instrumentos do motor ..... checar <b>NORMAL</b> .
22	Interruptor <b>EXTERNAL POWER</b> ..... desligado.
23	Unidade de fonte externa ..... desligar, então desacople.
24	Gerador ..... checar a carga. (A luz <b>GENERATOR OFF CAS MSG OFF</b> e indicador <b>BAT AMPS</b> carregando.)
25	Interruptor <b>FUEL BOOST</b> ..... <b>NORMAL</b> . (Verificar a luz <b>FUEL BOOST ON CAS MSG</b> : apagada no painel de avisos.)
26	Interruptor <b>AVIONICS</b> nº 2 ..... ligado.
27	Luzes <b>NAV</b> ..... conforme requerido.

O técnico deve estar familiarizado com o painel da aeronave para seguir corretamente os procedimentos e responder, de imediato, a emergências.

No momento da partida, o técnico deve verificar se a demanda inicial de energia, no indicador da fonte externa, está de acordo com a faixa de operação necessária para sustentar a partida sem causar danos ao sistema elétrico da aeronave. A fonte externa deve prover a necessidade de 24-28 volts, mínimo de 800 e máximo de 1.700 ampéres de capacidade.

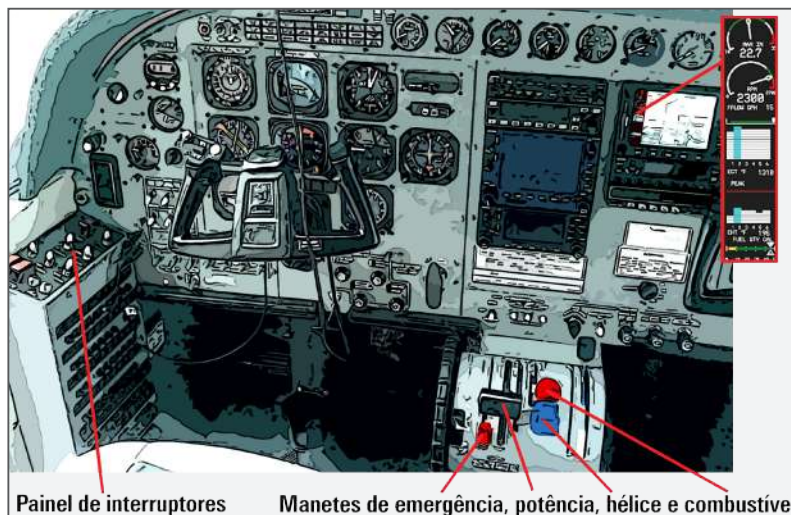


Figura 2 - Indicadores do motor (EIS), painel de interruptores e manetes da aeronave do modelo *Caravan 208*

Nos ciclos de partida, cada aeronave possui um limite de tempo da bateria e da fonte externa. Com a bateria do avião do tipo 30 segundos **ON**, com intervalo de 60 segundos **OFF**. Após duas vezes, 30 segundos **ON**, com intervalo de 30 minutos **OFF**. Com fonte externa, são outras faixas, já que cada modelo tem o seu intervalo.

c) Procedimentos de partida nos motores turbojatos

Durante as regulagens ou giros de manutenção, deve-se levar em consideração que as aeronaves sofrem influência da altitude e da temperatura no aeródromo onde fazem a manutenção, relativos ao desempenho do motor nos aspectos de temperatura e fluxo de combustível. Ou seja, os parâmetros a serem lidos nos instrumentos devem ser considerados como normais mesmo estando diferentes daqueles considerados normais ao nível do mar. Haverá, por exemplo, uma diferença nos parâmetros esperados de uma partida realizada na cidade de Quito (15.000 pés de altitude) para outra realizada na cidade do Rio de Janeiro (nível do mar) para a mesma aeronave.

Conforme a localização do aeródromo, durante as regulagens ou giros de manutenção, as aeronaves sofrem influências, relativas ao desempenho do motor e ao fluxo de combustível, em virtude da altitude e da temperatura, por exemplo, em relação a um aeródromo mais elevado em altitude. Para a mesma aeronave há, por exemplo, uma diferença nos parâmetros esperados de uma partida realizada na cidade de Quito, no Equador, que possui 15.000 pés de altitude, para outra realizada na cidade do Rio de Janeiro, situada ao nível do mar.

No manual de um modelo CJ1 525, a informação a seguir reforça a necessidade de atentar aos parâmetros referidos:

A ITT pode se aproximar de 1.000 °C durante a partida com a bateria em aeroportos de maior elevação. Uma fonte de força externa, com capacidade de pelo menos 800 amperes, é necessária para a primeira partida do motor em aeroportos com elevação acima de 10.000 pés (CJ1 525, 2.000, p. 13).

No caso desse modelo de aeronave, há um **starter** (elétrico) para dar as primeiras rotações do motor. Por isso, a exigência de um padrão adequado de energia fornecida da *ground power unit* (GPU), em português, equipamento de apoio no solo.

Deve-se isolar uma área tanto na entrada do motor quanto na saída dos gases de exaustão para prevenir, respectivamente, a ingestão de material estranho (FOD, crachás) e possíveis queimaduras em pessoas, provocadas pela rajada de ar quente em alta velocidade que sai pelo escapamento dos jatos. Há uma distância segura dessas áreas que varia de acordo com a potência do motor.

No manual de treinamento do piloto, baseado no **POH** da aeronave modelo CJ1 525 turbojato (Figura 3.C), encontra-se o procedimento de partida descrito na Quadro 3. Nesse procedimento, é fundamental que o mecânico esteja familiarizado com o painel, sabendo onde está cada chave de acionamento envolvida na partida, as luzes de indicação



**GPU:** sigla para *ground power unit*; equipamento de apoio no solo; fonte externa.

**FOD:** sigla para *foreign object damage*. Materiais deixados no trajeto da aeronave que podem ser sugados pelo motor.

de uma anomalia qualquer: pressão de óleo baixa, nível de combustível, etc. Para tanto, as Figuras 3.A, B e C detalham os principais itens envolvidos na partida a seguir descrita.



Figura 3.A - Interruptor de *starter*  
 Fonte: Foto do autor/ © Larri Francisco da Silva.

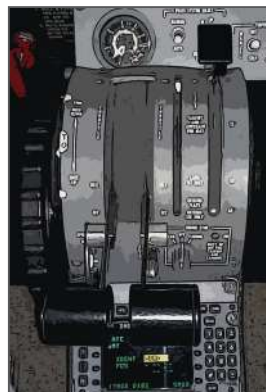


Figura 3.B - Manetes de potência  
 Fonte: Foto do autor/ © Larri Francisco da Silva.



Figura 3.C - Painel de aeronave modelo *Citation CJ1 525*  
 Fonte: Foto do autor/ © Larri Francisco da Silva.

Indicadores de % RPM, pressão do óleo, temperatura do óleo e fluxo de combustível



**Ar sangrado:** ar desviado do compressor dos motores a turbina, procedente de uma unidade interna ou externa à aeronave, para cumprirem uma determinada função no sistema pneumático da aeronave, entre os quais a partida nos motores principais.

O procedimento de partida começa com a inspeção pré-voou da aeronave em seu exterior e na cabine, uma vez que certos interruptores e alavancas devem estar em posições corretas para não serem acionados indevidamente, ou permitirem a partida. Por exemplo, a bomba auxiliar de combustível deve estar na posição ligada. A posição da alavanca de comando do trem de pouso deve estar na posição *down*, correspondendo à situação daquele momento. Se estiver *up* e o sistema de proteção falhar, o trem de pouso pode recolher durante partida, assim que a pressão hidráulica suba.

Por isso, deve-se realizar uma inspeção, conforme previsto no *checklist*, dos itens integrantes de um pré-voou. Os turbojatos podem dar partida usando ar sangrado de uma fonte *gas turbine compressor* (GTC) proveniente de fonte externa; ou primeiro dá-se partida na unidade auxiliar de energia, em inglês, *auxiliary power unit* (APU), algumas aeronaves chamam-se GTC, e esses fornecem ar para os motores iniciarem a partida.

Outros motores, normalmente de pequeno porte, têm um motor de partida elétrico (*starter*), como também é o caso do modelo *Citation CJ 525*, apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Partida no motor turbojato de aeronave modelo *Citation CJ 525*

Antes da partida (primeiro passo - preparação):	
1	Pré-voo ..... realizado.
2	Calços de roda ..... removido.
3	Porta da cabine ..... fechada/travada.
4	Quantidade de combustível ..... checada.
5	Luz externa <i>BEACON</i> ..... ligada.
6	<i>Air Conditioner</i> ..... <i>OFF</i> .
Partida no motor (segundo passo):	
NOTA (são comuns nos manuais das aeronaves): se uma manutenção no motor foi realizada, pode ter ficado ar na linha de combustível. Se não houve uma retirada adequada do ar ( <i>purge</i> ), isso pode causar uma partida quente. Neste caso, deve-se estar preparado para abortar a partida. Em condições de vento cruzado, uma partida com a bateria pode resultar em baixa ITT.	
7	Botão de <i>start</i> ..... pressione e solte /luzes de indicação.
8	Manete de potência ..... <i>IDLE</i> .
Neste momento, deve-se ter, no mínimo de 8 a 12% (no máximo) de RPM na turbina (N2) e com indicação de RPM FAN (N1). Ao levantar a trava do manete e avançar para a posição de marcha lenta, inicia o dispositivo de ignição do motor e liga a luz de indicação associada, e inicia o fluxo de combustível. O 1000 °C de ITT de limite de temperatura está marcado na escala superior do indicador de ITT.	
9	Indicação de ITT ..... checar subida. Abortar rapidamente se chegar próximo de 1.000 °C ou não houver indicação em 10 segundos.
10	Instrumentos do motor ..... checar. Checar se os instrumentos do motor estão dentro dos limites. Checar se o <i>STARTER</i> foi desacoplado e todas as luzes do painel estão desligadas: <i>OIL PRESSURE WARN, FUEL LOW PRESS and GEN OFF</i> .
11	Luzes de combustível/óleo/gerador/hidráulica ..... apagadas. Durante uma partida com a bateria e com a chave do gerador ligadas, o gerador entrará na linha, extinguindo a luz <i>GEN OFF</i> , em aproximadamente 45% de RPM da turbina. Caso a sequência de partida automática não termine, as luzes no painel de avisos da bomba auxiliar e de ignição permanecerão acesas. O motor de partida, no entanto, irá desacoplar devido ao controle do sensor de velocidade, que regula em cerca de 45% de rotação de N2.
12	Outro motor ..... <i>START</i> (repita os passos acima).
13	Fonte externa (GPU) ..... remova; checar livre (se aplicável).
14	Geradores ..... posição <i>GEN</i> (se GPU foi usada).
15	Instrumentos de DC ampere/volts ..... checar.



**N1:** notação de engenharia mecânica que expressa a rotação por minuto do compressor de baixa pressão.

**Low press:** termo em inglês que indica baixa pressão em qualquer sistema das aeronaves: combustível, hidráulico, etc.

**Gen Off:** gerador de energia elétrica em situação desligado ou fora.

### 1.3.2 Extinção de fogo no motor

É necessário conhecer os procedimentos de partida para identificar os sinais de potencial início de fogo, visto que uma partida que se apresente com inclinação à subida drástica de ITT pode desencadear fogo. O operador da partida deve ficar atento ao tempo decorrido e as luzes próprias de monitoramento de temperatura auxiliam na resposta imediata e correta.

Para debelar um fogo, é necessário estar calçado com os meios adequados para cada qualificação de incêndio, usando recursos preparatórios simples, como a presença de extintores e pessoa habilitada a manuseá-los de imediato; deve-se ter cuidado com a presença excessiva de óleo e combustível na área do motor. Algumas aeronaves são dotadas de dispositivos contra fogo, por meio de acionamento de um extintor localizado na nacele do motor.

## 1.4 Equipamentos de apoio

Constituem sistemas no solo, equipamentos ou dispositivos necessários a apoiar as operações de transporte, recebimento, manuseio, montagem, inspeção, ensaios, verificações, manutenção e recuperação de um sistema espacial no lançamento, aterrissagem. Tem-se ainda a sigla **GSE** (do inglês, *ground support equipment*).

Muitos equipamentos, movidos a motor elétrico ou mecânico, são dotados de um meio rápido e eficiente (válvula de corte, disjuntor) que propicia uma parada imediata no funcionamento em caso de emergência. Existem vários tipos, de um simples calço a um trator de reboque de aeronave. Como exemplos de equipamentos de apoio, é possível citar o macaco hidráulico, o trator, o garfo de reboque, as fontes de força diversas, o guincho, as escadas, a corda para amarração, a corrente de amarração, a lanterna sinalizadora, os cones de sinalização, os refletores móveis com suporte, etc.

Tais equipamentos não estão sujeitos à certificação da ANAC. Ao rebocá-los, deve-se atentar para a velocidade adequada.

### 1.4.1 Unidades de força elétrica

Uma fonte de força, com a capacidade fora da especificação, pode causar danos sérios à parte elétrica da aeronave. Na partida, por exemplo, pode provocar uma partida quente no motor ou danificar a bateria e partes do motor.

As unidades de força elétrica podem ser classificadas como rebocada ou de tração própria. As fontes de força têm muitas semelhanças entre si, mas cada uma serve para atender a uma gama limitada de aeronaves. A velocidade de reboque é de, no máximo, 20 km/h em pista pavimentada. Alguns fabricantes recomendam até 16 km/h e muitas não podem ser rebocadas no caso de pista não pavimentada.

Podem ser abastecidas com querosene, diesel ou gasolina. As mais simples são usadas para partida em aeronaves de pequeno porte e constituem-se de um carrinho montado com várias baterias de alta capacidade, cabos longos e tomadas adaptadoras. São também conhecidas pela abreviatura UFT (unidade de força terrestre). Algumas unidades são feitas para suprir corrente contínua, voltagem variável e constante, permitindo partidas em motor a reação, turboélice e convencional. São, normalmente, puxadas por um cambão, dispositivo que tem a finalidade de dar a direção, rebocar e travar a unidade próximo ao local de uso, elevando o cambão a 90° para cima.



Permitem a verificação de diversos sistemas da parte elétrica e de aviônicos, daí a necessidade de funcionarem rigorosamente dentro dos padrões previstos e esperados, pois, atualmente, boa parte da demanda da energia aplicada na aeronave é para o teste do sistema de navegação, composto por equipamentos bem sensíveis à variação de corrente ou de voltagem.

### 1.4.2 Unidades de força hidráulica

Difícilmente, as unidades de força hidráulica são usadas na linha de voo, em virtude da complexidade dos serviços que normalmente requerem a sua aplicação. Este tipo de equipamento de apoio serve para testar o sistema hidráulico da aeronave sem precisar dar partida nos motores. Elas necessitam de alimentação elétrica para funcionamento e são encontradas em vários tamanhos, desde os mais sofisticados, com demonstrativo digital e que emitem um ruído menor durante o funcionamento, até as fontes hidráulicas construídas com instrumentos demonstrativos analógicos. Existem muitas unidades de força hidráulica barulhentas e que requerem um cuidado na questão relacionada à temperatura por conta de uma operação contínua, podendo, pelo excesso de calor, causar um incêndio pelo súbito e elevado aquecimento. Por isso, tais unidades possuem campanhas de monitoramento. Conforme o modelo, usa-se um sistema hidráulico capaz de induzir uma variação volumétrica de fluido zero até, aproximadamente, 24 galões por minuto (vazão), com uma variação de pressão até 3.000 PSIG.

Por trabalharem com alta pressão, tais unidades exigem cautela, já que um vazamento de óleo nessa condição será veloz, fino e imperceptível, podendo cortar a pele e penetrá-la. O óleo hidráulico deve ser controlado por intermédio de testes periódicos, em razão de poder se contaminar por partículas metálicas e repassá-las para o sistema das aeronaves.

### 1.4.3 Unidade de ar condicionado, de aquecimento e fontes de ar para partidas

As unidades de ar condicionado e de aquecimento proporcionam, no ambiente interno da cabine e da fuselagem, faixas de temperatura aceitáveis para os equipamentos e para a tripulação. As fontes de ar apoiam em solo no sentido de prover energia pneumática para cheques e partida dos motores e fornecer as primeiras rotações do motor.

#### a) Unidade de ar condicionado e de aquecimento

Em razão de temperaturas extremas no solo (altas ou baixas), há necessidade de um tipo de equipamento externo que auxilie a regular a temperatura interna da aeronave em apoio ao pessoal de manutenção ou tripulação, principalmente, que proteja os equipamentos eletrônicos das mais diversas áreas.

Nesse sentido, é a unidade de apoio no solo que tem como característica fornecer ar condicionado ou aquecimento para a aeronave em solo, permitindo a modulação e a adequação do ambiente interno a temperaturas suportáveis pelos equipamentos das aeronaves, bem como pelo pessoal de apoio ou da tripulação.

Algumas unidades são montadas sobre o veículo e fornecem fluxo de ar sob pressão por meio de dutos flexíveis. Atualmente, muitas aeronaves tornaram-se autossuficientes gra-



**PSIG:** sigla para *per square inch gauge*, ou, em português, medida de pressão. Libras por polegada quadrada medida no instrumento situado no painel da aeronave, ou qualquer outro manômetro.

ças a unidade de potência auxiliar (APU), que faz um serviço semelhante à fonte, tendo a vantagem de estar incorporado à aeronave e fazer parte do seu sistema pneumático.

#### b) Fontes de ar sangrado para partida

É comum utilizar fontes de ar para a partida, principalmente na aviação militar e comercial de grande porte, tendo em vista o tamanho dos motores. Se fossem usados motores de partida elétricos, seria de grande porte, o que aumentaria significativamente o peso do projeto e o consumo de combustível, diminuindo, assim, sua autonomia.

Algumas aeronaves têm uma APU incorporada ao seu sistema pneumático, na qual é dada a partida primeiro, que, inclusive, pode ser com uma fonte externa elétrica. A APU, por sua vez, pode ser a responsável pela partida nos motores da aeronave.

O motor das fontes de ar sangrado é do tipo turbina a gás (GTC) e chega a usar, em muitos casos, o mesmo tipo de óleo lubrificante e de combustível das aeronaves. Elas servem para muitas aeronaves turbojato e turboélice e fornecem o ar que impulsiona o conjunto rotor dos motores da aeronave, dando as primeiras rotações para iniciar o ciclo de partida, até que se complete e o motor atinja a sua RPM de marcha lenta. Algumas fontes de ar sangrado vêm conjugadas com energia elétrica de 115 VAC no mesmo conjunto.



**VAC:** terminologia usada em sistemas elétricos para designar voltagem com corrente alternada ou tensão de corrente alternada.

## 1.5 Equipamentos contra fogo

A normatização inerente aos equipamentos contra fogo emanada dos órgãos reguladores e fiscalizadores orienta como deve ser estruturado um aeródromo, conforme sua classe, para enfrentar as possíveis demandas decorrentes dos tipos de aeronaves e da movimentação de passageiros em trânsito.

### 1.5.1 Tipos de incêndio

O técnico da aviação necessita ter noção dos tipos básicos de incêndio para enfrentar, prevenir e preparar melhor seu local de trabalho.

Existem três tipos básicos de incêndio, divididos em classes **A**, **B** e **C**, detalhados a seguir:

- classe **A** - associada à queima de materiais comuns como papel, tecido, madeira;
- classe **B** - relacionada à queima de produto inflamável, derivado do petróleo, ou líquido combustível como solvente, graxas, tintas;
- classe **C** - incêndio em materiais elétricos energizados, no qual o agente extintor não pode possuir condutividade. Porém, se o material elétrico for desligado, os extintores das classes **A** e **B** podem ser utilizados.

Na classe D, encontram-se os incêndios que não são classificados como básicos por envolverem metais inflamáveis. Entretanto, podem estar associados a incêndios das classes **A**, **B** ou **C**. Um exemplo é o magnésio, usado tanto em matéria-prima como em roda de aeronave. Esta área é cercada por perigo extremo por ocasião de incêndios em virtude do risco de explosão dos pneus que já carregam uma carga de pressão muito alta. Logo, o cuidado deve ser intensificado na

abordagem de fogo neste componente. Todos os envolvidos devem ser imediatamente avisados desse evento para que cada um tome as cautelas devidas: para a tripulação e passageiros, pode ser o caso de abandono imediato da aeronave; para o técnico que atende o voo, pode ser o caso de esperar um atendimento pelos bombeiros no sentido de controlar o fogo.

### 1.5.2 Extinção de incêndio

A legislação aeronáutica vigente define vários aspectos relativos à prevenção de combate a incêndio. A Resolução nº 279/2013, da ANAC, determina a estrutura logística que um aeródromo deve possuir para combater incêndios, como a preparação do pessoal e sua composição conforme a movimentação de passageiros, o apoio material previsto, entre outras regulamentações.

A norma citada estabelece critérios reguladores quanto à implantação, operação e manutenção do serviço de prevenção, salvamento e combate a incêndio em aeródromos civis (SESCINC), abrindo os conceitos relacionados sobre incêndios.

### 1.5.3 Tipos de extintor *versus* agente extintor

Conforme mencionado e reproduzido na Instrução Suplementar (IS) nº 20-003, revisão A, o fogo do tipo classe **A** pode ser combatido com agente extintor de classe **A**, **B** ou **C**. Contudo, devido ao combate a esse tipo de incêndio ter maior eficácia por meio de resfriamento por água, os extintores de classe A são os mais indicados.

O fogo do tipo classe **B** é melhor combatido removendo-se oxigênio do foco. Usam-se extintores de **CO<sub>2</sub>** (dióxido de carbono), hidrocarbonetos halogenados (halons) e pó químico seco. Esses agentes deslocam o oxigênio do ar, tirando a possibilidade da combustão. A espuma também isola a área do oxigênio por abafamento, mas só é eficaz em grande quantidade. A água não é indicada, pois não tem efeito e pode espalhar o fogo.

No incêndio do tipo classe **C**, o melhor agente extintor é o **CO<sub>2</sub>**, que desloca o oxigênio da área afetada e evita a combustão. Os halons também são eficazes, já que os vapores reagem quimicamente com as chamas, extinguindo o fogo. O pó químico pode ser empregado, mas possui a desvantagem de contaminar a área. A água e a espuma não são adequadas para o uso no combate ao incêndio de classe C em função da condutividade.

O incêndio do tipo classe **D** é melhor combatido com o pó químico seco, que elimina a oxidação e a chama resultante.

### 1.5.4 Verificação periódica dos extintores de incêndio

A verificação periódica dos extintores de incêndio é feita para mantê-los em condições operacionais em qualquer tempo e em casos de emergência, assim como para observar se estão distribuídos corretamente nos locais, adequando-se à classe de incêndio potencialmente predominante.

Os extintores devem ser limpos regularmente para manter sua vida útil e a visibilidade das informações nele contidas. O selo de segurança rompido significa que o extintor foi acionado. O manômetro, na faixa de operação, indica se foi acionado ou se perdeu o gás. O peso correto também é um indicativo de vazamento ou acionamento parcial.

### 1.5.5 Agentes extintores

Os extintores são compostos de água, de gás ou de pó químico seco. A água age removendo calor até abaixo da temperatura de combustão. O gás de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é empregado em incêndios de classe **B** e **C**, dissipando o oxigênio na área de aplicação, extinguindo o fogo e eliminando a combustão.

Nesse particular, agentes extintores, cabe uma referência à tabela de toxicidade. Ela traz o grupo no qual vai ser enquadrado o agente extintor a gás, variando de dois a seis. Considera-se 6 o grupo menos tóxico e o componente principal de ataque ao fogo, pois alguns não são empregados na aviação pelo alto grau de toxicidade, deixando exposto o usuário a uma atmosfera imprópria para respirar. Por exemplo, os extintores portáteis de  $\text{CO}_2$ , se usados em ambientes confinados, como a cabine, colocam em risco a vida dos ocupantes da aeronave, podendo provocar uma asfixia.

Um outro efeito indesejável desses extintores é o efeito congelante do gás, que pode comprometer os componentes eletrônicos da aeronave e que pertence ao grupo **5A**. Cada agente tem a sua classificação na tabela.

Quanto ao pó químico, são usados quatro tipos:

- bicarbonato de sódio: em incêndios de classe **B** e **C**;
- fosfato de amônia: em incêndios de classe **B** e **C**;
- bicarbonato de potássio: em incêndios de classe **B** e **C**;
- pó químico multiuso: em incêndios de classe **A**, **B** e **C**. Pós-químicos especiais são disponibilizados para uso em conjuntos de freio de aeronaves ou magnésio.

### 1.5.6 Marcas recomendadas para indicar a aplicabilidade do extintor

Os locais de permanência dos extintores devem ser bem sinalizados, obedecendo regra geral definida pela legislação. Marcações e sinalizações devem ser aplicadas por meio de pinturas ou decalques que possuam boa visibilidade e durabilidade.

Marcas nos extintores devem estar na frente do cilindro, acima ou abaixo da identificação, possuindo tamanho, formato de fácil visualização e legibilidade à distância de um metro.

### 1.5.7 Extintores para aeronaves

Como mencionado, a revisão A da Instrução Suplementar nº 20-003 da ANAC, regula o uso de extintores em aeronaves. Em linhas gerais, extintores de pó químico, carga de espuma e  $\text{CO}_2$  não são recomendados para uso dentro de aeronaves.

Quanto aos extintores em aeronaves, podem ser classificados em dois tipos, detalhados a seguir.

a) Extintores portáteis

Os extintores manuais, instalados nos compartimentos da tripulação e dos passageiros, devem ser aprovados pelos órgãos reguladores e adequados ao tipo de fogo mais provável de acontecer, minimizando o perigo de gases tóxicos.

A capacidade, o tipo, a localização e a quantidade dos extintores manuais são indicadas pela ANAC, levando em conta o número de assentos de passageiros. A solução padrão dos extintores manuais de aeronaves é dióxido de carbono e água. Os agentes não recomendados para uso aeronáutico estão mencionados na tabela de toxicidade.

b) Extintores de solo do tipo manual

Para a instalação de extintores de solo, não existe a mesma restrição exigida para a instalação a bordo de uma aeronave. Tendo em vista a grande variedade de locais de sua aplicação, como pontos de abastecimento, pátios de estacionamento de aeronaves, oficinas, etc., a gama de agentes extintores usada é muito variada. Por isso, é importante atentar ao risco do trabalho executado e identificar se há extintores disponíveis para eventuais emergências.

### 1.5.8 Métodos de operação de extintores

Os métodos de operação de um extintor estão agrupados convenientemente de acordo com o meio utilizado para expelir o agente extintor. São eles a geração própria, cartucho ou cilindro de gás, pressão estocada, extintor mecanicamente bombeado e extintor manual. Para o operador, não influencia muito este fator: o método de operação.

a) Fatores de segurança

As pressões nos extintores podem variar de 100 a 300 psi para soda-ácida e 100 a 350 psi para espuma. Por isso, a importância do manômetro e da fiscalização dos valores.

Os extintores nacionais devem ser equipados com o selo do Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Os importados devem possuir selo A.N.S.I./U.L. *Standard* (American National Standards Institute).

## 1.6 Levantamento e abaixamento da aeronave

É um procedimento absolutamente seguro se todas as regras de segurança forem rigorosamente observadas. Os macacos devem ser inspecionados quanto ao seu estado geral e capacidade de carga, a qual não pode ser excedida. Não utilizá-los se houver vazamento hidráulico, uma vez que este poderá ocorrer com a aeronave suspensa e, mesmo os macacos possuindo uma trava de posição, haverá um impedimento de baixá-lo, deixando a aeronave suspensa.

A posição das pernas do macaco deve ficar de tal forma que permita o livre movimento do trem de pouso nas posições em cima e embaixo. O levantamento deve ser iniciado, simultaneamente, para manter o melhor alinhamento possível, evitando desequilíbrio e sobrecarga em apenas um dos macacos. Os mesmos cuidados precisam ser tomados no abaixamento.

### 1.6.1 Içamento da aeronave completa

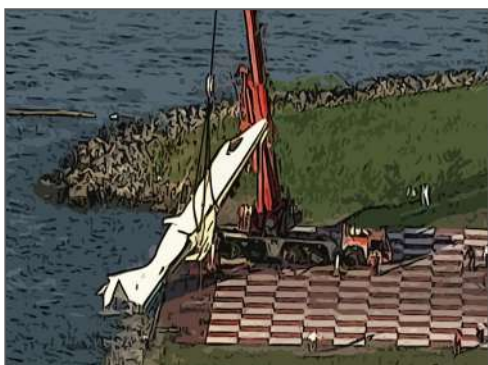


Figura 4 - Aeronave içada após acidente  
Fonte: Jornal O Globo.com, de 12 de ago. 2010.

Uma situação atípica, mas que pode ocorrer em algumas aeronaves, é o içamento completo por meio do uso de estropo (mecanismo constituído por cabos e peças de metal). Neste caso, não há uso de macacos em um primeiro momento. O içamento da aeronave completa surge no caso de um pouso de emergência, com saída da pista e em acesso difícil.

Um exemplo de içamento ocorreu em 2010, no aeroporto Santos Dumont (RJ), quando uma aeronave acidentou-se no final da pista e caiu na Baía da Guanabara. Esta situação é retratada na Figura 4.

Após o içamento, pode haver a necessidade do emprego de macacos na pista para sanar problemas relacionados ao trem de pouso e permitir a locomoção da aeronave para o hangar. Algumas possuem pontos específicos e equipamento de apoio previsto. Outras não possuem equipamentos para prever tal situação, dependendo ainda mais da experiência do pessoal de manutenção. Esta atividade de manutenção deve ser realizada por técnicos com bastante experiência, tendo em vista a peculiaridade da atividade.

### 1.6.2 Levantamento de apenas uma das rodas da aeronave

Antes de levantar uma das rodas de uma aeronave, seja para realizar uma inspeção visual no pneu, trocar a roda ou um rolamento, as outras rodas devem ser calçadas, na frente e atrás, para evitar qualquer movimento da aeronave durante a realização da manutenção. Se a aeronave possuir trem de pouso convencional (bequilha), deve ser travada.

Este é o procedimento mais comum a ser realizado na linha de voo porque, normalmente, está associado à troca de pneu, ao cheque de algum vazamento e à averiguação de um conjunto de freio. É um procedimento simples e de rápida liberação da aeronave.

## Resumindo

Os procedimentos de pista reúnem conhecimentos importantes para a segurança e o trabalho do técnico de manutenção de aeronaves. O uso de EPI é obrigatório e a falta dele tem reflexo na saúde do técnico em curto e em longo prazos, além de implicações trabalhistas para o técnico e para a empresa. A partida nos motores convencionais, turboélices e turbojatos tem características comuns e, para evitar qualquer equívoco, é indispensável observar o manual da aeronave, o qual precede qualquer outro documento relacionado à operação de partida.

Os equipamentos de solo, que apoiam as tarefas realizadas na linha de voo, devem ser apropriados ao modelo da aeronave em atendimento. Para utilizá-los, no caso de incêndios, é essencial ter noções firmes sobre os elementos constitutivos do fogo, sua classificação e a forma de extingui-lo, determinando uma intervenção acertada para debelar um incêndio, sem comprometer a segurança pessoal, de terceiros, das instalações e dos equipamentos adjacentes à área de trabalho em sinistro.

# Capítulo 2

## Abastecimentos

Os abastecimentos são tarefas rotineiras afetas aos técnicos em manutenção e, dependendo do aeródromo, exigem celeridade, em virtude da limitação do tempo da aeronave em solo. Assim, é imprescindível que os profissionais conheçam os procedimentos a serem executados, mantenham a atenção e adotem as medidas de segurança cabíveis, uma vez que utilizarão produtos extremamente suscetíveis à combustão.

É importante destacar que um abastecimento realizado de modo incorreto pode resultar em uma pane seca, por exemplo. A falta ou a insuficiência de combustível geram danos humanos e materiais imensuráveis. Logo, pressões externas, relacionadas ao tempo de execução da atividade, à movimentação do aeródromo, entre outras, não devem comprometer o abastecimento.

### 2.1 Abastecimento de combustível nas aeronaves

São utilizados equipamentos específicos, denominados unidades de abastecimento de aeronaves (UAA). Eles podem ser de diferentes categorias: caminhão-tanque abastecedor (CTA) ou servidor de hidrantes (SRV).

As aeronaves podem também ser abastecidas por um tanque provisório. Ele permite primeiramente o destanqueio do combustível dos tanques de aeronave em determinados casos para reaproveitá-lo posteriormente, sem a perda da qualidade do produto oriundo das empresas fornecedoras após cessar o motivo que originou a retirada momentânea do combustível. Essa atividade ocorre normalmente em panes associadas ao sistema de combustível.

- O procedimento implica várias medidas de segurança a serem adotadas. Por exemplo, a área deve ser sinalizada e não é permitido fumar, usar iluminação incandescente ou o uso de equipamentos elétricos que possam produzir centelhas ou faíscas em uma área próxima da aeronave (30 metros). Se houver necessidade de iluminação, só serão permitidas lâmpadas à prova de explosão. Deve-se sinalizar a área.
- Evitar o uso de iluminação incandescente ou de equipamentos elétricos que possam produzir centelhas ou faíscas em uma área próxima à aeronave (30 metros).
- Não fumar.
- Não arrastar as mangueiras, especialmente as partes metálicas, uma vez que o atrito com o solo provoca faíscas.
- Aterrizar, por meio de cabos, tanto a aeronave a ser abastecida quanto o caminhão abastecedor, a fim de que ocorra descarga estática, sem causar diferença de potencial entre os equipamentos.

- Realizar o procedimento em área aberta, ventilada e segura, nunca em hangares ou ambientes fechados, com o funcionamento de fonte elétrica próxima ou acoplada à aeronave. O vento não pode jogar os vapores para cima das fontes de força em funcionamento;
- Não utilizar equipamento de solda ou ferramentas que produzam calor.
- Manter extintores próximos à área do procedimento e compatíveis à classe de combustível utilizada.
- Usar EPI contra a inalação de vapores.
- Evitar o contato do combustível com a pele ou com os olhos. Se isso ocorrer, a região afetada deve ser lavada com água e sabão neutro imediatamente.
- Durante a entrada de combustível no sistema, principalmente por pressão, não permitir que pessoas fiquem próximas da área de ventilação, a menos de oito metros, do sistema de combustível da aeronave (alívio de pressão), pela intensificação de vapores.

Ainda como medida de segurança, tanto a aeronave que está envolvida no abastecimento, quanto o caminhão abastecedor devem ser aterrados por meio de cabos específicos. Esta ação permite a descarga estática apropriadamente sem causar uma diferença de potencial entre os equipamentos envolvidos no abastecimento. Caso contrário, uma faísca (centelha) pode ser gerada em um ambiente normalmente rico em vapores de combustível, surgindo um incêndio.

Realizar esse tipo de tarefa parece simples; entretanto, cada aeronave tem as suas peculiaridades no sistema de combustível, os quais podem utilizar gasolina, querosene, sistema por pressão ou gravidade. Há aeronaves com determinados motores que funcionam com querosene de aviação, mas que podem operar, em casos excepcionais, por até 150 horas com gasolina.

Todo combustível derramado durante o abastecimento deve ser neutralizado com água, espuma ou equivalente. Isso evitará que ele fique exposto a uma ignição e gere um incêndio; evitará também que haja encharcamento do solo, tornando-o, a longo prazo, propício ao fogo.

Neste caso, além do desgaste que traz à camada asfáltica que cobre a linha de voo, há comprometimento ambiental com a penetração em direção ao lençol freático. Tal falha pode ter implicações e responsabilidades administrativas e penais para quem venha a desleixar nesse aspecto.

Ao recolher as aeronaves para o hangar, seus tanques de combustível serão completados para que não haja acúmulo de vapores durante o pernoite. A mesma medida é tomada após o voo com o objetivo de evitar a formação de água nos tanques por condensação, o que permitiria a formação de colônias de micro-organismos, prejudiciais ao sistema de combustível do motor, e o aparecimento de corrosão.

Não se deve completar o tanque até o limite máximo: em uma elevação de temperatura há dilatação volumétrica e o combustível pode vazar pelo suspiro, ou forçar a saída de vapores do tanque, alterando a atmosfera e tornando-a abundante em vapores insalubres e propícios para o desencadeamento de fogo.



O abastecimento deve ser feito em área aberta, ventilada e segura, nunca em hangares ou ambiente fechado, com o funcionamento de fonte elétrica próximo ou acoplada à aeronave. O vento não pode jogar os vapores para cima das fontes de força em funcionamento.

Não se deve trabalhar com solda ou ferramentas que produzam calor. Deve haver extintores compatíveis com a classe de combustível. As pessoas próximas à tarefa devem se proteger contra a inalação de vapores, que são invisíveis. Caso haja contato do combustível com a pele ou olhos, o operador deve lavar imediatamente a região com água e sabão neutro.

### 2.1.1 Procedimento de abastecimento de combustível

Nos procedimentos de abastecimento de combustível, o caminhão-tanque aproxima-se da aeronave de forma lenta e segura, e estaciona de forma a permitir que tanto o caminhão quanto a aeronave, ao se deslocarem, não colidam um com o outro caso ocorra um deslocamento indesejado. Caso haja uma situação de emergência, o caminhão-tanque deve ficar em uma posição que permita o afastamento da aeronave o mais rápido possível; ele nunca deve ficar com a frente voltada para a aeronave.

Com os extintores a postos, procede-se o aterramento do caminhão e da aeronave. O abastecedor liga a bomba de combustível do caminhão e verifica se a pressão gerada está compatível com o abastecimento da aeronave. Em seguida, desenrola a mangueira do caminhão e inicia a tarefa. Antes, é conferido o tipo de combustível a ser usado.

Deve ser observada a correta relação entre a quantidade necessária e o voo a ser executado, pois tanto o excesso quanto a falta de combustível podem causar acidentes. No caso do excesso, o peso total de decolagem é afetado, o que pode fazer com que a aeronave tenha um comportamento de não sair do chão, ou saindo após a decolagem, o piloto não consiga controlá-la, havendo, em seguida, a perda de sustentação (*stall*) da aeronave em início de voo.

Por sua vez, uma quantidade menor poderá provocar uma situação de falta de combustível para se completar uma etapa prevista ou não. Por exemplo, em caso de mal tempo, pode haver uma insuficiência de combustível para chegar a algum aeródromo alternativo, uma vez que é previsto um acréscimo de combustível para tanto. Há casos em que o caminhão-tanque marca uma unidade decimal diferente daquela solicitada e, por erro de comunicação ou de conversão, é colocado menos ou mais combustível do que o necessário.



**Libras:** medida de massa presente na indicação de instrumentos de aviação para se determinar a quantidade de combustível possível de ser usada em uma aeronave para determinada etapa de voo, dentro do peso máximo de decolagem. Abreviado: lb.

Deve-se ter muito cuidado na relação de decalitros, litros e assim sucessivamente. Nesse aspecto, é feita a mesma observação para as conversões de litros para libras, litros para galões, e vice-versa.

### 2.1.2 Tipos de combustível

O combustível querosene de aviação (QAV) é um derivado do petróleo obtido por destilação direta. Para que esse derivado de petróleo apresente características adequadas à geração de energia para motores de turbina a gás, diversos critérios físico-químicos são requeridos durante a sua produção, que incluem fluidez (escoamento) e estabilidade (estocagem). Após esse processo, há necessidade de acompanhar a manutenção de qualidade por meio de testes de controle de qualidade, antes de colocá-lo nos tanques da aeronave.

A gasolina segue o mesmo padrão de produção e controle. Essas propriedades devem ser conservadas tanto no armazenamento do fornecedor quanto no destaqueio, momento em que o combustível poderá permanecer armazenado por um período indeterminado em um tanque apropriado e depois reaproveitado.

Para efetuar o abastecimento, é de suma importância que a amostra do combustível, disponibilizada pelo fornecedor, seja testada. Dois tipos de testes são realizados com frequência:

- na gasolina - uma pasta de coloração vermelha é adicionada, tornando-a cor de rosa na presença de água;
- no querosene - um hidro *kit*, composto de grânulos brancos, é adicionado, tornando-o cor de rosa na presença de água.

Esses testes são rápidos, eficientes e demonstram o grau de confiança do combustível.

### 2.1.3 Deveres da equipe durante o reabastecimento

Antes de se executar os procedimentos rotineiros, é primordial que a equipe averigue se estão presentes todos os itens de segurança indispensáveis a um reabastecimento seguro. São itens e requisitos a serem observados:

#### Antes

- a) Atenção com a quantidade e qualidade do combustível.
- b) O caminhão deve estacionar em uma distância segura, mas de forma que o comprimento operacional da mangueira permita reabastecimento da aeronave, sem que haja esforço no sentido longitudinal ou rotacional.

Deve-se ter muita atenção em relação ao tipo de combustível (gasolina ou querosene) antes de iniciar o reabastecimento, para evitar a necessidade de descontaminação e limpeza do sistema de combustível da aeronave. E atentar para as unidades das grandezas volumétricas envolvidas, como libras, galões, litros.

#### Depois

- a) Após o abastecimento, checar se o liquidômetro foi ajustado e corresponde à quantidade desejada, e se as tampas foram fechadas corretamente, visto que as tampas têm posições corretas de travamento.

- b) A quantidade abastecida deve ser lançada na documentação da aeronave.
- c) Conferir se todos os interruptores elétricos do caminhão, que não estejam envolvidos no procedimento de reabastecimento, permanecem desligados.
- d) Desfazer o aterramento de forma inversa ao aterramento: primeiro retira-se da aeronave o fio massa que está ligado ao caminhão e, depois, o que liga o caminhão a terra.
- e) Acompanhar e orientar a saída do caminhão das proximidades da aeronave após o abastecimento.

## 2.1.4 Operações de reabastecimento

Devido ao sistema de abastecimento variar de aeronave para aeronave, e os procedimentos terem peculiaridades em relação à localização dos componentes de combustível, é fundamental consultar o manual de instrução aplicável a determinado equipamento, emitido pelo fabricante de cada aeronave.

### a) Reabastecimento por pressão

- o responsável pelo equipamento de contraincêndio;
  - o indicado pelo fornecedor, responsável para permanecer no caminhão-tanque;
  - o responsável pela mangueira e pelo painel de transferência do caminhão;
  - o responsável pela operação da mangueira e do painel de transferência da aeronave.
- Nessa modalidade, o tempo de duração dessas atividades é reduzido, danos ao revestimento da aeronave são eliminados, a chance de contaminação do combustível é nula e a possibilidade de ignição causada pela eletricidade estática é evitada.

No abastecimento por pressão, é fundamental ter a certeza da correta indicação da pressão produzida pelo caminhão-tanque, visto que alguns sistemas de combustível só funcionam acima de determinada pressão mínima (20, 30 psi).

É importante que o sistema de corte automático da aeronave esteja funcionando adequadamente. Ao contrário, pode haver vazamento pelo suspiro, molhando a aeronave e sistemas por pressão, em virtude da velocidade de entrada do combustível ser maior.

### b) Reabastecimento por gravidade

Durante a operação de reabastecimento por gravidade, é importante que a pressão da mangueira abastecedora seja reduzida quando o tanque estiver quase cheio. Isso evita o derramamento de combustível no revestimento da aeronave e, conseqüentemente, no solo. O bico metálico da mangueira de reabastecimento nunca deve ser arrastado no chão para evitar a presença de faíscas e desgaste da ponta do bico. Esse tipo é mais usado em aeronaves de pequeno porte.

Basicamente, tem-se o abastecimento por pressão e por gravidade.

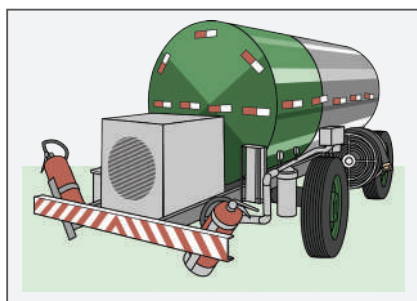


Figura 5 - Carro de destanqueio de 5000 litros de QAV-1

Da mesma forma e cuidado pertinentes aos reabastecimento, deve-se proceder para o **destanqueio** da aeronave, ação de retirar o combustível da aeronave para executar um serviço no sistema, que muitas vezes pode ser feito não diretamente para o caminhão tanque, e sim para outro dispositivo armazenador rebocável, como mostra a Figura 5. É permitido o reaproveitamento do combustível após um período considerável de estocagem, contanto que se façam os testes de praxe antes de usá-lo. Esse procedimento se realiza por pressão, gravidade ou sucção.

Neste caso, mesmo após um período considerável de estocagem, é permitido o reaproveitamento do combustível, contanto que os testes de praxe sejam realizados antes de usá-lo. O destanqueio pode ser realizado por pressão, gravidade ou sucção.

## 2.2 Abastecimentos de óleo nas aeronaves

Em regra geral, o nível de óleo é verificado por ocasião do abastecimento de combustível da aeronave, quando a aeronave retorna do voo. Assim que o motor é desligado, deve-se aguardar um tempo mínimo para o óleo se **decantar**; para alguns motores, o tempo é de 10 minutos. Após esse tempo, verifica-se o nível real existente; para outros, há uma leitura determinada pelo fabricante para o motor considerado quente ou frio. Uma exceção a essa regra se aplica em alguns motores reação, nos quais o fabricante determina um tempo maior, após o corte do motor, para proceder à verificação do nível de óleo. Em todos os casos, o manual específico de procedimento de abastecimento da aeronave deve ser sempre consultado, em que a quantidade e o grau de especificação do óleo são indicados.

Um reservatório de óleo nunca deve ser preenchido até a boca ou acima do nível máximo indicado na vareta ou em indicações externas, como mostram as Figuras 6.A e 6.B, respectivamente. Isso porque o óleo, depois de aquecido ou em grandes altitudes, expande-se, provocando vazamentos internos e externos pelo sistema de alívio.

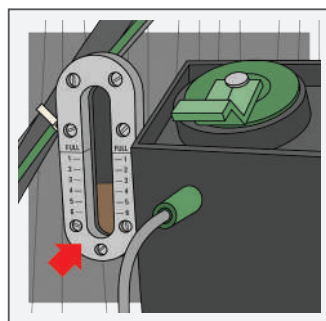


Figura 6.A - Verificação de nível por meio da vareta conjugada com a tampa

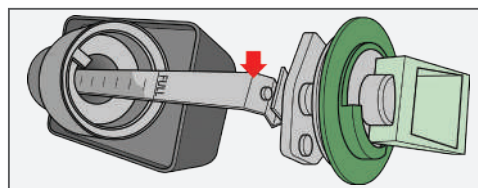


Figura 6.B - Verificação de nível direto por demonstrativo externo

Durante o abastecimento do óleo, devem ser tomados cuidados para que nenhum material estranho adentre no reservatório pelo bocal de abastecimento. E, após o abastecimento, grandes resíduos de óleo não podem ficar acumulados na região do motor, para não alimentar uma situação de fogo ao aquecer o seu giro.



**Destanqueio:** retirada do combustível dos tanques principais ou auxiliares das aeronaves, devolvendo-o ao caminhão ou armazenando-o em tanque.

**Decantar:** ação em que o óleo se deposita no fundo do reservatório ou do cárter do motor.

O manual do fabricante pode especificar e autorizar o uso de mais de um tipo de óleo. Contudo, dois tipos nunca podem ser utilizados simultaneamente no mesmo motor. Para trocar o tipo de óleo, é imprescindível drenar completamente aquele que está no motor e, somente depois, usar o outro. Outro fator importante é atentar para o correto fechamento da tampa no bocal de reabastecimento para que ela fique bem fechada e travada na sua sede (Figura 6.B). Em muitos casos, há uma posição determinada da tampa que resiste à incidência do vento relativo e neutraliza a chance de abri-la em voo; mesmo na nacele do motor, há uma atuação dos ventos que auxiliam na refrigeração do compartimento. Se tal fato ocorrer, o motor atingirá um grau tão alto de temperatura que deverá ser cortado em voo.

## 2.3 Abastecimentos de sistemas de oxigênio

O manual de manutenção específico da aeronave determina o tipo de equipamento adequado a ser empregado neste procedimento. Além disso, traz orientações sobre o estado do oxigênio usado (líquido ou gasoso). Este tipo de abastecimento nunca deve ser efetuado se houver dúvidas sobre o estado de oxigênio a ser usado, a sequência da tarefa, a localização na aeronave e a confiabilidade dos equipamentos.

A RBAC nº 135, de 25/8/2010, fornece algumas das diretrizes sobre o uso de oxigênio. A seção 135.157 enuncia os casos em que a aeronave deve ter o sistema de oxigênio disponível (2010, p. 52). Somente oxigênio rotulado como oxigênio para uso aeronáutico, que cumpre a especificação federal BB-O-925A, tipo A ou equivalente, pode ser usado em sistemas de respiração de aeronaves. Têm-se ainda os casos regulamentados no RBAC mencionado sobre uso do oxigênio medicinal.

Dependendo da aeronave, dois técnicos em contato constante são necessários para abastecê-la com oxigênio gasoso. Um deles opera as válvulas do carrinho abastecedor de oxigênio, enquanto o outro observa e controla a pressão no sistema da aeronave.

Uma aeronave nunca pode ser abastecida com oxigênio e com combustível simultaneamente, nem durante outro procedimento de manutenção, haja vista o risco de explosão. O oxigênio compõe e catalisa o fogo.

### Os perigos do oxigênio

O abastecimento com oxigênio nunca deve ser realizado dentro do hangar, mas ao ar livre, de modo a não haver concentração do gás. Quanto mais concentrado e confinado no ambiente mais potencializado para qualquer tipo de fonte de calor, provocando um fogo robusto e difícil de combater.

Atualmente, a presença de oxigênio em aeronaves é bastante intensa em função dos equipamentos customizados para o segmento aeromédico. Além disso, as aeronaves voam

grandes altitudes e contam com a possibilidade de uma despressurização indesejada. Assim, o técnico em manutenção deve ter uma boa noção sobre o manuseio do oxigênio.

As ferramentas usadas nos procedimentos devem ser exclusivas, nunca compartilhadas com outros setores envolvidos na manutenção. Caso haja necessidade imperiosa de se compartilhar ferramentas, é indispensável que se faça uma descontaminação profunda para a remoção de qualquer porção de graxa, óleo ou afins.

Embora o oxigênio gasoso seja estável e não inflamável, materiais combustíveis tendem a se queimar mais rápido com a atmosfera rica em oxigênio. Além disso, oxigênio combinado com óleo ou graxa formam uma mistura explosiva. Falhas ou danos em mangueiras, válvulas ou cilindros de oxigênio podem resultar em uma ruptura explosiva.

Por possuir temperatura extremamente baixa, o oxigênio líquido causa graves queimaduras se estiver em contato com a pele. Mesmo usando um equipamento de proteção individual (EPI), o cuidado é crucial.

Quanto ao EPI, é importante estar trajado de acordo para se manusear o produto. Para produtos líquidos, deve-se observar o uso de luvas de couro, avental de couro, protetor facial de acrílico e roupas de manga comprida. Mesmo para o oxigênio gasoso, aconselha-se o uso de protetor.

Não se pode esquecer da questão do aterramento (Figuras 7.A e 7.B) semelhante ao que ocorre com o abastecimento de combustível. Este procedimento é necessário para prevenir quanto à atuação da energia estática, havendo uma equalização das energias de todos os equipamentos envolvidos no ato.

Deve-se ter especial atenção sobre o transporte do carrinho abastecedor (velocidade e condições gerais de manutenção) demonstrado na Figura 7.A. As Figuras 7.A e 7.B ilustram dois carrinhos de oxigênio gasoso.

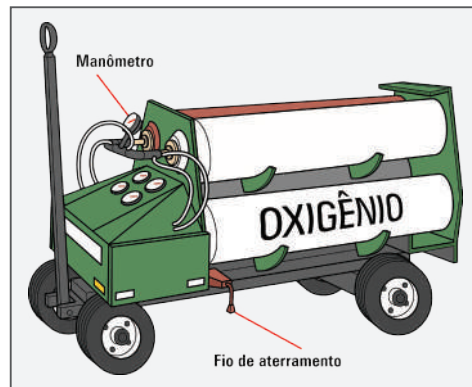


Figura 7.A - Carrinho rebocável

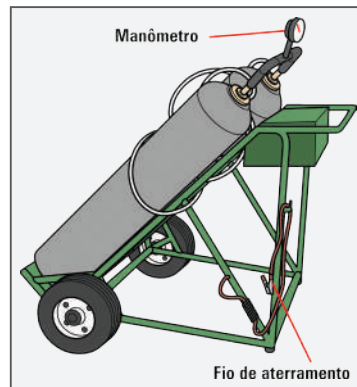


Figura 7.B - Carrinho manual

Como é possível notar, os cilindros devem estar bem fixados e em bom estado de conservação; existem aspectos ligados à corrosão que comprometem a estrutura interna do cilindro de modo a torná-lo perigoso em razão de uma explosão, visto que ele trabalha com grandes pressões.

Em relação ao manômetro, é preciso verificar se a calibração está adequada para que a indicação de pressão seja absolutamente confiável. A indicação errada pode causar explosão e ferir quem está nos arredores. As mangueiras devem estar bem alojadas para não caírem durante o transporte. As ferramentas precisam de verificação para identificar aquelas que provocam faíscas e as que estão sujas, uma vez que não devem ser utilizadas.

## Resumindo

O abastecimento de combustível nunca deve ocorrer em hangares ou ambientes fechados, mas em área aberta, ventilada, segura e em condições mínimas de prevenção contra incêndios: um extintor adequado à classe dos combustíveis e uma pessoa habilitada a manuseá-lo. Nenhum trabalho ou ato que produza centelha pode ser realizado em uma distância menor que 30 metros do procedimento. Um cuidado especial refere-se à qualidade do combustível fornecido pelas empresas. Existem testes rápidos de detecção de água.

Os motores funcionam com uma variedade de marcas de óleos lubrificantes, aprovadas pelo fabricante, mas que não devem ser misturadas. O abastecimento não deve ir além do bocal ou da indicação na vareta, em decorrência das dilatações – provocadas pela variação de temperatura, que geram um escoamento para a parte externa do sistema de lubrificação por meio do suspiro. Tal escoamento pode sujar a aeronave e depositar óleo em áreas críticas, próximas ao motor, criando um potencial início de fogo. O oxigênio, rotulado para uso aeronáutico, deve cumprir a especificação federal BB-O-925A tipo A ou equivalente. Devem ser observados os procedimentos corretos relacionados à prevenção contra o fogo, ao aterramento.





# Capítulo 3

## Procedimentos diversos

Há inúmeros procedimentos que integram a rotina do técnico em manutenção de aeronaves. Esses procedimentos pressupõem conhecimentos fundamentais para o bom desempenho do profissional nas ações de mantenedor, uma vez que versam sobre a segurança de voo e do trabalho durante a manutenção e o comportamento correto na área operacional para movimentar a aeronave e conduzi-la com observância às marcações auxiliares que existem nos aeródromos.

Em função do alto grau de ruídos nos aeródromos, os gestos padronizados e os sinais convencionais são um meio de comunicação eficaz para transmitir mensagens no processo de apoio à manutenção em solo.

### 3.1 Segurança na manutenção

É fundamental que o técnico em manutenção ajude a edificar e a seguir uma doutrina pautada na segurança, na revisão e no aperfeiçoamento dos procedimentos. Deve ser mantido pelos gerentes de manutenção um zelo na supervisão (inspetor) dos serviços executados, atentando para os relatos de comprometimento da segurança de voo e do trabalho.

Os técnicos também devem seguir, rigorosamente, as publicações técnicas emitidas pelos fabricantes de qualquer equipamento em uso na manutenção, ajudar a fazer o controle de qualidade das condições de trabalho da equipe e das ferramentas empregadas, garantir a sequência de trabalho, a organização e a limpeza. Devido à necessidade da continuidade dos serviços, a troca de equipe de manutenção faz-se necessária, mas deve ocorrer sem comprometer a sequência dos trabalhos. A equipe que finalizar o serviço deverá manter o ambiente limpo, com as ferramentas guardadas (controladas na ferramentaria) e as tarefas executadas devidamente registradas na documentação pertinente com clareza para que a equipe que venha a assumir os serviços possa dar continuidade aos trabalhos. Após o término dos serviços, a área deverá estar livre de equipamentos de apoio como ferramentas, fiação, bancadas para não atrapalhar a circulação de aeronaves e pessoas.

#### 3.1.1 Faixas de segurança

As faixas de segurança, em pátios de estacionamento de aeronaves, têm por finalidade orientar, organizar e proteger operadores e passageiros, agilizando os trabalhos de pista e a movimentação de passageiros.

Os aeroportos de grande porte possuem invariavelmente faixas indicativas pintadas no solo sinalizando áreas de circulação de reboques, caminhões de abastecimento, táxi de aeronaves e circulação de passageiros com as velocidades previstas para os veículos. Nos hangares também

existem faixas para orientar a trajetória das aeronaves rebocadas, o posicionamento de fontes de força, de macacos, de cavaletes, de extintores. As faixas auxiliam a movimentação segura de entrada e saída de aeronaves dos seus locais de estacionamento, evitando colisões.

A sinalização do aeródromo é fundamental para que todos os seus espaços sejam aproveitados e otimizados. Assim, uma posição de estacionamento destinada para grandes aeronaves, em um determinado momento, pode acomodar mais de uma aeronave de forma simultânea, se esta for menor, em momento posterior, utilizando-se linhas de orientação secundárias. As posições criadas são comumente chamadas de em caixa baixa. Contudo, em todos os casos, a linha de orientação principal deve ser designada para a aeronave que mais utiliza a posição.

### 3.1.2 Fios de força

Os fios ou cabos de força são condutores de energia elétrica utilizados para levar a energia além da sua fonte até o limite do seu comprimento. Podem ser aplicados para alimentar a aeronave, equipamento de apoio no solo, lâmpadas. Os fios de força devem ser robustos, do tipo industrial, resistentes a impactos, flexão e corrosão. Para que conservem a durabilidade e sejam seguros, alguns cuidados devem ser tomados.

- a) Todas as lâmpadas ligadas aos fios devem ser à prova de explosão, com resistência elétrica adequada e que gere o mínimo calor.
- b) Os equipamentos que usam os fios de força devem permanecer desligados quando há conexão ou desconexão dos fios ao *plug* de energia. Esta medida é necessária para evitar o **arco voltaico** ou uma centelha entre o fio e a tomada de força.
- c) O técnico nunca deve operar com os fios de força sobre quaisquer equipamentos, como fonte de força, bancadas e, principalmente, aqueles que produzem calor ou têm boa condutividade no seu revestimento.
- d) Durante o uso, o fio tem de ser mantido esticado. Ao término do serviço, deve ser enrolado apropriadamente e removido do local de trabalho, evitando que alguma pessoa tropece ou que o fio enrosque-se em outro equipamento.
- e) Os fios não devem ficar próximos à saída de arrefecimento de equipamentos ou de escapamentos de motores a combustão, em virtude do calor, que pode causar a perda ou enfraquecimento de seu revestimento.
- f) Nenhum equipamento pesado pode ficar sobre os fios para não rompê-los internamente. A ruptura pode causar alterações de corrente, aquecimento excessivo e perda do fio.
- g) A especificação de amperagem e tensão estampadas nos cabos devem ser observadas e adequadas ao trabalho a ser executado, visto que podem resultar em um aquecimento excessivo e deflagrar fogo.

### 3.1.3 Poças de óleo ou de graxa

Durante a manutenção de uma aeronave, óleo, graxa e outros resíduos podem vaziar e cair no chão do hangar ou da oficina, formando poças. Neste caso, as poças devem ser removidas imediatamente ou cobertas com material absorvente, pois os vapores emitidos podem alimentar um incêndio.



**Arco voltaico:** arco elétrico provocado pela súbita ruptura de dois corpos com potencial elétrico. Ao puxar da tomada, o fio gera uma faísca.

Além disso, algum membro da equipe pode escorregar e gerar um acidente de trabalho.

Para evitar vazamentos durante a manutenção, bandejas coletoras devem ser bem posicionadas de modo que colham os resíduos. Tão logo o serviço termine, a bandeja deve ser removida do local e o fluido coletado em recipiente adequado para reciclagem ou encaminhado à estação de tratamento de produtos químicos.

Os fluidos nunca devem ser derramados em ralos de assoalho, pois os vapores gerados podem desencadear fogo, mediante qualquer centelhamento, ou contaminar o subsolo. Devem ter um destino e tratamento especializado por empresa do ramo.

### 3.1.4 Troca de pneus de aeronaves no pátio de estacionamento

A realização da troca de pneus no pátio de estacionamento ou na linha de voo exige um bom planejamento, fundamentado no manual de instrução específico do fabricante. Entretanto, alguns procedimentos básicos são fundamentais.

- a) Isolar a área e calçar as rodas que não serão trocadas.
- b) Encaixar o macaco no ponto de levantamento.
- c) Levantar a aeronave apenas o suficiente para a realização do serviço a ser executado.
- d) Com a aeronave parcialmente suspensa e devidamente apoiada, remover a roda completa. Após a remoção, instalar a roda completa.

Como o pneu é montado em uma oficina, no cubo de rodas, e depois segue para a pista, pronto para ser colocado, é importante que a calibragem seja conferida apenas no ato da instalação. Se for preciso calibrar, não é necessário o uso da gaiola de segurança. O pneu é enchido com nitrogênio que, além de não permitir o aumento significativo de temperatura, não varia a pressão.

## 3.2 Ancoragem de aeronaves

A ancoragem é um procedimento de fixação da aeronave no chão por meio de amarras feitas com cordas apropriadas. Na maioria dos aeródromos, isso é facilitado pela existência de pátios concretados, com a instalação de argolas, as quais ficam niveladas com o piso (situação ideal), ou menos de uma polegada acima do nível do piso. A localização dos pontos é geralmente indicada, ou por marcas pintadas em branco, ou em amarelo, ou circundando o ponto de ancoragem com pedra moída. É adotado quando a aeronave pernoita em pátios de estacionamentos.

O tipo de amarração será determinado pelas condições meteorológicas (severa, moderada) previstas ou em andamento para o local. Em condição de clima normal, pode ser dispensada a necessidade de amarração ou esta seguirá um padrão simples. Mas em condições severas, utiliza-se uma amarração especial.

### 3.2.1 Procedimento normal de ancoragem

Após o último voo do dia em regiões com instabilidade meteorológica, aeronaves pequenas precisam ser ancoradas, a fim de evitar danos em caso de mudanças climáticas repentinas. Assim, sempre que possível, as aeronaves devem ser posicionadas de frente para o vento predominante. De forma geral, os boxes dos aeródromos são construídos, levando-se em conta a posição do vento predominante na região e, caso sejam de concreto, possuem argolas de amarração. Em condições normais, usa-se uma amarração limitada ou normal. Se houver notificação de tempestades, deve-se utilizar uma amarração especial para a condição esperada.

Em condição de chuva, a corda utilizada para a ancoragem fica molhada e sofre um encolhimento. Por esse motivo, com a finalidade de evitar tensões que causem danos à aeronave, uma folga, de uma polegada entre os pontos de fixação, deve ser mantida. A folga excessiva também pode causar danos, pois permite o movimento exagerado da aeronave e, conseqüentemente, trancos indesejáveis. O nó usado não deve permitir o deslizamento da corda e, ao mesmo tempo, deve facilitar a sua rápida remoção.

As rodas sempre devem ser calçadas, tanto na frente quanto atrás. Muitas aeronaves grandes e médias possuem equipamentos de **bloqueio de superfícies** de comando.



**Bloqueio de superfície:** material de apoio que serve para travar as superfícies de comando de voo.

### 3.2.2 Pontos para amarração

Todas as aeronaves possuem pontos de amarração, em locais estipulados pelo fabricante, como pode ser observado na Figura 8.A.

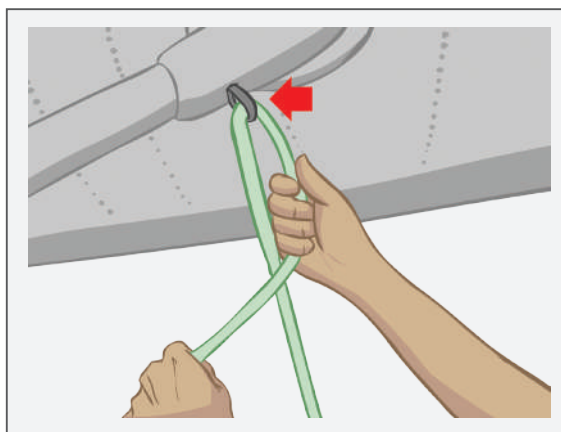


Figura 8.A - Ponto de amarração na asa da aeronave

Os pátios de concreto para estacionamento possuem, em sua maioria, argolas fixadas no solo para proceder à ancoragem, como nas Figuras 8.B e 8.C.

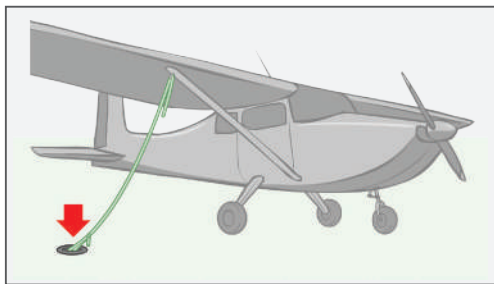


Figura 8.B - Pontos de amarração no chão

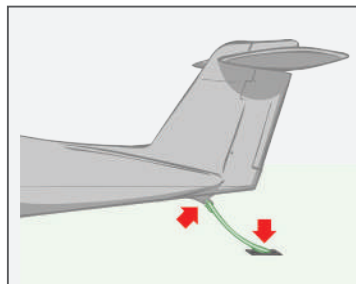


Figura 8.C - Pontos de amarração na cauda e no chão

### 3.2.3 Meios empregados

São vários os meios utilizados para a amarração de uma aeronave no solo. Podem ser usadas cordas (Figura 8.B), correntes, cabo de aço e diversos tipos de esticadores.

Hoje, um dos meios mais empregados é o tipo carretel com catraca (semelhante às fitas de amarração de carga). A aplicação correta dependerá se a aeronave é leve ou pesada, e o que preconiza o manual de procedimento específico do fabricante.

### 3.2.4 Ancoragem de aeronaves leves

Nas aeronaves leves, a ancoragem em geral é feita com cordas, amarradas em pontos da aeronave e no solo.

Como mencionado, a folga, de uma polegada, na corda de amarração, deve ser observada. Se a corda ficar muito esticada, pode danificar a estrutura e, se ficar muito frouxa, pode permitir o movimento e o tranco da aeronave, danificando suas asas. Outro aspecto importante é que os nós, usados para a amarração, devem ser antiescorregadios e fáceis de serem desatados.

As aeronaves que não possuem argolas de amarração nas asas devem ser ancoradas de acordo com o manual de instrução do fabricante. A sequência de confecção dos nós está representada na Figura 9.A, o nó de arco; e o nó quadrado, na Figura 9.B.

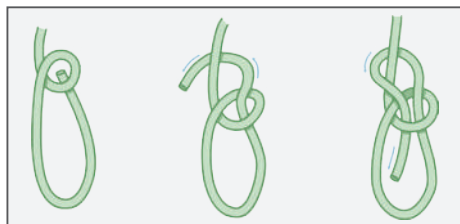


Figura 9.A - Nó de arco

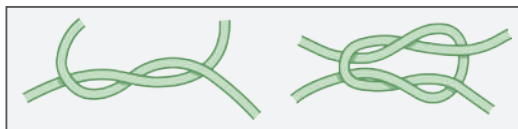


Figura 9.B - Nó quadrado

### 3.2.5 Segurança de aeronaves pesadas

A ancoragem de aeronaves pesadas requer cordas ou cabos. As condições meteorológicas previstas para o local determinam a quantidade de cabos ou de cordas a serem utilizadas na amarração.



Figura 10 - Bandeira de travamento dos comandos

Fonte: Foto do autor/ © Larri Francisco da Silva.

Algumas aeronaves possuem travas de superfície de comando de voo. A Figura 10 mostra o dispositivo usado para o travamento.

No caso da aeronave apresentada na Figura 10 (seta vermelha), o travamento do ailerão e do profundor ocorre simultaneamente. Isso faz com que as superfícies não se choquem ou fiquem suscetíveis à atuação de alguma força aerodinâmica que mude a posição da aeronave. Porém, existem diferentes formas e tipos de travas de superfície. É importante destacar que, se estiver ventando, as travas devem ser usadas para evitar que as superfícies movimentem-se bruscamente.

De maneira geral, a ancoragem de aeronaves pesadas requer alguns procedimentos básicos.

- Estacionar a aeronave, sempre que possível, com o nariz voltado para o vento predominante.
- Instalar as capas de proteção e as travas de controle.
- Calçar as rodas da frente e de trás da aeronave.

Na amarração, são usados cabos de ¼” ou cordas de sisal de 1 ½”. A Figura 11 ilustra outro ponto de amarração de uma aeronave de porte médio.

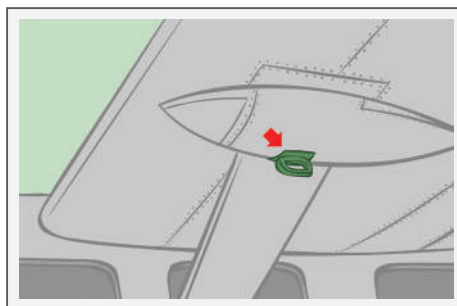


Figura 11 - Ponto de Amarração

### 3.2.6 Ancoragem de aeronaves em condições de tempestade

No caso de previsão de tempestade, o procedimento mais adequado é guardar a aeronave nos hangares. Se isso não for possível, a alternativa é providenciar uma ancoragem perfeita, adotando os procedimentos enumerados a seguir.

- Bloquear ou cobrir as entradas e as saídas de ar das turbinas e dos motores convencionais para evitar o dano causado por objetos estranhos (FOD, do inglês *foreign object damage*).
- Travar as superfícies de comando.
- Cobrir, com as respectivas capas, os tubos de *pitot* e as tomadas de pressão estática, a fim de evitar danos no sistema anemométrico.



**Ailerão:** superfície primária de comando de voo, acionada pelo manche, que faz o avião girar ao redor do seu eixo longitudinal, permitindo os movimentos de rolamento e de inclinação.

**Profundor:** superfície primária de comando de voo, acionada pelo manche, que faz o avião girar ao redor do seu eixo transversal ou lateral. Permite o movimento de cabrar e de picar (subir e descer).

**Pitot:** sensor de pressão dinâmica e estática para alimentar o sistema anemométrico da aeronave.

**Anemométrico:** sistema que mede as pressões estática e dinâmica, por meio dos tubos de pitot e das tomadas estáticas, advindas do ar de impacto. Conduz informação para dispositivos dos instrumentos de voo denominados variômetro, altímetro, velocímetro.

A equipe deve estar familiarizada com os procedimentos de ancoragem, específicos da aeronave, contidos no manual de instrução do fabricante. No manual é possível encontrar as informações adequadas sobre as cordas, as instalações de anéis de amarração, o limite de peso suportado e a velocidade do vento que pode influir na amarração.

Contudo, diante da previsão de vendavais, os procedimentos indicados no manual devem ser complementados. Neste caso, uma fileira de sacos de areia amarrados ou pranchas, simulando *spoilers*, devem ser colocados sobre o bordo de ataque, ao longo das asas, a fim de reduzir a força de sustentação. Este procedimento altera a situação aerodinâmica da asa, diminuindo sua sustentação, de modo que não atinja a sua velocidade de decolagem.

### 3.2.7 Segurança de aeronaves multimotoras

Uma aeronave leve requer o uso de fita ou de corda de amarração resistentes para suportar uma força de 4.000 libras (1.814 kg) em cada ponto. Em aeronaves pesadas, esta capacidade deve ser muito maior. Atualmente, em razão do uso de *turbina livre*, em algumas aeronaves turboélices, os bloqueios da entrada dos motores trazem, de forma articulada, uma amarração compatível, que não permite o livre giro das hélices provocado pelo vento.

### 3.2.8 Segurança de helicópteros

Se ventos fortes são antecipados pela previsão meteorológica, com o helicóptero estacionado em campo aberto, as pás do rotor principal devem ser amarradas. Os métodos de amarração podem variar conforme as condições meteorológicas esperadas, o tempo de previsão para a aeronave permanecer no solo e as características do equipamento. Helicópteros, se bem ancorados, podem suportar ventos com velocidade de até 65 milhas por hora (mhp).

Os procedimentos para ancoragem de helicópteros são semelhantes aos descritos para as aeronaves. Porém, é importante destacar alguns aspectos, enumerados a seguir.

- a) Se possível, retrain as rodas dos *skids* ou remover as rodas de apoio.
- b) Estacionar o helicóptero contra o vento predominante previsto e longe de outras aeronaves, na distância da pá, por cautela.
- c) Adotar cuidados com o rotor de cauda, visto que, normalmente, tem um dispositivo de travamento próprio.
- d) Usar calços nas rodas, travas nos comandos, cordas para a ancoragem, capas, amarrações de pás, conjuntos de ancoragem, freios de estacionamento (quando aplicável) e freios do rotor.

### 3.2.9 Segurança de hidroavião e de aeronaves com esqui

As aeronaves montadas sobre flutuadores ou esquis são mantidas em segurança quando amarradas em âncoras ou em pesos submersos na água ou no gelo. Em caso de tempestade, os flutuadores podem ser inundados até o ponto permitido na ordem técnica do avião, aumentando o seu peso e dando maior estabilidade na superfície aquática ou terrestre.



**Spoilers:** superfícies secundárias que alteram a sustentação na asa do avião.

Mudam a sustentação, a inclinação lateral e o arrasto.

**Turbina livre:** denominação que recebem alguns motores turboélices em razão de uma característica específica em relação à disposição das turbinas. O motor possui dois eixos independentes, cada um com uma turbina, de modo que um à hélice; o outro, é ligado ao motor.

**Skids:** termo em inglês usado para os tipos de trens de pouso fixos dos helicópteros, sem rodas. Semelhantes a um patim; é sobre eles que a aeronave pousa na vertical (VTOL), sem correr na pista.

Hidroaviões ancorados ao solo possuem menos chance de serem danificados em razão de se poder proporcionar à aeronave uma maior estabilidade no enfrentamento de condições meteorológicas adversas. Na água sempre existirá instabilidade pela movimentação incessante do líquido.

A aeronave com esqui pode ser protegida com a formação de blocos de neve em torno dos esquis para congelá-los, auxiliando a ancoragem. Os pontos variam, conforme as especificidades do avião.

### 3.3 Movimentação da aeronave

A equipe que movimenta as aeronaves deve possuir treinamento adequado, pois precisa saber, de forma segura, como e onde manobrá-las, visto que cada uma tem o seu grau de curvatura e o seu tipo de freio.

Para tanto, é fundamental:

- conhecer e obedecer às marcas e sinalizações do percurso;
- ter habilitação para dirigir o trator de reboque;
- respeitar a velocidade de reboque, uma vez que os **garfos** podem romper o pino de engate se submetidos a grandes vibrações ocasionadas pelo excesso de velocidade.

A ruptura do pino de engate exige uma ação imediata no sentido de aplicar os freios da aeronave. Em caso de emergência, um técnico, necessariamente, deve estar sempre na cabine para este fim.

#### 3.3.1 Reboque de aeronaves, generalidades e cuidados

A RBAC 156, na seção 156.1, item 47, define reboque como sendo “qualquer deslocamento de aeronave por meio de equipamento auxiliar, sendo o *pushback* um tipo desta operação” (BRASIL, 2012, p. 6).

Na prática, após a fixação do garfo na aeronave e no trator, também conhecido como mula ou unidade rebocadora de aeronaves (URA), o calço deve ser retirado e, somente após o OK do operador (sinalização positiva), o reboque pode ser iniciado. Dependendo do aeródromo, há necessidade do uso de um rádio portátil de comunicação, entre outras medidas adaptáveis à complexidade da aeronave, das circunstâncias e do local.

De modo geral, a atividade de reboque demanda uma equipe formada por quatro profissionais: um tratorista, dois balizadores de ponta de asa (um em cada asa) e o técnico de cabine (pronto para acionar os freios em casos emergenciais). Há, também, a necessidade de um coordenador, que pode ser um dos membros da equipe citada. A Figura 12 ilustra o trabalho da equipe de reboque.

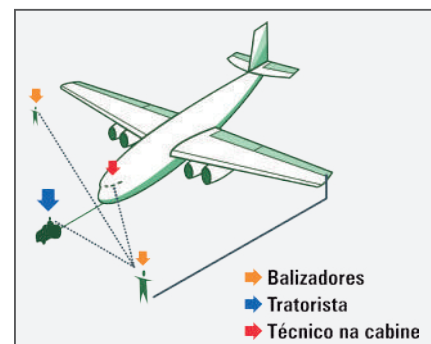


Figura 12 - Disposição do pessoal no reboque



**Garfos:** são barras de pequeno porte, semelhantes a um cambão que se articula na roda do nariz das aeronaves de pequeno porte para movimentá-las em solo sem necessitar do trato.

**Pushback:** termo em inglês empregado para a operação de deslocamento da aeronave, por equipamento auxiliar, da parada à posição em que possa se deslocar por meios próprios.



É fundamental que toda a equipe zele pela segurança no trajeto: avalie o distanciamento de outras aeronaves no hangar ou na linha de voo, respeite a velocidade indicada pelos balizadores e não permita que pessoas fiquem entre o trator e a aeronave. Assim, colisões e situações de emergência são evitadas.

A velocidade de reboque deve ser a mais moderada possível. Se ocorrer em local não pavimentado, o tipo de solo e o peso da aeronave devem ser considerados, a fim de evitar atolamento. Importante destacar que alguns modelos de aeronaves não podem trafegar em pistas que não sejam asfaltadas.

Entretanto, a maioria dos pátios é pavimentada e sinalizada com faixas pintadas no solo, orientando o tratorista em relação à posição ideal para o deslocamento da aeronave. Somente pessoas qualificadas podem realizar a tarefa de taxiar a aeronave de um ponto ao outro da linha de voo.

Aeronaves pequenas podem ser rebocadas manualmente com garfos manuais. Para tanto, a área na qual o esforço é exercido, para empurrar e proporcionar o deslocamento da aeronave, deve ser observada. A aeronave nunca pode ser empurrada pelas superfícies móveis, uma vez que possui símbolos de indicação de locais para este fim.

Apesar de os garfos serem projetados para suportar carga de tração, não possuem a mesma resistência em caso de torção. Por isso, toda a manobra deve ser feita com muito cuidado, velocidade moderada e devida atenção aos possíveis desníveis no caminho. A aplicação dos freios no trator e na aeronave também deve ser considerada, uma vez que paradas bruscas do trator geram uma diferença de tensão e podem causar danos ou soltar o garfo.

Existem garfos específicos para cada modelo de aeronave, que devem ser inspecionados, tanto na aeronave quanto no trator de reboque, para verificação de desgastes e de fixações efetivas. Garfos especiais são projetados e fornecidos pelo fabricante da aeronave, variando o grau de fixação de acordo com o modelo da aeronave. Por exemplo: uma aeronave que possui trem de pouso do tipo **triciclo** é rebocada pela **perna de força** do trem do nariz.

Em situações de reboque noturno, alguns procedimentos complementares devem ser adotados, tais como:

- acender as luzes externas da aeronave, a navegação, o strobo ou anticolisão;
- portar lanternas sinalizadoras (bastões de sinalização);
- trajar coletes **catadióptricos**.

Além disso, o trator deve estar com a iluminação em dia e o percurso ser o mais iluminado possível.

Há diversas outras recomendações gerais, que devem ser obedecidas, no Capítulo 11 do manual de matérias básicas do Instituto de Aviação Civil (IAC). Neste manual são encontrados procedimentos típicos e comuns que fazem parte da tarefa de reboque. Porém, mais uma vez destaca-se a importância do rigoroso cumprimento às recomendações contidas no manual do fabricante, pois cada modelo de aeronave possui suas especificidades, como, por exemplo, o grau de inclinação lateral da roda.



**Triciclo:** é um dos tipos mais comuns de trem de pouso de aeronave atualmente, disposto com uma roda no nariz e outras duas na porção média da fuselagem.

**Perna de força:** parte integrante e na extensão do conjunto de trem de pouso, localizada entre a ligação do trem com a fuselagem e o cubo de roda.

**Catadióptrico:** dispositivos refletores de luz colocados ao longo de pistas, *taxiway*, equipamentos de apoio no solo ou de proteção individual.

### 3.3.2 Sinais convencionais até o estacionamento e de táxi

Após o pouso, em complementação às informações contidas nas cartas de aeródromo e àquelas fornecidas pela torre de controle, as aeronaves necessitam de orientação no solo para deslocar-se até o *box de estacionamento* desejado pelo pessoal de terra. Para que a orientação no solo ocorra com segurança, foi criado um conjunto de sinais, composto por indicações pintadas no solo, placas, luzes e gestos.

Ao longo do pátio, na *taxiway*, na área de circulação de veículos e nos boxes de estacionamento para aeronaves, há uma variedade de sinais no chão e placas de indicação de velocidade.

Os sinais gestuais de comunicação, mesmo aqueles acompanhados de raquetes, lanternas ou bastões iluminados, foram padronizados pela *Federal Aviation Administration (FAA)* e, portanto, têm o mesmo significado em qualquer aeródromo do mundo. Esses sinais são emitidos por profissionais chamados de sinaleiros. Conforme padrão, os motores são numerados da direita para a esquerda do sinaleiro, que deve se posicionar de frente para a aeronave.

Alguns dos sinais mais importantes emitidos pelos sinaleiros estão listados e ilustrados a seguir.

- a) Para continuar sob orientação do sinaleiro - o sinaleiro deverá manter um braço abaixado junto ao corpo, e, com o outro levantado, executar movimentos laterais (Figura 13).
- b) *Box* livre - diante do *box*, o sinaleiro manterá os dois braços erguidos acima da cabeça, na posição vertical e com as palmas das mãos voltadas para dentro (Figura 14).
- c) Prossiga para o próximo sinaleiro - braço direito ou esquerdo estendido junto ao corpo, e o outro estendido transversalmente ao corpo, indicando a posição do próximo sinaleiro (Figura 15).
- d) Prossiga em frente - com os braços um pouco separados e as palmas das mãos voltadas para trás, mover os braços repetidamente para cima e para trás até a altura do ombro (Figura 16).
- e) Gire para a direita - braço esquerdo estendido junto ao corpo e o direito movendo-se para cima e para trás (Figura 17).
- f) Gire para a esquerda - braço direito estendido junto ao corpo e o esquerdo movendo-se para cima e para trás. A rapidez do movimento do braço indica a velocidade do giro (Figura 18).
- g) Pare - cruzam-se os braços acima da cabeça e na altura dos pulsos. Quanto mais rápido o movimento, mais brusca deve ser a parada (Figura 19).
- h) Acionar freios - elevar os braços com as palmas das mãos voltadas para frente com os dedos estendidos e, em seguida, cerrar os punhos (Figura 20).
- i) Soltar freios - elevar os braços com os punhos cerrados horizontalmente. Em seguida, estender os dedos (Figura 21).
- j) Calços colocados - braços para baixo com a palma das mãos voltadas para dentro, mãos fechadas e polegares estendidos, movimentar os braços para o centro do corpo horizontalmente (Figura 22).
- k) Calços removidos - braços para baixo com a palma das mãos voltadas para fora e polegares estendidos, movimentar os braços horizontalmente de dentro para fora do corpo (Figura 23).



**Box de estacionamento:** local reservado a uma aeronave, no pátio de estacionamento, devidamente marcado no chão.

**Taxiway:** termo em inglês para fazer referência à trajetória definida, em terra, no aeródromo. É estabelecida para o deslocamento em solo e/ou manobra de aeronaves, tendo como principal função oferecer ligações entre as posições de estacionamento e as pistas de pouso e decolagem.

**FAA:** sigla para *Federal Aviation Administration*. Instituição americana responsável pela segurança e regulamentação da aviação civil em muitos países.

- l) Partida dos motores - braço esquerdo erguido, estender o dedo conforme o número do motor a ser acionado. Com a mão direita acima da cabeça e o dedo indicador estendido, executar movimentos circulares (Figura 24).
- m) Cortar motor - mantendo o braço esquerdo junto ao corpo, erguer o braço direito até a altura do pescoço com a palma da mão voltada para baixo. Mover a mão para a esquerda e para a direita mantendo o braço dobrado (Figura 25).
- n) Reduzir velocidade - braços para baixo e a mão voltada para o solo, movimentar os braços para cima e para baixo várias vezes (Figura 26).
- o) Recue - braços estendidos ao longo do corpo e a palma das mãos voltadas para frente, mover os braços para frente e para cima repetidamente até a altura do ombro (Figura 27).



Figura 13 - Orientação do sinaleiro



Figura 14 - Box livre



Figura 15 - Próximo sinaleiro



Figura 16 - Prossiga em frente



Figura 17 - Gire para a direita



Figura 18 - Gire para esquerda

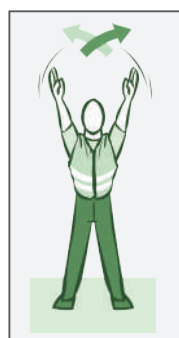


Figura 19 - Pare



Figura 20 - Acionar freios



Figura 21 - Soltar freios



Figura 22 - Calços colocados



Figura 23 - Calços retirados



Figura 24 - Partida dos motores



Figura 25 - Cortar motor

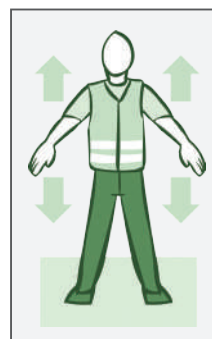


Figura 26 - Reduzir velocidade



Figura 27 - Recue

Para a orientação de helicópteros, têm-se os seguintes sinais básicos:

- a) Suba - braços estendidos na horizontal e com as mãos voltadas para cima, mover os braços para cima (Figura 28).
- b) Desça - braços estendidos na horizontal e a palma das mãos voltadas para baixo, mover os braços para baixo (Figura 29).
- c) Deslocamento horizontal - com um braço estendido horizontalmente no sentido do deslocamento, mover o outro na frente do corpo na mesma direção (Figura 30).
- d) Pause - posicionar os braços cruzados e estendidos para baixo na frente do corpo (Figura 31).



Figura 28 - Suba



Figura 29 - Desça

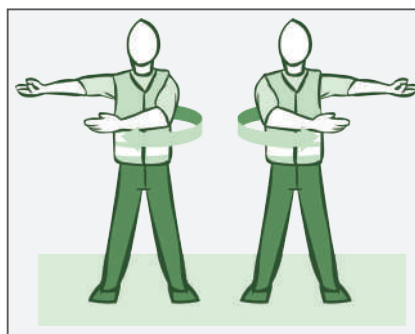


Figura 30 - Deslocamento horizontal



Figura 31 - Pause

Os sinais noturnos seguem o mesmo padrão que os diurnos, com exceção do sinal de PARE, que é realizado pelo cruzamento das lanternas (com a extensão de tubos alaranjados) formando um X à frente e acima da cabeça.

Na Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) nº 100-12/2013, estão descritos os sinais mencionados e outros típicos empregados pelo piloto da aeronave, em seu posto de pilotagem, para o sinaleiro. Estes sinais são executados pelo piloto com as mãos bem visíveis e iluminadas, quando necessário, para a perfeita observação do sinaleiro e comunicação entre ambos.

Alguns sinais importantes emitidos pelos pilotos são listados a seguir.

- a) Freios acionados: levanta o braço e a mão com os dedos estendidos horizontalmente adiante do rosto. Em seguida, cerrar o punho.
- b) Freios soltos: levanta o braço, com o punho cerrado horizontalmente adiante do rosto. Em seguida, estende os dedos.
- c) Colocar calços: braços estendidos, palmas das mãos para fora, move as mãos para dentro, cruzando-as adiante do rosto.
- d) Retirar calços: mãos cruzadas adiante do rosto, palmas das mãos para fora, move os braços.
- e) Pronto para dar partida nos motores: levanta o número apropriado de dedos da mão, indicando o número do motor a ser acionado.

### 3.3.3 Equipamento de apoio ao solo e de proteção individual

Equipamento de apoio ao solo é toda a ferramenta utilizada para realizar um serviço em uma aeronave no solo, seja no hangar ou no pátio de estacionamento. Tais equipamentos não podem ser improvisados. Nos manuais de manutenção, são encontrados aqueles homologados para uso na aeronave. Equipamentos de apoio ao solo não podem ser confundidos com EPIs, pois possuem finalidades distintas.

A Norma Reguladora nº 6 afirma que “equipamento de proteção individual (EPI) é todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho” (BRASIL, 2010, p. 1).

Tal definição é acolhida no RBAC nº 156 e complementada no RBAC nº 153. Sendo assim, são exemplos de EPIs os supressores de ruídos (abafadores, *ear plugs*), as luvas de borracha ou couro, os calçados apropriados, os coletes, as máscaras de proteção respiratória, as raquetes de sinalização, os óculos de proteção, as lanternas de sinalização, os macacões de manutenção apropriados, entre outros.

Todo EPI deve ser colocado antes de qualquer tarefa a ser realizada na pista, de acordo com o serviço de manutenção ou com o atendimento a ser executado, uma vez que preserva a saúde e evita doenças ao longo do tempo de exposição.

Algumas doenças surgem após longos anos de exposição, como a perda da audição, que aparece de forma irreversível pela falta de protetores auriculares. Às vezes, os abafadores devem ser associados ao *ear plug* para chegarem na faixa de decibéis não prejudiciais ao ser humano (o limite seguro de som contínuo para o ouvido é de 80 decibéis).

Além disso, à luz do Direito do Trabalho, o profissional que não utilizar os EPIs previstos para as atividades de manutenção pode ser demitido por justa causa. As empresas estão sujeitas à averiguação de conduta tanto da ANAC quanto dos órgãos que regulam e fiscalizam as relações de trabalho.

## 3.4 Operações em condições de neve ou gelo

Muitos procedimentos de pós-voe e pré-voe são comuns em circunstâncias e em condições de temperatura normal. Entretanto, na neve ou no gelo, alguns aspectos importantes, enumerados a seguir, devem ser considerados.

- a) Capas de pequeno tamanho, como, por exemplo, as de proteção do *pitot*, devem ser marcadas com faixas, de forma a facilitar sua visualização e para que não sejam esquecidas antes do voo. Nestas condições de temperatura, é comum a aplicação de anticongelante em portas e painéis.
- b) O estacionamento da aeronave sobre pranchas de madeira evita o congelamento dos pneus e sua adesão ao chão. Se os pneus aderirem ao solo, devem ser soltos com ar ou água quente.
- c) Os calços podem deslizar e facilitar o deslocamento indesejado da aeronave durante o giro de motor sobre o gelo.



**Flaps:** superfícies auxiliares de voo localizadas nas asas do avião. São usados para dar sustentação extra à aeronave em baixa velocidade.

**MIL-A-8243A:** corresponde ao termo, em inglês, *part number* (PN). PN é uma codificação alfanumérica que identifica um item ou uma peça aeronáutica designativa do produto, neste caso usado para identificar um produto que executa o serviço de degelo nas aeronaves. É uma especificação militar que determina como o produto é conhecido em todos os países.

- c) *Flaps* e *spoilers* devem permanecer recolhidos para não haver penetração de neve nas junções.
- d) Nas superfícies móveis, a formação de gelo prejudica a movimentação e a forma aerodinâmica da aeronave, causando impactos na sustentação. Portanto, o gelo deve ser removido antes da decolagem.
- e) O ar quente externo para degelo, no revestimento da aeronave, pode ser usado, mas a última camada de gelo, do bordo de ataque das asas, deve ser removida por meio do sistema de degelo da própria aeronave, com a fonte de força de solo.
- f) Após o procedimento de degelo, as áreas dos mecanismos das superfícies móveis devem ser inspecionadas, uma vez que a água pode escorrer e voltar a congelar em outro local, restringindo o movimento e a amplitude das superfícies.
- g) No caso da necessidade de preaquecimento, os componentes que com prioridade são: a seção de acessórios, a seção do nariz, as válvulas de dreno, as linhas de óleo, o tanque de óleo, o motor de partida, o pneu, a cabine e o compensador do profundor.
- h) No trabalho de degelo, é indicada a aplicação de um líquido vaporizado, que tem a especificação MIL-A-8243A (etileno glicol). É um produto comercial, usado com água, na proporção de três para um. Pouco tóxico, não causa danos aos metais da aeronave e não tem efeito algum à maioria dos plásticos, da pintura ou da borracha.

Atualmente, os óleos lubrificantes sintéticos de motores aeronáuticos são aprovados por grande parte dos fabricantes de motores. Além das características de produção terem se aperfeiçoado, estes óleos possuem aditivos que permitem uma operação segura em uma larga faixa de temperatura, sem precisar de preaquecimento. Todavia, as faixas de temperatura em que operam e a viscosidade adequada ao ambiente extremamente gelado devem ser consideradas conforme o caso.

Em condições de baixas temperaturas é importante salientar, também, que em motores convencionais, é preciso verificar a formação de gelo nas velas de ignição. As velas congeladas devem ser removidas, aquecidas e reinstaladas. Os motores turbojato, diferentemente, não necessitam de diluição do óleo ou de longo aquecimento. Neles, o conjunto rotor deve ser inspecionado para detectar a formação de gelo e não permitir que ocorra o corte dos motores. Quanto ao abastecimento de combustível em baixas temperaturas, os tanques precisam estar, com cerca de 3 % a 5 %, abaixo da sua capacidade máxima, a fim de evitar o derramamento do combustível resultante do aumento de sua temperatura e, conseqüentemente, de sua expansão volumétrica, que ocorre na razão de 1% a cada 10 °C de elevação de temperatura.

No que diz respeito ao reboque, se a aeronave for rebocada pelo trem do nariz pode exceder o limite de carga em função da neve. Neste caso, cabos como medida complementar e preventiva, presos ao trem principal, devem ser utilizados.

## Resumindo

A necessidade da prestação de serviços contínuos em manutenção de aeronaves é uma realidade diária. Por isso, a importância do registro de todas as ações executadas, a fim de que a sequência dos trabalhos não seja prejudicada. A ancoragem e o reboque de aeronaves são procedimentos que exigem atenção e cuidados contantes. Embora alguns procedimentos sejam comuns, o respeito às recomendações contidas nos manuais dos fabricantes é imprescindível, considerando as especificidades de cada aeronave. O êxito nos trabalhos depende de conhecimentos técnicos, de ferramentas adequadas, como também do uso de EPIs.

A comunicação nos aeródromos é realizada por meio de um conjunto de sinais, padronizados internacionalmente. A sinalização é composta por marcas no solo, placas e gestos. O sinaleiro é responsável pela emissão de gestos que orientam a movimentação da aeronave em solo. Entretanto, em seu posto de pilotagem, o piloto também emprega sinais gestuais, reproduzidos nas normatizações da ANAC.





# Unidade 9

## Reparos estruturais

O estudo sobre reparos estruturais possibilita que o mecânico de aeronaves conheça os tipos de danos estruturais e suas possíveis consequências para a estrutura da aeronave e estime, de modo preciso, quais medidas devem ser adotadas.

Esses conhecimentos são essenciais para sua formação e habilitação, pois permite que desenvolva uma atitude crítica nas atividades de manutenção e escolha os melhores tipos e formatos de reparo, mantendo a resistência original da estrutura e a aeronavegabilidade da aeronave.

Assim sendo, esta unidade, dividida em 16 capítulos, apresentará os princípios básicos para a realização de reparos estruturais, as ferramentas, as máquinas e os dispositivos especiais utilizados para efetuá-los, assim como as máquinas para modelagem. Os processos de moldagem e de rebitagem, os tipos de rebites, os tipos específicos de reparos, a selagem, os membros compostos das aeronaves (*honeycomb*), o plástico e suas moldagens, os componentes de fibra de vidro e seus procedimentos de reparo também serão temas abordados. Ao final, assuntos como as estruturas de madeiras para aeronaves, as colas e a forma de efetuar reparos em revestimentos de compensado e em longarinas e nervuras serão explicitados.



# Capítulo 1

## Conceitos de reparos estruturais

Para iniciar qualquer reparo estrutural, é preciso avaliar o tipo e o formato de reparo a ser empregado. Essa avaliação permite estimar modelo de reparo, tamanho e número de rebites, bem como resistência, espessura e materiais necessários para que a peça reparada fique com o peso e a resistência originais.

As áreas adjacentes ao reparo devem ser avaliadas quanto à corrosão e aos danos por carga, permitindo estimar, com precisão, a extensão requerida para o reparo. O estresse nos membros estruturais das aeronaves também deve ser avaliado por meio de inspeções por danos, classificando-os para que se determine o melhor reparo a ser realizado.

### 1.1 Reparo

O desempenho satisfatório de um avião requer manutenção contínua da integridade estrutural da aeronave. De acordo com Castro (2009, p. 3), “os reparos devem ser tais que não afetem o projeto original, não concentrem tensões, garantindo a **aeronavegabilidade**”. É importante que os reparos estruturais metálicos sejam feitos de acordo com as técnicas disponíveis, uma vez que a utilização de técnicas impróprias de reparação pode representar um risco imediato ou potencial à aeronave.

Antes que um reparo seja iniciado, deve ser feita a limpeza da área com um esboço do reparo em uma folha de papel, transferindo-o depois para a chapa de metal selecionada.

Os reparos devem manter o peso da estrutura da aeronave, evitando a modificação do balanceamento do fabricante, além de apresentar contorno e resistência como os originais, evitando comprometer o desempenho aerodinâmico do avião.

- a) **Peso** - para manter o peso mínimo são feitos reparos pequenos e somente com a quantidade de rebites necessários, evitando modificar o centro de gravidade (CG) da aeronave. A utilização de quantidades desnecessárias de rebites pode provocar o desbalanceamento, exigindo ajustes nos compensadores da aeronave para efetuar o voo.
- b) **Contorno** - os reparos devem manter o contorno original e encaixarem-se, perfeitamente, à estrutura da aeronave, mantendo sua fluidez, principalmente naquelas de alta velocidade.
- c) **Resistência** - para que a resistência da estrutura seja mantida, a chapa do reparo necessita ter uma seção transversal igual ou maior que a seção original danificada. Assim, o reparo é posicionado ao lado externo do membro danificado, com o objetivo de resistir aos esforços de compressão ou de flexão. Caso isso não possa ser feito, um material mais forte que o original deve ser utilizado.



**Aeronavegabilidade:**  
Condição segura de voo, significando que a aeronave está completamente equipada, instrumentada e com manutenção em dia.

## 1.2 Identificação, avaliação e reparação dos danos



**Aresta:** interseção de dois planos.

**Recozidas:** processo de aquecimento para amolecer peças para que elas possam ser trabalhadas sem perigo de quebra.

Podem ocorrer danos nas **arestas** dos cortes das chapas a serem utilizadas no reparo. Com o intuito de diminuir essa possibilidade, podem ser feitos cortes circulares ou ovais e, se necessário, um corte retangular. O raio de curvatura de cada quina não deve ser menor que meia polegada.

O material usado em todas as substituições e reforços deve ser semelhante ao da estrutura original. Caso haja necessidade de substituí-lo por uma liga mais fraca, um material de maior espessura deve ser empregado. Porém, a substituição do material original por um mais resistente e de menor espessura nunca pode ser realizada, em virtude das resistências à tensão e à compressão serem diferentes.

Quando for necessário estampar um reparo, é preciso tomar cuidados com relação aos tipos de ligas. Aquelas com tratamento térmico e as trabalhadas a frio são pouco resistentes à flexão e propensas a rachar. As macias, diferentemente, podem ser estampadas com maior facilidade, mas não possuem resistência para integrar as estruturas primárias. As ligas mais fortes são as mais resistentes e podem ser estampadas. E, para aumentar sua resistência, antes de serem montadas, precisam ser estampadas em suas formas **recozidas** e com tratamento térmico.

Caso um metal recozido não esteja disponível, é necessário aquecer outro metal e deixá-lo esfriar rapidamente, seguindo as práticas normais de tratamento térmico, para modelar antes de seu endurecimento completo. A modelagem deve ser finalizada antes de completarem 30 minutos após o resfriamento rápido.

A identificação dos danos é feita por meio de sua classificação, sendo eles classificados em quatro classes gerais, conforme alguns manuais, disponíveis nas referências, explicitadas a seguir:

- a) Danos desprezíveis - danos que não afetam a resistência original da estrutura e não tornam a aeronave indisponível para o voo. Podem ser corrigidos por manutenções simples, como, por exemplo, rachaduras e mossas (pequenos amassados).
- b) Danos reparáveis por remendo - são danos maiores que os desprezíveis e reparados por material sobreposto ao dano.
- c) Danos reparados por inserção - esses danos permitem o reparo pelo corte da área danificada e com reposição da chapa, prendendo-a pelas suas extremidades.
- d) Danos extremos - são os danos que extrapolam os limites previstos pelo fabricante e são totalmente removidos com substituição da peça danificada.

Durante a avaliação dos danos, é importante verificar o efeito estrutural causado, pois um choque ocorrido em uma extremidade de um membro pode ser transmitido a toda sua extensão. Sendo assim, os rebites (parcialmente danificados ou com furos alargados), os parafusos e as estruturas de fixação, ao longo do membro, devem ser inspecionados. A corrosão também é considerada um dano e, portanto, deve ser avaliada.

Existem vários tipos de danos. Os mais importantes, conforme o manual do FAA AC-65-15A (1972), estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de danos

<b>Tipo</b>	<b>Definição</b>
Brinelamento (brinelling)	Depressão esférica, rasa, na superfície de um metal, produzida por uma peça pontuda.
Brunidura (burnishing)	Polimento de uma superfície por meio do atrito com outra lisa e mais dura.
Rebarba (burr)	Seção pequena e fina do metal, que se estende além da superfície regular.
Corrosão	Perda de metal da superfície por ação química ou eletroquímica.
Rachadura	Separação física de duas porções metálicas adjacentes.
Corte	Perda de metal, geralmente até uma profundidade apreciável sobre uma área relativamente longa e estreita.
Amolgamento (dent)	Amassamento em uma superfície metálica produzido pela pancada forte de um objeto.
Erosão	Perda de metal da superfície por meio da ação mecânica de objetos externos.
Trepidação	Falha ou deterioração da superfície metálica, por meio da ação da vibração ou da trepidação.
Roçamento	Falha em superfícies metálicas, por causa da fricção excessiva entre duas peças que possuem movimento relativo.
Goiva ( <i>gouge</i> )	Sulco da superfície em função do contato com o material externo sob alta pressão.
Inclusão	Presença de materiais estranhos totalmente inseridos em uma porção de metal.
Entalhe	Quebra local ou do dente na borda.
Picadas ( <i>pitting</i> )	Falha aguda (cavidade pequena e profunda) localizada na superfície do metal, geralmente com bordas definidas.
Arranhão	Risco ou quebra leve do metal.
Entalhe	Risco ou quebra mais profunda que o arranhão.
Mancha	Uma mudança localizada de cor.
Recalque	Deslocamento do material além do contorno normal.

Fontes: BRASIL, 2002, p. 4 / EUA, 1972. FAA.

O principal objetivo do reparo de estrutura da aeronave é restaurar as partes danificadas à sua condição geral para manter a aeronavegabilidade da aeronave. Porém, em alguns casos, a solução mais eficiente é a substituição da peça, pois a localização e a função na aeronave precisam ser levadas em consideração. Por exemplo, em uma carenagem, devem ser observadas a aparência e o formato aerodinâmico da peça.

Caso o reparo seja a opção, sua resistência precisa ser verificada por ser o principal requisito no reparo das estruturas.

## 1.3 Utilização de rebites na reparação de danos

O tamanho e a quantidade de rebites utilizados na reparação dos danos influenciam principalmente na resistência original da chapa de metal. O tamanho pode ser verificado por meio da fila mais próxima ao dano.

Quando o reparo for na asa, verificam-se os rebites internos; quando for na fuselagem, examinam-se os rebites que estão à frente.

Também pode-se multiplicar a espessura do revestimento por três e utilizar o tamanho de rebite logo acima do valor encontrado. Exemplo: em um revestimento com espessura de 0,020 polegadas, multiplica-se por três, sendo o resultado encontrado de 0,060 polegadas. Desse modo, usa-se o rebite imediatamente maior, o de 0,0625 polegadas (1/16 da polegada).

### 1.3.1 Quantidade de rebites

Quanto à quantidade de rebites para restaurar o dano, esses devem ser utilizados em cada lado do reparo, variando sua quantidade de acordo com a espessura do material a ser reparado e com o tamanho do dano sofrido. Para isso, “utiliza-se a seguinte fórmula referente ao número de rebites em cada lado” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 128):

$$\frac{C \times E \times 75.000}{S \text{ ou } A}$$

Na fórmula para cálculo do número de rebites, usa-se o menor valor de **(S)** ou de **(A)**, sendo:

- 75.000 = valor assumido de estresse de 60.000 psi acrescido por um fator de segurança de 25%;
- **(C)** = ao comprimento do dano, medido perpendicularmente em direção do estresse da área danificada;
- **(E)** = a espessura do material, medida em milésimos de polegada;
- **(S)** = a resistência ao cisalhamento, conforme tabela de resistência ao cisalhamento simples;
- **(A)** = ao apoio do material sendo reparado, conforme tabela de resistência ao apoio.

### 1.3.2 Resistência ao cisalhamento

Para se determinar a resistência ao cisalhamento, é preciso primeiro conhecer o diâmetro do rebite, por meio da multiplicação da espessura do material por três.

Tabela 2 - Resistência ao cisalhamento simples

Resistência ao cisalhamento simples dos rebites de liga de alumínio (em libras)									
Material do rebite (liga)	Máxima resistência do rebite (psi)	Diâmetro do rebite (polegadas)							
		1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
2117-T	27.000	83	186	331	518	745	1.325	2.071	2.981
2017-T	30.000	92	206	368	573	828	1.472	2.300	3.313
2024-T	35.000	107	241	429	670	966	1.718	2.684	3.865
Obs: a resistência ao cisalhamento duplo é encontrada multiplicando-se por dois os valores encontrados na tabela.									

Fontes: BRASIL, 2002, p. 2 / EUA, 1972. FAA.

A resistência ao apoio representa a quantidade de tensão requerida para puxar um rebite por meio da borda de duas chapas rebitadas juntas ou para alongar o furo.

Tabela 3 - Resistência ao apoio

Espessura da chapa (polegadas)	Diâmetro do rebite (polegadas)							
	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
0.014	71	107	143	179	215	287	358	430
.016	82	123	164	204	246	328	410	492
.018	92	138	184	230	276	369	461	553
.020	102	153	205	256	307	410	412	615
.025	128	192	256	320	384	512	640	768
.032	164	245	328	409	492	656	820	984
.036	184	276	369	461	553	738	922	1.107
.040	205	307	410	512	615	820	1.025	1.230
.045	230	345	461	576	691	922	1.153	1.383
.051	261	391	522	653	784	1.045	1.306	1.568
.064		492	656	820	984	1.312	1.640	1.968
.072		553	738	922	1.107	1.476	1.845	2.214
.081		622	830	1.037	1.245	1.660	2.075	2.490
.091		699	932	1.167	1.398	1.864	2.330	2.796
.102		784	1.046	1.307	1.569	2.092	2.615	3.138
.125		961	1.281	1.602	1.922	2.563	3.203	3.844
.156		1.198	1.598	1.997	2.397	3.196	3.995	4.794
.188		1.445	1.927	2.409	2.891	3.854	4.818	5.781
.250		1.921	2.562	3.202	3.843	5.125	6.405	7.686
.313		2.405	3.208	4.009	4.811	6.417	7.568	9.623
.375		2.882	3.843	4.803	5.765	7.688	9.068	11.529
.500		3.842	5.124	6.404	7.686	10.250	12.090	15.372

Fontes: BRASIL, 2002, p. 3 / EUA, 1972. FAA.

Um exemplo do cálculo para determinar o número de rebites por lado do reparo, usando-se o rebite 2024-T para um dano de 2,5 polegadas de comprimento e espessura de 0,081 polegadas, é apresentado a seguir:

$$\text{N}^\circ \text{ de rebites por lado} = \frac{C \times E \times 75.000}{S \text{ ou } A}$$

Dados:

- (C) = 2,5 polegadas;
- (E) = 0,081 polegadas;
- Tamanho do rebite:  $0,081 \times 3 = 0,243$ , o rebite será de 1/4 da polegada (0,250 polegadas);
- (S) = 1.718 (conforme tabela de resistência ao cisalhamento simples);
- (A) = 1.660 (conforme tabela de resistência ao apoio).

Será utilizado o valor (A), por ser menor que o valor (S).

Aplicando a fórmula, tem-se:

$$\text{N}^\circ \text{ de rebites por lado} = \frac{2,5 \times 0,081 \times 75.000}{1.660} = 9,15 \text{ (10 rebites por lado do reparo)}$$

## 1.4 Fadigas nas estruturas de aeronaves

Os membros estruturais de uma aeronave estão sempre sofrendo estresse, quer seja no solo, quer seja em voo. No solo, o peso da aeronave é distribuído pelas asas, fuselagem, empenagem e motores. Esse peso causa forças descendentes que atuam em suas estruturas.

Em voo, as forças continuam a agir, porém aumentando de intensidade, as que eram descendentes (peso), passam a ser ascendentes (sustentação). Essas forças de sustentação são exercidas inicialmente de forma interna à estrutura; depois, são transmitidas às nervuras e, finalmente, distribuídas à fuselagem. As asas poderão, ainda, ter suas pontas flexionadas para cima e até se movimentar para cima e para baixo, famoso conceito de bater asas.



São considerados estresses estruturais a tensão, a compressão, a torção, o cisalhamento e a flexão. As Figuras 1.A, B, C, D e E ilustram os estresses da estrutura de aeronaves.

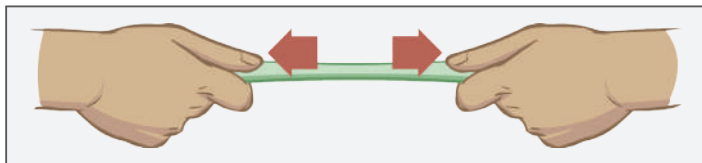


Figura 1.A – Tensão

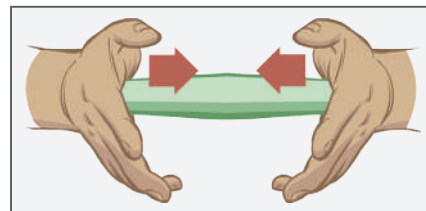


Figura 1.B - Compressão

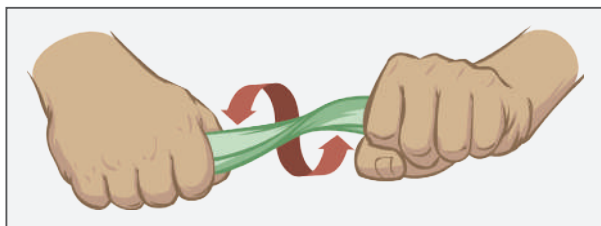


Figura 1.C - Torção

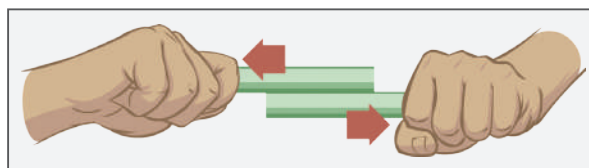


Figura 1.D - Cisalhamento

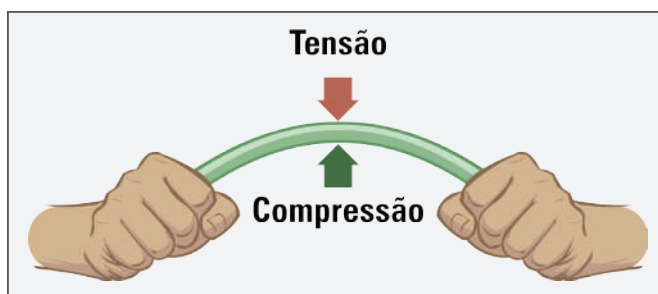


Figura 1.E - Flexão

Detalham-se, a seguir, os estresses estruturais apresentados:

- a) Tensão - é o estresse que resiste a uma força que tende a separar. Um exemplo é o motor que puxa o avião para a frente, mas a resistência do ar tenta segurá-lo. O resultado disso é a tensão, que tende a alongar a aeronave. Assim, a tensão “é a força por unidade de área que tende a esticar um membro estrutural” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 132).

A área total de um membro estrutural determina a sua resistência à tensão. Porém, deve-se considerar também a área líquida do membro. A área líquida é definida como sendo a área total menos a área removida por furações ou outras modificações, como cortes ou acabamento de cantos. A colocação de rebites ou parafusos nos furos não modifica a resistência, pois eles não transferem as cargas tensionais por meio dos furos.

- b) Compressão - é o estresse que resiste a uma força de esmagamento, que tende a encurtar ou espremer um membro estrutural. A resistência à compressão de um material é medida em *psi* e a resistência do material não perfurado é maior do que o mesmo material perfurado. Contudo, caso os furos sejam preenchidos com pinos de material de resistência equivalente ou maior que o original, o membro resistirá a uma carga tão grande como se não fosse furado, pois os pinos transferirão as cargas compressivas por meio dos furos.



**Psi:** unidade de medida de pressão; do inglês, *pound force per square inch* ou libras por polegadas quadrada.

Sendo assim, para se determinar o estresse de um membro quanto às cargas compressivas, leva-se em consideração a área bruta ou total do membro, desde que todos os furos estejam preenchidos com material equivalente ou mais forte.

- c) Torção - é a força que tende a rodar um membro estrutural entre seus pontos de fixação. O desgaste gerado com a torção será o cisalhamento. Um exemplo de cisalhamento causado por torção é um eixo de uma bomba mecânica ligada à caixa de acessórios, tendo um de seus lados a rotação interrompida enquanto o outro lado permanece girando, levando ao cisalhamento do eixo.
- d) Cisalhamento - é a força que faz com que a estrutura se separe por deslizamento, sendo o cisalhamento um estresse lateral. Nos membros estruturais, o cuidado é para que os rebites e/ou parafusos usados sejam capazes de resistir ao estresse de cisalhamento, pois, caso isso não ocorra, haverá o afastamento das partes rebitadas ou parafusadas.
- e) Flexão - é a combinação das forças de tensão e compressão em um ou mais pontos do membro estrutural. Quando ocorre o estresse de flexão em um membro, como mostrado na Figura 1.E, vê-se que o membro sofre tensão na parte superior e compressão na parte inferior. Essas forças agem em sentidos opostos, causando cisalhamento do membro.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que qualquer reparo passará por uma avaliação para ser determinado o melhor tipo e formato a ser usado. Deve-se, para isso, limpar e preparar a área a ser reparada, mantendo o reparo com a originalidade da resistência, do contorno e do peso mínimo inicial.

Foram abordados os cálculos para manter a resistência original do membro reparado e a inspeção por danos, de modo a avaliar o efeito estrutural do dano e os seus tipos e a possibilitar com isso a classificação dos danos. Foram estudados, ainda, os estresses sofridos pelos membros estruturais (tensão, compressão, torção, cisalhamento e flexão), sendo a flexão a combinação dos estresses de tensão e compressão.

# Capítulo 2

## Trabalhos com rebites

Os trabalhos com rebites são o processo final da rebitagem, que permite a união de peças metálicas, normalmente chapas, utilizando rebites. O rebite é um pino cilíndrico de metal com cabeça, o qual, depois de introduzido em um orifício que atravessa as chapas a serem unidas, tem a extremidade oposta à cabeça martelada, de modo a formar uma segunda cabeça, impedindo-o de sair do furo.

Uma rebitagem correta necessita proceder a determinados cálculos para a instalação de rebites, com a utilização de aparelhos manuais e seus puxadores. Já na preparação dos furos para rebitagem, a colocação de um rebite poderá ser manual, pneumática ou por pressão, sendo o acabamento do furo feito por microrraspagem. Os rebites poderão apresentar falhas, como o cisalhamento, a falha de apoio e a falha de cabeça. Por isso, tornam-se necessárias suas inspeções e remoções.

### 2.1 Processo de rebitagem

O processo de rebitagem é iniciado com o cálculo de rebites, que determinará o número, o tamanho, o tipo e o material do rebite, como aço e alumínio, o tamanho dos furos e seus espaçamentos.

O processo para o cálculo de rebites apresenta fatores para definir o tamanho do rebite, o tipo de cabeça e sua resistência. Esses fatores são o tipo e a espessura do material que será rebitado, a localização e as forças estruturais apresentadas na aeronave.

O tipo de cabeça do rebite a ser usado é definido conforme a localização onde será instalado na aeronave. Caso o local seja uma superfície aerodinâmica, como, por exemplo, o bordo de ataque da asa, usa-se o rebite de cabeça escareada; do contrário, pode-se usar o rebite de cabeça redonda, desde que o espaço seja coerente. Caso isso não seja possível, emprega-se o de cabeça chata.

Os rebites de cabeça universal são usados na maioria dos lugares. Porém, quando houver dúvidas em qual tipo de cabeça de rebite deve ser empregado, aplica-se o método da observação dos rebites usados em locais adjacentes pelo fabricante.

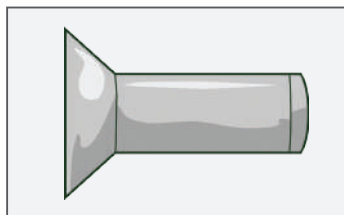


Figura 2.A - Rebite tipo cabeça escareada

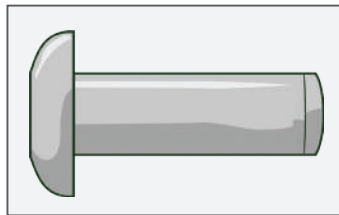


Figura 2.B - Rebite tipo cabeça universal

O tamanho do corpo do rebite irá corresponder à espessura do material a ser rebitado. Os rebites mais utilizados no reparo estrutural de aeronaves variam de 3/32 a 3/8 da polegada de diâmetro. Com efeito, “Rebites menores que 3/32 da polegada nunca devem ser usados em partes estruturais que suportem esforços” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 165).

Para determinar o comprimento total de um rebite, usa-se a fórmula:

$$A = B + C$$

Em que:

- (A) representa o comprimento total;
- (B) representa o comprimento da pega;
- (C) representa o material necessário para formar uma cabeça de fixação.



**Pega:** comprimento da espessura das chapas a serem unidas no processo de rebitação.

**Adjacente:** colocado ou situado ao lado.

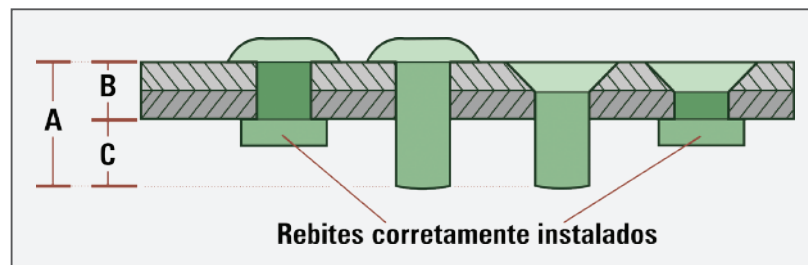


Figura 3 - Determinação do comprimento total de um rebite

Durante o processo de rebitação, todos os rebites a serem utilizados no reparo devem apresentar o mesmo tipo de material e manter a distância da borda ou do centro do primeiro rebite maior que duas vezes seu diâmetro, limitado em quatro vezes. Pode ser usado como distância padrão o diâmetro de duas vezes o do fixador.

O cisalhamento, que é uma das duas tensões aplicadas nos rebites, é a quantidade de força necessária para cortar um rebite que contém duas ou mais chapas em conjunto. Se o rebite detém duas chapas, está sob cisalhamento simples; se detém três chapas, está sob cisalhamento duplo. Para determinar qual a força de cisalhamento de um rebite, basta multiplicar a espessura do material por três.

O estresse é outra tensão aplicada aos rebites, sendo o estresse a quantidade de tensão necessária para puxar um rebite por meio da borda de duas chapas rebitadas.

Outro fator a ser observado neste tipo de cálculo é o espaçamento de rebites, ilustrado na Figura 4: quando for para uma fileira única, determina-se primeiro a distância da borda em cada ponto da fila, e depois calcula-se o passo dos rebites. O passo é a distância entre os centros dos rebites adjacentes em uma mesma fileira.

O menor passo de rebites permissível é igual a três vezes o diâmetro do rebite, sendo a média de passo utilizado variando de quatro a dez vezes o diâmetro do rebite.

Já para duas fileiras, calcula-se inicialmente a primeira fila e posiciona-se a segunda fila a uma distância igual ao passo transversal a partir da primeira fila. Depois, calculam-se os pontos dos rebites da segunda fila, eles devem ficar exatamente na metade da distância entre os rebites da primeira fila.

O passo transversal é a distância perpendicular entre fileiras de rebites, sendo geralmente igual a 75% do passo do rebite.

E, por fim, para o cálculo de três fileiras, calcula-se a primeira e a terceira filas, e, depois, determinam-se os pontos da segunda fila traçando uma linha reta.

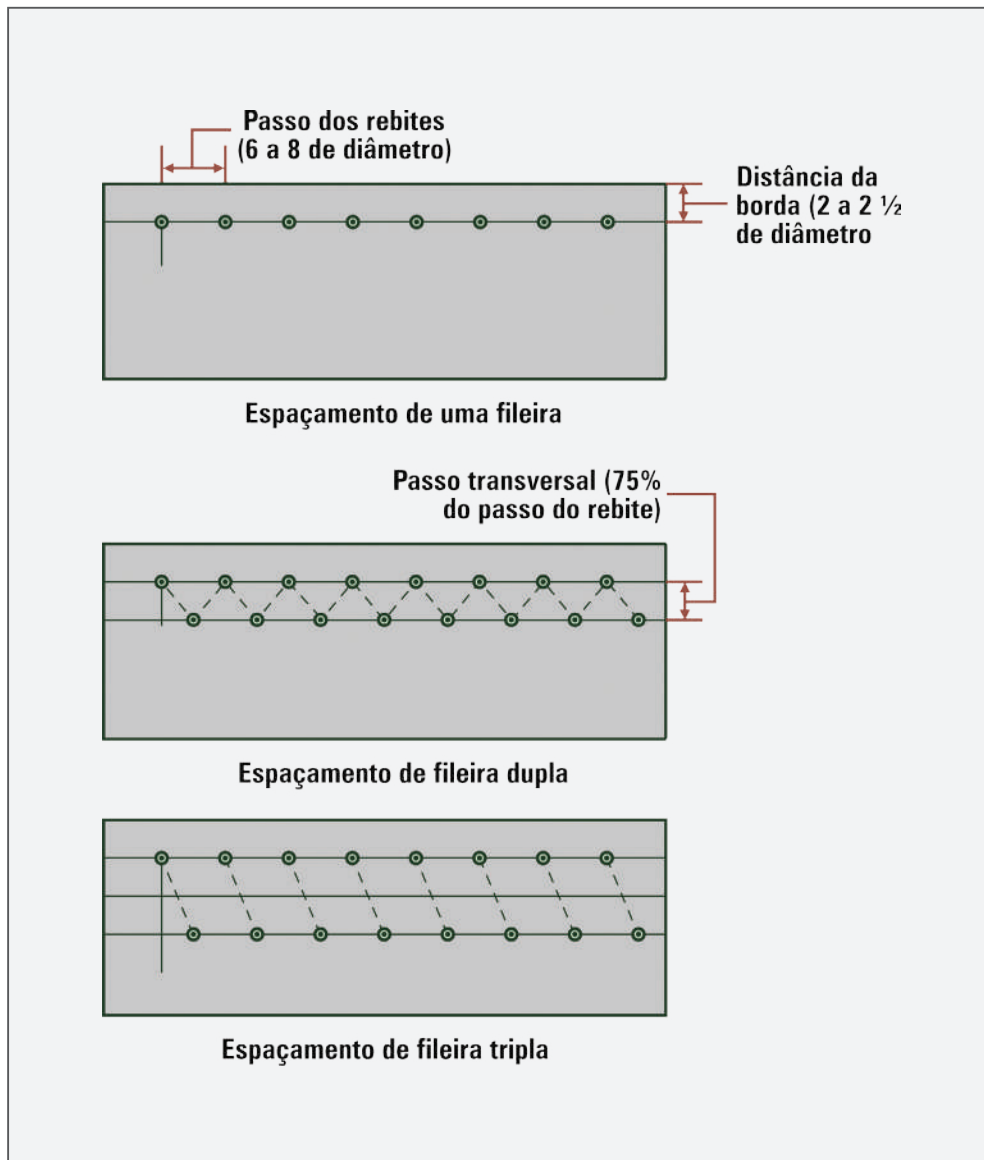


Figura 4 - Espaçamento de rebites

## 2.2 Aplicação de rebites

A unidade de Estruturas de Aeronaves, constante neste livro, descreve sua aplicação, quando se faz conforme os procedimentos descritos pelo fabricante. Nesta unidade abordaremos sobre a aplicação de rebites nos reparos estruturais que necessitam de ferramentas e outros acessórios para a sua perfeita instalação.

Várias ferramentas são necessárias para a aplicação de rebites, como martelos, punções e pistolas de rebiteagem. Parafusos autofixantes, grampos (C) e prendedores são usados para segurar as chapas durante o processo de rebiteagem.

Têm-se, ainda, os duplicadores, os cortadores e as barras de apoio usadas para a perfeita aplicação dos rebites.

- a) Duplicadores - são usados para efetuar furos em chapas novas quando as chapas do revestimento são substituídas. Os furos da nova chapa devem coincidir com os furos já existentes na estrutura. Assim, “O pino da perna inferior do duplicador encaixa-se no furo existente, perfurando-se através da perna inferior, o furo na peça nova é feito” (IDEM, 1972, p. 166).

Usa-se um duplicador para cada tamanho de rebite.

- b) Cortadores - são usados para reduzir o tamanho de rebites caso não haja rebites disponíveis no tamanho desejado. Caso não se disponha de um cortador de rebites, pode-se usar um alicate de corte diagonal.

Nesse contexto, “Para cortar um rebite utilizando um cortador rotativo, basta inserir o rebite no orifício correto, acrescentar calços em quantidade requerida na cabeça do rebite, e apertar o cortador como se fosse um alicate” (IBIDEM, 1972, p. 166). A rotação dos discos cortará o rebite na medida exata, determinada pela quantidade de calços inserida na cabeça do rebite.

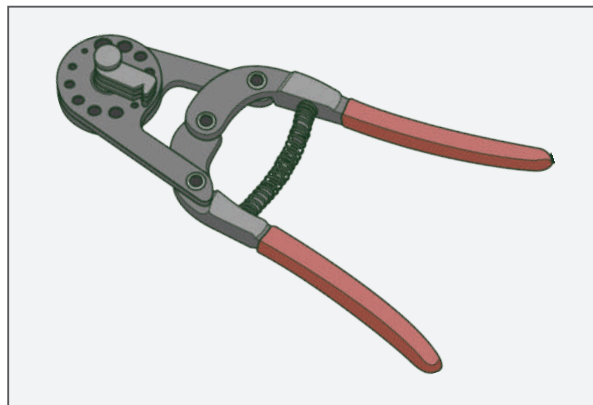


Figura 5 - Cortador de rebites

- c) Barras de apoio - é a ferramenta usada para amassar a cabeça de fixação do rebite. Elas vêm em uma variedade de formas e tamanhos e os seus pesos variam de 226 gramas a 4,5 Kg. Na maioria das vezes, são feitas de aço de baixo carbono, pois duram mais e necessitam de menos recondicionamento do que as de ferro. Geralmente, a barra de apoio tem uma face côncava para se coincidir com a forma da cabeça a ser feita.

Ao selecionar uma barra de apoio, a primeira consideração é a forma, pois, se a barra não tem a forma correta, ela deformará a cabeça do rebite. Nesse sentido, “As barras devem ser mantidas sempre limpas, lisas e bem polidas. Suas arestas devem ser ligeiramente arredondadas, para evitar estragar o material circundante da operação de rebiteagem” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 41).

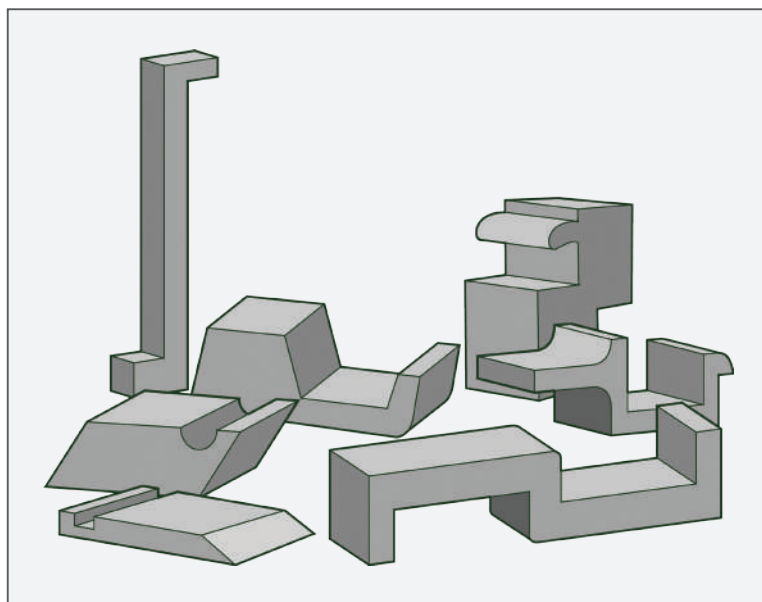


Figura 6 - Barras de apoio

## 2.3 Ferramentas para rebiteagem

Ferramentas para rebiteagem são aparelhos manuais equipados com um punção para ser usado com um tipo específico de rebite, existem aparelhos para todos os tamanhos e tipos de cabeça de rebite. A ferramenta mais comum é feita de aço-carbono, medindo 0,5 polegada de diâmetro por 6 polegadas de comprimento, é serrilhado para evitar escorregar na mão e somente a face da ferramenta é endurecida e polida, para resistir aos esforços de batimento.

Existem os puxadores manuais para complementar as ferramentas de rebiteagem. Eles são feitos para eliminar folgas entre duas ou mais chapas antes do rebite ser colocado. Cada puxador possui um furo de 1/32 da polegada maior que o diâmetro do corpo do rebite para o qual ele foi feito. Normalmente, o puxador e o batedor de rebites vêm incorporados no mesmo aparelho.

Outras ferramentas são usadas no processo de aplicação de rebites, como:

- a) Martelo pneumático - é a ferramenta utilizada para formar a cabeça dos rebites. Utiliza-se pressão de ar entre 90 e 100 psi e pode ser usado em todos os tipos de rebites. Os martelos pneumáticos mais comuns atingem de 900 a 2500 golpes por minuto. Esses golpes são lentos o suficiente para serem facilmente controlados e pesados para efetuar o trabalho, levando de um a três segundos para cravar um rebite em um furo. Tais martelos são de golpe lento quando comparados aos martelos pneumáticos industriais (controlados por braços mecânicos), utilizados na fabricação de aeronaves, que atingem 10.000 golpes por minuto e são capazes de cravar um rebite em menos de um segundo.

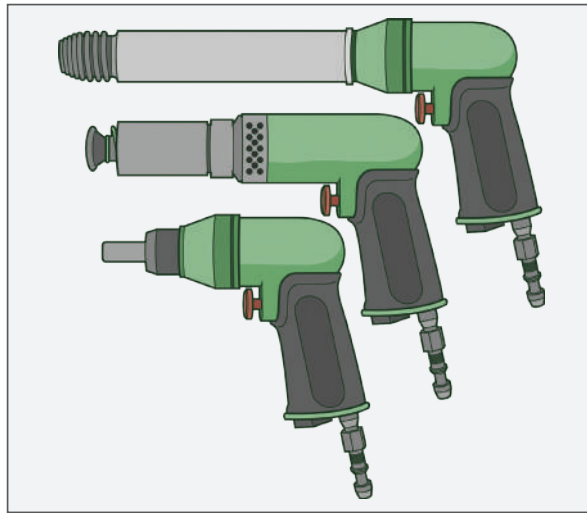


Figura 7 - Martelos pneumáticos

- b) Escareadores - é uma ferramenta de rebaixamento que corta, formando um cone em torno do furo do rebite. Permite alinhar a cabeça do rebite à superfície da chapa e diminuir seu atrito parasita de superfície, melhorando, dessa forma, o escoamento do fluxo de ar. Dependendo do tipo de cabeça de rebite, o escareamento poderá ser realizado em vários ângulos.

Existem escareadores simples que possuem ângulos de 82° ou de 100° e também escareadores especiais com batentes, que podem ser ajustáveis a qualquer profundidade, com cortadores intercambiáveis para permitir escareamento dos furos em vários ângulos. Existindo, ainda, “[...] escareadores com batentes ajustáveis por micrômetro, em intervalos de 0,001 de polegada” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 167).

As Figuras 8.A e 8.B apresentam tipos de escareadores.

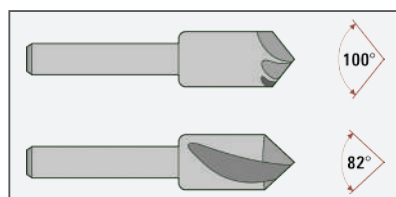


Figura 8.A - Escareadores simples

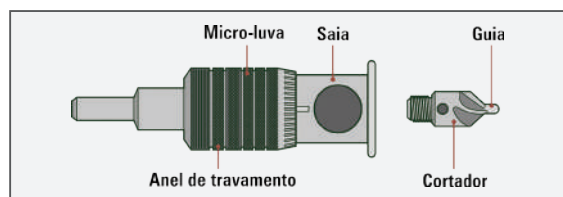


Figura 8.B - Escareador especial





- c) Punções de rebaixamento - o rebaixamento é o processo para nivelar a cabeça do rebite com a superfície da chapa, diminuindo o atrito parasita da superfície. São usados punções (**macho e fêmea**) para efetuar o rebaixamento, em que o punção macho é usado como guia, pois é a ferramenta que manterá o grau escareado. Já o punção fêmea é encostado sobre uma superfície sólida para permitir a formação do chanfro. Para efetuar o rebaixamento utilizando os punções, serão necessárias poucas marteladas manuais ou pneumáticas.
- d) Microrraspador - em um reparo estrutural, um microrraspador é usado quando a suavidade do material exige que todos os rebites sejam escareados dentro de uma tolerância específica. Ele possui um cortador com batente e duas pernas ou estabilizadores, mostradas nas Figuras 9.A e 9.B.

**Macho e fêmea:** punção macho é o elemento móvel, sendo a ferramenta convexa que se acopla à peça de forma que sua matriz (a punção fêmea) moldará a peça que está sendo trabalhada. Punção fêmea é a ferramenta matriz que molda uma peça durante o martelamento da punção macho.

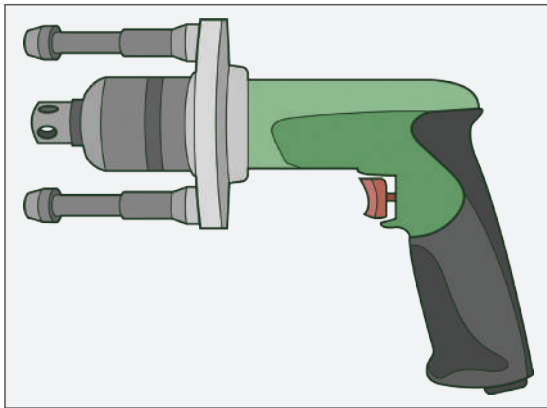


Figura 9.A - Microrraspador: vista lateral

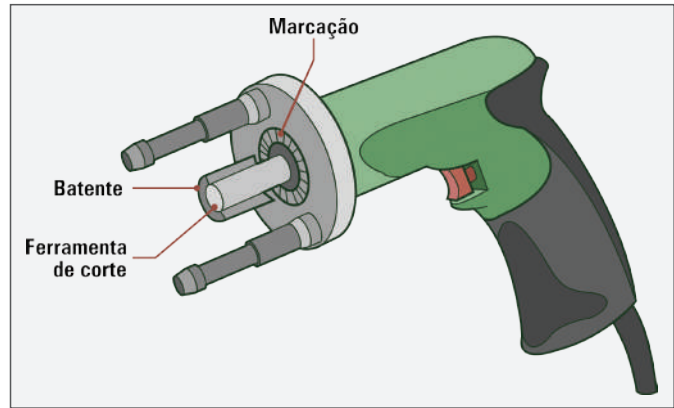


Figura 9.B - Microrraspador: vista frontal

Todo cortador de microrraspador está localizado dentro do batente. Conforme o manual FAA (1972, p. 175), “a profundidade do corte pode ser ajustada puxando o cortador para fora do batente e girá-lo em qualquer direção (sentido horário para cortes mais profundos). A marcação permite ajustes de 0,001 polegadas (1 milésimo da polegada)”. Independente do fabricante de microrraspador, seus ajustes seguem o descrito acima e devem ser feitos em restos de materiais.

## 2.4 Processo de furação

Para uma rebite perfeita, é importante que o furo tenha a forma e a dimensão corretas, além de estar livre de rebarbas. Se o furo for pequeno, o revestimento do rebite será danificado ao ser instalado; se o furo for muito grande, o rebite não o preencherá completamente, provocando uma falha do rebite quando martelar para formar a cabeça.

Quando o escareamento ou rebaixamento forem necessários, considera-se a espessura do metal, adota-se o método de escareamento recomendado e limita-se a força do martelo ao mínimo nas pancadas.

### 2.4.1 Furação

A furação normalmente é feita com uma furadeira manual ou elétrica, iniciando-se com um furo menor, chamado de furo piloto e, depois, é alargado com uma broca de tamanho correto para alcançar o diâmetro requerido. Nesse contexto, “a folga recomendada para furos de rebites varia de 0,002 a 0,004 da polegada” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 43). Para evitar que a broca escorregue na chapa, riscando-a, usa-se um punção para estampar o furo.

Os passos para uma furação correta são:

- utilizar a broca de tamanho correto;
- ao usar uma furadeira elétrica, girar algumas vezes antes de ligar, assegurando seu alinhamento;
- manter a broca sempre em um ângulo de 90°;
- evitar pressão excessiva, mas deixar a broca fazer o furo;
- remover todas as rebarbas após o furo;
- manter limpa todas as brocas.

### 2.4.2 Acabamento

O escareamento e o rebaixamento são os tipos de acabamento feitos nos furos. O escareamento, quando mal realizado, reduz a resistência da junta (união) e pode até causar a falha da junta ou da cabeça do rebite.

Existem dois métodos de escareamento comumente usados na reparação de estruturas de aeronaves: máquina de perfuração ou de rebaixamento e rebaixamento por pressão. O melhor método a ser usado depende de fatores como espessura das chapas a serem rebitadas, das ferramentas disponíveis e dos acessos para a realização do serviço.

Ao usar rebites escareados, é necessário fazer uma concavidade cônica na chapa para a cabeça do rebite. O tipo de rebaixamento requerido depende da relação da espessura das chapas para a profundidade da cabeça do rebite.

A regra geral para rebaixamento e instalação de rebites escareados vem sendo reavaliada pelos fabricantes de aeronaves nos últimos anos, porque furos escareados têm sido responsáveis por fadigas e rachaduras em chapas de aeronaves pressurizadas. No passado, a regra geral para o escareamento considerava que a cabeça do rebite devia ser contida dentro da chapa exterior. Com uma combinação de furos escareados muito profundos e o número de ciclos de pressurização, levava-se à fadiga e à deterioração dos materiais de ligação, fazendo com que os rebites trabalhassem pela elevada concentração de estresse que resultava em fissuras e falhas de fixação.

Atualmente, os fabricantes estão recomendando que a profundidade escareada não seja maior que 2/3 da espessura da chapa exterior ou para baixo de 0,020 polegadas de profundidade da haste do rebite.

Em seguida, nas Figuras 10.A, B e C, podem ser vistos exemplos de escareamento.

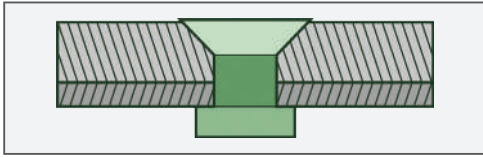


Figura 10.A - Escareamento preferido

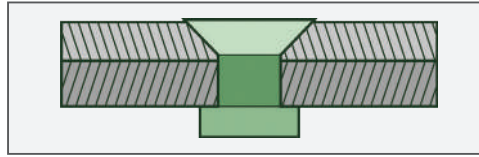


Figura 10.B - Escareamento permissível

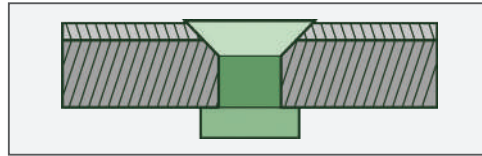


Figura 10.C - Escareamento não aceitável

### 2.4.3 Acabamento térmico

O acabamento térmico é feito por intermédio do rebaixamento térmico, consistindo em dois processos: radial e por **cunhagem**. A diferença está no tipo de punção fêmea utilizada. No radial, a punção usada é maciça e, na cunhagem, a punção é móvel e utiliza um pistão deslizante.

No processo de cunhagem, o rebaixamento assume a forma da face do punção em virtude de o metal ser forçado contra esse instrumento e, no processo radial, o pistão força o rebaixamento, evitando o excesso de pressão durante o martelamento.

Os materiais mais duros, usados no rebaixamento, devem ser aquecidos para facilitar seu manejo durante o processo de moldagem, como, por exemplo, o titânio. Em outros materiais, como o aço resistente à corrosão, deve ser rebaixado a frio. Sobre isso, a *Federal Aviation Administration* (FAA) esclarece que, “no rebaixamento a frio, os punções são usados separadamente. No rebaixamento a quente, uma tira ou bloco aquecedor é colocado sobre um ou ambos os punções e conectado à corrente elétrica” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2012, p. 43).

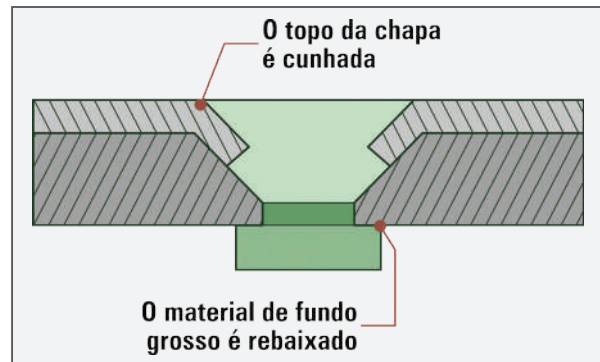


Figura 11 - Rebaixamento térmico



**Cunhagem:** estampagem; fabricação de uma peça com a forma adequada.

## 2.5 Instalação de um rebite

Antes de instalar qualquer rebite para unir chapas metálicas da estrutura da aeronave, é importante certificar-se de que todos os buracos estejam perfeitamente alinhados, todas as rebarbas tenham sido removidas e as peças a serem cravadas estejam bem fixadas com os fechos temporários.

Uma vez instalado o rebite, não deve haver evidência de rotação de rebites ou folga de peças rebitadas. Logo após terminar a operação, examina-se o aperto, pois qualquer grau de frouxidão indica um buraco de tamanho grande e requererá substituição do rebite, por um de diâmetro maior.

### 2.5.1 Apoio

O apoio é um fator importante para a perfeita instalação do rebite. Usa-se um calço como apoio; se o calço não tiver o formato correto, ele deformará a cabeça do rebite. O rebite também será danificado se seu peso não for o ideal: se for leve demais, não dará o apoio necessário e poderá entortar o material; caso seja pesado demais, somado à força para amassar o rebite, poderá ultrapassar o ponto ideal de amassamento.

Tabela 4 - Peso recomendado para os calços de apoio

Diâmetro do rebite (em polegadas)	Peso aproximado (em libras)
3/32	2 a 3
1/8	3 a 4
5/32	3 a 4,5
3/16	4 a 5
1/4	5 a 6,5

Fonte: EUA, 1972, p. 47.

Um rebite torto pode ser corrigido movendo-se rapidamente o calço de apoio ao redor da cabeça do rebite em uma direção oposta ao entortamento. Essa “[...] ação corretiva pode apenas ser feita enquanto o martetele estiver batendo e o rebite não tiver sido completamente assentado” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 47).

### 2.5.2 Instalação manual

A instalação manual de um rebite poderá ser feita por meio de dois métodos, que dependerão da localização e do acesso à localização do rebite.

No primeiro método, a cabeça do rebite é inserida por ferramenta manual e um martelo, ela é formada pelo amassamento da ponta do corpo usando-se uma barra de apoio.

Já no outro método, a única mudança é na forma como a cabeça é formada, pois usa-se uma morsa para servir de apoio. Este método é conhecido como rebitagem invertida e não deve ser utilizado em rebitagens pneumáticas.

Quando o assentamento do rebite for feito manualmente, a ferramenta manual, a barra de apoio e o rebite devem ser mantidos sempre em um ângulo reto.

### 2.5.3 Instalação pneumática

A instalação pneumática não diferencia muito do processo manual, são utilizados uma ferramenta e um martelo ou pistola pneumática para exercer a pressão para o assentamento do rebite.

Para obter bons resultados em uma rebitagem pneumática, o FAA indica alguns passos a serem seguidos (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972):

- selecionar o tipo e o tamanho correto do martelete, de acordo com o tamanho do rebite;
- ajustar a velocidade do martelete (vibrações por minuto);
- manter o conjunto martelete e a barra de apoio sempre em ângulo reto com o material, conforme ilustrado na Figura 12, para evitar danos à cabeça do rebite;
- o trabalho é finalizado quando a cabeça do rebite tiver uma vez e meia (1,5) o diâmetro do corpo em largura e a metade (1/2) do diâmetro do corpo em altura.

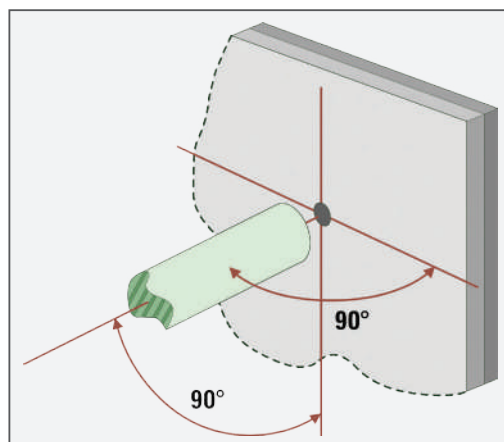


Figura 12 - Posição do martelete

### 2.5.4 Instalação por pressão

É o método mais eficaz utilizado para a instalação de rebites, pois produz um amassamento de rebites mais uniforme e balanceado. Cada rebite é instalado em uma única operação e todos os rebites são amassados com a mesma pressão. Suas cabeças têm o mesmo aspecto e cada corpo de rebite preenche completamente cada furo.

Com efeito, “a preparação do material é a mesma utilizada na rebitagem manual ou pneumática, somada a algumas regras” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 175):

- ajustar a pressão do cilindro da prensa de acordo com o diâmetro do rebite utilizado;
- regular a folga da prensa de acordo com o comprimento do rebite empregado;
- antes de utilizar a prensa, testar a pressão do cilindro e a folga dela quanto à precisão em um pedaço de chapa;
- caso as partes a serem rebitadas sejam pequenas e facilmente manuseáveis, montar a prensa em uma morsa.

## 2.6 Danos de rebites

A teoria de chapas rebitadas é baseada no fato de que a sua resistência total é simplesmente a soma das resistências parciais de todo o grupo de rebites. Sendo assim, se um rebite falhar, sua carga é imediatamente suportada pelos outros rebites do grupo, que provocará a falha progressiva da união das chapas. As falhas mais comuns são o cisalhamento, a de apoio e a da cabeça do rebite.

### 2.6.1 Cisalhamento

O cisalhamento é considerado o dano mais comum em rebites. As forças de estresse que a estrutura do avião sofre provocam o movimento das chapas que podem arrancar a cabeça do rebite.

### 2.6.2 Dano de apoio

O dano de apoio ocorre quando o rebite resiste ao cisalhamento, provocando, assim, uma falha na borda do furo do rebite. Isso ocorre quando se usam rebites grandes em chapas finas.

### 2.6.3 Dano da cabeça

O dano da cabeça em rebites ocorre em virtude de estresses de tensão que são aplicados em um rebite.

Em rebites cegos, a cabeça pode cisalhar quando ocorrer uma ação de alavanca e, em outros tipos de rebites, pode ocorrer o cisalhamento do rebite no ponto de união da cabeça ao corpo quando ocorrer uma torção.

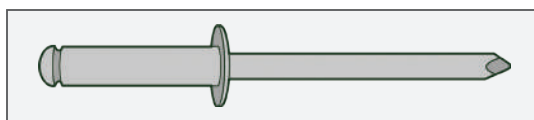


Figura 13 - Rebite cego

## 2.7 Verificação e remoção de rebites

Segundo Castro (2009, p. 4), “[...] durante a produção e a operação, toda aeronave é susceptível a discrepâncias e danos”. Devem-se inspecionar todos os rebites antes de se liberar a aeronave para voo. Essa inspeção consiste em examinar as cabeças do rebite e as estruturas próximas quanto a danos.

Um calibrador de rebites pode ser usado para verificar o estado da fixação da cabeça do rebite e para ver se a fixação está dentro dos limites determinados pelo fabricante.

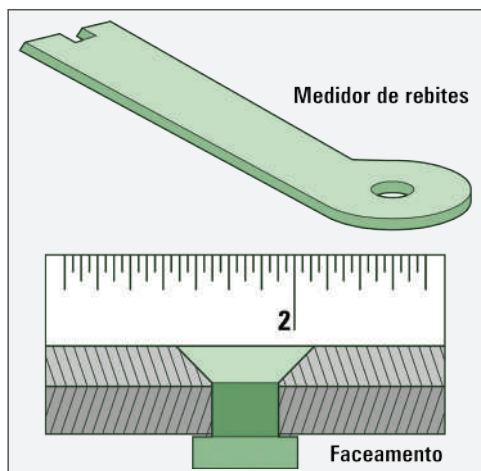


Figura 14 - Calibrador de rebites

Com um pouco de treinamento, as deformidades na cabeça de rebites podem ser detectadas a olho nu, como mostra a Figura 15.

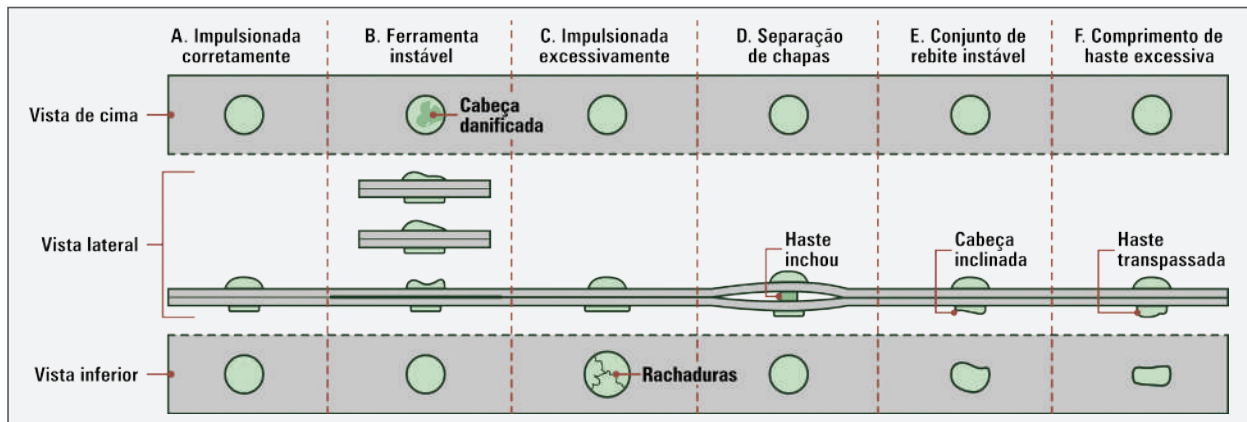


Figura 15 - Deformidades na cabeça de rebites

A Tabela 5 explica as ações a serem tomadas quando forem encontradas deformidades na inspeção de cabeças de rebites, apresentadas na Figura 15.

Tabela 5 - Deformidades na cabeça de rebites

	Imperfeição	Causa	Cura	Ação
A	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
B	Cabeça cortada	Ferramenta indevidamente apoiada	Segurar firmemente a ferramenta	Substituir rebite
C	Cabeça excessivamente chata, resultando em rachaduras na cabeça	Condução excessiva, demasiada pressão sobre a barra de apoio	Melhorar a técnica	Substituir rebite
D	Separação de folhas	As folhas não foram mantidas firmemente juntas durante o trabalho e a haste do rebite inchou	Manter firme a união das chapas	Substituir rebite
E	Cabeça inclinada	A barra de apoio não foi firmemente segura, permitindo deslizar e saltar sobre o rebite	Segurar firmemente a barra de apoio	Substituir rebite
F	Haste transpassada	Comprimento do rebite impróprio	Utilizar o rebite com comprimento adequado	Substituir rebite

Fonte: EUA, 2012. FAA.

Como visto nessa tabela, algumas causas de rebiteagem deficiente são apoio incorreto, escorregamento do conjunto ou ângulo errado de aplicação, rebites no tamanho errado, escareados, desnivelados com a superfície da chapa, esta mal fixada durante a rebiteagem, rebites muito duros, fora de alinhamento e aplicação de força em demasia.

Algumas vezes, para efetuar a inspeção de rebites ou das peças adjacentes, torna-se necessária a remoção da tinta, pois nem sempre haverá a presença de tinta rachada ou trincada ao redor da cabeça do rebite, que indicará rebites trabalhando ou soltos.

Se durante a verificação de rebites forem encontradas cabeças viradas, elas aparecerão em grupos de rebites consecutivos e provavelmente estarão viradas na mesma direção. Caso não apareçam em grupos, nem na mesma direção, esse giro pode ter ocorrido durante a instalação do rebite.

Estiramento nos corpos de rebites removidos indica falha parcial por cisalhamento. Logo, eles deverão ser substituídos pelo tamanho imediatamente maior (1/32 da polegada maior em diâmetro).

A remoção de rebites segue procedimentos de acordo com cada fabricante, e também foi descrita na unidade Estrutura de Aeronaves (3EA). A Figura 16 ilustra os passos para remoção de rebites de cabeça universal.

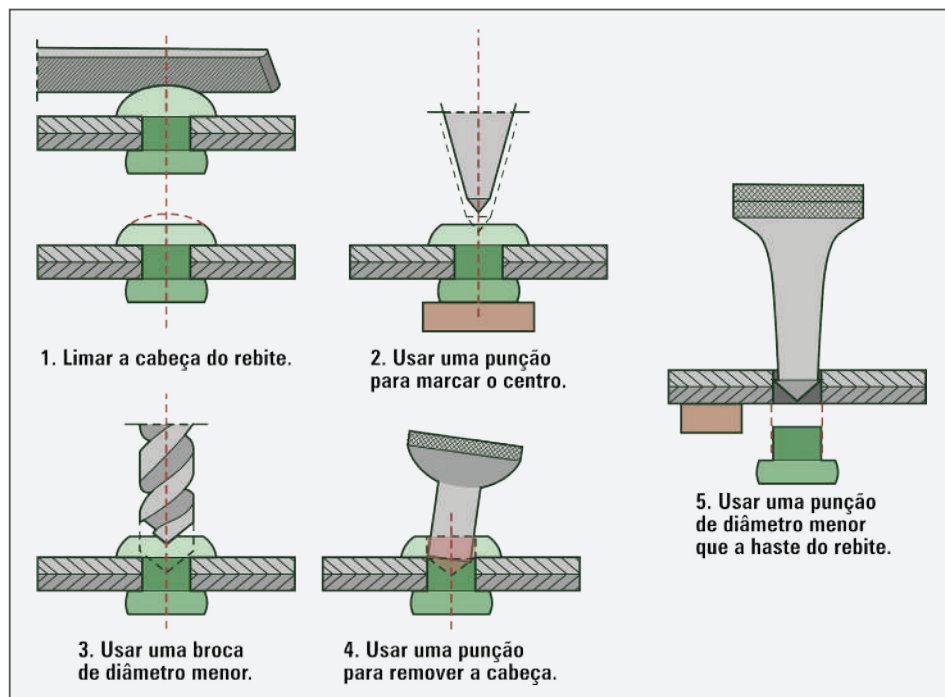


Figura 16 - Passos para remoção do rebite de cabeça universal



## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que os trabalhos com rebites seguem as recomendações dos manuais de reparos dos fabricantes, devendo manter os cuidados e a atenção na escolha do tipo, tamanho, formato da cabeça e até mesmo da espessura e da quantidade a ser usada de rebites. Isso porque eles não devem afetar o peso e o perfil aerodinâmico da superfície a ser reparada.

A escolha das ferramentas a serem usadas nos trabalhos com rebites será conforme a localização do dano, bem como o tipo de furação e o acabamento a ser usado para que resistam aos estresses, principalmente o cisalhamento. Todo este processo de instalação, inspeção e remoção visa a manter a integridade da peça original.



# Capítulo 3

## Tipos de rebites

Existem lugares em uma aeronave nos quais o acesso a ambos os lados de uma estrutura rebitada ou parte estrutural é impossível de ser acessada ou o espaço limitado não permite o uso de uma barra de apoio para formar a cabeça do rebite. Assim, “além disso, para fixação de muitas partes não estruturais, como, por exemplo, pisos e acabamentos de interior, não é necessário a resistência de rebites maciços” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 177). Visando a permitir os trabalhos nessas áreas e peças, foram desenhados rebites especiais que podem ser assentados apenas pela frente.

O rebite especial é considerado um rebite cego por ser utilizado em locais onde uma das cabeças não pode ser vista, geralmente a amassada. Apesar de serem mais leves que os rebites maciços, oferecem resistência suficiente para serem usados com segurança. São chamados de rebites especiais os rebites autotravantes, que podem ser travados por fricção ou por trava mecânica, os rebites *pull-thru*, os rebites com roscas, *deutsch* e os rebites *hi-shear*. Todos os rebites especiais devem sofrer inspeção e seguir os procedimentos de instalação e remoção, utilizando as ferramentas especiais que dependem do tipo e do fabricante do rebite, mantendo a confiabilidade da peça reparada e evitando estresses estruturais.

### 3.1 Ferramentas para trabalhos com rebites

As ferramentas utilizadas para trabalhar com rebites dependerão do tipo de rebite empregado e do seu fabricante, pois cada marca criou ferramentas especiais a serem usadas com seus respectivos produtos, para assegurar sua perfeita instalação. A utilização das ferramentas será sempre necessária, pois o rebite especial não se expande tanto quanto o rebite maciço. Quando o furo for muito largo ou alongado, o rebite não encherá de forma adequada o furo realizado sem o uso da ferramenta apropriada.

Existem ferramentas manuais ou pneumáticas, “a escolha é influenciada por diversos fatores, como a quantidade de rebites, a disponibilidade de ar comprimido, a facilidade de acesso, o tamanho e tipo de rebite a ser instalado” (IDEM, 1972, p. 177).

Para completar a instalação, deve-se utilizar um puxador, que compensará o tipo e o diâmetro de cabeça dos rebites.

As Figuras 17.A, B e C ilustram as ferramentas especiais para rebites *cherrylock*. Já as Figuras 17.D, E e F mostram as ferramentas utilizadas para rebites *huck*.

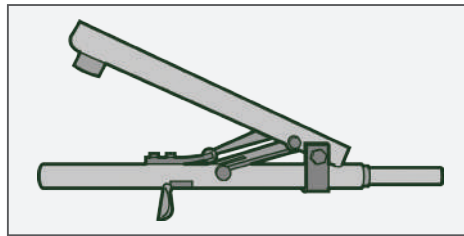


Figura 17.A - G36: manual

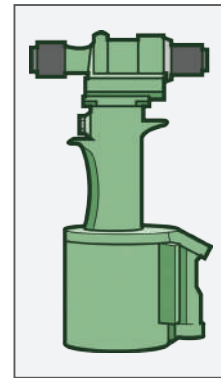


Figura 17.B - G700: hidráulica

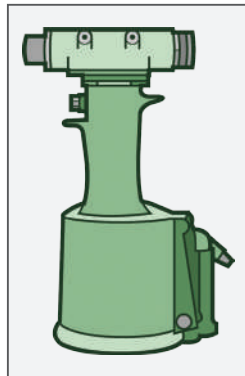


Figura 17.C - G784: hidráulica

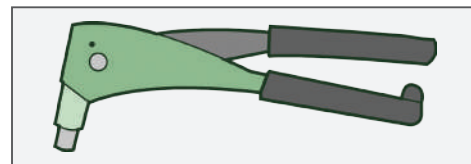


Figura 17.D - T120: manual

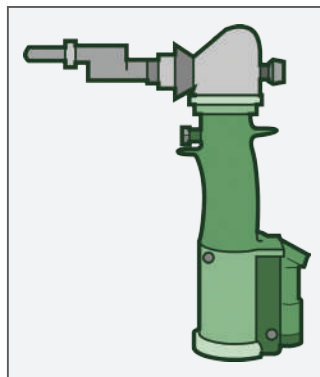


Figura 17.E - 139A: pneumática

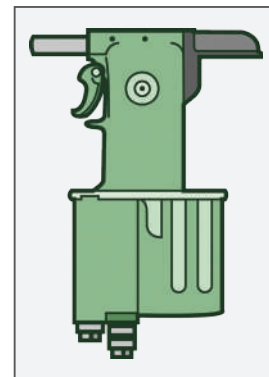


Figura 17.F - 352: pneumática

## 3.2 Rebites autotravantes

Os rebites autotravantes são divididos em trava por fricção e trava mecânica, devendo ambos seguir procedimentos para instalação, remoção e inspeção.

### 3.2.1 Trava por fricção

Os rebites autotravantes por fricção consistem em uma haste oca e uma haste com diâmetro aumentado na seção de encaixe. A cabeça cega é formada quando uma haste é puxada para dentro da outra.

Os rebites autotravantes por fricção são ideais para garantir a fixação de porcas fixas localizadas em áreas inacessíveis e de difícil alcance ou, ainda, onde o aperto de rebites sólidos é inaceitável.

Os procedimentos para a instalação, inspeção e remoção dos rebites autotravantes por fricção, estão contidas nas instruções do *Federal Aviation Administration* (FAA), manual AC-65-15A (1972):

- a) Instalação - a sequência de passos a serem seguidos na instalação de rebites autotravantes são:
  - escolher o rebite conforme o dano a ser reparado e sua localização, mantendo a resistência original;
  - realizar os furos, mantendo o diâmetro original;
  - a ferramenta deve ser removida após a quebra da haste, garantindo assim o perfeito encaixe do rebite.
- b) Inspeção - é realizada visualmente na cabeça, onde seu formato e a distância da chapa garantem sua correta instalação.
- c) Remoção - a sequência usada será:
  - usar o toca pinos para extrair a haste do rebite;
  - a cabeça do rebite deve ser rebaixada por meio de uma broca com a mesma espessura do corpo do rebite;
  - utilizar um punção para remover a cabeça e o corpo do rebite;
  - caso necessário, utilizar uma broca para finalizar a remoção do rebite. Tomar cuidado para o furo não aumentar (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 54).

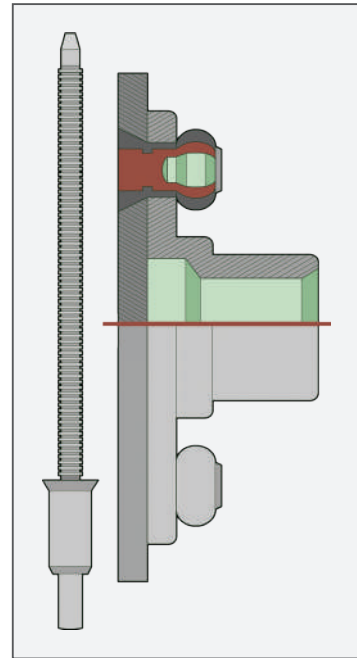


Figura 18.A - Rebite autotravante por fricção

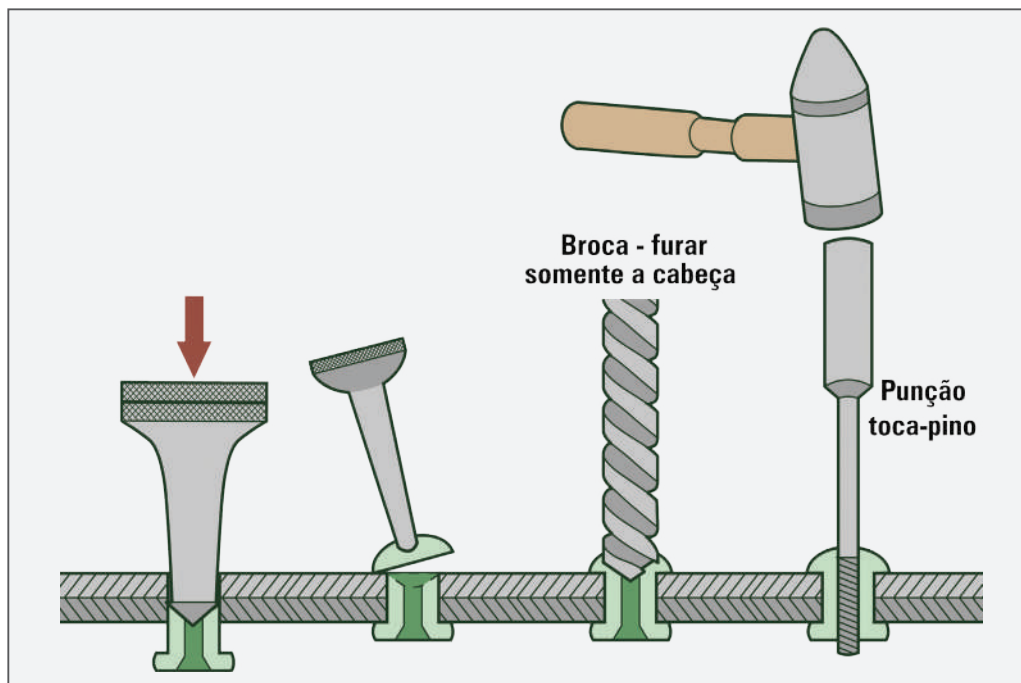


Figura 18.B - Remoção de rebites autotravantes por fricção

### 3.2.2 Trava mecânica

Os rebites autotravantes por trava mecânica foram desenvolvidos para evitar o problema de perda do centro da haste, devido à vibração, pois eles possuem um colar de travamento mecânico positivo. Esses rebites formam uma grande cabeça cega que proporciona maior resistência quando instalados em folhas finas.

Os rebites autotravantes por trava mecânica requerem ferramentas especiais construídas pelos fabricantes que produzem os rebites; embora semelhantes em *design*, muitas vezes não são intercambiáveis. Um exemplo são os rebites do tipo *huck*, instalados usando-se a ferramenta CP350. Já os rebites do tipo *cherrylock* são instalados com ferramentas manuais ou a motor, utilizando-se a cabeça puxadora adequada.



**Design:** concepção de um produto (máquina, utensílio, mobiliário, embalagem, publicação etc.), especialmente no que se refere à sua forma física e funcionalidade.

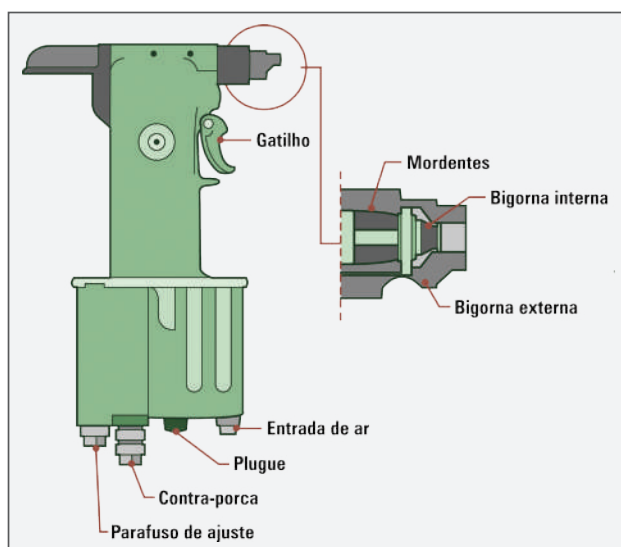


Figura 19 - Ferramenta CP350

Os procedimentos para instalação, inspeção e remoção dos rebites autotravantes por trava mecânica também seguem as instruções do *Federal Aviation Administration* (FAA), contidas no manual AC-65-15A (1972):

- a) Instalação - “a instalação dos rebites autotravantes por trava mecânica são basicamente os mesmos passos para os rebites autotravantes por fricção” (FAA, 1972, p. 57), exceto que se deve:
  - verificar a faixa da pega;
  - toda ferramenta utilizada deve estar de acordo com o diâmetro do rebite;
  - na colocação do rebite não exercer muita pressão em sua cabeça;
  - somente aplicar carga na ferramenta após o rebite fazer batente com a chapa de reparo;
  - verificar se a haste foi completamente fixada, garantindo assim sua resistência.
- b) Inspeção - a inspeção será visual e feita no lado da cabeça original, verificando-se a faixa da pega. Quando a faixa da pega for insuficiente, ela é indicada pela quebra da haste abaixo da superfície da cabeça. Já uma pega excessiva é indicada pela quebra da haste acima da superfície da cabeça. Ambas não são aceitáveis, pois indicam uma trava insatisfatória.

c) Remoção - para remover os rebites autotravantes por trava mecânica segue-se os seguintes passos conforme o Federal Aviation Administration (FAA), contidas no manual AC-65-15A, 1972:

- rebaixar a cabeça do rebite, podendo ser usado uma lima;
- puncionar a cabeça usando neste caso um punção macho;
- furar a parte cônica do pino;
- romper a trava por meio de cisalhamento;
- remover o colar da trava após o seu cisalhamento;
- furar a cabeça até ela ser vazada, para poder ser removida;
- remover a haste utilizando um toca pino.

A Figura 20 demonstra os passos citados para a remoção dos rebites autotravantes por trava mecânica.

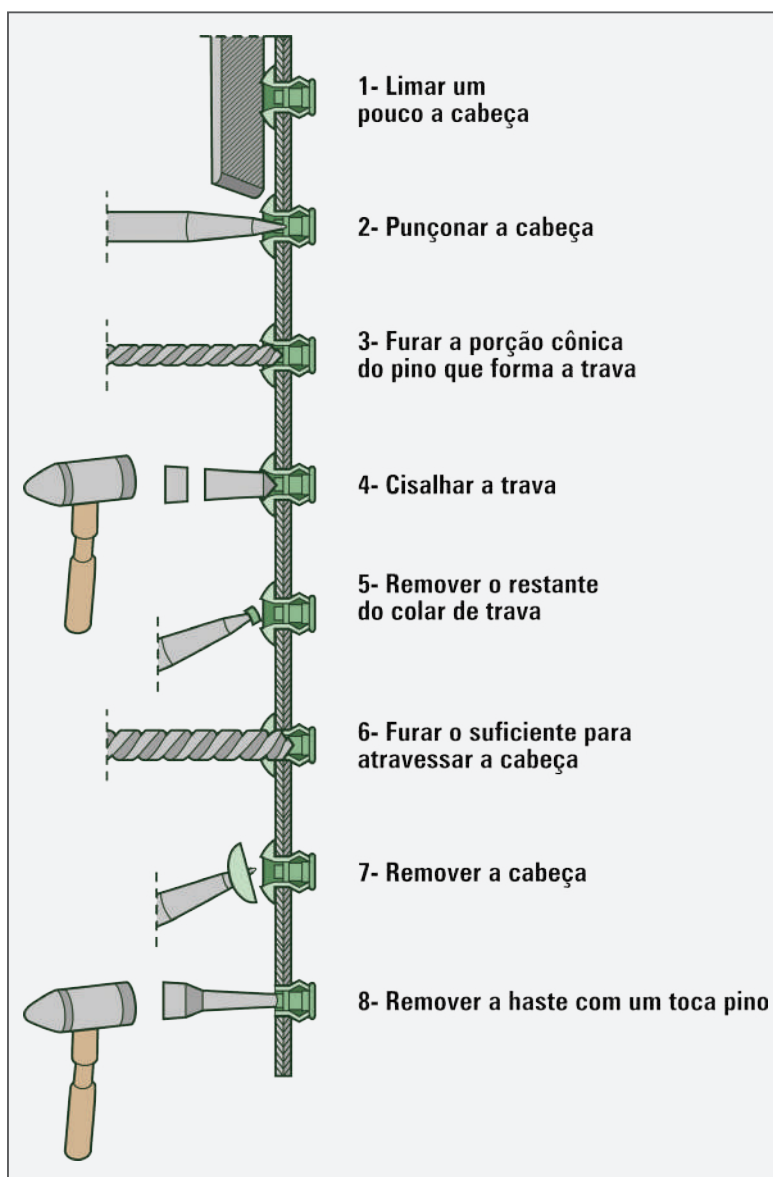


Figura 20 - Remoção de rebites autotravantes por trava mecânica

### 3.3 Rebites especiais

Vários tipos de rebite são utilizados nos reparos estruturais. Eles são definidos segundo o tipo de reparo necessário, a localização do dano (área pressurizada ou não), a resistência da peça, os estresses que ela deve suportar e as peças estruturais constantemente acessadas (utilizadas), como portas, janelas de acesso, escadas e carenagens.

Esses rebites são chamados de especiais e se dividem em *deutsh*, com roscas, *rivnut*, *hi-shear* e *pull-thru*. Cada um será explicado a seguir.

#### a) Rebites *deutsch*

Tipo de rebite utilizado em áreas estruturais não pressurizadas, que resistam à pressão necessária para a sua instalação. Este é um rebite cego feito de aço, que se divide em luva e pino-guia e que proíbe o uso de barras de apoio para sua instalação, logo as pancadas da instalação são absorvidas diretamente pela estrutura reparada.

São rebites que resistem aos estresses de cisalhamento, porém são mais restritos para efetuar seu acabamento. Sua cabeça jamais deve ser raspada (fresada) ou lixada e sua remoção torna-se difícil quando o rebite atravessa o material (a chapa reparada).

As ferramentas para sua instalação são o martelo manual ou uma pistola pneumática de baixa velocidade e, para a sua remoção, usa-se uma broca para remover a cabeça e um toca-pino para a haste.

#### b) Rebites com roscas

São rebites utilizados em áreas de grande utilização, como janelas, portas, carenagens e molduras que não permitem acesso a ambos os lados da estrutura a ser rebitada. Por esse motivo, podem ser chamados de rebites cegos. Essas áreas são removidas e instaladas frequentemente, devendo sua estrutura resistir a estresses.

São divididos em três partes: cabeça, corpo e haste. São mais resistentes que os rebites *rivnuts* por apresentarem um corpo maior e com rosca interna. Assim, necessitam de mais espaço em seu lado cego da instalação.

A instalação é feita utilizando as ferramentas manuais ou pneumáticas usadas na instalação dos *rivnuts*, porém necessitando de maior pressão para formar a cabeça do lado cego. Quanto à remoção desses tipos de rebite, normalmente são usadas brocas para desbastar a cabeça externa e uma broca com o mesmo diâmetro do corpo para romper a cabeça do lado cego.

Quando existe necessidade de substituição dos rebites com roscas, eles devem apresentar um diâmetro de espessura logo acima do removido, garantindo que os novos rebites preencham totalmente os furos.

#### c) Rebites *rivnut*

O *rivnut* é um rebite cego oco, rebaixado e roscado na parte interna, sendo necessária uma ferramenta própria para sua instalação. Esta deverá ser mantida em ângulo de 90° com o material e, para cada aperto do punho móvel da ferramenta, o mandril da ferra-



menta é girado no sentido horário. Esse processo é feito até sentir uma forte resistência, que indicará que o rebite foi assentado.

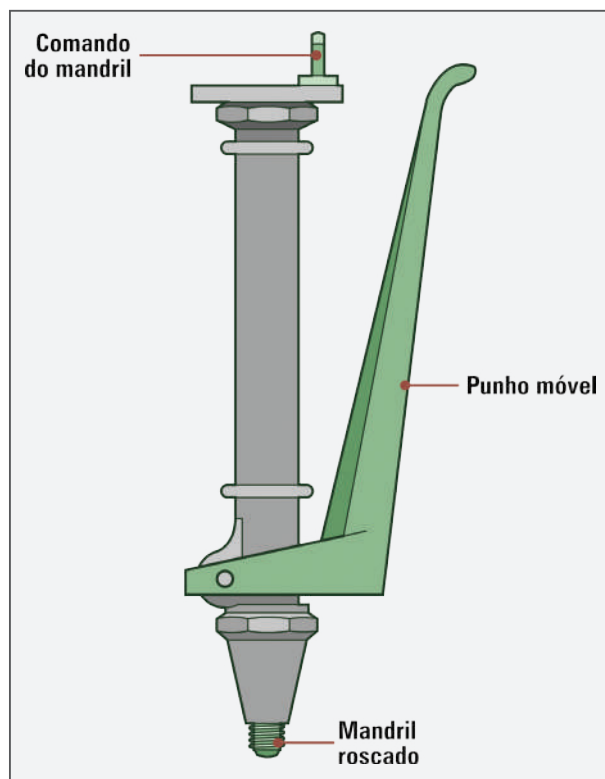


Figura 21 - Ferramenta para instalação do *rivnut*

As ferramentas usadas na instalação de *rivnuts* serão manuais ou pneumáticas, além de cortadores usados para o acabamento. Todas as ferramentas possuem um mandril roscado, no qual o *rivnut* é rosqueado até que sua cabeça faça batente na cabeça da ferramenta.

A escolha para um *rivnut* dependerá do tamanho da pega, do tipo de cabeça, da condição da extremidade e da existência ou ausência de projeção, sendo o tamanho da pega o fator mais importante. Nesse sentido, “o tamanho da pega é determinado pelo número do *rivnut*” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 184).

A instalação de um *rivnut* não estará completa se ele estiver oco, pois não apresentará toda sua resistência, sendo necessária, assim, a instalação de pinos roscados. Estes pinos usados nos *rivnuts* poderão ser de três tipos:

- parafuso escareado de 100° com encaixe *phillips* ou reed and prince;
- parafuso sem cabeça com encaixe *phillips* ou reed and prince;
- parafuso fino de cabeça oval com encaixe fenda, *phillips* ou reed and prince.

Os *rivnuts* são usados em áreas pressurizadas da aeronave.

d) Rebites *hi-shear*

Os rebites *hi-shear* funcionam como parafusos sem rosca, possuindo uma cabeça em uma extremidade e ranhurado ao redor da outra. Possuem, ainda, um colar de metal encaixado sob pressão na extremidade ranhurada, o que provoca um encaixe resistente aos estresses.

Nessa esteira, “o tamanho é determinado pelo *part number* (P/N), que fornece o diâmetro e o comprimento da pega do rebite” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 61).

Rebites *hi-shear* são instalados usando-se barras de apoio padrão e marteletes pneumáticos.

e) Rebites *pull-thru*

O rebite *pull-thru* é considerado um rebite cego, que se difere dos demais porque a haste é totalmente extraída do rebite durante sua instalação. Esse tipo de rebite é usado em tubos ocos para evitar interferência da pega na parte interna do tubo.

O rebite *pull-thru* é pouco usado em células de aviões.

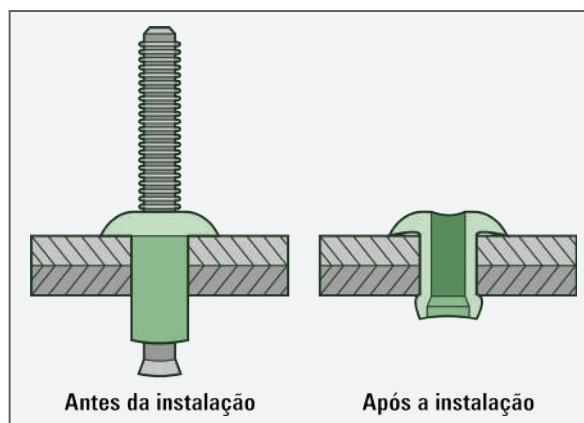


Figura 22 - Rebite *pull-thru*

### 3.4 Avaliação e remoção de pinos de rebites

Os pinos garantem a resistência dos rebites ocos. Porém, para que isso seja realmente alcançado, eles devem preencher totalmente a parte interna do corpo dos rebites e finalizarem junto às cabeças, ou seja, as pontas dos pinos devem manter contato com a parte interna das cabeças, garantindo que não haverá folga ou espaço sem ser preenchido. Isso permite o assentamento do rebite na peça, evitando que uma movimentação provoque um cisalhamento do rebite.

A instalação de rebites cegos ocos, como os *rivnuts*, só estará finalizada quando essa condição não mais existir. Para isso, são usados pinos rebites para efetuar o preenchimento dos rebites ocos. Deve-se fazer uma inspeção quanto ao assentamento perfeito.

A avaliação dos pinos rebites deverá ser feita em ambos os lados do material. A cabeça do rebite não deve estar danificada, mas firmemente encaixada contra o material. Deve-se garantir se o pino preencheu totalmente o corpo do rebite.

A remoção de pinos rebites pode ser realizada por ambas as extremidades do pino, por meio de uma furação com broca. Porém, recomenda-se o puncionamento do miolo do rebite antes de usar a broca. Essa ação evita danos à furação, o que exigiria a substituição por um conjunto maior em diâmetro.

As ferramentas usadas para a instalação dos pinos de rebites serão os punções macho e fêmea com um pino-guia. Não utilizar muita pressão durante a instalação para evitar danos ao corpo do rebite. Para remover os pinos, usa-se uma broca de diâmetro menor que o corpo do rebite para desbastar sua cabeça. Após a remoção, usa-se um toca-pino para remover o rebite e sacar o seu pino. A remoção poderá ser realizada por qualquer uma das cabeças dos rebites.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que nem sempre existem lugares em uma aeronave que permitem o acesso em ambos os lados à sua estrutura. Assim, alguns rebites especiais possibilitam que os trabalhos de rebite sejam feitos com segurança e confiabilidade, visto que esses rebites foram desenhados para serem assentados apenas pela frente. Existem vários tipos de rebites especiais, utilizados conforme a localização na aeronave. Têm-se como exemplo os *rivnuts*, usados em áreas pressurizadas ou os rebites auto travantes, que se dividem em trava por fricção e trava mecânica. São os mais utilizados para a instalação de porcas fixas.

Quase todos os rebites especiais como os *cherrylock* e os *huck* possuem ferramentas para efetuar sua instalação, normalmente criadas por seus próprios fabricantes. Sem exceção, todos os rebites especiais devem sofrer inspeções após sua instalação, garantindo seu perfeito assentamento e sua resistência necessária ao cisalhamento. Quanto à sua remoção, esta exige passos coordenados para evitar danos ao material reparado, como, por exemplo, o alargamento do furo dos rebites. Quando for utilizado um rebite cego oco no reparo ou na instalação de uma estrutura, o serviço só estará finalizado quando seu corpo for preenchido por um pino, chamado de pino de rebite, garantindo a resistência do rebite e o acabamento de sua cabeça.



# Capítulo 4

## Moldagem

A moldagem é de grande importância para o trabalho de reparo estrutural, requerendo o máximo de conhecimento e de habilidade. O processo utiliza ligas extremamente finas, delicadas e que podem se tornar facilmente inutilizadas se realizadas em um trabalho grosseiro ou descuidado. Uma moldagem efetuada com procedimento errado pode parecer perfeita, porém uma condição de fadiga poderá ter sido criada, causando uma súbita falha estrutural.

Os mecânicos que realizarão serviços de moldagem devem estar familiarizados com os termos usados nesses processos, com a confecção de dobras e de desenhos, bem como com os furos de alívio. Devem, ainda, ser capazes de efetuar a moldagem à mão, com dobras, em ângulos, com o alongamento e com peças **flangeadas** curvas, além do golpeamento, embutimento e das operações com aço inoxidável e com magnésio.



**Flangeadas:** Peças que permitem a união com outras peças.

**Têmpera:** Grau de temperatura que a peça resiste sem danos.

### 4.1 Processo de moldagem

Durante a fabricação ou o reparo de uma aeronave, uma peça estrutural deve ser moldada para se encaixar perfeitamente, possibilitando um melhor escoamento do ar (melhor perfil aerodinâmico).

Existem dois tipos de moldagem:

- simples - efetua dois furos para fixação;
- complexo - requer formatos com curvaturas extremamente complexas.

No processo de moldagem feito nas fábricas de aeronaves, utilizam-se grandes prensas ou martelos mecânicos. Isso permite que as peças tenham o desenho e as especificações corretas, de forma que a parte moldada possua a **têmpera** correta no final de sua produção. Já os processos de moldagem usados na linha de voo, na manutenção ou nos reparos são quase opostos ao método de procedimento, tendo em comum manter as especificações do fabricante quanto ao desenho, à resistência e à função aerodinâmica.

Vários metais são usados no reparo estrutural, “de todos, o alumínio intrínseco é o mais facilmente moldável” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 18), sem necessidade de ser destemperado. Porém, em grandes operações de moldagem, como a estampagem profunda em prensas, ou curvas complexas, o metal necessitará estar sem têmpera e em estado macio. Após conclusão da moldagem, o metal deverá sofrer um tratamento térmico para aumentar sua resistência. Já o aço inoxidável pode ser moldado por meio de vários métodos. Nesse caso, é requerida maior habilidade do que moldar alumínio ou liga de alumínio, por ser o aço um metal mais duro.

As peças que não possuírem um perfeito acabamento na moldagem não devem ser reaproveitadas, mas descartadas, uma nova peça deve ser moldada.

Ao se efetuar desenhos nas peças, deve-se ter cuidado para não fazer arranhões. Por isso, usa-se um lápis bem apontado e evitam-se os riscadores que produzem arranhões, pois estes levam a uma falha por fadiga.

## 4.2 Termos e serviços de moldagem

Vários métodos são usados nos serviços de moldagem. Os mais comuns são “amolçamento, estreitamento, contração, golpeamento e dobragem” (IDEM, 1972, p. 145).

As Figuras 23.A, B e C mostram alguns desses métodos.

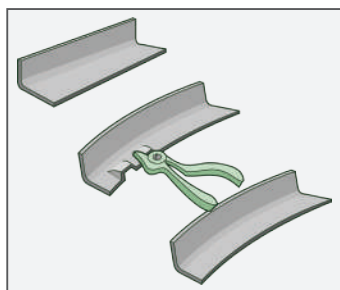


Figura 23.A - Alicates de amolçamento

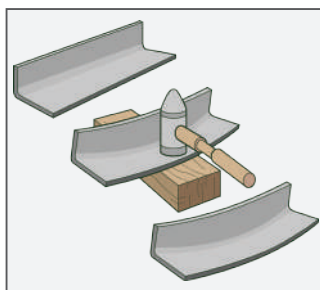


Figura 23.B - Estreitamento

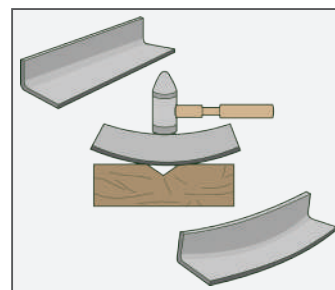


Figura 23.C - Contração com bloco V

### 4.2.1 Amolçamento

Amolçamento é o processo de moldagem que encurtará a peça, como, por exemplo, a dobragem ou o corrugamento de uma peça de chapa de metal. Normalmente, usa-se para fazer com que a extremidade de uma peça fique ligeiramente menor do que a outra, possibilitando o encaixe.

### 4.2.2 Estreitamento

Estreitamento é a diferença de comprimento, em que um flange vertical de uma chapa é forçado a se curvar.

### 4.2.3 Contração

Contração é o processo de moldagem em que o material torna-se menor por força de compressão. É utilizado quando houver necessidade de diminuir uma peça pronta, principalmente próxima a uma dobra.

Uma chapa de metal pode ser encurtada de duas maneiras: uma é golpeando-a sobre um bloco em V; a outra é almolgando-a e, depois, contraindo-a sobre um bloco de contração. Encolher um metal é muito mais difícil do que esticá-lo.

#### 4.2.4 Golpeamento

Golpeamento é a moldagem de metais por meio do uso de martelos, podendo ser feita de forma manual ou por máquinas. Durante esse processo, o metal a ser moldado é apoiado sobre uma bigorna, um saco de areia ou um punção. Cada um possui uma depressão, na qual as partes do metal golpeado possam penetrar e ser moldado.

#### 4.2.5 Dobragem

Processo de moldagem para confeccionar dobras em chapas de metal, no qual as dobras geralmente possuem pontas em ângulo.

### 4.3 Criação de desenhos

É importante fazer um *layout* da peça a ser moldada para evitar perdas de material e de tempo, bem como obter um resultado satisfatório no término do serviço.

De acordo com publicação da *Federal Aviation Administration* (FAA), no manual AC-65-15A (1972, p. 25), “a criação de desenhos poderá ser agrupada em três grupos: desenho plano, padrão duplicado e projeção através de um conjunto de pontos”; no entanto, o último é pouco usado.

#### 4.3.1 Desenho plano

Serão necessárias seis etapas utilizando cálculos para um *layout* de uma vista plana de um canal.

Utilizando o exemplo da Figura 24, o plano lateral esquerdo deve ter duas polegadas de altura, o plano lateral direito (C) 2,5 da polegada de altura e a distância entre as superfícies externas dos dois planos (B) deve ser de quatro polegadas. Se o material de espessura possui 0,064 polegadas, raio da dobra de 0,125 da polegada e ângulos de 90°, tem-se:

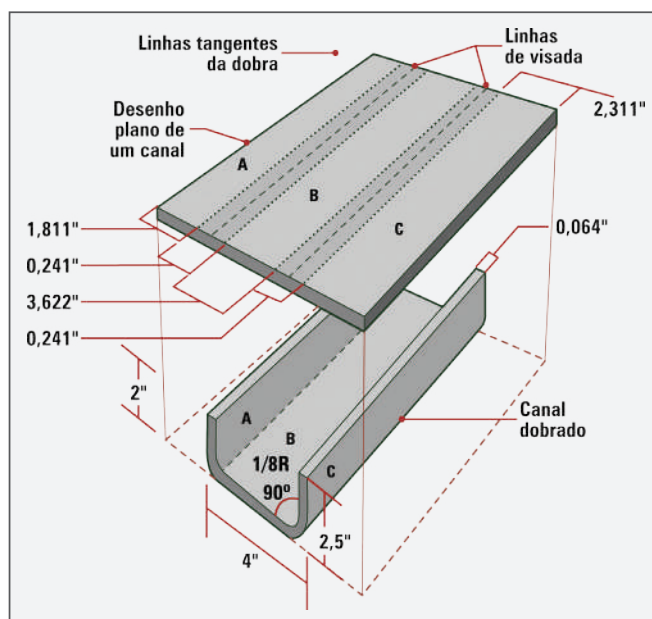


Figura 24 - Desenho plano de um canal



**Layout:** esboço ou espelho especificando fonte e corpo dos caracteres utilizados, diagramação, cores e formato de qualquer obra a ser produzida.

- Etapa 1 - determinar o recuo para acertar a distância entre os planos.
  - Recuo para a primeira dobra:

$$\text{Recuo} = R + E$$

$$\text{Recuo} = 0,125 + 0,064 = 0,189 \text{ polegadas}$$

- O primeiro plano (A) é igual ao tamanho total menos o recuo:

$$\text{Plano A} = 2,000 - 0,189 = 1,811 \text{ polegadas}$$

- Etapa 2 - calcular a tolerância das dobras para a primeira dobra, usando a tabela de tolerância de dobras.

$$BA = 0,241$$

- Etapa 3 - projetar o segundo plano (B), que será igual à dimensão total menos o recuo em cada extremidade, ou (B) menos dois recuos.

$$\text{Plano B} = 4,000 - (0,189 + 0,189) = 4,000 - 0,378 = 3,622 \text{ polegadas}$$

- Etapa 4 - a tolerância da dobra para a segunda dobra é a mesma que para a primeira.

$$BA = 0,241$$

- Etapa 5 - o terceiro plano (C) é igual à dimensão total menos o recuo.

$$\text{Plano C} = 2,500 - 0,189 = 2,311 \text{ polegadas}$$

- Etapa 6 - adicionando as medidas dos planos (A), (B) e (C) e suas tolerâncias, tem-se:

$$\text{Material} = (1,811 + 0,241 + 3,622 + 0,241 + 2,311) = 8,226 \text{ polegadas}$$

Será gasto, portanto, 0,274 polegadas a menos de material.

### 4.3.2 Padrão duplicado

Utiliza-se o padrão duplicado quando houver necessidade de confeccionar uma peça sem seu desenho original, para isso desenha-se uma linha (*DATUM*) na peça antiga e na chapa que será cortada.

Tomando o ponto (A) na peça como centro, desenha-se um arco com raio de aproximadamente 1/2 polegada se estendendo até o flange e continua-se a desenhar arcos sucessivos de 1/2 polegada maior que o anterior. O mesmo procedimento é tomado na chapa que será cortada.



*DATUM*: Linha de referência.



Arcos menores que 1/2 polegada aumentam a precisão do desenho.

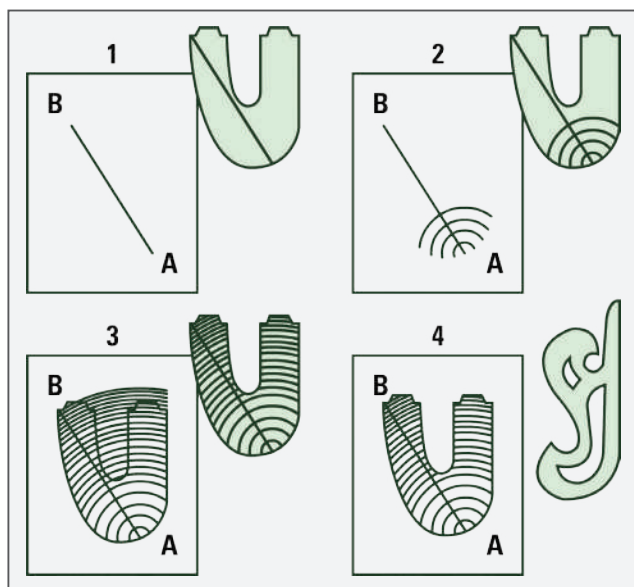


Figura 25 - Padrão duplicado

## 4.4 Criação de dobras

Para se efetuar o processo de dobras na moldagem, a espessura do material, o tipo de liga e sua têmpera devem ser considerados, pois, quanto menor a espessura ou mais macio o material, maior o raio da dobra que poderá ser aplicada.

O raio de uma dobra é medido no interior da curva. Logo, o raio mínimo de uma dobra será o maior grau de curvatura, no qual a chapa pode ser submetida sem provocar dano ao metal.

Além da espessura, composição e têmpera, outros fatores também devem ser considerados para a confecção de dobras, como a tolerância quanto à dobragem, o recuo e/ou breque e a linha de visada.

O raio mínimo de uma dobra é específico para cada tipo de chapa metálica utilizada na aviação.

### 4.4.1 Tolerância à dobragem

A tolerância da dobra é o comprimento do material requerido para a dobragem. Sua tolerância deve ser calculada para que haja metal suficiente para se efetuar a dobra.

Este tipo de tolerância depende de quatro fatores: raio e grau da dobragem, espessura do material e tipo de material.

- Raio de dobragem - proporcional à espessura do material. Quanto maior ângulo de raio, menor a quantidade de material necessário à confecção da dobra.
- Grau de dobragem - afeta o comprimento total do material.
- Espessura do material - influencia no raio da dobra.
- Tipo de material - quanto mais macio, maior poderá ser o ângulo. Se o material for mais duro, o raio da dobra será maior, bem como o tamanho da dobra.

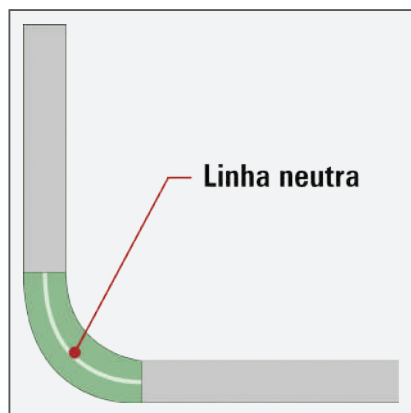


Figura 26 - Linha neutra

Durante a dobragem, o lado interno da curva do material é comprimido, enquanto seu lado externo é tensionado, provocando o estresse de flexão na dobra. Porém, essas forças não atingem o meio da espessura do material. Quando se traça uma linha no centro, ela é chamada de linha neutra ou eixo neutro.

A linha neutra, ou eixo neutro, é calculada pela face interna da dobra e encontra-se a uma distância de 0.445 vezes a espessura da chapa.

De acordo com a FAA, “Existem fórmulas e tabelas para os vários ângulos, raios de dobragem, espessuras do material e outros fatores” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 146). Essas fórmulas e tabelas serão apresentadas, a seguir, ao longo de quatro métodos.

Método 1 - neste método, usa-se a seguinte fórmula:

$$\text{Tolerância} = \frac{2\pi (R + 1/2 E)}{4}$$

Em que:

- $(\pi) = 3,1416$ ;
- $(R)$  = raio da curvatura;
- $(E)$  = espessura do metal;
- $(\text{Radius})$  = raio;
- $(T)$  = espessura do metal;
- $(B)$  = referência;
- $(C)$  = referência.

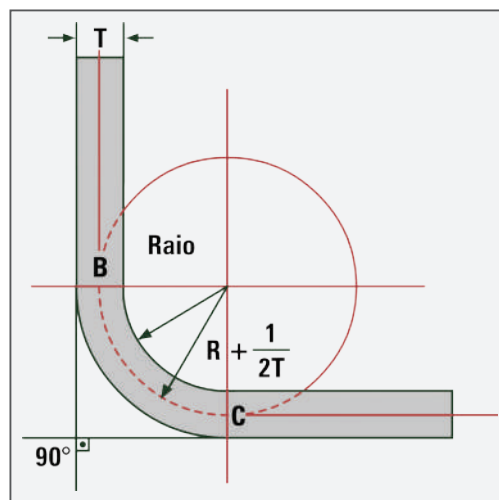


Figura 27 - Tolerância de uma dobra a 90°

Exemplo: a tolerância de uma dobra de 90°, com raio de 1/2 da polegada, para uma chapa com espessura de 0,064 da polegada.

$$\text{Tolerância} = \frac{2 \times 3,1416 (0,500 + 1/2 \times 0,064)}{4} = \frac{6,2832 (0,500 + 0,032)}{4} = \frac{6,2832 (0,532)}{4}$$

$$\text{Tolerância} = 0,835 \text{ da polegada}$$

Método 2 – aqui, usa-se a fórmula:

$$\text{Tolerância} = (0,01743 \times R + 0,0078 \times E) \times N$$

Em que:

- (R) = raio;
- (E) = espessura da chapa;
- (N) = número de graus da dobra.

Essa fórmula permite obter resultados para qualquer ângulo de dobragem de 1° a 180°.

Exemplo: a tolerância de uma dobra de 90°, com raio de 0,063 da polegada, para uma chapa de espessura de 0,025 da polegada.

$$\text{Tolerância} = (0,01743 \times 0,063 + 0,0078 \times 0,025) \times 90$$

$$\text{Tolerância} = 0,11 \text{ polegadas}$$

Método 3 - usando a tabela para dobras em 90° para determinar a tolerância para qualquer grau de curvatura, encontra-se a tolerância por grau para o número de graus da dobra.

Exemplo: para encontrar a tolerância de dobra para uma chapa de 0,064 da polegada de espessura, com raio de 3/16 ou 0,188 da polegada e para uma dobra de 90°:

- encontra-se a coluna que tem o raio de 0,188;
- desce a coluna até encontrar a linha que indica a espessura da chapa de 0,064;
- o quadro encontrado indica dois números. O número de cima indica a tolerância para a dobra de 90°;
- nesse exemplo, o valor é de 0,340 da polegada.

Tabela 6 - Tolerância de dobras

Espessura da dobra	Raio da dobra em polegadas												
	1/32 .031	1/16 .063	3/32 .094	1/8 .125	3/16 .188	7/32 .219	1/4 .250	9/32 .281	5/16 .313	11/32 .344	3/8 .375	7/16 .438	1/2 .500
.020	.062 .000693	.113 .001251	.161 .001792	.210 .002333	.309 .003433	.358 .003974	.406 .004515	.455 .005056	.505 .005614	.554 .006155	.603 .006695	.702 .007795	.799 .008877
.025	.066 .000736	.116 .001294	.165 .001835	.214 .002376	.313 .003476	.362 .004017	.410 .004558	.459 .005098	.509 .005657	.558 .006198	.607 .006739	.705 .007838	.803 .008920
.028	.068 .000759	.119 .001318	.167 .001859	.216 .002400	.315 .003499	.364 .004040	.412 .004581	.461 .005122	.511 .005680	.560 .006221	.609 .006762	.708 .007862	.805 .008862
.032	.071 .000787	.121 .001345	.170 .001886	.218 .002427	.317 .003526	.366 .004067	.415 .004608	.463 .005149	.514 .005708	.562 .006249	.611 .006789	.710 .007889	.807 .008971
.038	.075 .000837	.126 .001396	.174 .001937	.223 .002478	.322 .003577	.371 .004118	.419 .004659	.468 .005200	.518 .005758	.567 .006299	.616 .006840	.715 .007940	.812 .009021
.040	.077 .000853	.127 .001411	.176 .001952	.224 .002493	.323 .003593	.372 .004134	.421 .004675	.469 .005215	.520 .005774	.568 .006315	.617 .006856	.716 .007955	.813 .009037
.051		.134 .001413	.183 .002034	.232 .002575	.331 .003675	.379 .004215	.428 .004756	.477 .005297	.527 .005855	.576 .006397	.624 .006934	.723 .008037	.821 .009119
.064		.144 .001595	.192 .002136	.241 .002676	.340 .003776	.389 .004317	.437 .004858	.486 .005399	.536 .005957	.585 .006498	.634 .007039	.732 .008138	.830 .009220
.072			.198 .002202	.247 .002743	.346 .003842	.394 .004283	.443 .004924	.492 .005465	.542 .006023	.591 .006564	.639 .007105	.738 .008205	.836 .009287
.078			.202 .002249	.251 .002790	.350 .003889	.399 .004430	.447 .004963	.496 .005512	.546 .006070	.595 .006611	.644 .007152	.745 .008252	.840 .009333
.081			.204 .002272	.260 .002891	.352 .003912	.401 .004453	.449 .004969	.498 .005535	.548 .006094	.598 .006635	.646 .007176	.745 .008275	.842 .009357
.091			.212 .002350	.262 .002914	.359 .003990	.408 .004531	.456 .005072	.505 .005613	.555 .006172	.604 .006713	.653 .007254	.752 .008353	.849 .009435
.094			.214 .002374	.268 .002977	.361 .004014	.410 .004555	.459 .005096	.507 .005637	.558 .006195	.606 .006736	.655 .007277	.754 .008476	.851 .009458
.102				.273 .003031	.367 .004076	.416 .004617	.464 .005158	.513 .005699	.563 .006257	.612 .006798	.661 .007339	.760 .008439	.857 .009521
.109				.284 .003156	.372 .004131	.420 .004672	.469 .005213	.518 .005754	.568 .006312	.617 .006853	.665 .007394	.764 .008493	.862 .009575
.125					.383 .004256	.432 .004797	.480 .005338	.529 .005878	.579 .006437	.628 .006978	.677 .007519	.776 .008618	.873 .009700
.156					.405 .004497	.453 .005038	.502 .005579	.551 .006120	.601 .006679	.650 .007220	.698 .007761	.797 .008860	.895 .009942
.188					.417 .004747	.476 .005288	.525 .005829	.573 .006370	.624 .006928	.672 .007469	.721 .008010	.820 .009109	.917 .010191
.250							.568 .006313	.617 .006853	.667 .007412	.716 .007953	.764 .008494	.863 .009593	.961 .010675

Fonte: EUA, 2012. FAA.

Método 4 - neste método, é usada a tabela de tolerância de dobras para dobras diferentes de 90°. Quando a dobra for diferente de 90°, usa-se o número de baixo apresentado no quadrado da Tabela 6, multiplicando-o pelo grau da dobra, para obter a tolerância.

Para o exemplo do Método 3, se a dobra fosse de 120°, tem-se:

- o valor encontrado no quadro da Tabela 6 abaixo de 0,340 é de 0,003776;
- multiplica-se o grau da dobra pelo valor 120 x 0,003776;
- a tolerância da dobra será de 0,45312 da polegada.

#### 4.4.2 Recuo

Distância entre a linha tangente da dobra e o ponto de molde. A linha tangente da dobra é os pontos de início e fim dela. Já o ponto molde é o ponto de intercessão das linhas que se estendem a partir das superfícies externas.

Para se efetuar a dobragem em uma chapa de metal, devem-se determinar os pontos de início e fim da dobra, permitindo calcular o comprimento da parte chata da chapa. Há dois fatores importantes para isso: o raio da dobra e a espessura do material.

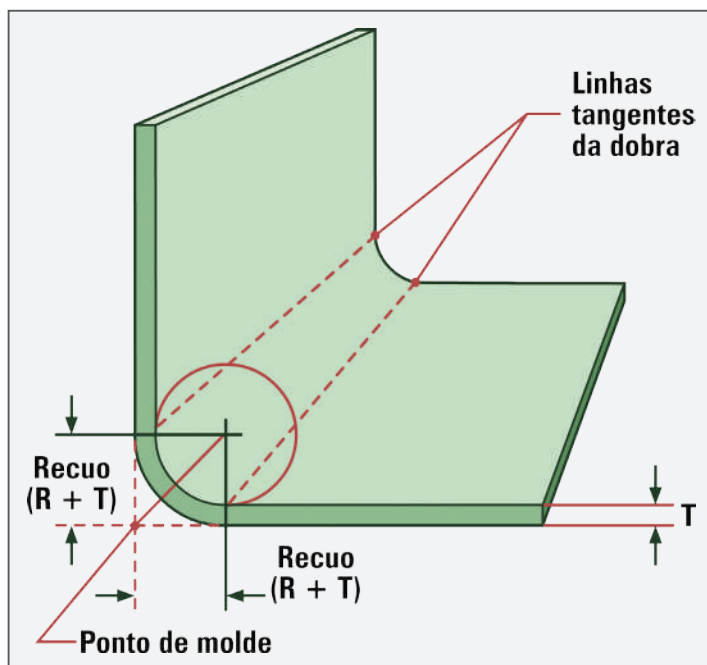


Figura 28 - Recuo

Em concordância com a FAA, “Há dois métodos para calcular o recuo de uma dobra” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 150):

Método 1 - para calcular o recuo para uma dobra de 90°, adiciona-se a espessura da chapa ao raio interno da dobra (**Recuo = R + T**).

Exemplo: recuo para uma curva de 90°, com chapa de 0,064 da polegada de espessura e raio da curva de 3/16 ou 0,188 da polegada.

$$\text{Recuo} = R + T$$

$$\text{Recuo} = 0,188 + 0,064 = 0,252 \text{ polegadas.}$$

Em que:

- (R) = raio;
- (E) = espessura da chapa.

Método 2 - para calcular o recuo com ângulos diferentes de 90°, usa-se a tabela de recuo para determinar o valor de (K)  $\text{Recuo} = K (R + E)$ .

Exemplo: recuo para uma dobra de 120° com raio de 0,188 de polegada em uma chapa com a espessura de 0,025 polegadas.

$$\text{Recuo} = K (R + E)$$

$$\text{Recuo} = 1,732 (0,188 + 0,025)$$

$$\text{Recuo} = 0,3689 \text{ polegadas.}$$

Tabela 7 - Recuo (K)

Grau da dobra	*K	Grau da dobra	*K	Grau da dobra	*K	Grau da dobra	*K	Grau da dobra	*K
1	0.0087	37	0.3346	73	0.7399	109	1.401	145	3.171
2	0.0174	38	0.3443	74	0.7535	110	1.428	146	3.270
3	0.0261	39	0.3541	75	0.7673	111	1.455	147	3.375
4	0.0349	40	0.3639	76	0.7812	112	1.482	148	3.487
5	0.0436	41	0.3738	77	0.7954	113	1.510	149	3.605
6	0.0524	42	0.3838	78	0.8097	114	1.539	150	3.732
7	0.0611	43	0.3939	79	0.8243	115	1.569	151	3.866
8	0.0699	44	0.4040	80	0.8391	116	1.600	152	4.010
9	0.0787	45	0.4142	81	0.8540	117	1.631	153	4.165
10	0.0874	46	0.4244	82	0.8692	118	1.664	154	4.331
11	0.0963	47	0.4348	83	0.8847	119	1.697	155	4.510
12	0.1051	48	0.4452	84	0.9004	120	1.732	156	4.704
13	0.1139	49	0.4557	85	0.9163	121	1.767	157	4.915
14	0.1228	50	0.4663	86	0.9324	122	1.804	158	5.144
15	0.1316	51	0.4769	87	0.9489	123	1.841	159	5.399
16	0.1405	52	0.4877	88	0.9656	124	1.880	160	5.671
17	0.1494	53	0.4985	89	0.9827	125	1.921	161	5.675
18	0.1583	54	0.5095	90	1.000	126	1.962	162	6.313
19	0.1673	55	0.5205	91	1.017	127	2.005	163	6.691
20	0.1763	56	0.5317	92	1.035	128	2.050	164	7.115
21	0.1853	57	0.5429	93	1.053	129	2.096	165	7.595
22	0.1943	58	0.5543	94	1.072	130	2.144	166	8.144
23	0.2034	59	0.5657	95	1.091	131	2.194	167	8.776
24	0.2125	60	0.5773	96	1.110	132	2.246	168	9.514

25	0.2216	61	0.5890	97	1.130	133	2.299	169	10.38
26	0.2308	62	0.6008	98	1.150	134	2.355	170	11.43
27	0.2400	63	0.6128	99	1.170	135	2.414	171	12.70
28	0.2493	64	0.6248	100	1.191	136	2.475	172	14.30
29	0.2586	65	0.6370	101	1.213	137	2.538	173	16.35
30	0.2679	66	0.6494	102	1.234	138	2.605	174	19.08
31	0.2773	67	0.6618	103	1.257	139	2.674	175	22.90
32	0.2867	68	0.6745	104	1.279	140	2.747	176	26.63
33	0.2962	69	0.6872	105	1.303	141	2.823	177	38.18
34	0.3057	70	0.7002	106	1.327	142	2.904	178	57.29
35	0.3153	71	0.7132	107	1.351	143	2.988	179	114.59
36	0.3249	72	0.7265	108	1.376	144	3.077	180	Inf.

\*K (valor de K para a fórmula de recuo).

Fonte: EUA, 2012. FAA.

### 4.4.3 Linha de visada

A linha de visada é a marca em uma chapa que serve como guia na dobragem quando se está alinhada com a extremidade da barra de raio da viradeira.

Ela pode ser localizada medindo-se o raio a partir da união das linhas da dobra mais próxima da extremidade a ser inserida na viradeira.

### 4.4.4 Termos relacionados à tolerância da dobra

Vários são os termos usados no entendimento da tolerância da dobra e suas aplicações nos cálculos para se determinar a tolerância.

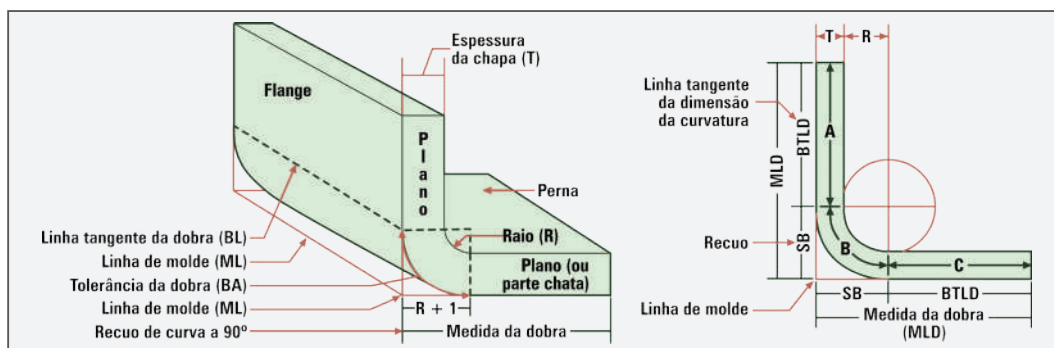


Figura 29 - Termos de tolerância de dobras

Conforme os manuais do *Federal Aviation Administration* (FAA) AC-65-15A e H-8083-31, p. 150 e 4.59:

- perna ou alma - maior superfície plana de uma dobra;
- flange - menor superfície plana de uma dobra;
- linha de molde (ML) - linha formada pela extensão das superfícies externas da alma e do flange;
- tolerância da dobra (BA) - quantidade de material gasto na curva;
- raio (R) - o raio de uma dobra é sempre pelo lado interno da curva;
- recuo (SB) - distância da linha de tolerância da dobra até o ponto de molde;
- linha de dobra ou linha de visada - linha do desenho no material a ser moldado, que é alinhada com a ponta da viradeira e serve como um guia na dobragem;
- parte chata - é a porção não incluída na dobra, que é igual a medida da base menos o recuo;
- medida da base - dimensões externas de uma peça moldada;
- ângulo fechado - ângulo menor que 90° quando medido entre as almas ou maior que 90° quando a quantidade da dobra é medida;
- ângulo aberto - ângulo maior que 90° quando medido entre as almas ou menor que 90° quando a quantidade da dobra é medida;
- número (K) - um dos 179 números na tabela de recuo correspondente a um dos ângulos de 0 a 180° (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2012, p. 59)

## 4.5 Moldagem manual

A moldagem manual envolve os processos de contração e alongamento, que nada mais é do que encolher ou reduzir uma área utilizando o processo de contração e alongar ou aumentar a área do metal utilizando-se do alongamento.

Empregam-se algumas técnicas para a moldagem à mão. São elas as dobras em linha reta, os ângulos moldados ou **extrudados** e os flangeados.

### 4.5.1 Alongamento

Para o alongamento à mão, usam-se os mesmos blocos de moldagem, o bloco de calço de madeira e o **macete** que foram usados no processo de contração.

### 4.5.2 Golpeamento

O golpeamento envolve moldar a chapa de metal, batendo-a em uma forma até obter o modelo requerido. Pode ser feito sobre um bloco de moldagem ou punção e por meio do golpeamento sobre um saco de areia. Em ambos os métodos, somente uma forma é requerida.

Um bom exemplo de uma peça feita por golpeamento usando o bloco de moldagem é o *blister*. Para as peças feitas usando o saco de areia, um exemplo são os filetes das asas.



**Extrudado:** material que toma a forma da matriz quando é forçado a passar por ela.

**Macete:** tipo de martelo macio.

**Blister:** cobertura aerodinâmica.



Na moldagem com blocos de madeira, preparam-se vários gabaritos (padrões da seção cruzada), de maneira que a forma possa ser checada em relação à sua precisão: quanto mais precisa ela for, menos tempo levará para produzir uma peça. Placas de aço são usadas como fixação e deverão ter 1/8 da polegada para formas pequenas e 1/4 da polegada ou maior para formas grandes.

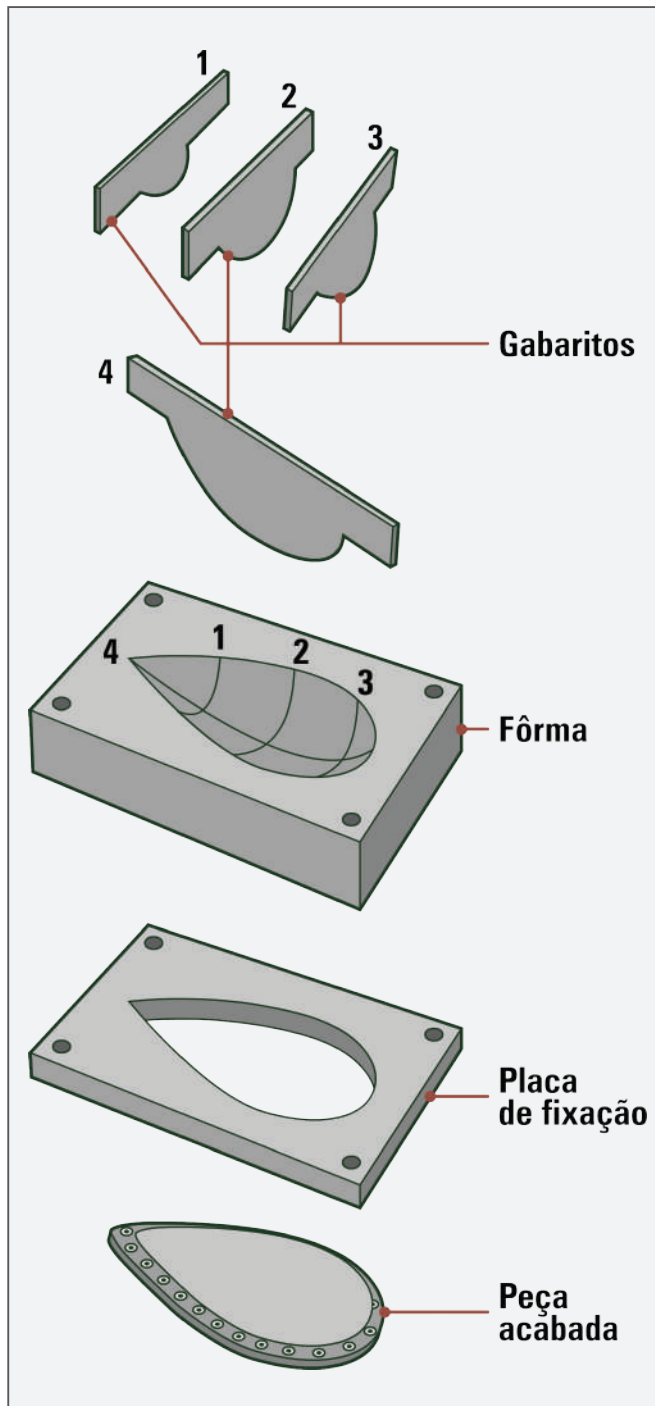


Figura 30 - Forma, gabaritos e peça



Figura 31 - Golpeamento sobre um saco de areia

Passos para o golpeamento:

- cortar a chapa com 1/2 a 1 polegada maior que o desenho;
- aplicar uma fina camada de óleo na forma;
- prender o metal entre a forma e a placa de fixação;
- fixar a forma em uma morsa;
- usando um macete e com suaves pancadas, trabalhar o metal gradualmente a partir das bordas;
- alisar a peça o máximo possível antes de removê-la da forma;

- remover a peça do bloco de golpeamento, deixando um flange de 1/2 polegada;
- fazer os furos para os rebites, limpar e polir a peça.

O golpeamento sobre um saco de areia é um dos métodos mais difíceis de moldagem à mão, porque não há uma forma para servir como guia. Nesse método, uma depressão é feita no saco de areia para tomar a forma da peça a ser martelada. Essa depressão tem a tendência de mudar conforme se martela a peça, o que exige reajuste periódico durante o processo de moldagem. O grau de deslocamento depende, em grande parte, do contorno ou forma da peça que está sendo moldada.

### 4.5.3 Embutimento

O embutimento é o deslocamento formado em uma peça para deixar um espaço (folga) para uma chapa ou outra parte que será unida. O embutimento é encontrado muitas vezes na interseção de longarinas e nervuras. Normalmente, um desses membros (a nervura) tem seu flange embutido para encaixar-se sobre o flange da longarina.

A quantidade de deslocamento é pequena, por isso, a profundidade do embutimento é especificada em milésimos de polegada e a espessura do material a ser embutido determina a profundidade do embutimento. Em geral, é comum exceder em 1/16 da polegada o comprimento necessário do embutimento para dar a folga suficiente, assegurando um perfeito encaixe entre a peça embutida ou sobreposta. A distância entre duas curvas de um embutimento é chamado de subsídio.

O embutimento poderá ser feito em uma viradeira, caso seja em um flange de 90° ou uma chapa plana de metal. Se for necessário um embutimento em um flange curvo, poderão ser usados blocos de moldagem.

As Figuras 32.A e 32.B ilustram os dois passos para a realização de um embutimento.

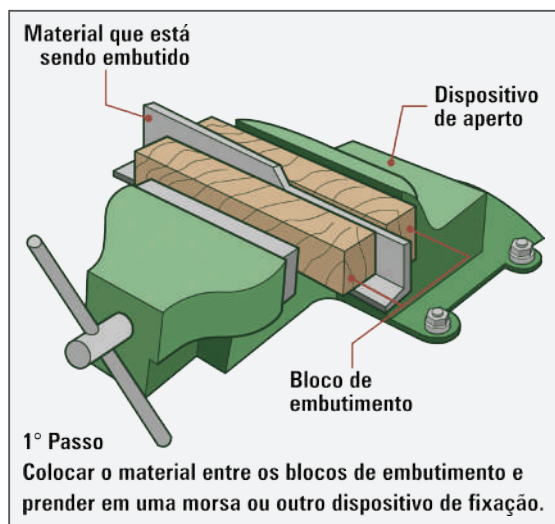


Figura 32.A - Embutimento passo 1

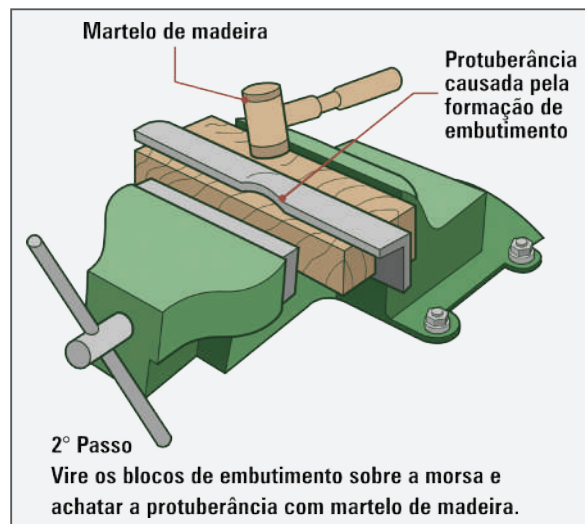


Figura 32.B - Embutimento passo 2

#### 4.5.4 Ângulos de 90°

Para efetuar ângulos de 90°, normalmente são usados viradeiras ou dobrador de barra. Porém, em alguns serviços, ou caso essas máquinas não estejam disponíveis, os ângulos podem ser efetuados manualmente com o auxílio de blocos de madeira ou metálicos.

O processo de dobra manual será executado após marcar e cortar a chapa que será dobrada, prendendo-a ao longo da linha da dobra entre dois blocos de madeira, em uma morsa. A extremidade do bloco de madeira deve ser arredondada de acordo com o raio de dobra desejado, devendo ser ligeiramente curvado além do ponto de 90° para compensar o retorno (*springback*).

Usam-se martelos de borracha ou plástico para formar a dobra na chapa presa nos blocos de madeira, sempre batendo de leve e uniformemente de uma extremidade a outra.

#### 4.5.5 Ângulos extrudados

Os ângulos extrudados ou moldados podem ser curvados, alongando ou encolhendo um dos flanges. É usado preferencialmente o processo de alongamento por ser necessário apenas a utilização de um bloco (V) e um macete.

No processo de alongamento, posiciona-se o flange a ser alongado sobre a ranhura do bloco (V). Usando um macete, bate-se diretamente sobre a parte apoiada no (V), com pancadas leves e constantes, forçando o metal para dentro.

Forma-se a dobra com o menor número de pancadas possíveis, para evitar o endurecimento do metal pelo excesso de pancadas.

A dobra de uma peça em ângulo, moldada ou extrudada por intermédio da contração, pode ser realizada por dois métodos: do bloco (V) ou do bloco de contração. O bloco (V) é o mais simples e mais rápido de efetuar a dobra da chapa.

Se uma peça for recozida durante o processo de curvamento, ela deverá sofrer novamente o tratamento térmico antes de ser instalada na aeronave.

#### 4.5.6 Ângulos flangeados

Processo de moldagem mais complexo que os ângulos de 90° e os extrudados, pois, se o flange for virado em direção à parte interna da dobra, o material deverá ser comprimido. Já se o flange for virado para a parte exterior, ele deverá ser esticado.

Usam-se blocos de moldagem de madeira para formar os ângulos flangeados, cortando o material com o objetivo de deixar uma margem para os ajustes depois da moldagem.

As Figuras 33.A, B e C mostram o processo de molde de um ângulo flangeado.

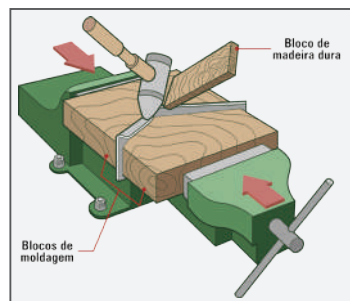


Figura 33.A - Ângulo flangeado usando blocos

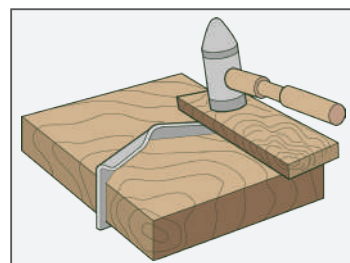


Figura 33.B - Encolhendo o ângulo

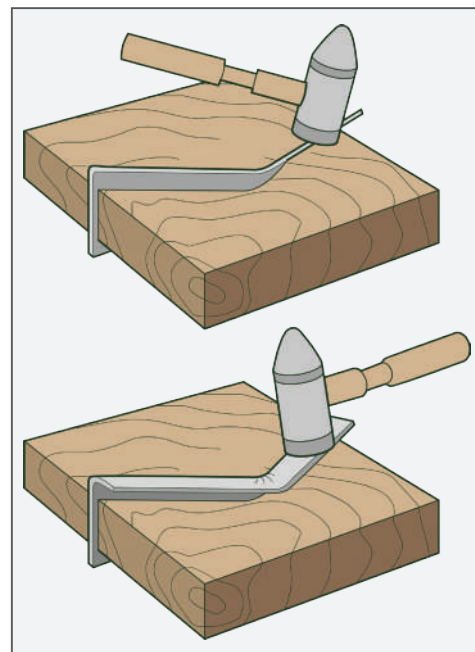


Figura 33.C - Esticando o ângulo

### 4.5.7 Flangeamento curvo

As peças nas quais o flangeamento deve ser curvo são as mais fáceis de serem moldadas, pois possuem um flange côncavo (flange interno) e um flange convexo (flange externo). Em consonância com a FAA (1972, p. 32), “o flange côncavo é moldado por alongamento e o convexo por contração”.

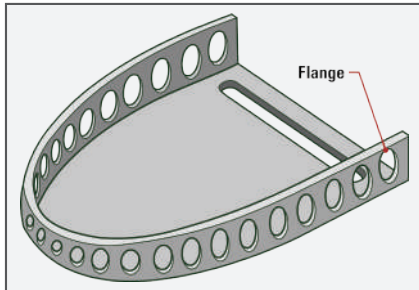


Figura 34.A - Peças flangeadas curvas: nervura de nariz

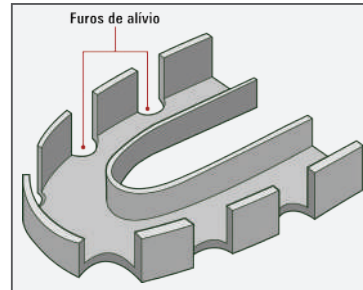


Figura 34.B - Peças flangeadas curvas: nervura com furos

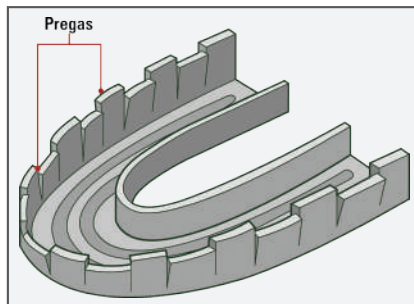


Figura 34.C - peças flangeadas curvas: nervura com pregas

Os passos principais na moldagem de um flange curvo são instruídos pelo manual da *Federal Aviation Administration* (FAA, 2012, p. 78):

- cortar o material, deixando espaço para aparar as sobras;
- colocar o metal entre os blocos de madeira tão próximo quanto possível da área a ser martelada;
- dobrar o flange na parte côncava, isso evitará que o metal se parta ou rache quando for alongado;
- usando um macete macio ou um bloco de madeira, martelar em um ponto próximo ao início da dobra côncava e continuar em direção ao centro da dobra;
- continuar martelando até que a chapa seja gradualmente dobrada em todo o flange;
- começando no centro da curva e martelando em direção às extremidades, martelar o flange convexo em um ângulo de 45°;
- alongar o metal ao redor do raio da dobra;
- manter as bordas do flange perpendiculares ao bloco;
- aparar os flanges quanto aos excessos de metal. (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2012, p. 78)

As Figuras 35.A, B e C apresentam a moldagem de um flange em um objeto de madeira.

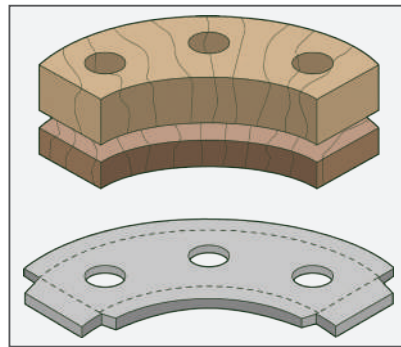


Figura 35.A - Bloco de madeira

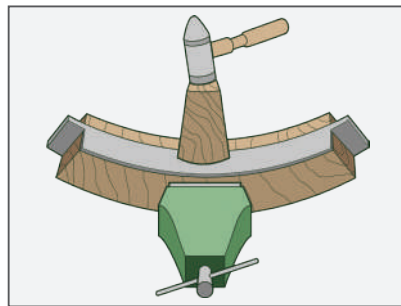


Figura 35.B - Modelando uma curva cônica

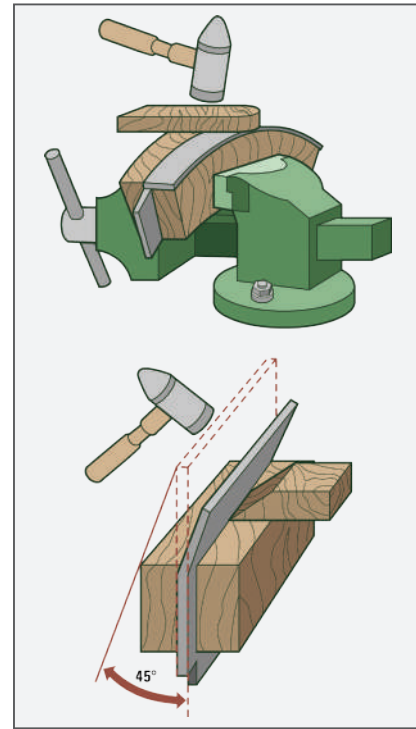


Figura 35.C - Modelando uma curva convexa

#### 4.5.8 Peças em aço inoxidável e magnésio

O aço inoxidável é resistente à corrosão, sendo usado em algumas partes da aeronave quando a alta resistência for necessária, como nos apoios de bateria. Quando forem trabalhadas as chapas de aço inoxidável, é importante a utilização de um raio de curvatura maior que o raio de curvatura mínimo recomendado para evitar a fratura do material na zona de curva. Também se deve aplicar um acabamento para dar proteção entre as superfícies de contato.

Ao trabalhar com aço inoxidável, é importante se certificar que o metal não seja excessivamente riscado, pois os riscos provocam corrosões futuras. Além disso, é preciso tomar precauções especiais durante o corte, o puncionamento e a furação, pois é necessária duas vezes mais pressão para cortar ou puncionar o aço inoxidável do que o aço macio.

Para evitar o superaquecimento da broca, mergulha-se a broca na água após cada furo.

O magnésio é o metal estrutural mais leve do mundo. Como muitos outros metais, esse elemento prateado-branco não é usado em seu estado puro. Em vez disso, o magnésio é misturado com certos outros metais (alumínio, zinco, zircônio, manganês, tório, e outros metais raros), para obter as ligas fortes e leves necessárias à estrutura da aeronave.

O peso leve é a característica mais conhecida do magnésio, um fator importante no *design* de aeronaves. Em comparação, o alumínio pesa uma vez e meia a mais, o ferro e aço pesam quatro vezes mais e as ligas de cobre e de níquel pesam cinco vezes mais.

A propriedade amagnética das ligas de magnésio é valorizada na construção de caixas e peças de instrumentos.

Essas ligas podem ser cortadas, perfuradas e fresadas com as mesmas ferramentas que são usadas em aço ou latão, mas as arestas de corte da ferramenta devem ser afiadas. Rebites de liga de alumínio devem ser usados quando for necessária a rebitagem de peças de magnésio.

Cuidados são necessários ao efetuar operações com magnésio, pois as partículas de magnésio queimam muito facilmente e podem causar uma explosão dependendo de sua concentração. Outros cuidados também são necessários, como:

- não usar tesouras convencionais para cortar chapas de liga de magnésio, pois produzem bordas ásperas e rachadas;
- o cisalhamento e a estampagem requerem uma folga da máquina de 3 a 5% da espessura da chapa e a lâmina superior deve ser retificada em ângulo de 45° a 60°;
- o ângulo de cisalhamento, usando-se um punção, deverá ser de 2° a 3° com uma folga de 1° na matriz;
- o ângulo de cisalhamento na matriz, usando-se a estampagem, deverá ser de 2° a 3° com um ângulo de folga de 1° no punção;
- não se deve efetuar o cisalhamento a frio em chapas laminadas com espessura maior que 0,064 polegadas, ou em chapas temperadas com espessura maior que 1/8 da polegada;
- as chapas temperadas de magnésio podem ser aquecidas até 600 °F, porém as chapas laminadas devem ser mantidas a 400 °F;
- a serragem é o único método usado no corte de chapas maiores que 1/2 polegada de espessura;
- na serragem para corte de grandes chapas ou extrusões pesadas, deverão ser usadas lâminas com passo de quatro a seis dentes. Para extrusões médias ou pequenas, usa-se serra circular com seis dentes por polegada;
- nas operações de dobragem para chapas de liga macia, o raio de curvatura deverá ser de, no mínimo, sete vezes o valor da espessura da chapa e de 12 vezes para uma chapa de liga dura;
- outras recomendações do fabricante da aeronave devem ser seguidas para o trabalho em ligas de magnésio que compõem seu projeto.

## 4.6 Furos de alívio

Os furos de alívio são necessários para evitar formação de pontos de fadiga nas intercessões das linhas internas de união da dobra.

O tamanho desses furos varia de acordo com a espessura da chapa, não devendo ser menor que 1/8 da polegada em diâmetro para chapas de até 0,064 polegadas de espessura. Também não

poderão ser menores que 3/16 polegadas para chapas que vão de 0,072 a 0,128 polegadas de espessura (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972).

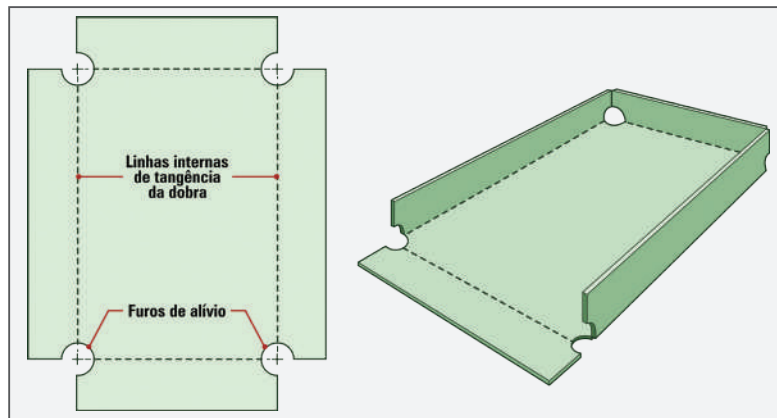


Figura 36 - Localização dos furos de alívio

Alguns furos de alívio são usados em nervuras, cavernas ou outras partes estruturais da aeronave com o intuito de reduzir o peso, e não para evitar fadigas nas intercessões das linhas internas de tangência da dobra.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que os trabalhos com reparos estruturais exigem o máximo de conhecimento e de habilidade com os processos de moldagem, pois se evita o desperdício e também uma futura falha estrutural provocada por um procedimento errado.

Pensando na disponibilidade da aeronave e na continuidade da segurança estrutural dela, faz-se necessário aprender os processos de moldagem e seus termos, conhecendo a confecção de dobras com suas tolerâncias e termos de tolerância, bem como a confecção de desenhos, furos de alívio e todos os processos de moldagem à mão e os trabalhos com aço inoxidável e ligas de magnésio.



# Capítulo 5

## Ferramentas usadas em reparos estruturais

Para a realização de reparos estruturais, é necessária a utilização de ferramentas e dispositivos especiais. Sem essas ferramentas e dispositivos modernos, os trabalhos de reparos estruturais seriam mais difíceis e cansativos e o tempo para concluir uma tarefa seria muito maior.

Sendo assim, seu objetivo é de melhorar, simplificar e acelerar as tarefas de reparo, diminuindo o tempo de indisponibilidade da aeronave para voo.

### 5.1 Blocos

Podem ser usados blocos de contração ou em (V) para a realização de reparos estruturais em chapas metálicas.

- a) Bloco de contração - consiste em dois blocos de metal e uma peça para uni-los. Um bloco forma a base e o outro é menor para dar espaço, permitindo que o material a ser reparado possa ser martelado. Esse tipo de bloco de contração deve ser usado em uma morsa de bancada.

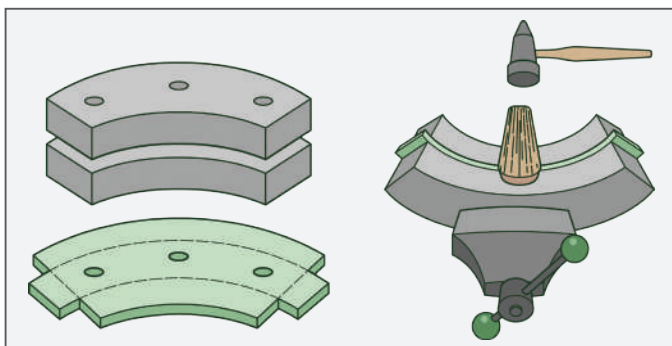


Figura 37 - Bloco de contração

- b) Bloco em (V) - os blocos em (V) são usados em reparos de estruturas metálicas para contrair ou esticar o metal. Eles são normalmente feitos de madeira dura e em vários tamanhos.

Para se obter melhores resultados, devem ser utilizados o bloco com bordo ou com freixo em trabalhos com liga de alumínio.

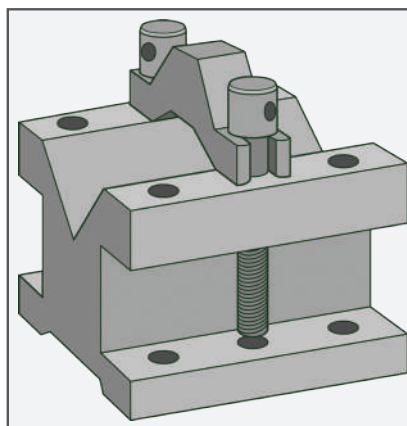


Figura 38 - Bloco em (V)

## 5.2 Suporte de areia, moldes e ferramentas de suporte

O suporte de areia é usado como apoio durante o martelamento de uma peça. Ele poderá ser feito de lona grossa ou couro macio, possibilitando fazê-lo no tamanho desejado. Antes de encher o suporte com areia peneirada, caso seja de lona, deve-se revestir seu interior com cera ou parafina para evitar vazamento de areia pelos poros da lona.

Os moldes mais comuns usados nos reparos estruturais são os de madeira. Empregam-se para duplicar qualquer parte estrutural. Ele será feito com as mesmas medidas e características da parte a ser moldada.

As ferramentas de suporte são indicadas para segurar os materiais que serão usados no reparo estrutural. Morsas, grampos e prendedor de chapa são exemplos de ferramentas de suporte utilizadas em reparos estruturais de chapas metálicas. Também são usados os suportes de areia para apoio durante o martelamento de uma peça. Ele poderá ser feito de lona grossa ou couro macio, possibilitando fazê-lo no tamanho desejado. Antes de encher o suporte com areia peneirada, caso seja de lona, deve-se revestir seu interior com cera ou parafina para evitar vazamento de areia pelos poros da lona.

As morsas mais comuns são as paralelas e as de bancada, em que as paralelas possuem mandíbulas chatas e geralmente uma base giratória, enquanto as de bancada possuem mandíbulas cortadas e removíveis e uma mandíbula traseira em forma de bigorna. As morsas de bancada são usadas para materiais mais pesados e também seguram canos e hastes com mais firmeza que as morsas paralelas.

Os grampos, também chamados de sargento, têm o formato de um grande **C**, possuindo três partes principais: parafuso, mandíbula e cabeça giratória. Serão sempre apertados manualmente e sua maior limitação é a tendência de abrir.

O prendedor de chapa mais comum é o cleco, usado para prender chapas perfuradas juntas, permitindo a rebagem sem a chapa se mover. “Ele é fabricado em seis diferentes tamanhos: 3/32, 1/8, 5/32, 3/16, 1/4 e 3/8 de polegada, sendo seu tamanho gravado no prendedor” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972). Um alicate especial (para qualquer tamanho de prendedor) serve para prender o cleco no furo. As Figuras 39.A e B apresentam as ferramentas de suporte do tipo morsa paralela e de bancada.

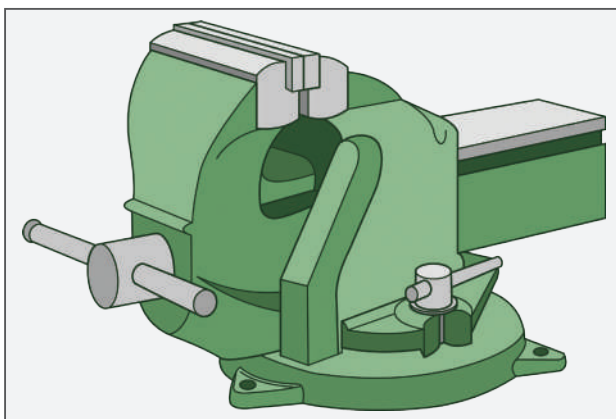


Figura 39.A - Ferramenta de suporte: morsa paralela

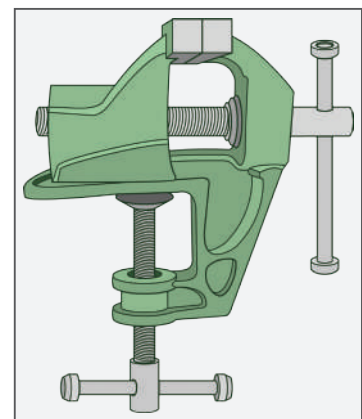


Figura 39.B - Ferramenta de suporte: morsa de bancada

As Figuras 39.C, D e E apresentam as ferramentas de suporte grampo C, prendedor cleco e saco de areia.

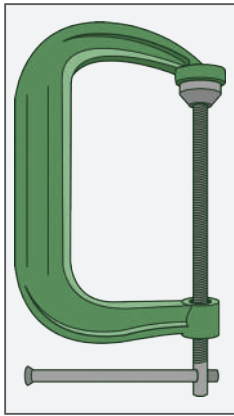


Figura 39.C -  
Ferramenta de  
suporte: grampo C

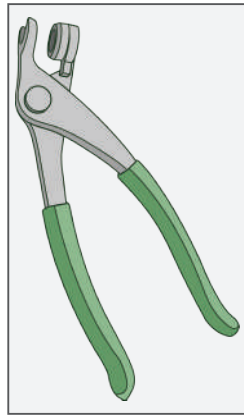


Figura 39.D -  
Ferramenta de suporte:  
prendedor cleco



Figura 39.E - Ferramenta de  
suporte: saco de areia

### 5.3 Bigornas e placas de apoio

Para efetuar a modelagem ou acabamento nas chapas de metal, serão empregadas bigornas ou placas de apoio, pois nem sempre as grandes máquinas são adequadas. As placas de apoio são utilizadas manualmente, já as bigornas são apoiadas em chapas de ferro fundido presas a uma bancada. As Figuras 40.A e 40.B apresentam modelos de bigornas e placas de apoio.

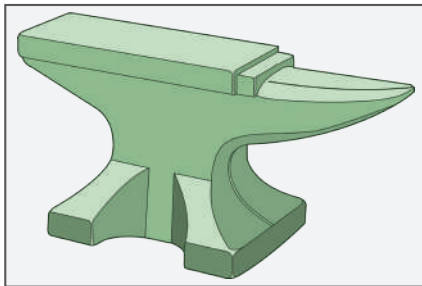


Figura 40.A - Bigorna

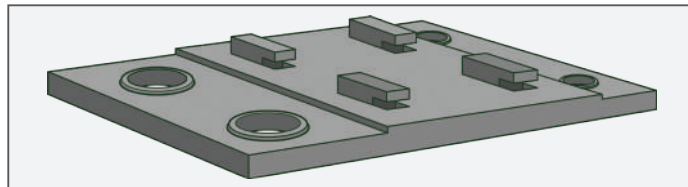


Figura 40.B - Placa de apoio

Não se deve usar bigornas para apoiar um material durante o cisalhamento ou no uso de ferramentas semelhantes de corte, pois isso inutiliza para serviços de acabamento. Elas possuem superfícies retificadas e polidas que sofrem um processo de endurecimento.

### Resumindo

Foi apresentado que ferramentas e dispositivos especiais, como placas de apoio, blocos em V e outros, são usados para a realização de reparos estruturais, com o objetivo de diminuir a carga e o tempo de trabalho. Isso possibilita o retorno de uma aeronave ao voo em menor espaço de tempo.

Algumas ferramentas são empregadas para prender as chapas perfuradas juntas que devem ser reparadas, evitando que o reparo fique fora das conformidades. Isso provoca fadigas futuras e até mesmo danos irreparáveis na estrutura de uma aeronave.



**Fundido** : Derretido para ser colocado em molde.

**Retificada**: processo de usinagem por abrasão que retifica a superfície de uma peça.



# Capítulo 6

## Dispositivos para reparos em metais

Sem os dispositivos para a realização de reparos estruturais, o trabalho se tornaria mais difícil e cansativo, e levaria maior tempo para ser realizado. Os dispositivos para reparos em metais, além de facilitar, agilizar e economizar tempo, permitem também a economia de material, pois a precisão torna-se maior, diminuindo assim o desperdício e o retrabalho.

Os dispositivos para reparos em metais podem ser manuais ou motorizados, dependendo do local ou do dano a ser reparado. Elas serão escolhidas para que o reparo seja realizado com a precisão que este requer. Serão usadas ainda furadeiras para produzirem os furos necessários para os rebites, bem como serras e recortadores para efetuar os cortes necessários nas chapas a serem usadas nos reparos estruturais.

### 6.1 Dispositivos manuais para corte

Os dispositivos manuais para corte se dividem em guilhotinas, vazador, tesourões, que podem ser em espiral ou sem pescoço e as tesouras retas e de aviação. Estes dispositivos são usados para corte e acabamento em chapas metálicas.

#### 6.1.1 Guilhotina

A guilhotina permite efetuar cortes ou **esquadriamento** em chapas de metais. Ela é constituída de uma lâmina inferior estacionária e uma lâmina superior móvel. A lâmina inferior está ligada a uma bancada e a superior, a uma cruzeta. Para facilitar a colocação da chapa, a bancada possui inscrita uma escala graduada em frações de polegada e duas fendas para o esquadriamento, colocadas uma no lado direito e outra no lado esquerdo, fazendo um ângulo de 90° com as lâminas.

Podem ser realizados três tipos de cortes em guilhotinas: em linha, esquadriado e múltiplos em tamanho específico.

Para fazer o corte da chapa, a lâmina superior é movida para baixo, através do acionamento do pedal da máquina. A lâmina e o pedal voltarão para sua posição por ação de mola.



**Esquadriamento:**  
a mesma coisa que esquadrar, trabalhar a chapa em ângulo reto.

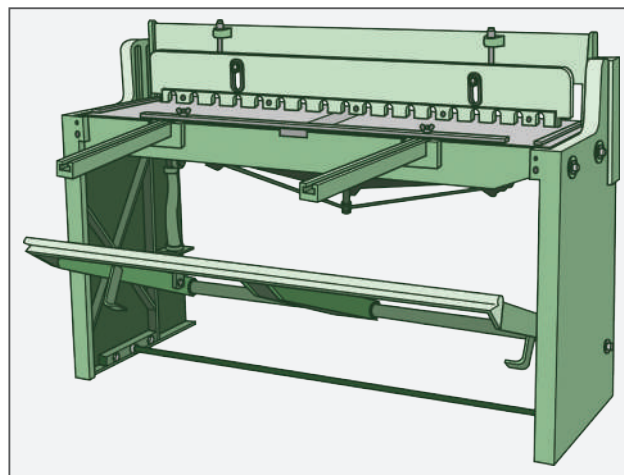


Figura 41 - Guilhotina manual

## 6.1.2 Vazador

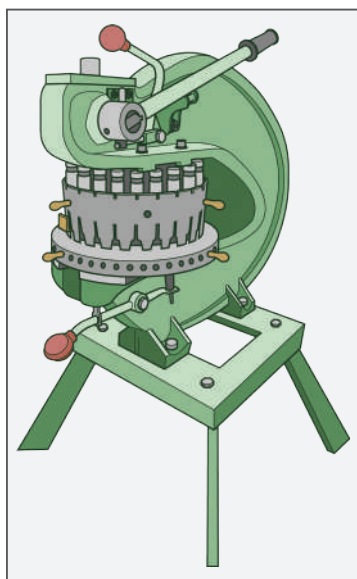


Figura 42 - Vazador rotativo

O vazador é utilizado para fazer furos, podendo ser usado também para efetuar cortes circulares nas pontas das chapas metálicas e para fazer espaçadores. O vazador utilizado para reparos em chapas metálicas é do tipo rotativo, que é composto de duas torres cilíndricas montadas uma sobre a outra e suportadas pela estrutura do vazador. As torres giram juntas e se mantêm alinhadas por meio de pinos-guias.

Para selecionar qualquer tamanho de furo, os pinos-guias devem ser soltos de sua posição de travamento. Essa ação é executada girando-se a alavanca do lado direito do vazador, que remove os pinos dos furos afilados, e permite girar as torres para o tamanho de furo desejado até o novo alinhamento das torres.

O vazador é operado puxando a alavanca no seu topo em direção ao nosso corpo, que ativará o eixo pinhão, o segmento de engrenagem, a articulação e o batente, forçando o punção a atravessar a chapa. A chapa a ser furada no vazador deverá ser colocada entre a estampa e o punção.

## 6.1.3 Tesourões

Os tesourões utilizados como dispositivos para reparos em chapas de metal se dividem em dois tipos: tesourão sem pescoço e em espiral.

- Tesourão sem pescoço - utilizado para cortar folhas (chapas) de alumínio até a espessura de 0,063 polegadas. Por não ter pescoço, permite que a chapa seja girada em qualquer direção, efetuando cortes irregulares também em qualquer direção. Seu funcionamento se dá por meio de uma alavanca conectada a lâmina de corte.
- Tesourão em espiral - o tesourão em espiral é utilizado para efetuar cortes irregulares no centro da chapa, longe das bordas. Ele é constituído por uma lâmina superior estacionária e uma lâmina inferior móvel. Seu funcionamento se dá por meio de uma alavanca conectada à lâmina inferior.

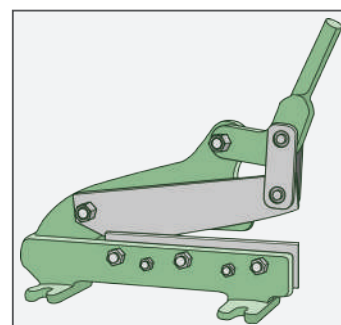


Figura 43 - Tesourão sem pescoço

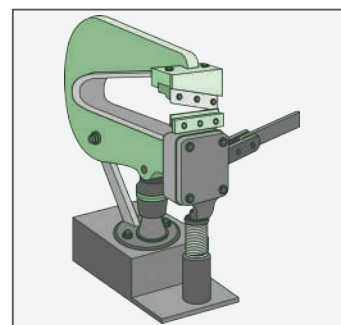


Figura 44 - Tesourão em espiral

## 6.1.4 Tesouras

As tesouras são usadas para cortar chapas de metal. Existem tesouras retas e de aviação. As tesouras retas são usadas para o corte reto ou com grandes curvas, possuindo lâminas com arestas de cortes afiados para um ângulo de 85°, disponíveis em tamanhos variando de 6 a 14 polegadas, permitindo cortar chapas de alumínio de até 1/16 da polegada.

As tesouras de aviação são melhores para cortes de círculos ou arcos. Elas possuem cabos coloridos para identificar a direção dos cortes:

- Cabo amarelo - corte reto;
- Cabo verde - curva a direita;
- Cabo vermelho - curva a esquerda.

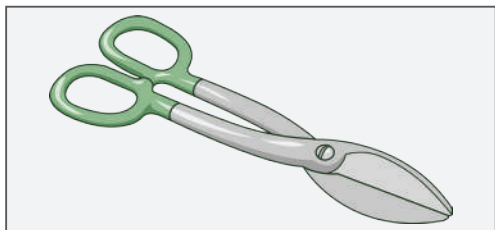


Figura 45.A - Tesoura reta

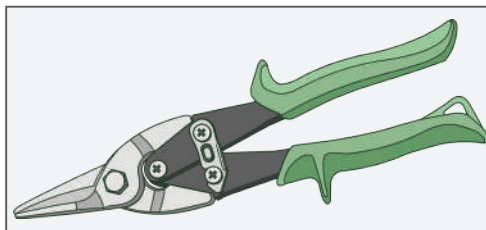


Figura 45.B - Tesoura de aviação

## 6.2 Dispositivos elétricos ou pneumáticos para corte

Os dispositivos elétricos ou pneumáticos para corte são ferramentas motorizadas que se dividem em recortadores e em serras. E todas essas ferramentas são usadas para corte e acabamento em chapas metálicas, com menor esforço e melhores acabamentos que os manuais.

### 6.2.1 Recortadores

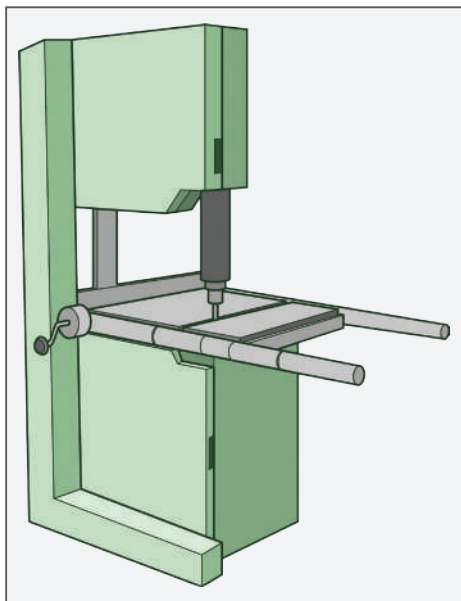


Figura 46 - Recortador fixo

Os recortadores poderão ser fixos ou portáteis, são usados para cortar chapas metálicas mediante a **estampagem** a alta velocidade. De acordo com a FAA (1972, p. 12), “[...] a ação de corte por estampagem é realizada pelo movimento de sobredesce do punção inferior que se encontra com o punção superior”.

A velocidade de corte depende da espessura da chapa que será cortada, sendo sua espessura limitada a 1/16 da polegada. Para que a chapa se mova livremente entre os punções inferior e superior, o parafuso com pressão de mola localizado no punção inferior deverá ser ajustado, permitindo que a chapa esteja firme para que os cortes realizados não sejam irregulares.

### 6.2.2 Serras

As serras utilizadas para trabalhos de corte em chapas de metal são as elétricas do tipo *ketts* e as do tipo vaivém, estas últimas podem ser também pneumáticas.



**Estampagem:**  
marcação de uma  
peça (em estruturas de  
aeronaves, marca-se  
com punção).

- a) Serra vaivém - esta serra é portátil e seu funcionamento será pneumático, operando com pressão de ar entre 85 e 100 psi. A serra vaivém usa lâmina de serra comum e faz cortes de 360°.

Para evitar quebra da serra, não se deve aplicar muita força para efetuar o corte. Manter pelo menos dois dentes sempre em contato com a chapa.

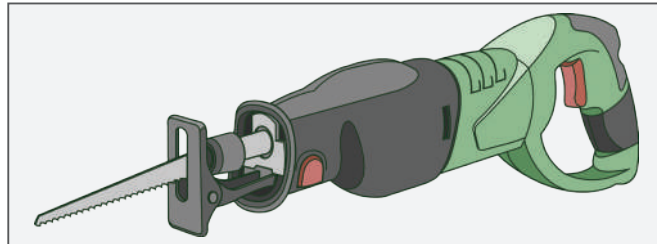


Figura 47 - Serra vaivém

- b) Serra *ketts* - esta serra pode utilizar lâminas para corte de diversos diâmetros, sendo útil na remoção de seções danificadas em vigas de reforço, pois sua cabeça pode ser girada em qualquer ângulo necessário para efetuar o corte. A serra *ketts* apresenta algumas vantagens:
- permite cortar metais de até 3/16 de polegada de espessura;
  - não requer furo inicial;
  - pode-se efetuar o corte em qualquer ponto da chapa;
  - permite cortar raios internos ou externos.

As lâminas devem ser inspecionadas quanto a desgastes ou rachaduras antes de sua instalação na serra *ketts*.

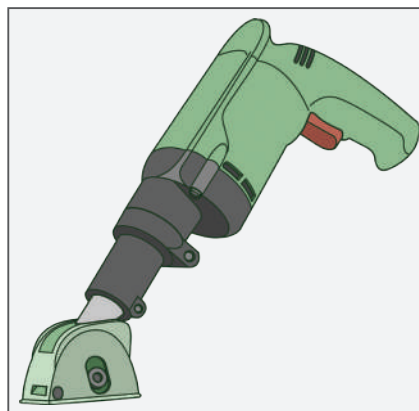


Figura 48 - Serra elétrica *ketts*



## 6.3 Esmeril

O esmeril é uma máquina que possui uma roda abrasiva para remover o excesso de material, efetuando acabamento e polindo a superfície. Existem vários tipos de esmeril, porém para reparo estrutural são usados os tipos seco e o molhado. A diferença entre eles é que o molhado possui uma bomba para fornecer um fluxo de água em uma das rodas de esmerilhar. A água age como lubrificante, reduzindo o calor produzido pelo material que está em atrito com a roda e remove os restos de metal retirados durante o esmerilhamento.

O esmeril de bancada é o mais comum encontrado em oficinas de reparos estruturais. São geralmente equipados com uma roda abrasiva grossa ou média e uma fina, utilizados para apontar chaves de fenda, formões e brocas, bem como para desbastar e alisar superfícies metálicas.

Assim, “as rodas mais comuns utilizadas no esmeril poderão ser de carboneto de silício ou óxido de alumínio” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 140). O carboneto de silício é utilizado para materiais duros, tais como o ferro fundido, podendo ser usado em alumínio, bronze, latão ou cobre. Já o óxido de alumínio é usado para aços ou outros metais com alta resistência à tração.

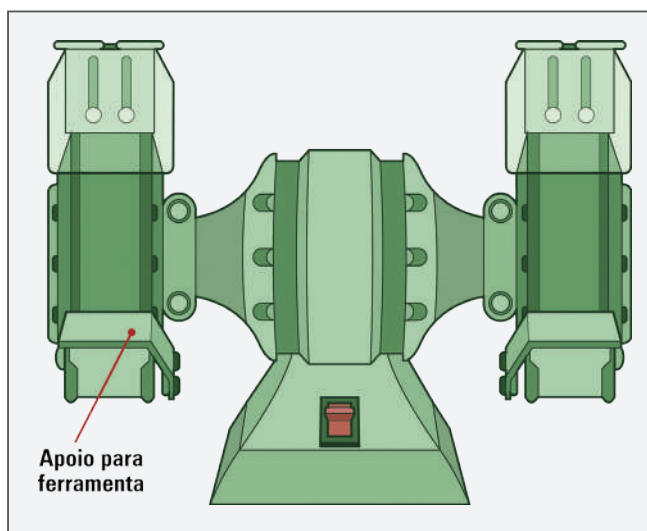


Figura 49 - Esmeril de bancada

## 6.4 Furadeiras

Para a realização da maioria dos serviços de reparos estruturais, serão necessários efetuar furos nas chapas metálicas, serviço este que poderá ser feito com furadeiras portáteis ou de coluna.

As furadeiras de coluna realizam furos com maior precisão do que as portáteis.

As furadeiras portáteis poderão ser elétricas ou pneumáticas e de diversos tamanhos e formas, apresentando, também, vários adaptadores e extensões, com o fito de atender às necessidades das tarefas de reparos estruturais. As furadeiras pneumáticas, por exemplo, deverão ser utilizadas quando os serviços forem próximos a materiais inflamáveis (como os tanques de combustível).

A furadeira portátil deve sempre ser mantida em ângulo reto com a chapa e oscilando a furadeira durante a introdução ou extração da broca do furo, fazendo com que o furo seja alongado.

Para remover as rebarbas, usam-se um raspador, um escareador ou uma broca de diâmetro maior que o furo, todos girados manualmente. As Figuras 50.A e B mostram os tipos de furadeiras.

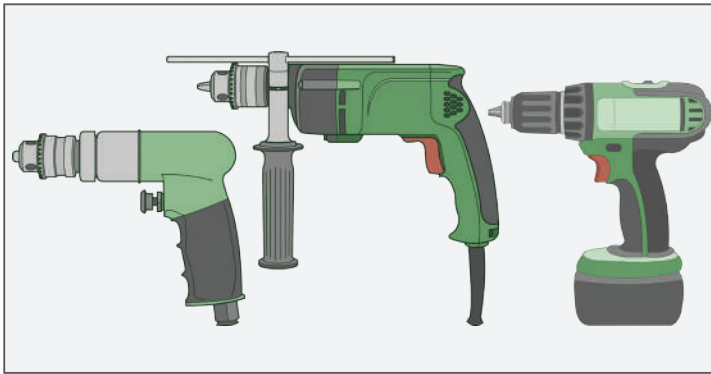


Figura 50.A - Furadeiras

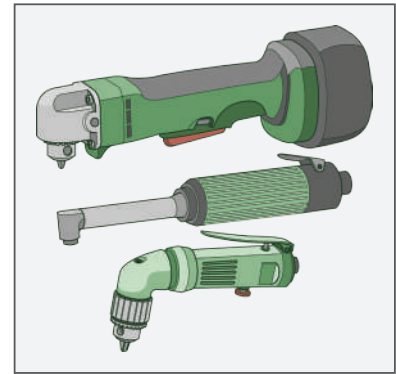


Figura 50.B - Furadeiras angulares

A furadeira de coluna é usada para realizar furos que requerem um alto grau de precisão, existindo vários modelos. O modelo vertical é o mais comum.

A mesa que compõe a furadeira de coluna é ajustável em altura, permitindo ajustar a distância entre a broca e a chapa a ser furada. A mesa dispõe de travas para prender a chapa; o objetivo é evitar movimentos inadequados durante a furação.

A velocidade da broca da furadeira de coluna (Figura 51) também é ajustável, selecionando a velocidade conforme o material a ser perfurado. Tecnicamente, a velocidade de uma broca será sua velocidade na periferia em pés de superfície por minuto (SFM). A velocidade recomendada para liga de alumínio é de 200 a 300 SFM e para liga de aço de 30 a 50 SFM. Na prática, o valor de SFM deverá ser convertido para rotações por minuto (RPM) conforme cada tamanho de broca, utilizando-se a fórmula:

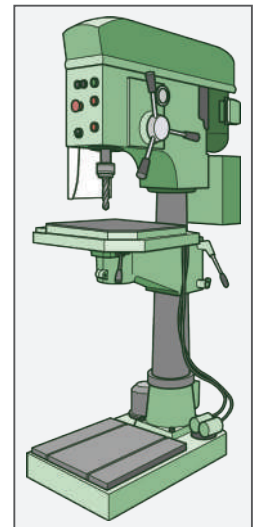


Figura 51 - Furadeira de coluna

$$\frac{CS \times 4}{D} = \text{RPM}$$

Em que:

- (CS) = velocidade de corte recomendada em SFM;
- (D) = diâmetro da broca em polegadas.

O nível de precisão a ser alcançado com furadeiras de coluna dependerá do estado geral do eixo da furadeira, dos mancais e do mandril, devendo manter essas partes sempre limpas e livres de entalhes, amassamentos ou empenamento.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que, para trabalhar com chapas de metal, várias ferramentas são necessárias com vistas a um melhor desempenho do mecânico de estruturas. Isso permite que se efetuem trabalhos com maior precisão e com menor desperdício de tempo e energia.

A guilhotina, o tesourão em espiral, o tesourão sem pescoço, o vazador rotativo e as tesouras são ferramentas manuais usadas para corte. As ferramentas motorizadas para corte são a serra *ketts*, a serra vaivém e os recortadores. Para um melhor acabamento nas chapas metálicas, empregam-se furadeiras e esmeril para reparos estruturais.



# Capítulo 7

## Dispositivos para moldagem

Em alguns reparos estruturais, é preciso efetuar acabamentos nas chapas ou até mesmo, para moldá-las que o encaixe perfeito seja alcançado. Utilizam-se para esse fim dispositivos para moldagem, que podem ser ferramentas manuais ou motorizadas, e pequenas ou grandes máquinas.

Serão usados para a moldagem o laminador, a viradeira, a dobradeira de caixa e o dobrador de barra.

### 7.1 Laminador

O laminador é utilizado para fazer uma curvatura desejada em uma chapa de metal. Quando a curvatura não for obtida conforme o planejado, é possível retornar a chapa à posição original.

O laminador é operado manualmente e consiste em três rolos, dois apoios, uma base e uma manivela. A manivela gira os dois rolos dianteiros (*upper* e o *lower front roll*), sendo eles os alimentadores do laminador, enquanto o rolo traseiro dá a curvatura desejada.

A chapa é inserida entre os rolos dianteiros. Pela frente da máquina, gira-se a manivela no sentido horário para que a chapa seja puxada pelos rolos.

O laminador não possui escalas para indicar o grau da curvatura. Então, o ajuste será feito por tentativas, até que seja alcançada a curvatura desejada.

Ao se empregar o laminador, deve-se ter cuidado com os dedos e com as roupas usadas, evitando, dessa forma, acidentes.

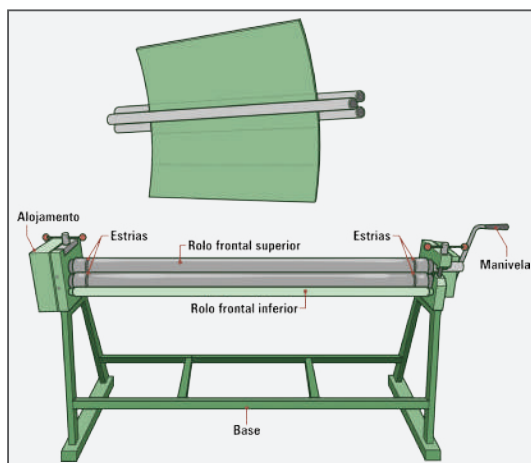


Figura 52 - Laminador

## 7.2 Viradeira

A viradeira é utilizada para realizar dobras ao longo das bordas das chapas com um leque de utilização bem maior do que o dobrador de barra. O seu *design* permite que isso ocorra, já que no dobrador seus batentes limitam o movimento da chapa. Já na viradeira, a chapa a ser dobrada ou modelada passa por meio dos mordentes sem obstruções.

A capacidade de flexão que uma viradeira pode produzir em uma chapa é definida pelo fabricante, podendo as viradeiras trabalharem com chapas de calibre 12 a 22 polegadas e um comprimento de dobragem que vai de 3 a 12 pés. Um pé é igual a 12 polegadas.



**Calibre:** diâmetro ou bitola da chapa.

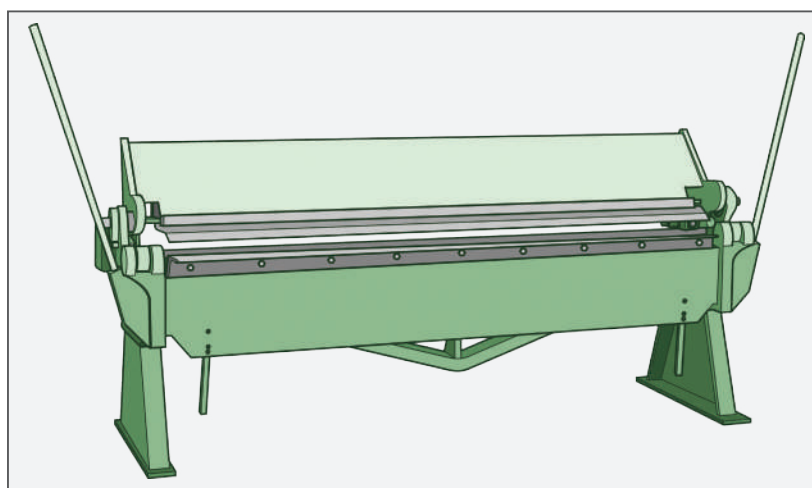


Figura 53 - Viradeira

Ao se fazer uma dobra em uma chapa usando a viradeira, haverá necessidade de aumentar seu ajuste quanto ao ângulo, pois toda chapa tende a voltar à sua forma original. Normalmente, este ajuste gira em torno de 2° a 3° para mais do que o ângulo desejado para a dobra.

## 7.3 Dobradeira de caixa

A dobradeira de caixa (Figura 54) é muitas vezes chamada de dobrador de dedos (travas), pois é equipada com uma série de dedos de aço de diferentes larguras. Ela pode fazer tudo que a viradeira faz e também ser usada para fazer caixas, bandejas e outros objetos de forma semelhante.

Se uma viradeira fosse usada para fazer uma caixa, parte da dobra de um lado da caixa teria que ser esticado, a fim de fazer a última curva. Porém, com a dobradeira de caixa, basta usar as

travas necessárias para fazer a curva. Essa dobradeira permite efetuar trabalhos com flanges que se cruzam na linha de dobra, pois possuem mordentes ajustáveis.

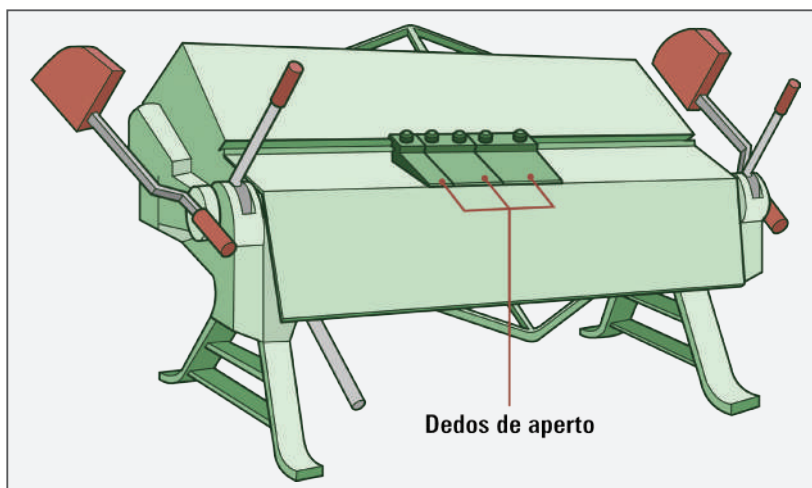


Figura 54 - Dobradeira de caixa

## 7.4 Dobrador de barra

O dobrador de barra é utilizado para realizar dobras ao longo das bordas das chapas. Se adapta melhor à dobragem de pequenos estojos, flanges e bordas a serem amarradas com arame. De acordo com a *Federal Aviation Administration* (FAA, 1972, p. 15), “a maioria de dobradores aceitam metais de até 22 polegadas de espessura e 42 polegadas de comprimento”, devendo o dobrador ser ajustado conforme espessura e comprimento da chapa.

O ajuste da espessura é feito por meio dos parafusos das extremidades do dobrador. Após o ajuste, é testada cada extremidade do dobrador de forma separada com um pequeno pedaço de metal, dobrando-o.

Existem dois batentes no dobrador para formar dobras ou curvas com ângulos de 45° ou 90° e um dispositivo adicional (colar ajustável), que possibilita qualquer grau de curvatura limitado a capacidade da máquina.

Para fazer dobras com ângulos de 45° ou 90°, o batente é inserido em sua sede correspondente, limitando o movimento da alavanca no grau desejado. Caso seja necessário outro ângulo fora dos 45° ou 90°, usa-se o colar ajustável para modificar a posição do batente.

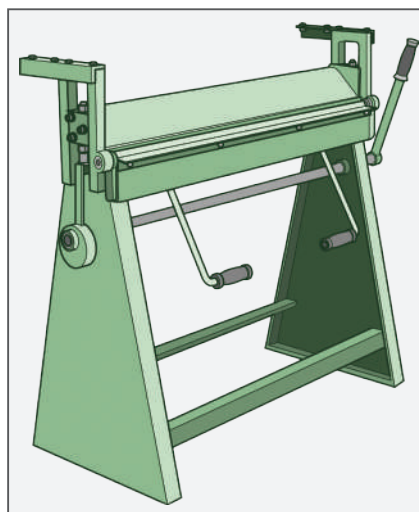


Figura 55 - Dobrador de barra



**Flanges:** ângulos para encaixes.

Antes de iniciar as dobras ou curvas, o dobrador de barra (Figura 55) deverá ser ajustado e testado.

## **Resumindo**

Neste capítulo, viu-se que é necessário efetuar acabamentos nas chapas de metal de alguns reparos estruturais, nos quais se utilizam máquinas para modelagem, como o dobrador de barra, a viradeira, a dobradeira de caixa e o laminador.

Essas máquinas de modelagem podem ser manuais ou motorizadas e são utilizadas conforme sua necessidade. O dobrador de chapa será utilizado para chapas de até 22 polegadas de espessura e 42 polegadas de comprimento e fará dobras de 45° ou 90°.



# Capítulo 8

## Selagem estrutural

Em uma aeronave, várias áreas da estrutura são compartimentos selados onde combustíveis ou ar devem ser confinados. Como exemplo, tem-se o caso de tanques de combustíveis ou cabines pressurizadas, que possibilitam que a aeronave voe em altitudes acima da capacidade respiratória do ser humano.

Sendo impossível selar essas áreas completamente apenas com juntas rebitadas, faz-se necessário também o uso de selantes, que possibilitam ainda suavidade aerodinâmica às superfícies expostas. Existem vários tipos de selos que são usados conforme necessidade de rompimento e de localização na estrutura, assim como são necessários checagem e cuidados especiais quanto a danos e procedimentos de reparo.

### 8.1 Selantes

Os selantes são usados para selagem de áreas na estrutura da aeronave que necessitam de retenção de ar ou líquido. Normalmente, empregam-se três tipos de selos:

- a) Os selos de borracha - são usados em todos os pontos onde é necessário um rompimento frequente da selagem, como as portas e saídas de emergência.
- b) Os selantes (compostos preparados) - são usados em pontos onde a selagem é raramente rompida, como em dobras rebitada.
- c) Selos especiais - usados para a passagem de cabos, tubos, ligações mecânicas ou fios por áreas pressurizadas ou de combustíveis.

### 8.2 Danos na selagem

A selagem deverá ser constantemente verificada, pois os selantes podem apresentar vazamentos por desgaste natural ou reparo fora da conformidade; logo, deverão ser checados após cada reparo.

Pressurizam-se as áreas a serem inspecionadas e localizam-se os vazamentos pelo lado externo da aeronave, aplicando uma solução que produza bolhas (as bolhas indicam o vazamento), porém sem a utilização de sabão. Isso é feito em todas as juntas e uniões na área suspeita de vazamento. Após identificação do vazamento, remove-se a solução borbulhante com água limpa para evitar a formação de corrosão.

A aeronave deve ser pressurizada para cheque com a pressão estabelecida pelos manuais.

Nem sempre precisa-se pressurizar a aeronave, pois os selantes podem apresentar outros danos que exijam sua reparação, como:

- selante descascando;
- juntas expostas, com selante faltando ou soltando;
- furo exposto por meio do revestimento;
- selante danificado durante manutenção da aeronave;
- selantes abrasivos ou rachados.



**Selantes abrasivos:**  
colas porosas.

**Cura:** tempo de  
descanso para secagem.

## 8.3 Manutenção da selagem

Antes de se iniciar uma manutenção da selagem, as áreas devem ser limpas para garantir a total adesão entre o selante e a superfície. Todo o selante velho deve ser removido (raspado) com um bloco pontudo de plástico ou madeira dura para evitar danos na superfície da peça trabalhada. Aplicam-se, depois, um decapante e um limpador e seca-se a área com um pano limpo livre de resíduos de graxa ou óleo, pois isso garantirá a aderência do selante.

Cuidados deverão ser tomados com as áreas adjacentes, pois o decapante danificará outros selantes que não forem protegidos. Caso os trabalhos estejam sendo feitos no interior dos tanques de combustíveis, não deverá ser esquecido o tempo de ventilação dos tanques e a utilização de máscaras de gás. Os tempos de ventilação são definidos pelo fabricante e levam em consideração o tamanho e o tipo de combustível utilizado. No caso de utilização de iluminação artificial, utilizar apenas as que são à prova de explosão.

Cuidados especiais também com o decapante quanto ao contato com a pele humana, desse modo, roupas especiais deverão ser utilizadas.

O tempo de cura de um selante é definido pela localização e pelo fabricante da aeronave. A temperatura também interfere em seu tempo: baixas temperaturas prolongam o tempo de cura e altas temperaturas reduzem o tempo.

Os selos ou seções pressurizadas devem suportar uma certa quantidade de pressão e a selagem deve ser realizada pelo lado pressurizado da superfície, com sobra de três polegadas antes e depois da área reparada. Duas camadas de selante podem ser necessárias e, se isso ocorrer, espera-se a primeira camada secar para a aplicação da segunda.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que a selagem é necessária, pois chapas rebitadas nem sempre garantem uma vedação para conter o combustível nos tanques ou o ar em áreas pressurizadas. Nessas junções, é realizada a selagem, que pode ser feita por selos de borracha, selante ou selos especiais dependendo da área de selagem.

As inspeções em áreas seladas devem ser constantes, não somente após um reparo, pois existe o desgaste natural do selante. Os selantes apresentam vários defeitos e seus reparos devem ser precedidos de cuidados, não apenas com o material em si, mas, também, com a segurança do mecânico de célula, já que são usados decapantes na remoção de selantes danificados e também são realizados trabalhos em tanques de combustível que podem apresentar gases tóxicos e riscos de explosão.



# Capítulo 9

## Adesivos

Os adesivos para reparos estruturais são geralmente colas usadas em reparos de juntas coladas dos plásticos transparentes e também em estruturas de madeira. Entretanto, todos os adesivos devem ser aprovados pelo fabricante e aceitos pelos órgãos fiscalizadores.

As colas utilizadas na aviação para reparos estruturais enquadram-se em dois grupos gerais: as resinas e as caseínas. As resinas são muito utilizadas em membros compostos para efetuar a colagem do miolo das superfícies interna e externa, formando o famoso **sanduíche**.



**Sanduíche:** Estrutura feita em camadas.

### 9.1 Resinas

As colas à base de resinas sintéticas são melhores em resistência e durabilidade. As mais utilizadas são à base de fenol-formaldeído, resorcinol-formaldeído e ureia-formaldeído. A cola à base de resorcinol-formaldeído é a recomendada para utilização em aeronaves com estruturas de madeira.

Normalmente, as colas à base de resinas têm adicionado pelo seu fabricante a farinha da casca da noqueira para facilitar a utilização e melhorar sua aplicação em juntas.

A temperatura de cura (secagem) para as colas à base de resorcinol-formaldeído e de ureia são acima de 20 °C (70 °F) até o limite de 200 °C (392 °F). A linha de cola da junção de uma longarina de madeira poderá demorar de cinco a dez dias para curar e ser obtida a resistência total. Temperaturas mais altas diminuem consideravelmente o tempo de cura, bem como peças de madeira mais finas, porém sua resistência e durabilidade também são diminuídas.

Não se confia em juntas coladas e curadas em temperaturas abaixo de 20 °C.

Uma resina sintética fenólica é derivada de uma reação entre um fenol e um aldeído. Uma resina sintética de amino plástico é derivada da reação entre ureia, tioureia, melanina ou componentes aliados ao formaldeído.

As colas de resina sintética são usadas em estruturas de madeira, pois evitam os danos localizados próximos a pontos de fixação mecânicos. Esses adesivos geralmente consistem em duas partes separadas: a resina e o endurecedor. Em concordância com a *Federal Aviation Administration* (FAA), “a resina desenvolve suas propriedades aderentes através da reação química com o endurecedor” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 109).

As resinas sintéticas podem ser encontradas em forma líquida ou em pó, sendo esta última melhor em questão de tempo de estocagem. Elas devem ser misturadas com água quando da sua utilização e antes de se misturar o endurecedor.

Só se mistura o endurecedor com a resina um pouco antes de sua aplicação.

## 9.2 Caseínas

As colas à base de caseínas também são usadas em reparos de aeronaves com estrutura de madeira, já que suas formas, características e propriedades químicas se mantêm à prova d'água e íntegras por muitos anos.

Elas necessitam de conservantes adequados, tais como fenóis clorados e sais de sódio que têm como objetivo aumentar sua resistência ao desgaste durante exposição à alta umidade.

Esse tipo de cola é vendido em pó, devendo ser misturado a água e em temperatura ambiente, com dosagens determinadas conforme a localização a serem usadas na aeronave.

## 9.3 Colagem

Durante o serviço de reparo por meio de selagem com colas, as superfícies devem estar limpas, secas e livres de graxas ou qualquer outro tipo de contaminante. É muito importante que as peças a serem coladas tenham aproximadamente a mesma temperatura, evitando a falha da junta devido ao coeficiente de dilatação térmica de cada material.

Determina-se a quantidade de umidade da madeira aplicando a fórmula de umidade em uma amostra a ser colada, pesando e secando a amostra à temperatura de 100 °C a 105 °C ou por meio de um medidor de umidade. A fórmula de umidade é demonstrada pela equação:

$$\frac{W1 - W2 \times 100}{W2}$$

Em que:

- **W1** = peso da amostra antes da secagem;
- **W2** = peso da amostra depois da secagem.

A madeira e suas superfícies a serem coladas devem estar em temperatura ambiente e não devem ser aquecidas, pois isso afeta a cola, reduzindo a eficiência da maioria dos adesivos de resina sintética.

A vida útil de um adesivo dependerá da proporção do endurecedor que for utilizado, o tempo de fixação dependerá muito da temperatura ambiente no momento da colagem, aplicando-se sempre nas duas superfícies a serem coladas.

A quantidade de cola a ser aplicada dependerá do tipo de madeira e do acabamento das peças. As madeiras densas requerem menos adesivos que as madeiras macias ou porosas. Madeiras suaves, com fibras laterais, podem ser satisfatoriamente coladas com uma fina camada de adesivo.

A regra geral para colagem, conforme a FAA, “é que o adesivo deve cobrir completamente as superfícies a serem coladas e permanecer úmido até o momento de se aplicar pressão à junta” (1972, p. 110).

Quando a colagem for em peças de madeira de diferentes condições, é necessário aguardar uma secagem parcial antes da aplicação normal, isso facilitará a colagem em virtude de o adesivo ter a tendência de ser absorvido pela madeira mais macia. Como exemplo da colagem de uma peça de madeira macia em uma muito mais densa, aplica-se a cola na madeira macia e aguarda uma secagem parcial, permitindo que o adesivo seja absorvido. Em casos de aplicação normal, a cola deve garantir a união adequada das duas superfícies.

Blocos de pressão são usados para espremer a cola e formar um filme contínuo entre as camadas de madeira. Essa ação tem como objetivo retirar o ar da cola e promover um contato íntimo entre as superfícies da madeira e a cola, mantendo as peças imóveis até o endurecimento da cola.

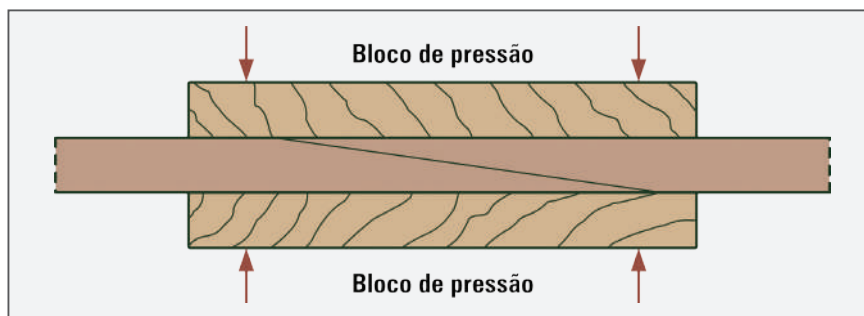


Figura 56 - Blocos de pressão usados na colagem

A pressão deve ser aplicada antes que a cola fique grossa e pare de escorrer. Utilizam-se grampos, prensas e outros dispositivos mecânicos para manter os blocos de pressão sobre as superfícies a serem coladas.

A quantidade de pressão necessária para formar juntas resistentes pode variar entre 125 e 200 psi (libras por polegadas quadrada) para madeiras de todos os tipos. Se uma pressão menor for aplicada nas superfícies a serem coladas, isso provocará uma junção sem resistência.

Quando não se puder usar os blocos de pressão para unir as superfícies a serem coladas, podem ser usados pregos, no mínimo quatro, por polegada quadrada e distribuídos entre si no máximo 3/4 da polegada.

O tempo de cura de uma cola em uma junta é de, no mínimo, dois dias para que ela resista à umidade, isso dependerá, ainda, da temperatura aplicada durante o processo de cura.

## 9.4 União e inspeção de juntas

Normalmente, usa-se junta chanfrada na montagem de membros estruturais de aeronaves. Os dois pedaços a serem unidos são cortados em ângulos e colados, com o corte a ser feito em chanfro na direção das fibras. As Figuras 57.A e B representam formas correta e incorreta de chanfro.



Figura 57.A - Peça corretamente chanfrada

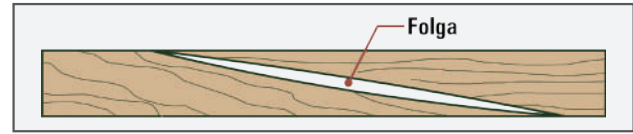


Figura 57.B - Chanfro incorreto

A resistência da junta está diretamente relacionada à precisão das duas peças chanfradas, pois uma inclinação incorreta reduz a área efetiva de colagem, tornando, assim, uma dificuldade encontrada ao se fazer esse tipo de junta (chanfrada).

O tempo máximo para efetuar a colagem das peças chanfradas, não deve ser maior que oito horas, isso após a conclusão do chanfro.

As superfícies a serem coladas têm de ser bem lisas (polidas), não devendo apresentar marcas de **plaina**, fiapos de fibras ou outras irregularidades. Nunca se usam lixas para suavizar a superfície de madeiras macias a serem coladas.



**Plaina:** ferramenta para remover arestas (pontas).

Antes de fazer um reparo em uma junta colada, todos os vestígios de cola caseína devem ser removidos nos lugares onde ela foi utilizada; sendo um material alcalino, possivelmente afetará a composição de um adesivo sintético.

## 9.5 Inspeções de juntas

Para garantir que as juntas coladas estejam em sua perfeita resistência, inspeções frequentes deverão ser feitas e, se possível, em pedaços cortados do próprio componente. As amostras não deverão ser menores que uma polegada de largura por duas polegadas de comprimento.

Segundo a FAA, “a amostra colada deverá ser colocada entre as garras de uma morsa e a junta colada será quebrada através da pressão da morsa sobre as extremidades” (1972, p. 111). Após a fratura, as faces têm de apresentar, no mínimo, 75% de fibras. A Figura 58 apresenta um teste de junta colada.

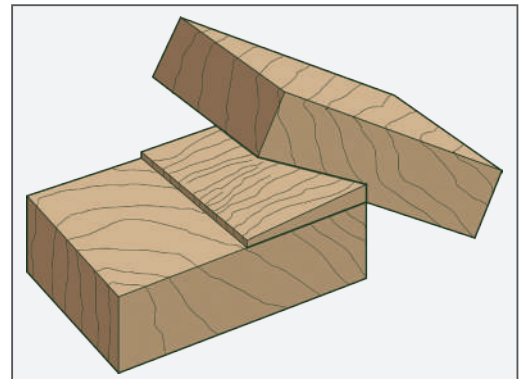


Figura 58 - Teste de junta colada



## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que as colas em reparos estruturais são empregadas para unir as juntas em aeronaves de madeira, mas também são usadas em aeronaves com estruturas metálicas para formar as juntas coladas dos plásticos transparentes.

As colas utilizadas na aviação poderão ser as caseínas ou as resinas, sendo as colas à base de resinas sintéticas as que apresentam as melhores resistência e durabilidade. Para assegurar uma colagem perfeita, as superfícies deverão estar limpas e a umidade conhecida. Devem ser feitos testes após cada emenda realizada.



# Capítulo 10

## Acrílico

Os acrílicos são usados em várias partes da aeronave, principalmente em seu interior. Por serem leves e fáceis de moldar, possibilitam dar acabamento e forma em locais onde chapas de alumínio não o permitiriam. Eles diminuem também os custos de fabricação e manutenção de aeronaves.

Os acrílicos comumente usados na aviação são os plásticos que derivam de acordo com sua origem química, classificando-se em quatro grupos: resinas naturais, resinas sintéticas, proteínas e celulosas. Alguns necessitam de enchimento para sua moldagem. A maioria dos acrílicos modernos são moldados, mas existem também os que são fundidos, trabalhados à máquina, laminados ou aplanados.

### 10.1 Laminados

São feitos colocando-se duas camadas de folhas **monolíticas** transparentes com uma camada interna de plástico macio. Os acrílicos laminados são utilizados em aeronaves pressurizadas, em virtude de sua resistência às variações de pressões.

Os acrílicos laminados poderão ser de plásticos acrílicos ou à base de acetato de celulose. Todos os métodos usados para a fabricação, reparo e manutenção explicados valem para ambos os tipos. Contudo, como a composição química dos plásticos à base de acetato difere dos acrílicos, a cola usada será diferente.

Poderão ser empregados dois tipos de cola para o acrílico à base de acetato: solvente ou dope. A cola tipo solvente é usada quando a transparência deve ser mantida na junta (a acetona pode ser usada como uma cola solvente). A cola tipo dope é preferível para uso onde as superfícies a serem unidas não se encaixam perfeitamente.

### 10.2 Transparentes

Existem dois tipos de acrílicos transparentes: os termoplásticos e os termocuráveis.

Os termoplásticos são os duros ou de maior resistência, mas, quando expostos ao calor, tornam-se maleáveis, podendo ser moldados; quando resfriam, mantêm a forma moldada. Se aquecidos e resfriados novamente, retornam à forma original.

Os acrílicos termocuráveis são moldados e resfriados, mantendo o formato desejado. O reaquecimento não fará o material voltar a ficar maleável e utilizável. Uma vez moldados, eles não poderão ser remoldados e retrabalhados.



**Monolíticas:** Únicas peças sólidas; conjuntos rígidos.

Os acrílicos transparentes estão disponíveis tanto na forma monolítica quanto na laminada.

### 10.2.1 Identificação

A identificação de acrílicos transparentes é determinada pelo número de especificação norma de especificação militar (MIL) gravado na peça. Poucos acrílicos possuem bordas incolores, apresentando, às vezes, uma pequena coloração amarelada, azulada ou azul-esverdeada.

Tabela 8 - Identificação dos acrílicos transparentes

Termoplásticos		
Especificações	Tipo de material	Cor da borda
MIL-P-6886	Acrílico comum	Praticamente claro
MIL-P-5425	Resistente ao calor	Praticamente claro
MIL-P-8184	Resistente à rachadura	Ligeiramente amarelado
Termocura		
MIL-P-8527	Poliéster	Azul-esverdeado
Laminado		
MIL-P-7524	Laminado	Praticamente claro
MIL-P-25374	Laminado	Ligeiramente amarelo
Outros		
Base	Nome	Características
Acrilato	Plexiglas	Ausência de cor
	Lucite	Maior transparência
	Perpex	Mais reforçado
Acetato de celulose	Fibestos	Ligeiramente amarelo
	Lumarith	Maior flexibilidade
	Plastacele	Maior transparência
	Nixonite	Mais macio

Fonte: EUA, 1972. FAA.

Existem alguns métodos para diferenciar os plásticos acrílicos dos acetatos de celulose. São eles:

- os plásticos de acetato de celulose são mais macios que os acrílicos;
- quando aquecidos ou queimados, cada tipo tem um cheiro característico: o odor do acrílico é agradável, porém o do acetato é repugnante;
- o acrílico queimado produz chama inconstante com fumaça negra;
- pode ser aplicado acetona ou cloreto de zinco;
- quando aplicada acetona, o acrílico fica branco e o acetato não muda de cor, apenas fica macio;
- quando se aplica cloreto de zinco, o acrílico não é afetado, enquanto o acetato ficará leitoso.

## 10.2.2 Transparência

Os acrílicos transparentes usados em janelas, para-brisas e capotas de aeronaves têm de ser moldados em formas aerodinâmicas. Não devem criar distorções de nenhum tipo, permitindo a visualização de outras aeronaves em voo e a percepção de profundidade necessária ao pouso.

Uma das vantagens da utilização dos acrílicos em vez de vidros nessas áreas é que os acrílicos se quebram em grandes pedaços, possuem baixa absorção de água e não se quebram facilmente devido às vibrações.

Por outro lado, apresentam como desvantagens o fato de serem altamente eletrostáticos quando polidos – apesar de não serem condutores de eletricidade – e mais facilmente arranháveis, já que não apresentam a mesma dureza superficial do vidro.

## 10.3 Fabricação

Os acrílicos transparentes têm sua fabricação comparada a de madeiras e metais macios, sendo necessária mão de obra especializada e equipamentos adequados, bem como efetuar desenhos para um corte preciso da chapa.

Quando não for necessária muita precisão, o desenho pode ser rabiscado a lápis no próprio papel protetor. No caso de uma precisão maior, riscam-se as linhas diretamente na superfície do acrílico.

Conforme o desenho requerer, podem ser usados gabaritos ou ângulos de 90° para a realização do serviço. Os gabaritos podem ser de plástico ou metálico. Quando metálicos, deve ser usado uma proteção sobre a superfície de contato, evitando, assim, danos à peça fabricada.

### 10.3.1 Modelagem

Os acrílicos transparentes devem ser moldados aquecidos, pois se tornam macios e maleáveis, conforme suas temperaturas de moldagem, tomando a forma desejada quando retornam à sua temperatura original.

Os acrílicos transparentes podem ser dobrados a frio, em curva única, se forem finos, e se o raio da curva for de, pelo menos, 180 vezes a espessura da chapa.

### 10.3.2 Corte

Cortam-se os acrílicos transparentes por meio de riscagem, serra e lixamento das bordas. A chapa é primeiramente cortada no formato aproximado com uma serra fita, conforme o risco guia, deixando uma margem de 1/16 de polegadas; depois, efetua-se o lixamento necessário.

### 10.3.3 Furação

As brocas utilizadas para metais macios podem ser usadas satisfatoriamente em acrílicos, contudo, elas não devem ter dentes que possam comprometer o acabamento. O ângulo de saída da ponta da broca deve ser zero e o tamanho da aresta cortante deve ser diminuído.

Empregam-se lubrificantes e arrefecedores para efetuar furos fundos (sendo o melhor o óleo solúvel em água). Faz-se primeiro um furo piloto um pouco maior que a metade do diâmetro do furo final. O furo é enchido com cera e depois furado até o diâmetro final, a cera lubrificará o corte e suportará o material expelido durante a furação.

Furos que possuem o diâmetro largo necessitam de velocidades menores de rotação para gerar melhores resultados.

Quanto à profundidade, de acordo com a FAA (1972), os furos poderão ser:

- Furos rasos - têm uma proporção entre profundidade/diâmetro de menos de 1,5 por 1. Utilizam brocas com baixa torção espiral com canais largos.
- Furos médios - têm proporção profundidade/diâmetro de 1,5 por 1 até 3 por 1. Usam-se brocas com baixa torção espiral com canais polidos, que devem ser o mais largo possível para remover continuamente o material. Não é necessária a utilização de resfriador para furos com proporção até 3 por 1.
- Furos fundos - têm proporção profundidade/diâmetro maior que 3 por 1. Neste caso, usam-se brocas com torção espiral lenta com largos canais polidos e um **ângulo incluso** de 140°. A introdução deve ser lenta de, aproximadamente, 2,5 polegadas por minuto. É necessário utilizar um resfriador.



**Ângulo incluso:** ângulo inclinado para dentro.

**Coesão:** harmonia entre os elementos.

### 10.3.4 Acabamento

O acabamento dos acrílicos é feito por meio de colagem que depende da interligação de duas superfícies de juntas, de forma que exista uma **coesão** real. Para gerar a coesão, um solvente orgânico líquido é usado para atacar o plástico, produzindo uma camada macia bem definida chamada de almofada. As etapas de colagem com solvente são mostradas nas Figuras 59.A, B, C e D.

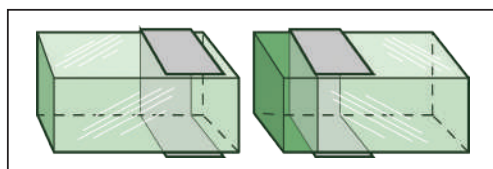


Figura 59.A - Etapa 1: antes do contato

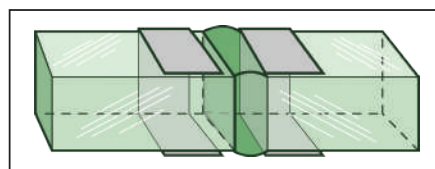


Figura 59.B - Etapa 2: apenas encostado

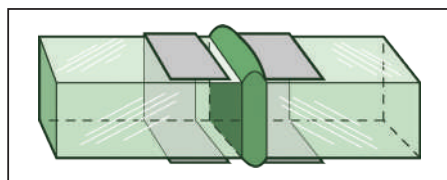


Figura 59.C - Etapa 3:  
junta sob pressão

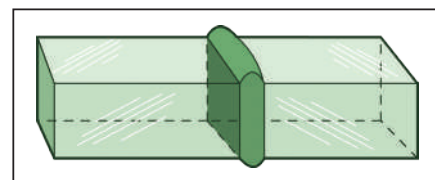


Figura 59.D - Etapa 4: junta  
secando - almofada endurecendo

De acordo com a FAA (1972, p. 94), “uma junta com solvente nunca seca completamente, ou seja, ela nunca fica totalmente livre do solvente”. Quando a temperatura aumentar, a almofada aumentará de vagar até que um novo equilíbrio seja alcançado.

Durante o resfriamento, a almofada diminuirá e endurecerá de forma correspondente, já que contém menos solvente. Quando se aquece uma junta com solvente, ela se tornará mais resistente, desde que se aguarde o tempo necessário para que sua almofada seja expandida.

No tratamento térmico, a temperatura não deve se aproximar do ponto de amolecimento do plástico.

Na Figura 60.A, há um equilíbrio sob temperatura ambiente. Nela, a junta ainda contém solvente. Já na Figura 60.B, ocorre um equilíbrio após o aquecimento. O tratamento a quente expande a almofada, reduzindo a concentração de solvente na junta

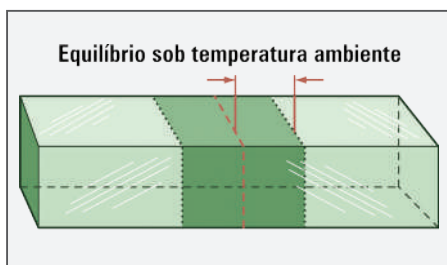


Figura 60.A - Efeitos do tratamento a quente: temperatura ambiente

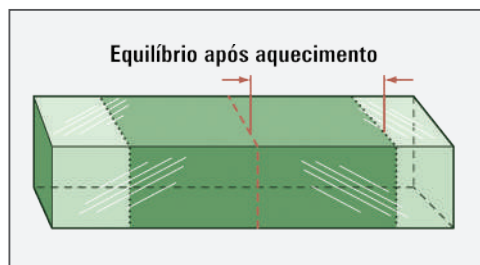


Figura 60.B - Efeitos do tratamento a quente: após aquecimento

## 10.4 Conservação

Para manter a perfeita ótica dos painéis de acrílico transparente, eles devem sofrer métodos de manutenção e cuidados específicos. Os painéis de acrílico sofrem com ações químicas e físicas ou defeitos, como, por exemplo, rachaduras causadas pela exposição de solventes ou manuseio inadequado durante uma manutenção.

Rachaduras em painéis de acrílico estendem-se em grupos em todas as direções sobre a superfície do acrílico, podendo ocorrer dentro do acrílico ou próximas às juntas coladas. A substituição do painel torna-se necessária.

Para efetuar a limpeza e o polimento dos painéis de acrílico transparente, são usados os produtos recomendados pelo fabricante da aeronave.



**Poliétileno:** tipo de plástico mais simples.

Quando for efetuar pintura, decapagem ou polimento de pintura os painéis de acrílico transparentes deverão ser removidos ou isolados com folhas de polietileno (com, no mínimo, 0,010 polegadas de espessura e sem furos).

## 10.5 Estocagem

A armazenagem dos acrílicos deve ser feita em local fresco e seco, longe de vapores de solvente, pois os acrílicos transparentes ficarão mais macios e se deformarão. Algumas recomendações devem ser seguidas quanto à armazenagem e à proteção dos acrílicos:

- as folhas de acrílico cobertas com papel adesivo não devem pegar raios de sol, pois o calor colará os papéis adesivos de tal forma que dificultará sua remoção;
- quando estocados em compartimentos inclinados, devem ficar inclinados 10° em relação à vertical para evitar o empenamento;
- quando armazenados na horizontal, o empilhamento máximo não deve exceder 18 polegadas de altura. As folhas menores devem ficar em cima das maiores, para evitar danos nas bordas;
- para remover os revestimentos protetores de papel, usa-se a **nafta alifática**. As folhas de acrílico devem ser lavadas imediatamente. Deve-se ter cuidado com a utilização deste solvente, pois ele é altamente **volátil**;
- peças moldadas devem ser armazenadas bem escoradas, evitando serem colocadas na vertical e em temperaturas maiores que 49 °C (120 °F);
- revestimentos protetores em aerossol são fornecidos para peças moldadas, com espessura mínima de 0,009 polegadas. Devem ficar estocados por, no máximo, 18 meses, pois por maiores períodos dificultará sua remoção;
- para remover o revestimento protetor em aerossol dos acrílicos, se descasca e levanta uma das pontas do filme e, após isso, insere-se um fluxo de ar sobre pressão;
- nunca usar ferramentas para remover os filmes protetores, pois há perigo de arranhões, condenando a peça de acrílicos.



**Nafta alifática:** Mistura de hidrocarbonetos com cinco ou seis átomos de carbono.

**Volátil:** Capacidade em virar vapor com facilidade.

## 10.6 Processos de instalação

No processo de instalação, seguem-se os métodos usados pelo fabricante para a instalação de painéis de acrílico transparente. Algumas vezes podem ser substituídos rebites por parafusos, desde que eles mantenham a resistência original e não interfiram nos equipamentos próximos.

Em alguns casos, se os painéis novos não se encaixarem perfeitamente no lugar, deve ser consultado o desenho original para verificação de folgas previstas ou para lixamento até obter o tamanho exato que se encaixe na moldura.

Durante a instalação de painéis de plástico, evita-se o estresse excessivo, pois eles provocam rachaduras no plástico transparente.



### 10.6.1 Montagem

Quando forem utilizados parafusos na montagem de acrílicos transparentes, devem ser usadas porcas de espaçamento para evitar um aperto excessivo do parafuso, impedindo rachaduras nas bordas dos furos.

Usam-se as quantidades necessárias de parafusos ou rebites, distribuindo-os igualmente para diminuir o estresse. Verifica-se o diâmetro dos furos para permitir a expansão e a compressão do acrílico em relação à estrutura da aeronave.

Empregam-se sempre espaçadores sob medida para proteger o acrílico da pressão direta.

### 10.6.2 Fixação

As fixações de acrílicos transparente são feitas por fibras sintéticas com resinas plásticas. Com efeito, “As fibras mais comuns são as de vidro, orlon, nylon e dacron” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 221).

As fixações com a utilização de bordas laminadas têm a vantagem de distribuir mais eficientemente as cargas, reduzindo as falhas causadas pela expansão térmica; neste caso, podem ser usados parafusos ou rebites.

O método mais eficaz de fixar uma borda laminada é através do furo ranhurado, onde eles ficam na fixação das bordas e permitem a expansão térmica diferencial.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que os acrílicos transparentes são usados nas janelas, para-brisas e capotas de aeronaves para permitir a visualização externa. Eles são mais resistentes a estresses e com custos de manutenção mais baixos que os vidros, além de manterem o formato aerodinâmico sem criar nenhum tipo de distorção, importante na aproximação da aeronave para o pouso.

Os acrílicos transparentes dividem-se em dois tipos: termoplásticos e termocuráveis, usados conforme a necessidade de moldagem. Devem ser seguidos os métodos de instalação recomendados pelos fabricantes de aeronaves, já que existem os acrílicos à base de acetato de celulose e os plásticos acrílicos, que utilizam colas diferentes em virtude de suas composições químicas serem diferentes.



# Capítulo 11

## Peças de fibra de vidro

As peças de fibra de vidro são altamente usadas em aeronaves modernas, como em radomes, carenagens de antenas e caixas de junção. Isso ocorre em razão da sua alta taxa de resistência por peso, habilidade de ser atravessado por ondas de rádio e radar e a facilidade de moldagem em contornos.

A fibra de vidro é feita a partir de esferas de vidro especiais. Por meio de um processo de fabricação, o vidro é transformado em fibras, dando origem a um tecido, uma manta moldável ou a um fio, tendo cada um desses a utilização conforme a peça final a ser obtida ou reparada. O fio, por exemplo, é utilizado para produzir peças moldadas, já o tecido de fibra de vidro é utilizado na produção ou reparo de peças laminadas, enquanto a manta moldável é utilizada no reparo de estruturas metálicas.

### 11.1 Radomes

É o local no nariz da aeronave que aloja a antena do radar e seus equipamentos associados. Deve suportar as intempéries do voo, como vento, chuva, granizo, gelo, velocidades impostas pela aeronave e eletricidade estática. Tem de possuir, ainda, excelentes qualidades dielétricas para não interferir nos raios de captura emitidos pelo radar.

#### 11.1.1 Inspeção

Os radomes são inspecionados visualmente quanto à delaminação, arranhões, furos, contaminação, erosão e separação de camadas. Essa inspeção é feita em níveis que afetam apenas uma camada que se estende até o miolo ou as que se estendam até as camadas internas.

Cada aeronave possui um limite de dano permissível para reparo determinado pelo próprio fabricante. Desse modo, usa-se sempre o manual de manutenção da aeronave para obter essas informações.

Conforme o manual da *Federal Aviation Administration* (FAA) AC-65-15A, os danos são divididos em classes, de acordo com a severidade e efeitos sobre a estrutura e eficiência elétrica:

- classe 1 - riscos, arranhões ou erosão. Afeta apenas o revestimento externo;
- classe 2 - furos não transpassantes, delaminações, contaminações ou fraturas somente em um dos lados, possivelmente acompanhados por danos no miolo;
- classe 3 - danos estendendo-se completamente aos membros compostos, atingindo ambas as faces e o miolo (Estados Unidos da América, 1972, p. 224).



**Radome:** nariz da aeronave; local em que se encontra instalado o radar do avião.

**Delaminação:** processo de separação física do metal.

### 11.1.2 Utilização

Os radomes são especialmente suscetíveis a danos. Às vezes, eles podem ser bem pequenos ou invisíveis, mas, quando expostos a vibrações, estresse e líquidos, provocam danos físicos à estrutura do material composto de fibra de vidro. Por isso, devem-se tomar cuidados com o seu manuseio, instalação e armazenagem.

Durante a utilização de removedores de tintas ou decapantes de partes metálicas, evita-se que esses produtos atinjam o radome, pois eles podem penetrar no revestimento de plástico e afetar a resistência e propriedades dielétricas.

A limpeza do radome é feita com sabão neutro e água. Quando for necessário utilizar um solvente para remover graxas e óleos, usa-se o *metil-etil-cetona* (MEC).

Para instalação de radomes em aeronaves, devem ser seguidos os procedimentos contidos nos manuais de manutenção de aeronave de cada fabricante.

A armazenagem de radomes deve ser em locais com baixa umidade e nunca empilhados, mas sempre apoiados pelos furos de montagem e acondicionados em embalagens adequadas ou em prateleiras acolchoadas.

### 11.1.3 Manutenção

Todos os reparos de radomes devem ser feitos de acordo com os procedimentos do fabricante, em oficinas que possuam os equipamentos e materiais necessários e por pessoal treinado. Busca-se com o reparo a resistência elétrica da peça original e a integridade estrutural, com um aumento mínimo de peso.

Após cada reparo, os radomes deverão passar por testes elétricos que garantam os seguintes itens:

- deflexão ou refração - **fantasmas** ou falsos alvos;
- reflexão por incidência - potência transmitida pelo sistema do radar pelo radome;
- **transmissividade** - relação entre a potência transmitida com e sem radome.

### 11.1.4 Limpeza

Os radomes são suscetíveis à contaminação por óleo e umidade, que provocam degradação da eficiência do sistema de radar e o enfraquecimento da estrutura de fibra de vidro. Devem sempre ser inspecionados quanto à presença de óleos ou umidades antes de qualquer reparo, além de estarem limpos e secos para o teste elétrico.

Pode ser detectada presença de umidade através do medidor eletrônico, onde sua ponta deve estar em contato com a superfície do radome e movimentada lentamente por toda ela. A presença de umidade será indicada no mostrador do instrumento.



**Fantasmas:** falsas linhas de danos ou defeitos.

**Transmissividade:** média de transmissão unidirecional.

## 11.2 Peças moldadas

Altamente usadas em partes não estruturais, como caixas de junção, dutos de aquecimento, blindagem de relés e outras aplicações elétricas. Feitas de pequenos pedaços de fibra moldados em forma de tela, coladas por meio de resina e curadas sob temperatura e pressão.

Danos são normais e acontecem por manuseio descuidado, por *foreign object damage* (FOD) ou por vibração, geralmente consistindo em furos ou rachaduras. Os FOD são objetos estranhos à aeronave que lhe provocam danos. Esses objetos podem ser representados, como, a título de exemplo, por um parafuso no pátio de estacionamento, ingerido pelo motor durante seu taxiamento. Na Figura 61, pode ser visto um modelo de defeitos típicos em peças moldadas.

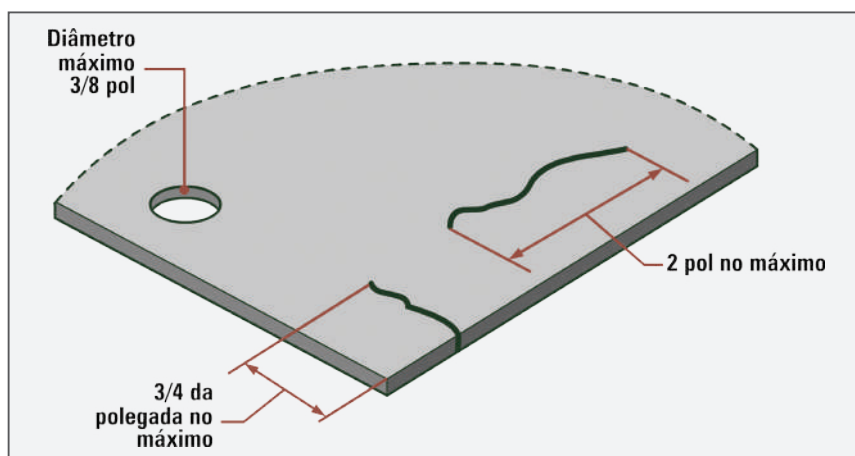


Figura 61 - Defeitos típicos em peças moldadas

## Manutenção

Para a execução de manutenção em peças moldadas, devem ser usados os procedimentos contidos no manual de reparo estrutural da aeronave. Porém, alguns procedimentos são típicos e podem ser assim elencados:

- Inspecciona-se a peça quanto ao local do dano;
- Remove-se a tinta ou revestimento ao redor do dano;
- Faz-se um furo de parada (alívio) no final da rachadura. O tamanho da broca deve ser de 1/8 a 3/16 da polegada;
- Riscar e lixar a área danificada conforme dimensões dadas na Figura 62;

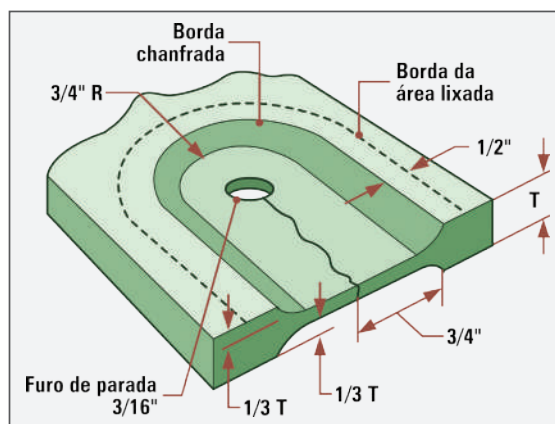


Figura 62 - Reparo em manta moldada

- e) Remover 1/3 do material de ambos os lados da área danificada, chanfrar a área de 15° a 45° e lixar 1/2 polegada além da área chanfrada;
- f) Preparar dois pedaços de filme PVA (álcool polivinil), grandes o bastante para cobrir a área do reparo;
- g) Usar dois pedaços de metal para cobrir a área e que mantenham pressão;
- h) Preparar a mistura de resina;
- i) Cortar pedaços de manta de fibra suficientes para encher a área chanfrada até o contorno original e saturá-las na resina;
- j) Inserir os pedaços de manta saturada com resina na área do reparo, conforme ilustrado na Figura 63:
  - fazer um lado de cada vez;
  - cobrir cada lado com o filme de PVA;
  - colocar a chapa de metal em cada lado;
  - manter o reparo no lugar com um grampo C.

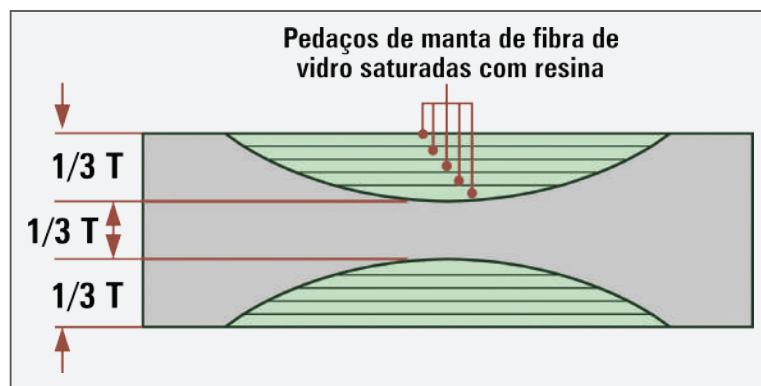


Figura 63 - Inserção de mantas saturadas

- k) Ajustar a temperatura do forno em 95 °C;
- l) Colocar a peça no forno preaquecido por 1 hora e depois deixá-la resfriar à temperatura ambiente;
- m) Desmontar o reparo, removendo o grampo C, as placas de metal e o filme de PVA;
- n) Lixar ambos os lados até um acabamento polido, mantendo o contorno original da peça;
- o) Inspeccionar o reparo quanto à sua rigidez.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que os componentes de fibra de vidro são altamente usados em partes não estruturais de aeronaves modernas devido à facilidade de moldagem e resistência/leveza. São muito usados em radomes por possuírem excelentes qualidades dielétricas, não interferindo nos raios de captura emitidos pelo radar.

A fibra de vidro é feita de esferas de vidros especiais, transformadas em fibras que dão origem a tecidos, fios ou mantas maleáveis. Isso exige procedimentos de reparo e inspeção. Pelos radomes serem suscetíveis a danos e a contaminação, cuidados especiais deverão ser tomados quanto à detecção e à remoção de óleos e umidades, bem como cuidados com manuseio, instalação e armazenagem.





# Capítulo 12

## Peças compostas

As peças compostas **colmeia metálica** ou construção em sanduíche representaram uma evolução na busca por uma estrutura que fosse mais eficiente e mais leve que as chapas de alumínio, mas com resistências elevadas.

Novas formas e métodos de reparo tiveram de ser desenvolvidos para os trabalhos com *honeycomb*, pois os danos apresentados exigem inspeções e avaliações diferenciadas do mesmo modo que os reparos necessitam de ferramentas, materiais e equipamentos especiais. Existem reparos que são feitos com *potting* ou com sobreposição de tecido de vidro, realizados no revestimento ou no miolo, e ainda em áreas de transição. Assim, os membros compostos exigem conhecimentos e habilidades para inspeção e manuseio.

### 12.1 Fabricação

A fabricação das peças compostas pode ser definida “como uma construção laminar que consiste em uma combinação de materiais diferentes, unidos e fixados em relação a si próprios” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 75), produzindo vantagens estruturais, pois se usam as propriedades de cada um para somar ao conjunto.

Existe em uma grande variedade de tamanhos e formas, podendo constituir de uma seção inteira ou um conjunto de painéis. São usados também em áreas como paredes, superfícies de controle, painéis de fuselagem, painéis de asa, revestimento de fuselagem e em radomes.

Um exemplo de peça composta é mostrado na Figura 64, que ilustra uma seção de colmeia metálica colada.

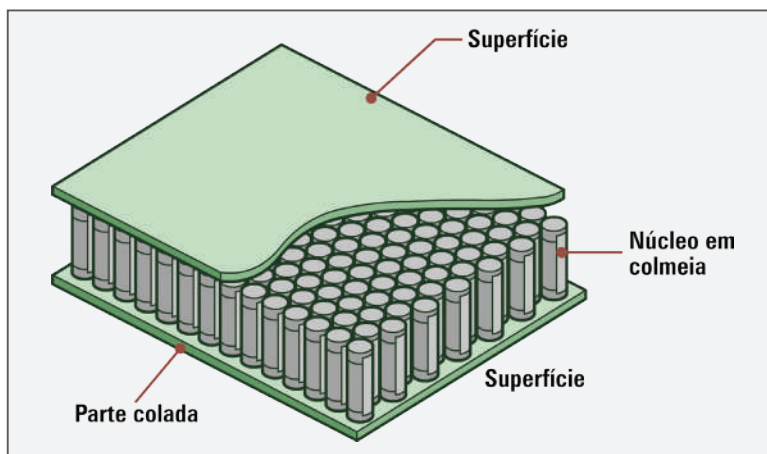


Figura 64 - Seção de colmeia colada



**Colmeia metálica:**  
construção em camadas.

A colmeia é colocada em pé, separando duas folhas coladas ao miolo por meio de um adesivo ou resina. É uma estrutura que possui excelente relação resistência/ peso em comparação com estruturas convencionais, suportando melhor as vibrações e possuindo um custo menor. Reduz, ainda, os problemas de selagem e melhora o perfil aerodinâmico.

## 12.2 Falhas

As falhas em peças compostas ocorrem em virtude de cargas em voo, danos por objetos estranhos (FOD), manuseio errôneo em solo ou por vibrações sônicas. Tais danos são, geralmente, delaminação ou separação da face e do miolo ao longo da **linha da cola**.



**Linha da cola:** linha fina do adesivo entre o miolo e a face que mantém os dois juntos.

**1 (uma) onça:** o equivalente a 28,35 gramas.

### 12.2.1 Inspeção de falhas

A inspeção é mais crítica, pois as peças compostas podem sofrer danos extensivos sem apresentar qualquer indicação visual de sua falha. A vibração sônica, o vazamento de líquidos, a condensação interna ou até mesmo um erro na fabricação podem resultar em delaminações variadas.

Com efeito, “O teste do som metálico é o modo mais simples de inspecionar a delaminação” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 201), pois o som deve se apresentar límpido (aberto) e não surdo (oco). Qualquer ferramenta que não seja pontiaguda feita de alumínio, pesando em torno de **1 onça** pode ser usada para este tipo de inspeção.

Outro método possível para detectar delaminação é com a pressão do dedo ou visualmente quando o membro metálico forma uma bolha afastada do miolo. Arranhões devem sofrer inspeções especiais, pois, como a superfície é muito fina, um arranhão pode representar uma rachadura.

Rachaduras podem ser detectadas usando-se uma solução de soda cáustica. Se a área arranhada ficar preta após a aplicação, significará que o arranhão perfurou a superfície, indicando uma rachadura. Após a inspeção, a área deve ser bem neutralizada, visto que soluções de soda cáustica são altamente corrosivas.

### 12.2.2 Medição dos danos

Após as inspeções das peças compostas e detecção dos danos, as peças devem sofrer medições para determinar o tipo de reparo necessário. Deve-se seguir o manual de reparos estruturais da aeronave para efetuar as correções.

## 12.3 Reparos

Os reparos de peças compostas, os métodos e os procedimentos a serem usados, bem como as ferramentas, os materiais e os equipamentos, variam conforme o fabricante da aeronave.

### 12.3.1 Materiais

Vários materiais são utilizados durante um reparo de colmeia colada. É necessário conhecimento sobre os procedimentos de cada um, objetivando um reparo perfeito e sem potencial de danos para o operador e áreas adjacentes. São materiais usados para reparos em peças compostas:

#### a) Solvente

No caso de uma estrutura de colmeia colada com algumas polegadas a mais, a área do dano deve ser limpa, removendo toda a pintura e revestimento superficial. Usa-se um removedor de tinta ou *metil-etil-cetona* (MEC). Após esse procedimento, para uma limpeza final, usa-se um detergente neutro para remover quaisquer resíduos ou óleos.

O removedor não pode penetrar na área danificada ou ser usado próximo a uma junta colada, pois sua ação química dissolverá o adesivo.

Usa-se esponja de gaze e a limpeza deverá ser feita até que a superfície fique limpa e livre de qualquer corpo estranho.

Para verificar a limpeza, aplica-se um filme fino de água destilada sobre a área limpa. Qualquer interrupção do filme de água indicará que a área não está limpa e o processo de limpeza deverá ser continuado.

Equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas, máscara e protetores para o rosto, deverão ser utilizados durante o processo de limpeza.

#### b) *Primer*

Com objetivo de garantir uma boa adesão dos reparos de colmeia, aplica-se a tinta base nas superfícies. A base deve ser aplicada rapidamente com uma esponja de gaze ou pincel, pois esta começa a aderir com apenas 10 a 15 segundos e seca totalmente em aproximadamente 1 hora.

#### c) Colas

Atualmente, são utilizados dois tipos de cola para reparos de colmeias coladas, conhecidos como Tipo 38 e *potting*. O Tipo 38 é aplicado em reparo de fibra de vidro, podendo ser usado como alternativa ao *potting*, adicionando-se microesferas. Já o *potting* é utilizado para encher buracos.

O passo mais importante no reparo de colmeias quando da utilização de colas é a dosagem precisa da mistura dos ingredientes da cola. As proporções corretas de epóxis, resinas e microesferas a serem misturados por porção, tanto por peso como por volumes, são apresentadas nos manuais de reparos estruturais das aeronaves.



**Epóxis:** plásticos termofixos.

#### d) Fibra de vidro

Emprega-se a fibra de vidro em reparos por sobreposição em estrutura de colmeia metálica, sendo o vidro transformado em fibras e entrelaçadas em um tecido de vidro com uma grande variedade de tramas.

Protuberâncias e dobras agudas podem provocar o rompimento das fibras da trama, essa situação pode gerar um enfraquecimento local no reparo. Assim, o manuseio e a estocagem devem ser feitos com cuidado.

Normalmente, usa-se a fibra de vidro (tamanho de 3/16 da polegada) para substituir os miolos de alumínio danificados das estruturas de colmeias metálicas. Nem sempre o miolo de alumínio é satisfatório para o reparo devido à sua estrutura fina e frágil.

### 12.3.2 Ferramentas

A correta utilização de ferramentas para trabalhos com membros compostos depende da habilidade do mecânico de célula, pois danos podem ser provocados durante a realização de um reparo. Sendo assim, as técnicas e os procedimentos estabelecidos para cada ferramenta devem ser conhecidos e aplicados.

Um exemplo disso é a utilização de uma fresadora com velocidade de 10.000 a 20.000 rpm (rotações por minuto), para preparar uma área de colmeia danificada. Emprega-se em conjunto com um suporte e um gabarito, como ilustrado na Figura 65.

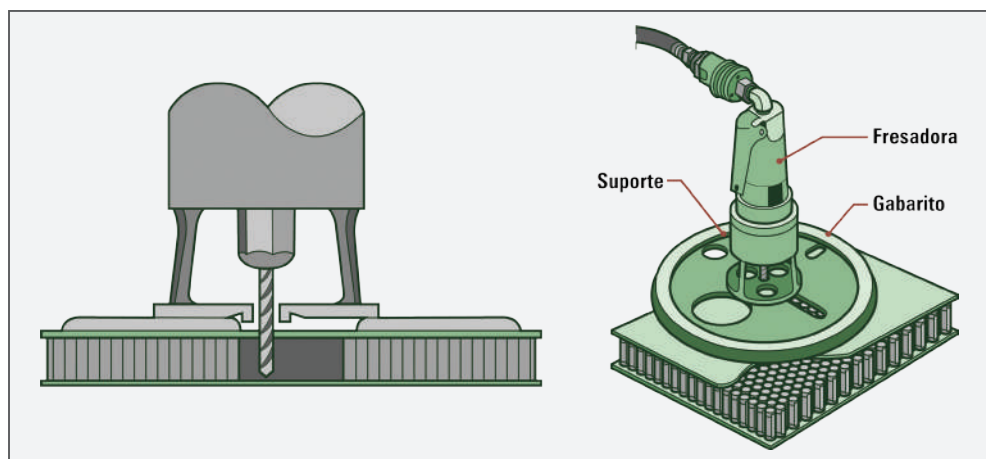


Figura 65 - Fresadora com gabarito e suporte

O suporte permite ajustar a profundidade desejada de remoção do dano. Cada volta completa do suporte corresponde a uma profundidade de 0,083 polegadas.

Os gabaritos são usados como guias na remoção das áreas danificadas das colmeias, podendo ser desenhados e fabricados de acordo com os tamanhos, formatos ou contornos do reparo.

As demais ferramentas utilizadas em reparos estruturais podem ser utilizadas nos reparos de membros compostos, desde que haja necessidade de suas utilizações.

As ferramentas devem ser mantidas limpas e protegidas contra danos.

Alguns equipamentos são usados para auxiliar os reparos de peças compostas. São eles:

- a) Moldes de pressão - esse tipo de molde é usado para aplicar pressão na superfície inferior dos painéis de colmeia durante os reparos e tem como objetivo manter os materiais de reparo e resinas no lugar. O grampo C é um exemplo desse molde que é usado para aplicar a pressão durante o reparo de colmeias coladas até que o material de reparo cure. Outro exemplo de material para manter a pressão são os fixadores a vácuo.
- b) Lâmpadas de aquecimento - essas lâmpadas são usadas para diminuir o tempo de cura do reparo de colmeias coladas (12 horas para 1 hora). As lâmpadas devem ser centralizadas diretamente sobre o reparo a uma distância de, aproximadamente, 30 polegadas, mantendo uma temperatura de cura recomendada de 130 °F. A temperatura das áreas adjacentes deverá ser mantida em 70 °F, evitando o empenamento devido à expansão térmica.

### 12.3.3 Cuidados

Durante a realização de reparos de peças compostas, cuidados contra erosão, corrosão e incêndio devem ser tomados.

- a) Erosão e corrosão - são aplicadas duas proteções nos reparos de colmeias para evitar erosão e corrosão. A primeira são duas demãos de cromato de zinco; a segunda são duas demãos de *corrogard* com pigmentos de alumínio, pulverizado ou pincelado com um intervalo de 30 minutos entre cada demão.
- b) Incêndio - durante o reparo de colmeias coladas, existe o perigo de fogo em virtude do baixo ponto de ignição dos materiais de reparo, como a resina. Logo, os equipamentos de proteção contra fogo deverão estar a postos (os agentes extintores usados serão o pó químico seco ou o dióxido de carbono). Deverão ser usados latões para lixo inflamável e lâmpadas frias que sejam à prova de explosão durante todo o reparo de colmeias coladas.

### 12.3.4 Remoção de danos

Após a extensão do dano e o tipo de reparo forem determinados, o tamanho do furo do gabarito deve ser posicionado ao redor da área danificada, para que toda área danificada possa ser removida. O suporte é ajustado à profundidade requerida e iniciam-se os procedimentos determinados pelo fabricante para efetuar o reparo necessário.

Os procedimentos típicos usados por fabricantes para remoção de danos em colmeias são listados a seguir:

- a) Determinar a extensão do dano.
- b) Preparar o ajuste do gabarito e do suporte, para a utilização da fresadora.

- c) Acoplar a mangueira do ar comprimido.
- d) Fazer a remoção do material, seguindo os passos:
- usar máscara e óculos de proteção;
  - a fresadora deve estar posicionada em ângulo de 45° com a superfície, tendo uma borda do suporte sobre a borda do gabarito até que ela fique perpendicular à superfície;
  - com cuidado e firmeza, abaixar a ponta da fresa sobre o material o mais próximo possível do centro da área danificada a ser removida;
  - efetuar movimentos em espiral no sentido horário com a fresadora até o limite externo do furo do gabarito;
  - soltar a alavanca de controle da fresadora até ela parar e removê-la do furo;
  - desconectar a mangueira do ar comprimido.
- e) Verificar a área removida. Se for necessário, remover uma área adicional, ajustar a profundidade da fresa e repetir os passos anteriores.

## 12.4 Reparos especiais

Alguns reparos com peças compostas exigem maior atenção e cuidado, já que utilizam técnicas especiais que permitem reparos nas faces e no miolo de estruturas de colmeia.

### 12.4.1 Potting

De acordo com a FAA (1972, p. 81), “os danos de até 1 polegada de diâmetro podem ser reparados através da técnica de enchimento de buracos”, comumente conhecido como reparo *potted*. Conforme a Figura 66, os reparos tipo *potting* podem ser realizados para a correção do dano em uma ou em ambas as faces da estrutura de colmeia juntamente com o seu miolo. Em virtude disso, torna-se o reparo mais utilizado, por ser o mais simples e rápido de ser realizado.

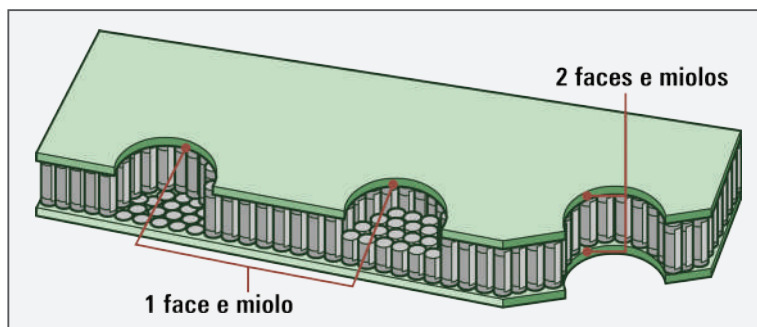


Figura 66 - Áreas típicas de reparo com *potting*

Nos reparos com *potting*, os danos de até 1/4 de polegada em diâmetro podem ser removidos com uma broca. Os maiores que 1/4 e com até 1 polegada de diâmetro devem ser removidos com uma fresadora de alta velocidade (10.000 a 20.000 rpm).

Prepara-se o composto de *potting* para o reparo, somente após a remoção completa do dano e a total limpeza da área. São usadas folhas de plástico com 1/2 polegada em diâmetro maior que os furos a serem reparados para gerar parte do reservatório ao enchimento do furo e para manter o composto no lugar até que ele esteja completamente curado.

Para reparo de face dupla, usa-se um pedaço de plástico fino de 1/16 da polegada de espessura na face inferior para dar uma aparência suave à superfície reparada e para manter o composto no lugar até a sua cura.

Na face superior, usam-se folhas de plástico variando de 1/4 a 3/16 de polegadas de espessura durante o enchimento.

Após o enchimento do furo, as bolhas de ar são removidas com um objeto pontiagudo, assegurando que a cavidade foi solidamente preenchida. Depois que o *potting* estiver totalmente curado, os pedaços de plástico podem ser removidos e o reparo concluído com a aplicação dos produtos de proteção contra erosão e corrosão.

### 12.4.2 Sobreposição

Quando excedem os limites de reparo especificado por *potting* para os danos na face ou no miolo das estruturas de colmeia, usa-se a sobreposição por tecidos de vidro laminado.

Uma limpeza efetiva é essencial para o sucesso do reparo. Assim, remove-se bem toda a tinta estendendo-se algumas polegadas além dos limites do dano, bem como graxa, óleo, cera e até mesmo a impressão digital, pois esta deixa oleosidade na peça.

Para uma limpeza efetiva, podem ser utilizados solventes, abrasivos, detergentes alcalinos ou agentes químicos. O método mais fácil e efetivo é com a utilização do *metil-etil-cetona* (MEC) com uma esponja e sua limpeza imediata com outra.

Na remoção de tinta utilizando removedores, devem-se tomar cuidados com áreas adjacentes, pois eles dissolvem os adesivos.

Usa-se uma fresadora de alta velocidade (10.000 a 20.000 rpm) com um conjunto suporte e um gabarito (foi vista sua utilização no tópico 12.3.2).

As técnicas de preparo e remoção dos danos variarão conforme a localização da área danificada, pois as superfícies podem ser afiladas ou superior do painel ou ser de superfície chata ou inferior. O miolo de colmeia será sempre perpendicular à superfície inferior.

Antes de se remover uma área danificada de uma superfície superior ou afilada, é preciso apoiar o gabarito

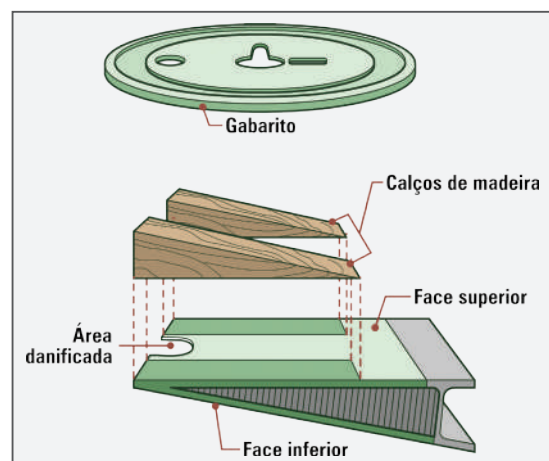


Figura 67 - Aplicação de calços de madeira

sobre a área do reparo, ficando perpendicular às células da colmeia e paralelo à face inferior. O apoio é feito por meio de dois calços de madeira de, no mínimo, seis polegadas de comprimento por duas polegadas de largura e afilado no mesmo grau que o painel.

Para finalização e acabamento dos reparos por sobreposição com fibra de vidro, são utilizados adesivos, miolo e tecido de vidro laminado. Isso torna a resistência do reparo próxima à peça original.

a) Adesivo

Usam-se os adesivos Tipo 38 para reparos sobrepostos, acrescentando-se microesferas às resinas e ao agente de cura, tudo aplicado na cavidade do reparo e no miolo a ser inserido.

A quantidade de microesferas variará conforme o tipo e a localização do reparo. Por exemplo, um reparo em uma superfície superior usará pouca quantidade de microesferas e o adesivo deve ser despejado na cavidade, enquanto se o reparo for em uma superfície inferior, usará mais microesferas e o adesivo deverá ser forçado com uma espátula para dentro da cavidade.

O adesivo Tipo 38 adere com a temperatura ambiente, caso se deseje uma adesão mais rápida, a área do reparo deve ser preaquecida a 130 °F por uma hora.

b) Miolo

Os miolos de colmeia são cortados maiores que a espessura desejada de um pedaço de colmeia de fibra de vidro (célula de 3/16 da polegada) e lixados até a forma e espessura corretos, com uma tolerância de  $\pm 0,010$  polegadas do tamanho requerido.

São aplicados adesivos em todas as áreas do reparo e em suas faces de contato. A área do reparo deve curar de 30 minutos a uma hora, para assegurar que o miolo esteja firme antes de realizar qualquer outro passo.

c) Tecido de vidro laminado

A sobreposição de tecido de vidro laminado consiste em “[...] duas camadas de tecido de vidro número 181 ou três camadas de número 128, impregnadas com adesivo tipo 38 e com duas folhas de filme de polietileno intercaladas entre ambas” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 84).

As camadas de tecido de vidro e as folhas de polietileno são cortadas aproximadamente 1/4 maiores que a área danificada.

Quando o reparo for em uma superfície de controle, seu balanceamento deverá ser checado.



## 12.5 Processos de reparo de peças compostas

Devem-se seguir alguns passos para os reparos no revestimento, no miolo e nas áreas de transição das peças compostas. Remove-se a área danificada e finaliza-se com a aplicação de laminados de tecido de vidro.

### 12.5.1 Revestimento e miolo

Os procedimentos a serem utilizados nos reparos de um revestimento ou do miolo são:

- a) Remoção da área danificada - usa-se uma fresadora com gabarito para remover o material danificado. O ajuste da profundidade da ponta da fresadora é feito por se aumentar gradualmente a profundidade do corte até remover toda a área danificada.
- b) Preparo da substância do miolo - o miolo deve ser de colmeia de fibra de vidro. Caso a espessura não esteja de acordo, ela pode ter o seu tamanho diminuído com uma lixa até o tamanho correto, com uma tolerância de  $\pm 0,010$  de polegada.
- c) *Potting* - prepara-se o *potting* seguindo estes passos:
  - seleciona-se a mistura desejada para o reparo, devendo ser viscosa em reparos sobreca-beças ou para fixação do miolo e mistura média ou fina para as superfícies superiores;
  - adicionam-se microesferas à resina. Mistura-se de três a cinco minutos;
  - acrescenta-se o endurecedor. Mexe-se por mais três a cinco minutos;
  - aplica-se o *potting* às bordas do miolo e ao redor das bordas da área danificada.
- d) Aplicação do miolo - coloca-se o miolo na área danificada como segue:
  - inserir o miolo na área do reparo;
  - remover a cola em excesso com um raspador plástico e limpar a área do reparo;
  - deixar a cola secar entre 30 e 60 minutos em temperatura ambiente (72 °F).
- e) Aplicação de laminados de tecido de vidro - a aplicação das seções laminadas de tecido de vidro para concluir o reparo deve ser feita como listado a seguir:
  - secar a superfície com *metil-etil-cetona* (MEC) e limpar antes de sua secagem;
  - aplicar a base adesiva com tempo de secagem de uma hora em temperatura ambiente. Em caso de aceleração do tempo de secagem, a aplicação de calor não pode exceder 150 °F;
  - utilizar duas folhas de polietileno com cinco polegadas a mais que o tamanho da área danificada;
  - preparar dois discos de gabarito de chapa de metal fina no tamanho correto das sobre-posições ou três polegadas maior que o dano;
  - preparar uma mistura de adesivo Tipo 38;
  - colocar uma folha de polietileno na bancada sobre uma folha de papel;
  - despejar um pouco do adesivo Tipo 38 sobre a folha de polietileno, espalhando-o uni-formemente;
  - colocar uma camada de tecido de fibra de vidro sobre a área coberta pelo adesivo;

- colocar uma quantidade adequada de adesivo Tipo 38 sobre a primeira camada de tecido de fibra de vidro, espalhando-o uniformemente com um raspador plástico;
- aplicar a segunda camada de tecido de fibra de vidro da mesma forma que a primeira;
- aplicar uma camada de adesivo Tipo 38 sobre a segunda camada de tecido de fibra de vidro, conforme a primeira;
- colocar a folha central e a segunda folha de filme de polietileno sobre as camadas de fibra de vidro impregnadas com adesivo;
- remover todas as bolhas com um raspador plástico;
- cortar com uma tesoura o sanduíche de laminados com polietileno, de 1/2 a 3/4 da polegada maior que o tamanho previsto para o reparo;
- colocar o sanduíche de laminados com polietileno entre os dois gabaritos preparados anteriormente;
- cortar o reparo no tamanho dos gabaritos;
- retirar os gabaritos (guardá-los);
- remover uma camada de polietileno do sanduíche (descartá-la);
- colocar o reparo laminado do lado com o adesivo para baixo sobre a área a ser reparada;
- retirar a outra folha de polietileno do topo do reparo laminado (descartá-la);
- cortar outra folha de filme de polietileno de 3/4 a 1 polegada maior que o reparo laminado;
- posicionar e centralizar essa folha de filme de polietileno sobre o reparo laminado sobreposto;
- com um raspador plástico, remover qualquer excesso de resina ou bolhas de ar que possam estar presentes dentro do reparo laminado;
- limpar a área adjacente ao reparo com *metil-etil-cetona* sem deixar que o solvente penetre na junção do reparo;
- deixar o reparo curar por 12 horas em temperatura ambiente (72 °F), antes de remover a última folha de polietileno.

### 12.5.2 Áreas de transição

A área de transição é a borda entre a ilha de colmeia e a área laminada, sendo seus reparos importantes por causa da transferência local de esforços. Os procedimentos de reparos seguem os aplicados aos revestimentos e ao miolo de estruturas em colmeia. Porém, são usadas quatro camadas de tecido de fibra de vidro número 181 devido à sua flexibilidade e à fácil aplicação, principalmente na confecção de reparos para um dos cantos de uma ilha, onde um contorno duplo é encontrado.

Na Figuras 68.A, 68.B e 68.C são apresentadas construções típicas de painel de colmeia colado.

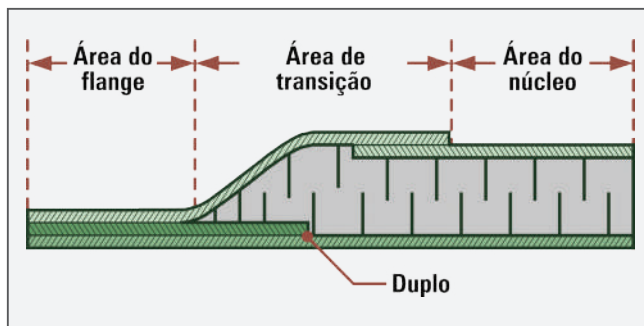


Figura 68.A - Painel de colmeia colado: vista lateral

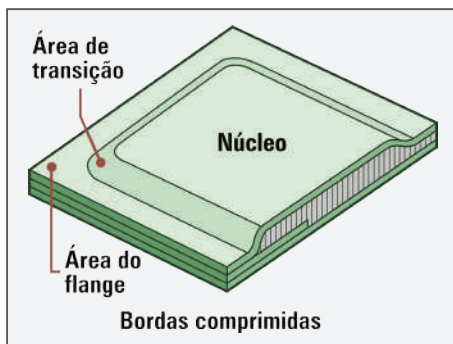


Figura 68.B - Painel de colmeia colado: bordas sem acabamento

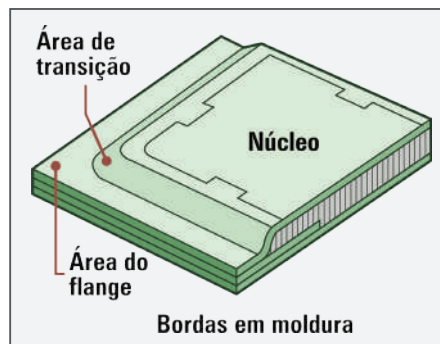


Figura 68.C - Painel de colmeia colado: borda com acabamento

Os procedimentos para reparo em áreas de transição são os seguintes:

- Esboçar o reparo em formato circular, não excedendo mais de duas polegadas à área do dano;
- Usar uma fresadora para remover o dano até o revestimento inferior;
- Fazer um miolo de colmeia de fibra de vidro (plugue) com tolerância de 0,010 polegadas;
- Preparar o adesivo para o potting;
- Passar o adesivo nas bordas do plugue;
- Instalar o plugue na área a ser reparada;
- Preparar o adesivo para o tecido de vidro;
- Preparar quatro laminados de tecido de vidro, o primeiro deve ter tamanho suficiente para cobrir o dano e os demais com 0,25 polegadas a mais em todos os lados;
- Aplicar os quatro laminados à área danificada. Caso haja rebites, efetuar os cortes necessários nos laminados;
- Deixar o reparo curar;
- Aplicar a base antierosão/corrosão.

Estes procedimentos são representados nas Figuras 69.A, 69.B e 69.C:

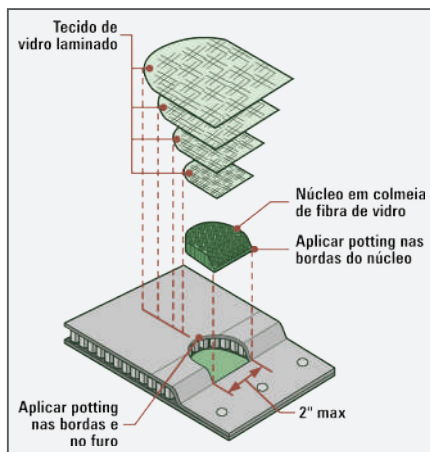


Figura 69.A - Reparo na área de transição: vista explodida do reparo

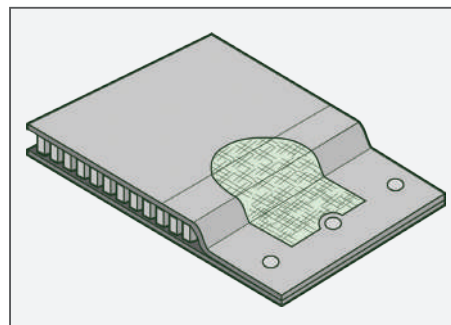


Figura 69.B - Reparo na área de transição: vista superior do reparo finalizado

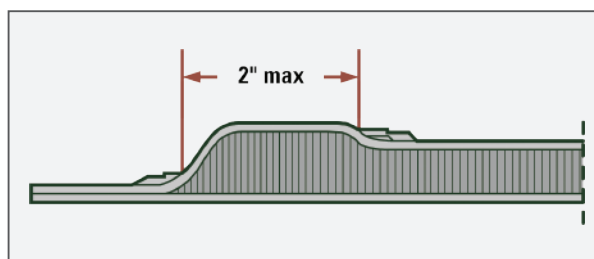


Figura 69.C - Reparo na área de transição: vista lateral do reparo finalizado

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que as peças compostas (*honeycomb*), chamadas de colmeia metálica ou construção em sanduíche, foram o avanço para alcançar estruturas mais eficientes, diminuindo o peso da estrutura sem diminuir sua resistência aos esforços estruturais e melhorando o acabamento das áreas de escoamento de fluxo.

Elas apresentam características de construção, variando em tamanhos e formas, e também em uma combinação de materiais. Visto que podem apresentar danos, são essenciais inspeções para avaliar os tipos de danos, possibilitando escolher os procedimentos e técnicas de reparo, ferramentas e equipamentos necessários para efetuar um perfeito reparo.

# Capítulo 13

## Tipos de reparos

Normalmente, o manual de reparos estruturais ilustra reparos semelhantes conforme os tipos de materiais, de rebites, o espaçamento entre rebites e de acordo com os métodos e procedimentos a serem adotados durante os reparos. A variedade de reparos, como os de superfície lisa, de painéis, de vigas de reforço, de falsas nervuras ou de cavernas, necessita de procedimentos que garantam a continuidade da peça reparada, não afetando sua resistência original, sua forma e peso.

Os reparos de longarinas de fuselagem, asa e de nervuras, por se tratarem de membros pesados e serem construídos em diversas formas, requerem o uso de materiais específicos e procedimentos diferenciados em seus reparos. Logo, em virtude da diversificação de materiais, tipos de reparos e procedimentos de reparos, o mecânico de célula deverá sempre utilizar o manual de reparos estruturais do fabricante e seguir o plano de manutenção aprovado pela autoridade aeronáutica do fabricante.

### 13.1 Reparo redondo

Existem vários tipos de reparos, devendo-se sempre seguir o previsto no manual de reparos estruturais. Segundo Castro:

Os reparos poderão ser classificados em maior ou menor. Maior - afeta o plano de manutenção da aeronave (aprovado pela autoridade) e deve ser substanciado, chegando a limitar a vida do componente em alguns casos. Menor - não afeta o plano de manutenção, está de acordo com reparos publicados no SRM (CASTRO, 2009, p. 8).

Os reparos redondos são utilizados em superfícies aerodinâmicas e para lugares onde a direção do estresse é desconhecida ou que muda de lugar conforme a atitude de voo.

O remendo redondo poderá ser de duas ou três fileiras de rebites.

Remendo redondo de duas fileiras:

- a) Desenharam-se em um papel as bordas da área removida.
- b) Desenharam-se duas circunferências: uma com raio igual ao raio da área removida mais a distância da borda e a outra com um raio  $3/4$  maior que primeira.
- c) Determina-se o número de rebites a serem usados.
- d) Coloca-se  $2/3$  do valor de rebites ao longo da fileira externa.
- e) O restante dos rebites ( $1/3$ ) coloca-se na fileira interna, distanciados entre os rebites da fileira externa.

- f) Transfere-se o desenho para o material, acrescentando uma margem nas bordas de pelo menos duas vezes e meia (2,5) o diâmetro dos rebites.

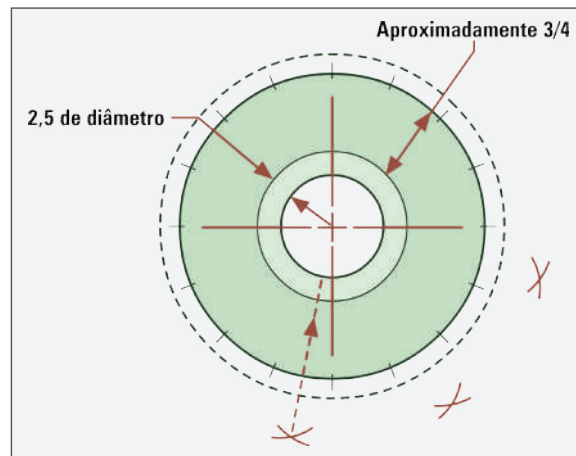


Figura 70 - Remendo redondo de duas fileiras

Remendo redondo de três fileiras:

- Desenham-se em um papel as bordas da área removida;
- Faz-se um círculo de raio igual ao da área removida mais a distância da dobra;
- Distribuem-se  $1/3$  dos rebites requeridos nesta fileira;
- Usando-se os rebites da primeira fileira como centro, desenham-se arcos com  $3/4$  da polegada;
- Nos pontos de interseção, desenha-se a segunda fileira;
- A terceira fileira é desenhada de forma semelhante;
- Deixa-se uma margem de 2,5 vezes o diâmetro dos rebites além da fileira externa e transfere-se o desenho para o material a ser utilizado no reparo.

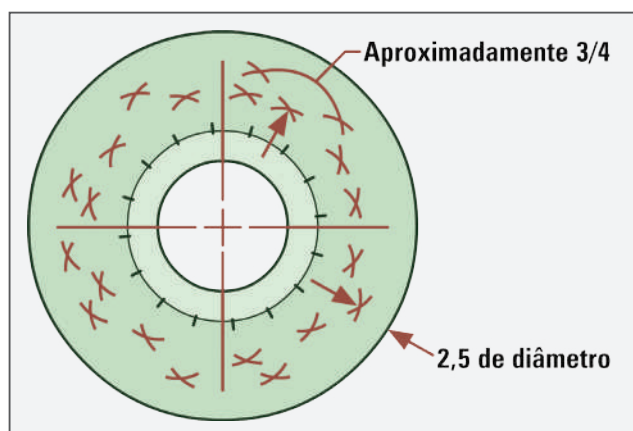


Figura 71 - Reparo redondo de três fileiras

O remendo de três fileiras será usado quando o número de rebites for grande o bastante para causar uma distância entre eles (passo) menor que o número para um reparo de duas fileiras.

## 13.2 Reparo octogonal

O remendo octogonal é um tipo de reparo que possibilita que os rebites utilizados sejam instalados nas áreas de maior estresse e é considerado o reparo mais simples quanto ao desenho da chapa que será sobreposta e para o cálculo da quantidade de rebites. Os passos para o remendo octogonal alongado são simples, como descritos e ilustrados a seguir:

- Desenam-se as bordas da parte removida e traçam-se as linhas paralelas até a linha do estresse, usando o espaçamento de três a quatro vezes o diâmetro dos rebites a serem usados;
- Traçam-se as linhas perpendiculares duas vezes e meia (2,5) do diâmetro dos rebites a partir das laterais do reparo;
- As próximas linhas perpendiculares serão traçadas com espaçamento de  $3/4$  do intervalo entre rebites;
- Marcam-se os pontos para rebites em linhas alternadas perpendiculares às linhas de estresse, objetivando gerar um avanço entre as fileiras e estabelecer a distância entre os rebites na mesma fileira (seis a oito vezes o diâmetro do rebite).

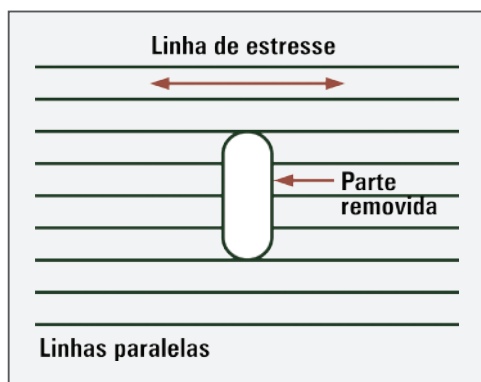


Figura 72.A - Desenho da borda

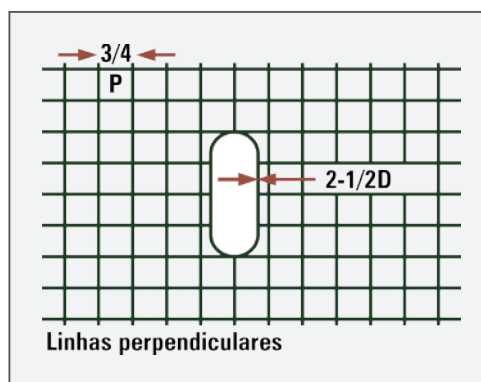


Figura 72.B - Espaçamento lateral

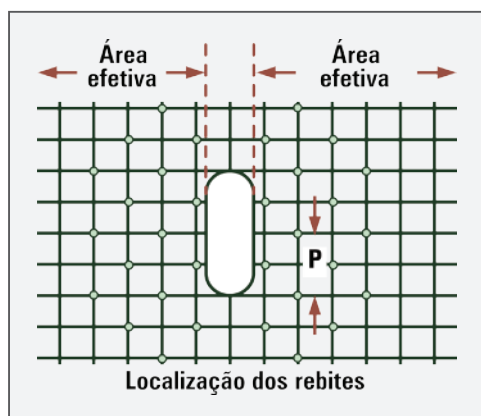


Figura 72.C - Posicionamento de rebites

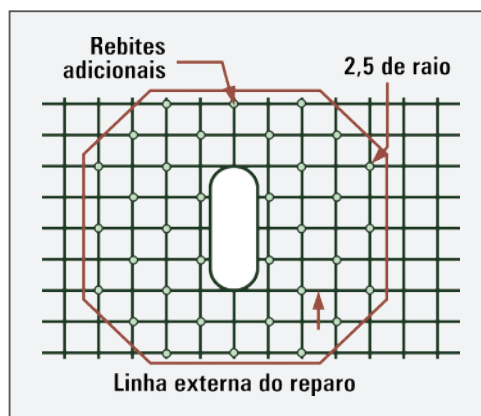


Figura 72.D - Acabamento do reparo

## 13.3 Reparo de painéis

É considerado um painel na estrutura de uma aeronave qualquer chapa de metal do revestimento. Danos ao revestimento da aeronave que exceda os limites reparáveis requerem a substituição de todo o painel. Também deverá ser substituído todo o painel quando houver muitos reparos anteriores em uma determinada seção ou área.

A seção de um painel é a parte localizada entre as longarinas adjacentes e as cavernas do próprio painel. Quando uma seção de painel está danificada de tal forma que é impossível efetuar um reparo padrão, um tipo especial de reparo será necessário. De acordo com a FAA (1972, p. 66), “o tipo particular de reparo depende se o dano reparável for externo, interno ou nas bordas do painel”.

- a) Dano externo ao painel - depois de serem aparados (removidos) e possuírem 8,5 vezes ou mais o diâmetro dos rebites, estender o remendo para incluir a fileira de rebites do fabricante e adicionar uma linha extra no interior dos membros (painéis).
- b) Dano interno ao painel - depois de serem aparados e apresentarem menos de 8,5 vezes o diâmetro dos rebites, será necessário um remendo que se estenda ao longo dos membros e uma linha extra de rebites ao longo do lado de fora dos membros.
- c) Dano nas bordas do painel - em caso de avaria que se estenda para o bordo de um painel, será necessária a utilização de apenas uma linha de rebites ao longo da aresta do painel, a menos que o fabricante tenha usado mais de uma fileira de rebites.

Os procedimentos para fazer todos os três tipos de reparos de painel são semelhantes. Para o alívio de tensões nas pontas do orifício, eles devem ser arredondados com um raio mínimo de 1/2 polegada. Desenha-se a nova fileira de rebites, com um **passo transverso** de aproximadamente cinco vezes o diâmetro dos rebites e escalonar com os colocados pelo fabricante.



**Passo transverso:**  
quando seu sentido é  
obliquo em relação a  
determinado referente.

Corta-se o reparo do material da mesma espessura do original ou a próxima maior espessura, deixando uma margem da borda de 2,5 vezes o diâmetro dos rebites. Nas pontas, desenham-se arcos com raio igual à distância da borda.

As bordas do reparo são chanfradas para um ângulo de 45° e o reparo é moldado para encaixar-se na estrutura original.

Deve-se colocar o reparo na posição, perfurar um furo para o rebite e fixar temporariamente o remendo com um prendedor; após isso, localiza-se a posição de um segundo furo, no qual é



furado e utilizado outro prendedor. Removem-se as rebarbas dos furos dos rebites e aplica-se um protetor contra corrosão nas superfícies em contato antes de rebitar o reparo no lugar.

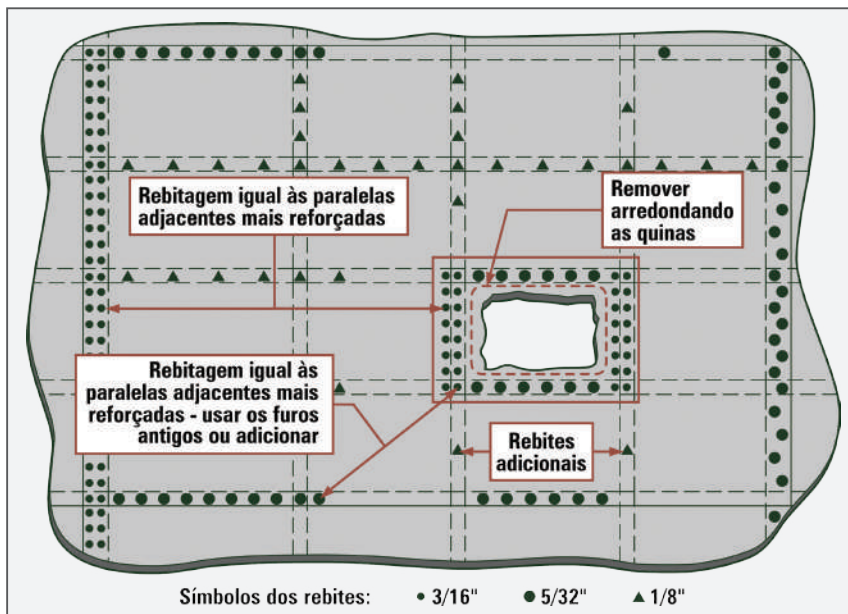


Figura 73 - Remendo em painel de revestimento

### 13.4 Reparo de superfícies lisas

Os reparos de superfícies lisas são feitos aplicando-se o remendo pelo lado interno da chapa danificada. Deve-se utilizar no remendo o mesmo tipo de material, com o mesmo diâmetro ou um pouco maior do que o revestimento original.

O tamanho e o formato do remendo serão determinados pelo número de rebites necessários ao reparo, ou, quando não especificado, efetuar o cálculo do número de rebites conforme a fórmula a seguir.

$$\text{Nº de rebites em cada lado} = \frac{C \times E \times 75.000}{S \text{ ou } A}$$

### 13.5 Reparo de vigas de reforço

As vigas de reforço são divididas em:

- a) Fuselagem - se estendem do nariz à cauda da aeronave.
- b) Asas - se estendem da fuselagem às pontas de asas.
- c) Superfícies de controle - se estendem pelo comprimento da superfície de controle.

O revestimento da fuselagem, asas e superfícies de controle é rebitado nas vigas de reforço, que podem ser danificadas por vibrações, por corrosão ou por colisão. Cada viga de reforço é única e por isso seus reparos não são iguais.

Para efetuar um reparo, primeiramente determina-se a extensão do dano e removem-se os rebites das áreas próximas, nunca remover a área danificada com uma serra, broca ou lima. Na maioria dos casos, esse reparo requer o uso de um ângulo de **inserção** e remendo. Algumas vigas de reforço são reparadas por meio da colocação do ângulo de reparo pelo lado de dentro, enquanto outras são colocadas pelo lado de fora.

São comumente utilizados extrusões e materiais pré-moldados para reparar ângulos e inserções ou enchimento. Se os ângulos de reparo e os enchimentos devem ser formados a partir de uma chapa plana, usa-se uma viradeira. Pode ser necessário calcular a tolerância de dobra e linhas de visada para o *layout* dessas partes moldadas. Quando no reparo forem usadas vigas de reforço com curvas, as peças de reparo devem se encaixar no contorno original das vigas.

As Figuras 74, 75 e 76 mostram um reparo em uma viga de reforço remendada. Este reparo é admissível quando o dano não ultrapassar  $2/3$  da largura de uma viga e não mais que 12 polegadas de comprimento.

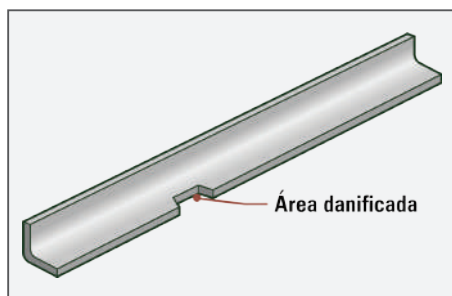


Figura 74 - Viga de reforço com dano menor que  $2/3$  da largura

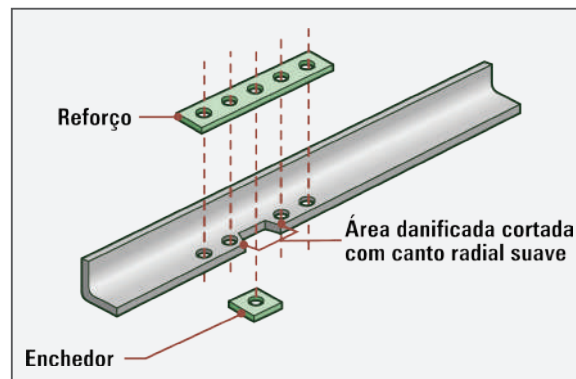


Figura 75 - Preparação do reparo da viga de reforço

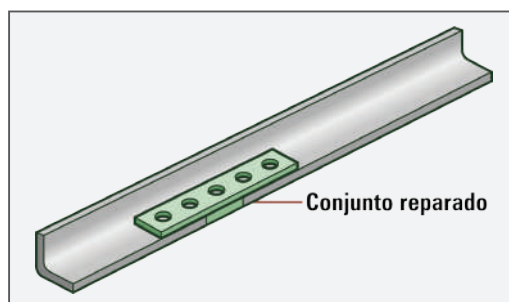


Figura 76 - Viga de reforço reparada

Quando uma viga de reforço apresentar danos superiores a  $2/3$  de largura e mais de 12 polegadas de comprimento, o reparo poderá ser feito por um dos métodos apresentados a seguir:



**Inserção:** inclusão de uma coisa em outra.

- por meio de um corte suave e enchedor - quando o dano for apenas na largura da viga (Figuras 77, 78 e 79);

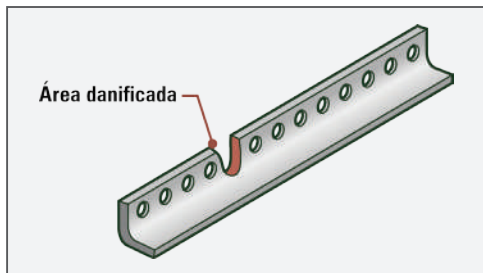


Figura 77 - Viga de reforço com dano superior a 2/3 de largura

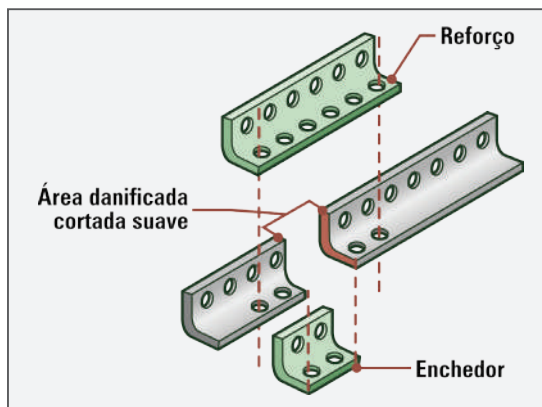


Figura 78 - Preparação do reparo da viga com dano superior a 2/3 da largura

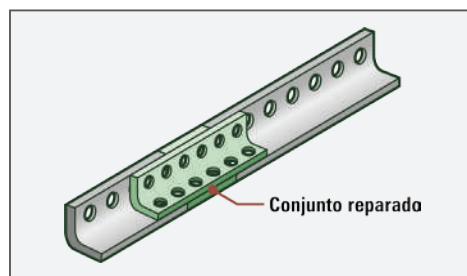


Figura 79 - Dano maior que 2/3 da largura da viga de reforço reparado

- parte da viga é removida com reparação por inserção, desde que o dano afete apenas uma viga (Figuras 80, 81 e 82);

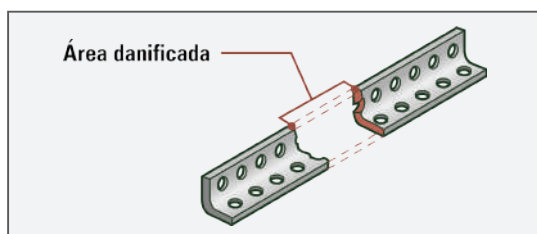


Figura 80 - Viga de reforço com dano grave em apenas uma viga

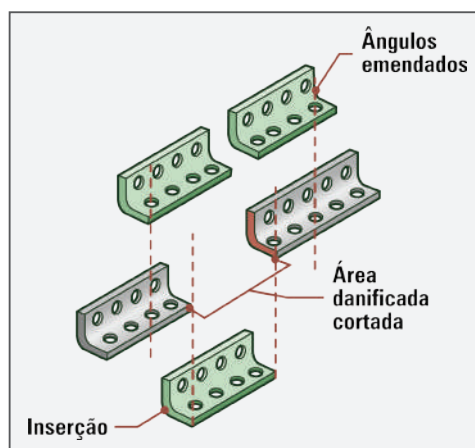


Figura 81 - Preparação do reparo da viga com dano grave

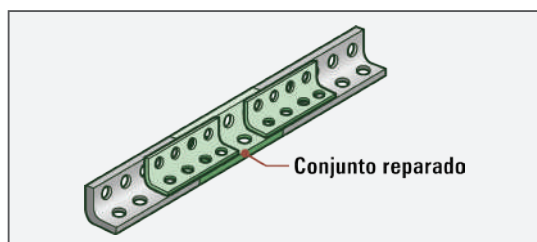


Figura 82 - Viga de reforço após reparo por inserção

- parte da viga é removida com reparação por inserção quando o dano afeta mais de uma viga de reforço (Figuras 83, 84 e 85).

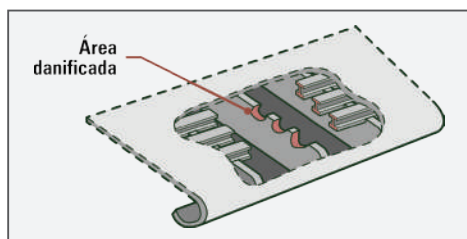


Figura 83 - Viga de reforço de bordo de ataque danificada

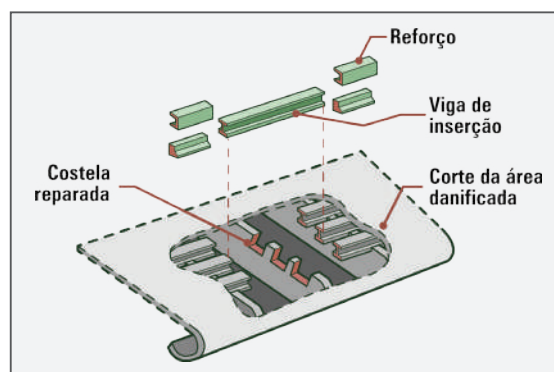


Figura 84 - Preparação do reparo da viga de bordo de ataque

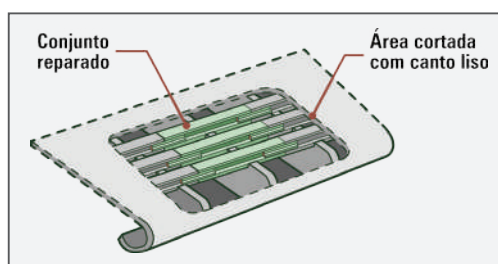


Figura 85 - Viga do bordo de ataque reparada

Usa-se sempre o manual de reparo estrutural da aeronave para efetuar reparos em vigas de reforço.

## 13.6 Reparo de longarinas

As longarinas são os principais elementos estruturais de uma aeronave e são encontradas nas asas e na fuselagem para que essas superfícies resistam aos esforços de flexão.

### 13.6.1 Longarinas de asa

A longarina é o principal elemento estrutural da asa. Normalmente, é a base e o primeiro membro a ser instalado na construção de uma seção. Outros componentes são fixados direta ou indiretamente a ela.

Devido à carga que a longarina suporta, deve-se ter cuidado ao efetuar um reparo nesse membro e garantir que a resistência original da estrutura seja mantida. De acordo com a FAA (1972, p. 69), a longarina “é construída de forma a suportar dois tipos de reparos: o reparo da alma e o reparo da nervura da longarina”.



- a) Reparo da alma da longarina - removem-se os danos e depois mede-se a largura total da seção da armação. Calcula-se o número de rebites a serem instalados em cada lado da chapa de reparo. Usa-se uma seção a ser inserida do mesmo tipo de material e com a mesma espessura usada na armação original, conforme ilustra a Figura 86. Antes de finalizar o reparo com a rebitagem, aplica-se um tratamento anticorrosivo às superfícies.

O reparo embutido na alma de uma longarina não necessita utilização de chapa de reforço.

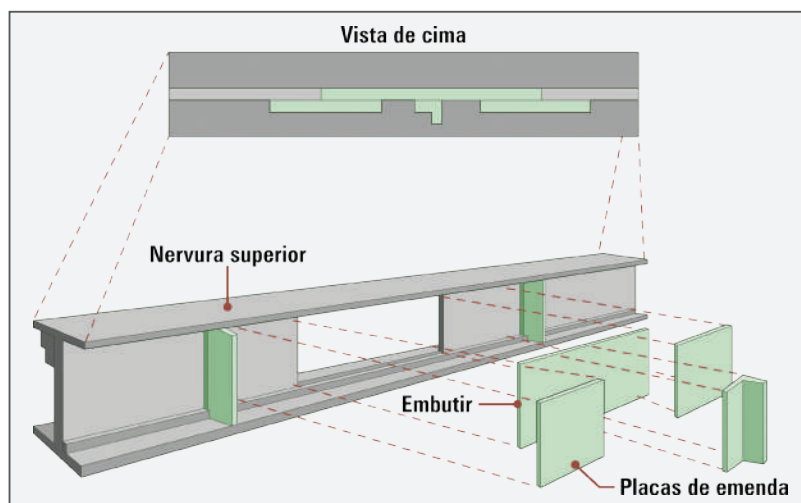


Figura 86 - Reparo na alma da longarina

- b) Reparo da nervura da longarina – os reparos devem seguir o manual de reparos estruturais do fabricante, pois cada dano exige um cálculo de rebites diferenciado. Por exemplo, conforme a Figura 87, para determinar a quantidade de rebites do reparo de uma nervura de longarina em T extrudada, toma-se a largura da base do T mais o comprimento da perna e o comprimento do perfil de arqueamento.

Determinando o número de rebites, 1/4 deles são instalados em cada fileira de rebites original na base da seção em T, devendo ficar entre os rebites originais. Os restantes dos rebites ficam ao longo da perna do T em duas fileiras.

A peça a ser embutida deve possuir a mesma espessura da nervura da longarina, podendo ser de um pedaço semelhante de seção em T extrudado ou de dois pedaços de chapa plana.

Outro exemplo de reparo da nervura da longarina é para as fresadas em que o reparo é limitado aos danos ocorridos nas pontas ou bordas de ligação. Caso esses danos ultrapassem além da área das bordas, toda a nervura deverá ser substituída. Caso seja menor, calcula-se o número de rebites, molda-se uma chapa de reparo no tamanho requerido e fura-se conforme a posição original dos rebites.

Corta-se então um enxerto que se encaixe à área removida e rebita-se o reparo no local. Se a área for maior que quatro polegadas do comprimento, usa-se uma chapa de reforço em ângulo para garantir um reforço adicional.

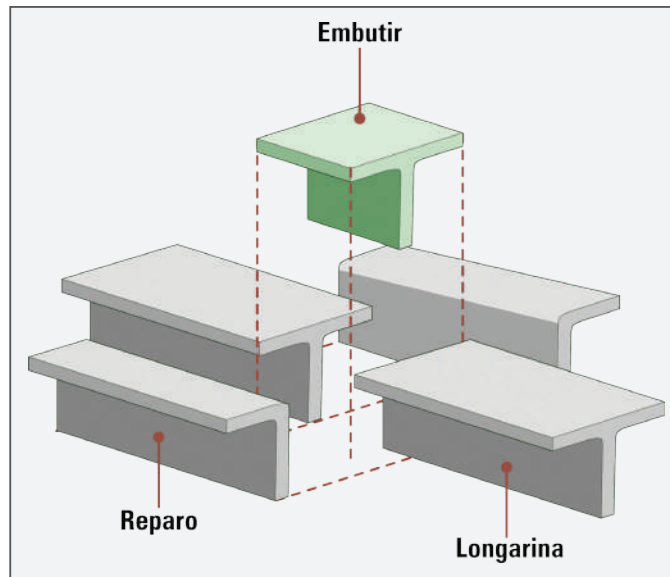


Figura 87 - Reparo na nervura da longarina em T

### 13.6.2 Longarinas de fuselagem

As longarinas de fuselagem são estruturas pesadas que exercem a mesma função das vigas de reforço. Conseqüentemente, o reparo é semelhante aos das vigas de reforço.

Porém, por serem estruturas pesadas e possuírem maior resistência, necessitam de rebites robustos em seus reparos e, quando necessário, podem ser adicionados parafusos para aumentar a resistência do reparo. Caso a longarina consista em uma seção moldada e uma seção de ângulo extrudado, considera-se cada seção separadamente.

No reparo, manter o espaço entre rebites de quatro a seis vezes o diâmetro do rebite utilizado. Se forem utilizados parafusos, os furos devem ser de forma que os parafusos se encaixem perfeitamente, sem passagem de luz (folga).

## 13.7 Reparo de nervuras

As nervuras dão o formato aerodinâmico à asa e transmitem os esforços aerodinâmicos do revestimento para as longarinas. Poderão formar cavernas ou armações.

### 13.7.1 Cavernas

As cavernas são os membros que dão a forma da fuselagem e mantêm o formato da estrutura, dando-lhe resistência aos estresses sofridos durante as atitudes de voo. Elas são projetadas para

suportar cargas de estresse concentrado e existem em vários tipos, sendo as mais comuns o canal curvo feito com chapa de metal com reforçadores ou de estrutura feita de chapas com ângulos extrudados, rebitados no lugar com reforçadores e flanges. A maioria das cavernas é feita de liga de alumínio, algumas são feitas de aço resistente à corrosão e usadas em áreas expostas às altas temperaturas.

Em concordância com a FAA (1972, p. 68), “os reparos são classificados em dois tipos conforme a extensão do dano”:

- a) Danos iguais ou menores que  $1/3$  da seção transversal - usa-se uma chapa de remendo e um ângulo de reforço. Primeiramente, removem-se os danos e efetua-se o cálculo de rebites para determinar a quantidade de rebites necessários para estabelecer o tamanho da chapa de remendo (reparo);
- b) Danos maiores que  $1/3$  da seção transversal - remove-se a seção transversal e efetua-se o reparo, substituindo toda a seção transversal. O material substituído deve ser resistente à tensão, à compressão, ao cisalhamento e ao apoio, conforme o material original.

Nunca utilizar um material mais fino ou com menor seção transversal que o material original.

### 13.7.2 Armações

Os reparos em armações são classificados conforme sua importância. Assim, têm-se as armações consideradas críticas, tais como as das nervuras da asa, e as menos críticas, como as de profundos, lemes, flapes, etc.

Na construção de um membro usando uma armação, ela será, geralmente, uma chapa fina de liga de alumínio, formando a profundidade principal do membro e ligada por grossas extrusões de liga de alumínio, chamadas de nervuras. Essas extrusões suportam as cargas provocadas por flexão e também fornecem uma base para a fixação do revestimento.

Os frisos estampados com ângulos são usados para os reparos nas armações, desde que utilizados com seções extrudadas. Estas seções devem ser rebitadas com intervalos iguais ao longo da armação. Os frisos são parte da própria armação, estampados durante a fabricação.

Reforçadores são usados nas armações para suportarem as cargas de compressão exercidas sobre as armações criticamente estressadas.

Na maioria das vezes, os danos envolvem dois ou mais membros, se a armação estiver danificada, deve-se apenas remover a área danificada e instalar uma chapa de reparo. As chapas utilizadas nos reparos das armações devem receber no mínimo duas fileiras de rebites, a fim de que o dano seja totalmente coberto. Essas chapas não podem ser de outro tipo de material, bem como sua espessura, evitando, assim, modificar o peso original da peça.

Danos em nervuras ou em armações que necessitem de uma chapa inteira de reparo, provavelmente exigirão um remendo composto com ângulos e com interseções, a Figura 88 ilustra um exemplo deste tipo de dano.

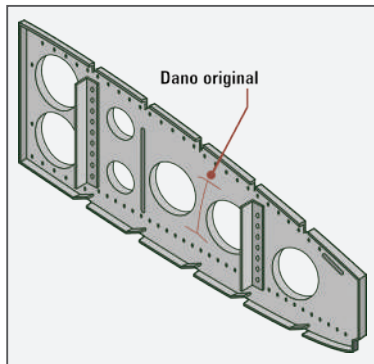


Figura 88.A - Armação:  
visualização do dano

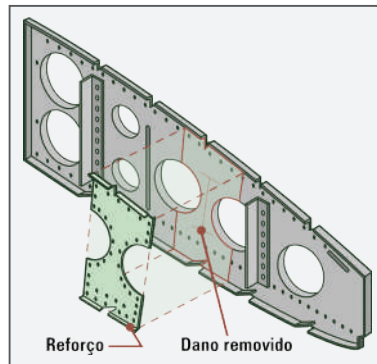


Figura 88.B - Armação:  
visualização da placa de reforço

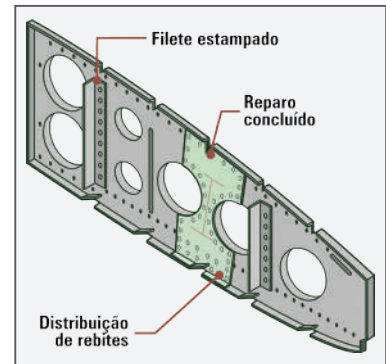


Figura 88.C - Armação:  
visualização da peça reparada

## 13.8 Reparo em bordos

A estrutura de uma aeronave é formada por bordos para melhorar o escoamento do ar sobre as superfícies, diminuindo o arrasto e aumentando a sustentação. São eles o bordo de ataque e bordo de fuga, detalhados a seguir.

### 13.8.1 Bordo de ataque

O bordo de ataque é a parte da frente de uma asa, estabilizador ou qualquer outro aerofólio (como a hélice). O objetivo do bordo de ataque é diminuir o atrito do fluxo de ar com a superfície, dando, assim, a forma aerodinâmica e aumentando a eficiência do fluxo de ar. O espaço dentro do bordo de ataque, às vezes, é usado para armazenar combustível ou equipamentos extras, tais como tubulações, luzes de pouso ou sistemas antigelo ou degelo.

A construção do bordo de ataque varia com o tipo de aeronave. Geralmente, consiste em tiras de nervuras, nervuras de nariz, longarinas e revestimento. As tiras de nervuras são o principal sentido de comprimento e reforçam as bordas, fornecendo uma base para as nervuras de nariz e o revestimento. Elas também prendem o bordo de ataque à longarina dianteira.

As nervuras de nariz são feitas de chapas de liga de alumínio, possuem formato em U e reforçadores em sua armação. Seu propósito é dar contorno ao bordo de ataque. Os reforçadores são usados para endurecer a ponta e fornecer uma base para a fixação do revestimento. Na fixação do revestimento, usam-se rebites escareados ou outros que não perturbem o fluxo de ar.

Bordos de ataque construídos com sistemas antigelo consistem em duas camadas de revestimento, separadas por um espaço de ar. O revestimento interno, às vezes, é ondulado para dar maior resistência e perfurado para conduzir o ar quente ao revestimento externo para fins de antigelo.



Danos nos bordos de ataque normalmente são causados por contato com outros objetos como pedras, pássaros e granizo. Porém, a maior causa de danos é o descuido enquanto a aeronave permanece no solo. Esse descuido geralmente envolverá diversas partes estruturais.

Os danos causados por danos de objetos estranhos, em inglês *foreign object damage* (FOD), provavelmente envolvem o revestimento, as nervuras, as longarinas e as tiras de nervuras.

Danos envolvendo todos esses membros necessitarão de uma janela de acesso para tornar possível a reparação, conforme ilustra a Figura 89. A área danificada deve ser removida e depois seguem-se os procedimentos de reparo previstos no manual de reparos estruturais do fabricante. A reparação exigirá inserções e remendos. Caso o dano seja grave, ele poderá requerer, além do reparo da tira de nervura e do reforçador, uma nova nervura de nariz e um novo revestimento.

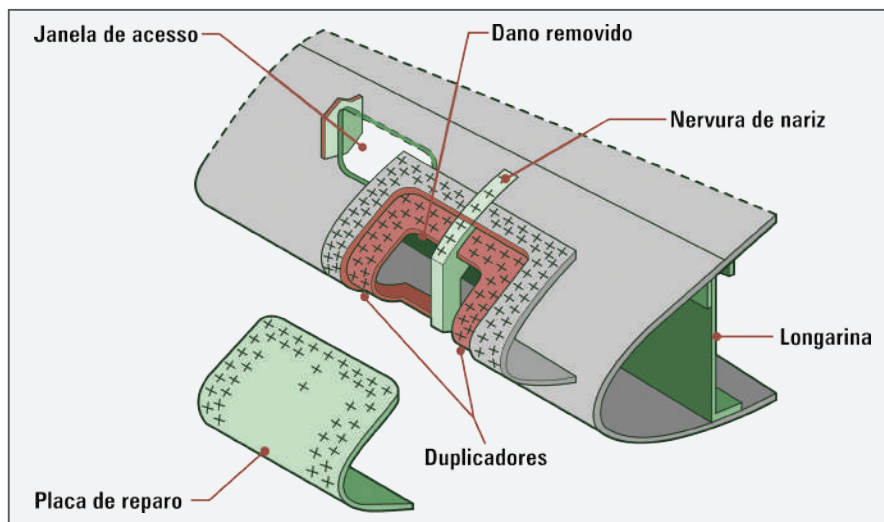


Figura 89 - Reparo de bordo de ataque

### 13.8.2 Bordo de fuga

O bordo de fuga é a parte mais recuada (traseira) de um aerofólio como: asas, ailerons, lemes, profundos e estabilizadores. Ele é normalmente uma tira de metal que tem a forma da aresta, unindo as extremidades de uma seção de nervura e a parte superior e inferior do revestimento. Os bordos de fuga não são membros estruturais, mas eles sofrem estresses durante o voo, em virtude da diferença de pressões existentes nas cambras das superfícies.

As áreas reparadas em bordos de fuga devem ter o mesmo contorno e serem feitas com material de mesma composição e têmpera da seção inicial, mantendo o mesmo *design* do aerofólio.

Danos aos bordos de fuga causados por FOD ou por um manuseio descuidado estão sujeitos à corrosão, pois os bordos de fuga têm a tendência de acumular umidade. Os danos podem

ser limitados a um ponto ou estendido ao longo de todo o comprimento entre duas ou mais seções de nervura.

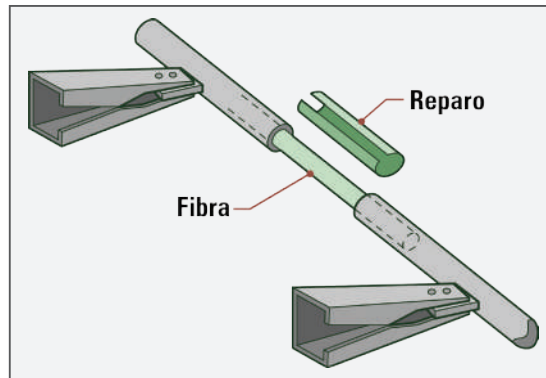


Figura 90 - Reparo de bordo de fuga

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que, por existirem vários tipos de reparos (octogonal, redondo de uma ou duas fileiras), sempre os procedimentos estabelecidos no manual de reparos estruturais da aeronave devem ser seguidos. Existem reparos que não necessitam de materiais específicos, como os de superfície lisa, de painéis e os de cavernas. Outros reparos como os de longarinas de fuselagem, de asa e de nervuras requerem o uso de materiais específicos por se tratarem de membros pesados.

Os procedimentos variam conforme a necessidade, a localização e o tamanho do dano. Os reparos em bordo de ataque e de fuga dos aerofólios não poderão atrapalhar o escoamento do ar pela seção do aerofólio, pois isso trará arrasto e aumento de estresse na superfície.

# Capítulo 14

## Reparos especiais em longarinas e nervuras

Todos os membros de madeira que formam as longarinas ou as nervuras podem ser reparados, diminuindo, assim, o custo elevado de uma troca de todo o membro. Vários são os tipos de reparos permissíveis para esses membros, como os remendos externos ou embutidos, desde que as áreas dos danos sejam pequenas.

Em alguns casos será feito um reparo chanfrado quando o dano for muito extenso, pois exigirá a retirada do membro até o seu ponto estrutural. Porém, qualquer que seja o tipo de reparo feito em longarinas ou nervuras, busca-se manter a continuidade estrutural da aeronave com as mesmas características dos originais.

### 14.1 Reparos

Os reparos são divididos em reparos em longarinas e reparos em nervuras.

#### a) Reparo em longarinas

Poderá ser colada em ambos os lados da longarina uma chapa de **espruce** para proporcionar um reforço longitudinal (Figura 91) contra cisalhamento. Caso um dano seja mais extenso, o membro é retirado até o membro estrutural e feito um reparo chanfrado. Os reparos se limitam em um reparo por longarina.



**Espruce:** espécie de árvore da Europa.

Nunca se repara uma longarina quando o dano se localiza sob os encaixes de fixação das asas, trem de pouso, berço do motor e de estruturas de sustentação.

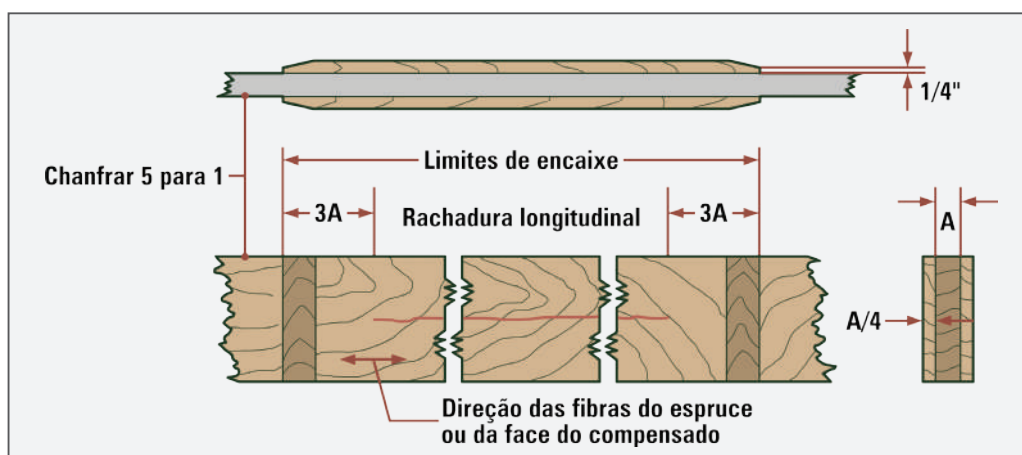


Figura 91 - Reforço em uma rachadura longitudinal



Quando se utilizar chapas de reforço externas, elas:

- não devem interferir no alinhamento dos encaixes;
- podem sobrepor aos pontos de estais antiarrasto, estais de arrasto ou membros de compressão, desde que estejam na face frontal da longarina dianteira ou na face posterior da longarina traseira.

Quando se utilizar chapas de reforço internas, elas:

- não podem se sobrepor a encaixes de estrutura de arrasto;
- devem ser usados os reparos chanfrados (com inclinação de 12 por 1, sendo aceitável acima de 10).

Sempre devem-se reparar e reforçar os membros de compensado com o mesmo tipo de material.

Nunca se usa madeira sólida para substituir esses tipos de membros, pois o compensado apresenta resistência superior a cisalhamento do que a madeira sólida, já que o compensado apresenta maior número de fibras das camadas.

As fibras dos reparos devem ter a mesma direção dos membros originais, garantindo, assim, a mesma resistência.

#### b) Reparo de nervuras

Uma nervura pode ser consertada usando reparos chanfrados, com reforço no lado posterior à cobertura da asa, feito com um bloco de espruce, que se estenderá além da junta chanfrada pelo menos três vezes à espessura das chapas a serem reparadas.

A *Federal Aviation Administration* (FAA, 1972) ressalta que o reforço deve ser aumentado de cada lado por uma chapa lateral de compensado, mostrado nas Figuras 92.A, B e C.

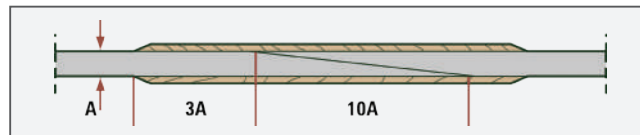


Figura 92.A - Reparo nas bordas das nervuras: vista superior

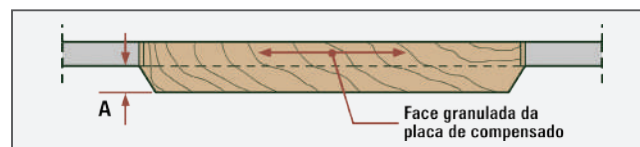


Figura 92.B - Reparo nas bordas das nervuras: vista inferior

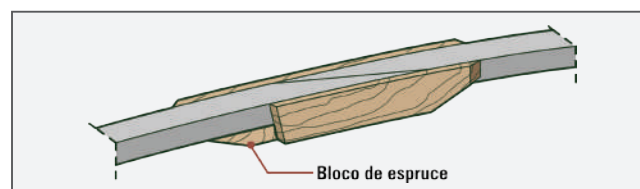


Figura 92.C - Reparo nas bordas das nervuras: vista lateral

Sempre que o dano em uma cobertura a ser reparada apresentar uma junta entre nervuras, usa-se um reforço de compensado na junta chanfrada, representado na Figura 93.B. É importante destacar que A, B, C, D e E são dimensões originais, ilustrados na Figura 93.A.

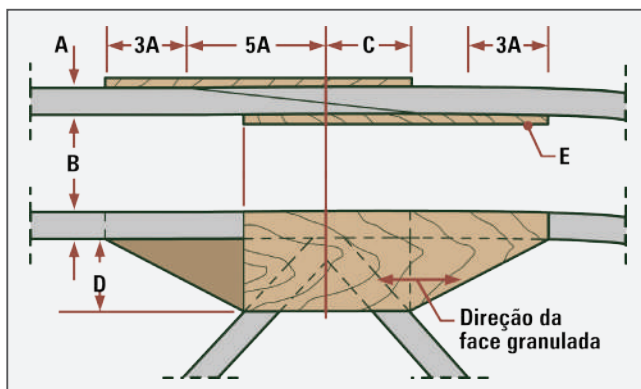


Figura 93.A - Reparo na junção da nervura: vista superior

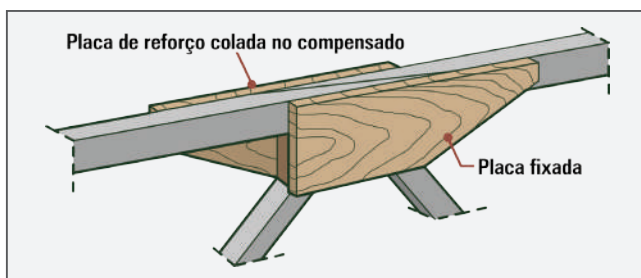


Figura 93.B - Reparo na junção da nervura: vista lateral

Quando uma longarina apresentar danos nas bordas, o reparo é feito por meio da remoção da área danificada e colocação de um bloco encaixado, tendo sua junta reforçada por meio de blocos de compensado ou espruce, como apresentado na Figura 94.

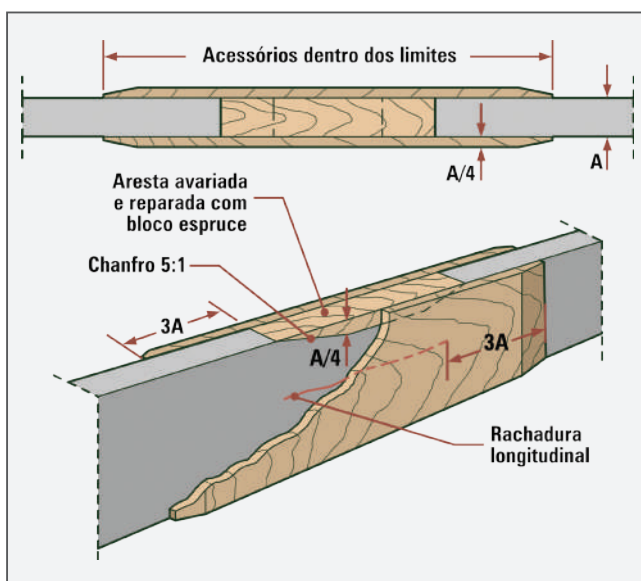


Figura 94 - Reparo das rachaduras em longarinas

O bordo de fuga de uma nervura é reparado substituindo a parte danificada da chapa de cobertura por um bloco de madeira macia. Todo o reparo é reforçado por chapas de reforço de compensado pregado e colado, vejam-se as Figuras 95.A, B, C e D.

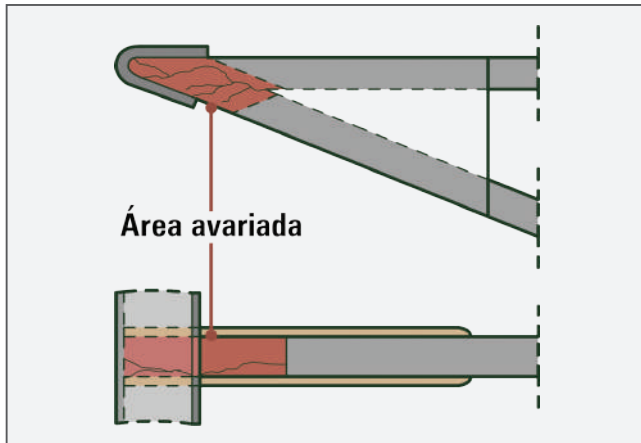


Figura 95.A - Reparo do bordo de fuga da nervura - vista superior da área danificada

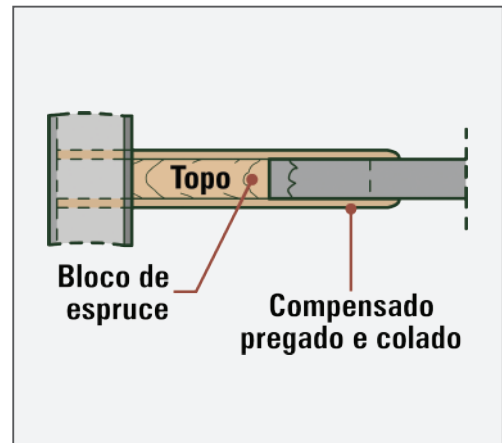


Figura 95.B - Reparo do bordo de fuga da nervura - vista lateral da área danificada

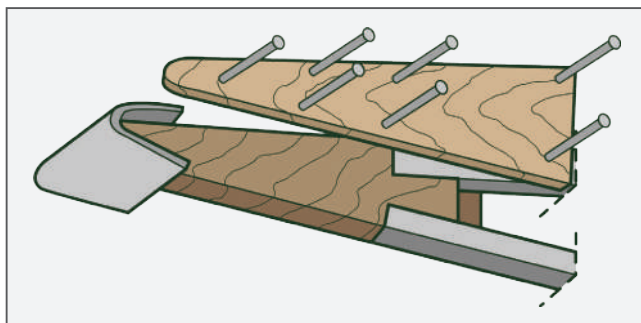


Figura 95.C - Reparo do bordo de fuga da nervura - placa de reparo

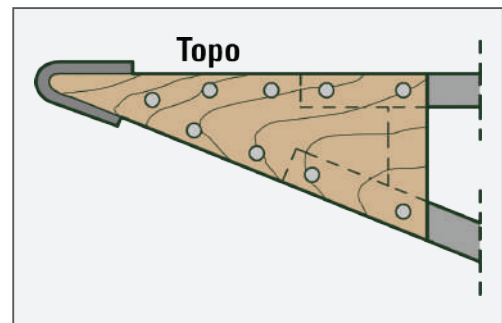


Figura 95.D - Reparo do bordo de fuga da nervura - vista superior após reparo

## 14.2 Furação

Parafusos e buchas usados na estrutura de uma aeronave devem ter seu encaixe apertado em seus orifícios, evitando alargamento dos furos provocado pelo movimento dos parafusos e das buchas.

Os furos devem ser de diâmetro preciso para serem inseridos por meio de suaves batidas de um macete. Caso esteja muito justo e necessite de pancadas mais fortes, podem-se provocar deformações ou rachaduras nas estruturas.

As buchas utilizadas poderão ser de plástico ou de metal, proporcional a uma superfície de atrito sem grandes aumentos de peso. Os furos para as buchas também devem ser de tamanho exato para serem inseridas com pancadas leves.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que os reparos de longarinas e nervuras são realizados para diminuir os custos com a substituição de todo o membro estrutural. Quando feita com a instalação de um reforço, o reparo devolve as características e resistência original da peça danificada. Os procedimentos de reparos em longarinas diferem dos reparos de nervuras em virtude de suas localizações e finalidades na estrutura da aeronave.

O mecânico de célula deve ser conhecedor das diferenças de reparos em longarinas e de nervuras, pois as furações para a inserção de buchas e parafusos são distintas para cada estrutura, visto que seus diâmetros devem ser precisos, evitando que fiquem folgados ou justos demais, provocando, desse modo, alargamento ou rachaduras nas estruturas.





# Capítulo 15

## Estruturas de madeira

Apesar de as aeronaves terem a tendência de serem construídas totalmente de chapas de metal, ainda existem algumas aeronaves nas quais a madeira foi utilizada como material de estrutura. Para esse tipo de aeronaves, a inspeção e o reparo devem seguir o recomendado pelo fabricante, pois os danos e métodos de reparo variam em relação às de estruturas de metal.

O mecânico de célula deverá possuir habilidade de inspecionar estruturas de madeira para reconhecer os defeitos, como podridão seca e falhas de compressão, não obstante, são causadas pela ruptura das fibras transversais dos membros de madeira.

### 15.1 Inspeções

Quando são usadas estruturas de madeira em aeronaves, elas necessitam sofrer inspeções em toda sua extensão como também em suas juntas, principalmente as juntas coladas. Essas estruturas e as juntas coladas serão detalhadas a seguir.

#### 15.1.1 Estruturas

As aeronaves com estruturas de madeira devem ser mantidas **hangaradas** e bem ventiladas, com as janelas de acesso retiradas um bom tempo antes da inspeção, pois as inspeções serão facilitadas quando as estruturas estão bem secas, principalmente nas juntas coladas.

Não é permitida deformação nas asas, na fuselagem e na deriva ou danos nas áreas sujeitas aos estresses. Qualquer modificação do formato original dessas áreas, os reparos tornam-se necessários.

Para estruturas cobertas por uma única camada de compensado, conforme Figura 96, são permitidas algumas ondulações **seccionais** ligeiras ou saliências entre painéis, desde que a madeira e a cola estejam confiáveis.

Deformações nos bordos de ataque e de fuga são indicativos que a estrutura principal está comprometida, exigindo uma inspeção detalhada quanto à segurança dessas partes nesse tipo de estrutura.

A inspeção quanto à condição da cola utilizada nas estruturas ou o desgaste da madeira necessitará de checagens onde normalmente alguns pontos da aeronave são mais frequentes de ocorrer. Em muitos casos são inacessíveis, requerendo efetuar cortes na estrutura para abrir janelas de inspeção.

O apodrecimento da madeira é indicado por meio de pequenos pontos que se espalham por ela, provocando uma descoloração ou manchas ao longo das fibras, o que indica que ocorreu penetração de água. Se a área apodrecida não puder ser removida por raspagem, a peça deverá ser substituída. Manchas provocadas por um endurecedor de adesivo deverão ser despezadas.



**Hangaradas:** estacionadas dentro do hangar para manutenção ou pernoite. As aeronaves de estruturas de madeira devem ficar dentro do hangar principalmente em virtude da umidade noturna (ponto de orvalho); isso provoca umidade nas juntas e nos furos dos parafusos de junções, ocasionando o apodrecimento da madeira.

**Seccional:** que é dividida em seções.

Em alguns casos, removem-se os parafusos para verificação de corrosão, confirmando a penetração de água na estrutura de madeira. Os parafusos ao serem removidos, e confirmada a presença de água, devem ser substituídos por outros novos de comprimento idêntico, porém uma medida a mais em largura, assegurando penetração em madeira nova. De acordo com a *Federal Aviation Administration* (FAA), “para madeiras duras como o mogno ou o freixo, é comum a utilização de parafusos de aço” (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1972, p. 104).

Inspeciona-se a estrutura de madeira também quanto à evidência de mossas ou esmagamentos, que podem ser causados por parafusos apertados além do torque previsto. As falhas de compressão ou flexão anormal poderão ocorrer durante um pouso duro, havendo suspeita de falha, utiliza-se o foco de uma lanterna ao longo das fibras de madeira para visualizar os danos.

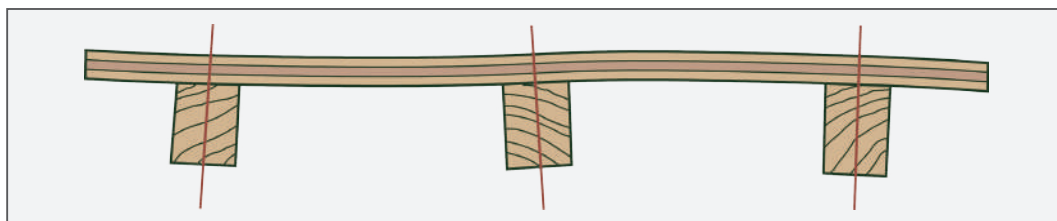


Figura 96 - Estrutura com uma única camada de compensado

### 15.1.2 Juntas coladas

A inspeção de juntas coladas assegura a integridade nessas juntas, tornando a identificação dos danos muito difícil, mesmo existindo acesso para a inspeção. Com efeito, alguns fatores são mais comuns para provocar deterioração da cola:

- reações químicas, causadas pelo tempo ou umidade;
- temperaturas extremas;
- forças mecânicas, causadas pelo encolhimento da madeira;
- desenvolvimento de fungos.

A quantidade de movimento de painéis de madeira depende do tamanho de cada membro, do nível de crescimento da árvore da qual a madeira foi retirada e do formato no qual a madeira foi convertida. Assim, as uniões de componentes da estrutura de uma aeronave, por cola, dificilmente terão características idênticas.

A cola tende a deteriorar com o tempo e o estresse nas juntas coladas poderá causar sua falha, mesmo quando a aeronave é mantida em condições ideais. Inspeções em juntas coladas devem ser feitas com o auxílio de uma lente de aumento. Desse modo, remove-se a cobertura de tinta (por raspagem) até a madeira aparecer em seu estado natural.

Uma junta colada poderá falhar em serviço como resultado de um acidente ou devido à imposição de cargas mecânicas excessivas, sejam elas de tensão ou cisalhamento. As falhas por tensão normalmente arrancam a cola de uma das superfícies, deixando a madeira aparente.

## 15.2 Danos

As madeiras utilizadas em estruturas de aeronaves poderão apresentar danos. Alguns serão aceitáveis ou permissíveis, mas outros não são permissíveis, pois este tipo de dano comprometeria a resistência quando da sua transformação em membro a ser aplicado na estrutura do avião.

### 15.2.1 Aceitáveis

Em concordância com a FAA, os defeitos aceitáveis em madeiras utilizadas na estrutura de avião são:

- a) fibra cruzada em espiral, em diagonal ou uma combinação das duas, desde que não extrapole o eixo longitudinal em mais de 1:15;
- b) fibras onduladas, encrespadas ou entrelaçadas, desde que não excedam as irregularidades para a fibra espiralada;
- c) nós duros até o limite de 3/8 da polegada em diâmetro, desde que não estejam:
  - em partes projetadas de vigas em I ao longo das bordas de vigas retangulares ou chanfradas ou ao longo de bordas de flanges de vigas caixão;
  - não causem divergência de fibras nas bordas da madeira ou nos flanges de uma viga;
  - não estejam no terço central da viga e a uma distância inferior a 20 polegadas de outro nó ou outro defeito;
- d) grupos de nós pequenos em forma de ponto;
- e) cavidade de resina na porção central de uma viga desde que, pelo menos, 14 polegadas de distância, quando se encontram no mesmo anel de crescimento e não excedam 1,5 polegadas de comprimento por 1/8 polegadas de largura e por 1/8 polegadas de profundidade. Não podendo se encontrar em bordas das partes projetadas de vigas em I;
- f) listas minerais, desde que não seja notado qualquer apodrecimento. (Estados Unidos da América, 1972, p. 107).

### 15.2.2 Não aceitáveis

De acordo com a FAA, “não são aceitáveis as madeiras que apresentem defeitos que ultrapassem o descrito nos itens A a F dos defeitos aceitáveis e ainda” (1972, p. 107):

- a) nós de espiga - nós que percorrem toda a profundidade de uma viga perpendicularmente aos anéis anuais;
- b) rachaduras, fendas e rupturas;
- c) compressão - aparência de crescimento exagerado, apresentando pequeno contraste de coloração;
- d) falhas de compressão causadas por excesso de estresse no qual a madeira é submetida durante o crescimento da árvore, corte da madeira sobre terreno irregular ou manuseio descuidado de troncos ou toras. Caracteriza-se pelo curvamento das fibras que parecem listras na superfície da peça em ângulos retos com as fibras;
- e) apodrecimento.

## 15.3 Manutenção

Os danos apresentados nas nervuras de asas e de longarinas e em seus revestimentos requerem reparos que serão feitos conforme a localização e dimensão do dano, sempre orientados pelos manuais do fabricante, com o propósito de obter uma estrutura tão forte quanto a original.

Danos com grandes extensões devem ser reparados mediante a troca de todo o membro danificado, já os de pouca extensão podem ser reparados por intermédio da substituição das áreas afetadas. A substituição é feita com colagem ou colagem e pregos.

Danos severos requerem a substituição de todo o conjunto, já danos menores podem ser reparados, cortando-se os membros danificados e substituindo-os por novas seções. Essa substituição é feita com colagem, colagem e pregos ou parafusos.

Vários são os tipos de madeiras utilizadas para efetuar os reparos, diferenciando-se em sólidas ou em laminadas. Segundo a FAA (1972, p. 106), “as laminadas consistem em duas ou mais camadas de madeiras coladas e com suas fibras aproximadamente paralelas”. Por consequência, todas as madeiras usadas para reparos em estruturas de aeronaves devem possuir qualidades aeronáuticas. A Tabela 9 demonstra os tipos de madeira com suas respectivas resistências.

Tabela 9 - Madeiras para uso aeronáutico

Tipos de madeira	Resistência em comparação com o espruce	Indicação da fibra	Observações
Espruce	100%	1:15	Excelente para todos os usos, considerada padrão.
Pinheiro douglas	Excede o espruce	1:15	Pode ser usado como substituto do espruce, em tamanho igual ou ligeiramente menor. Difícil de trabalhar com ferramentas manuais. Tendência a rachar durante a fabricação das peças.
Pinheiro nobre	Excede ligeiramente o espruce, exceto por 8% de deficiência quanto ao cisalhamento	1:15	Características satisfatórias quanto à aplicabilidade, empenamento e rachamento. Pode ser usado em substituição ao espruce no mesmo tamanho desde que esforços de cisalhamento não sejam críticos. Um pouco menos duro que o espruce. Colagem satisfatória.
Cicuta do oeste	Excede ligeiramente o espruce	1:15	Menos uniforme em textura que o espruce. Pode ser usado como substituto ao espruce. Colagem satisfatória.
Pinheiro branco do Norte	Entre 15% e 96% do espruce	1:15	Excelentes qualidades de trabalho e uniforme em propriedades, porém um pouco macio. Não pode ser usado como substituto ao espruce, sem aumento de tamanho para compensar a menor resistência. Colagem satisfatória.
Cedro branco port oxford	Excede o espruce	1:15	Pode ser usado como substituto ao espruce no mesmo tamanho ou menor, desde que substanciado. Fácil de trabalhar com ferramentas manuais. Colagem difícil, porém se podem obter boas juntas.
Álamo amarelo	Ligeiramente inferior ao espruce exceto quanto à compressão e ao cisalhamento	1:15	Excelentes qualidades de trabalho. Não deve ser usado como substituto direto ao espruce sem levar em consideração a redução de resistência. Colagem satisfatória.

Fonte: EUA, 1972. FAA.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que, apesar de a maioria das aeronaves modernas possuírem estruturas de metal, ainda é possível serem encontradas algumas com estruturas de madeira. O mecânico de célula deve possuir habilidade para inspecionar essas estruturas, buscando identificar os danos que possam ser reparados ou que necessitem da substituição de todo o membro.

Os danos poderão se apresentar tanto nas estruturas quanto nas juntas coladas e na própria madeira que será usada no reparo ou na fabricação do membro estrutural. Quando o dano for na madeira a ser usada, é importante saber que alguns são permissíveis e outros não, pois isso poderá comprometer a resistência exigida para o uso aeronáutico.



# Capítulo 16

## Reparos em revestimento de madeira

Os reparos em revestimento de compensado são feitos usando-se remendos. Esses remendos poderão ser de superfície ou de cobertura, chanfrado, de encaixe e de escarva. Cada um desses variará conforme a localização e a dimensão do reparo a ser realizado.

Todos os reparos em revestimento de compensado deverão seguir as orientações dos fabricantes e os manuais de reparos estruturais, permitindo, dessa forma, a utilização de técnicas, ferramentas e materiais corretos. Com isso, garantem-se a resistência e o peso da estrutura original.

### 16.1 Reparo de preenchimento

Poderão ser usados dois tipos de reparos de preenchimento para reparos em revestimentos de madeira: oval (Figuras 97.A e B) e redondo (Figuras 98.A e B). Será sempre um reparo de revestimento externo, com as bordas cortadas em ângulo reto. O revestimento é cortado em formato redondo ou oval com as bordas quadradas.

O reparo é cortado no tamanho exato do dano e, quando instalado, forma uma junta com a borda do furo. Um reparo de preenchimento redondo pode ser usado onde a abertura não for maior que seis polegadas de diâmetro.

Em consonância com a *Federal Aviation Administration* (FAA, 1972, p. 114), “os passos para um reparo circular ou oval são”:

- a) Cortar o remendo no tamanho do furo, que deverá ser do mesmo material e ter a mesma espessura do revestimento;
- b) Colocar o remendo no local a ser consertado e desenhar um círculo do mesmo tamanho;
- c) Cortar o revestimento de forma que o remendo se encaixe bem justo no furo;
- d) Cortar um reforço (dobrador) de compensado de 1/4 da polegada, com raio externo 5/8 de polegadas maior que o furo a ser tampado, e o raio interno com 5/8 de polegadas menor. Usa-se um compensado macio para o reforço;
- e) Cortar um dos lados do reforço para que ele possa ser inserido com cola por meio do furo para a parte interna do revestimento;
- f) Após a cola secar, inserir o reparo no furo;
- g) Aplicar pressão no remendo por meio de uma chapa e parafusos nº 4 para madeiras, a intervalos de uma polegada;

- h) Quando a cola estiver seca, remover a chapa e os parafusos. Preencher os furos, lixar e dar acabamento para ficar como o original;
- i) Usa-se a tabelas de dimensões dos remendos circulares (Tabela 10);

Tabela 10 - Dimensões dos reparos circulares

	A	B	C
Reparo de encaixe pequeno	2,5"	2	1,5"
Reparo de encaixe grande	3,5"	3	2,5"

Fonte: EUA, 1972. FAA.

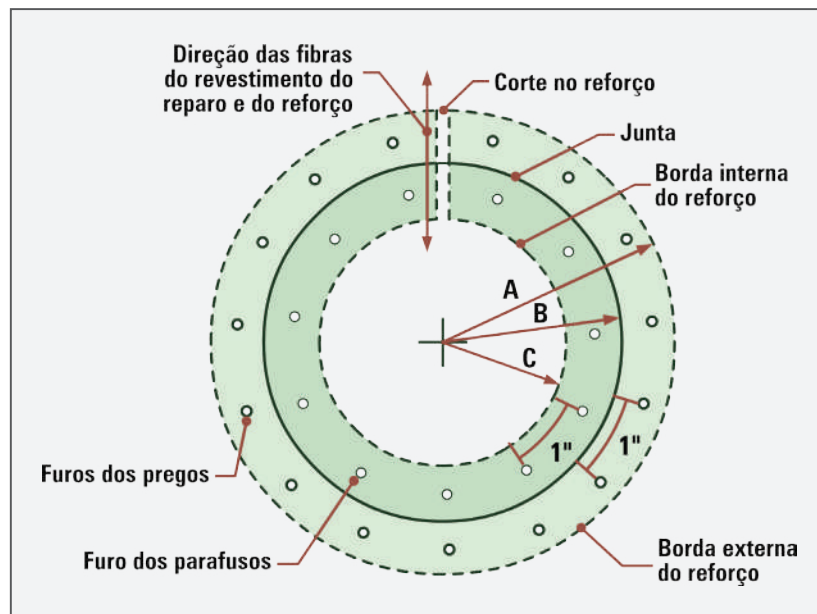


Figura 97.A - Reparo de preenchimento redondo: vista frontal

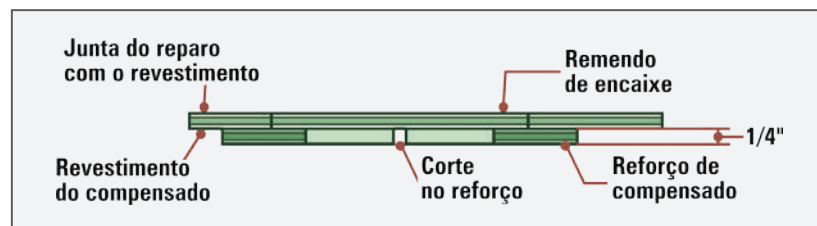


Figura 97.B - Reparo de preenchimento redondo: vista lateral



j) Usa-se a tabelas de dimensões dos remendos ovais (Tabela 11).

Tabela 11 - Dimensões dos reparos ovais

	A	B	C	D	E	F
Remendo de encaixe pequeno	1,5"	2,5"	1"	0,5"	3"	4,5"
Remendo de encaixe grande	2"	3,5"	2,5"	1,5"	5"	7"

Fonte: EUA, 1972. FAA.

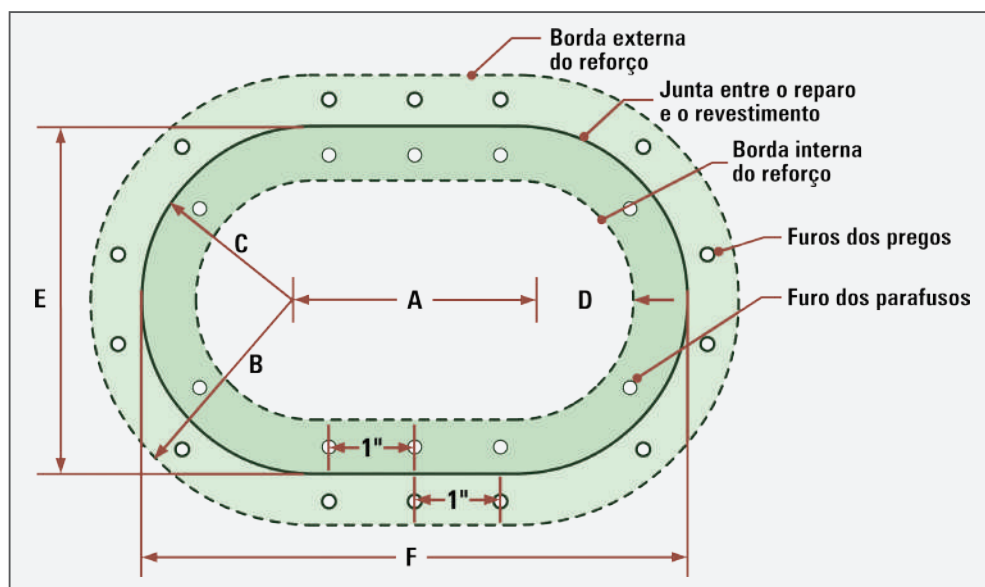


Figura 98.A - Reparo de preenchimento oval: vista frontal

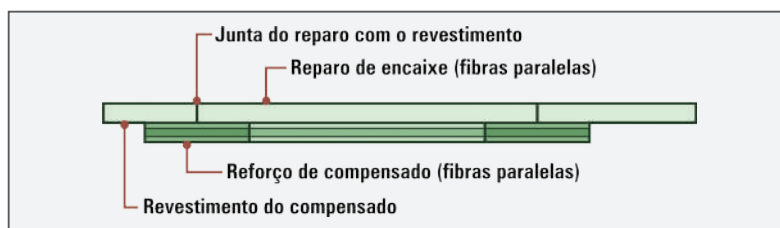


Figura 98.B - Reparo de preenchimento oval: vista lateral

## 16.2 Reparo inclinado

Reparo inclinado é o reparo utilizado para ficar no mesmo nível que a superfície, onde as bordas vão-se afilando gradualmente. A inclinação desse tipo de reparo é mais brusca que a do reparo chanfrado, e a inclinação das bordas em ângulos é cinco vezes maior que a espessura do revestimento.

Esse reparo se limita a estruturas onde o maior dano a ser reparado não seja maior que 15 vezes a espessura do revestimento e a espessura do revestimento não for maior que 1/10 da polegada.

O reparo é feito desenhando-se dois círculos concêntricos ao redor da área danificada. A diferença dos círculos deverá ser de cinco vezes a espessura do revestimento. A peça utilizada no reparo deverá ser do mesmo tipo e a espessura do revestimento de compensado.

Os passos a serem seguidos para o reparo inclinado (Figura 99) poderão ser os mesmos utilizados no reparo de preenchimento.

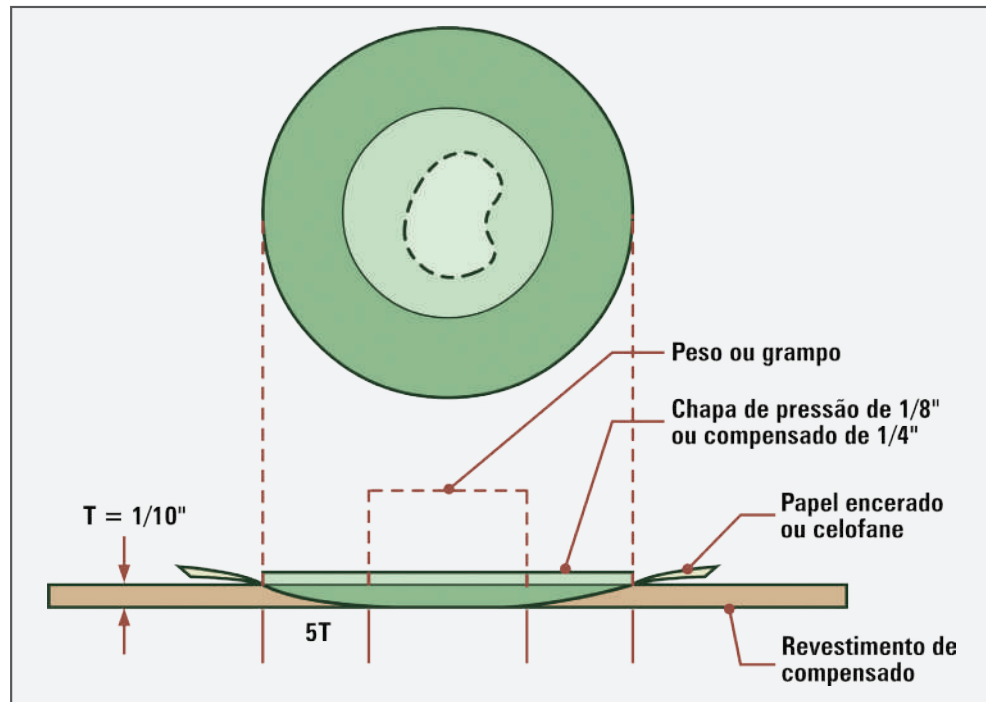


Figura 99 - Reparo inclinado

Aplica-se cola às superfícies desbastadas e assenta-se o reparo no lugar com as fibras no mesmo sentido das do revestimento. Utiliza-se um papel encerado entre o reparo e a chapa de pressão. Depois que o reparo secar, remove-se a chapa de pressão e o papel encerado e efetua-se o acabamento do reparo.

### 16.3 Reparo chanfrado

Esse tipo de reparo é considerado o melhor a ser usado em revestimentos de madeira danificados, assim como para a maioria dos reparos de revestimento. Suas bordas são inclinadas na proporção de 12:1 (doze por um) em vez de 5:1 (cinco por um) usado no inclinado.

O corte chanfrado poderá ser feito por meio de plaina manual, raspadeira ou lixa fina. As Figuras 100.A, B, C, D e E mostram exemplos desses reparos.

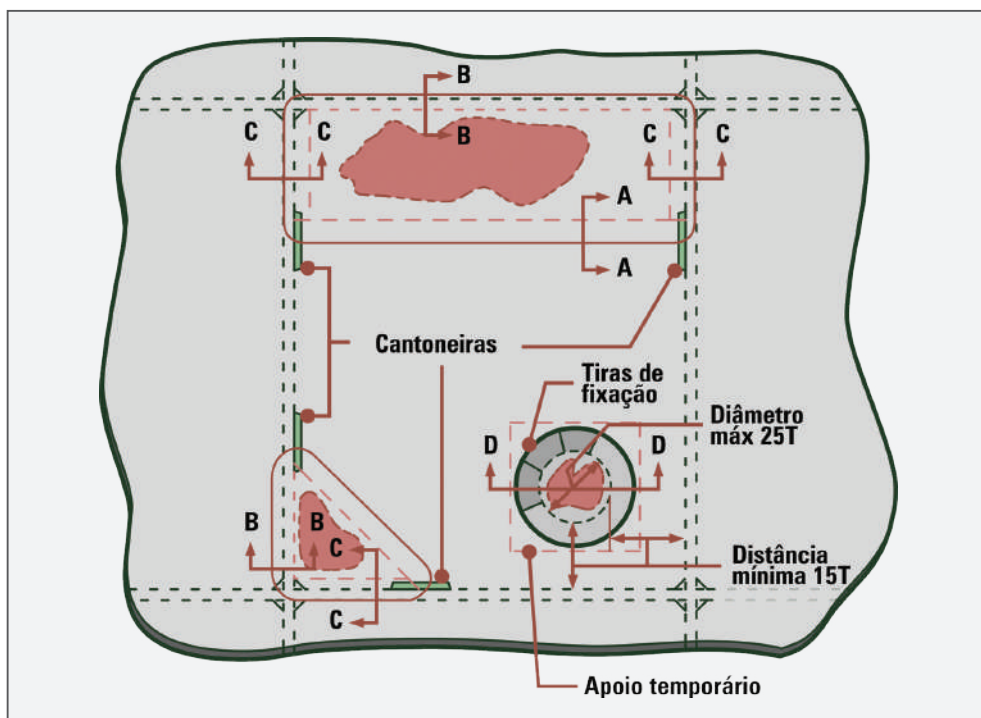


Figura 100.A - Reparo chanfrado, face interna acessível: vista superior do dano

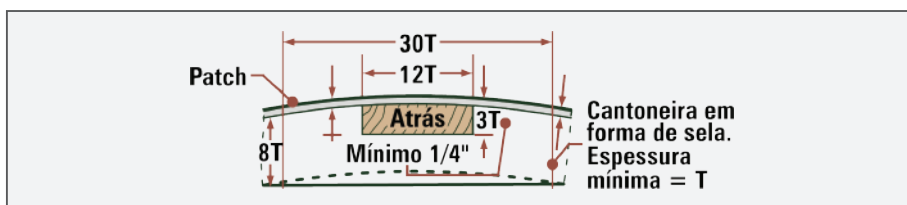


Figura 100.B - Reparo chanfrado, face interna acessível: vista lateral seção A-A do reparo

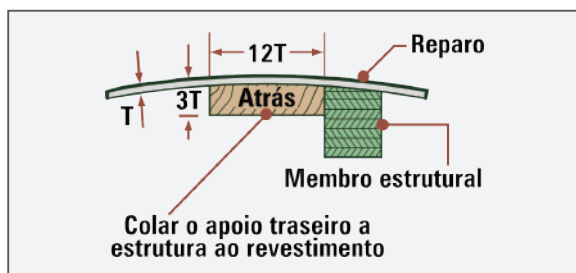


Figura 100.C - Reparo chanfrado, face interna acessível: vista lateral seção B-B do reparo

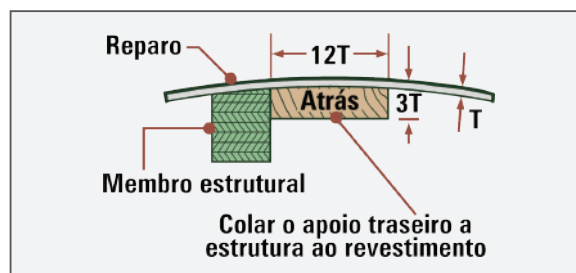


Figura 100.D - Reparo chanfrado, face interna acessível: vista lateral seção C-C do reparo

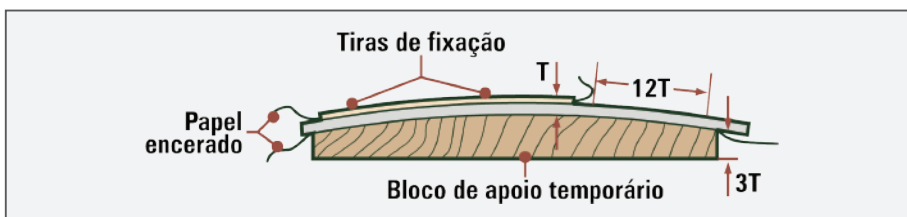


Figura 100.E - Reparo chanfrado, face interna acessível - Vista lateral seção D-D do reparo

Os manuais de reparos estruturais dos fabricantes, bem como o manual da FAA (AC65-15A), aplicam os limites conforme os parágrafos a seguir:

Quando a face interna de uma chapa danificada de compensado for acessível, o reparo deverá ser chanfrado, conforme mostrado na Figura 100.D, apoiando-se as bordas do reparo, conforme Seção C-C. Quando o dano seguir ou se estender até um membro estrutural, o chanfro deve ser apoiado, ilustrado na Seção B-B.

Para os danos que excedam 25 vezes a espessura do revestimento em diâmetro após serem desbastados, segue-se o modelo da Seção D-D da Figura 100.E, desde que a distância entre o furo e o membro estrutural não seja menos que 15 vezes a espessura do revestimento.

Quando a face interna de uma chapa danificada de compensado não for acessível, o reparo segue o modelo das Figuras 101.A, B, C e D. Usam-se apoios de compensado macio, como álamo amarelo ou spruce, para evitar o empenamento do revestimento.

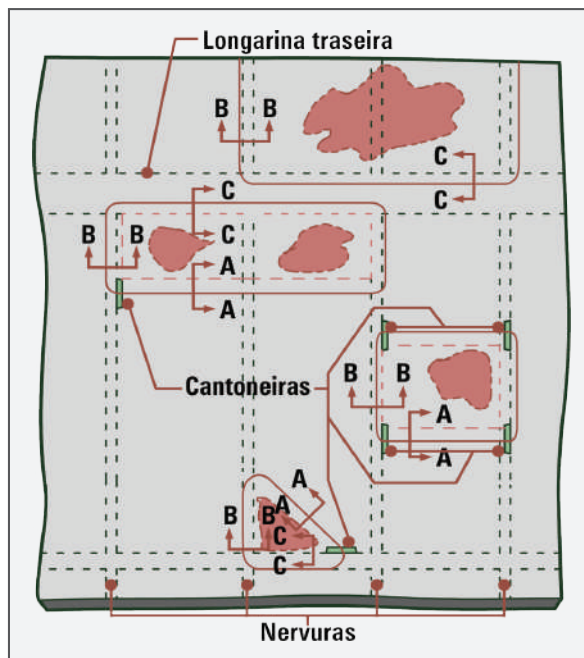


Figura 101.A - Reparo chanfrado, face interna sem acesso: vista superior do dano

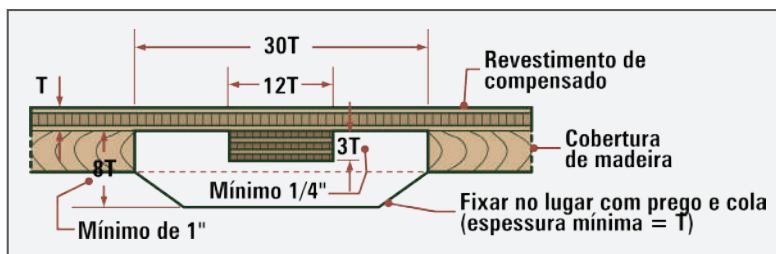


Figura 101.B - Reparo chanfrado, face interna sem acesso: vista lateral seção A-A do reparo

Todas as junções entre os apoios e as nervuras ou longarinas devem possuir uma cantoneira de compensado no fim dos apoios.

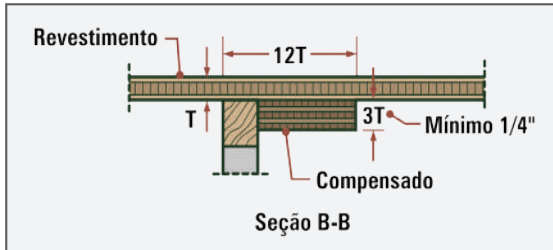


Figura 101.C - Reparo chanfrado, face interna sem acesso: vista lateral seção B-B do reparo

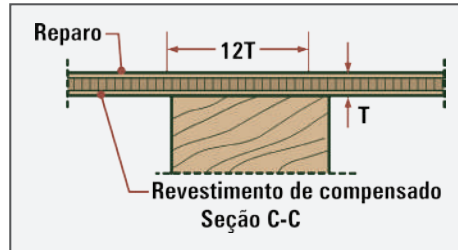


Figura 101.D - Reparo chanfrado, face interna sem acesso: vista lateral seção C-C do reparo

## 16.4 Reparo externo, interno e de tela

O reparo externo tem como característica ser um tipo mais fácil de remendo. Porém, não deve ser usado em revestimentos com mais de 1/8 de polegadas de espessura. Para reparar um dano por meio deste método, a superfície danificada poderá ser desbastada em forma de triângulo ou de retângulo, de acordo com o apresentado na Figura 102.

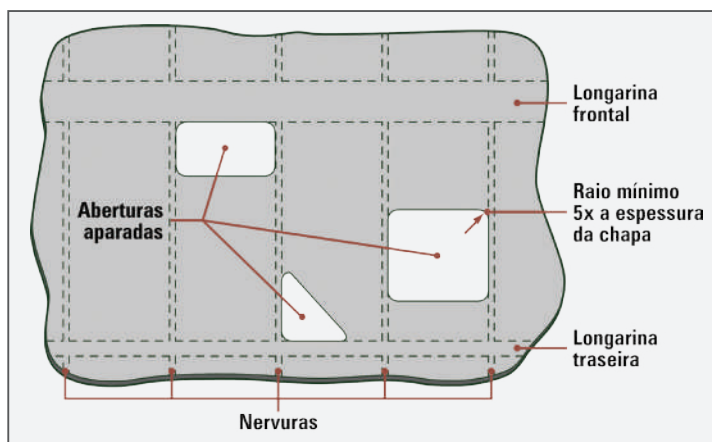


Figura 102 - Formas típicas para remoção de danos

Quando a estrutura formar um canto quadrado e o dano não atingir o próximo membro paralelo, deve ser feito um corte triangular com arestas arredondadas e raio de pelo menos cinco vezes a espessura do revestimento.

Reparos externos, após secos, devem ser cobertos com tela, em que esta deverá ultrapassar as bordas do remendo pelo menos duas polegadas.



**Corda:** linha imaginária que liga o bordo de ataque ao bordo de fuga de um aerofólio.

**Cambra:** superfícies superior e inferior da asa.

São permitidos reparos em superfícies (aerofólios) que ultrapassem em até 10% a linha da corda em direção ao bordo de ataque ou bordo de fuga, e até mesmo os que curvem os bordos. Nesse caso, o reparo deverá ser chanfrado com um ângulo de pelo menos quatro vezes a espessura do revestimento.

Os reparos externos poderão ter um perímetro grande e ainda podem-se estender de uma nervura a outra. Mas não devem ser utilizados em chapas de espessura superiores a 1/8 da polegada.

Usa-se o reparo interno em lugares em que os reparos externos (superfície) não são permissíveis, tais como a cambra de uma asa ou um revestimento externo da fuselagem. Isso afetaria as forças de sustentação e aerodinâmicas da aeronave.

Já os reparos de tela são os reparos realizados em danos de até uma polegada de diâmetro, depois de aparados para um contorno arredondado. Deve ser feito pelo lado externo do revestimento de madeira. O reparo deve exceder o tamanho do dano em pelo menos uma polegada.

Não se efetuam reparos de tela em danos a menos de uma polegada de qualquer membro estrutural, no bordo de ataque da asa ou na área frontal da fuselagem.

## Resumindo

Neste capítulo, viu-se que os reparos em revestimento de madeira são necessários para devolver a forma (contorno) original das superfícies. Existem vários tipos de reparos, desde o mais simples, que é o reparo externo, mas limitado a revestimentos até 1/8 de polegadas de espessura, aos mais utilizados, que são os reparos chanfrados.

Todos os tipos de reparos – externos, internos, de preenchimento, inclinados, chanfrados e os de tela – devem seguir os procedimentos adotados nos manuais de reparos estruturais do fabricante, evitando utilizar um tipo de reparo que não produzirá a resistência original da estrutura.

# Atividades

## Unidade 1

### Acabamento de aeronaves

#### Capítulo 1 - Tintas

- 1 Quais são os produtos utilizados para preparar uma tinta que forma uma camada termoplástica?**
  - a) Tinta, catalisador e solvente.
  - b) Tinta e catalisador.
  - c) Tinta e solvente.
  - d) Solvente e catalisador.
  
- 2 É o componente mais importante da tinta, responsável pelas propriedades físicas e químicas da película. É também o que define o tipo de tinta. Qual parte da tinta possui tais características?**
  - a) Solvente.
  - b) Resina.
  - c) Aditivo.
  - d) Pigmento.
  
- 3 Qual a função do diluente na preparação da tinta?**
  - a) Dar consistência e melhorar a aderência da tinta ao substrato.
  - b) Melhorar a resistência à corrosão e aumentar o tempo de vida útil da tinta.
  - c) Diluir a tinta para aumentar o tempo de vida útil de aplicação.
  - d) Diluir a tinta até atingir a viscosidade ideal de aplicação.
  
- 4 A tinta de fundo mais usada na pintura de itens aeronáuticos e de aeronaves é o esmalte epóxi cromato de zinco. Qual o mecanismo de proteção dessa tinta?**
  - a) Formar uma barreira que impermeabiliza a superfície.
  - b) A proteção se dá pelos pigmentos inibidores de corrosão.
  - c) A proteção se dá pela formação de barreira, associada aos pigmentos inibidores.
  - d) A resina epóxi tem a propriedade de formar uma camada anticorrosiva perfeita.

**5 Qual a tinta mais utilizada em camadas de acabamento em aeronaves?**

- a) Laca acrílica.
- b) Esmalte poliuretano.
- c) Esmalte epóxi.
- d) Esmalte sintético.

## Capítulo 2 - Preparação do substrato

**1 Dos métodos empregados na limpeza de aeronaves, existe um no qual ocorrem reações químicas entre o produto e a liga metálica. Neste caso, todo o resíduo deve ser removido e a liga tratada no menor tempo possível para receber pintura, no intuito de evitar o aparecimento de corrosão. Qual método de limpeza possui tais características?**

- a) Solvência.
- b) Detergência.
- c) Decapagem ácida e alcalina.
- d) Ação mecânica.

**2 Qual deve ser a maior preocupação do profissional que realiza a limpeza de peças de aeronaves pelo método de abrasão?**

- a) Não deixar resíduos na superfície, comprometendo a proteção contra a corrosão.
- b) Não diminuir a espessura da peça além do limite estipulado em norma técnica.
- c) Escolher o produto químico correto para o tipo de limpeza que pretende realizar, segundo norma técnica.
- d) Assegurar que a limpeza será realizada em local coberto, para evitar a exposição a intempéries.

**3 No processo de limpeza, qual a maior vantagem do uso de mantas não tecidas de fibras sintéticas em comparação às lixas?**

- a) As mantas não tecidas de fibra sintética têm menor custo que as lixas.
- b) Apesar de a manta não ser resistente a solventes, proporciona excelente acabamento.
- c) As mantas são mais comuns, podendo ser encontradas com mais facilidade que as lixas no mercado.
- d) As mantas possuem resistência a solventes, à água e maior durabilidade que as lixas.

**4 A preparação da superfície de ligas metálicas é fase indispensável antes da pintura. A cromatização é um processo largamente utilizado para tratar as ligas de alumínio dos revestimentos de aeronaves. Qual a função do tratamento químico de cromatização?**

- a) Endurecer a camada superior da liga metálica.
- b) Afinar a camada superior da liga metálica para diminuir o peso final.
- c) Melhorar a adesão da pintura e contribuir para a ação protetora contra a corrosão.
- d) Melhorar as propriedades das ligas metálicas, contribuindo para a estética final da camada de tinta.



**5 No processo de remoção da tinta antiga de aeronaves, podem ser empregadas técnicas de abrasão por jateamento ou por produtos químicos, os removedores. Qual a fita recomendada para isolar as áreas que não podem entrar em contato com os produtos químicos?**

- a) A fita crepe de papel de 50 mm.
- b) A fita crepe de papel de 19 mm.
- c) A fita crepe de alumínio.
- d) A fita crepe de plástico.

## **Capítulo 3 - Métodos de aplicação de tinta**

**1 Na pintura por eletrodeposição ocorrem três fenômenos simultaneamente. Em qual deles o solvente é separado forçadamente da tinta?**

- a) Eletroforese.
- b) Eletromose.
- c) Eletrólise.
- d) Eletrostática.

**2 O método de pulverização por pistola convencional é muito utilizado na manutenção aeronáutica. O sistema HVLP é um sistema mais moderno. Qual a sua vantagem em relação ao sistema convencional?**

- a) É um método de aplicação de tinta por imersão que economiza material e dá ótimo acabamento.
- b) É um método de pulverização com grande volume de ar e de tinta, necessitando de baixa pressão.
- c) É um método de pulverização que utiliza corrente elétrica, recobrindo toda a superfície sem falhas.
- d) É um método que utiliza tanque de pressão, capaz de recobrir grandes áreas em pouco tempo.

**3 No processo de pintura convencional, dependendo das variáveis, apenas 50% da tinta fica, efetivamente, na camada final. Porém, na pintura eletrostática esse índice pode chegar a 98% de aproveitamento. Qual método de pulverização convencional é mais utilizado na manutenção aeronáutica?**

- a) O sistema convencional é mais versátil, com menor custo de aquisição, treinamento de pessoal e manutenção.
- b) O sistema de pulverização convencional tem maior custo, no entanto, é mais eficaz.
- c) Não é possível conseguir um excelente acabamento com a pintura eletrostática.
- d) O sistema de pulverização eletrostática não é recomendado para a pintura de peças aeronáuticas.

**4 Qual o principal cuidado que se deve ter com uma linha de ar para a pintura?**

- a) A mangueira deve ter comprimento mínimo de 7 m para evitar o acúmulo de umidade.
- b) A linha de ar para pintura deve ser lubrificada constantemente, adicionando-se gotas de óleo na saída do compressor.
- c) A tomada de ar na linha deve ser feita pela parte de baixo para evitar o acúmulo de umidade.
- d) Filtros devem ser usados para garantir que o ar chegue seco e limpo na pistola de pintura.

**5 Qual sistema de aplicação permite pulverizar tintas pouco diluídas ou, até mesmo, sem diluentes?**

- a) Pulverização convencional.
- b) Pulverização sem ar (*airless*).
- c) Pulverização com tanque de pressão.
- d) Pulverização com sistema HVLP.

## Capítulo 4 - Pintura de aeronaves

**1 Para realizar a pintura de acabamento do trem de pouso de uma aeronave, a tinta deve ser preparada. Supondo-se que seja utilizado um esmalte poliuretano com dois componentes, qual a sequência correta de tarefas a serem realizadas?**

- a) Catalisar, homogeneizar, aguardar o tempo de indução e aplicar a tinta.
- b) Homogeneizar, aguardar o tempo de indução, diluir, catalisar e aplicar a tinta.
- c) Homogeneizar, catalisar, diluir, aguardar o tempo de indução e aplicar a tinta.
- d) Catalisar, aguardar o tempo de indução, homogeneizar, diluir e aplicar a tinta.

**2 Qual documento sobre as tintas traz informações voltadas à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente?**

- a) Norma Regulamentadora (NR) do Ministério do Trabalho.
- b) Ficha de Informação de Segurança para Produto Químico (FISPQ).
- c) Boletim técnico do fabricante.
- d) Sistema de pintura.

3 A figura ilustra um exemplo de boletim técnico de uma fabricante. Analisando as alternativas, qual apresenta corretamente as informações da tinta, conforme o boletim técnico?

Características		
→ Tinta à base de resina poliuretano acrílico alifático especial de dupla função. Ótima secagem e excelente resistência ao intemperismo.		
→ <i>Primer</i> / acabamento de excelente aderência em substratos metálicos não ferrosos.		
→ Substratos submetidos ao processo de zincagem por imersão a quente (galvanizado a fogo) e cobre, proceder conforme Observação 1.		
Usos - Construção e Manutenção		
→ Estruturas metálicas, equipamentos e acessórios de galvanizados, alumínio e aço inox.		
→ Revestimento externo de tanques e tubulações.		
→ Substratos ferrosos: usado sobre tinta de fundo epóxi.		
Propriedades Básicas		
Cor / Textura:	Branca / Fosca	
Sólidos por volume:	48 % ± 2	
Peso por litro:	1,200 kg aproximadamente	
Ponto de fulgor:	23 °C	
Tempo de armazenagem:	12 meses (separados)	
Dados para Aplicação		
Relação de mistura:	Peso	Volume
Comp. A	100,0	6,2
Comp. B	15,0	1,0
Vida útil da mistura:	4 h a 25 °C	
Tempo de indução:	15 a 30 minutos	
Espessura por demão:	Filme úmido 63 µm a 83 µm Filme seco 30 µm a 40 µm	
Rendimento teórico:	16 m <sup>2</sup> /l para 30 µm 12 m <sup>2</sup> /l para 40 µm	
Rendimento prático:	Considerações / Observações – verso).	
Solvente de diluição:	440.0000 (Diluição até 10% em volume, dependendo das condições ambientais e métodos de aplicação)	
Secagem a 25°C	Mín.	Máx.
ao toque:	-	20 min
manuseio:	-	1 h
repintura:	6 h	-

- Tinta epóxi monocomponente, *pot life* 4 horas a 25 °C e validade 12 meses.
- Tinta epóxi bicomponente, *pot life* 15 a 30 minutos e validade 4 horas.
- Tinta poliuretano bicomponente, *pot life* 15 a 30 minutos e validade 12 meses.
- Tinta poliuretano bicomponente, *pot life* 4 horas a 25 °C e validade 12 meses.

4 Ao realizar a inspeção final no acabamento de peças de aeronaves, o inspetor de pintura de uma empresa de aviação constatou muitas falhas de escorrimento e de empoeiramento. Então, resolveu realizar uma reunião para orientar os profissionais que aplicaram a tinta. Qual alternativa traz a correta orientação do inspetor?

- Respeito aos intervalos entre as demãos.
- Melhora da limpeza das peças.
- Observação à diluição da tinta e a distância de aplicação.
- Realização de sobreposição de camadas, em torno de 30% da camada anterior.

**5 Em uma empresa que fabrica aeronaves, um controle de rugosidade das fuselagens foi realizado após o tratamento químico e antes da aplicação da tinta de fundo, para garantir a perfeita aderência. O técnico responsável pelo controle observou que o equipamento para medir a rugosidade (rugosímetro) estava sem etiqueta de calibração. Qual foi sua atitude correta diante do fato?**

- a) Realizou o procedimento normalmente, pois não há necessidade de o instrumento estar calibrado.
- b) Informou o setor responsável e solicitou um equipamento calibrado, com etiqueta e certificado de calibração para realizar o controle da rugosidade.
- c) Informou o setor responsável para agendar a calibração e usou o instrumento.
- d) Realizou o procedimento, pois o instrumento, provavelmente, estava calibrado, apenas sem a etiqueta.

## Unidade 2

### Estrutura de aeronaves

#### Capítulo 1 - Estrutura de aeronaves

**1 Qual é o membro estrutural principal usado na montagem das asas, estabilizadores e fuselagem, sendo fabricado em ligas metálicas?**

- a) Nervuras.
- b) Vigas de reforço.
- c) Longarinas.
- d) Cavernas.

**2 A estrutura de uma aeronave de asa fixa é dividida em cinco partes principais. Marcar a alternativa que indica o nome da parte considerada como corpo principal do engenho aeronáutico:**

- a) Asas.
- b) Fuselagem.
- c) Nacele.
- d) Empenagem.

**3 Os estresses estruturais são forças interiores em uma substância que se opõe à deformação. Quais são os dois tipos de estresses de combinação?**

- a) Tensão e compressão.
- b) Cisalhamento e torção.
- c) Flexão e tensão.
- d) Flexão e torção.

**4 Há três tipos gerais de construções de fuselagem. Assinalar a alternativa que os apresenta:**

- a) Treliça, semimonocoque e monocoque.
- b) Cantilever, semi-cantilever e semimonocoque.
- c) Treliça, cantilever e tubular.
- d) Monocoque, semimonocoque e cantilever.

**5 No que se refere à classificação do trem de pouso quanto à posição das rodas, pode-se afirmar que:**

- a) O trem de pouso convencional é aquele que possui a roda direcional posicionada a frente do trem principal.
- b) O trem de pouso triciclo é aquele em que a roda direcional é posicionada atrás do trem de pouso principal.
- c) O trem de pouso retrátil é aquele que recolhe totalmente.
- d) O trem de pouso convencional é aquele que possui a roda direcional posicionada atrás do trem principal.

## Capítulo 2 - Estrutura de helicópteros

**1 Nas aeronaves de asas rotativas existem membros estruturais verticais que formam o conjunto dos helicópteros. Quais são estes membros?**

- a) Vigas de reforços, longarinas e nervuras.
- b) Vigas de reforços, anéis e revestimentos.
- c) Nervuras, cavernas e paredes.
- d) Nervuras, cavernas e longarinas.

**2 Em que consiste a estrutura denominada colmeia metálica?**

- a) Fuselagem de revestimento trabalhante.
- b) Honeycomb, em forma de sanduíche.
- c) Estrutura de formato tubular.
- d) Estrutura do tipo treliça.

**3 Assinalar a alternativa que consiste em uma das funções da caixa de transmissão principal:**

- a) Sistemas mecânicos complexos que possibilitam o deslocamento do helicóptero no ar.
- b) Sistema necessário para anular o efeito do torque do rotor principal.
- c) Funcionamento similar a uma catraca de bicicleta. Possibilita a autorrotação do helicóptero.
- d) Acionamento do rotor de cauda e demais acessórios.

**4 Apontar a alternativa que aponta os comandos de voo de um helicóptero:**

- a) Coletivo, cíclico e aviônicos.
- b) Coletivo, manche e pedais.
- c) Cíclico, manche e pedais.
- d) Cíclico, coletivo e pedais.

**5 Selecionar a alternativa que indica o comando primário de altura nos helicópteros:**

- a) Cíclico.
- b) Coletivo.
- c) Pedais.
- d) Aviônicos.

## Capítulo 3 - Estruturas metálicas e não metálicas

**1 Quanto aos rebites, pode-se afirmar que:**

- a) Os rebites sólidos são aqueles utilizados em locais em que o mecânico não tem acesso a ambos os lados da liga metálica.
- b) Os rebites especiais são aqueles em que o mecânico tem acesso a ambos os lados da liga metálica.
- c) Os rebites sólidos poderão ter tamanhos e cabeças variadas.
- d) Os rebites especiais não necessitam de ferramentas especiais.

**2 Qual são as partes que formam os rebites?**

- a) Cabeça, fio de rosca e haste.
- b) Cabeça, contra-cabeça e fio de rosca.
- c) Cabeça, colar, contra-cabeça e haste.
- d) Cabeça, haste e contra-cabeça.

**3 Assinalar a alternativa que indica as máquinas e ferramentas utilizadas nos serviços com estruturas metálicas:**

- a) Torquímetros, micrômetros e guilhotinas.
- b) Tensiômetros, serra de fita e paquímetros.
- c) Guilhotinas, tesouras de aviação e viradeiras.
- d) Torquímetros, paquímetros e guilhotinas.

**4 Em qual circunstância utiliza-se uma tesoura de aviação?**

- a) Para cortar de forma retilínea, a partir do momento em que a distância não for a suficiente para utilização da guilhotina.
- b) Não se utiliza tesoura na aviação.
- c) Para cortar apenas plásticos e outras estruturas não-metálicas.
- d) Para cortar em curva e em formato oval, em quaisquer circunstâncias, ainda que outra ferramenta for requerida.

## 5 Para que servem as janelas e as portas de inspeção?

- a) Servem para manter o contorno aerodinâmico na estrutura da aeronave.
- b) Servem para que o mecânico tenha acesso rápido e eficiente a sistemas e componentes das aeronaves.
- c) Servem para manter o *designer* da aeronave, mas sem razão na execução de manutenção de aeronaves.
- d) Sua funcionalidade é meramente estética.

## Capítulo 4 - Ambiente na Organização de Manutenção de Aeronaves aplicada ao trabalho em célula

### 1 As organizações de manutenção de produtos aeronáuticos certificada pela ANAC terão que prover um planejamento para consecução de suas atividades. São eles:

- a) Manual da Organização de Manutenção, Manual de Controle de Qualidade e Programa de Treinamento de Pessoal.
- b) Manual de Procedimentos de Inspeção, Manual de Controle de Qualidade e Programa de Treinamento de Aviônico.
- c) Manual da Organização de Manutenção, Manual de Controle de Qualidade e Manual de Aeronavegabilidade.
- d) Manual de Procedimentos de Inspeção, Manual da Organização de Manutenção e Programa de Treinamento de Pessoal.

### 2 Qual é o número da norma regulamentadora do Ministério do Trabalho, que trata do uso do equipamento de proteção individual?

- a) NR 15.
- b) NR 10.
- c) NR 06.
- d) NR 16.

### 3 Selecionar o número da lei que estabelece a definição de acidente do trabalho:

- a) Lei nº 11.182/2005.
- b) Lei nº 7.183/1984.
- c) Lei nº 8.212/1991.
- d) Lei nº 8.213/1991.

### 4 Quanto ao hangar, pode-se afirmar que:

- a) Não necessita possuir ferramentas e equipamentos.
- b) Pode ser edificado em alvenaria, com bom espaço físico.
- c) A boa conservação das suas instalações não é requisito fundamental.
- d) O profissional de manutenção poderá ou não utilizar os EPIs de acordo com seus próprios critérios.

**5 Qual é o número da portaria que aprovou as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego?**

- a) Portaria nº 3.218.
- b) Portaria nº 3.210.
- c) Portaria nº 3.214.
- d) Portaria nº 3.212.

## **Capítulo 5 - Estudos de casos de Acidentes Aeronáuticos com fator contribuinte - Falhas Estruturais**

**1 Houve relação de causalidade entre a manutenção realizada na peça estrutural da carcaça do motor direito, que equipava a aeronave DC-10, marcas N13067, com o acidente ocorrido envolvendo a aeronave marca de identificação F-BTSC, o concorde?**

- a) Não, pois o acidente aconteceu com o concorde.
- b) Não, pois não há vínculo algum entre a falha estrutural do DC-10 com o acidente acontecido com o concorde.
- c) Sim, pois a falha estrutural na carcaça do motor do DC-10 desencadeou os danos e o acidente aeronáutico que envolveu o concorde.
- d) Sim, há relação de causalidade, mas os eventos não se entrelaçam.

**2 A falha estrutural no estabilizador horizontal da aeronave modelo EMB-120 - N33701 poderia ter sido evitada?**

- a) Não, porque seria impossível a equipe de manutenção antever a situação.
- b) Sim, pois todos os acidentes podem e devem ser evitados.
- c) Sim, mas nesse acidente não houve falhas organizacionais.
- d) Não, pois o erro foi na operação da aeronave.

**3 Há relação de causalidade entre a fratura na longarina da asa esquerda da aeronave PT-GHP e os serviços de manutenção estruturais realizados nela?**

- a) Não há relação de causalidade; mesmo que os serviços fossem perfeitamente realizados, os acidentes aconteceriam.
- b) Sim há relação de causalidade, pois os serviços devem ser realizados de acordo com o manual do fabricante, ainda que esta publicação esteja desatualizada.
- c) Não há relação de causalidade, visto que os serviços foram feitos por mecânicos habilitados.
- d) Sim, há relação de causalidade, pois todos os serviços de manutenção realizados na estrutura da aeronave devem ser realizados em conformidade com as publicações técnicas da aeronave e com material apropriado.



**4 Se a empresa que efetuou manutenção na aeronave N33701, possuísse enraizada a cultura do MRM (Maintenance Resource Management), o acidente ocorreria?**

- a) Não, pois a cultura do MRM é infalível.
- b) Provavelmente não, pois muitas precauções seriam tomadas no sentido de impedir um acidente.
- c) Sim, pois esse acidente era impossível prever o seu acontecimento.
- d) Não, pois a cultura do MRM seria a única ferramenta capaz de impedir esse acidente.

**5 Os responsáveis pela infraestrutura aeroportuária de Charles de Gaulle poderiam ser responsabilizados pelo evento acontecido com a aeronave F-BTSC?**

- a) Não, pois o acidente ocorreu em decorrência da má manutenção efetuada na aeronave DC-10.
- b) Não, pois o acidente aconteceu em decorrência da má manutenção efetuada no Concorde.
- c) Sim, pois a inércia ou omissão no sentido de retirar a peça estrutural da aeronave DC-10 pode ter contribuído para o cometimento do evento.
- d) Sim, mas mesmo que o administrador do aeroporto e a sua equipe não tivessem intenção do ocorrido, a falta de ação seria excludente de suas responsabilidades.

## Unidade 3

### Helicóptero

#### Capítulo 1 - Introdução

**1 No início do século XX, o inglês Sir George Cayle obteve sucesso em construir protótipos capazes de voar na vertical. Mas surgiram alguns problemas em relação ao controle horizontal do helicóptero no voo com deslocamento. O que era preciso para solucionar esse problema?**

- a) Criar uma asa no cone de cauda do helicóptero.
- b) Colocar balanceadores dinâmico na longarina esquerda do helicóptero.
- c) Criar o componente rotor de cauda.
- d) Eliminar o controle horizontal utilizando contrapesos.

**2 Sobre a história do helicóptero, marcar a alternativa incorreta:**

- a) O helicóptero foi uma invenção recente, criada apenas na I Guerra Mundial e tinha como objetivo destruir os aliados.
- b) O helicóptero foi uma das primeiras ideias voltadas para o mundo aeronáutico. 2.000 anos atrás os chineses construíram o *Chinese Top*, um brinquedo feito por uma hélice presa a um pequeno bastão que quando girado entre as mãos, gira também a hélice provocando sustentação.
- c) Leonardo da Vinci criou, no século XV, o primeiro projeto de uma máquina voadora capaz de sustentar-se na posição vertical. Tal projeto serviu de base para o desenvolvimento do helicóptero.
- d) Em 1929, o engenheiro Von Baumhauer construiu o primeiro helicóptero com rotor principal e com rotor de cauda.

**3 Quem foi o responsável por aprimorar os sistemas de rotores de um helicóptero?**

- a) François Laurent LeVieux d'Arlandes.
- b) Henri Giffard.
- c) Francis Herbert Wenham.
- d) Igor Sikorsk.

**4 Conforme o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC nº 01, classificar as alternativas como falso ou verdadeiro:**

- ( ) Aeronave significa um dispositivo que é usado ou que se pretenda usar para voar na atmosfera, capaz de transportar pessoas e/ou coisas.
  - ( ) Avião significa uma aeronave de asa fixa, mais pesada que o ar, propelida a motor e sustentada pela reação dinâmica do ar contra suas superfícies de sustentação, que permanecem fixas em todas as condições de voo.
  - ( ) Pode-se concluir que o helicóptero é uma aeronave e não um avião.
  - ( ) O helicóptero possui asas rotativas e fixas.
- a) F-F-V-V.
  - b) F-F-F-V.
  - c) V-V-F-F.
  - d) V-V-V-F.

**5 Quanto ao emprego do helicóptero no Brasil, pode-se afirmar que:**

- a) O helicóptero é uma máquina extremamente sofisticada e insubstituível em uma gama de utilização tanto na esfera civil como na esfera militar.
- b) O helicóptero é uma máquina extremamente sofisticada, mas utilizada apenas na esfera militar.
- c) O helicóptero, por ser uma aeronave simples, é utilizada apenas na esfera civil.
- d) Os helicópteros fabricados nos dias de hoje, não podem ser adaptados para missões de operações de petróleo e gás, serviços aéreos médicos de emergência, serviço público, bem como missões comercial e privada.

## Capítulo 2 - Aerodinâmica aplicada ao helicóptero

**1 Além da Terceira Lei de Newton e do princípio de Bernoulli forças já conhecidas, o helicóptero é conhecido como uma aeronave que sofre grande esforço em sua estrutura. Quais as principais forças que atuam em um helicóptero causando grande esforço para sua estrutura?**

- a) Sustentação, torção, empuxo, centrípeta e arrasto.
- b) Sustentação, tração, centrífuga, centrípeta e arrasto.
- c) Arrasto, empuxo, sustentação, tração e torção.
- d) Arrasto, sustentação, centrífuga, empuxo e tração.

**2 Como é chamado o efeito aerodinâmico no voo pairado cuja a força perpendicular ao vento relativo, não ajuda a sustentação do helicóptero e tem sentido contrário a este?**

- a) Arrasto de fuselagem.
- b) Efeito cone.
- c) Efeito solo.
- d) Ressonância com o solo.

**3. Sobre os efeitos aerodinâmicos, relacionar as duas colunas e fornecer a resposta correta:**

- 1. Efeito cone.
- 2. Efeito solo.
- 3. Ressonância com o solo.
- 4. Arrasto de fuselagem.

( ) É uma força perpendicular ao vento relativo, que não ajuda a sustentação do helicóptero e tem sentido contrário a este.

( ) É quando ocorre uma vibração forte e constante devido ao desequilíbrio do colchão de ar sob o rotor principal.

( ) Há dobramento para cima das pás do rotor principal, causando perda de sustentação e podendo resultar na quebra destas.

( ) O ar é comprimido pelo rotor principal contra o solo, formando um colchão de ar.

- a) 1; 2; 4 e 3.
- b) 2; 1; 3 e 4.
- c) 4; 3; 1 e 2.
- d) 4; 3; 2 e 1.

#### **4 O que acontece com o ar no arrasto de fuselagem de um helicóptero?**

- a) O ar é jogado para cima, indo de encontro à fuselagem.
- b) O ar é jogado para baixo e para o lado, indo de encontro à fuselagem.
- c) No arrasto de fuselagem, o ar é jogado para baixo, indo de encontro à fuselagem.
- d) No arrasto de fuselagem, o ar é jogado para cima e para baixo, indo de encontro à fuselagem.

#### **5 Quais são os dois voos com deslocamento?**

- a) O voo latitudinal (sustentação menor que o peso) e o voo Horizontal (tração maior que o arrasto).
- b) O voo horizontal (sustentação maior que o peso) e o voo Horizontal (tração menor que o arrasto).
- c) O voo vertical (sustentação igual ao peso) e o voo Horizontal (tração maior que o arrasto).
- d) O voo vertical (sustentação maior que o peso) e o voo Horizontal (tração maior que o arrasto).

## **Capítulo 3 - Componentes do helicóptero**

### **1 Assinalar a alternativa que apresenta corretamente o objetivo do motor:**

- a) Transformar a energia contida no combustível e no ar em energia mecânica na árvore de transmissão.
- b) Demonstrar a energia cinética do combustível e no ar em energia mecânica na árvore de transmissão.
- c) Conter a energia contida no combustível e no ar em energia mecânica na árvore de transmissão do rotor principal e de cauda.
- d) Aplicar a energia contida no combustível e no ar em energia elétrica na árvore de transmissão.

### **2 Qual a finalidade do rotor principal?**

- a) Transformar a potência do motor em sustentação e tração.
- b) Modificar a potência do rotor em sustentação, tração e força.
- c) Relacionar a força do rotor em sustentação e tração
- d) Contornar a força do motor em sustentação e tração.

### **3 Apontar os tipos de rotores existente, considerando o movimento das pás.**

- a) Rígido, articulado e semirígido.
- b) Semirígido, móvel e rígido.
- c) Articulado, rígido e móvel.
- d) Rígido e móvel.

**4 Marcar o nome dado à tendência que a fuselagem tem de girar no sentido contrário à rotação do rotor principal.**

- a) Efeito giroscópio.
- b) Torque ou conjugado de reação.
- c) Efeito pêndulo.
- d) Ressonância com o solo.

**5 Qual é o componente responsável em abrigar os mecanismos de mudança de passo, mover e reduzir a RPM do rotor de cauda e modificar em 90° o sentido de seu eixo de acionamento?**

- a) Caixa de acessórios.
- b) Sistema de transmissão de cauda.
- c) Sistema de transmissão principal.
- d) Unidade de roda livre.

## **Capítulo 4 - Inspeção e manutenção dos componentes de um helicóptero**

**1 Marcar a alternativa que aponta os principais aspectos do conceito de inspeção e manutenção dos motores de um helicóptero:**

- a) Modularidade efetiva, facilidade de acesso e remoção instantânea.
- b) Facilidade de acesso, modularidade efetiva, tempos de remoção e instalação reduzidos.
- c) Tempos de remoção e instalação reduzidos, modularidade efetiva e livre acesso.
- d) Livre acesso, remoção instantânea e modalidade efetiva.

**2 Sobre os escalões de inspeção e manutenção do motor, relacionar as duas colunas e marcar a resposta correta:**

- 1. Primeiro escalão.
  - 2. Segundo escalão.
  - 3. Terceiro escalão.
  - 4. Quarto escalão.
- ( ) A manutenção dos motores realizada em oficina é feita por manutenção corretiva.
- ( ) É uma manutenção mais abrangente, com intervalos definidos e ocorre por manutenção corretiva com troca de motor.
- ( ) A manutenção é realizada com os motores montados na aeronave. Pode ser do tipo manutenção programada ou preventiva.
- ( ) É realizada a revisão geral em oficina especializada.
- a) ( ) 2 ; 1; 3 e 4.
  - b) ( ) 4; 1; 3 e 2.
  - c) ( ) 2; 3; 1 e 4.
  - d) ( ) 4; 3; 1 e 2.

**3 Quais os principais pontos de controle da manutenção preventiva de uma aeronave?**

- a) Inspeção visual, inspeção de rotina, limpeza do compressor e coleta de óleo para análise.
- b) Verificações em voo e giros no solo, verificação do estatismo, verificação da autorrotação e inspeção visual.
- c) Inspeções dos filtros e bujões magnéticos, inspeção de rotina, verificação da autorrotação e inspeção visual.
- d) Verificações dos níveis, inspeção visual, inspeção de rotina e limpeza do compressor.

**4 Marcar a afirmativa incorreta no que diz respeito às pás do rotor principal:**

- a) Possuem tempo limite de vida.
- b) Não possuem tempo limite de vida.
- c) As pás do rotor principal são *on condition*.
- d) As pás do rotor principal são usadas e passam por inspeções periódicas e revisões programadas.

**5 Assinalar os tipos de inspeções feitas na fuselagem de um helicóptero modelo EC-135:**

- a) Inspeção 125 horas, inspeção do estado, testes funcionais e inspeções de trincas.
- b) Inspeção 100 horas, inspeção do estado, testes funcionais e inspeções de trincas.
- c) Inspeção 50 horas, inspeção do estado, testes funcionais e inspeções de trincas.
- d) Inspeção visual, inspeção do estado, testes funcionais e inspeções de trincas.

## Unidade 4

### Inspeção de aeronaves

#### Capítulo 1 - Inspeção

**1 Um programa de manutenção é dividido em pacotes integrados que são identificados pelas letras A, B, C e D. Esses pacotes permitirão a execução progressiva das tarefas de manutenção. Assinalar a alternativa que apresenta a descrição do pacote de manutenção identificado pela letra B:**

- a) São inspeções de pouca complexidade e de fácil execução, no entanto são mais frequentes.
- b) São cheques que possuem uma complexidade um pouco maior e incorporam todos os cheques descritos na letra A.
- c) São rotinas de manutenção mais complexas em que o grau de desmontagem é maior, o que também incorpora os cheques das demais letras.
- d) São inspeções especiais, objetivando a correção de incidentes onde os limites operacionais foram ultrapassados.

**2 Assinalar a alternativa que descreve a categoria de manutenções programadas ou preventivas:**

- a) Os cheques devem ser realizados mensalmente e quando o inspetor de manutenção julgar necessário.
- b) Os cheques são realizados sempre que o equipamento for submetido a uma condição de grande esforço.
- c) Os cheques e medidas corretivas são realizados periodicamente, mesmo que esse equipamento esteja em perfeitas condições de uso.
- d) Os cheques devem ser realizados semestralmente conforme determina o fabricante e a ANAC.

**3 Na manutenção não programada, as ações corretivas destinam-se à restituição das condições operacionais de um item. Marcar a alternativa que completa o conceito de manutenção não programada.**

- a) Devem ser realizadas no prazo máximo de um ano, conforme determina o fabricante do produto aeronáutico.
- b) Compreende todos os serviços de manutenção referenciados no programa de manutenção que possuam as características de prevenção.
- c) As ações corretivas são realizadas periodicamente, mesmo que esse equipamento esteja em perfeitas condições de uso.
- d) As ações corretivas destinam-se a situações em que os limites operacionais, constantes nos manuais, se excedem.

**4 Os proprietários e os operadores podem adotar um sistema de manutenção progressiva. Assinalar a alternativa que conceitua manutenção progressiva:**

- a) É o programa de manutenção em que a inspeção anual é desmembrada em pequenas inspeções e encaixada nos intervalos em que a aeronave permanece no solo.
- b) É o programa de manutenção em que as inspeções periódicas são distribuídas para realização durante o ano.
- c) É o programa de manutenção em que as inspeções menores são progressivamente acrescidas de inspeções mais complexas, para que todo o calendário de manutenção seja cumprido anualmente.
- d) É o programa de manutenção em que todos os cartões de manutenção devem ser cumpridos anualmente.

**5 A regulamentação da ANAC determina que todas as aeronaves sofram inspeções anuais, não devendo ser liberada para voar sem que tenha sido aprovada por pessoal devidamente qualificado. A regra para aeronaves que exercem atividade remunerada de transporte de passageiros está descrita em qual das alternativas abaixo?**

- a) São exigidas inspeções de 100 em 100 horas, podendo ser prorrogadas por mais 10 horas nos casos em que haja necessidade de completar uma etapa de voo.
- b) São exigidas inspeções anuais, podendo ser prorrogadas por mais 10 horas nos casos em que haja necessidade de completar uma etapa de voo.
- c) São exigidas inspeções mensais, podendo ser prorrogadas por até 1 dia nos casos em que haja necessidade de completar uma etapa de voo.
- d) São exigidas inspeções semanais, podendo ser prorrogadas por até 2 dias nos casos em que haja necessidade de completar uma etapa de voo.

## **Capítulo 2 - Inspeção no setor do motor e da hélice**

**1 Nas inspeções no motor, o filtro de óleo deve ser retirado. Assinalar a alternativa que explica essa ação de manutenção:**

- a) Os filtros de óleo do motor devem ser retirados para abrir acesso para verificação do estado geral da válvula *by-pass* (válvula de segurança).
- b) Os filtros de óleo devem ser retirados para verificar a presença de limalhas.
- c) Os filtros de óleo devem ser retirados para que o óleo velho residual seja totalmente drenado e o reservatório de óleo seja abastecido com óleo novo.
- d) Os filtros de óleo devem ser retirados para que recebam um tratamento de jato de areia.

**2 Nas inspeções do motor, quando se reinstala o filtro de óleo, deve-se recompletar o reservatório de óleo. Marcar a alternativa que descreve corretamente essa ação de manutenção:**

- a) O reservatório de óleo deve ser completamente abastecido antes do próximo funcionamento do motor.
- b) O reservatório de óleo deve ser completamente abastecido 50 minutos antes da partida dos motores (funcionamento dos motores).
- c) O reservatório de óleo deve ser reabastecido após transcorridos 20 minutos do corte (desligamento do motor).
- d) O reservatório de óleo deve ser reabastecido após o funcionamento do motor e até o limite de 15 min após o corte (desligamento do motor).



**3 Erosões, mossas ou pequenas rachaduras encontradas nos bordos de ataque das pás das hélices devem ser limadas e tratadas. Assinalar a alternativa de descreve o procedimento a ser realizado logo após o tratamento de uma moessa:**

- a) Após o tratamento de limagem de uma moessa em uma pá de hélice, deve-se continuar limando até que as medidas limites especificadas pelo fabricante sejam alcançadas.
- b) Após o tratamento de limagem de uma moessa em uma pá de hélice, deve-se bruni-la.
- c) Após o tratamento de limagem de uma moessa em uma pá de hélice, verificar se a pá de hélice reparada ainda se encontra dentro das medidas limites especificadas pelo fabricante.
- d) Após o tratamento de limagem de uma moessa em uma pá de hélice, preencher a região limada com resina para que a pá não perca as medidas limites especificadas pelo fabricante.

**4 As carenagens dos motores são responsáveis por dar o formato aerodinâmico na região dos motores. Qual alternativa apresenta outra função dessas carenagens?**

- a) As carenagens também têm a função de direcionar o fluxo de ar para arrefecimento do motor.
- b) As carenagens servem como membro estrutural, absorvendo parte do estresse de tensão.
- c) As carenagens também têm a função de manter o motor aquecido para operação em locais onde as temperaturas são muito baixas.
- d) As carenagens servem como membro estrutura, absorvendo completamente o estresse de tensão causado pelo empuxo do motor.

**5 Durante as inspeções dos escapamentos dos motores convencionais com revestimento de cerâmica, como deve-se proceder para efetuar a limpeza?**

- a) A limpeza dos escapamentos com revestimento de cerâmica deve ser feita utilizando jato de areia, para retirar completamente a fuligem acumulada.
- b) A limpeza dos escapamentos com revestimento de cerâmica deve ser feita utilizando apenas desengordurante, para não danificar o revestimento.
- c) A limpeza dos escapamentos com revestimento de cerâmica deve ser feita primeiramente com desengordurante e depois com jato de areia.
- d) Escapamentos com revestimento de cerâmica não necessitam de limpeza, pois não acumulam fuligem.

## Capítulo 3 - Inspeção no setor da fuselagem

- 1 Os cheques operacionais dos comandos de voo primário destinam-se a verificação do livre movimento das superfícies de comando. Em relação às rotinas de manutenção apresentadas, apontar aquela que não faz parte do cheque operacional dos comandos de voo primários:**
  - a) Os pedais são comandados totalmente para a direita e igualmente para a esquerda, verificando o movimento do leme de direção até o limite do batente primário.
  - b) Comanda-se os compensadores dos ailerons para cima e para baixo, e verifica se há correspondência entre a indicação de posição na cabine e a posição real da superfície.
  - c) O volante do manche é girado no sentido horário e anti-horário até que o movimento dos ailerons atinja o limite dos batentes primários.
  - d) A coluna do manche deve ser deslocada para frente e para trás até que o movimento do profundor atinja os batentes primários.
  
- 2 O mecanismo da porta da cabine passageiros deve ser lubrificado. Assinalar a alternativa que corresponde aos demais cheques executados nessa porta:**
  - a) Ângulo máximo de abertura e folga mínima no travamento.
  - b) Regulagem do batente superior da porta e estado de conservação da porta.
  - c) Abertura, fechamento e trava.
  - d) Angulação máxima de abertura e trava.
  
- 3 Marcar a alternativa que descreve o tipo de inspeção feita em áreas próximas às baterias das aeronaves:**
  - a) Inspeção de líquido penetrante, pois o peso excessivo das baterias causa rachaduras estruturais, principalmente no momento do pouso.
  - b) Inspeção de corrosão, pois os gases liberados nos processos de carga e descarga da bateria são altamente corrosivos.
  - c) Inspeção estrutural normal, igual a qualquer outra área da aeronave.
  - d) Não há inspeções a serem feitas em áreas vizinhas às baterias, a menos que outro equipamento instalado próximo a bateria requiera inspeção.
  
- 4 As baterias devem ser desinstaladas da aeronave para inspeções de descarga e recarga, limpeza e troca de células defeituosas. Assinalar a alternativa que apresenta a descrição de cuidados que devemos observar na desinstalação da bateria da aeronave.**
  - a) O mecânico deve primeiramente descarregar totalmente a bateria para evitar que uma carga residual possa fechar curto e causar um incidente.
  - b) As baterias não devem ser retiradas das aeronaves. Retiram-se as células internas e efetua-se a troca das células defeituosas.
  - c) As baterias podem ser retiradas das aeronaves normalmente sem nenhum cuidado especial, uma vez que a corrente contínua das baterias não dá choques.
  - d) O mecânico deve tomar cuidado para que nenhuma superfície metálica, como fivelas de cintos ou alianças, possam fechar o curto-circuito nos eletrodos da bateria.

**5 Diariamente os tanques de combustíveis devem ser inspecionados. Apontar a alternativa que descreve esse tipo de inspeção:**

- a) Os tanques devem ser inspecionados diariamente quanto a presença de água no combustível.
- b) Os tanques devem ser inspecionados diariamente na sua estrutura interna e condição geral do selante.
- c) Os tanques devem ser inspecionados diariamente quanto a rachaduras ou rebites soltos.
- d) As inspeções nos tanques ocorrem de forma trimestral.

## **Capítulo 4 - Inspeção no setor do trem de pouso**

**1 As mangueiras hidráulicas que integram os sistemas de freio, de atuadores das portas e de trens de pouso devem ser substituídas. Assinalar a alternativa que justifica essa ação de manutenção:**

- a) As mangueiras hidráulicas devem ser substituídas quando apresentarem vazamentos.
- b) As mangueiras hidráulicas devem ser substituídas quando estiverem vencidas.
- c) As mangueiras hidráulicas devem ser substituídas quando apresentarem rachaduras.
- d) todas as alternativas estão corretas.

**2 Nos trens de pouso, as dobradiças das portas devem ser lubrificadas e um fio massa deve estar instalado entre a porta e o restante da aeronave. Julgar a alternativa que descreve a função do fio massa:**

- a) O objetivo do fio massa é fechar o circuito de acionamento do motor atuador das portas.
- b) O objetivo do fio massa é auxiliar na fixação das portas.
- c) O objetivo do fio massa é dissipar a energia estática acumulada no deslocamento da aeronave.
- d) O objetivo do fio massa é fechar o circuito de acionamento das eletroválvulas de comando de acionamento dos trens de pouso (distender e recolher).

**3 Qual é a função da linha de fé traçada entre a roda e o pneu da aeronave?**

- a) Evitar o movimento relativo entre o pneu e a roda.
- b) Certificar que não houve movimento relativo entre o pneu e a roda.
- c) Proporcionar um movimento relativo entre o pneu e a roda.
- d) Evita a soltura da banda de rodagem durante os momentos de decolagem e pouso.

**4 Durante as trocas de pneus, a maioria dos fabricantes determina a necessidade de se fazer ensaios não destrutivos nas rodas. Escolher a alternativa que explica essa recomendação:**

- a) As rodas das aeronaves devem ser ensaiadas para verificar a possibilidade de intrusões de objetos estranhos durante as corridas de decolagem.
- b) As rodas das aeronaves estão expostas a quantidades consideráveis de umidade. Por isso, devem ser ensaiadas para verificar a presença de oxidação nas bordas.
- c) As bordas das rodas são expostas a grandes esforços durante o pouso e devem ser ensaiadas para verificar a presença de rachaduras.
- d) As rodas das aeronaves devem ser ensaiadas devido a possibilidade de perda das propriedades estruturais causadas pela variação de altitude durante o voo.

**5 Os acumuladores hidráulicos, responsáveis por evitar quedas bruscas de pressão durante as demandas de acionamento dos diversos subsistemas, devem ser checados. Avaliar a alternativa que descreve o cheque realizado nos acumuladores hidráulicos:**

- a) Os acumuladores devem ser checados quanto à correta pré-carga de nitrogênio. Caso haja necessidade, o acumulador deve ser calibrado para a pressão de trabalho.
- b) Os acumuladores devem ser checados quanto ao nível de óleo. Caso haja necessidade, o nível de óleo deve ser novamente completado.
- c) Os acumuladores devem ser checados quanto a evidencia de rachaduras ou rebites soltos.
- d) Os acumuladores devem ser checados quanto a correta pressão de vácuo. Caso haja necessidade, utilizar uma bomba de vácuo para reestabelecer o sistema.

## Capítulo 5 - Inspeção no setor das asas e empenagem

**1 Os ailerons são checados em seus ângulos máximos de deflexão com uma ferramenta chamada inclinômetro. Selecionar a alternativa que descreve a próxima ação de manutenção a ser realizada após o cheque de deflexão:**

- a) Após o cheque de deflexão, os ailerons devem ser frenados para não saírem dessa posição.
- b) Após o cheque de deflexão, os batentes primários devem ser ajustados para as deflexões máximas encontradas.
- c) Após o cheque de deflexão, os batentes secundários devem ser ajustados para as deflexões máximas encontradas.
- d) Após o cheque de deflexão, os batentes primários devem ser zerados para que o novo ajuste não encoste nos batentes.

**2 Os cabos de comando devem ser inspecionados quanto a evidência de fios partidos, desgaste ou corrosão. Assinale a alternativa que descreve as regiões em que há a maior probabilidade de ocorrer tais danos:**

- a) Regiões do cabo próximas aos esticadores.
- b) Regiões do cabo próximas a superfície de comando.
- c) Regiões do cabo próximas a roldanas e guias de cabos.
- d) Regiões do cabo próximas aos controles das superfícies de comando.

**3 Os cabos de comando devem estar regulados para a correta tensão de trabalho. Apontar a alternativa que descreve o cheque de tensão nos cabos de comando.**

- a) A tensão dos cabos deve ser checada nos esticadores, usando um tensiômetros.
- b) A tensão dos cabos deve ser checada nos pontos médios dos esticadores de cabos e nas roldanas.
- c) A tensão dos cabos deve ser checada com um tensiômetros em todas as roldanas.
- d) Utilizando um tensiômetros, a tensão dos cabos deve ser checada nos pontos médios dos cabos, evitando regiões próximos a roldanas.

**4 Os para-brisas devem ser limpos e não podem apresentar rachaduras ou distorções causadas por superaquecimento do sistema de degelo. Avaliar a alternativa correta sobre o serviço de limpeza dos parabrisas.**

- a) Os para-brisas devem ser limpos com um limpa vidros comum.
- b) A limpeza dos para-brisas é feita seguindo instruções do fabricante.
- c) Os produtos de limpeza como solventes são ideais para a limpeza do acrílico.
- d) Usa-se sabão neutro e um esponja abrasiva.

**5 Compensadores são superfícies secundárias de comando. Julgar a alternativa que descreve a função dos compensadores:**

- a) Aliviar a força necessária aos comandamentos das superfícies primárias, ou suavização dos movimentos, pela diminuição da velocidade de resposta ao comandamento do piloto.
- b) As superfícies secundárias são superfícies reservas. Caso haja falha no comandamento da superfície primária, o piloto aciona a superfície secundária.
- c) Os compensadores funcionam independente do comandamento das superfícies primárias e servem para aumentar a capacidade de resposta da aeronave a mudança de atitude.
- d) Os compensadores servem como freios aerodinâmicos para reduzir a velocidade da aeronave.

## **Capítulo 6 - Inspeção no setor de comunicação e navegação**

**1 O sistema anemométrico deve ser inspecionado quanto à obstrução dos tubos de PITOT e das tomadas externas de pressão estática. Marcar a alternativa que descreve uma ação de manutenção atribuída ao sistema anemométrico durante a inspeção:**

- a) As linhas do sistema anemométrico devem ser drenadas para a retirada da umidade acumulada no sistema durante os voos.
- b) Os tubos de PITOT e tomadas estáticas devem ser limpos com álcool etílico.
- c) As tomadas estáticas devem ser desobstruídas com agulhas especiais de limpeza.
- d) As tomadas estáticas devem ser protegidas com fita laminada para que não entre umidade durante o voo.

**2 Nos sistemas móveis como trens de pouso, as cablagens devem ser fixadas de forma que o movimento de abaixamento e recolhimento não permita o seu roçamento ou prensamento. Avaliar a alternativa que explica essa recomendação:**

- a) A variação da impedância causada no roçamento produz uma resposta indesejável aos equipamentos ligados a essas cablagens.
- b) O roçamento ou o prensamento dos fios contra a estrutura causam um colapso no campo magnético e aumenta a impedância total das cablagens.
- c) O roçamento ou o prensamento causa o desgaste do isolamento ou rompimento dos fios.
- d) O prensamento dos fios causa o amassamento nas cablagens, o que representa uma obstrução ao fluxo da corrente para o sistema o qual está ligado.

**3 As antenas dos sistemas de comunicação e navegação são inspecionadas quanto à condição geral, pintura descascada ou deterioração do selante usado na base das antenas. Com relação à deterioração do selante, pode-se afirmar que:**

- a) As antenas podem representar áreas críticas de fuga de pressurização se não estiverem seladas adequadamente.
- b) Os selantes usados nas antenas reduzem em 80% a interferência eletromagnética externa.
- c) Os selantes aumentam a resistência de isolamento das antenas.
- d) Os selantes melhoram a capacidade de transmissão das antenas.

**4 Qual a função da blindagem presente em algumas cablagens?**

- a) As blindagens protegem as cablagens contra impacto ou atrito com os membros estruturais.
- b) As blindagens são usadas em áreas de tanques de combustível para evitar o contato direto entre o combustível e a fiação.
- c) As blindagens servem de aterramento e descarregam a energia magnética gerada em volta dos cabos de alta tensão.
- d) As blindagens servem para aumentar a resistência do isolante.

**5 Todas as superfícies móveis devem estar ligadas a um sistema de descarga das cargas elétricas acumuladas (através dos fios massas). Apontar a alternativa que justifica essa assertiva:**

- a) Para que a energia elétrica acumulada seja utilizada, auxiliando na recarga de uma bateria de emergência.
- b) Para que os descarregadores estáticos instalados nos bordos de fuga das asas e dos estabilizadores horizontais e verticais, descarreguem essa energia para a atmosfera.
- c) Para que toda a energia elétrica acumulada seja concentrada em um acumulador de energia estática.
- d) A energia elétrica acumulada deve ser transformada por um inversor em 26 VAC, para alimentação de um horizonte artificial reserva.

## Capítulo 7 - Ensaios não destrutivos

**1 A inspeção por partículas magnética detecta falhas superficiais e sub-superficiais, caracterizadas por trincas, rompimentos, laminações, rachaduras ou corrosões. Escolher a alternativa que descreve os tipos de materiais que podem ser ensaiados por partículas magnéticas:**

- a) Todos os tipos de metais, incluindo fibras e vidro e alguns tipos de cerâmicas.
- b) Somente os materiais ferromagnéticos.
- c) Todos os tipos de materiais, desde que a superfície onde haverá a aplicação das partículas não seja rugosa.
- d) Todos os materiais não magnéticos, pois o magnetismo dos materiais anula o processo de magnetização.

**2 No ensaio não destrutivo por partículas magnéticas, para detectar trincas que se encontrem paralelas a extensão da peça, deve-se proceder conforme uma das alternativas abaixo:**

- a) Fazer uma magnetização circular, pela aplicação de uma corrente elétrica em uma bobina.
- b) Fazer uma magnetização longitudinal, pela aplicação de uma corrente elétrica em uma bobina.
- c) Fazer uma magnetização circular, pela aplicação de uma corrente elétrica nas extremidades da peça.
- d) Fazer uma magnetização longitudinal, pela aplicação de uma corrente elétrica nas extremidades da peça.

**3 Qual é o princípio de funcionamento da inspeção por radiografia?**

- a) Exposição do material a ser ensaiado a ondas eletromagnéticas não-ionizantes.
- b) Semelhante às radiografias utilizadas na medicina, este método de inspeção baseia-se no comportamento da radiação ao penetrar um objeto sólido.
- c) Um objeto é exposto à radiação. Toda a essa radiação atravessa o objeto e forma um espectro no filme radiográfico.
- d) Um objeto é exposto à radiação. A radiação refletida no objeto forma uma imagem no filme radiográfico.

**4 No ensaio não destrutivo de ultrassom, como é gerado o ultrassom?**

- a) O ultrassom é gerado em alto-falantes ultrassônicos.
- b) O ultrassom é gerado nos cristais piezoelétricos quando submetidos a uma corrente elétrica pulsante.
- c) O ultrassom é gerado em circuitos eletrônicos integrados a placa mãe da CPU.
- d) O ultrassom é gerado por uma bobina envolta por um campo magnético.

**5 A inspeção de *eddy current* utiliza a indução eletromagnética como princípio de funcionamento. Selecionar a alternativa que explica essa afirmação:**

- a) A superfície da peça a ser ensaiada é exposta a um campo magnético gerado em uma bobina (transdutor). O campo magnético induzido na peça gera uma corrente parasita.
- b) A indução eletromagnética ocorre pela exposição da peça a ser ensaiada à radiação.
- c) A indução eletromagnética ocorre pela aplicação de uma corrente alternada nas extremidades da peça.
- d) A peça a ser ensaiada deve passar no interior de uma bobina energizada por uma corrente alternada de alta frequência.

## Unidade 5

### Instrumentos

#### Capítulo 1 - Classificando os instrumentos

**1 Entre as alternativas, qual a melhor descrição de um transmissor de dados digitais:**

- a) Cabos de compartilhamento de mensagens de apenas um instrumento por meio da decodificação de sinal individual.
- b) Cabos que compartilham as mensagens de vários instrumentos por meio da decodificação de sinal individual.
- c) Dispositivo de envio de dados digitais codificados via wi-fi.
- d) Cabos que ligam os instrumentos de um lado ao outro da cabine.

**2 Qual a fonte de energia dos instrumentos de voo analógicos originais:**

- a) Energia solar ou elétrica.
- b) Energia elétrica ou giroscópios.
- c) Pressão do ar ou giroscópios.
- d) Energia solar ou pressão do ar.

**3 Os sistemas de instrumentos existem hoje para prover informação sobre as condições da aeronave, como motor, componentes, altitude, clima, pressurização, navegação e comunicação. É trabalho do técnico de manutenção entender e manter toda a aeronave, incluindo esses vários sistemas de instrumentos. Com base na afirmativa, escolha a alternativa que corresponde ao trabalho do técnico de manutenção:**

- a) Entender e manter a aeronave, incluindo apenas alguns desses instrumentos.
- b) Entender toda a aeronave, incluindo esses vários instrumentos, a fim de supervisionar a manutenção.
- c) Manter a aeronave, sob a demanda de manutenção, não sendo necessário entendê-la, pois é muito complexa.
- d) Entender e manter toda a aeronave, incluindo esses vários sistemas de instrumentos.



**4 Dentre os instrumentos listados a seguir, quais se encontram no grupo dos instrumentos de motor?**

- a) Medidor de combustível e óleo, medidores de pressão, de temperatura e tacômetros.
- b) GPS, volt-amperímetro, medidor de fadiga.
- c) Indicador de curva e derrapagem, bússola magnética, indicador de pressão de óleo.
- d) Relógio, altímetro, indicador de velocidade do ar.

**5 De que trata o arranjo em (T):**

- a) Do modo como são enrolados os cabos atrás do painel.
- b) Da posição habitual dos instrumentos de voo no painel.
- c) Do formato do avião, por causa das asas.
- d) Do modo como ficam dispostas as ferramentas do técnico em manutenção.

## Capítulo 2 - Instrumentos medidores de pressão

**1 Considere a afirmativa a seguir: os três mecanismos de aferição de pressão fundamentais usados em sistemas de instrumentos aéreos são: o tubo de Bourdon, o diafragma ou a bexiga, e o aparelho sensor de estado sólido.**

**O que determina qual mecanismo de aferição de pressão que será utilizado para cada caso?**

- a) A inclinação da aeronave no momento da aferição.
- b) O mecanismo de aferição é escolhido de acordo com a preferência do piloto.
- c) A altitude em que se encontra aeronave em relação ao solo.
- d) O tipo de pressão a ser aferida.

**2 Qual termo melhor completa a frase: pressão é a comparação entre duas forças. A \_\_\_\_\_ existe quando uma força é comparada ao vácuo total, ou à absoluta pressão zero.**

- a) Pressão absoluta.
- b) Pressão relativa.
- c) Medição da pressão.
- d) Força centrífuga.

**3 Para a percepção da saúde do motor, o instrumento mais importante usado pelo piloto é:**

- a) O medidor de pressão do óleo.
- b) A pressão de exaustão total.
- c) O medidor de pressão do combustível.
- d) O indicador de vácuo.

**4 Dentre os indicadores a seguir, qual deles se encaixa na seguinte descrição: é importante para a aeronave, e depende exclusivamente dos instrumentos de voo giroscópicos operados a vácuo.**

- a) Tubo de Bourdon.
- b) Medidor de pressão de admissão.
- c) Indicador de razão de pressão do motor (EPR).
- d) Indicador de sucção.

**5 Relacione as descrições a seguir com os instrumentos relacionados na sequência.**

- I. É um indicador de leitura direta, o medidor de diferencial de pressão, que compara a pressão estática do sistema estático da aeronave direcionado para um diafragma com a pressão estática em torno do diafragma no invólucro do instrumento.
- II. É um instrumento utilizado para indicar a altura da aeronave acima de um nível pré-determinado, tal como o nível do mar, ou do terreno abaixo da aeronave.
- III. Instrumento de voo primário e que também é um indicador de diferencial de pressão.
- IV. Dispositivo simples, geralmente usado para abrir e fechar circuitos elétricos quando uma determinada pressão é atingida em um sistema.

- ( ) Velocímetro.
- ( ) Indicador de razão de subida.
- ( ) Altímetro.
- ( ) Interruptor de pressão.

Escolha a alternativa correta:

- a) III, II, I e IV.
- b) III, I, II e IV.
- c) II, I, III e IV.
- d) I, II, IV e III.

## Capítulo 3 - Sensoriamento remoto e indicação

**1 A respeito dos instrumentos de indicação remota tipo síncro, a afirmativa correta é:**

- a) A palavra síncro é uma abreviatura da palavra sincronismo e refere-se a sistema elétrico específico.
- b) A maioria dos instrumentos que indicam a pressão do óleo são projetados a partir de um sistema de sincronismo.
- c) Os tipos de sistema síncro menos importantes são: selsyn, sistema de corrente alternada de sincronismo de dados por ímã elétrico e sistema de corrente alternada de sincronismo de dados por ímã permanente.
- d) O fato de que a eletricidade pode ser usada para criar campos magnéticos, que têm direção definida e podem interagir com ímãs e outros campos eletromagnéticos, é a base de sua operação.

**2 Qual a alternativa que melhor preenche as lacunas, no que diz respeito ao selsyn?**

Esse sistema consiste de um \_\_\_\_\_, um indicador e fios de ligação.

No sistema de \_\_\_\_\_, o eixo ao qual está fixado o braço de contato projeta-se por meio da extremidade do invólucro do transmissor.

O \_\_\_\_\_, o qual transmite um movimento rotativo ao eixo, pode ser localizado no interior do invólucro do transmissor.

- a) Dispositivo de detecção, indicação de posição, transmissor.
- b) Transmissor, dispositivo de detecção, indicação de posição.
- c) Transmissor, indicação de posição, dispositivo de detecção.
- d) Indicação de posição, dispositivo de detecção, transmissor.

**3 O sistema de indicação remoto sincro tipo corrente alternada de sincronismo de dados por ímã elétrico ou corrente alternada de sincronismo de dados por ímã permanente opera de maneira semelhante ao sistema *selsyn*, exceto por uma diferença. Assinalar qual é esta diferença.**

- a) No sistema selsyn, diferentemente do sistema de corrente alternada de sincronismo de dados por ímã elétrico e do sistema de corrente alternada de sincronismo de dados por ímã permanente, o eletroímã se alinha com a direção do campo magnético criado pela corrente que flui por meio das bobinas do estator no indicador, fazendo com que o ponteiro se mova.
- b) A corrente que utilizam em sua energia. Um deles utiliza corrente CA e o outro utiliza corrente CC.
- c) A posição do rotor transmissor ocorre de maneira diferente nos sistemas do tipo corrente alternada de sincronismo de dados por ímã elétrico e corrente alternada de sincronismo de dados por ímã permanente.
- d) Os sistemas do tipo *selsyn* não podem ser utilizados pelas mesmas aplicações dos sistemas de corrente contínua.

**4 No sistema de indicação remota de pressão de óleo e de combustível, há dois impedimentos primários que contraindicam a passagem das linhas de combustível e de óleo para dentro da cabine, são eles:**

- a) Risco de falha no movimento do fole de pressão e consequente parada da engrenagem do rotor do transmissor.
- b) É possível que haja interferência no campo magnético, e consequente desalinhamento do ímã do ponteiro.
- c) O aumento de risco de incêndio na cabine e o peso adicional nas linhas.
- d) É possível que haja interferência nas voltagens que são transmitidas para as bobinas indicadoras que se desenvolvem no campo magnético, o que consequentemente alteraria o posicionamento do ponteiro de forma descontrolada.

**5 Como fazer para que os dois motores de uma aeronave conduzam ponteiros individualmente no mesmo indicador?**

- a) Por meio de um mecanismo de sincronização.
- b) Pelo uso de um fole de pressão.
- c) Regulando as voltagens que são transmitidas para as bobinas indicadoras.
- d) Sobrepondo os dois indicadores em um mesmo *dial*.

## Capítulo 4 - Indicadores de movimento mecânico

**1 Utilizar um acoplamento mecânico entre o motor e o indicador de rotação por minuto (rpm) em aeronaves com motores não montados na fuselagem não é prático. Por que isso acontece?**

- a) Entre o tacômetro mecânico e o tacômetro elétrico, o mecânico é mais preciso, porém requer maior manutenção.
- b) Entre o tacômetro mecânico e o tacômetro elétrico, o mecânico é menos preciso, e requer maior manutenção.
- c) Tanto o tacômetro elétrico quanto o mecânico são precisos, mas a manutenção do tacômetro mecânico é mais dispendiosa e demorada.
- d) O acoplamento mecânico, embora seja mais preciso que o tacômetro elétrico, está sujeito às interferências oriundas das variações de corrente.

**2 Qual dos seguintes instrumentos é mais apropriado para aeronaves pequenas, leves, monomotoras?**

- a) O tacômetro mecânico.
- b) O acelerômetro.
- c) O tacômetro elétrico.
- d) O sincrocópio.

**3 Qual texto a seguir melhor explica a origem do estol?**

- a) Quando a aeronave não encontra sobre as superfícies de suas asas um fluxo de ar suficiente para criar sustentação para manter-se voando devido ao ângulo em que se encontra, diz-se que ocorreu o estol.
- b) O estol ocorre quando o piloto realiza uma manobra malsucedida, fazendo com que as asas da aeronave não se alinhem facilmente. A sustentação das asas fica, assim, comprometida, gerando instabilidade.
- c) O estol acontece sempre que algumas peças da aeronave congelam devido às baixas temperaturas que permeiam a fuselagem durante o voo.
- d) Quando a sustentação da aeronave está comprometida devido à diminuição brusca de velocidade oriunda do congelamento de algumas peças, diz-se que ocorreu o estol.

**4 O fluxo de ar passa em volta da lâmina alpha e a fenda de sonda, mudando com a velocidade do vento e altitude da aeronave. A respeito da forma de funcionamento do indicador de AOA, qual a alternativa correta?**

- a) Os sensores de AOA desse tipo estão sujeitos a erros de posicionamento, uma vez que o fluxo de ar passa em volta da lâmina alfa e a fenda de sonda, mudando a velocidade do vento e altitude da aeronave.
- b) A velocidade do vento e a altitude da aeronave são fatores isolados que, individualmente têm a capacidade de fazer com que o indicador de AOA dispare um alarme.
- c) A lâmina alpha e a fenda de sonda são componentes de funcionamento isolado que, individualmente têm a capacidade de fazer com que a altitude da aeronave se altere, caso seja necessário.
- d) A velocidade do vento e a altitude da aeronave são os principais acionadores do indicador de AOA, que não levam em consideração a velocidade do vento, nem a altitude da aeronave.

**5 Os acelerômetros simples são instrumentos mecânicos de leitura direta calibrados para indicar a força em (G). A esse respeito, qual a única alternativa incorreta?**

- a) Um (G) é igual a uma vez a força da gravidade.
- b) O mostrador de um acelerômetro é feito para exibir as forças positivas e negativas.
- c) A força positiva (G) tende a empurrar a pessoa contra o assento.
- d) Quando na direção oposta, a força (G) só se torna negativa se o vento estiver na mesma direção.

## Capítulo 5 - Instrumentos medidores de temperatura

### 1. Relacionar os instrumentos à sua descrição:

- I. Indicador de temperatura não elétrico.
  - II. Termômetro de resistência elétrica.
  - III. Termômetro de resistência de razão elétrica.
  - IV. Sistema de indicação de temperatura dos gases da turbina.
- ( ) Possui, como exemplo, o galvanômetro.
- ( ) É muito utilizado em muitos tipos de aeronaves para medir o ar do carburador, óleo, temperatura do ar livre, e muito mais.
- ( ) Se utiliza do coeficiente de expansão de diferentes materiais.
- ( ) Esse sistema de indicação se refere à temperatura de entrada da turbina.

Qual das alternativas apresenta a resposta correta:

- a) I, III, II e IV.
- b) IV, III, II e I.
- c) III, II, I e IV.
- d) I, II, IV e III.

**2 Um indicador de temperatura não elétrico pode ser muito útil no caso de uma pane elétrica. A respeito desse tipo de instrumento, qual a alternativa correta?**

- a) O mostrador é preferencialmente em psi, para facilitar a leitura por pilotos de qualquer nacionalidade.
- b) Para evitar que se perca a visibilidade do mostrador, a lâmpada pertinente é energizada a vácuo.
- c) Esse tipo de medição é utilizado exclusivamente em instrumentos indicadores de temperatura.
- d) Para realizar a medição da temperatura, o instrumento se utiliza da evaporação de um líquido volátil dentro de um tubo capilar.

**3 Considere a afirmativa: para a maioria dos metais, a resistência elétrica muda à medida que a temperatura dos metais muda. Esse é o princípio sobre o qual um termômetro de resistência opera. Qual a alternativa que completa corretamente a descrição anterior?**

- a) A resistência elétrica de um metal aumenta inversamente ao aumento da temperatura. Dispositivos de detecção de temperatura se utilizam de um número pequeno e limitado de ligas metálicas, pois é necessário que essas ligas possuam propriedades muito específicas.
- b) A resistência elétrica de um metal aumenta em proporção ao aumento da temperatura. Dispositivos de detecção de temperatura se utilizam de um número pequeno e limitado de ligas metálicas, pois é necessário que essas ligas possuam propriedades muito específicas.
- c) Normalmente a resistência elétrica de um metal aumenta inversamente ao aumento da temperatura. Dispositivos de detecção de temperatura podem se utilizar de várias ligas metálicas diferentes.
- d) A resistência elétrica de um metal aumenta proporcionalmente ao aumento da temperatura. Dispositivos de detecção de temperatura podem se utilizar de várias ligas metálicas diferentes.

**4 Qual a principal vantagem do uso de termopares para os motores alternativos e a reação?**

- a) São utilizados para medição de altas temperaturas da cabeça do cilindro (CHT) em motores alternativos e da temperatura dos gases do escapamento (EGT) em motores de turbina.
- b) São tipicamente amplificadas e usadas para energizar um pequeno servo motor que impulsiona o ponteiro indicador do termômetro.
- c) São feitas especificamente para capturar com precisão esse valor e transmitir sinais para indicação da cabine, bem como para o uso em vários sistemas da aeronave e motores.
- d) Nenhuma das alternativas.

## 5 Avaliando os trechos a seguir relacionados à medição total da temperatura do ar – TAT, observam-se as afirmativas:

- I. A temperatura total do ar – TAT é a temperatura do ar estático mais qualquer aumento na temperatura causado pelo movimento de alta velocidade da aeronave pelo ar. Sondas sensoras de TAT são feitas especificamente para capturar com precisão esse valor e transmitir sinais para indicação da cabine, bem como para o uso em vários sistemas da aeronave e motores.
- II. Um sistema de indicação TAT proporciona uma indicação visual no painel de instrumentos da temperatura dos gases que entram na turbina. Em um tipo de turbina de aviação, a temperatura de entrada de cada turbina é medida por dezoito unidades de sondas duplas, instaladas no anel envolvente da turbina.
- III. O sistema de indicação TAT possui um circuito que contém uma resistência variável e uma resistência fixa para proporcionar a indicação a qual contém duas derivações para o fluxo de corrente. Cada uma das derivações tem uma bobina montada em ambos os lados do conjunto de ponteiro, que por sua vez está montado no interior do campo magnético de um grande ímã permanente.

Qual das afirmativas está correta?

- a) Apenas a afirmativa II.
- b) Apenas a afirmativa I e II.
- c) Apenas a afirmativa III.
- d) Apenas a afirmativa I.

## Capítulo 6 - Instrumentos de indicação de direção

### 1 É um instrumento de encontrar direção que tem sido usado para navegação há centenas de anos e um instrumento simples que se aproveita do campo magnético da Terra.

- a) Bússola magnética.
- b) Giroscópio.
- c) Instrumento de direção.
- d) Indicador de atitude.

### 2 O que é uma bússola magnética vertical?

- a) É uma parte móvel extremamente precisa. Seu funcionamento se dá por meio da reação de pequeninas camadas ao magnetismo a um nível molecular resultando em variações na atividade dos elétrons.
- b) É uma variação da bússola magnética que elimina a rotação reversa da rosa dos ventos.
- c) É compensado pelo giro da bússola pelo ajuste de ímãs de compensação na caixa do instrumento, e é colocado remotamente a bússola magnética em uma ponta da asa ou do estabilizador vertical em que há muito pouca interferência com o campo magnético da terra.
- d) É composto de uma roda ou um rotor com sua massa concentrada ao redor do seu perímetro. O rotor possui rolamentos capazes de habilitá-lo a girar a altas velocidades.

**3 Ao considerar a seguinte afirmação, qual a alternativa correta?**

**A fuselagem do avião, por ser muito maior do que a bússola magnética, não poderia lhe causar desvio magnético, mas pequenas peças de metal próximas ao instrumento podem ser um obstáculo a ser corrigido.**

- a) A afirmação está completamente correta.
- b) A afirmação está correta na primeira parte, a respeito da fuselagem, mas erra na segunda, a respeito das pequenas peças de metal.
- c) A afirmação está errada na primeira parte, a respeito da fuselagem, mas acerta na segunda, a respeito das pequenas peças de metal.
- d) A afirmação está completamente errada.

**4 Depois de marcar V para verdadeiro ou F para falso nas afirmações a seguir, qual a alternativa que se aplica?**

- I. ( ) O desvio magnético não pode ser ignorado e não pode passar de dez graus.
- II. ( ) Retorcer o fio de iluminação da bússola ajuda a protegê-la contra influências magnéticas.
- III. ( ) Dependendo da localização da aeronave, os aviadores devem adicionar ou subtrair graus da indicação magnética para que se obtenha a informação da localidade geográfica verdadeira.
- IV. ( ) O campo magnético da terra sai dos polos horizontalmente e se estendem de forma espiralada pelo equador.

- a) V, V, V, F.
- b) F, V, V, V.
- c) V, F, V, F.
- d) V, F, F, V.

**5 Além da bússola magnética convencional, há ainda outros dispositivos captadores de direção. Qual alternativa não corresponde a um indicador de direção?**

- a) Bússola de indicação remota.
- b) Bússola de indicação remota giro acoplado.
- c) Magnetômetro de estado sólido.
- d) Tacômetro.

## **Capítulo 7 - Fonte de energia para operação de giroscópio**

**1 Dentre as fontes de energia mais comuns de vácuo que acionam giroscópios, responda: qual delas é utilizada para os giros instalados em aeronaves leves que operam sem lubrificação externa e que, além disso, a instalação não requer conexão ao suprimento de óleo do motor?**

- a) Bomba de vácuo movida pelo motor.
- b) Tubo de Venturi.
- c) Válvula unidirecional.
- d) Regulador de vácuo.



**2 É a principal função de uma válvula unidirecional:**

- a) Separar o ar e o óleo da bomba a vácuo, onde o ar é jogado para fora, retornando a atmosfera, e o óleo retorna ao cárter do motor.
- b) Aliviar a pressão nas bombas a vácuo, evitando o rompimento das linhas.
- c) Prevenir o retorno pela culatra, causando possíveis danos aos instrumentos do motor, revertendo o fluxo de ar e o óleo da bomba.
- d) Selecionar uma das bombas, no caso de uma falhar, para promover o vácuo necessário para o funcionamento do sistema.

**3 Nos sistemas de fornecimento de energia para o acionamento de giroscópio, qual tem a vantagem de ser energizado por uma bateria, por um tempo limitado se um gerador falhar, ou se a energia se perder?**

- a) Sistema de instrumentos movido por motor elétrico.
- b) Sistema de tubo de Venturi.
- c) Sistema a vácuo.
- d) Sistema de instrumentos movido por pressão.

**4 Qual é o sistema comum de giroscópios onde o ar é passa por um filtro, pelo eixo traseiro e no anel interno do giroscópio para depois ser direcionado para dentro do alojamento onde é dirigido contra as palhetas do rotor através de dois orifícios em lados opostos.**

- a) Sistema de instrumentos de giro movido por pressão.
- b) Sistema de instrumentos de giro movido por motor.
- c) Sistema de tubo de Venturi.
- d) Sistema a vácuo.

**5 No trecho: essa válvula é tanto uma válvula de agulha quanto uma válvula controladora provida de mola, que mantém um vácuo constante e reduzido para o indicador de curva e inclinação, a que válvula se refere:**

- a) Válvula seletora.
- b) Válvula de alívio de pressão.
- c) Válvula de restrição.
- d) Válvula unilateral.

## Capítulo 8 - Princípios de instrumentos giroscópicos

**1 Ao analisar o trecho: o giro mecânico é um dispositivo mecânico que possui uma roda capaz de girar rapidamente presa a um determinado suporte, observam-se as afirmativas:**

- I. É necessário fazê-la girar para operar o giroscópio mecânico e, para isso, geralmente se utiliza um motor elétrico.
- II. Instrumentos de voo mais comuns controlados por giroscópios são: o indicador de atitude, o indicador de proa e o ponteiro de curvas do indicador de curva e inclinação.
- III. Giroscópio mecânico, ou giro, não contém uma roda ou um rotor com sua massa concentrada ao redor do seu perímetro.
- IV. O suporte circular não pode ser montado dentro de uma peça circular maior no giroscópio mecânico.

Qual das afirmativas está correta?

- a) Apenas a alternativa I.
- b) Alternativas I e II.
- c) Apenas a alternativa III.
- d) Nenhuma das alternativas acima.

**2 A precessão é umas das características mais importantes de um giroscópio. Qual das alternativas a seguir apresenta a explicação correta?**

- a) Uma força no eixo horizontal do giro, a força aplicada é resistida. Ao invés de responder à força ao se mover ao redor do eixo horizontal, o giro se move em resposta sobre seu eixo vertical, sendo esse fenômeno precessivo exclusivo do giroscópio.
- b) Uma força aplicada ao eixo do giroscópio inclina esse eixo. O giro responde como se a força fosse aplicada em um giro de  $90^\circ$  na direção da rotação do rotor de giro.
- c) A precessão do giroscópio corresponde a uma força que se aplicada em um giro de  $180^\circ$  na direção da rotação do rotor de giro.
- d) Precessão descontrolada e imprevisível de um giroscópio é utilizada em um instrumento de curva e inclinação.

**3 Qual a vantagem dos sistemas direcionais e da atitude utilizarem a tecnologia MEMS:**

- a) É uma tecnologia é de alto custo e tende a se proliferar por todas as formas da aviação.
- b) Não são precisos para a medição de alguns milímetros de largura e comprimento, mas é um sistema confiável.
- c) Apesar do seu tamanho minúsculo, a base da operação de muitos MEMS não é a mesma de um giroscópio mecânico.
- d) Os sistemas microeletromecânicos (MEMS) economizam espaço e peso.

**4 A que tipo de giroscópio o texto a seguir está se referindo? É identificado como um giroscópio amplamente utilizado na aviação comercial. Na sua base de operação exige tempo para levar a luz por meio de um percurso circular não rotativo e estacionário.**

- a) Giroscópio mecânico.
- b) Giroscópio óptico.
- c) Giroscópio de estado sólido.
- d) Sistema microelétricomecânicos.

**5 A rigidez giroscópica depende de vários fatores de *design*. Ao observar as afirmativas a seguir, qual está incorreta?**

- a) Peso - para um devido tamanho, uma massa pesada é mais resistente a forças de distúrbio do que uma massa leve.
- b) Velocidade angular - quanto maior a velocidade rotacional, maior a rigidez ou resistência à deflexão.
- c) Fricção de suporte - qualquer fricção que se aplique à força deflectiva a um giro. Quanto menor a fricção de suporte, maiores as forças reflectivas.
- d) Raio no qual o peso está concentrado - o efeito máximo é obtido de uma massa quando seu peso principal está concentrado perto do aro, rodando a alta velocidade.

## Capítulo 9 - Instrumentos giroscópicos comuns

**1 É um dos instrumentos de voo mais essenciais, dando ao piloto informação de arfagem e rolagem, que é especialmente importante quando se está voando sem referências visuais externas. Esse instrumento básico opera com um giroscópio rodando num plano horizontal. A que instrumento se refere o texto anterior:**

- a) Indicador de atitude.
- b) Indicador de curva.
- c) Coordenador de curvas.
- d) Inclínômetro.

**2 Com relação às informações dos indicadores de atitude elétricos, assinale a alternativa correta:**

- a) A diferença entre o giro acionado por sucção e o giro elétrico está no mecanismo, onde dentro das juntas universais do giro elétrico existe um motor elétrico dentro de uma forma de cápsula que chamamos de rotor.
- b) Normalmente ele funciona a 220 volts e 800-cycle AC e gira a aproximadamente 35.000 rpm.
- c) Já que existe ar fluindo por meio de um indicador de atitude elétrico, há necessidade de filtros de ar, reguladores e linhas de encanamento e bombas a vácuo.
- d) Os giros do indicador de atitude não podem ser enjaulados manualmente por um mecanismo de alavanca e ressaltos para permitir uma ereção rápida.

**3 O giro direcional (DG) normalmente é o instrumento primário para direção. Sobre esse instrumento, assinale a alternativa correta:**

- a) Por causa da flutuação demasiada da bússola magnética, um giro alinhado com a bússola magnética dá uma indicação instável de rumo.
- b) Nas aeronaves comerciais, mais pesadas, normalmente se usa um DG a vácuo. A rigidez do giro no espaço é a sua base de operação.
- c) O rotor do giro roda no plano vertical e se alinha com a direção para a qual foi determinado.
- d) Os indicadores giroscópicos de direção necessitam de um espaço específico, à parte, dentro da cabine. Isso porque não há espaço suficiente na base central do painel básico de instrumentos em (T).

**4 O coordenador de curva possui, entre outros:**

- a) Uma extensa gama de números em seu mostrador, indicando a altitude, a longitude e a posição da aeronave no globo terrestre.
- b) Um pequeno símbolo de avião, para representá-lo dentro do mostrador em relação ao solo.
- c) A indicação, em graus, da inclinação das asas da aeronave em relação ao solo, indicando ainda a temperatura externa e a velocidade do vento.
- d) Instruções, em inglês, de como realizar a curva de forma mais segura.

**5 O indicador de curva e inclinação é, na verdade, composto de dois aparelhos embutidos na mesma caixa de instrumentos: um ponteiro indicador de curva e uma bola indicadora de derrapagem. A fonte de energia do ponteiro de curva é:**

- a) Apenas ar pressurizado.
- b) Vácuo ou ar pressurizado.
- c) Apenas eletricidade.
- d) Ar pressurizado, vácuo ou eletricidade.

## Capítulo 10 - Sistema de piloto automático

**1 Das descrições das funções do piloto automático, qual a alternativa incorreta?**

- a) O sistema de piloto automático guia a aeronave com o uso de sinais elétricos desenvolvidos em unidades giro-sensíveis.
- b) Enquanto o piloto automático estiver ligado, qualquer desvio causa o envio de um sinal por parte da bússola ao canal do leme de direção.
- c) Durante a duração do acionamento do piloto automático, qualquer movimento da aeronave em torno de seus eixos longitudinais faz com que a unidade giro-sensora desenvolva um sinal para corrigir esse movimento.
- d) Depois de acionado, o piloto automático faz com que a aeronave retorne ao nível de voo de atitude de rolamento. Assim, o sinal de entrada necessita ser zerado manualmente pelo piloto ou pelo copiloto.

**2 Assinale a opção que melhor completa a lacuna: por causa da tendência que muitas aeronaves possuem de oscilar em torno de seus eixos verticais enquanto voam em uma direção fixa, utiliza-se um \_\_\_\_\_, para reagir a esse efeito.**

- a) Amortecimento de guinada.
- b) *Feedback* ou *follow-up*.
- c) Transdutor de realimentação.
- d) Giro MEM.

**3 Algumas das escolhas disponíveis na maior parte dos pilotos automáticos são: voo nivelado, subidas, descidas, virar-se em uma direção, ou voar em um sentido específico. A respeito dos controladores de voo, qual a afirmativa correta?**

- a) Os controladores de voo são os mesmos, independente da complexidade do piloto automático.
- b) A unidade de comando é a interface humana do piloto automático. O piloto a utiliza para dar comandos específicos ao piloto automático.
- c) Ao apertar os botões de função no piloto automático, o piloto deve seguir um protocolo pré-estabelecido, não cabendo a ele tomar decisões específicas, pois ele poderia comprometer a segurança do voo.
- d) Embora muitas aeronaves se utilizem de uma multidão de subsídios rádio navegacionais, eles podem ser selecionados para emitir comandos diretamente ao computador do piloto automático.

**4 Os elementos de saída de um piloto automático são os servos que causam a atuação das superfícies de controle de voo. Qual das alternativas preenche corretamente as lacunas?**

**Os sistemas cabeados normalmente utilizam \_\_\_\_\_. Os sistemas de controle de voo hidráulicos usam \_\_\_\_\_. Aeronaves com sistemas de controle por cabo elétrico (*fly-by-wire*) digitais utilizam os mesmos \_\_\_\_\_ para realizar manobras manuais e de piloto automático.**

- a) Pilotos automáticos eletro-hidráulico servos, acionadores, motores servo elétricos.
- b) Acionadores, motores servo elétricos, pilotos automáticos eletro-hidráulico servos.
- c) Motores servo elétricos, pilotos automáticos eletro-hidráulico servos, acionadores.
- d) Motores servo elétricos, acionadores, pilotos automáticos eletro-hidráulico servos.

**5 Com relação ao uso de giroscópios nos elementos sensoriais do piloto automático, qual a alternativa correta?**

- a. O uso de giroscópios no piloto automático de pequenas aeronaves ainda é praticado. No entanto, devido a novas tecnologias, os giroscópios foram abolidos do piloto automático de grandes aeronaves.
- b. Os giroscópios sensoriais são sensores, como indica sua nomenclatura, e por isso devem ser montados remotamente e não na cabine, como os giroscópios comuns.
- c. Os sensores giroscópicos remotos dirigem os displays servos fora do painel da cabine, bem como captam os sinais de entrada fornecidos pelo computador do piloto automático.
- d. Os elementos sensoriais do piloto automático são os giros de atitude e os direcionais, o coordenador de curva, e um controle de altitude.

## Capítulo 11 - Sistema de controle de voo automático (AFCS) e sistema diretor de voo

**1 O piloto automático de uma aeronave com muitas funções e muitos sistemas de piloto automático relacionados e integrados em um único sistema, é chamado sistema de controle de voo automático ou automatic flight control system (AFCS). Qual a alternativa correta a respeito do AFCS?**

- a) Esse sistema era encontrado antigamente apenas em aeronaves de alta performance, mas atualmente, devido a avanços na tecnologia digital para a aviação, as aeronaves modernas de qualquer tamanho podem possui-lo.
- b) As capacidades de um AFCS são invariáveis de sistema para sistema.
- c) Em geral, os AFCS são parcialmente integrados com a atitude digital e os sistemas de referência (AHRS) e subsídios navegacionais, exceto o glideslope.
- d) Os AFCS também contêm uma arquitetura de computadores moderna para o piloto automático, carecendo apenas de sistemas diretores de voo que sejam ligeiramente diferentes dos sistemas de piloto automático analógicos.

**2 Os sistemas diretores de voo variam em detalhes e complexidade. Muitos têm o bloqueio de altitude, de seleção de altitude, bloqueio de arfagem, e outras funções. No entanto:**

- a) Os sistemas diretores de voo são feitos para assistir a fase de pouso e decolagem.
- b) Os sistemas diretores de voo são projetados para nivelar a aeronave em caso de turbulência.
- c) Os sistemas diretores de voo são feitos para oferecer a maior assistência durante a fase do instrumento de aproximação de voo.
- d) Os sistemas diretores de voo são feitos para substituir uma série de outros sistemas.

**3 Horizonte artificial com diretor de voo descreve:**

- a) Um indicador do diretor de voo ou, em inglês, *flight director indicator* (FDI).
- b) Um indicador de diretor de atitude, do inglês, *attitude director indicator* (ADI) ou um indicador de diretor de atitude eletrônico, *electronic attitude director indicator* (EADI).
- c) Um indicador de diretor de atitude, do inglês, *attitude director indicator* (ADI) ou um indicador de diretor de atitude eletrônico, *electronic attitude director indicator* (EADI) ou um indicador do diretor de voo ou, em inglês, *flight director indicator* (FDI).
- d) Um indicador de diretor de atitude eletrônico, *electronic attitude director indicator* (EADI) ou um indicador do diretor de voo ou, em inglês, *flight director indicator* (FDI).

**4 A informação do diretor de voo é exibida no instrumento que mostra a atitude da aeronave. O processo se completa com uma técnica de referência visual. Ao observar a figura a seguir, e utilizar os conhecimentos adquiridos na unidade, qual a afirmativa incorreta:**

- a) Um símbolo que representa a aeronave é encaixado em uma barra de comando posicionada perto do diretor de voo na localização apropriada para uma manobra a ser realizada.
- b) Os símbolos usados para representar a aeronave e a barra de comando variam conforme o fabricante.
- c) O objetivo nem sempre é fazer com que o símbolo da aeronave voe para dentro do símbolo da barra de comando.
- d) A barra de comando do diretor de voo sinaliza ao piloto como manobrar a aeronave.



Indicador de atitude

**5 Sobre o sistema diretor de voo, qual a alternativa incorreta?**

- a) Um sistema diretor de voo consiste de componentes eletrônicos que captam a informação exibida ao piloto e indicam a inclinação requerida para atingir e manter uma condição de voo na aeronave.
- b) Um sistema diretor de voo é um piloto automático sem os servos.
- c) Os sistemas diretores de voo podem ser parte de um sistema de piloto automático ou podem existir em uma aeronave que não possua sistemas de piloto automático completos.
- d) A informação do diretor de voo é exibida no instrumento que mostra a atitude da aeronave.

## Capítulo 12 - Instrumentos eletrônicos

**1 Qual sistema consiste no instrumento de voo primário usado para informar a atitude da aeronave durante o voo por instrumentos e especialmente durante a aproximação por instrumentos:**

- a) Sistema de controle de voo automático (AFCS).
- b) Sistema EADI.
- c) Sistema EHSI.
- d) TCAS.

**2 O instrumento que incorpora a informação direcional a dois subsídios navegacionais diferentes, bem como o heading da aeronave, é o:**

- a) HSI.
- b) AFCS.
- c) ECAM.
- d) EADI.

**3 Em que modo o sistema EHSI mostra a aeronave em relação aos subsídios de aproximação de sistema de pouso por instrumento e a pista selecionada com variados graus de detalhes?**

- a) Modo ILS.
- b) Modo PLAN.
- c) Modo MAP.
- d) Modo VOR.

**4 Analisando o trecho: em conjunto com um computador de gerenciamento de voo e um controlador de display, um EHSI pode exibir informações em modos PLAN, MAP, VOR e ILS, consideram-se as afirmativas a seguir:**

- I. Modo PLAN exibe um mapa fixo de entrada do plano de voo. Normalmente isso inclui todos os subsídios navegacionais selecionados para cada segmento de voo e o aeroporto de destino.
- II. Modo MAP exibe a aeronave em contraste com um mapa detalhado móvel ao fundo. Subsídios ativos e inativos são mostrados, bem como outros aeroportos e pontos intermediários (*waypoints*).
- III. Exibição VOR de um EHSI apresenta um foco mais tradicional em um VOR selecionado, ou outra estação navegacional sendo utilizada durante um segmento de voo em particular. A rosa dos ventos inteira da bússola, a tradicional barra de desvio lateral, a informação do local de partida e do local de chegada, a direção e a informação de distância são padrões.
- IV. Modo ILS de um EHSI mostra a aeronave em relação aos subsídios de aproximação de sistema de pouso por instrumento e a pista selecionada com variados graus de detalhes.

Quais das alternativas acima estão corretas?

- a) Apenas a alternativa I.
- b) Apenas a alternativa III.
- c) Alternativas II e IV.
- d) Todas as alternativas estão corretas.

**5 Qual abreviatura se refere a indicadores eletrônicos de posição horizontal:**

- a) EICAS.
- b) HSI.
- c) CDU.
- d) EHSI.



## Capítulo 13 - Sistema eletrônico de informação de voo

### 1 Qual a alternativa incorreta em relação ao sistema eletrônico de instrumento de voo (EFIS):

- a) Os instrumentos de atitude foram os primeiros a adotar a tecnologia do computador e a utilizar *displays* multidirecionais ou, em inglês, *multidirecional displays* (MDD) de tela plana.
- b) O EFIS utiliza geradores exclusivos de sinal para coordenar duas telas digitais independentes no centro do (T) básico.
- c) O indicador de atitude e o giro direcional são substituídos por tubos de raio catodo ou *cathode ray tubes* (CRT) utilizados para exibir as apresentações de EADI e EHSI.
- d) A tecnologia reduz a carga de trabalho e o painel de digitalização adicionando-se a segurança, uma vez que a informação de navegação também é integrada.

### 2 Qual a alternativa correta no que diz respeito ao sistema eletrônico de instrumento de voo (EFIS):

- a) São sistemas de mostradores (*displays*) eletrônicos (CRT ou LCD) que mostram dados primários de voo, navegação, sistemas, entre outros.
- b) Não podem ser instalados em qualquer tipo de aeronave.
- c) Não engloba as unidades de *display*, unidades de processamento, processamento, interfaces homem/máquina e o *software*.
- d) Não pode considerar ainda a presença de um EICAS, mas esta definição não é rigorosa e uma aeronave que ainda tenha somente os mostradores dos motores sendo eletromecânicos pode ser considerada como um EFIS.

### 3 Quando um problema é detectado ou uma falha ocorre durante o voo, o *display* primário, juntamente com uma referência auditiva e visual, alerta o piloto.

Qual sistema é a performance automática de monitoramento das tarefas para o piloto.

- a) Sistema ECAM.
- b) Sistema EFIS.
- c) Sistema EICAS.
- d) Sistema EADI.

### 4 Entre as vantagens de um sistema eletrônico de instrumentos de voo, qual a afirmativa correta?

- I. Versatilidade, evitando algumas das limitações físicas dos instrumentos tradicionais.
  - II. Flexibilidade, minimizando os custos quando não há introdução de novas regras.
  - III. Redundância, mesmo com a instalação simples de duas telas EFIS, no caso de uma das telas falharem, pode-se utilizar a outra no acúmulo de informações.
- a) Todas estão corretas.
  - b) Nenhuma está correta.
  - c) I e III estão corretas.
  - d) II e III estão corretas.

**5 O controle das funções de auto throttle (acelerador automático de potência), os geradores de símbolos, o sistema automático de comando de voo, o sistema de referência inercial, os sistemas de anticolisão e todos os subsídios navegacionais via barramentos de dados em uma aeronave se referem ao:**

- a) FMS.
- b) CDU.
- c) EFIS.
- d) ECAM.

## **Capítulo 14 - Avisos e precauções**

**1 Qual a função das luzes de master caution:**

- a) São utilizadas para chamar a atenção da tripulação para uma situação crítica, além de um anunciador que descreve o problema.
- b) Proteger o funcionamento interno dos instrumentos de uma aeronave, bem como para melhorar o desempenho do instrumento e de qualquer outro equipamento disposto nas proximidades.
- c) Normalmente são afixadas próximo ao grupo de instrumentos, muitas vezes perto do coordenador de curva, tendo a função de indicar as horas, os minutos e os segundos.
- d) Avisar do superaquecimento ou fogo em algum motor ou no alojamento das rodas principais ou do nariz.

**2 Completam a lacuna da seguinte afirmação: por muitos anos, o relógio mecânico de \_\_\_\_\_ era o dispositivo de tempo padrão das aeronaves porque ele continua funcionando sem a energia elétrica contanto que se tenha dado corda:**

- a) 6 dias.
- b) 4 dias.
- c) 8 dias.
- d) 2 dias.

**3 Sistema que funciona em conjunto com os sistemas iluminados anunciadores e informa o piloto auditivamente sobre uma situação que requeira atenção:**

- a) Sistema de piloto automático.
- b) Sistema de alerta auditivo.
- c) Sistema anunciador.
- d) Sistema de chamada seletiva.

**4 A que se refere o texto a seguir: são utilizados para proteger o funcionamento interno dos instrumentos de uma aeronave, bem como para melhorar o desempenho do instrumento e de qualquer outro equipamento disposto nas proximidades.**

- a) Caixa de instrumentos.
- b) Relógio.
- c) Instrumentos de voo.
- d) Tacômetro.

**5 Referente ao manuseio de caixa de instrumentos, qual a alternativa incorreta?**

- a) Devem ser manuseados com cuidado especial e jamais podem cair. Uma rachadura em um instrumento de ar pressurizado inviabiliza seu uso.
- b) Não se devem soprar nas portas, as quais devem estar plugadas até que o instrumento seja instalado, assim como os instrumentos de giro devem ser enjaulados até que estejam instalados no painel de instrumentos.
- c) Devem-se observar todos os cuidados descritos no cabeamento do instrumento e seguir as instruções do fabricante para o manuseio e o transporte apropriado, bem como a instalação.
- d) Os instrumentos elétricos não possuem caixa de aço ou liga de ferro para conter o fluxo eletromagnético por causar movimentação da corrente interna.

## **Capítulo 15 - Instalação e marcação de instrumentos**

**1 Qual a alternativa que completa a afirmação a seguir?**

**Os painéis de instrumentos normalmente:**

- a) São feitos de liga de alumínio e são pintados de uma cor clara e brilhante, devido ao seu grau de importância na aeronave.
- b) Sempre se subdividem para facilitar o acesso às costas dos instrumentos durante a manutenção e raramente recebem uma base à prova de choque, pois não ocorrem choques de baixa frequência e de alta amplitude nessa região.
- c) As bases absorvem a maior parte das vibrações vertical e horizontal, e assim permitem que os instrumentos operem sob condições de menor vibração.
- d) Utilizam faixas de ligação para garantir a continuidade elétrica do painel aos sistemas.

**2 Analisando o trecho a seguir: o método de montagem de instrumentos em seus respectivos painéis depende do projeto da caixa do instrumento e observando-se as afirmações:**

- I. No método de montagem de instrumentos, em um projeto, a moldura é flangeada de tal forma que o instrumento pode ter uma montagem embutida em seu corte a partir da parte de trás do painel.
- II. O instrumento tipo flangeado também pode ser montado na frente do painel. Normalmente se instalam porcas fixas no próprio painel. Para montar os instrumentos, normalmente são usados parafusos não ferrosos.
- III. Existem sistemas de montagem de instrumentos que são sem flanges. Uma braçadeira especial, moldada e dimensionada para se encaixar na caixa do instrumento é posicionada permanentemente na face traseira do painel.

Qual das alternativas está correta:

- a) Apenas a alternativa I.
- b) Apenas a alternativa II.
- c) Apenas a alternativa III.
- d) Todas estão corretas.

**3 O trecho: muitos instrumentos de uma aeronave requerem energia elétrica para operar, portanto, mesmo os instrumentos não elétricos podem requerê-la. Os geradores da aeronave produzem apenas um pouco de eletricidade, o que torna imperativo que os equipamentos não gastem mais energia do que aquela disponível pelos geradores, está se referindo a que tipo de requisitos de instrumentos?**

- a) Requisitos para energia de instrumentos.
- b) Requisitos para marcação de faixa de instrumentos.
- c) Requisitos para montagem de instrumentos.
- d) Nenhuma das alternativas acima.

**4 Por quem devem ser inseridas as marcações nos instrumentos em acordo com as especificações da aeronave na ficha de dados do certificado?**

- a) Pelo fabricante do equipamento original.
- b) Pela ANAC – Agência da Aviação Civil.
- c) Pelo mecânico devidamente registrado para a realização de marcação de instrumentos.
- d) Pela companhia aérea homologada.

**5 Avaliando o trecho: as marcações podem acontecer na forma de um arco ou de uma linha radial, utilizando-se as cores: vermelho, amarelo, verde, azul ou branco, observam-se as afirmações:**

- I. O vermelho, por exemplo, é utilizado para indicar os alcances mínimos e máximos. Vale ressaltar que operar fora dessas marcações é perigoso e deve ser evitado.
- II. O verde, por sua vez, indica o alcance normal de operação.
- III. O amarelo é usado para indicar cautela e, por último, o azul e o branco são utilizados nos indicadores de velocidade do ar para definir condições específicas.

Qual das alternativas está correta?

- a) Alternativas I e II.
- b) Alternativas I e III.
- c) Alternativas II e III.
- d) Todas estão corretas.

## **Capítulo 16 - Sistema de instrumento e manutenção de instrumento**

**1 Quando uma aeronave está para ser operada sob IFR, um teste de altímetro deve ter sido realizado em qual período?**

- a) 24 meses prévios.
- b) 6 meses prévios.
- c) 12 meses prévios.
- d) 4 meses prévios.

**2 Que procedimento deve ser realizado antes do técnico dar início à manutenção do sistema de pitot-estático?**

- a) Devem ser desconectados os instrumentos de pitot-estático e o ar deve ser soprado em direção às portas do pitot e as estáticas, consultando os manuais dos fabricantes.
- b) Manter os instrumentos de pitot-estáticos conectados e realizar a manutenção.
- c) Deve-se desligar a aeronave para que o procedimento.
- d) Nenhuma das alternativas acima.

**3 São necessários alguns procedimentos para manutenção do tacômetro. Dos textos a seguir, qual a alternativa incorreta:**

- a) Verificar a diferença nas indicações entre as leituras feitas antes e depois de leve derivação, uma vez que não deve exceder aproximadamente 15 rpm.
- b) Inspecionar o gerador do tacômetro e o indicador contra folgas das conexões mecânicas e elétricas.
- c) Verificar a segurança da montagem e as condições gerais do instrumento. Para obter as instruções dos procedimentos de manutenção detalhados, devem-se consultar os manuais dos fabricantes.
- d) Manusear o instrumento, utilizando majoritariamente o conhecimento técnico adquirido pelo profissional. O técnico deve verificar a segurança da montagem e as condições gerais do instrumento. Nesse caso específico não é necessário consultar os manuais dos fabricantes.

**4 É um instrumento simples que não requer ajuste ou uma fonte de energia. Um mínimo de manutenção é necessário, mas o instrumento é delicado e deve ser manuseado cuidadosamente durante a inspeção. A que instrumento o texto anterior se refere:**

- a) Bússola magnética.
- b) Tacômetro.
- c) Telas de LCD.
- d) Glideslope.

**5 Avaliando o trecho: os sistemas de instrumentos digitais e eletrônicos que utilizam a tecnologia LCD podem possuir considerações especiais para o cuidado das telas de display, observam-se as alternativas:**

- I. O revestimento refletivo é utilizado para diminuir o brilho e tornar os displays mais visíveis.
- II. É muito importante limpar as lentes do display usando um pano de limpeza livre de fiapos e um limpador que se especifica como seguro para revestimento antirrefletivo, preferencialmente um recomendado pelo fabricante da aeronave.
- III. As telas LCD utilizam o revestimento antirrefletivo para diminuir o brilho e obter uma tela mais visível, e sem necessidade de efetuar limpeza por ser autolimpante.

Qual das alternativas está correta:

- a) Apenas a alternativa I.
- b) Apenas a alternativa II.
- c) Apenas a alternativa III.
- d) Nenhuma das alternativas acima.

# Unidade 6

## Oficina de montagem e alinhamento

### Capítulo 1 - Manutenção de aeronaves

**1 São revestidos de tubo de alumínio prensados, muito utilizados em aeronaves de grande porte e seu revestimento tem a finalidade de mantê-lo fixo em seu interior.**

**Tais características referem-se:**

- a) Aos esticadores.
- b) Aos cabos de comando revestidos.
- c) Às guias de cabos.
- d) Aos tensores.

**2 Qual sistema de comando é composto por dispositivos, utilizados para proporcionar movimento angular ou de torção aos comandos de voo, e transmitir este movimento em direções opostas?**

- a) Sistema de comando por cabos flexíveis.
- b) Sistema de comando por tubos de torque.
- c) Sistema de comando por hastes rígidas.
- d) Tensores.

**3 Qual o sistema de comando utilizado por não afetar a atuação das deflexões estruturais das aeronaves nas quais está instalado?**

- a) Sistema de comando por tubos de torque.
- b) Sistema de comando por haste rígida.
- c) Sistema de comando por cabos flexíveis.
- d) Guias de cabos.

**4 Tem como função oferecer a tensão adequada aos cabos de comando.**

- a) Esticadores.
- b) Guias de cabos.
- c) Roldanas.
- d) Polias.

**5 Quais os dispositivos usados para limitar o curso dos movimentos das superfícies primárias e que podem ser fixos ou ajustáveis?**

- a) Compensadores.
- b) Batentes.
- c) Ligações mecânicas.
- d) Articulações.

## Capítulo 2 - Manutenção de helicópteros

### 1 Qual a principal função do rotor de cauda de um helicóptero?

- a) Manter a estabilidade lateral e longitudinal.
- b) Dar a direção, pois funciona como leme.
- c) Auxiliar a potência do motor.
- d) Promover o movimento de ascensão.

### 2 A orientação de um helicóptero é dada pelo equilíbrio das forças que pode ser levemente alterado pelo piloto por meio de qual alteração?

- a) Alteração comandada pela mudança do ângulo das pás, modificando a sua sustentação aerodinâmica.
- b) Alteração comandada pela mudança dos rotores de cauda, modificando sua sustentação aerodinâmica.
- c) Alteração comandada pela mudança do ângulo das pás, modificando seu peso aerodinâmico.
- d) Alteração comandada pela mudança dos rotores de cauda, modificando o seu arrasto aerodinâmico.

### 3 Como é chamado o impulso provocado pelas pás dos rotores principais de um helicóptero?

- a) Tração.
- b) Peso.
- c) Sustentação.
- d) Torque.

### 4 Durante o voo vertical de um helicóptero, em uma condição sem vento, pode-se afirmar que:

- a) A sustentação e as forças de impulso agem verticalmente para cima, enquanto o peso e o arrasto atuam verticalmente para baixo.
- b) A sustentação e as forças de impulso agem verticalmente para baixo, enquanto o peso e o arrasto atuam verticalmente para cima.
- c) Como resultante positiva o impulso/sustentação é menor que o peso/arrasto e o helicóptero desce verticalmente.
- d) Como resultante negativa o impulso/sustentação é maior que o peso/arrasto e o helicóptero sobe verticalmente.



**5 Durante o pairar de um helicóptero, em uma condição sem vento, o seu plano é paralelo ao solo. Para que isso ocorra é necessário que:**

- a) O impulso/sustentação e o peso/arrasto se multipliquem, ou seja, a multiplicação das forças de sustentação e de impulso deve ser igual ao produto do peso e arrasto.
- b) O impulso/sustentação e peso/arrasto se neutralizem, ou seja, a soma das forças de sustentação e de impulso deve ser o dobro da soma do peso e arrasto.
- c) O impulso/sustentação e peso/arrasto se neutralizem, ou seja, a soma das forças de sustentação e de impulso deve ser igual à soma do peso e arrasto.
- d) O impulso/sustentação e peso/arrasto se multipliquem, ou seja, multiplicação das forças de sustentação e de impulso deve ser igual à soma do peso e arrasto.

## Unidade 7

### Prática de oficina

#### Capítulo 1 - Procedimentos em oficinas de célula de aeronaves

**1 Sobre os cuidados com ferramentas e equipamentos relacionados às práticas de oficinas, marcar a alternativa correta.**

- a) Em uma oficina, não há com o que se preocupar, visto que o uso de ferramentas e de equipamentos não representa riscos à integridade física dos mecânicos.
- b) Luvas de borracha, óculos de segurança e tapetes de borracha são exemplos de equipamentos de proteção coletiva (EPC).
- c) A oficina de soldagem deve estar equipada com mesas apropriadas, ventilação, local para armazenar as ferramentas, equipamento para prevenir e extinguir incêndios.
- d) O manuseio seguro de ferramentas deverá ser exercitado após o estágio supervisionado.

**2 O material que, na presença de calor e oxigênio, libera mais calor e se reduz a outros compostos químicos chama-se de:**

- a) São aspectos essenciais à existência de fogo, o combustível, o calor e o oxigênio.
- b) Na classe B, o fogo ocorre em corrente elétrica e equipamentos.
- c) Na classe A, o fogo ocorre em materiais como madeira, papel e estofamentos.
- d) A classe D é aplicada a fogo em materiais inflamáveis, como magnésio, titânio e lítio.

**3 O material que na presença de calor e oxigênio libera mais calor e se reduz a outros compostos químicos, chamamos de:**

- a) Primeiros socorros são os cuidados iniciais que um profissional treinado faz em uma pessoa com estado físico em risco.
- b) O socorrista deve ter um treinamento avançado, em nível de especialização, para socorrer uma pessoa em estado de risco.
- c) Em uma situação de emergência, caso o socorrista não tenha os materiais adequados, ele não poderá, em hipótese alguma, improvisar com os materiais disponíveis.
- d) Nervosismo e agitação são qualidades importantes no atendimento do socorrista, pois demonstram atenção e foco.

**4 Sobre o choque elétrico e o trabalho do mantenedor de aeronaves, marcar a alternativa correta.**

- a) Devido à alta segurança presente em aeroportos e hangares, não há risco de choques elétricos dentro das oficinas.
- b) O choque elétrico sempre provocará lesões gravíssimas, levando a pessoa a sofrer parada cardiorrespiratória ou à morte.
- c) Não há problemas em se utilizar materiais metálicos ou úmidos.
- d) O atendimento deve ser iniciado com o desligamento da fonte de energia. A vítima não deve ser tocada e a alta voltagem não pode ser manipulada com pedaços de pau ou luvas de borracha, pois qualquer substância pode se transformar em condutor.

**5 Sobre as queimaduras, apontar a alternativa correta:**

- a) Queimadura é a lesão dos tecidos produzida por substância corrosiva ou irritante, pela ação do calor ou emissão radioativa.
- b) A queimadura de 1º grau é a mais incomum e deixa a pele esbranquiçada e úmida.
- c) A vítima de queimaduras por fogo deve ser colocada deitada e as chamas abafadas com um cobertor, manta, casaco ou lona. Na falta desses recursos, pode-se rolar a vítima no chão.
- d) A queimadura de 3º grau, embora seja bastante agressiva, não atinge músculos e ossos.

## Capítulo 2 - Reparo de peças

**1 É uma ferramenta utilizada de modo idêntico ao lápis de desenho e empregada para fazer riscos sobre o metal:**

- a) Riscador.
- b) Rabiscador.
- c) Tachador.
- d) Limador.

**2 Depois que se realiza a marcação das chapas para o corte, é comum utilizar ferramentas manuais para executar o serviço. Quais as principais ferramentas utilizadas com essa finalidade?**

- a) Tesoura reta, de aviação e combinada.
- b) Tesoura firme e de aviação.
- c) Alicate de corte preciso e de aviação.
- d) Tesouras e alicates de corte reto.

**3 É um material utilizado para cortar metal ou outros materiais duros e pode ser ajustável ou sólido.**

- a) Tesoura de corte duro.
- b) Alicate de aviação.
- c) Arco de serra.
- d) Lima.

**4 Com base nas afirmações a seguir, qual a alternativa correta?**

- I. Utilizam-se limas para fins de remoção de material, acabamento, afiamento de tesouras ou outro instrumento de corte.
- II. A limagem de arrasto consiste em passar a lima ao comprido para frente ou ligeiramente em diagonal, através do material;
- III. A limagem reta consiste em segurar a lima em cada ponta e arrastá-la para frente e para trás sobre o material.

- a) I, II e III estão corretas.
- b) I e II estão corretas.
- c) Somente a I está correta.
- d) Todas estão incorretas.

**5 Quando se necessita abrir roscas, utiliza-se um conjunto formado por duas peças. Quais são elas?**

- a) Brocas e furadeiras.
- b) Cossinetes e tarraças.
- c) Limas redondas e cônicas.
- d) Compassos e cossinetes.

## **Capítulo 3 - Cabos de comando e sistemas de segurança**

**1 Os cabos de comando são formados por um conjunto de fios unidos de forma espiral e em torno de um conjunto central. De qual material ele deve ser fabricado para que seja resistente a corrosões?**

- a) Latão.
- b) Cobre.
- c) Aço-carbono ou inox.
- d) Aço-níquel.

**2 Ao longo das atividades, muitos fios são rompidos. Para verificar se isso ocorreu, qual dos procedimentos elencados deve ser seguido?**

- 1) Deve-se enrolar todo o fio para ter melhor visão.
- 2) Alivia-se a tensão do cabo de comando e dobra-o em um ângulo menor que 90°.
- 3) O fio deve ser colocado sob a luz para verificar quais estão danificados.
- 4) Coloca tensão no cabo de comando em um ângulo maior que 90°.

**3 Em caso de frenagem de peças que estejam geometricamente distribuídas, qual a quantidade máxima de peças que podemos frear juntas?**

- a) Duas.
- b) Três.
- c) Quatro.
- d) Seis.

**4 Após efetuar os ajustes de tensão, qual dos instrumentos a seguir é utilizado para realizar a leitura da tensão dos cabos de comando?**

- 1) Multímetro.
- 2) Tensiômetro.
- 3) Paquímetro.
- 4) Micrômetro.

**5 Dos itens abaixo, garante-se o torque aplicado, evitando que a peça travada gire em virtude das vibrações causadas pelo funcionamento da aeronave:**

- a) Do torque.
- b) A frenagem.
- c) Da selagem.
- d) Do alinhamento.

## **Capítulo 4 - Inspeção em tubulações**

**1 Por que a identificação do tipo de fluido é de extrema importância durante a realização das atividades com tubulações?**

- a) Para evitar qualquer acidente pessoal ou danos a gaxetas ou tubulações de politetrafluoretileno.
- b) Somente para identificar rachaduras.
- c) Para que seja medida a tubulação antiga, acrescentando, assim, 10% a mais de comprimento.
- d) Em razão da variação das dobras.

**2 Qual ferramenta, dos itens listados, é utilizada para a remoção das rebarbas produzidas pelo corte?**

- a) Cortador de tubo.
- b) Ferramenta especial para flangeamento.
- c) Ferramenta para acabamento de corte de tubulação.
- d) Ferramenta de frisamento.

**3 Um dos métodos utilizados para identificar as tubulações é utilizar etiquetas coloridas e com sinais, que indicam sua codificação, em relação ao assunto. Quais são os itens corretos?**

- a) Vermelho e cinza – lubrificação, amarelo e azul – gás extintor.
- b) Marrom e cinza – de gelo, Azul – ar de instrumento.
- c) Vermelho – combustível, amarelo e verde – fluido hidráulico.
- d) Cinza e laranja – refrigerante, Amarelo – ar condicionado.

**4 Depois da fabricação, todas as tubulações devem ser testadas em relação a vazamentos. Qual deve ser a pressão de teste?**

- a) A mesma de trabalho.
- b) Duas vezes maior.
- c) Três vezes maior.
- d) Cinco vezes maior.

**5 Ao se confeccionar tubulações novas, devido às dobras a serem feitas, deve-se calcular o comprimento do tubo, acrescido de:**

- a) 05 cm a mais.
- b) 10 cm a mais.
- c) 15 cm a mais.
- d) 20 cm a mais.

## Capítulo 5 - Combate à corrosão

**1 Que tipo de corrosão ocorre quando a superfície é atacada em toda a sua extensão, apresentando características que variam com a natureza do material e do tipo de contaminante?**

- a) Intergranular.
- b) Generalizada.
- c) Catódica.
- d) Elétrica.

- 2 Qual o processo que aplica uma camada de metal mais nobre que o original da peça? Isso eleva a proteção contra a corrosão, pois ocorrerá apenas na camada protetora, facilitando a remoção da corrosão e a substituição da camada protetora.**
- a) Eletrolítica.
  - b) Galvanização.
  - c) Microbiocida.
  - d) Microbiológica.
- 3 Qual dos itens a seguir é a forma de corrosão que apresenta numerosos filamentos de produtos corrosivos embaixo de peças metálicas revestidas e que, além disso, ocorre normalmente quando a umidade relativa está acima de 78% e é identificada pelo deslocamento da superfície?**
- a) Corrosão filiforme.
  - b) Corrosão transgranular.
  - c) Corrosão alveolar.
  - d) Corrosão por desfolhamento.
- 4 Identifique qual é o processo utilizado para remover grandes áreas atacadas por corrosão, mas que não é recomendado para lugares que apresentem fendas ou reentrâncias?**
- a) Jateamento.
  - b) Raspagem.
  - c) Processo mecânico.
  - d) Remoção química.
- 5 Marcar a resposta correta: é um tratamento eletroquímico conduzido em um banho eletrolítico, para formar a eletrólise dos materiais usados na constituição das ligas, constituindo, assim, uma camada de óxido protetora.**
- a) Alodização.
  - b) Anodização.
  - c) Fosfatização.
  - d) Galvanização.

# Unidade 8

## Procedimento de pista

### Capítulo 1 - Procedimentos de solo

#### 1 Assinalar a alternativa que aponta a correta definição de pista.

- a) A área na qual a aeronave estaciona na linha de voo e executa os procedimentos preparatórios para voar.
- b) O conjunto formado pela área de movimento de um aeroporto e de terrenos e edificações administrativas, cujo acesso é controlado.
- c) O conjunto formado pela área de movimento de um aeródromo e de terrenos e edificações adjacentes, ou parte delas, cujo acesso é controlado.
- d) Uma área retangular, definida em um aeródromo terrestre, preparada para o pouso e a decolagem de aeronaves.

#### 2 Durante a partida de um motor turbojato ou turbo-hélice, pode-se afirmar que os parâmetros do motor são influenciados pela:

- a) Baixa umidade do ar somente.
- b) Temperatura, apenas nos dias extremamente frios.
- c) Altitude.
- d) Somente pela posição do vento predominante em relação à aeronave.

#### 3 Em um motor convencional, na partida manual, o operador acionará a hélice:

- a) Através do magneto na cabine.
- b) Pela fonte externa de 28 VAC.
- c) Pelo motor de arranque.
- d) Diretamente na hélice.

#### 4 Apontar a alternativa que descreve um incêndio tipo classe B:

- a) Incêndio em materiais elétricos energizados. Nesse caso, o agente extintor não pode possuir condutividade.
- b) Gerada a partir da queima de produto inflamável, derivado do petróleo ou líquido combustível como solvente, graxas e tintas.
- c) Em materiais como liga de magnésio.
- d) Aplicada à queima de materiais comuns como papel, tecido, madeira.

#### 5 Para as unidades de força elétrica rebocáveis, a velocidade do trator deve ser:

- a) 20 Km/h em pista não pavimentada.
- b) 20 Km/h a 30 Km/h em pista pavimentada.
- c) 20 Km/h em pista pavimentada, sendo que alguns fabricantes recomendam 16 Km/h.
- d) Menor que 16 Km/h em pistas pavimentadas.

## Capítulo 2 - Abastecimentos

- 1 Após o voo, os tanques de combustível das aeronaves devem ser completados para:**
  - a) Acumular vapores durante o pernoite.
  - b) Não ocorrer vazamento do combustível para o solo, contaminando-o.
  - c) Evitar a formação de água nos tanques pela condensação, permitindo a formação de micro-organismos.
  - d) O combustível não vazar para o suspiro.
  
- 2 Em regra geral, o nível de óleo das aeronaves deve ser verificado:**
  - a) Após o abastecimento de combustível.
  - b) Por ocasião do abastecimento de combustível.
  - c) Antes do abastecimento de combustível.
  - d) A cada 1.000 horas de voo.
  
- 3 O abastecimento dos sistemas de oxigênio das aeronaves deve ser feito:**
  - a) Junto com o abastecimento de combustível.
  - b) No hangar, quando da manutenção programada.
  - c) Às vezes, com a necessidade de uso de Equipamento de Proteção Individual.
  - d) Em área aberta, ventilada e segura.
  
- 4 Um fator de segurança, comum ao abastecimento de combustível e de oxigênio, e que deve ser observado pelos técnicos envolvidos nos procedimentos é:**
  - a) O perfeito aterramento da aeronave.
  - b) O perfeito desenrolar da mangueira.
  - c) O uso de mangueira de metal rígido.
  - d) A distância do caminhão em relação à aeronave.
  
- 5 No momento do abastecimento da aeronave com combustível, o caminhão-tanque deve:**
  - a) Permanecer sem aterramento.
  - b) Estacionar de forma a permitir que tanto o caminhão-tanque quanto a aeronave não colidam, caso ocorra um deslocamento indesejado de qualquer um deles.
  - c) Ficar com a frente voltada para a aeronave.
  - d) Aproximar-se de forma rápida, a fim de não atrasar a saída do voo.



## Capítulo 3 - Procedimentos diversos

**1 Durante a movimentação de uma aeronave no pátio por trator, um mantenedor deve permanecer na cabine para qualquer eventualidade. Para evitar colisão, é importante a presença do lado externo de:**

- a) Um bombeiro, para acompanhar a movimentação.
- b) Dois balizadores, um em cada ponta de asa.
- c) Um piloto, na cabine, junto com o mantenedor.
- d) Um mantenedor, atrás da aeronave.

**2 De uma maneira geral, a ancoragem de uma aeronave em relação ao vento deve, sempre que possível, estar:**

- a) Alinhada de cauda para o vento predominante.
- b) No través em relação ao vento predominante.
- c) Alinhada de frente para o vento predominante.
- d) Qualquer posição desde que esteja amarrada.

**3 Elevar os braços, com as palmas das mãos voltadas para frente, com os dedos estendidos e, em seguida, cerrar os punhos. Este sinal visual e convencional, significa:**

- a) Acionar freios.
- b) Calços colocados.
- c) Calços removidos.
- d) Cortar motor.

**4 Helicópteros, se bem ancorados, podem suportar ventos de até:**

- a) 165 milhas náuticas.
- b) 165 k/h.
- c) 65 milhas por hora.
- d) 65 K/h.

**5 Durante a conexão de um cabo de força, visando evitar centelhamento entre o *plug* e a tomada, todos os equipamentos a ele conectados devem estar:**

- a) Ligados.
- b) Desligados.
- c) Afastados.
- d) Removidos.

# Unidade 9

## Reparos estruturais

### Capítulo 1 - Conceitos de reparos estruturais

**1 O que deve ser feito antes de se iniciar um reparo estrutural?**

- a) Efetuar uma limpeza na área e fazer um esboço do reparo em uma chapa de metal.
- b) Efetuar uma limpeza na área e fazer um esboço do reparo em uma folha de papel.
- c) Efetuar uma limpeza na área e fazer um esboço do reparo em uma chapa de compensado.
- d) Efetuar os cálculos de rebiteagem.

**2 Para que a resistência original da estrutura seja mantida, o que a chapa do reparo deve possuir?**

- a) Seção transversal menor que a seção original danificada.
- b) Seção longitudinal igual ou maior que a seção original danificada.
- c) Seção transversal igual ou maior que a seção original danificada.
- d) Seção longitudinal menor que a seção original danificada.

**3 Para determinar o diâmetro do rebite que resistirá ao cisalhamento, multiplica-se a espessura da chapa de reparo por quantas vezes?**

- a) 2 vezes.
- b) 3 vezes.
- c) 4 vezes.
- d) 8 vezes.

**4 Os danos são classificados em quatro classes gerais. Assinalar a alternativa que considera que os danos não afetam a integridade estrutural do membro envolvido:**

- a) Danos desprezíveis.
- b) Danos reparáveis por remendo.
- c) Danos reparáveis por inserção.
- d) Danos que necessitem de substituição de partes.

**5 Dentre os estresses sofridos por membros estruturais, marcar a combinação de dois outros estresses:**

- a) Tensão.
- b) Flexão.
- c) Torção.
- d) Compressão.

## Capítulo 2 - Trabalhos com rebites

**1 O que define o tipo de cabeça do rebite a ser usado no processo de rebitagem?**

- a) A localização onde o rebite será instalado.
- b) O tamanho do rebite a ser usado.
- c) A quantidade de furos e suas proximidades.
- d) A espessura do material ao qual o rebite será instalado.

**2 O que são usados quando chapas de revestimento são substituídas por novas?**

- a) Cortadores.
- b) Puxadores.
- c) Duplicadores.
- d) Escareadores.

**3 É considerada uma ferramenta de rebaixamento que corta uma depressão em forma de cone em torno do furo do rebite:**

- a) Escareadores.
- b) Punções de rebaixamento.
- c) Cortadores.
- d) Martelos pneumáticos.

**4 Marcar a folga recomendada para furos de rebites em polegadas:**

- a) 0,1 a 0,4.
- b) 0,6 a 1,0.
- c) 0,008 a 0,010.
- d) 0,002 a 0,004.

**5 Quando um microrraspador está ajustado, ele permite cortar a cabeça de um rebite escareado em quantas polegadas, sem danificar o material adjacente?**

- a) 0,01.
- b) 0,002.
- c) 0,04.
- d) 0,0005.

## Capítulo 3 - Tipos de rebites

**1 Marcar o tipo de rebite autotravante que consiste em uma haste oca e uma haste com diâmetro aumentado na seção de encaixe:**

- a) *Huck*.
- b) *Cherrylock*.
- c) Autotravante por trava mecânica.
- d) Autotravante por fricção.

**2 Assinalar tipo de rebite que tem sua haste totalmente extraída durante a sua instalação:**

- a) *Deutsch*.
- b) *Cherreuty lock*.
- c) *Pull thru*.
- d) *Huck*.

**3 Definir a resistência mínima ao cisalhamento em p.s.i. (libras por polegadas ao quadrado) de um rebite Deutsch:**

- a) 75.000 psi.
- b) 95.000 psi.
- c) 105.000 psi.
- d) 110.000 psi.

**4 O que são necessários para aumentar a resistência dos rebites Rivnuts, para considerarmos a sua instalação completada?**

- a) Parafusos.
- b) Pinos roscados.
- c) Cola.
- d) Solda.

**5 É determinado o tamanho do rebite Hi-Shear:**

- a) Pelo formato da cabeça.
- b) Pelo diâmetro da haste interna.
- c) Pelo *part number* (P/N).
- d) Pelo diâmetro da haste externa.

## Capítulo 4 - Moldagem

**1 Existem vários metais usados no reparo estrutural. Marque qual é o mais facilmente moldável:**

- a) Aço inoxidável.
- b) Ferro fundido.
- c) Alumínio intrínseco.
- d) Alumínio escovado.

**2 Dos termos abaixo, qual é considerado um termo usado na operação de moldagem?**

- a) Martelamento.
- b) Amolgamento.
- c) Esmerilhamento.
- d) Furação.

**3 Assinalar a sentença verdadeira:**

- a) Contração é o processo de moldagem, em que o material é forçado ou comprimido em uma área maior.
- b) Amolgamento é o processo de moldagem que estica uma peça.
- c) Estreitamento é a diferença de comprimento, em que um flange horizontal de uma chapa é forçado a se curvar.
- d) Estreitamento é a diferença de comprimento, em que um flange vertical de uma chapa é forçado a se curvar.

**4 É considerada a distância entre a linha tangente da dobra e o ponto de molde:**

- a) Recuo.
- b) Linha neutra.
- c) Linha de visada.
- d) Raio da dobra.

**5 O que é usado para evitar formação de pontos de fadiga nas intercessões das linhas internas de tangência da dobra?**

- a) Rebites.
- b) Furo de alívio.
- c) Cola.
- d) Parafusos.

## **Capítulo 5 - Ferramentas usadas em reparos estruturais**

**1 O que é usado para a modelagem ou acabamento nas chapas de metal, quando as grandes máquinas não são adequadas?**

- a) Grampos em C.
- b) Blocos em V.
- c) Placas de apoio.
- d) Blocos de contração.

**2 São consideradas as ferramentas usadas para segurar materiais de diversos tipos, para que algum serviço seja realizado:**

- a) Modelo de madeira.
- b) Dispositivos de suporte.
- c) Blocos de contração.
- d) Bigornas.

**3 O que são utilizados em reparos de estruturas metálicas para contrair ou esticar o metal?**

- a) Modelo de cerâmica.
- b) Bloco de retração.
- c) Prendedor Cleco.
- d) Blocos em V.

**4 São chamados de moldes e usados para duplicar qualquer parte estrutural:**

- a) Modelo de madeira.
- b) Modelo de metal.
- c) Placas de apoios.
- d) Dispositivos de cerâmica.

**5 Marcar o tipo de morsa usada para segurar canos e hastes:**

- a) Paralelas.
- b) Bancada.
- c) Angulares.
- d) Paralelas ou angulares.

## Capítulo 6 - Dispositivos para reparos em metais

**1 Assinalar a ferramenta usada para corte em chapas de metais, que é constituída de uma lâmina inferior estacionária e uma lâmina superior móvel:**

- a) Vazador rotativo.
- b) Guilhotina.
- c) Tesourão em espiral.
- d) Tesourão sem pescoço.

**2 O tesourão sem pescoço é utilizado para cortar chapas metálicas de até quantas polegadas de espessura?**

- a) 0,035 polegadas.
- b) 0,36 polegadas.
- c) 0,063 polegadas.
- d) 0,053 polegadas.

**3 Apontar a cor do cabo da tesoura de aviação usada para efetuar cortes retos:**

- a) Cabo amarelo.
- b) Cabo verde.
- c) Cabo vermelho.
- d) Cabo preto.

**4 Determinar a quantidade de compressão de ar de p.s.i. (libras por polegadas quadradas) em que a serra vaivém pneumática opera:**

- a) 20 a 25 p.s.i.
- b) 30 a 60 p.s.i.
- c) 70 a 80 p.s.i.
- d) 85 a 100 p.s.i.

**5 Das ferramentas listadas, marcar a utilizada para remover o excesso de material, produzindo uma superfície lisa:**

- a) Serra elétrica Ketts.
- b) Esmeril.
- c) Recortadores.
- d) Furadeiras angulares.

## Capítulo 7 - Dispositivos para moldagem

**1 Um dobrador de barra utilizado para realizar dobras das bordas de chapas metálicas aceita metais de até quantas polegadas de espessura e de comprimento?**

- a) 10 / 20.
- b) 22 / 42.
- c) 30 / 40.
- d) 50 / 60.

**2 Assinalar a máquina utilizada para fazer bandejas:**

- a) Viradeira.
- b) Dobrador de barra.
- c) Dobradeira de caixa.
- d) Laminador.

**3 Quando é usada uma viradeira para se fazer uma dobra em uma chapa, é necessário aumentar em alguns graus o seu ajuste angular, pois toda chapa tende a voltar à sua forma original. Marcar em quantos graus é feito este ajuste:**

- a) 2 a 3 graus.
- b) 4 a 5 graus.
- c) 6 a 8 graus.
- d) 10 a 15 graus.

**4 Marcar o tipo de rolo do laminador utilizado para efetuar a curvatura, sabendo que existem três rolos e dois são utilizados para alimentar o laminador:**

- a) Traseiro.
- b) Dianteiro.
- c) Central.
- d) Dianteiro direito.

**5 Determinar a quantidade de batentes em um dobrador de barra para formar dobras com ângulos de 45 ou 90 graus:**

- a) Cinco.
- b) Três.
- c) Dois.
- d) Um.

## Capítulo 8 - Selagem estrutural

**1 Quantos tipos de selantes são usados para a selagem de áreas na estrutura da aeronave?**

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

**2 Assinalar o tipo de selante usado em pontos onde são necessários o rompimento frequente da selagem:**

- a) Selante de borracha.
- b) Selante composto.
- c) Selante especial.
- d) Selante de metal.

**3 Os selos usados em seções pressurizadas devem suportar certa quantidade de pressão. De qual lado a selagem deve ser realizada e com sobra de quantas polegadas antes e depois da área reparada?**

- a) Não pressurizado / 2.
- b) Pressurizado / 4.
- c) Não pressurizado / 3.
- d) Pressurizado / 3.

**4 Como é definido o tempo de cura de um selante?**

- a) Pela localização do reparo e pelo decapante usado.
- b) Pela localização do reparo e pela temperatura.
- c) Pela temperatura e decapante usado.
- d) Somente pelo decapante usado.

**5 Marcar em qual lado da aeronave verificam-se os vazamentos de selantes quando da sua pressurização:**

- a) Interno.
- b) Interno e externo.
- c) Externo.
- d) Não se verifica selantes.



## Capítulo 9 - Adesivos

- 1 O que é adicionado pelos fabricantes nos adesivos de resinas sintéticas para facilitar sua aplicação em juntas?**
  - a) Resorcinol.
  - b) Formaldeído.
  - c) Farinha da casca de noqueira.
  - d) Farinha da casca de cicuta.
  
- 2 A que temperatura devem ser colocados os adesivos de aplicação a frio para endurecerem satisfatoriamente:**
  - a) 5 a 22 °C.
  - b) 5 a 40 °C.
  - c) 10 a 20 °C.
  - d) 10 a 32 °C.
  
- 3 Durante o teste de juntas coladas, determinar a porcentagem de fibras de madeira que as faces coladas deverão conter depois de fraturadas:**
  - a) 25%.
  - b) 50%.
  - c) 75%.
  - d) 100%.
  
- 4 Assinalar a temperatura em que deverá estar o forno para se determinar a quantidade de umidade da amadeira tomada em uma amostra a ser colada:**
  - a) 50 a 85 °C.
  - b) 100 a 105 °C.
  - c) 40 a 150 °C.
  - d) 100 a 180 °C.
  
- 5 A junta chanfrada é muito utilizada na montagem de membros estruturais de aeronaves. Porém a maior dificuldade encontrada ao se fazer esse tipo de junta está em se obter:**
  - a) A mesma inclinação em cada peça.
  - b) O mesmo tipo de madeira.
  - c) O mesmo tipo de fibra.
  - d) O mesmo alinhamento das fibras.

## Capítulo 10 - Acrílico

- 1 Dos dois tipos de acrílicos transparentes, marcar qual não retorna à sua forma original após moldado por aquecimento:**
  - a) Termocuráveis.
  - b) Monolíticos.
  - c) Termoplásticos.
  - d) Acetatos.
  
- 2 Assinalar a cor que ficará o acrílico à base de acetato ao ser aplicado sobre ele cloreto de zinco:**
  - a) Leitoso.
  - b) Transparente.
  - c) Negro.
  - d) Amarelo.
  
- 3 De quanto deverá ser o raio de curvatura em relação à espessura de uma chapa de acrílico transparente para serem dobradas a frio?**
  - a) 90 vezes.
  - b) 150 vezes.
  - c) 180 vezes.
  - d) 240 vezes.
  
- 4 Marcar a margem que deverá ser deixada para se efetuar um corte em uma chapa de acrílico transparente:**
  - a)  $5/32$  da polegada.
  - b)  $1/16$  da polegada.
  - c)  $1/4$  da polegada.
  - d)  $1/8$  da polegada.
  
- 5 Assinalar a alternativa verdadeira com relação à profundidade de furos em acrílicos transparentes:**
  - a) Furos rasos têm uma proporção entre profundidade/diâmetro de 2 por 1.
  - b) Furos médios têm uma proporção entre profundidade/diâmetro de 1,5 por 1.
  - c) Furos fundos têm uma proporção entre profundidade/diâmetro acima de 4 por 1.
  - d) Furos fundos têm uma proporção entre profundidade/diâmetro acima de 3 por 1.

## Capítulo 11 - Peças de fibra de vidro

**1 Julgar em quantos graus são chanfradas as áreas dos danos de peças de mantas moldadas:**

- a) De 10 a 15 graus.
- b) De 15 a 45 graus.
- c) De 20 a 50 graus.
- d) Acima de 60 graus.

**2 Por quanto tempo uma peça de manta moldada deverá ficar em um forno a 95 °C para obter a cura do reparo?**

- a) 1 hora.
- b) 2 horas.
- c) 3 horas.
- d) 4 horas.

**3 Os radomes devem possuir a qualidade de:**

- a) Não serem reflexíveis.
- b) Serem dielétrico.
- c) Serem condutores de eletricidade.
- d) Serem reflexíveis.

**4 Selecionar o objeto usado para detectar umidade em radomes:**

- a) Detector mecânico.
- b) Detector elétrico.
- c) Martelo de borracha.
- d) Detector eletrônico.

**5 Em quantas classes os danos em radomes são divididos?**

- a) 5 classes.
- b) 4 classes.
- c) 3 classes.
- d) 2 classes.

## Capítulo 12 - Peças compostas

**1 O que define a linha da cola de uma peça composta?**

- a) Linha grossa do adesivo entre o miolo e a face.
- b) Linha fina do adesivo entre o miolo e a face.
- c) Borda do membro entre a linha fina do adesivo e o miolo.
- d) Borda do membro entre a linha grossa do adesivo e o miolo.

- 2 De quantas onças deverá ser o martelo de alumínio usado para efetuar o teste de som metálico em uma peça composta?**
- a) 1 onça.
  - b) 2 onças.
  - c) 3 onças.
  - d) 4 onças.
- 3 Assinalar a velocidade em rotações por minuto da fresadora usada para efetuar reparos em peças compostas.**
- a) 1.000 a 3.000 rpm.
  - b) 5.000 a 10.000 rpm.
  - c) 10.000 a 15.000 rpm.
  - d) 10.000 a 20.000 rpm.
- 4 As lâmpadas de aquecimento são usadas para diminuir o tempo de cura do reparo de colmeia colada. Marcar em quanto tempo é reduzida a cura:**
- a) 10 horas para 5 horas.
  - b) 10 horas para 1 hora.
  - c) 12 horas para 1 hora.
  - d) 12 horas para 6 horas.
- 5 Marcar o lado da aeronave em que se verificam os vazamentos de selantes quando da sua pressurização:**
- a) Acetona.
  - b) Tíner.
  - c) *Methyl-etil-cetona* (MEC).
  - d) Álcool polivinil.

## Capítulo 13 - Tipos de reparos

- 1 Indicar o tipo de remendo utilizado em reparo estrutural que proporciona uma boa concentração de rebites dentro da área crítica de estresse:**
- a) Remendo de superfície.
  - b) Remendo octogonal alongado.
  - c) Remendo redondo.
  - d) Remendo quadrado.

**2 Marcar o raio mínimo de arredondamento das pontas dos orifícios dos reparos de painéis, para o alívio de tensões:**

- a) 1,5 polegadas.
- b) 1,0 polegada.
- c) 0,5 polegadas.
- d) 0,2 polegadas.

**3 Assinalar os membros que dão a forma da fuselagem e mantêm o formato da estrutura:**

- a) Nervuras.
- b) Longarinas.
- c) Tirantes.
- d) Revestimentos.

**4 No reparo de longarinas, são mantidos espaço entre rebites de quantas vezes seu diâmetro?**

- a) De 2 a 3 vezes o diâmetro do rebite.
- b) De 4 a 6 vezes o diâmetro do rebite.
- c) De 3 a 5 vezes o diâmetro do rebite.
- d) De 1 vez o diâmetro do rebite.

**5 Dentre as nervuras a seguir, marcar as consideradas críticas:**

- a) Nervuras de Flapes.
- b) Nervuras de Profundores.
- c) Nervuras de Asa.
- d) Nervuras de Leme.

## Capítulo 14 - Reparos especiais em longarinas e nervuras

**1 Nos reparos de longarinas e nervuras, podem ser usadas chapas de espruce ou compensado de espessura suficiente para proporcionar que tipo de reforço contra o cisalhamento?**

- a) Reforço longitudinal.
- b) reforço nulo.
- c) reforço horizontal.
- d) reforço vertical.

**2 Marcar a inclinação ideal do chanfrado usado para as chapas de reforço de longarinas:**

- a) 5:1.
- b) 7:1.
- c) 10:1.
- d) 12:1.

- 3 O reparo reforçado de uma nervura de cobertura de asa deverá ser feito:**
- a) Pelo mesmo lado da cobertura.
  - b) Pelo lado oposto da cobertura.
  - c) Por ambos os lados da cobertura.
  - d) Não se faz reforço em nervuras.
- 4 Quais tipos de buchas proporcionam uma superfície de atrito adicional sem grande incremento?**
- a) Chumbo.
  - b) Cerâmica.
  - c) Plástico.
  - d) Papel.
- 5 Determinar em quantos graus uma broca deve ser afiada para produzir furos perfeitos, tanto em madeiras sólidas como em compensados:**
- a) 45°.
  - b) 60°.
  - c) 90°.
  - d) 120°.

## Capítulo 15 - Estruturas de madeiras

- 1 Marcar os lugares da estrutura de madeira que são indicativos de que a estrutura principal da aeronave está comprometida:**
- a) Bordos de ataque e de fuga.
  - b) Longarinas.
  - c) Nervuras.
  - d) Cavernas.
- 2 Dos itens a seguir, qual a cor de mancha ao longo das fibras indica um apodrecimento da madeira?**
- a) Cinza.
  - b) Verde.
  - c) Vermelha.
  - d) Amarela.
- 3 Determinar o tipo de madeira utilizada em reparos que consistem de duas ou mais camadas de madeiras coladas:**
- a) Duras.
  - b) Macias.
  - c) Moldadas.
  - d) Laminadas.

**4 Estabelecer o tipo de madeira usada como padrão para os demais tipos de madeiras utilizadas em reparos de estruturas de madeira?**

- a) Cedro.
- b) Espruce.
- c) Pinheiro Nobre.
- d) Pinheiro Douglas.

**5 Os nós duros são aceitáveis até o limite de quantas polegadas de diâmetro?**

- a) 1/4 da polegada.
- b) 1/2 polegada.
- c) 3/8 da polegada.
- d) 1 polegada.

## Capítulo 16 - Reparos em revestimentos de madeira

**1 Selecionar o reparo utilizado em revestimento de madeira com espessura até 1/8 da polegada:**

- a) Reparo inclinado.
- b) Reparo chanfrado.
- c) Reparo de tela.
- d) Reparo de externo.

**2 Assinalar os dois tipos de reparo de preenchimento utilizados em reparos com revestimentos de compensado:**

- a) Hexagonal e quadrado.
- b) Oval e redondo.
- c) Oval e quadrado.
- d) Oval e triangular.

**3 O reparo inclinado deve ser usado quando o maior furo a ser reparado não seja maior a quantas vezes a espessura do revestimento?**

- a) 5 vezes.
- b) 10 vezes.
- c) 15 vezes.
- d) 20 vezes.

**4 O reparo chanfrado se difere do reparo inclinado, pois suas dobras são inclinadas em qual proporção, ao invés de 5:1 como no inclinado?**

- a) 7:1.
- b) 10:1.
- c) 12:1.
- d) 15:1.

**5 Selecionar o reparo utilizado quando o furo não excede a uma polegada de diâmetro, depois de aparado para um contorno arredondado:**

- a) Remendo de tela.
- b) Remendo de preenchimento.
- c) Reparo externo.
- d) Reparo interno.



# Glossário

## Unidade 1

### Acabamento de aeronaves

**Absortivo** - Capacidade de absorver.

**Ancoragem** - Fixação, capacidade de prender a tinta ao substrato.

**Anodo** - Eletrodo através do qual a carga elétrica positiva flui para o interior de um dispositivo elétrico polarizado.

**Atomização** - Dispersão de um líquido em gotículas formando uma névoa.

**Bisfenol** - Substância química utilizada para fabricação de plásticos.

**Camada termoplástica** - Camada cuja formação ocorre espontaneamente, sem a ocorrência de reações químicas entre seus elementos.

**Celulose** - Base para a fabricação de papel extraída das árvores. As indústrias também a utilizam para a fabricação de certos tipos de plásticos, vernizes, filmes, seda artificial e diversos produtos químicos.

**Cromatização** - Tratamento químico realizado nas ligas metálicas.

**Decapagem** - Processo sobre superfícies metálicas que visa à remoção de oxidações e de impurezas inorgânicas, recozimento, camadas de oxidação, crostas de fundição e incrustações superficiais.

**Elastoméricas** - Membrana impermeável contínua e aderente monocomponente à base de resinas acrílicas em emulsão aquosa.

**Epicloridrina** - É um líquido incolor com um odor pungente, moderadamente solúvel em água, mas miscível com a maioria dos solventes orgânicos polares.

**Estampagem** - Processo de fabricação de peças realizado a frio, no qual uma chapa é colocada sobre uma matriz e submetida a uma força de uma punção, de maneira a adquirir a forma geométrica da matriz.

**Estequiométricos** - É o cálculo que permite relacionar quantidades de reagentes e produtos, que participam de uma reação química com o auxílio das equações químicas correspondentes.

**Filmogênico** - Que forma uma película.

**Ferramentas pneumáticas** - São ferramentas que utilizam o ar comprimido como fonte de energia.

**Granulometria** - Medida das dimensões do grão de pigmento.

**Helicoidais** - Engrenagens com formato de hélice ou semelhante a hélice.

**Íons** - Átomos que perdem ou ganham elétrons durante reações; classificam-se em ânions e cátions.

**Isocianatos** - Composto orgânico que tem grupo funcional de átomos com fórmula geral **R-N=C=O**.

**Molhabilidade** - É a habilidade de um líquido em manter contato com uma superfície sólida, resultante de interações intermoleculares quando os dois são colocados juntos.

**Monohidratado** - Aquilo que foi hidratado uma única vez; que possui uma única molécula de água.

**Monômeros** - Composto constituído de moléculas capazes de se combinarem entre si ou com outras para formar polímeros.

**Óxido-redução** - Fenômeno que ocorre simultaneamente em reações em que há transferência de elétrons entre os átomos.

**Organometálicos** - Compostos que contêm, pelo menos, uma ligação carbono-metal (**C-M**).

**Partículas coloidais** - São sistemas nos quais um ou mais componentes apresentam pelo menos uma das suas dimensões dentro do intervalo de 1nm a 1µm.

**Pigmentária** - Que possui pigmentos.

**Polihidroxilados** - Compostos sintéticos com propriedades umectantes.

**Polimerização** - Reação química que provoca a combinação de um grande número de moléculas dos monômeros para formar uma macromolécula (polímeros).

**Polímeros** - Macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais menores, os monômeros.

**Propriedades newtonianas** - Líquidos com padrão de escoamento previsto pela física clássica cuja viscosidade permanece constante.

**Purgador** - Dispositivo que elimina líquido acumulado por condensação em canos e equipamentos que contêm gases ou vapores.

**Rastreabilidade** - Propriedade de um resultado de medição que pode ser relacionado a uma referência através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.

**Refratância** - Propriedade de reflexão da luz.

**Repuxamento** - Método de conformação de chapa metálica em formas assimétricas sem costuras através de uma combinação de rotação e força.

**Ressaltos** - É uma saliência, parte que se destaca das demais.

**Sedimentação** - É um processo de separação de uma mistura de um sólido e um líquido onde a fase mais densa, por ação da gravidade, deposita-se no fundo do recipiente.

*Silkscreen* - É um processo de impressão no qual a tinta é vazada pela pressão de um rodo ou puxador.

*Sintetizadas* - Substâncias unidas por síntese.

*Tenacidade* - É uma medida de quantidade de energia que um material pode absorver antes de fraturar. Capacidade de resistir a ruptura.

*Viscosidade cinemática* - É a razão entre a viscosidade absoluta e a densidade, a dimensão da viscosidade cinemática é [comprimento<sup>2</sup>/tempo] no SI.

*Washprimer* - Tinta de fundo anticorrosiva promotora de adesão para camadas posteriores.

## Unidade 2

### Estrutura de aeronaves

*Aerofólio* - Corpo aerodinâmico capaz de gerar sustentação e não criar arrasto excessivo.

*Aeronave de asa fixa* - Aparelho manobrável em voo, capaz de sustentar-se no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas nas asas fixas.

*Aeronave de asa rotativa* - Aeronave mais pesada que o ar que depende principalmente da sustentação gerada por um ou mais rotores para manter-se no espaço aéreo.

*Anodizado* - Processo de tratamento nas ligas de alumínio que visa à proteção desse metal contra os efeitos da corrosão.

*Arrasto* - Consiste em uma resistência ao avanço.

*Arrefecer* - Consiste em refrigerar o motor da aeronave.

*ATA 100* - Associação dos Transportes Aéreo da América. Manual dividido em capítulos e subsistemas para facilitar a localização do usuário. Possui 100 capítulos na sua totalidade.

*Aviônicos* - Equipamentos eletrônicos ou de processamentos de dados, inclusive os emissores ou receptores de ondas eletromagnéticas e seus componentes, utilizados para controle, comunicação ou navegação de aeronaves.

*Barra de apoio (encontradora)* - Ferramenta necessária a inserção de rebites na estrutura da aeronave.

*Bolts* - Parafusos utilizados em mecânica, mais precisamente em locais que requerem grandes firmezas.

*Corisco* - Aeronave modelo EMB-711.

*Cow Flaps* - Estrutura protetora da entrada de ar do motor.

*CVR* - Do inglês *Cockpit Voice Recorder*. Gravador de voz da cabine de comando. É a caixa-preta do avião.

*Defensivos agrícolas* - Produtos químicos aplicados pelos aviões nas lavouras, com o objetivo de proteger contra os ataques das pragas.

**Empuxo** - Significa o empuxo de um motor à reação obtido com a alavanca de controle de potência do motor posicionada no batente de potência mínima.

**Esteio** - Peça de madeira, metal ou ferro. Suporte.

**Fita prestite** - Fita própria para fazer vedação na estrutura de aeronaves. Espécie de selante.

**FL 250** - Do inglês, *Flight Level*. Seguido de 3 dígitos, indica as centenas de pés. Ou seja, 250 é 25.000 pés de altitude.

**Indexação** - Catalogação do produto aeronáutico, a fim de que ele possa ser localizado no suprimento.

**Ingerências** - Intervenção.

**Intempéries** - Clima adverso que repercute na performance da aeronave

**Mantenedor de aeronaves** - É o profissional detentor de uma habilitação de célula, grupo motopropulsor ou aviônicos, capaz de realizar as atividades de inspeção, revisão, reparo, limpeza e conservação de aeronaves.

**Operações aéreas** - Operação de aeronave que envolve transporte aéreo público e transporte aéreo privado.

**Parede-de-fogo** - Uma nacele também contém uma parede-de-fogo que separa o compartimento do motor do resto da aeronave. Feita de aço inoxidável ou titânio.

**Picada** - Atitude da aeronave de baixar o nariz, quando o manche é movimentado longitudinalmente para frente. Descida. De nariz para baixo.

**Pilotagem** - É o ato de conduzir a aeronave na condição de piloto ou copiloto, dentro da cabine de comando.

**Pitting** - É uma forma especial de reação galvânica, consistindo no ataque corrosivo de áreas locais pequenas e bem definidas.

**Plexiglass** - Material termoplástico, por exemplo, o acrílico.

**Produto aeronáutico** - Significa qualquer aeronave civil, motor ou hélice de aeronave ou aparelho neles instalado.

**RBAC** - Regulamento Brasileiro de Aviação Civil. Normas de caráter geral e abstrata que estabelece requisitos para Aviação Civil.

**Rebitagem** - Ato de fazer a inserção de rebites na estrutura da aeronave.

**Tandem** - Dois rotores principais dos helicópteros dispostos lado-a-lado.

**Taxiar** - Deslocamento da aeronave por seus meios próprios na superfície terrestre.

**Voo pairado** - O passo das pás do rotor principal e a potência do motor mantêm constante a rotação, fazendo com que o helicóptero não suba.

# Unidade 3

## Helicóptero

**Aerodinâmicas** - É o estudo do movimento de fluidos gasosos, relativo às suas propriedades e características e às forças que exercem em corpos sólidos neles imersos.

**Aeronavegabilidade** - É a capacidade de uma aeronave de realizar um voo seguro no espaço aéreo.

**Arrefecidos** - É o mesmo que resfriado, gelado.

**Arriel** - Motor foi projetado para adaptar-se às exigências e particularidades de propulsão da nova geração de aeronaves, neste caso o helicóptero.

**Autogiro** - Brinquedo que gira entre as mãos e voa igual ao helicóptero.

**Bandeirante** - Avião turbo-hélice com capacidade de 15 a 21 passageiros, para uso civil ou militar, desenvolvido por uma fabricante de aeronaves brasileira.

**Cambra inferior** - Parte inferior da superfície aerodinâmica

**Cambra superior** - Parte superior da superfície aerodinâmica

**Cíclico** - Comando é responsável por movimentar o helicóptero em quatro direções: frente, trás, esquerda e direita.

**Coletivo** - Comando responsável por fazer o helicóptero decolar. O controle coletivo é uma alavanca que fica ao lado da poltrona do piloto e que pode ser movimentada para cima ou para baixo.

**Dissimetria de sustentação** - É uma sustentação desigual na área do disco do rotor.

**Endoscópica** - Exame especializado para verificar o motor por dentro sem precisar abri-lo.

**Espectrométrica** - Exame especializado para verificar o óleo do motor.

**Ferrográfica** - Exame especializado para verificar o nível de ferro (metal) no óleo do motor.

**Flector** - Acoplamento flexível que absorve pequenos desalinhamento dos eixos.

**Garfo da cabeça** - Também conhecido como tesoura, auxilia e dá suporte ao movimento de comando no helicóptero.

**Magnestoscópica** - Exame especializado para verificar o nível de magnésio no óleo do motor.

**Mancais** - São peças que dão suporte de fixação no local em que são instaladas.

**Maneabilidade** - É a capacidade de se mover de manobrar com eficiência.

**Torque** - É definido a partir da componente perpendicular ao eixo de rotação da força aplicada sobre um objeto, que é efetivamente utilizado para fazê-lo girar em torno de um eixo ou ponto central conhecido como ponto pivô ou ponto de rotação.

**Translação** - Ação ou efeito de transladar. Ir a frente, prosseguir, caminhar.

**Tubo de Venturi** - Tubo utilizado para demonstrar o comportamento do ar em relação a uma superfície aerodinâmica.

**Vento relativo** - É o vento aparente que sopra sobre um corpo em movimento na atmosfera, geralmente no sentido contrário ao objeto em movimento.

## Unidade 4

### Inspeção de Aeronaves

**Ailerons** - Superfície aerodinâmica responsável por romper a estabilidade lateral em cima do eixo longitudinal.

**Arfagem** - Movimento de uma aeronave em voo, em que o nariz da aeronave é deslocado para cima ou para baixo, rompendo a estabilidade longitudinal em cima do eixo lateral.

**Arrefecimento** - Diminuição de temperatura por meio de trocas de calor.

**Aterrada** - Ligado à carcaça da aeronave.

**Austenítico** - Aço de alta liga. Suporta fortes desgastes por impacto.

**Banda de rodagem** - Superfície superior do pneu que entra em contato com o solo na rolagem.

**Batente primário** - Dispositivo que limita o deslocamento angular de uma superfície de comando.

**Biocida** - Substância usada no combate de bactérias e fungos.

**Blades** - Paletas do compressor ou da turbina dos motores a reação. Asas rotativas do helicóptero.

**Braçadeira** - Dispositivo de fixação de cablagens ou tubulações.

**Cablagem** - Conjunto de fios pertencentes a um sistema ou a um equipamento.

**Cavernas** - Membros estruturais da aeronave responsáveis pelo formato da fuselagem.

**Cerâmica vitrificada** - Cerâmica que recebeu um banho de vítria para melhorar as propriedades impermeabilizantes.

**Checklist** - Lista de cheques requeridos em todas as etapas do voo.

**Ciclos de operação** - Cada partida no motor corresponde a um ciclo de partida.

**Comandamento** - Ato de comandar o acionamento de um sistema.

**Compensador** - Superfície secundária de comando de voo que atua nos comandos primários.

**Cone de calda** - Superfície estrutural cônica localizada no final da fuselagem.

**Contrapinagem** - Ato de inserir contrapinos em uma porca castelada.

**Corrente parasita** - Corrente induzida em uma superfície metálica, quando exposta a um campo magnético.

**Costado** - Superfícies laterais do pneu.

**Cristal piezoelétrico** - Cristal que, quando submetido a uma pressão, gera um campo elétrico.

**Descarregador estático** - Dispositivo para descarregar a energia estática acumulada na fuselagem em virtude do atrito com o ar.

**Descontinuidade magnética** - Quando as linhas magnéticas de um corpo magnetizado encontram um obstáculo.

**Destanqueada** - Ato de retirada do combustível dos tanques.

**Dilatação volumétrica** - Aumento das medidas de largura, comprimento e altura de um corpo quando submetido a um aumento de temperatura.

**Disco de freio** - Peça que atrita com as pastilhas durante a frenagem.

**Discrepância** - Diferença entre o estado em que se encontra uma peça e o que se espera encontrar como recomendado pelo fabricante.

**Documento de serviço** - Documentos emitidos pelo fabricante de produtos aeronáuticos trazendo informações úteis sobre reparos, alterações, inspeções, manutenção e manutenção preventiva.

**Energia estática** - Energia acumulada por uma aeronave adquirida no deslocamento pelo atrito com as moléculas de ar.

**Enrolamento primário** - Bobina que ao ser energizada gera um campo magnético primário.

**Ensaio não destrutivo** - Testes estruturais realizados em uma peça para detectar falhas internas ou superficiais.

**Espectro** - Sombra; intensidade da radiação em função do comprimento da onda.

**Estampagem** - Processo de imprimir desenhos ou formatos em chapas.

**Esticador** - Dispositivo para regular a tensão aplicada nos cabos de comando.

**Extrusão** - Processo de conformação de materiais.

**Fadiga** - Perda parcial ou total das propriedades estruturais de uma peça.

**Fio massa** - Fio que liga eletricamente todas as partes moveis da aeronave às estruturas fixas, com o objetivo de dissipar a energia estática acumulada no deslocamento.

**Flange** - Deformação em formato angular e circular na borda do orifício com o objetivo de reforçar a estrutura, ou para facilitar a união de duas tubulações.

**Flaps** - Superfície aerodinâmica com objetivo de aumentar a sustentação das asas nas baixas velocidades.

**Forjamento** - Processo de conformação mecânica efetuadas com esforço de compressão sobre um material dúctil.

**Frenagem** - Ato de frear; ato de amarrar parafusos ou porcas para evitar a sua soltura.

**Fundido** - Derretido, obtido a partir da liquefação de algum minério.

**Fusível térmico** - Dispositivo de alívio de alta pressão nos pneus gerada por altas temperaturas.

**Galleys** - São compartimentos montados nas aeronaves onde ficam armazenadas as refeições e bebidas dos passageiros e tripulantes, bem como fornos, cafeteiras e outros, configurado conforme solicitação do cliente.

**Gaxeta** - Dispositivo de vedação em forma de anel.

**Grumets** - Invólucro interno em um orifício, para passagem de uma cablagem através de um membro estrutural. Protege os fios da cablagem contra o atrito na estrutura metálica.

**Guias de cabo** - Dispositivo fabricado de material macio com o objetivo de guiar os cabos de comando através dos membros estruturais, evitando que haja atrito entre os cabos e as estruturas das aeronaves.

**Impedância** - Oposição total ao fluxo da corrente.

**Inclinômetro digital** - Ferramenta para medir a angulação das superfícies de comando.

**Indução magnética** - Efeito de induzir um campo magnético em uma peça. As ondas magnéticas devem atravessar o corpo da peça.

**Indutância da bobina** - Oposição ao fluxo da corrente elétrica gerada por uma bobina.

**Inércia química** - É a propriedade de uma substância em não reagir quimicamente.

**Intrusão** - Introdução de impurezas em uma peça durante os processos de fundição, forjamento e estampagem. É considerada uma falha.

**Laminação** - Deformação plástica de um metal pela passagem entre rolos.

**Limalha** - Conjunto de partículas metálicas que resulta da fricção de uma lima.

**Linha de fé** - Linha reta, traçada geralmente na cor vermelha, sob o assentamento de uma porca em um parafuso, para atestar que não houve qualquer perda de torque pelo deslocamento relativo entre ambos.

**Luva** - Dispositivo de encaixe cilíndrico.

**Manete** - Dispositivo para acelerar o motor da aeronave.

**Manutenção Progressiva** - Programa de manutenção continuada. Os cartões de manutenção são desmembrados e executados nos momentos em que a aeronave permanece no solo.

**Molhabilidade** - Habilidade de um líquido em manter contato com uma superfície sólida.

**Mossa** - Amassado causado por impacto de outro objeto.

**Naca** - Entrada de ar desenvolvida para corpos aerodinâmicos.

**Nacele do motor** - Alojamento do motor no avião. Mesmo que berço do motor.

**Nariz** - Região frontal da aeronave.

**Nervuras** - Membro estrutural que dá formato ao aerofólio das asas.

**Pastilhas** - Componente de um sistema de freio a disco. Atua por fricção durante a frenagem.

**Ponto de fulgor** - É a menor temperatura na qual um líquido libera vapor.

**Prerrogativa** - Privilégio.

**Pressão atmosférica** - Pressão atmosférica é a pressão exercida pela camada de moléculas de ar sobre a superfície.

**Proa magnética** - Ângulo entre o Norte e o Eixo Longitudinal do avião.



Proliferar - Ato de multiplicar-se rapidamente.

Radionavegação - Modo de se orientar usando ondas de rádio.

Raio Gama - Tipo de radiação ionizante capaz de penetrar em uma matéria de forma mais profunda que o raio X.

Raio X - É uma forma de radiação eletromagnética, de natureza semelhante à luz.

Reatância indutiva - Oposição ao fluxo da corrente causada por bobinas.

Roldanas - Polia do sistema de cabos de comando responsáveis por guiar os cabos e permitir a mudança de direção.

Seção quente - Região do motor onde é feita a queima dos gases.

Sistema anemométrico - Sistema de captação de pressão externa do ar e velocidade do vento.

*Spoiler* - Superfície aerodinâmica usada como freio aerodinâmico.

Tambor - Componente dos esticadores de cabo de comando responsável pelo aperto ou pela soltura do cabo.

Táxi - Deslocamento da aeronave no pátio até a cabeceira da pista.

Terminais - Refere-se a ponta das hastes. Local onde se faz a regulagem de tamanho da haste.

Torque - Momento de torção, calculado pela força vezes o braço (local onde a força é aplicada).

Transceptor - Dispositivo de emissão e recepção de sinais.

Transdutor - Dispositivo que transforma um tipo de energia em outro, utilizando para isso um elemento sensor; recebe um sinal e o retransmite convertido.

Transferidor universal - Ferramenta de verificação de angulação em superfícies aerodinâmicas.

Trefilado - Material que sofreu processo de conformação a frio.

Tubos de *PITOT* - Sensores de pressão de ar de impacto. Capta informações de velocidade aerodinâmica da aeronave.

Umidade relativa do ar - Relação entre a quantidade de água presente no ar e o ponto de saturação exposta em forma de porcentagem.

Usinado - Material submetido a um processo de transformação utilizando máquinas.

Vento de través - Deslocamento de ar atmosférico que se propaga na lateral da aeronave. Tende a empurrar a aeronave para fora da proa.

Viscosidade - É a propriedade caracterizada pela resistência de um fluido ao escoamento.

Volatilidade - Facilidade com que uma substância de passa do estado líquido do estado de vapor ou gasoso.

Zircônio - Elemento químico de número atômico 40 (símb.: Zr).

# Unidade 5

## Instrumentos

**Acoplar** - Juntar(-se), unir(-se), ligar(-se) fisicamente (dois ou mais corpos ou objetos). Estabelecer ou passar a apresentar vínculo, conexão (com).

**Advento** - Aparecimento, chegada (de alguém ou algo). Aquilo que começa ou se institui.

**Aferir** - Cotejar (pesos, medidas etc.) com os respectivos padrões; afilar. Examinar a exatidão dos instrumentos que servem para pesar, medir etc.; afilar, afinar.

**Ailerons** - São partes móveis nas extremidades das asas de aeronaves, que servem para controlar o movimento de rolamento.

**Aleta alfa** - Também chamada de aleta do ângulo de ataque, a aleta alfa é uma sonda externa usada para medir o ângulo de ataque.

**Alumel** - Nome comercial de uma liga de níquel com alumínio (2%), manganês (2%) e silício (1%), de grande resistência à corrosão oxidante e us. na fabricação de resistores elétricos.

**Aneroide** - Que ou o que opera sem a intervenção de fluidos (diz-se de cada um dos instrumentos de medida). Que ou o que opera sem fluidos (diz-se de barômetro).

**Ar comprimido** - O que é confinado e submetido a uma pressão superior à da atmosfera.

**Arfagem** - Balanço de qualquer veículo no sentido longitudinal.

**Atitude** - Circunstância ou disposição de uma aeronave (foguetes, mísseis, satélites etc.) caracterizada pela elevação do eixo em comparação ao ponto de referência.

**Autofreno** - Diz-se de peça que possua ação inerente de travamento, não estando sujeita à folga em caso de vibração.

**Auto throttle** - Mecanismo que permite ao piloto controlar automaticamente a configuração de força do motor da aeronave.

**Backup** - Cópia de um arquivo ou conjunto de dados mantidos por questão de segurança no original ou cópia principal.

**Bulbo** - Qualquer estrutura, elemento ou parte deles cuja forma lembra a de um bulbo. Estrutura anatômica arredondada ou intumesciente. Nas lâmpadas e válvulas, o envoltório de metal ou vidro.

**Captação** - Ato ou efeito de captar; captagem. Ato de trazer para si, por mérito ou habilidade; de atrair, apanhar, recolher.

**Checklist** - É uma palavra em inglês, considerada um americanismo que significa lista de verificações. Esta palavra é a junção de check (verificar) e list (lista)

**Coefficiente** - Produto de um ou mais fatores, convencionalmente escolhidos, de um monômio.

**Compressibilidade** - Propriedade de um corpo material ou substância que, sob aplicação de uma pressão externa, pode ter seu volume reduzido.

**Comutador** - Que ou o que comuta. Que ou o que é usado para inverter o sentido de uma corrente (diz-se de dispositivo).

**Conciso** - Reduzido ao essencial; em poucas palavras (diz-se de escritos, ideias, discurso etc.); preciso, sucinto, resumido.

**Concomitante** - Diz-se de ou o que se produz ou se apresenta em simultâneo com outra coisa. Que ou o que coexiste indivisamente com outra(s) coisa(s).

**Constantã** - É uma liga metálica utilizada na produção de fios para a fabricação de resistores elétricos ou em termopares para instrumentação, devido à sua característica de exibir a resistividade elétrica praticamente constante em um amplo intervalo de temperatura.

**Corrente AC** - A corrente alterna (CA) ou corrente alternada, em inglês, *alternating current* (AC), é uma corrente elétrica cujo sentido varia no tempo.

**Culatra** - Nos motores de explosão, peça que veda a parte superior dos cilindros.

**Decalque** - Transferência de (imagens gráficas) de uma superfície a outra, por calco ('compressão') ou cópia; calque.

**Deflexão** - Alteração ou desvio da posição natural (de alguém ou algo) para um dos lados; deflexionamento.

**Deriva (do vento)** - Desvio de rota de um navio ou de uma aeronave causado por ventos ou correntes. À deriva, sem rumo certo, ao sabor de.

**Desenjaular** - Desfazer o enjaulamento (vide enjaular).

**Diafragma** - Em um veículo automotor, membrana da bomba injetora de combustível. Qualquer anteparo com um orifício ou fenda, ajustável ou não, que regule o fluxo de uma substância ou de um feixe de radiação.

**Dial** - Termo em inglês, que significa a face sobre a qual medidas são registradas normalmente através de graduações e um ponteiro.

**Discrecionário** - Deixado à discricção; livre de condições; não limitado.

**Eixo cardã** - O eixo cardã é composto de dois eixos tubulares. As suas extremidades são articuladas e podem possuir outros elementos.

**Eletromagnético** - Concernente a eletromagnetismo ou que dele decorre. Eletromagnetismo é o conjunto de fenômenos que dizem respeito à interação entre campos elétricos e magnéticos e sua inter-relação.

**Engrenado** - Ajustado adequadamente. Que se engatou.

**Enjaular** - O enjaulamento do giro é feito por um dispositivo que visa manter os suportes do rotor no lugar, para que não entrem em rotação.

**Equador** - a linha do equador é uma linha imaginária responsável pela divisão do globo terrestre em dois hemisférios: Hemisfério Sul, também denominado meridional ou austral; Hemisfério Norte, também conhecido como setentrional ou boreal.

**Escrutínio** - Exame que se faz minuciosamente.

**Espiráculo** - Abertura por onde o ar circula; respiráculo, respiradouro. Abertura ou orifício estreito.

**Estabilizador vertical** - Aerofólio de perfil simétrico, cuja finalidade é evitar que a aeronave glisse ou derrape durante uma curva, além de ser suporte do leme direcional.

**Estado sólido** - Diz-se de circuitos ou dispositivos eletrônicos feitos de material sólido e baseados inteiramente no semicondutor.

**Estator** - Diz-se de ou parte estacionária de um gerador ou motor elétrico em funcionamento.

**Estol** - Velocidade abaixo da qual o avião perde a sustentação, por não haver sucção em cima das asas e pressão embaixo.

**Estritamente** - De forma rigorosa, precisa; exatamente, rigorosamente. Completamente, absolutamente.

**Excitação** - Estado de agitação, de exaltação.

**Expandir** - Tornar(-se) amplo; alargar(-se), estender(-se).

**Feedback** - Reação a um estímulo; efeito retroativo. Informação que o emissor obtém da reação do receptor à sua mensagem, e que serve para avaliar os resultados da transmissão.

**Flangeada** - Em forma de flange.

**Flanges** - Aba em forma de coroa, localizada na ponta de cano ou conexão, para se juntar a outra extremidade similar, ger. por meio de parafuso, com vedante interposto.

**Fly-by-wire** - Sistema de controle por cabo elétrico é um tipo de controle das superfícies móveis de um avião por computador.

**Fole** - Instrumento para produzir correntes de ar, usado para diversos fins, que funciona por expansão e contração alternadas, absorvendo ar por uma válvula ou orifício e expelindo-o através de um tubo.

**Follow-up** - Acompanhamento de um processo após a execução da etapa inicial com fase seguinte à do lançamento de um projeto (a campanha publicitária, sua venda), em que resultados são monitorados.

**Força centrífuga** - A força inercial centrífuga é uma pseudoforça ou força inercial percebida apenas por observadores em referenciais não inerciais de movimento de rotação em relação a um referencial inercial.

**Fricção** - Ação de friccionar; atrito, esfregação. Atrito resultante de dois corpos que se esfregam; atrição.

**Geográfico** - Relativo à geografia. Pertencente ou característico de uma região particular.

**Gimbal** - Um mecanismo normalmente consiste de anéis pivotantes a ângulos determinados visando manter um instrumento como a bússola.

**Giro escravo** - Bússola magnética estabilizada por um giro.

**Giroscópico** - O que é relativo ao giroscópio.

**Giroscópio** - Dispositivo cujo eixo de rotação mantém sempre a mesma direção na ausência de forças que o perturbem, seja qual for a direção do veículo que o conduz.

**Glideslope** - É um componente do sistema de pouso por instrumentos que fornece indicações de uma rampa de planeio até a cabeceira da pista.

**Heading** - Do inglês, o curso ou a direção na qual uma embarcação ou aeronave aponta ou se move.

**Hermético** - Diz-se de toda forma de fechar, perfeitamente vedada.

**Hg** - Símbolo do elemento químico de número atômico 80, o mercúrio.

**Homônimo** - Que ou aquele que tem o mesmo nome (de outro). Diz-se de ou cada uma de duas ou mais palavras de significados diferentes e de grafia idêntica; homógrafo.

**Igualitária** - Relativa ao igualitarismo, que se refere à igualdade absoluta.

**Inacurada** - Não acurada, inexata, imprecisa.

**Inclinômetro** - Designação genérica de aparelhos us. para medir ângulos de inclinação.

**Induzido elétrico** - Parte de um gerador eletromecânico na qual é induzida uma força eletromotriz.

**Inércia** - Resistência que a matéria oferece à aceleração.

**Inestimável** - Difícil ou impossível de ser estimado, avaliado; inapreciável, incalculável. De grande valor; incalculável.

**Inflável** - Passível de inflar-se ou ser inflado.

**Interceptar** - Parar a ocorrência ou o curso de alguma coisa. Pôr obstáculo a, impedir. Impedir a passagem e/ou o caminho de. Causar a interrupção de.

**Interconexão** - Ligação, relação entre duas ou mais coisas, entre dois ou mais fenômenos, sistemas etc.

**Interface** - Dispositivo que causa uma ligação entre dois sistemas.

**Invólucro** - Aquilo que serve ou é usado para envolver, cobrir; envoltório, invólucro, cobertura, revestimento, involutório.

**Leme** - O leme de navegação ou de direção situa-se na parte posterior do estabilizador vertical. É responsável pelo movimento em torno do eixo vertical (movimento de guinada).

**Linha agônica** - Pontos na superfície terrestre de declinação magnética nula.

**Linha isogônica** - Linhas isogônicas são linhas formadas por pontos na superfície terrestre com a mesma declinação magnética.

**Linha limbo** - Ou linha de fé. Reta traçada sobre a alidade de um círculo ou de qualquer outro instrumento graduado e que serve para indicar a direção do centro do instrumento ao objeto visado.

*Loop* - Conjunto de instruções que um programa de computador percorre e repete um significativo número de vezes até que sejam alcançadas as condições desejadas.

*Medidor de fadiga* - O medidor de fadiga é um acelerômetro e registrador. Ele é montado perto do CG da aeronave e a sua função é monitorar acelerações verticais da trajetória de voo e registrar o número de vezes que cada uma das oito acelerações é excedida.

*Microeletromecânico* - A tecnologia MEMS é um processo de natureza multidisciplinar para produzir sistemas integrados em um único chip, gerando dispositivos capazes de desempenhar sensoriamento, controle e atuação.

*Milha (medida)* - A milha terrestre é uma unidade de medida de comprimento definida pelo sistema imperial de medidas como o equivalente a 1.609,344 metros.

*Milivolt* - Unidade de potencial igual a um milésimo de volt [símb.: mV].

*Miscelâneos* - Conjunto de coisas diferentes; mistura, mixórdia.

*Não ferroso* - Metais não ferrosos são ligas metálicas ou metais que não contêm ferro ou, o têm em pequena quantidade.

*Nó (medida)* - É uma unidade de medida de velocidade equivalente a uma milha náutica por hora, ou seja, 1852 m/h1.

*Oscilação* - Movimento de um corpo suspenso similar ao do pêndulo de um relógio; balanço. Movimento de um lado para outro.

*Output* - Do inglês, significa saída.

*Palheta* - Qualquer lâmina ou espátula para uso específico.

*Paralelo* - Diz-se de cada uma de duas retas coplanares que não se cortam.

*Pé (medida)* - Unidade de medida linear anglo-saxônica, equivalente a cerca de 30,48 centímetros do sistema métrico decimal.

*Perímetro* - Linha que forma o contorno de uma figura traçada num plano ou numa superfície; soma de lados de uma figura. Linha que delimita uma área ou região.

*Perpendicular* - Que se intercepta em ângulo reto (diz-se de retas ou planos). Exatamente a prumo.

*Pictorial* - Referente ou próprio da pintura.

*Piezoelétrico* - Que é dotado de piezeletricidade, o conjunto de fenômenos elétricos produzidos por pressões ou deformações exercidas sobre certos corpos.

*Pivô* - Aquilo que sustenta; suporte.

*Pivotar* - Girar, fazer girar.

*Pneumático* - Relativo ao ar ou a outros gases. Que funciona por meio da energia proveniente da compressão do ar (diz-se de aparelho).

*Ponte de Wheatstone* - É um esquema de montagem de elementos elétricos que permite a medição do valor de uma resistência elétrica desconhecida.

**Precessão** - Em um corpo rígido, movimento de rotação do seu eixo de rotação que gira e se encontra sujeito à ação de um sistema conjugado externo.

**Proa** - Parte dianteira de uma embarcação.

**Proeminente**- Que forma proeminência ou relevo; que é mais elevado. Que se distingue por caracteres angulosos mais ou menos pronunciados.

**Profundor** - Diz-se de ou aerofólio articulado ao estabilizador horizontal, na cauda da aeronave, us. para imprimir-lhe movimentos longitudinais ou de arfagem; elevador.

**Pronunciado** - Que sobressai ou se destaca; saliente.

**Psi** - Libra-força por polegada quadrada, ou, em inglês, *pound force per square inch*, é a pressão resultante da força de uma libra-força aplicada a uma área de uma polegada quadrada.

**Relógio de oito dias** - É um relógio de corda utilizado em aeronaves. Ele leva esse nome porque, depois de dada a corda, funciona por oito dias antes de parar.

**Remoto sincro** - É um sistema utilizado para transmitir informação de um ponto a outro.

**Repuxamento** - Ato ou efeito de repuxar, que se refere a puxar com força, esticar.

**Revestimento antirreflexivo** - Cobertura que anula a capacidade reflexiva.

**Roda d'água** - A roda de água ou roda d'água é um dispositivo circular montado sobre um eixo, contendo na sua periferia caixinhas ou aletas dispostas de modo a poder aproveitar a energia hidráulica.

**Rosa dos ventos** - É um instrumento antigo utilizado para auxiliar na localização relativa, isto é, como um ponto posiciona-se em relação a outro. Ela também serve de referência para localização absoluta em mapas e cartas.

**Rotor** - Parte giratória de certas máquinas e motores, esp. dos elétricos.

**Selar** - Cerrar, fechar (hermeticamente).

**Seletor** - Qualquer aparato usado para estabelecer conexões dentro de circuitos, como p.ex. um relé ou um comutador, qualquer mecanismo, automático ou não, que executa determinada seleção.

**Servo (modalidade de motor)** - Servo motor é uma máquina, mecânica ou eletromecânica, que apresenta movimento proporcional a um comando, em vez de girar ou se mover livremente sem um controle mais efetivo de posição como a maioria dos motores.

**Síncrono** - Que acontece simultaneamente, relativo a fatos coincidentes ou coexistentes.

**Sobre-energizar** - Energizar excessivamente.

**Sonda de fenda** - Componente pertencente ao indicador do AOA (ângulo de ataque).

**Stand by** - Estar pronto ou disponível para agir.

**Substancial** - Que é considerado grande; considerável, avultado, vultoso.

**Sucção** - Ato ou efeito de sugar; sugação. Ato ou efeito de aspirar; aspiração.

**Tacômetro** - Dispositivo que mede as rotações por minuto de um motor ou de um eixo, em geral utilizado para fornecer informações sobre a velocidade de um veículo; conta-giros, conta-voltas, taquímetro.

**Tom aural** - Inflexão relativa ou pertencente ao sentido da audição.

**Transdutor** - Diz-se de ou sistema ou dispositivo capaz de transformar uma forma de energia em outra. Diz-se de ou circuito capaz de transformar um sinal de entrada de natureza mecânica ou eletromagnética.

**Tubo de Bourdon** - É um elemento sensor para a medição mecânica de pressão utilizado, por exemplo, em manômetros.

**Tubo de Venturi** - O tubo de Venturi é um aparato criado para medir a velocidade do escoamento e a vazão de um líquido incompressível através da variação da pressão durante a passagem deste líquido por um tubo.

**Unidirecional** - Que envolve uma única direção; que se move, se propaga ou funciona numa única direção.

**Vácuo** - Que nada contém; absolutamente vazio, oco. Espaço não ocupado por matéria alguma; vacuidade, vazio.

**Vão** - Espaço vazio entre uma e outra matéria.

**Volátil** - Que não é firme ou permanente; inconstante, mudável; que vaporiza à pressão e temperatura ambientes.

**Voltamperímetro** - Aparelho que serve para medir a potência aparente de uma corrente alternada.

**Waypoint** - Do inglês, um determinado ponto entre pontos principais em uma rota, como ao longo de um percurso.

## Unidade 6

### Oficina de montagem e alinhamento

**Aerofólio fixo** - Também conhecido como asa fixa.

**Aeronavegável** - Condição segura de operação aérea de uma aeronave, de acordo com o projeto e o tipo.

**Aferidos** - Comparados às medidas com seus padrões específicos; avaliados.

**Ailerons** - Partes móveis dos bordos de fuga das asas das aeronaves de asa fixa, que servem para controlar o movimento de rolamento da aeronave.

**Ângulo de incidência** - Ângulo formado entre a corda da asa e o eixo longitudinal.

**Contraporca** - Porca (peça com furo cilíndrico) atarraxada em seguida a outra, para evitar que esta desaperte.



**Deflexão** - Alteração ou desvio da posição natural para um dos lados; deflexionamento.

**Diedro** - Ângulo formado entre o plano da asa e o plano horizontal de referência.

**Dispositivo de propulsão** - Dispositivo que converte o movimento de rotação do motor em movimentos tradicionais propulsivos.

**Escala Vernier** - Dispositivo tecnológico que aumenta a sensibilidade de uma escala ao subdividi-la em nônios.

**Força hidráulica** - O que é atuado (empurrado) por força de um líquido.

**Içamento** - Ato ou efeito de içar (puxar para cima, levantar).

**Inclinômetro** - Designação genérica dos aparelhos para medir ângulos de inclinação.

**Leme** - Superfície localizada na parte traseira de uma aeronave, com a função de direcioná-la.

**Longarina** - Principal elemento estrutural de uma asa que suporta os esforços de flexão.

**Luz estroboscópica** - Luz que pisca muito rapidamente.

**Multirroto** - Helicóptero com mais de dois rotores.

**Parado** - Parado no ar.

**Passo cíclico** - É o comando dado às pás do rotor principal mudando o seu ângulo de ataque.

**Passo coletivo** - É a mudança de inclinação de todo o rotor para baixo ou para cima.

**Pouso duro** - É o pouso em que a razão de descida do avião ao tocar a pista é próxima ou acima do máximo recomendado pelo fabricante.

**Pressurização** - Imposição de pressão (pressurizar) a um ambiente fechado.

**Profundor** - É uma superfície de controle móvel horizontal existente na extremidade traseira da cauda dos aviões.

**Prumos** - Instrumentos constituídos de corpo pesado, com uma alça na base, amarrados a um fio flexível, usados para verificar a verticalidade de um lugar ou eixo de um sólido; fios a prumo, fios de prumo.

**RPM** - Sigla empregada para rotação por minuto.

**TAB** - Pequena aba móvel embutida no bordo de fuga das superfícies de comando primárias da aeronave.

**Trena** - Fita métrica usada para medir distâncias em geral.

# Unidade 7

## Prática de oficina

Adjacência - Vizinhança.

Apêndice xifoide - Bolinha endurecida que fica no final do osso esterno localizado entre os peitos.

Carbonizado - Queimado.

Empolamento - É expansão volumétrica das chapas ou peças de metal causada pela corrosão intergranular e transgranular.

Felpas - Penugem de aves e animais, tecido felpudo de lã ou de algodão.

Hipofaringe - Região na parte inferior da faringe.

Pites - Tipo de corrosão em forma de cova, poço. Do inglês *pit*.

Porca castelada - Uma porca castelada, também chamada de porca castelo é um tipo característico hexagonal que contém seis entalhes radiais alinhados a um furo no parafuso. O nome vem da semelhança da porca com o parapeito de um castelo medieval.

Rebarbas - Saliências de um acabamento mal realizado.

Rebolo - É uma ferramenta fabricada com material abrasivo, em geral, tem a forma de disco e é normalmente utilizada com o auxílio de uma lixadeira para fazer desbaste em superfícies ou para amolar ferramentas cortantes.

Sistema vascular - Composto pelas veias, artérias, vasos linfáticos, vasos capilares e coração.

Substâncias cáusticas - Substâncias alcalinas que causam corrosão.

Tecido adiposo - Tecido do corpo humano cujas células possuem gorduras e óleos.

Tecido subjacente - Também conhecido como tecido conjuntivo, é formado por fibras, tem a função de manter as células unidas e é encontrado em grande quantidade no corpo humano.

# Unidade 8

## Procedimentos de pista

Aeródromo - Área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves.

Ailerão - Superfície primária de comando de voo, acionada pelo manche, que faz o avião girar ao redor do seu eixo longitudinal, permitindo os movimentos de rolamento e de inclinação.

Anemométrico - Sistema que mede as pressões estática e dinâmica, por meio dos tubos de pitot e das tomadas estáticas, advindas do ar de impacto. Conduz informação para dispositivos dos instrumentos de voo denominados variômetro, altímetro, velocímetro.

*Ar sangrado* - Ar desviado do compressor dos motores à turbina, procedente de uma unidade interna ou externa à aeronave, para cumprirem uma determinada função no sistema pneumático da aeronave, entre os quais a partida nos motores principais.

*Arco voltaico* - Arco elétrico provocado pela súbita ruptura de dois corpos com potencial elétrico. Ao puxar da tomada, o fio gera uma faísca.

*Aviônicos* - Parte eletrônica das aeronaves, ligada à navegação, controle, entre outros.

*Beacon* - Uma das luzes externas, também conhecida como anti-colisão.

*Bloqueio de superfícies* - Material de apoio que serve para travar as superfícies de comando de voo.

*Box de estacionamento* - Local reservado a uma aeronave, no pátio de estacionamento, devidamente marcado no chão.

*BUS* - Barra elétrica na qual são ligados todos os itens elétricos. Divide-se em principal e auxiliar. Varia de avião para avião.

*Catadióptrico* - Dispositivos refletores da luz colocados ao longo de pistas, taxiway, equipamentos de apoio no solo ou de proteção individual.

*Checklist* - Lista de itens a serem vistos em uma inspeção.

*Decantar* - Ação em que o óleo se deposita no fundo do reservatório ou do cárter do motor.

*Destanqueio* - Retirada do combustível dos tanques principais ou auxiliares das aeronaves, devolvendo-o ao caminhão ou armazenando-o em tanque.

*Envelope* - Limite operacional da aeronave. Conjunto de características que devem se apresentar no desempenho da aeronave em qualquer aspecto: perfil de voo, desempenho do motor, entre outros.

*External power* - Energia externa.

*FAA* - Sigla para *Federal Aviation Administration*. Instituição americana responsável pela segurança e regulamentação da aviação civil em muitos países.

*FCU* - Unidade de controle de combustível do motor.

*Flaps* - Superfícies auxiliares de voo localizadas nas asas do avião. São usados para dar sustentação extra à aeronave em baixa velocidade.

*FOD* - Sigla para *Foreign Object Damage*. Materiais deixados no trajeto da aeronave e que podem ser sugados pelo motor.

*FUEL BOOST* - Combustível auxiliar.

*Garfos* - São barras de pequeno porte, semelhante a um cambão que se articula na roda do nariz das aeronaves de pequeno porta para movimentá-la sem solo sem necessitar do trato.

*GEN OFF* - Gerador de energia elétrica em situação desligado ou fora.

*GPU* - Sigla para *Ground Power Unit*. Equipamento de Apoio no Solo. Fonte externa.

**Libras** - Medida de massa presente na indicação de instrumentos de aviação para se determinar a quantidade de combustível possível de ser usada em uma aeronave para determinada etapa de voo, dentro do peso máximo de decolagem. Abreviado: lb.

**LOW IDLE** - Termo em inglês empregado para indicar posição de marcha lenta nos motores das aeronaves.

**LOW PRESS** - Termo em inglês que indica baixa pressão em qualquer sistema das aeronaves: combustível, hidráulico, etc.

**Manetes** - Dispositivos ou alavancas que aceleram o motor de avião. Pode-se acionar manualmente determinadas partes de uma máquina.

**MIL-A-8243A** - Corresponde ao termo, em inglês, *part number* (PN). PN é uma codificação alfanumérica que identifica um item ou uma peça aeronáutica designativa do produto, neste caso usado para identificar um produto que executa o serviço de degelo nas aeronaves. É uma especificação militar que determina como o produto é conhecido em todos os países.

**N1** - Notação de engenharia mecânica que expressa a rotação por minuto do compressor de baixa pressão.

**Nacele** - Local onde fica o motor. Também pode se referir à cabine.

**NAV** - Abreviatura de navegação (navigation). Pode ser aplicada às luzes externas da aeronave (luzes de navegação) ou aos receptores de sinal de VHF (NAV 1, NAV 2) para navegação/orientação em voo.

**Partida quente** - Partida em que foram alcançados graus elevados de temperatura para um motor.

**Percentual de Ng (% Ng)** - Percentual de rotação por minuto do motor de giro da turbina.

**Perna de força** - Parte integrante e na extensão do conjunto de trem de pouso, localizada entre a ligação do trem com a fuselagem e o cubo de roda.

**Pitot** - Sensor de pressão dinâmica e estática para alimentar o sistema anemométrico da aeronave.

**PPH** - Do inglês *pounds per hour*. Medida de fluxo de combustível, libras por hora de consumo de combustível.

**Profundor** - Superfície primária de comando de voo, acionada pelo manche, que faz o avião girar ao redor do seu eixo transversal ou lateral. Permite o movimento de cabrar e de picar (subir e descer).

**PSIG** - Sigla para *Per Square Inch Gauge*. Medida de pressão. Libras por polegada quadrada medida no instrumento situado no painel da aeronave, ou qualquer outro manômetro.

**Pushback** - Termo em inglês empregado para a operação de deslocamento da aeronave, por equipamento auxiliar, da parada à posição em que possa se deslocar por meios próprios.

**RPM** - Sigla para rotação por minuto.

**Skids** - Termo em inglês usado para os tipos de trens de pouso fixos dos helicópteros, sem rodas. Semelhantes a um patim; é sobre eles que a aeronave pousa na vertical (VTOL), sem correr na pista.

*Spoilers* - Superfícies secundárias que alteram a sustentação na asa do avião. Mudam a sustentação, a inclinação lateral e o arrasto.

*Taxiway* - Termo em inglês para fazer referência à trajetória definida, em terra, no aeródromo. É estabelecida para o deslocamento em solo e/ou manobra de aeronaves, tendo como principal função oferecer ligações entre as posições de estacionamento e as pistas de pouso e decolagem.

**Terminologia** - O conjunto de termos de uma arte, ciência ou profissão.

**Triciclo** - É um dos tipos mais comuns de trem de pouso de aeronave atualmente, disposto com uma roda no nariz e outras duas na porção média da fuselagem.

**Turbina livre** - Denominação que recebem alguns motores turbo-hélices em razão de uma característica específica em relação à disposição das turbinas. O motor possui dois eixos independentes, cada um com uma turbina, de modo que um é ligado à hélice; o outro, é ligado ao motor.

**VAC** - Terminologia usada em sistemas elétricos para designar voltagem com corrente alternada ou tensão de corrente alternada.

## Unidade 9

### Reparos estruturais

**1 (uma) onça** - O equivalente a 28,35 gramas.

**Adjacente** - Colocado ou situado ao lado.

**Aeronavegabilidade** - Condição segura de voo, significando que a aeronave está completamente equipada, instrumentada e com manutenção em dia.

**Alma** - Interior da peça.

**Ângulo incluído** - Ângulo inclinado para dentro.

**Aresta** - Interseção de dois planos.

**Blister** - Cobertura aerodinâmica.

**Calibre** - Diâmetro ou bitola da chapa.

**Cambras** - Superfícies superior e inferior da asa.

**Coesão** - Harmonia entre os elementos.

**Colmeia metálica** - Construção em camadas.

**Corda** - Linha imaginária que liga o bordo de ataque ao bordo de fuga de um aerofólio.

**Cunhagem** - Estampagem; fabricação de uma peça com a forma adequada.

**Cura** - Tempo de descanso para secagem.

**DATUM** - Linha de referência.

**Delaminação** - Processo de separação física do metal.

**Design** - Concepção de um produto (máquina, utensílio, mobiliário, embalagem, publicação etc.), especialmente no que se refere à sua forma física e funcionalidade..

**Epóxis** - Plásticos termofixos.

**Espruce** - Espécie de árvore da Europa.

**Esquadriamento** - A mesma coisa que esquadrar, trabalhar a chapa em ângulo reto.

**Estais** - Cabos de reforço estrutural.

**Estampagem** - Marcação de uma peça (em estruturas de aeronaves, marca-se com punção).

**Extrudado** - Material que toma a forma da matriz quando é forçado a passar por ela.

**Fantasma** - Falsas linhas de danos ou defeitos.

**Flangeadas** - Peças que permitem a união com outras peças.

**Flanges** - Ângulos para encaixes.

**Fundido** - Derretido para ser colocado em molde.

**Hangaradas** - Estacionadas dentro do hangar para manutenção ou pernoite. As aeronaves de estruturas de madeira devem ficar dentro do hangar principalmente em virtude da umidade noturna (ponto de orvalho); isso provoca umidade nas juntas e nos furos dos parafusos de junções, ocasionando o apodrecimento da madeira.

**Inserção** - Inclusão de uma coisa em outra.

**Layout** - Esboço ou espelho especificando fonte e corpo dos caracteres utilizados, diagramação, cores e formato de qualquer obra a ser produzida.

**Linha da cola** - Linha fina do adesivo entre o miolo e a face que mantém os dois juntos.

**Macete** - Tipo de martelo macio.

**Macho e fêmea** - Punção macho é o elemento móvel, sendo a ferramenta convexa que se acopla à peça de forma que sua matriz (a punção fêmea) moldará a peça que está sendo trabalhada. Punção fêmea é a ferramenta matriz que molda uma peça durante o martelamento da punção macho.

**Monolíticas** - Únicas peças sólidas; conjuntos rígidos.

**Nafta alifática** - Mistura de hidrocarbonetos com cinco ou seis átomos de carbono.

**Passo transverso** - Quando seu sentido é oblíquo em relação a determinado referente.

**Pega** - Comprimento da espessura das chapas a serem unidas no processo de rebitagem.

**Plaina** - Ferramenta para remover arestas (pontas).

**Polietileno** - Tipo de plástico mais simples.

**Psi** - Unidade de medida de pressão; do inglês, *pound force per square inch* ou libras por polegadas quadrada.

**Radome** - Nariz da aeronave; local em que se encontra instalado o radar do avião.

Recozidas - Processo de aquecimento para amolecer peças para que elas possam ser trabalhadas sem perigo de quebra.

Retificada - Processo de usinagem por abrasão que retifica a superfície de uma peça.

Sanduíche - Estrutura feita em camadas.

Seccional - Que é dividida em seções.

Selantes abrasivos - Colas porosas.

Têmpera - Grau de temperatura que a peça resiste sem danos.

Transmissividade - Média de transmissão unidirecional.

Volátil - Capacidade em virar vapor com facilidade.





# Referências

## Unidade 1

### Acabamento de aeronaves

BARBOSA, A. P. F.; RODRIGUES, C. R. C. **Nova metodologia para calibração de viscosímetros do tipo copo Ford**. In: IV Congresso Latino-americano de metrologia. Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 43**: manutenção, manutenção preventiva, reconstrução e alterações. 2014. Emenda 01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC43EMD01.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 65**: despachante operacional de voo e mecânico de manutenção aeronáutica. 2001. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha065.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 141**: escolas de aviação civil. 2004. Emenda 141-01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira (FAB). **Ordem técnica nº 1-1-4**: pintura de aeronaves. Brasília: MD, 1980. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/producaointelectual/obras\\_intelectuais/18\\_obraIntelectual.pdf](http://www.inmetro.gov.br/producaointelectual/obras_intelectuais/18_obraIntelectual.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS (ELETROBRÁS). **Eficiência energética em sistemas de ar comprimido**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. Disponível em: <<ftp://ftp.mecanica.ufu.br/LIVRE/SCHP/arquivos/Procel/ar%20comprimido/Livro%20Ar%20Comprimido.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

FAZANO, C. A. T. V. **Tintas**: métodos de controle de pinturas e superfícies. – 4ª ed. – São Paulo: Hemus Editora Limitada, 1995.

GENTIL, V. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

GNECCO, C. **Pintura de manutenção industrial**. São Paulo: IPT, 1984.

GNECCO, C.; MARIANO, R.; FERNANDES, F. **Tratamento de superfície e pintura**. Rio de Janeiro: IBS/SBCA, 2003.

OLIVEIRA, A. R. **Corrosão e tratamento de superfície**. Belém: IFPA; Santa Maria: UFSM, 2012.

PIXEL. **Aplicação de tintas em pó metálicas**. 2015. Disponível em: <<http://www.pixelpintura-eletrostatica.com.br/noticias/aplicacao-de-tintas-em-po-metalicas.php>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

RENNER HERRMANN S. A. **Boletins técnicos**. 2015. Disponível em: <<http://www.rennermm.com.br/protective-coatings/energia/produto/boletins-tecnicos/6>>. Acesso em: 8 jul. 2015.

\_\_\_\_\_. **FISPQ**. 2015. Disponível em: <<http://www.rennermm.com.br/protective-coatings/energia/produto/fispqs/6>>. Acesso em: 8 jul. 2015.

SILVA, S. D. **Pintura industrial e manutenção anticorrosiva**. Mauá: Tintas WEG, 2009.

3M DO BRASIL. **Boletins técnicos**. 2015. Disponível em: <[http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt\\_BR/AplicacoesIndustriais/Home/InformacoesAdicionais/BoletinsTecnicos/](http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/AplicacoesIndustriais/Home/InformacoesAdicionais/BoletinsTecnicos/)>. Acesso em: 4 ago. 2015.

## Unidade 2

### Estruturas de aeronaves

ATLAS. **Coleção manuais de legislação. Segurança e medicina do trabalho**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). CI 20-004: informações sobre análises estruturais requeridas no caso de alterações da região pressurizada de aeronaves. 2008. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/CI-20-004-P.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **IS 21-002**: emissão de certificado de autorização de voo experimental para veículos aéreos não tripulados. 2012a. Revisão A. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2012/IS%2021-002A.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **IS 43-001A**: elegibilidade, qualidade e identificação de peças de reposição aeronáuticas. 2009. Revisão A. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/IS-43-001A-P.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **IS 145-001**: certificação de organizações de manutenção domésticas. 2013. Revisão B. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/IS-145-001B-P.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 01**: definições, regras de redação e unidades de medida. 2011a. Emenda 02. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/RBAC01EMD02.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 43**: manutenção, manutenção preventiva, reconstrução e alterações. 2014a. Emenda 01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC43EMD01.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 45**: marcas de identificação, de nacionalidade e de matrícula. 2012b. Emenda 01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC45EMD01.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 121**: requisitos operacionais: operações domésticas, de bandeira e suplementares. 2010. Emenda 03. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC121EMD03.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 135**: requisitos operacionais: operações complementares e por demanda. 2014b. Emenda 03. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC135EMD03.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 145**: organizações de manutenção de produto aeronáutico. 2014c. Emenda 01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC145.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 65**: despachante operacional de voo e mecânico de manutenção aeronáutica. 2001. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha065.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 91**: regras gerais de operações para aeronaves civis. 2003. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha091.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. **Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7565.htm)>. Acesso em: 30 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005. **Cria a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm)>. Acesso em: 30 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **NSCA 3-13**: protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo Estado brasileiro. 2014d. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/category/1-nscanorma-do-sistema-do-comando-da-aeronautica->>. Acesso em: 3 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **A manutenção na prevenção de acidentes aeronáuticos**. – 2ª ed. rev. – Brasília, DF: CENIPA, 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **Relatório final A-Nº088/CENIPA/2011**. Brasília, DF: CENIPA, 2011b. Disponível em: <[http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/pdf/pt\\_ghp\\_17\\_01\\_11.pdf](http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/pdf/pt_ghp_17_01_11.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Departamento de Aviação Civil (DAC). **MCA 58-13**: manual do curso mecânico de manutenção aeronáutica – célula. Brasília: DAC, 2004a. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>>. Acesso em: 22 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Departamento de Aviação Civil (DAC). **MCA 58-15**: manual do curso mecânico manutenção de aeronaves – aviônicos. Brasília: DAC, 2004b. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15**: atividades e operações insalubres. Brasília: MTE, 2011c. Disponível em: <<http://www.portal.mte.gov.br/legislacao/norma-reguladora-n-15-1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06**: equipamentos de proteção individual – EPI. Brasília: MTE, 2011d. Disponível em: <<http://www.portal.mte.gov.br/legislacao/norma-reguladora-n-6-1.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

EBELING, C. E. **An introduction to reliability and maintainability engineering**. New York: McGraw-Hill, 1997.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA). U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **FAA-H-8083-30**: general. Oklahoma City, OK: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2008a. Disponível em: <[http://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_handbook/media/FAA-8083-30\\_FrontPages.pdf](http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_handbook/media/FAA-8083-30_FrontPages.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2015.

\_\_\_\_\_. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **FAR/ AMT 2009**: federal aviation regulations for aviation maintenance technicians. Newcastle WA: Aviation Supplies & Academics, 2008b.

SABATOVSKI, E.; KNIHS, K.; FONTOURA, I. P. **Código brasileiro de aeronáutica**. – 4ª ed. – Curitiba: Juruá Editora, 2008.

SCHÜTZ, Walter. **A história da fadiga**. Engineering Fracture Mechanics, vol. 54(2):263–300. Alemanha: Ottobrunn, maio, 1996.

## Unidade 3

### Helicóptero

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 01**: definições, regras de redação e unidades de medida. 2011. Emenda 02. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/RBAC01EMD02.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 141**: escolas de aviação civil. 2004a. Emenda 141-01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto de Aviação Civil (IAC). Divisão de Instrução Profissional (DIP). **Mecânico de manutenção aeronáutica**: células de aeronaves. Rio de Janeiro: IAC, 2002. Disponível em: <<http://aviacaomarte.com.br/celula/>>. Acesso em: 5 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Departamento de Aviação Civil (DAC). **MCA 58-13**: manual do curso mecânico de manutenção aeronáutica – célula. Brasília: DAC, 2004b. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>>. Acesso em: 1º out. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Escola de Especialista da Aeronáutica (EEAR). **Aeronaves de asa rotativa**. Módulo único. Brasília, DF: EEAR, 2000.

MATOS, L. S.; ARÊAS, P. da C. V. **Análise estática e dinâmica de uma pá de helicóptero**. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2014.

NILTON, C. A. **Apostila de aerodinâmica de asas rotativas**. Brasília, DF: CENIPA, 2007.

ROCHA, P. **Teoria de voo (helicóptero)**. – 1ª ed. – São Paulo: Ed. Bianch, 2010.

SÁ NOGUEIRA, B. U. **Teoria de voo de helicóptero**. São Paulo: Ed. Eapac, 1992.

SÉRVULO. **Apostila de helicóptero**: conhecimentos técnicos. 2009a? Disponível em: <<http://www.infoaviacao.com/2010/04/apostila-de-helicoptero-conhecimentos.html>>. Acesso em: 15 out. 2015.

\_\_\_\_\_. **Apostila de helicóptero**: teoria de voo. 2009b? Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/teoria-de-voo-helicoptero-wwwcanalpiloto.com.br.html>>. Acesso em: 15 out. 2015.

SILVA, P. R. **Helicóptero: conhecimento técnico**. – 2ª ed. – São Paulo: ASA, 2008.

## Unidade 4

### Inspeção de aeronaves

ANDREUCCI, R. **Líquidos penetrantes**. São Paulo: ABENDI, 2014a.

\_\_\_\_\_. **Ensaio por ultrassom**. São Paulo: ABENDI, 2014b.

\_\_\_\_\_. **Partículas magnéticas**. São Paulo: ABENDI, 2014c.

\_\_\_\_\_. **A radiologia industrial**. – 5ª ed. – São Paulo: ABENDI, 2014d.

BOMBARDIER. **Learjet 35/35A 36/36A**: maintenance manual. Rev. 79. Wichita: Bombardier, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **IS 43.9-003**: cadernetas de célula, de motor e de hélice. 2012. Revisão A. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/IS-43.9-003A-P.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **IS 120-001**: programa de manutenção de empresas de transporte aéreo. 2014a. Revisão B. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2014/IS120-001B.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 34**: requisitos para drenagem de combustível e emissões de escapamento de aviões com motores a turbina. 2013. Emenda 04. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC34EMD04.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 65**: despachante operacional de voo e mecânico de manutenção aeronáutica. 2001. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha065.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 91**: regras gerais de operações para aeronaves civis. 2003. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha091.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 141**: escolas de aviação civil. 2004a. Emenda 141-01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto de Aviação Civil (IAC). Divisão de Instrução Profissional (DIP). **Princípios da inspeção**. In: **Mecânico de manutenção aeronáutica**: matérias básicas. Rio de Janeiro: IAC, 2002. pp. 1-29. Disponível em: <<http://aviacaomarte.com.br/modulo-basico/>>. Acesso em: 15 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). **FCA 58-1**: panorama estatístico da aviação civil brasileira. 2014b. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/category/9-fca-folheto-do-comando-da-aeronautica>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Departamento de Aviação Civil (DAC). **MCA 58-13**: manual do curso mecânico de manutenção aeronáutica – célula. Brasília: DAC, 2004b. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>>. Acesso em: 1º out. 2015.

CELESTINO, M. R. D. *et al.* Admirável Mundo Novo! In: 4º Simpósio de Segurança de Voo (SSV). **Anais...** [S.l.]: [S.n], 2011. pp. 1000-1007. Disponível em: <<http://www.ipev.cta.br/ssv-apresentacoes/2011/Artigos%5CSSV%202011%20S7%20A3%20Ador%C3%A1vel%20Mundo%20Novo.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA (EMBRAER). **Legacy**: aircraft maintenance manual. rev. 32. São José dos Campos: Embraer, 2013.

\_\_\_\_\_. **Formulário TE 937-2R**. São José dos Campos: Embraer, 2008a.

\_\_\_\_\_. **Formulário TE 937-2Y**. São José dos Campos: Embraer, 2008b.

\_\_\_\_\_. **Legacy: structural repair manual**. São José dos Campos: Embraer, 2011.

HELICÓPTEROS DO BRASIL (HELIBRAS). **Ficha matrícula: log card**. Itajubá: Helibras, 2015.

LEMOS, L. da C. Ensaio não destrutivos: dispersão de fluxo magnético. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 1, p. 213-217, 2010. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view-File/1820/998>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

MATAREZI, J. C. **Aplicação de ensaio de eddy current phased array em componentes aeroespaciais**. 2009. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade de Taubaté, Taubaté. Disponível em: <[http://www.bdt.unitau.br/tesdesimplificado/tde\\_arquivos/5/TDE-2012-09-27T180519Z-268/Publico/Joao%20Carlos%20Matarezi.pdf](http://www.bdt.unitau.br/tesdesimplificado/tde_arquivos/5/TDE-2012-09-27T180519Z-268/Publico/Joao%20Carlos%20Matarezi.pdf)>. Acesso em: 5 out. 2015.

PERSICI, E. S. *et al.* **Análise de procedimento de manutenção do sistema de interconexão de cablagem elétrica de aeronaves regionais**. In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Campina Grande: CONEM, 2010. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/anais/conem/2010/PDF/CON10-1512.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2015.

ROLLS-ROYCE PLC (Empresa britânica de tecnologia aeroespacial e defesa). **Power Plant Buildup**. São Paulo: Embraer, 2001.

## Unidade 5

### Instrumentos

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 141**: escolas de aviação civil. 2004a. Emenda 141-01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto de Aviação Civil (IAC). Divisão de Instrução Profissional (DIP). **Instrumentos**. In: **Mecânico de manutenção aeronáutica**: células de aeronaves. Rio de Janeiro: IAC, 2002. pp. 1-55. Disponível em: <<http://aviacaomarte.com.br/celula/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Departamento de Aviação Civil (DAC). **MCA 58-13**: manual do curso mecânico de manutenção aeronáutica – célula. Brasília: DAC, 2004b. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA). U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **FAA-H-8083-31**: aviation maintenance technician handbook - airframe. Oklahoma City, OK: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2012. v. 2. Disponível em: <[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_airframe\\_handbook/](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_airframe_handbook/)>. Acesso em: 15 abr. 2015.

## Unidade 6

### Oficina de montagem e alinhamento

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 141**: escolas de aviação civil. 2004a. Emenda 141-01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto de Aviação Civil (IAC). Divisão de Instrução Profissional (DIP). **Mecânico de manutenção aeronáutica**: células de aeronaves. Rio de Janeiro: IAC, 2002. Disponível em: <<http://aviacaomarte.com.br/celula/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Departamento de Aviação Civil (DAC). **MCA 58-13**: manual do curso mecânico de manutenção aeronáutica – célula. Brasília: DAC, 2004b. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Departamento de Ensino da Aeronáutica. Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR). **Apostila de manutenção e operação de aeronaves**: módulos I e II. In: Curso de formação à graduação de sargentos da EEAR. Guaratinguetá: EEAR, 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Departamento de Ensino da Aeronáutica. Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR). **Apostila da especialidade de BMA da Escola de Especialista de Aeronáutica (EEAR)**. In: Curso de formação à graduação de sargentos da EEAR. Guaratinguetá: EEAR, 2012.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA). U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **FAA-H-8083-31**: aviation maintenance technician handbook - airframe. Oklahoma City, OK: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2012. v. 1. Disponível em: <[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_airframe\\_handbook/](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_airframe_handbook/)>. Acesso em: 15 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **Aircraft weight and balance handbook**. Oklahoma City, OK: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2007.

#### Leituras complementares

**206 ROTOR Tracking**. Mistahmuffintop. 2012. 3m12s. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=Vp\\_kEgrHXIo](https://www.youtube.com/watch?v=Vp_kEgrHXIo)>. Acesso em: 30 set. 2015.



# Unidade 7

## Prática de oficina

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Vice Presidência de Serviços de Referência e Ambiente. Núcleo de Biossegurança. **Manual de primeiros socorros**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/biosseguranca/manualdeprimeirosocorros.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06**: equipamentos de proteção individual (EPI). Brasília: MTE, 2011. Disponível em: <<http://www.portal.mte.gov.br/legislacao/norma-reguladora-n-6-1.htm>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18**: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Brasília: MTE, 2015. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR18.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

GENTIL, V. **Corrosão**. – 4ª ed. – Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

# Unidade 8

## Procedimentos de pista

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **CI 20-002**: equipamento de apoio ao solo. 2008. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/CI-20-002-P.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **CI 23-001**: extintores de incêndio portáteis para uso em aeronaves pequenas. 1999. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/CI-23-001-P.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **IS 20-003A**: extintores de incêndio portáteis. 2014a. Revisão A. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/IS-20-003A-P.pdf>>. Acesso em: 3 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **IS 153-109**: sistema de orientação e controle da movimentação no solo. 2015. Revisão A. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2015/IS153-109A.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Programa de inspeções de segurança operacional em rampa (PISOR)**. Brasília, DF: ANAC, 2009a. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/giso/Manuais/PISOR.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Proposta de Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 147**. 2010a. Emenda 00. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/transparencia/pdf/15/anexo.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Proposta de edição de Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 156**. 2009b. Disponível em: <[http://www2.anac.gov.br/transparencia/audiencia/aud04\\_2012/7%20-%20Justificativa%20-%20RBAC%20156.pdf](http://www2.anac.gov.br/transparencia/audiencia/aud04_2012/7%20-%20Justificativa%20-%20RBAC%20156.pdf)>. Acesso em: 4 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 121**: requisitos operacionais: operações domésticas, de bandeira e suplementares. 2010b. Emenda 00. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/transparencia/pdf/RBAC%20121.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 135**: requisitos operacionais: operações complementares e por demanda. 2010c. Emenda 00. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/transparencia/pdf/bps33s/RBAC%20135.pdf>>. Acesso em: 3 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBAC 153**: aeródromos - operação, manutenção e resposta à emergência. 2012. Emenda 00. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC153EMD00.pdf>>. Acesso em: 3 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 91**: regras gerais de operações para aeronaves civis. 2003. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha091.pdf>>. Acesso em: 3 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Resolução nº 279, de 10 de julho de 2013. **Dispõe sobre os critérios regulatórios quanto à implantação, operação e manutenção do serviço de prevenção, salvamento e combate a incêndio em aeródromos civis (SESCINC)**. 2013. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/2013/RA2013-0279.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto de Aviação Civil (IAC). Divisão de Instrução Profissional (DIP). **Mecânico de manutenção aeronáutica**: células de aeronaves. Rio de Janeiro: IAC, 2002a. Disponível em: <<http://aviacaomarte.com.br/celula/>>. Acesso em: 15 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto de Aviação Civil (IAC). Divisão de Instrução Profissional (DIP). **Mecânico de manutenção aeronáutica**: grupo motopropulsor. Rio de Janeiro: IAC, 2002b. Disponível em: <<http://aviacaomarte.com.br/gmp/>>. Acesso em: 15 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. **Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica**. 1986. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7565.htm)>. Acesso em: 31 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira (FAB). Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **Instrução do Comando da Aeronáutica**: ICA 100-12/2013. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=filtro&cat=tipo&f=3>>. Acesso em: 6 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira (FAB). Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). **Instrução de Comando da Aeronáutica (ICA) 53-1**. 2014b. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=filtro&cat=tipo&f=3>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira (FAB). **Ordem Técnica do Ministério da Aeronáutica (OTMA): 00-20A-1** - sistema de inspeções de aeronaves. Brasília, DF: MD, 1986.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira (FAB). **Ordem Técnica do Ministério da Aeronáutica (OTMA): 00-25-1** - precauções e cuidados no reabastecimento de aeronaves. Brasília, DF: MD, 1985.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Portaria nº 343** (Anexo), de 22 de julho de 2014. **Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para o produto pó para extinção de incêndio**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002140.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06**: equipamentos de proteção individual (EPI). Brasília: MTE, 2011. Disponível em:<<http://www.portal.mte.gov.br/legislacao/norma-reguladora-n-6-1.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Departamento de Ensino da Aeronáutica. Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR). **Apostila de manutenção e operação de aeronaves**: módulo I. In: Curso de formação à graduação de sargentos da EEAR. Guaratinguetá: EEAR, 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Departamento de Ensino da Aeronáutica. Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR). **Apostila de publicações técnicas de manutenção de aeronaves**: módulo único. In: Curso de formação à graduação de sargentos da EEAR. Guaratinguetá: EEAR, 2001.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Departamento de Aviação Civil (DAC). **MCA 58-13**: manual do curso mecânico de manutenção aeronáutica – célula. Brasília: DAC, 2004. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>>. Acesso em: 2 mai. 2015.

CANAL Piloto. **Skyhawk**: modelo 172P. 2012. Disponível em: <<http://canalpiloto.com.br/download-manuais-e-checklists-de-aeronaves/>>. Acesso em: 4 mar. 2015.

DISTRITO FEDERAL. Corpo de Bombeiros Militar (CBM). **Manual de combate a incêndio e salvamento em aeródromos**. Brasília: CBM, 2007. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/Evertonhpn/manual-de-combate-a-incendio-e-salvamento-em-aerodromos>>. Acesso em: 13 ago. 2015.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA). U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **FAA-H-8083-30**: general. Oklahoma City, OK: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2008. Disponível em: <[http://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_handbook/media/FAA-8083-30\\_FrontPages.pdf](http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_handbook/media/FAA-8083-30_FrontPages.pdf)>. Acesso em: 2 mai. 2015.

**PILOTS information manual grand caravan: Model 208B**. Texas- EUA: Cessna, 2014.

**PILOT training manual citation**, Producers Normal, model citation, CJ1 525. New York, EUA, 2000. v. 1.

TRAINING videos. **Cabin crew fire fighting training video**. EUA: TRAINING, 2007. 60 minutos. Disponível em: <[http://www.fire.tc.faa.gov/2007conference/session\\_details.asp?sessionID=26](http://www.fire.tc.faa.gov/2007conference/session_details.asp?sessionID=26)>. Acesso em: 26 out. 2015.

## Unidade 9

### Reparos estruturais

BAKER, A. A.; DUTTON, S.; KELLY, D. **Composite materials for aircraft structures**. Reston, VA: AIAA Education Series, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 65**: despachante operacional de voo e mecânico de manutenção aeronáutica. 2001. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha065.pdf>>. Acesso em: 3 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **RBHA 141**: escolas de aviação civil. 2004a. Emenda 141-01. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 3 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto de Aviação Civil (IAC). Divisão de Instrução Profissional (DIP). **Reparos estruturais**. In: **Mecânico de manutenção aeronáutica**: células de aeronaves. Rio de Janeiro: IAC, 2002. pp. 1-123. Disponível em: <<http://aviacaomarte.com.br/celula/>>. Acesso em: 3 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica (COMAER). Departamento de Aviação Civil (DAC). **MCA 58-13**: manual do curso mecânico de manutenção aeronáutica – célula. Brasília: DAC, 2004b. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>>. Acesso em: 3 mai. 2015.

CANTOR, B.; ASSENDER, H.; GRANT, P. **Aerospace materials**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2002.

CASTRO, M.H.D. **Eng. Estruturas – Embraer**. In: VI Semana de Engenharia Aeronáutica (SEA), 17 de agosto de 2009. Disponível em: <[http://www3.eesc.usp.br/semanaero/palestras/vi/ReparosEstruturaisemAeronautica\\_VISEA.pdf](http://www3.eesc.usp.br/semanaero/palestras/vi/ReparosEstruturaisemAeronautica_VISEA.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2015.

CRANE, D. **Aviation maintenance technician**: general. - 3. ed. - Newcastle, WA: Aviation Supplies & Academics, 2005.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA). U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **AC-65-15A**: airframe and powerplant – mechanics. Oklahoma City, OK: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 1972. Disponível em: <[http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/AC\\_65-15A.pdf](http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_65-15A.pdf)>. Acesso em: 3 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **FA-**

**A-H-8083-31:** aviation maintenance technician handbook – airframe. Oklahoma City, OK: U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2012. v. 2. Disponível em: <[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_airframe\\_handbook/](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_airframe_handbook/)>. Acesso em: 27 jul. 2015.

\_\_\_\_\_. U.S. Secretary of the Air Force. Technical manual engineering manual series - structural hardware - T.O. 1-1A-8 - NAVAIR 01-1A-8 - Distribution authorized to U.S. Government agencies. Tinker AFB, Oklahoma: 1<sup>st</sup> oct. 2004.

KROES, M.J. **Aircraft maintenance and repair**. New York, NY: McGraw-Hill Professional, 2007.



# Gabarito

## Unidade 1 - Acabamento de aeronaves

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	C	B	D	C	B
2	C	B	D	C	C
3	C	B	A	D	B
4	C	B	D	C	B

## Unidade 2 - Estruturas de aeronaves

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	C	B	D	A	D
2	C	B	D	D	B
3	C	D	C	A	B
4	A	C	D	B	C
5	C	B	D	B	C

## Unidade 3 - Helicóptero

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	C	A	D	D	A
2	B	A	C	C	D
3	A	A	A	B	B
4	B	C	B	A	D

## Unidade 4 - Inspeção de aeronaves

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	B	C	D	A	A
2	B	C	D	A	B
3	B	C	B	D	A
4	D	C	B	C	A
5	B	C	D	B	A
6	A	C	A	C	B
7	B	C	B	B	A

## Unidade 5 - Instrumentos

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	B	C	D	A	B
2	D	A	A	D	B
3	D	C	B	C	A
4	B	A	A	A	D
5	C	D	D	A	D
6	A	B	C	A	D
7	A	C	A	A	C
8	B	A	D	B	C
9	A	A	C	B	D
10	D	A	B	C	D
11	A	C	B	C	A
12	B	A	A	D	D
13	A	A	A	C	A
14	A	C	B	A	D
15	D	D	A	A	D
16	A	A	D	A	B

## Unidade 6 - Oficina de montagem e alinhamento

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	B	B	C	A	B
2	B	A	D	A	C

## Unidade 7 - Prática de oficina

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	C	B	A	D	C
2	A	A	C	C	B
3	C	B	B	B	B
4	A	C	C	C	B
5	B	B	A	D	B

## Unidade 8 - Procedimentos de pista

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	D	C	D	B	C
2	C	B	D	A	B
3	B	C	A	C	B



## Unidade 9 - Reparos estruturais

Capítulo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	B	C	B	A	B
2	A	C	A	D	B
3	D	C	A	B	C
4	C	B	D	A	B
5	C	B	D	A	B
6	B	C	A	D	B
7	B	C	A	A	C
8	C	A	D	B	C
9	C	D	C	B	A
10	A	A	C	B	D
11	B	A	B	D	C
12	B	A	D	C	C
13	B	C	A	B	C
14	A	D	B	C	B
15	A	A	D	B	C
16	D	B	C	C	A

