

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE**

JEFFERSON ROBERTO DE FREITAS

**A FORMAÇÃO DE MECÂNICOS DE MANUTENÇÃO AERONÁUTICA
E A SEGURANÇA DE VOO**

São Carlos

2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE**

JEFFERSON ROBERTO DE FREITAS

**A FORMAÇÃO DE MECÂNICOS DE MANUTENÇÃO AERONÁUTICA
E A SEGURANÇA DE VOO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

Orientador: Prof. Dr. José Ângelo Rodrigues Gregolin

Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria

São Carlos

2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

F866fm

Freitas, Jefferson Roberto de.

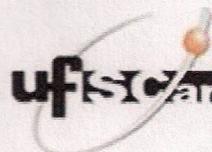
A formação de mecânicos de manutenção aeronáutica e a segurança de voo / Jefferson Roberto de Freitas. -- São Carlos : UFSCar, 2011.

112 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Desenvolvimento social - ciência, tecnologia e sociedade. 2. Segurança de voo. 3. Formação e treinamento em manutenção aeronáutica. I. Título.

CDD: 303.483 (20ª)



**BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
JEFFERSON ROBERTO DE FREITAS**

Prof. Dr. José Angelo Rodrigues Gregolin
Orientador e Presidente
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria
Co-orientador e Membro extra
Universidade de São Paulo/ EESC

Prof. Dr. Antonio Carlos Canale
Membro efetivo externo
Universidade de São Paulo/ EESC

Profa. Dra. Wanda Aparecida Machado Hoffmann
Membro efetivo interno
Universidade Federal de São Carlos

Submetida a defesa pública em sessão realizada em: 17/02/2011.
Homologada na 43ª reunião da CPG do PPGCTS, realizada em
03/03/2011.

Profa. Dra. Maria Cristina Piumbato Innocentini Hayashi
Coordenadora do PPGCTS

Fomento:

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho à minha esposa Flávia pelo companheirismo e compreensão e aos meus pais Celso e Rosely pelo eterno apoio e incentivo ao estudo. Sem eles, nada disso teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. José Ângelo Rodrigues Gregolin pela constante presteza, simpatia e incentivo nos momentos difíceis e durante as atividades e discussões que fizeram parte desta dissertação.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria pela paciência, preocupação e amizade despendidas desde o início do mestrado.

À Embraer, empresa à qual tenho orgulho de trabalhar, que sempre permitiu e apoiou o desenvolvimento desse estudo.

À CERIPA IV e às escolas e empresas da região de São Carlos e Araraquara que possibilitaram a troca de informações chave, enriquecendo os resultados e conclusões do trabalho.

A todo o corpo docente do PPGCTS (Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade), secretaria e colegas de curso, pelo compartilhamento de conhecimentos e vivências durante o período de mestrado.

À minha esposa, pais, irmã e amigos que acompanharam de perto o desafio deste trabalho e compreenderam as ausências neste período.

A Deus, pela saúde, sabedoria e energia que foram necessárias para vencer e alcançar mais este objetivo.

RESUMO

FREITAS, Jefferson Roberto de. **A formação de mecânicos de manutenção aeronáutica e a segurança de voo**. 2011. 112p. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, 2011.

O setor de transporte aéreo mundial tem trazido grandes benefícios à sociedade, afetando a sustentabilidade econômica, social e ambiental, inclusive influenciando culturalmente os mais diversos povos ao redor do mundo. Isso reflete no grande aumento de novas aeronaves vendidas a cada ano, e a segurança de voo é um dos fatores mais importantes e desafiadores para se obter e manter a confiança dos usuários e a perpetuidade desse transporte. A segurança de voo está associada tanto à fabricação como à manutenção de aeronaves, onde o profissional de manutenção aeronáutica desempenha papel chave. A formação e atualização desse profissional envolvem regulamentação e ensino de conhecimentos teóricos e práticos que devem dar atenção especial aos fatores humanos e a forma de se evitar erros humanos na ocorrência de incidentes e acidentes aéreos. Apesar da importância, essa temática tem sido pouco pesquisada, sobretudo no Brasil. O objetivo da presente pesquisa é analisar a situação atual da formação de mecânicos de manutenção aeronáutica com ênfase na segurança de voo através do método exploratório. Os resultados obtidos apontam para a tendência de aumento de incidentes e acidentes aéreos, inclusive os associados a fatores e erros humanos; e a pertinência de se incluir maior ênfase na segurança de voo na regulamentação aeronáutica nacional da formação destes mecânicos. Também é recomendável que a grade curricular e os demais requisitos para essa formação acompanhem a dinâmica das inovações tecnológicas das aeronaves novas e antigas. A intensificação da colaboração entre empresas e escolas podem também ser benéfica e o pólo regional de São Carlos, Araraquara e Ribeirão Preto tem potencial para isso. Recomenda-se, ainda, que haja revisão dos regulamentos brasileiros com base em consultas aos envolvidos, levando em conta também os regulamentos internacionais relevantes.

Palavras-chave: Manutenção aeronáutica. Segurança em voo. Formação e treinamento em manutenção aeronáutica. Ciência, Tecnologia e Sociedade.

ABSTRACT

FREITAS, Jefferson Roberto de. **The graduation of airplane maintenance mechanics and the flight safety**. 2011. 112s. Master Degree in Science, Technology and Society – Education and Human Sciences Center, Federal University of São Carlos, 2011.

The airline industry worldwide has brought great benefits to society, affecting the economic, social and environmental sustainability, including the most diverse and cultural people around the world. This has been reflected by the increased new aircraft sales each year, and the flight safety is one of the most important and challenging factors to achieve and keep the trust of the users and the perpetuity of this transport. The flight safety is associated with both aircraft manufacturing and maintenance, where the maintenance technician plays a key role. Training and upgrading of the professional regulation and education involve theoretical and practical knowledge, which should be given special attention to human factors and ways to prevent human errors for incidents and accidents in aviation. Despite its importance, this issue has not been investigated like it would be, especially in Brazil. The objective of this research is to analyze the current situation of aircraft maintenance mechanics training with emphasis on flight safety, using an exploratory method. The results point to an increased trend of incidents and accidents in this transport sector, including the factors associated with human failings; and to the relevance of place greater emphasis on flight safety into Brazilian regulations that standardize the graduation of airplane maintenance mechanics. It has been also recommended that the curriculum and other requirements for such training be compatible with the technological innovation speed for new and old airplanes. Increased collaboration between companies and schools can also bring benefits and the regional maintenance center of Sao Carlos, Araraquara and Ribeirao Preto has potential for that. It is also suggested that such revision on the Brazilian national regulations has as reference some consultations with people involved on this market, taking into account relevant international regulations.

Key-words: Aviation maintenance. Flight safety. Aviation maintenance training. Science, Technology and Society.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3.1: Número de aeronaves entregues pelas 3 maiores fabricantes mundiais de aeronaves entre 2000 e 2009..... | 6 |
| Figura 3.2: Perfil dos funcionários atuantes no mercado aeronáutico americano em 2007. | 8 |
| Figura 3.3: Número de aviões no Brasil. | 10 |
| Figura 3.4: Número de helicópteros no Brasil. | 11 |
| Figura 3.5: Número de acidentes aeronáuticos na Aviação Civil Brasileira. | 13 |
| Figura 3.6: Número de incidentes aeronáuticos na Aviação Civil Brasileira..... | 14 |
| Figura 3.7: Incidência de fatores contribuintes para os acidentes na Aviação Civil Brasileira. | 15 |
| Figura 3.8: Fatores contribuintes na aviação geral para a ocorrência da falha de motor em voo. | 16 |
| Figura 3.9: Evolução comparativa das causas humanas e dos equipamentos nos acidentes aéreos civis. | 21 |
| Figura 3.10: Aeronave DC-10 da companhia aérea American Airlines similar à acidentada de prefixo N110AA, em 1979. | 23 |
| Figura 3.11: Imagens do acidente com a aeronave da American Airlines, prefixo N110AA, em 1979. | 23 |
| Figura 3.12: Aeronave Boeing 747 SR-100, prefixo JA8119 da companhia aérea Japan Airlines, acidentada em 1985. | 24 |
| Figura 3.13: Imagens da aeronave Boeing 747 SR-100, prefixo JA8119 da companhia aérea Japan Airlines, após o acidente, em 1985. | 24 |
| Figura 3.14: Aeronave Lockheed, L-1011, prefixo 334EA, incidentada em 1983..... | 26 |
| Figura 3.15: Aeronave Embraer120RT da companhia aérea Continental Express similar à acidentada de prefixo N3371, em 1991. | 27 |
| Figura 3.16: Aeronave BAC1-11, prefixo G-BJRT da companhia aérea British Airways, acidentada em 1990. | 28 |
| Figura 3.17: Helicóptero Robinson R22, prefixo ZK-HVN, após acidente, 2005. | 28 |
| Figura 3.18: Montagem do eixo do helicóptero Robinson R22, prefixo ZK-HVN, acidentado em 2005. | 29 |
| Figura 3.19: Região de rompimento do eixo do rotor, durante o voo, do helicóptero Robinson R22, prefixo ZK-HVN, acidentado em 2005. | 29 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.20: Detalhes do acidente da aeronave DC10-10, prefixo N1819U, da United Airlines, voo 232, em 1989. | 30 |
| Figura 5.1: Fluxograma simplificado da obtenção da licença de manutenção aeronáutica junto à ANAC. | 49 |
| Figura 5.2: Fluxograma simplificado da obtenção da licença de manutenção aeronáutica junto à FAA. | 51 |
| Figura 5.3: Fluxograma simplificado da obtenção da licença de manutenção aeronáutica junto à EASA. | 53 |
| Figura 5.4: Horas-aula exigida pelos órgãos regulamentadores ANAC, FAA e EASA para a formação teórica básica e específica. | 84 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 3.1: Empresas de manutenção de aeronaves e suas localizações. | 11 |
| Tabela 3.2: Causas de acidentes entre 1959 e 1983. | 19 |
| Tabela 3.3: Categorias de erros de manutenção. | 25 |
| Tabela 4.1: Regulamentos empregados na pesquisa documental. | 40 |
| Tabela 5.1: Categorias de licença de manutenção aeronáutica da ANAC. | 44 |
| Tabela 5.2: Categorias de licença de manutenção aeronáutica da FAA. | 45 |
| Tabela 5.3: Categorias de licença de manutenção aeronáutica da EASA. | 45 |
| Tabela 5.4: Módulos das disciplinas de formação teórica básica do mecânico de manutenção estabelecidos pela ANAC. | 54 |
| Tabela 5.5: Módulos das disciplinas de formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecidos pela ANAC. | 55 |
| Tabela 5.6: Grade das disciplinas para a formação teórica básica do mecânico de manutenção estabelecida pelo manual do IAC. | 57 |
| Tabela 5.7: Grade das disciplinas para a formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecida pelo manual do IAC. | 58 |
| Tabela 5.7: Grade das disciplinas para a formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecida pelo manual do IAC (continuação). | 59 |
| Tabela 5.8: Módulos das disciplinas de formação teórica básica do mecânico de manutenção estabelecidos pela FAA. | 61 |
| Tabela 5.9: Módulos das disciplinas de formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecidos pela FAA. | 61 |
| Tabela 5.9: Módulos das disciplinas de formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecidos pela FAA (continuação). | 62 |
| Tabela 5.10: Níveis de conhecimento para as partes básica e específica estabelecidos pela FAA. | 63 |
| Tabela 5.11: Exemplos da relação entre os níveis de conhecimento e disciplinas dos módulos de conhecimento teórico básico e específico estabelecidos pela FAA. | 64 |
| Tabela 5.12: Módulos das disciplinas de formação teórica básica do mecânico de manutenção estabelecidos pela EASA. | 66 |
| Tabela 5.13: Relação entre os módulos de conhecimento da parte básica e as categorias de licença de manutenção estabelecido pela EASA. | 67 |
| Tabela 5.14: Níveis de conhecimento para parte básica estabelecidos pela EASA. | 68 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 5.15: Exemplos da relação entre itens dos módulos de conhecimento teórico básico com os níveis de conhecimento pretendido para cada categoria de licença de manutenção estabelecidos pela EASA. | 68 |
| Tabela 5.16: Níveis de conhecimento para a parte específica estabelecidos pela EASA..... | 69 |
| Tabela 5.17: Exemplos da relação das disciplinas para parte específica e seus níveis de conhecimento para cada licença de manutenção estabelecida pela EASA. | 69 |
| Tabela 5.18: Exemplos de cursos disponibilizados pela CENIPA e ANAC para reforçar a formação dos professores em relação à segurança de voo..... | 73 |
| Tabela 5.19: Tempo de experiência prática exigido para a extensão das categorias e subcategorias de licença de manutenção pela EASA (em anos). | 76 |
| Tabela 5.20: Requisitos básicos e tempo mínimo para formação de inspetor de manutenção aeronáutica da ANAC, FAA e EASA..... | 78 |
| Tabela 5.21: Disciplinas de fatores humanos exigidos para a formação de mecânicos de manutenção aeronáutica estabelecidos pela EASA. | 81 |
| Tabela 5.22: Exemplos de iniciativas colaborativas entre empresas e escolas de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica. | 85 |
| Tabela D.1: Combinação entre os módulos de conhecimento, número de questões e tempos para realização dos testes – EASA. | 109 |
| Tabela D.1: Combinação entre os módulos de conhecimento, número de questões e tempos para realização dos testes – EASA (continuação)..... | 110 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ANAC | Agência Nacional de Aviação Civil |
| CCT | Certificado de Conhecimento Teórico |
| CHT | Certificado de Habilitação Técnica |
| CENIPA | Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos |
| EASA | European Aviation Safety Agency (Agência Europeia para a Segurança da Aviação) |
| EMBRAER | Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A |
| FAA | Federal Aviation Administration (Administração da Aviação Federal) |
| IAC | Instituto de Aviação Civil |
| RBHA | Registro Brasileiro de Homologação Aeronáutica |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| DEDICATÓRIAS | i |
| AGRADECIMENTOS | ii |
| RESUMO..... | iii |
| ABSTRACT | iv |
| LISTA DE FIGURAS | v |
| LISTA DE TABELAS | vii |
| LISTA DE SIGLAS | ix |
| SUMÁRIO..... | x |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVO..... | 4 |
| 3. REVISÃO | 5 |
| 3.1. Panorama mundial e nacional da manutenção e segurança aeronáutica | 5 |
| 3.1.1. Panorama mundial da manutenção e segurança aeronáutica | 5 |
| 3.1.2. Panorama brasileiro da manutenção e segurança aeronáutica | 10 |
| 3.2. Segurança, incidentes e acidentes na manutenção aeronáutica | 17 |
| 3.2.1. Fatores que favorecem a ocorrência de erros humanos na manutenção aeronáutica..... | 17 |
| 3.2.2. O erro humano no ambiente de manutenção | 22 |
| 3.2.3. Comunicação e troca de informação como fator para a minimização de erros humanos | 31 |
| 3.2.4. Treinamento e formação em manutenção aeronáutica e seus aspectos de segurança..... | 32 |
| 4. METODOLOGIA..... | 39 |
| 4.1. Principais atividades..... | 39 |
| 4.2. Pesquisa documental das regulamentações pertinentes à segurança em manutenção aeronáutica | 39 |
| 4.3. Levantamento de campo mediante visitas, consultas e entrevistas | 42 |
| 4.4. Análise e comparação das informações coletadas | 43 |
| 5. RESULTADOS | 44 |
| 5.1. Categorias de licença de manutenção aeronáutica..... | 44 |
| 5.2. Procedimentos para formação de mecânicos para obtenção de licenças de manutenção aeronáutica | 46 |

| | |
|---|-----|
| 5.3. Conteúdos modulares requeridos para formação do mecânico de manutenção aeronáutico pelos órgãos regulamentadores | 53 |
| 5.4. Conteúdos relativos à segurança na regulamentação da formação de mecânicos de manutenção aeronáutica | 70 |
| 5.5. Participação das empresas na formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica..... | 74 |
| 5.6. Discussão geral..... | 79 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 87 |
| 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 92 |
| REFERÊNCIAS..... | 93 |
| ANEXOS | 103 |
| ANEXO A – Questionário direcionado para as escolas de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica | 104 |
| ANEXO B – Questionário direcionado para as empresas de manutenção aeronáutica | 106 |
| ANEXO C – ANAC – Arquivos dos manuais de curso de mecânico de manutenção aeronáutica..... | 108 |
| ANEXO D – EASA – Combinação entre os módulos de conhecimento, número e duração das questões para realização das provas teóricas..... | 109 |
| ANEXO E – ANAC – Exemplo do detalhamento da grade curricular exigida pelos manuais de curso de mecânico de manutenção aeronáutica | 111 |

1. INTRODUÇÃO

A manutenção na indústria aeronáutica é um componente de grande importância para a aeronavegabilidade dos aviões e para a segurança do transporte aéreo de passageiros e cargas. Considerando o aumento do número de aeronaves em operação, ela também é um ponto estratégico no fortalecimento dos suportes e serviços pós-venda para os fabricantes aeronáuticos, de forma a manter a satisfação de seus clientes, a garantir a segurança e minimização de riscos de acidentes, e a preservação da imagem de excelência e sustentabilidade perante os clientes, acionistas e sociedade [1].

Para atender às crescentes necessidades da sociedade, aos requisitos governamentais e de eficiência operacional, o transporte aéreo utiliza tecnologias cada vez mais avançadas e complexas, principalmente no transporte de pessoas e cargas de média e longa distância. Os principais propósitos operacionais são a redução de custos e o tempo de voo, além da diminuição dos riscos de segurança aeronáutica, tanto de acidentes¹ como de incidentes².

Com o crescimento do tráfego aéreo e das exigências de mercado e da regulamentação na aeronavegabilidade dos aviões comerciais, há também uma crescente pressão por resultados sem atrasos, que se soma à maior necessidade de sofisticação tecnológica. Isso traz uma maior necessidade de treinamento dos mecânicos de manutenção para minimizar o risco de problemas nos sistemas de segurança e no erro humano associado ao trabalho complexo e árduo sob tensão envolvido.

¹ Acidente é toda ocorrência, relacionada com a utilização da aeronave, que ocorre dentro do período compreendido entre o momento em que uma pessoa entra a bordo da aeronave, com intenção de realizar um voo, e o momento em que todas as pessoas desembarcaram, durante o qual qualquer pessoa sofra de lesões fatais ou graves ou a aeronave sofra danos ou rupturas estruturais, ou a aeronave desapareça ou seja totalmente inacessível [2].

² Incidente é toda ocorrência relacionada com a utilização de uma aeronave, que não chegue a ser um acidente, que afete ou possa afetar a segurança das operações [2].

A formação profissional e o erro humano na manutenção aeronáutica são importantes fatores de influência sobre os riscos econômicos, sociais e ambientais no uso de aeronaves e, no caso extremo, pode levar à ocorrência de acidentes aeronáuticos em diferentes níveis de gravidade [3]. O fator humano na manutenção pode inclusive transformar-se em uma indesejável variável operacional na aviação, caso a indústria aeronáutica não aprenda com as ocorrências para desenvolver processos e contramedidas adequadas de minimização e, quando possível, eliminação dos erros humanos. Para a diminuição dos riscos de mal funcionamento das aeronaves, dos incidentes e dos acidentes devido à manutenção incorreta, os elementos chave apontados são os seguintes [3]: a) a troca de informação adequada, b) a experiência, c) o preparo dos envolvidos nas operações de manutenção e d) o emprego de procedimentos pelos responsáveis desta área de acordo com o estabelecido, além de outros elementos. Isso requer uma formação técnica abrangente e constantemente atualizada, cumprindo inclusive o estipulado, por exemplo, pelas agências regulamentadoras, por exemplo, nacional (Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC), americana (Federal Aviation Administration – FAA) e europeia (European Aviation Safety Agency – EASA).

Apesar da importância da formação profissional e do fator humano na manutenção para a segurança aeronáutica, essa é uma temática pouco pesquisada academicamente, sobretudo no Brasil. As pesquisas realizadas anteriormente por diferentes autores indicam que o ensino das pessoas envolvidas na área de manutenção aeronáutica é fundamental para que o setor da aviação e as tecnologias empregadas cumpram o seu papel no transporte aéreo de maneira sustentável, com a minimização de riscos econômicos, sociais e ambientais para a sociedade. No ensino e na posterior atuação dos profissionais da área de manutenção aeronáutica, além do conhecimento técnico e gerencial próprio da área em que atuará, devem ser abordados assuntos sobre como garantir a segurança e como evitar o erro humano, inclusive os processos de comunicação operacional, a aquisição de experiência e o cumprimento de procedimentos. A manutenção aeronáutica e a formação dos profissionais dessa área apresentam elementos fundamentais para o complexo balanço dos benefícios e riscos do transporte aéreo representam para a sociedade, pouco pesquisados, e o aprofundamento do seu conhecimento representa uma importante contribuição técnico-científica para o campo interdisciplinar da Ciência, Tecnologia e Sociedade.

As pesquisas existentes possuem lacunas de conhecimento que merecem ser pesquisadas, por exemplo, as regulamentações do treinamento do mecânico de manutenção, bastante abrangentes, complexas e distintas entre diferentes regulamentações nacionais e entre regulamentações de órgãos regulamentadores de diferentes países, as relações entre as regulamentações, o ensino-aprendizagem e o exercício profissional do mecânico de manutenção aeronáutica; além da sustentabilidade do setor e para a sociedade como um todo. Surgem as seguintes importantes questões que merecem ser melhor pesquisadas, e que norteiam a presente pesquisa e as hipóteses iniciais:

1. Há diferenças expressivas entre as exigências dos regulamentos nacionais e destes em relação aos órgãos regulamentadores de outros países e regiões que tratam da formação e atuação dos mecânicos de manutenção aeronáutica? As regulamentações são relativamente complexas e detalhadas, de compreensão e aplicação não triviais e merecem ser o aspecto central da investigação, como pretendido na presente pesquisa.

2. As diferenças de regulamentações, se houverem, podem afetar a qualidade e o nível de detalhamento da aprendizagem dos técnicos nos cursos de formação? A hipótese é que a existência de diferenças pode afetar a qualidade da aprendizagem, podendo apresentar aspectos conflitantes e deficiências que devem ser evitados ou minimizados, e que podem também contribuir para uma reflexão sobre oportunidades de aprimoramento da formação dos profissionais no Brasil, na área pesquisada.

3. A eventual formação insuficiente dos mecânicos de manutenção pode refletir-se na diminuição da segurança aeronáutica associada ao mau funcionamento de aeronaves, à ocorrência de incidentes e de acidentes? A hipótese é que a formação pode influenciar expressivamente sobre a segurança aeronáutica.

4. Iniciativas colaborativas entre múltiplas empresas e escolas técnicas podem promover uma melhoria na formação e atualização dos mecânicos de manutenção aeronáutica? A hipótese é que sim, podendo abranger, por exemplo, o planejamento, a revisão conjunta e o aprimoramento curricular, a melhoria de infraestrutura de ensino, a modernização e o oferecimento de novas modalidades de cursos, além de outras melhorias.

2. OBJETIVO

O objetivo da presente pesquisa é analisar a situação atual da formação de mecânicos de manutenção aeronáutica com ênfase na segurança de voo, diante da crescente necessidade de capacitação em termos qualitativos e quantitativos. Para tanto, os objetivos específicos estabelecidos são os seguintes:

- Analisar a relação entre a manutenção e a ocorrência de acidentes de aeronaves (aviões e helicópteros), com base em estatísticas disponíveis e casos registrados, nacionais e internacionais.
- Verificar como os regulamentos aeronáuticos para formação de mecânicos de manutenção tratam da segurança de voo e comparar como esse assunto está refletido nos currículos dos cursos, na formação e na prática do dia-a-dia do mecânico de manutenção.
- Comparar aspectos dos currículos de formação de mecânicos de manutenção em termos de segurança de diferentes cursos com vistas à verificação da abrangência de assuntos recomendados pelos órgãos civis aeronáuticos e a identificação de boas práticas.
- Comparar os requisitos de formação dos professores para instituições e as práticas existentes no Brasil e em diferentes países.
- Analisar a pertinência e a viabilidade de parcerias e iniciativas colaborativas na área de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica, a partir do levantamento de casos e informações junto a potenciais parceiros.
- Analisar e contribuir com proposições de melhorias para a formação e atuação dos mecânicos de manutenção na área de segurança aeronáutica.

3. REVISÃO

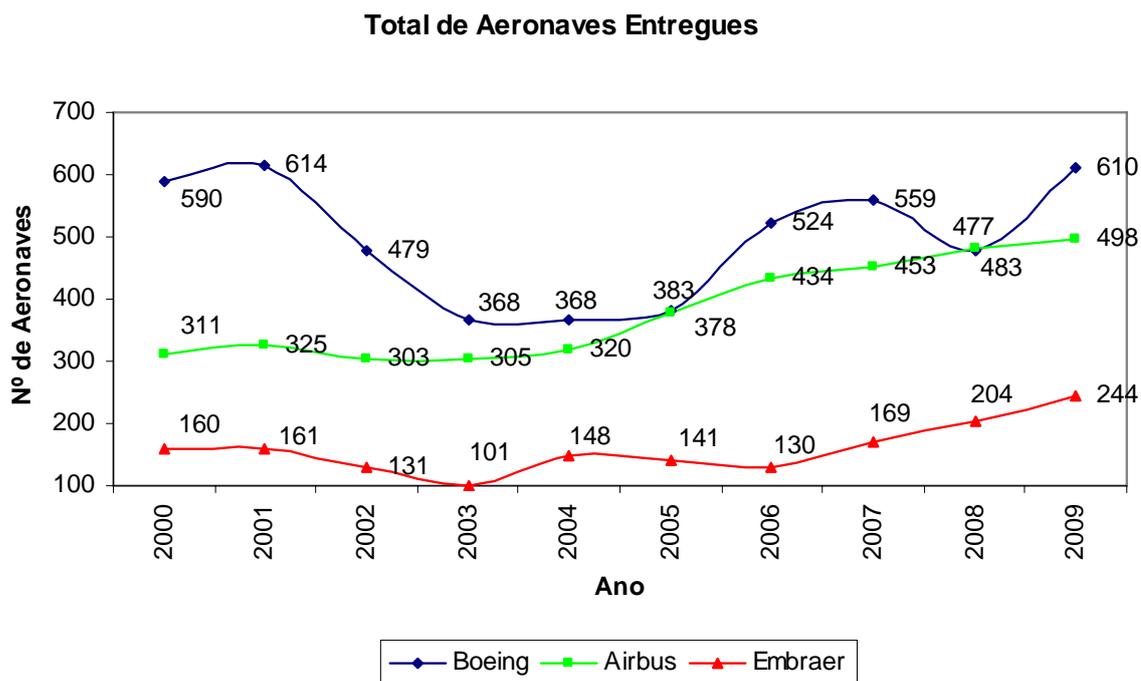
3.1. Panorama mundial e nacional da manutenção e segurança aeronáutica

Os potenciais benefícios da aviação são aumentados quando este meio de transporte é proporcionado à sociedade com alta segurança. Empresas fabricantes de aeronaves têm associado a segurança relacionada com seus produtos como importante fator que contribui para o aumento das vendas e que também está associada a uma manutenção confiável e segura, através de seus centros de manutenção. O conjunto manutenção-segurança deve estar integrado, para contribuir na perpetuidade das empresas e na confiança da sociedade neste setor.

3.1.1. Panorama mundial da manutenção e segurança aeronáutica

O mercado de aviação contribui com o turismo e com todas as demais áreas de negócios e de atividade humana, ao oferecer acessos e transporte a praticamente todas as regiões e localidades do mundo, viabilizando comércios dispersos, fomentando a produtividade, a competitividade e a inovação, facilitando a troca comercial e de conhecimento entre as regiões. Estima-se que em 2026, esta indústria irá contribuir diretamente com cerca de 8,5 milhões de empregos e, indiretamente, mais de 50 milhões por meio do turismo [4]. Seus benefícios indiretos são ainda mais significativos, já que os transportes aéreos facilitam o crescimento de muitas outras indústrias ao redor do mundo, com benefícios concretos que podem ser medidos pela produção econômica, empregos e riqueza para a sociedade tanto dos países já estabelecidos como dos emergentes [4].

Como reflexo dos benefícios desta indústria, a venda de aeronaves, das 3 maiores fabricantes mundiais – Boeing, Airbus e Embraer – tem tido um crescimento expressivo, como pode ser visto na Figura 3.1. Isso representou, no ano de 2009, um total de receitas somadas destas empresas de mais de 107,2 bilhões de dólares³.



Fonte: Adaptado a partir de [8, 9, 10].

Figura 3.1: Número de aeronaves entregues pelas 3 maiores fabricantes mundiais de aeronaves entre 2000 e 2009.

Esse resultado positivo ocorreu apesar da crise financeira mundial iniciada em meados de 2008, que contribuiu para uma drástica redução de efetivos em fabricantes de aeronaves como a Cessna, Bombardier, Hawker Beechcraft [11] e a brasileira Embraer [12], além da abertura de concordada de empresas aéreas tradicionais como a JAL – Japan Airlines [13] e a americana Mesa Air Group [14].

³ Elaborado pelo autor, a partir de dados extraídos das fontes [5, 6, 7].

Por outro lado, a indústria sofreu súbitas mudanças para o aumento da eficiência e redução de custos para combater os efeitos da crise, bem como manterem-se competitivas nos mercados em que atua.

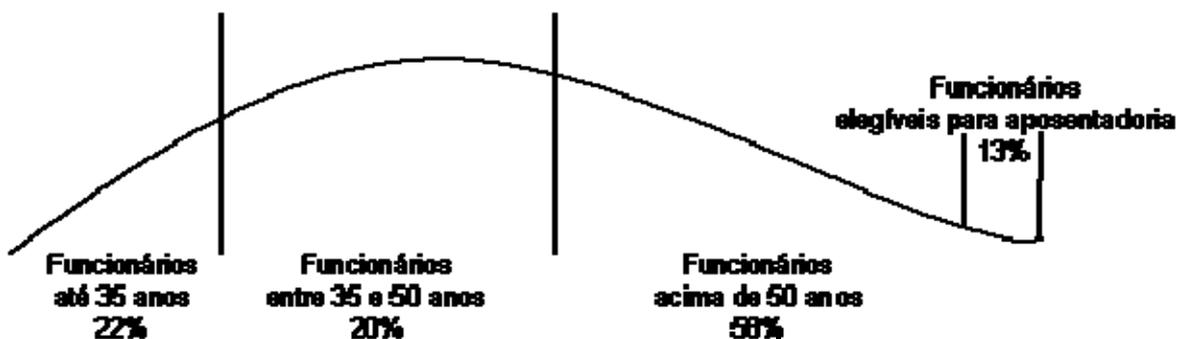
Com o aumento do número de aeronaves, há uma crescente demanda de manutenção das linhas aéreas e suporte pós-venda, que precisam ser atendidas. Centros de manutenção têm sido instalados e outros autorizados pelas fabricantes, como uma ferramenta estratégica, para atender e manter seus clientes, com estrutura capaz de comportar o aumento numérico e a diversidade de aeronaves que devem sofrer suas manutenções programadas ou, até mesmo, passarem por algum tipo de modificação, de forma a manter sua aeronavegabilidade e se adequarem ao dinamismo das rotas aéreas. No prazo de 20 anos, deverão existir até 3.800 aeronaves cargo em operação, enquanto hoje esse número é em torno de 1.700, e a maioria surgirá a partir de conversões de aeronaves comerciais em utilização [4, 15].

Há também uma crescente modernização das linhas aéreas já existentes, bem como o surgimento de novos fabricantes neste setor – chinesas, russas e japonesas [16]. A alta competitividade deste mercado tem gerado uma constante demanda, pela inovação, por aeronaves de baixo custo operacional, alta despachabilidade, maior conforto e “ecologicamente corretas”, traduzido por menor emissão de ruídos e poluição vinda da queima de combustível [17]. Em soluções ecológicas, vale destacar o pioneirismo no desenvolvimento da tecnologia de biocombustível pela fabricante brasileira EMBRAER, responsável pela primeira aeronave movida por etanol certificada no mundo até o momento [17], proporcionando também condições para que seu país consiga reduzir seus gastos com combustíveis de aviação, hoje estimado em 32% do custo total de suas companhias aéreas, 9% mais alto que a média global [18].

Como os EUA são o país com maior número de voos diários do mundo, nos últimos cinco anos as organizações de defesa e aeroespaciais americanas têm observado as conseqüências desse crescimento do mercado, inclusive, o equacionamento da mão de obra disponível e necessária para o setor no país [19]. Verifica-se que pode haver um possível impacto do eventual declínio da disponibilidade de mão de obra geral na indústria aeroespacial, que pode ser iminente, já que ela não tem acompanhado a expansão deste setor [19]. As conseqüências no médio e longo prazo pode ser perda de competitividade

americana no mercado [20]. A Universidade do Sul de Illinois, Estados Unidos, conduziu uma pesquisa para determinar algumas das razões para a escassez dos técnicos de aviação. A pesquisa também apontou a identificação da impressão equivocada que os estudantes podem se deparar com relação à manutenção de aeronaves como uma opção de carreira [21].

Outra preocupação relevante analisada na aviação americana é a quantidade de engenheiros e técnicos necessários disponíveis no futuro, tendo em vista a parcela expressiva dos profissionais hoje atuantes e que estão aptos a se aposentarem [20]. Um estudo semelhante também foi realizado entre a fabricante Boeing e a Universidade Politécnica do Estado da Califórnia [20]. Há recomendações para as grandes companhias no sentido de agirem mais intensamente para amenizar esta crise que é considerada já existente e que poderá se agravar [22]. Nos últimos anos, apenas 2% dos 637.000 funcionários se aposentaram, porém, cerca de 13% (mais de 82.000) já estão aptos a solicitarem aposentadoria, quer seja pela idade, quer seja pelos programas corporativos de aposentadoria fornecidos tanto pelas empresas fabricantes de aeronaves como pelas companhias aéreas, como mostra a Figura 3.2 [19]. Embora isso represente oportunidade para os jovens profissionais, há preocupação tanto com a dificuldade das empresas recomporem seus efetivos, como também, de acordo com Clay Jones (diretor-presidente da fabricante de dispositivos eletrônicos e de comunicação aeronáutica Rockwell Collins), existe grande dificuldade com o desgaste e a sobrecarga de trabalho desses profissionais, e com a correta alocação dos novos profissionais para o máximo aproveitamento do seu potencial [19].



Fonte: Adaptado a partir de [19].

Figura 3.2: Perfil dos funcionários atuantes no mercado aeronáutico americano em 2007.

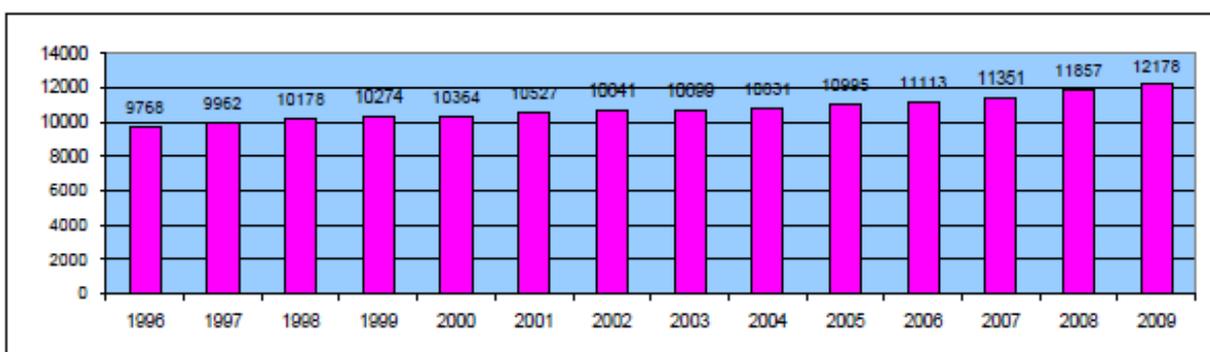
Como houve o aumento da importância dos jovens profissionais recém formados para superar os desafios do envelhecimento dos funcionários na ativa, uma das consequências foi a maior aproximação entre as organizações de aviação e defesa americanas em relação às universidades e escolas técnicas, mediante a criação de parcerias e iniciativas colaborativas para prepararem esses jovens para entrarem no mercado. Com isso, verificou-se o aumento da capacidade das instituições no oferecimento de cursos em maior quantidade e diversidade e no uso de novas metodologias. Também houve aumento do acompanhamento e a comparação da eficiência do técnico durante o período letivo e nas avaliações, em relação ao seu posterior desempenho no exercício profissional prático [19].

De maneira geral, a quantidade de mecânicos qualificados ainda não atende as necessidades das empresas de manutenção, já que até 2018 serão necessários mais 247.000 novos profissionais e até 2026 este número estimado é de 400.000 [23], devido a novas entregas de aeronaves. Levando em consideração as aposentadorias e mudanças de mercado, o número aumenta para 405.000 e 740.000, respectivamente [23]. Preparando-se para esta futura demanda e adequando a indústria aeroespacial e suas necessidades de desenvolvimento com a capacitação dos técnicos, por exemplo, a Brevard Community College, localizada na Flórida, Estados Unidos, criou um Centro para Treinamento e Desenvolvimento Aeroespacial (CAT-D) e uma organização para um novo programa aeroespacial. Esta parceria concretiza a necessidade para novos e inovadores treinamentos de técnicos para a indústria aeroespacial e programas de educação [24]. Ainda neste país, o governo do Estado de Kansas junto com seus fabricantes de aeronaves criou o Kansas Technical Training Initiative (KTTI), uma iniciativa público privada com a missão de fornecer um ensino técnico para os futuros empregados destas companhias, cujas principais são a Cessna, Bombardier e Boeing, e de atualizar tecnologicamente os profissionais já empregados, atendendo as estratégias de remanejamento interno para os hangares de manutenção de aeronaves, por exemplo [25]. No meio do hemisfério, a companhia aérea Egypt Air tem expandido seu centro de manutenção, contando, estrategicamente com um instituto de aviação próprio, aprovado pela EASA (órgão regulamentador europeu), se consolidando como a maior fornecedora de treinamentos e de capacitação de técnicos de sua região, qualificando tanto seu aumento do quadro de mecânicos de manutenção para atendimento de sua frota, cujo crescimento deve chegar a 200 aeronaves em

2020, como atendendo à solicitações das outras empresas da região [26]. Do outro lado do hemisfério, a Ameco Beijing é um centro de manutenção de aeronaves chinês criado a partir de uma joint venture entre as companhias aéreas Air China e Lufthansa [27], que contém a divisão Ameco Aviation College, e cujas instalações foram aumentadas em 2009, para ampliar sua capacidade de treinamento para atender, não somente seu próprio negócio de manutenção, como a Air China Group e outros clientes, operadores de voos domésticos e internacionais [28].

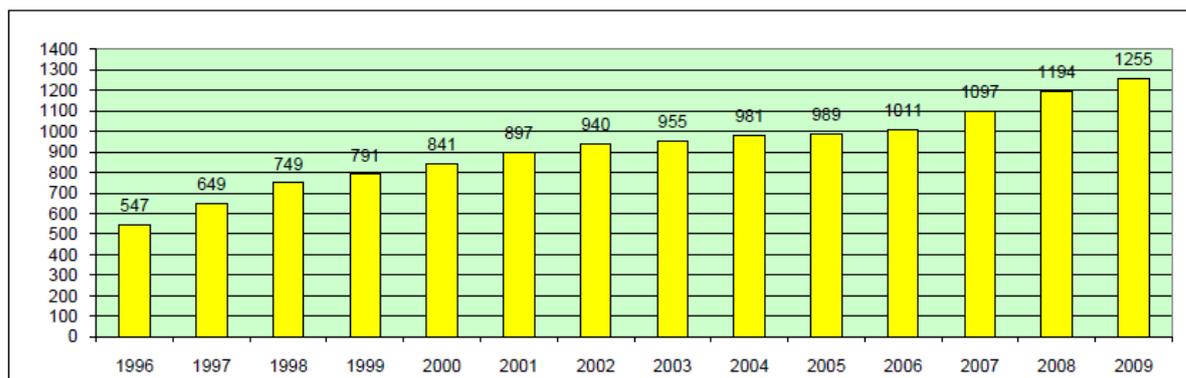
3.1.2. Panorama brasileiro da manutenção e segurança aeronáutica

No Brasil, o mercado de aviação também tem aumentado a cada ano, conforme Figuras 3.3 e 3.4, que mostram o crescimento do número de aviões e de helicópteros no país, segundo informações e dados da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) [29, 30]. Este aumento tem refletido em números significativos e reconhecidos mundialmente, como por exemplo, o número de helicópteros registrados da cidade de São Paulo em maio de 2010 era de 452, sendo considerada a maior frota do mundo, com a cidade americana de Nova Iorque em segundo lugar com 445 desse tipo de aeronave registrada [31].



Fonte: [29].

Figura 3.3: Número de aviões no Brasil.



Fonte: [30].

Figura 3.4: Número de helicópteros no Brasil.

A economia e a demografia sugerem um potencial significativo de crescimento do transporte aéreo brasileiro resultando, junto com as companhias sul americanas, nas mais altas taxas de crescimento deste mercado, podendo alcançar até 7% ao ano, considerando seu crescimento anual econômico de 3,9% [15].

Para suportar o crescimento do número e diversidade de aeronaves, existem, no Brasil, centros de manutenção de aeronaves nas cidades de Porto Alegre-RS, Confins e Belo Horizonte-MG, Rio de Janeiro-RJ, Brasília-DF e, no estado de São Paulo, nas cidades de São Paulo, Jundiaí, Gavião Peixoto e São Carlos, entre outros, conforme mostrado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Empresas de manutenção de aeronaves e suas localizações.

| Cidade/Estado | Empresa | Referência |
|--|-------------------------------|------------|
| Gavião Peixoto/SP | Embraer Aviation Services | [32] |
| São Carlos/SP | Centro Tecnológico TAM | [33] |
| Ribeirão Preto/SP | Passaredo Linhas Aéreas | [34] |
| Jundiaí/SP | TAM Aviação Executiva | [35] |
| Confins/MG | Gol Centro de Manutenção | [36] |
| Porto Alegre/RS Rio de Janeiro/RJ | TAP Maintenance & Engineering | [37] |
| Belo Horizonte/MG Brasília/DF São Paulo/SP | Líder Aviação | [38] |

Fonte: Adaptado a partir de [32 – 38].

Os centros de manutenção das cidades de Gavião Peixoto, de São Carlos e de Ribeirão Preto, estão localizados em um pólo aeronáutico do interior do Estado de São Paulo, e foram construídos respectivamente pela fabricante de aeronaves Embraer (Gavião Peixoto – SP), pela companhia de transporte aéreo TAM (São Carlos – SP) e pela companhia de transporte aéreo Passaredo (Ribeirão Preto – SP). A existência destes centros na região tem gerado uma demanda de mão de obra de nível técnico para a qual é e será cada vez mais difícil o pleno atendimento quantitativo e qualitativo, em alinhamento com o crescimento dos mercados de fabricação e transporte aéreo das companhias envolvidas, assim como nos outros centros citados [39].

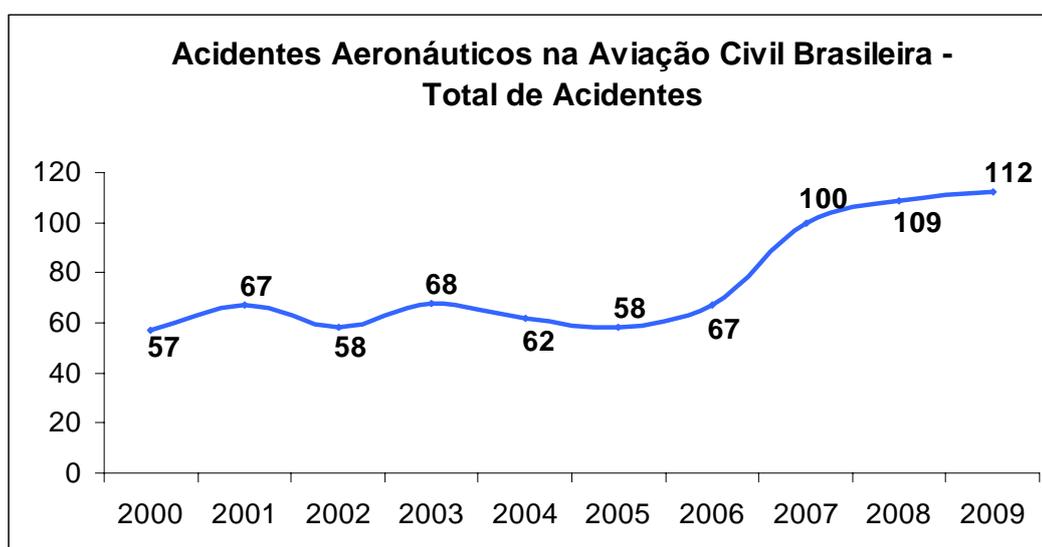
A TAM utiliza o seu Centro Tecnológico de S. Carlos para a manutenção de toda sua frota e de aeronaves vindas de outras companhias aéreas da América do Sul, como, por exemplo, as do grupo chileno LAN [33]. A EMBRAER, por sua vez, utiliza suas instalações em G. Peixoto para montagem final de aeronaves do mercado de defesa e executivo, fabricação de interiores para aviação executiva, montagem de asas para aeronaves comerciais, ensaios em voo. Conta ainda com a subsidiária EMBRAER AVIATION SERVICES, um centro de manutenção de aeronaves estruturado estrategicamente para atender ao segmento de Defesa, com foco na manutenção das aeronaves fornecidas para o Governo e Força Aérea Brasileira, grandes patrocinadores de oportunidades para a inovação e capacitação tecnológica da empresa [1]. A Passaredo, localizada em Ribeirão Preto, conta com o recém inaugurado hangar de manutenção de aeronaves para suportar o crescimento de sua frota que passou de 9 para 15 aeronaves, em 2010 [34]. A composição do quadro de efetivos dessas empresas de manutenção, aliada a uma formação e treinamento continuado dos jovens profissionais é de extrema importância para a segurança em voo das aeronaves que passam pelas revisões de manutenção ou por modificações personalizadas solicitadas pelos clientes.

A região de São Carlos, além de contar com estas duas respeitadas empresas do setor aeronáutico deve se fortalecer em todos os aspectos ligados à atividade aérea, inclusive no ensino e pesquisa, para a consolidação do pólo aeronáutico regional. Já existem iniciativas como o curso de engenharia aeronáutica da USP São Carlos e o Curso de Tecnologia em Aeronáutica recém criado em parceria entre UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos e o CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica [40], além de cursos técnicos fornecidos pelo

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Araraquara e pelas escolas técnicas de aviação de ambas as cidades. Porém, ainda há carência de mão de obra especializada e atualizada voltada para a manutenção das novas e modernas frotas, quase que predominantes atualmente dentro das maiores companhias aéreas [39].

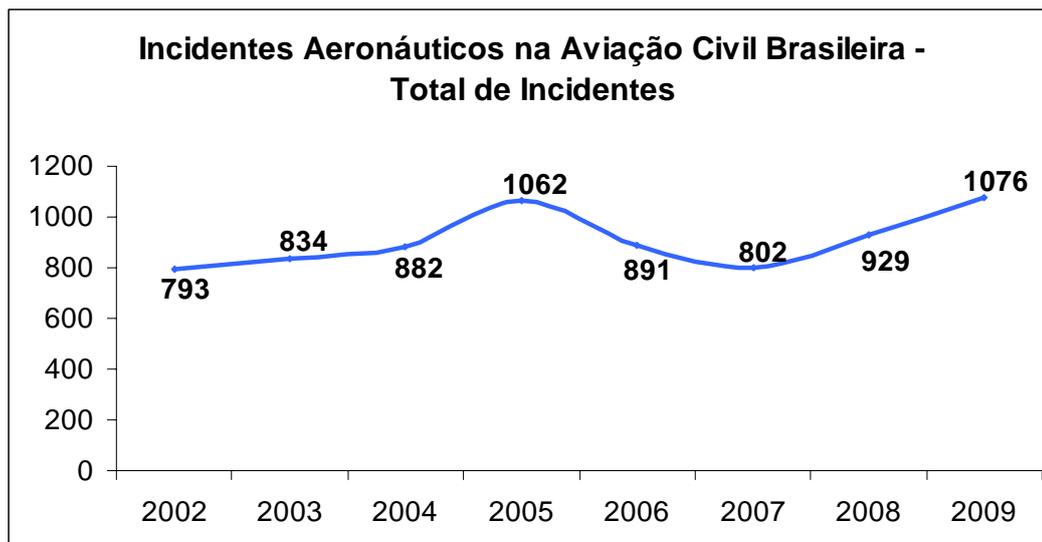
A constante busca da excelência na manutenção engloba a concentração de atenções na segurança de voo e minimização de incidentes e acidentes, o que é uma condição estratégica para a demonstração da eficácia e para a imagem das companhias, mediante desenvolvimento dos mecânicos e demais integrantes do corpo técnico através de treinamentos, com uso de tecnologias de manutenção de ponta e cumprimento das regulamentações exigidas, de modo a garantir a alta qualidade, combinada com os custos e prazos, necessários para se manterem nesse mercado altamente competitivo [1].

Apesar de a América Latina possuir a taxa de acidentes 5 vezes superior à da Europa; o Brasil se difere da região por quase se igualar ao continente europeu, com queda de 58% neste indicador nos últimos 18 anos, apesar da frota ter aumentado 50% nesse período [41]. Nos últimos anos, o índice de acidentes e incidentes nacionais tem aumentado levemente, conforme mostrado nas Figuras 3.5 e 3.6.



Fonte: Adaptado a partir de [42].

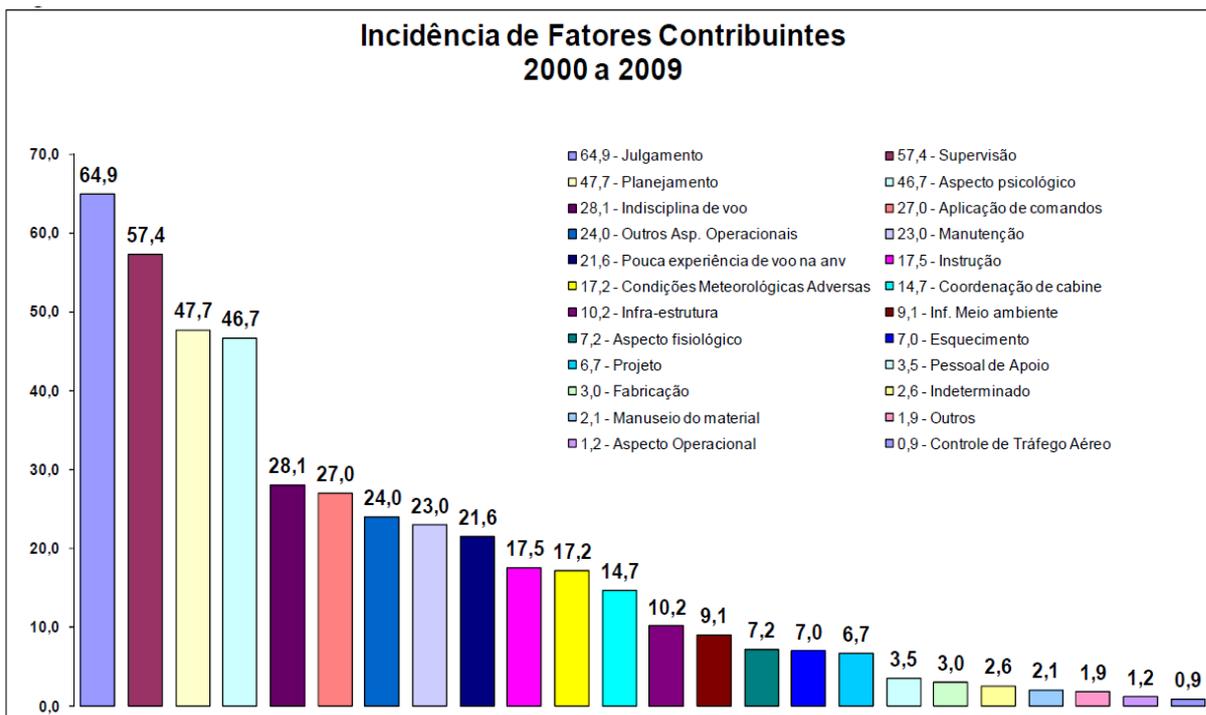
Figura 3.5: Número de acidentes aeronáuticos na Aviação Civil Brasileira.



Fonte: Adaptado a partir de [43].

Figura 3.6: Número de incidentes aeronáuticos na Aviação Civil Brasileira.

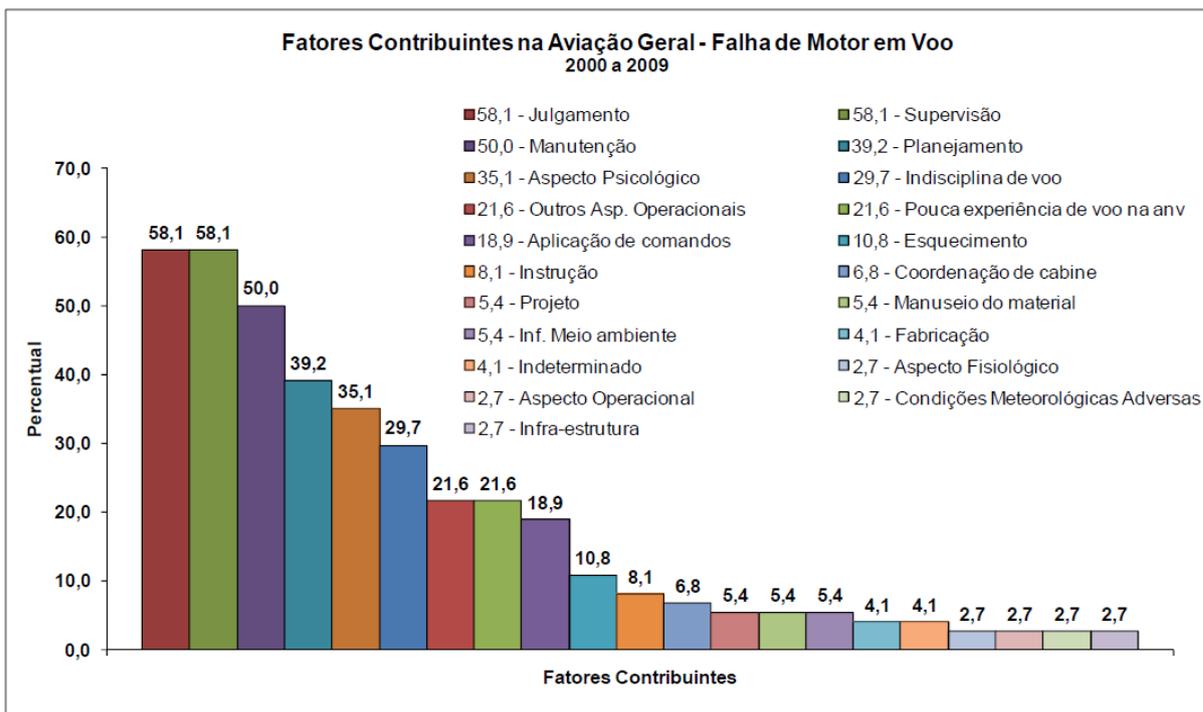
Nos acidentes aéreos geralmente existe um conjunto de fatores contribuintes que atuam de maneira combinada, e grande parte está associada à área de manutenção e pessoal de apoio, nos quais o mecânico de manutenção aeronáutica está diretamente envolvido. A Figura 3.7 apresenta os principais fatores que contribuíram para os acidentes aéreos no Brasil no período de 2000 a 2009 [43]. Merece destaque a preponderância para os acidentes, cujos aspectos estão relacionados a fatores humanos, que incluem julgamento, supervisão, planejamento, aspecto psicológico e muitos outros, tendo-se ainda a manutenção explicitamente como um dos fatores expressivos [2].



Fonte: [43].

Figura 3.7: Incidência de fatores contribuintes para os acidentes na Aviação Civil Brasileira.

O principal tipo de ocorrência para os acidentes da aviação geral, o maior segmento da aviação civil brasileira, em que são consideradas aeronaves registradas como serviços aéreos privados, tem sido a falha de motor em voo, contribuindo com cerca de 30% nos acidentes [43]. Conforme mostrado na Figura 3.8, os fatores, direta ou indiretamente relacionados à manutenção, que originaram esse tipo de falha é também devido, em grande parte, à própria área de manutenção de aeronaves, que, além de contribuir para uma inadequada supervisão e execução dos serviços, é o terceiro maior destaque, comprometendo a qualidade e colocando em risco a segurança das pessoas. Faz-se necessário, neste contexto, uma maior atenção aos serviços de manutenção providos pelas empresas desse setor [43].



Fonte: [43].

Figura 3.8: Fatores contribuintes na aviação geral para a ocorrência da falha de motor em voo.

De maneira a prevenir a falha humana que originam os erros no ambiente de manutenção e fortalecer a formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica, o órgão regulamentador brasileiro ANAC está substituindo o Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica – RBHA-141 – Escolas de Aviação Civil, pelo Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC 147 – Centros de Instrução de Aviação Civil, no que tange à formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica, visando atender à uniformidade regulamentar prevista na Convenção sobre Aviação Civil Internacional concluída em Chicago, em 7 de dezembro de 1944 e desta forma melhorar a segurança de voo [44]. As principais modificações englobam a implementação da certificação de centro de aviação civil, para a formação de mecânicos de manutenção aeronáutica; a adoção do manual de instrução e procedimentos, exigência de treinamento inicial e periódico para os instrutores, de acordo com as atribuições a desempenhar, a adoção de um sistema de garantia da qualidade e a utilização de metodologia de educação à distância (EAD) [44] nos processos educacionais. Em relação ao conteúdo programático, das grades curriculares para formação do mecânico de manutenção, a ANAC pretende

compatibilizar os regulamentos brasileiros com os principais internacionais e também melhor atender às necessidades da aviação civil brasileira, o que deverá implicar no aumento da carga horária e na alteração e inserção de conteúdos, inclusive a introdução de disciplina sobre “Fatores Humanos, que deverá também conter também aspectos associados à segurança [44].

3.2. Segurança, incidentes e acidentes na manutenção aeronáutica

A segurança é um fator primordial para todos os setores de transporte, porém, seu maior impacto é no setor aéreo, uma vez que, as consequências de um acidente podem tomar proporções imensuráveis de uma só vez, quando considerada a tríade meio ambiente, economia e sociedade. Diretamente relacionado à segurança em voo, a área de manutenção de aeronaves é responsável pelo grande número de incidentes e acidentes que ocorrem neste setor, através de diversos fatores humanos contribuintes, comentados na sequência.

3.2.1. Fatores que favorecem a ocorrência de erros humanos na manutenção aeronáutica

O erro humano na manutenção e inspeção de aeronaves tem-se mostrado o fator preponderante em muitas situações de risco para a segurança, inclusive em uma parcela dos acidentes aéreos, com ocorrências que podem envolver praticamente todas as atividades desta área. O número de acidentes e incidentes relacionados à manutenção aeronáutica tem aumentado significativamente em números absolutos e relativos no transporte aéreo público. Por exemplo, foi verificado que, na primeira metade da década de 1980, ocorreram 17 acidentes ou incidentes relacionados à manutenção de aeronaves na região oeste dos EUA, com sérias consequências; já excluídos os casos de falhas técnicas consideradas comuns em motores, trens de pouso, sistemas, estruturas, acidentes de rampa e outros componentes. Na segunda metade da década de 1980, foram verificados 28 acidentes associados à manutenção nessa mesma região, o que significou um aumento de 65% a mais que a primeira metade daquela década, enquanto que, no mesmo período, o movimento aéreo (voos programados ou não) aumentou 22%, aumento este bem inferior ao aumento dos acidentes. Somente nos primeiros três

anos da década de 90, foram verificados 25 acidentes envolvendo causas associadas à manutenção, contra somente 7 no mesmo período da década de 80, representando uma tendência de continuidade no crescimento do número de acidentes associados a essa atividade em relação à década anterior na região pesquisada [45].

Os esforços para o aperfeiçoamento dos fatores humanos da manutenção aeronáutica tradicionalmente são direcionados para o desempenho da tripulação e, com menor ênfase, para o desempenho dos controladores de tráfego aéreo. Enquanto isso, até recentemente, a literatura apresentava uma abordagem relativamente limitada sobre os fatores humanos que podem afetar o desempenho dos profissionais de manutenção que reparam e inspecionam as aeronaves. Isso pode ser considerado um equívoco, tendo em vista que o erro humano nessa atividade deve ser visto como elemento chave da segurança das operações aéreas, do mesmo modo que os erros de pilotos e de controladores do tráfego aéreo, muito mais estudados [3]. A manutenção e inspeção de aeronaves representaram 12% dos 93 maiores acidentes mundiais ocorridos entre 1959 e 1983, como mostra a Tabela 3.2 [46]. Um estudo mais recente e similar sobre acidentes no período de 1980 a 1996 apontou as atividades de manutenção como fator principal para 10 acidentes fatais e contribuição em outros 36 acidentes [47].

Tabela 3.2: Causas de acidentes entre 1959 e 1983.

| Causas / Fatores de maiores contribuições | % de contribuição para os acidentes |
|--|--|
| 1. Piloto utilizou procedimentos fora do padrão | 33 |
| 2. Conferência inadequada pelo segundo membro da tripulação | 26 |
| 3. Falhas de design | 13 |
| 4. Deficiências de manutenção e inspeção | 12 |
| 5. Ausência de orientação para aproximação de pouso | 10 |
| 6. O capitão ignorou os inputs da tripulação | 10 |
| 7. Falhas ou erros do controle de tráfego aéreo | 09 |
| 8. Respostas erradas da tripulação em condições anormais | 09 |
| 9. Informação meteorológica insuficiente ou errada | 08 |
| 10. Problemas em pista | 07 |
| 11. Decisão incorreta para pouso | 06 |
| 12. Deficiências de comunicação entre o controle de tráfego aéreo e tripulação | 06 |

Fonte: [46].

Um estudo mais recente apontou que pelo menos 65.000 voos de companhias americanas, nos últimos 6 anos, não deveriam ter decolado em função das condições de manutenções impróprias das aeronaves, sendo que a qualificação incorreta ou inexistente dos mecânicos foi um fator contribuinte relevante [48]. Este número poderia ser maior, considerando que houve neste período, 63,8 milhões de voos e que o órgão regulamentador americano (FAA) não documenta quantas vezes uma aeronave com problemas de manutenção voou [48].

As atividades de manutenção e inspeção podem ser muito complexas e variadas em um ambiente no qual há inúmeras possibilidades de erro e onde os técnicos de manutenção precisam preocupar-se com a segurança dos passageiros e demais impactos das aeronaves sobre as questões econômicas, sociais e ambientais. Principalmente nos sistemas de aviação mais desenvolvidos, os técnicos freqüentemente trabalham sob consideráveis pressões, tanto no hangar de

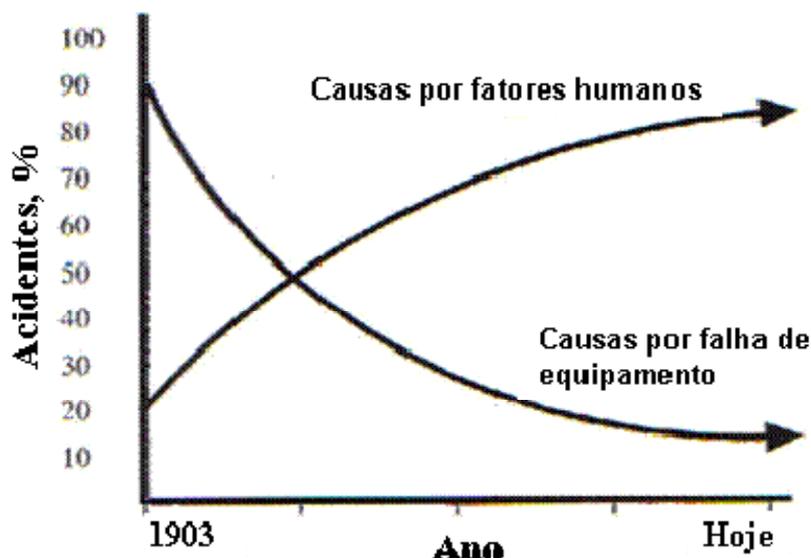
manutenção como nas pistas dos aeroportos e nas aeronaves. Eles também são os responsáveis pela partida das aeronaves no tempo programado e precisam atender às necessidades de aumento de sua utilização para aumento da produtividade, conforme demandado atualmente pelas companhias aéreas em agravamento às dificuldades deste mercado de constantes inovações e altamente competitivo.

Somando-se às pesadas atividades, as frotas de transporte aéreo tem-se tornado cada vez mais antigas, envolvendo uma quantidade expressiva de aeronaves com até 20-25 anos de fabricação em muitas das companhias aéreas, incluindo as maiores operadoras mundiais. As fuselagens antigas requerem inspeções cuidadosas quanto a sinais de fadiga, corrosão e deterioração em geral e isso cria situações estressantes de trabalho durante a manutenção, particularmente nas tarefas de inspeção, tendo em vista que a não detecção de indícios de problemas associados à idade da aeronave, muitas vezes sutis, podem trazer consequências sérias, além de exigirem atividades extras de manutenção [3].

Além da problemática peculiar às aeronaves antigas, as inovações tecnológicas incorporadas nas de nova geração, das frotas de muitas companhias aéreas mundiais, também aumentam a demanda por novas modalidades de manutenção. As novas gerações de aeronaves e as gerações antigas ao serem reformadas incorporam tecnologias novas e avançadas. Por exemplo, a tendência atual das estruturas é a utilização de maior quantidade de materiais compostos, as cabines de pilotos (cockpits) serem “envidraçadas” com muitos painéis digitais e os sistemas de operação e controle serem altamente automatizados contendo ainda sofisticados equipamentos de diagnósticos e de testes computadorizados. A necessidade de manter simultaneamente as aeronaves antigas e novas requer dos técnicos de manutenção aeronáutica muito mais informação e conhecimento para o exercício de suas funções em relação à realidade vivenciada no passado [3]. Torna-se, portanto, cada vez mais necessário o aumento da qualificação da mão de obra com uma formação educacional abrangente e de excelência, que leve em consideração a dinâmica da mudança tecnológica presente e tendências futuras.

A partir de 1960 pode-se considerar que intensificou a preocupação com a problemática dos erros humanos em acidentes de um modo geral e a contribuição deste fator em acidentes foi estimada em aproximadamente 20% para o total de casos. Enquanto isso, nos anos de 1990, houve aumento para 80%, ou quatro vezes

maior a porcentagem de acidentes classificados como oriundos de causas humanas, conforme indicado na Figura 3.9 [49].



Fonte: [49].

Figura 3.9: Evolução comparativa das causas humanas e dos equipamentos nos acidentes aéreos civis.

Dentre as possíveis razões para o aumento expressivo dos fatores humanos nas causas de acidentes aéreos, podem ser destacadas as seguintes [49]:

- A não evolução da capacitação e das práticas do trabalho humano na mesma velocidade do expressivo aumento da confiança e da segurança dos componentes mecânicos e eletrônicos ao longo dos últimos 30 anos;
- A falta de sintonia entre os treinamentos de técnicos de manutenção aeronáutica, muitas vezes treinados exclusivamente em controles de sistemas mecânicos, em relação ao grande aumento da automatização e consequente aumento da complexidade dos sistemas. A título de exemplo, a recente geração das aeronaves Boeing 747-400 e Airbus A340 duplicaram ou triplicaram os sistemas de gerenciamento de voo, o que reduziu consideravelmente as tarefas da tripulação, mas afetou a demanda dos mecânicos de manutenção, tanto em números como na maior abrangência e complexidade do seu treinamento, muitas vezes não suprido adequadamente; e,

- O aumento do potencial de ocorrência de acidentes devido a deficiências organizacionais, nas quais falhas técnicas e de processos se combinam com erros e violações humanas de procedimentos operacionais, ocasionados pelo aumento da complexidade dos sistemas na aviação e pelo trabalho intenso sob pressão, dentre outros.

3.2.2. O erro humano no ambiente de manutenção

O erro humano na manutenção aeronáutica geralmente se manifesta como uma discrepância não intencional na aeronave, atribuída ou não atribuída às ações do técnico deste setor, causada pela degradação física ou falha pessoal do mesmo. A atribuição da discrepância ao erro humano pode ser específica da aeronave, que não estava lá antes que a atividade de manutenção fosse iniciada, ou, então, pode ser qualquer atividade de manutenção, como uma oportunidade de erro humano, que resulta em uma discrepância não prevista [3].

O segundo tipo de erro pode ocorrer em uma condição insegura ou não esperada, não detectada durante as atividades de manutenção, programadas ou não programadas, e podem envolver, por exemplo, as funções de detectar e tomar providências relativas à degradação da aeronave e seus componentes por corrosão, por fadiga, sobrecarga ou por muitos outros motivos. Esses tipos de erros podem ser causados principalmente devido a fatores latentes tais como: treinamento deficiente, alocação inadequada de recursos, erros no uso de ferramentas de manutenção, pressão no tempo disponível, etc [3].

Há diversos acidentes aéreos nos quais foi constatada a contribuição dos erros humanos de manutenção para o resultado indesejado. Um exemplo foi o acidente da aeronave DC-10 (Figura 3.10), prefixo N110AA, voo 191 da companhia aérea American Airlines em Chicago, no dia 25 de março de 1979, ocasionado por um procedimento de troca de motor, onde o pilone (suporte de ligação entre motor e fuselagem) e o motor foram removidos e instalados como uma só unidade, ao invés de separadamente, como seria o correto. O procedimento empregado não era aprovado nos protocolos da companhia e resultou em uma falha na estrutura do pilone, que provocou o destacamento, durante a decolagem, do próprio pilone e de uma de suas junções. O dano consequente nos sistemas hidráulicos causou a retração da asa esquerda e a perda do controle da aeronave. Neste acidente, 217

peças a bordo e 2 pessoas que estavam em solo morreram [50]. Imagens do acidente são mostradas na Figura 3.11.



Fonte: [51].

Figura 3.10: Aeronave DC-10 da companhia aérea American Airlines similar à acidentada de prefixo N110AA, em 1979.



Fonte: [52].

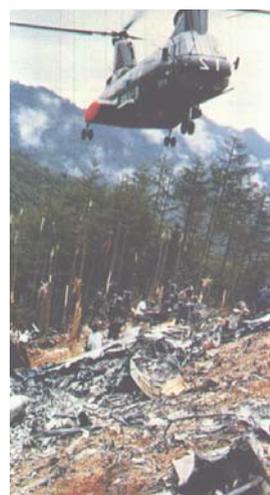
Figura 3.11: Imagens do acidente com a aeronave da American Airlines, prefixo N110AA, em 1979.

Outro exemplo de erro humano na manutenção como fator preponderante foi no acidente de um Boeing 747 SR-100, prefixo JA8119, da companhia aérea Japan Airlines, Figura 3.12, voo 123, em 12 de agosto de 1985. A aeronave sofreu uma rápida descompressão em voo quando um reparo incorreto da divisória de pressão traseira falhou. A subsequente sobrepressurização da empenagem e expansão da onda de choque devido à explosão da divisória causaram falha no controle do sistema e consequentemente a destruição da aeronave, causando 520 vítimas e apenas 4 sobreviventes [53]. Imagens do acidente são mostradas na Figura 3.13.



Fonte: [54].

Figura 3.12: Aeronave Boeing 747 SR-100, prefixo JA8119 da companhia aérea Japan Airlines, acidentada em 1985.



Fonte: [55].

Figura 3.13: Imagens da aeronave Boeing 747 SR-100, prefixo JA8119 da companhia aérea Japan Airlines, após o acidente, em 1985.

Uma pesquisa realizada em 1992 pela autoridade da aviação civil do Reino Unido permitiu a criação de uma importante lista de discrepâncias mais frequentes na manutenção de aeronaves, com a indicação dos seguintes principais problemas por ordem de ocorrência [56]:

- Instalação incorreta de componentes,
- Ajuste de peças incorretas,
- Discrepâncias em fiações elétricas (incluindo conexões cruzadas),

- Lubrificação incorreta,
- Acesso inseguro em painéis e carenagens,
- Pinos para travas do trem de pouso (quando em terra) não removidos antes da saída da aeronave.

Adicionalmente, uma análise de 122 ocorrências de acidentes documentados entre 1989-1991, em uma companhia aérea americana envolvendo erros devido a fatores humanos com provável relevância de engenharia, foi identificada como principais categorias de erros de manutenção: as omissões, as instalações incorretas e o uso de peças erradas, conforme mostrado na Tabela 3.3 [57].

Tabela 3.3: Categorias de erros de manutenção.

| Categorias de erros de manutenção | Porcentagem |
|--|--------------------|
| Omissões | 56 |
| Instalações incorretas | 30 |
| Uso de peças erradas | 08 |
| Outros | 06 |

Fonte: Adaptado a partir de [57].

As omissões, que representam mais da metade das categorias de erros na Tabela 3.3, abrangem, em sua maioria, atividades incompletas ou não realizadas. Instalações incorretas de componentes, inclusive a falta de inspeção e controle de qualidade corretas, representaram também uma expressiva categoria de erros de manutenção com alta frequência.

Como exemplo de erro do tipo instalação incorreta, reportado em 5 de maio de 1983, o voo 855 da Eastern Airlines, feito com uma aeronave Lockheed L-1011, prefixo N334EA, mostrada na Figura 3.14, partiu do aeroporto internacional de Miami para Nassau em Bahamas, com 162 passageiros e 10 tripulantes. Em um período curto após a decolagem, o indicador de baixa pressão de óleo do motor número 2 acendeu, o capitão desligou o motor como medida de precaução e decidiu retornar para Miami. Logo após, os outros 2 motores restantes também falharam, indicando em ambos pressão de óleo zero. A vinte e duas milhas de Miami, a uma altura de 4.000 pés, a tripulação foi capaz de religar o motor número 2 e conseguiu pousar

somente com este único motor funcionando, mesmo com emissão considerável de fumaça. Foi descoberto posteriormente que todas as três montagens dos detectores principais de óleo foram instaladas sem os anéis (o-rings) de vedação necessários. Felizmente não houve vítimas [58].



Fonte: [59].

Figura 3.14: Aeronave Lockheed, L-1011, prefixo 334EA, incidentada em 1983.

Um exemplo de erro por omissões na realização de uma atividade incompleta foi o do acidente com o voo 2574, de 11 de setembro de 1991, da Continental Express, em uma aeronave Embraer 120RT, prefixo N33701, que partiu do aeroporto internacional de Laredo, Texas, para o aeroporto internacional de Houston. A aeronave apresentou uma quebra estrutural repentina em voo e caiu, com todas as 14 pessoas a bordo, sem que houvesse sobreviventes. As análises investigatórias indicaram que o acidente ocorreu devido à remoção e não reinstalação dos 27 parafusos da região superior esquerda do bordo de ataque do estabilizador horizontal, deixando o bordo de ataque e a montagem do sistema anti-gelo parcialmente fixados no estabilizador horizontal somente pelos parafusos inferiores [60]. Uma foto do mesmo modelo e companhia aérea é mostrada na Figura 3.15.



Fonte: [61].

Figura 3.15: Aeronave Embraer120RT da companhia aérea Continental Express similar à acidentada de prefixo N3371, em 1991.

Como exemplo de erro por uso de peça errada, em 10 de junho de 1990, uma aeronave BAC 1-11 (vôo 5390 da British Airways), prefixo G-BJRT, mostrada na Figura 3.16, partiu do aeroporto internacional de Birmingham para Málaga, na Espanha, com 81 passageiros, 4 comissários e 2 pilotos. O co-piloto foi o responsável pela decolagem e o piloto, após atingir a altura de cruzeiro, assumiu o comando de acordo com os procedimentos de operação normais. Neste estágio, ambos os pilotos relaxaram como é usual nas condições existentes e o piloto afrouxou seu cinto de segurança. A aeronave estava voando a uma pressão de 17.300 pés de altitude, quando, após um alto ruído, a fuselagem captou uma condensação devido à presença de uma névoa externa, acompanhada por uma súbita e rápida descompressão no interior da aeronave. Para agravar a situação, o piloto que estava no comando foi sugado parcialmente para fora da janela do cockpit que se quebrou devido à descompressão. A investigação apontou que o acidente ocorreu devido à fixação da janela com 84, do total de 90 parafusos, menores que o especificado, durante a troca da janela na última manutenção realizada na aeronave antes da ocorrência do acidente [62].



Fonte: [63].

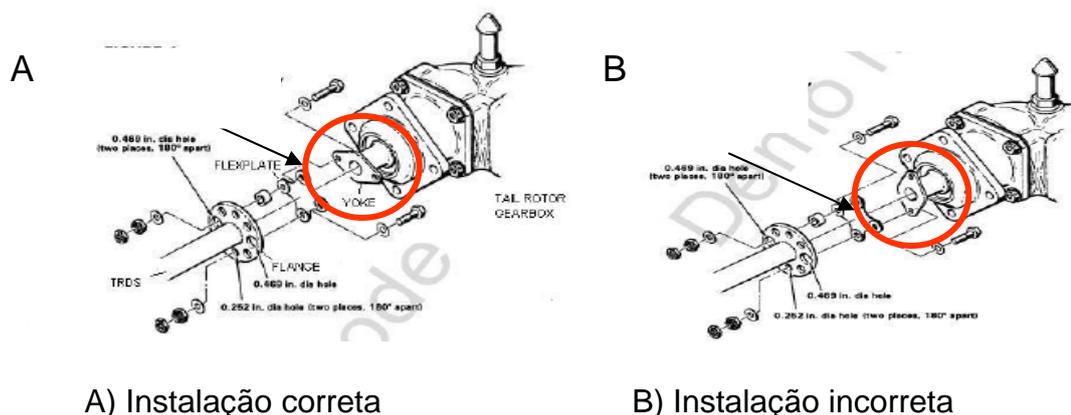
Figura 3.16: Aeronave BAC1-11, prefixo G-BJRT da companhia aérea British Airways, acidentada em 1990.

Os acidentes gerados pela falha na manutenção não afetam somente as aeronaves. Empresas de manutenção de helicópteros possuem os mesmos tipos de erros humanos e um exemplo é o acidente de um helicóptero Robinson R22, prefixo ZK-HVN, mostrado na Figura 3.17, ocorrido em 26 de agosto de 2005 em Murchison, Nova Zelândia. A investigação concluiu que o eixo do rotor de cauda foi montado incorretamente, conforme mostrado na Figura 3.18, por um mecânico não qualificado. O engenheiro que deveria tê-lo acompanhado, não o fez e assinou o documento sem inspecionar fisicamente o que foi feito [64]. A região de rompimento do eixo durante o voo é mostrado pela Figura 3.19. Neste acidente houve uma vítima fatal e uma gravemente ferida.



Fonte: [65].

Figura 3.17: Helicóptero Robinson R22, prefixo ZK-HVN, após acidente, 2005.



A) Instalação correta

B) Instalação incorreta

Fonte: [64].

Figura 3.18: Montagem do eixo do helicóptero Robinson R22, prefixo ZK-HVN, acidentado em 2005.



Fonte: [64].

Figura 3.19: Região de rompimento do eixo do rotor, durante o voo, do helicóptero Robinson R22, prefixo ZK-HVN, acidentado em 2005.

Na maioria das situações, o técnico de manutenção responsável pelo erro não o percebe durante sua ação, e a detecção deste ou de suas conseqüências pode acontecer dias, meses ou mesmo anos após a sua realização. Isto pode ser ilustrado, por exemplo, pelo caso da falha do motor de um DC-10-10, prefixo N1819U, da United Airlines, voo 232, cuja inspeção ocorreu 17 meses antes do acidente da aeronave, que ocorreu em 19 de julho de 1989 [66]. O local da queda da aeronave e seu estado após o acidente é mostrado pela Figura 3.20.



A) Região onde a aeronave caiu



B) Estado da aeronave DC10-10

Fonte: [67].

Figura 3.20: Detalhes do acidente da aeronave DC10-10, prefixo N1819U, da United Airlines, voo 232, em 1989.

O risco de falha, caso não houvesse erro humano, poderia ter sido detectado durante a inspeção, o que permitiria a tomada de providências necessárias a tempo, para a prevenção da falha do motor. Vale mencionar que os erros de manutenção e inspeção das aeronaves BAC1-11 e EMB120 foram cometidos pouco tempo antes dos respectivos acidentes, o que pode ser considerado uma exceção. Muitas falhas técnicas, na realidade, estão fortemente associadas a fatores humanos de maneira direta ou indireta, no momento ou previamente à ocorrência.

Estudos estatísticos indicam que erros organizacionais ou sistêmicos dentro das empresas de manutenção de aeronaves não estão limitados a uma única empresa ou a uma única região [3]. Tem sido indicado um comportamento similar das organizações e do pessoal envolvido na manutenção e inspeção, antes das ocorrências dos acidentes, apresentadas na presente pesquisa e que pode ser sintetizado da seguinte forma [3]:

- Procedimentos: Técnicos de manutenção e inspeção podem falhar na forma de seguirem métodos e procedimentos,
- Supervisão: Os responsáveis pela garantia de procedimentos e métodos estáveis e robustos podem falhar ao supervisionarem as atividades,
- Treinamento/Capacitação: Atividades de manutenção podem ser eventualmente realizadas por pessoas não habilitadas para o trabalho específico, mas, com boas intenções, o iniciaram por sua própria vontade,
- Comunicação: A falta de comunicação correta e/ou positiva pode estender-se na cadeia de erros até a ocorrência dos acidentes.

3.2.3. Comunicação e troca de informação como fator para a minimização de erros humanos

A comunicação é um dos mais importantes fatores humanos na manutenção de aeronaves. É muito difícil manter os padrões de segurança sem a comunicação adequada entre os inspetores, técnicos e gerentes de manutenção, pilotos, público, governo, autoridades e outros agentes envolvidos. Há um enorme volume de informação que deve ser criado, transmitido, assimilado, utilizado e gravado para a manutenção adequada de uma frota aeronavegável, e todas as companhias aéreas possuem depósitos repletos de documentos que contém todo o histórico de manutenção de suas aeronaves.

No processo de comunicação, é fundamental que a informação de manutenção seja compreendida corretamente pelo público alvo – os inspetores e técnicos designados para a programação de parada de uma aeronave, que têm um papel central no processo, por serem as pessoas que levantam e reparam as panes reportadas. Novos manuais, boletins de serviço, cartões de trabalho e outros tipos de veículos de informações devem ser primeiramente testados antes de sua distribuição para garantir que todos os dados sejam compreensíveis e de fácil interpretação. Em alguns casos, abreviações presentes nos documentos podem causar mal entendimento pelos técnicos, que podem concluir indevidamente que uma atividade já tenha sido realizada, por exemplo. Problemas como este e outros de comunicação tornam-se cada vez mais frequentes, principalmente pelo fato das aeronaves serem atualmente produzidas e utilizadas em todo o mundo e por número expressivo de companhias. Como outro exemplo, uma linguagem técnica do fabricante pode não ser traduzida facilmente como uma linguagem assimilável pelo cliente e o resultado pode ser um procedimento de manutenção de difícil compreensão. A maior parte da documentação é escrita em inglês e há uma forte tendência de se usar um inglês “simplificado”, com o emprego de palavras que podem ter diferentes significados de acordo com as diferenças e intenções do redator e dos diferentes públicos leitores [3].

A comunicação entre companhias aéreas e destas com o fabricante da aeronave também pode ser um fator crucial na manutenção. Se um operador encontra um problema de manutenção em sua aeronave que pode afetar a segurança, este mesmo problema deveria ser comunicado ao fabricante e aos

outros operadores do mesmo tipo de aeronave. Isto nem sempre é fácil de ser feito, devido aos custos de medidas de controle industrial e pressões competitivas. Entretanto, autoridades da aviação civil podem exigir que os operadores sob sua jurisdição interajam mais frequentemente uns com os outros e eles com os fabricantes de suas aeronaves [3], além de patrocinarem congressos e encontros de operadores frequentes para discussão e troca de experiências.

Um dos resultados desejados nessa maior interação é o conhecimento gerado sobre determinado incidente de manutenção ocorrido em uma companhia aérea, que pode eventualmente prevenir acidentes de outras companhias, a partir da comunicação adequada entre os agentes envolvidos. Por exemplo, a investigação do acidente da aeronave DC-10 da companhia aérea American Airlines, em Chicago, no ano de 1979 (já mencionado anteriormente), revelou que outra companhia, usando os mesmos procedimentos (não aprovados) de troca de motores em aeronave similar, tinha descoberto anteriormente que o procedimento havia causado trincas na área de fixação do pilone e, por essa razão, tinha passado a utilizar um outro procedimento, após aprovação [66]. Caso o conhecimento dessa experiência tivesse sido compartilhado com todos os operadores que empregam o mesmo tipo de aeronave, o acidente em Chicago poderia ter sido evitado. Vale ressaltar, entretanto, que essa cooperação entre empresas aéreas deve-se restringir à prevenção de acidentes, e não se transformar em estratégia de mercado, envolvendo, por exemplo, o tema segurança para garantir comercialmente a confiabilidade de aeronaves de algumas companhias em detrimento de outras. É também de suma importância que a efetividade da comunicação para a minimização dos riscos de incidentes e acidentes na manutenção dependa também de um processo de ensino adequado, envolvendo desde os gerentes e profissionais desta área, os pilotos, o público, governo e outros agentes envolvidos.

3.2.4. Treinamento e formação em manutenção aeronáutica e seus aspectos de segurança

Os mecânicos de manutenção aeronáutica são os profissionais-chave para a realização adequada da manutenção necessária das aeronaves, porém os métodos de treinamento empregados – que devem ser encarados como troca de experiências e como processo de mudança em direção ao crescimento pessoal, propiciando,

consequentemente, o desenvolvimento das organizações [68] – variam de acordo com os países e regiões. Em muitos países, um procedimento comum é submeter o futuro mecânico a um treinamento de 2 anos em uma escola ou centro dedicado exclusivamente a essa modalidade profissional [3]. Esses locais fornecem treinamentos nos níveis exigidos para que esses mecânicos obtenham aprovação nos testes aplicados em exame pela autoridade da aviação civil para obter o chamado Certificado de Conhecimento Teórico (CCT), como acontece no Brasil, após o profissional demonstrar o domínio dos conhecimentos teóricos básicos exigidos. Porém, essa certificação ainda não provê a experiência necessária para que o profissional realize uma atividade sem acompanhamento, e o mesmo não está autorizado a assinar qualquer documentação relacionada à manutenção de aeronaves. Após 3 anos de experiência comprovada e com vínculo empregatício, o técnico pode submeter a documentação ao mesmo órgão para adquirir o Certificado de Habilitação Técnica (CHT), como resultado da demonstração da experiência adquirida, para que o mesmo passe a responder pelas suas atividades e, após um curso específico de familiarização na plataforma que ele irá trabalhar, ministrado pela empresa na qual possui vínculo empregatício, possa assinar a documentação relacionada à área de manutenção aeronáutica. Adicionalmente, em outros países é possível, obter-se a certificação CHT mediante um programa de aprendizagem com base em métodos de treinamento em serviço (“on the job training” – OJT), no qual, após um período de anos, as pessoas aprendem sua profissão pela prática e vivência em determinada função.

Tem-se indicado que as estruturas e os procedimentos de treinamento em licenciamento e certificação estão estabelecidos no tipo de treinamento baseado em conhecimento, criando, na prática, uma expressiva parcela de formados que não estão bem preparados, com a vivência necessária para a execução das atividades de manutenção de aeronaves, tendo as companhias aéreas e os centros de manutenção que incluïrem uma expressiva fase extra de treinamento prático com acompanhamento. Segundo Christoph Meyerrose, diretor executivo do Treinamento Técnico da Lufthansa, é muito importante uma revisão de conteúdos e de procedimentos de treinamento, inclusive uma mudança do treinamento baseado no conhecimento para o treinamento baseado na competência [69]. Atualmente verifica-se grande dispêndio de tempo no desenvolvimento de conhecimentos e habilidades para manutenção aeronáutica geral, tais como reparos em madeira e tecidos e

reparos em motores a pistão, mas que não são freqüentemente necessários e suficientes na manutenção de uma frota de aeronaves complexas e movidas por turbinas, carregadas de inovações e atualizações tecnológicas.

Em complemento a este cenário não muito favorável à competitividade e à segurança, em alguns países, candidatos a mecânicos de manutenção não tem treinamento nem mesmo em algum centro especializado, e as companhias aéreas precisam e são obrigadas a dispensarem grandes quantias e muito tempo para o treinamento em todos os conteúdos teóricos e práticos necessários para a capacitação desde a estaca zero [3]. Esses países estão entre os chamados subdesenvolvidos e menos favorecidos e, de acordo com especialistas do setor, deveriam receber investimentos e pessoas especializadas, cientistas e engenheiros treinados de países mais avançados, para dedicarem algum tempo de suas vidas à educação e à atividade industrial do ramo aeronáutico, o que traria uma considerável repercussão e impacto social para a segurança e para a dinâmica mundial do setor [70].

Uma recomendação da literatura importante para o treinamento em manutenção aeronáutica é que ele deve ser composto por aulas teóricas estruturadas, combinadas com treinamento prático concomitantemente. No entanto, também tem sido indicado que os maiores problemas do treinamento prático são a dificuldade do seu gerenciamento e da avaliação do seu resultado, que pode variar consideravelmente [3]. Por exemplo, antigamente era muito comum que um técnico com mais experiência demonstrasse os procedimentos de manutenção para uma pessoa iniciante ou com menos experiência. Este estudante – novo profissional – deveria assimilar o treinamento e demonstrar os seus novos conhecimentos para que o treinador o aprovasse e, caso positivo, o iniciante era considerado capaz de desenvolver uma tarefa sem mais precisar deste tipo de supervisão. Atualmente com as inovações tecnológicas das novas aeronaves, os mecânicos têm tido também a necessidade de identificar a tarefa que tem que ser cumprida, ao invés de apenas ter conhecimento do processo que será aplicado para determinado trabalho. Isto representa um aumento da necessidade de capacitação do técnico que atua como instrutor, que, além de conhecer profundamente os temas e assuntos técnicos, deve também aumentar sua experiência no ensino e na avaliação dos resultados antes e durante o exercício desta função [69]. Para tanto, os gerentes e supervisores dos hangares de manutenção devem ter sempre em mente que um bom técnico nem

sempre é um bom treinador e, principalmente, devem acompanhar a evolução e qualidade do treinamento, cujas performances devem ser registradas e mantidas por tempo indeterminado.

A crescente complexidade das modernas aeronaves de transporte de cargas e passageiros traz a necessidade de um treinamento teórico mais abrangente e consistente. Para ilustrar essa necessidade, foi indicado como exemplo o caso da manutenção de pára-brisas e sistemas eletrônicos sofisticados, para os quais é muito importante que no treinamento em sala de aula sejam abordados seus princípios, muito difíceis de serem trabalhados em atividades práticas de laboratório ou “on the job” (expressão utilizada para aprendizado durante o trabalho com supervisão) [3]. Outro exemplo é quanto aos reparos de peças fabricadas em materiais compostos – tecnologia cada vez mais utilizada nas aeronaves, consideradas sua maior resistência e durabilidade com menor peso em relação às peças metálicas – que necessitam de teorias e práticas reais e constantes [69]. Em casos como esses, também é muito importante que o instrutor possua como qualidades pessoais, facilidade no relacionamento humano, motivação pela função, raciocínio, didática, exposição fácil, além da capacidade de passar seu conhecimento durante as atividades de treinamento, de modo que os alunos assimilem e aprendam [71]. Também é muito importante que o instrutor seja capaz de utilizar técnicas de ensino, de apresentação, de avaliação da aprendizagem, bem como o emprego de exemplos de problemas reais e soluções claras, além de possuir e repassar o conhecimento técnico específico no assunto abordado [3]. É de grande importância para que o profissional de treinamento exerça com efetividade sua função através do conhecimento de técnicas pedagógicas e tenha bases que lhe dêem sustentação para interagir adequadamente com os indivíduos, grupos, organizações e ambiente de ensino-aprendizagem, como partes integrantes de um todo sistêmico [72]. Em uma sala de aula, o instrutor deverá contar com alunos, em geral adultos, de diferentes idades e diferentes históricos, em busca de adição e ampliação do conhecimento técnico. A andragogia deverá basear suas ações de ensino, com ênfase principalmente no aprender fazendo, como técnica do dia-a-dia tanto do processo de ensino-aprendizagem como no exercício profissional posterior dos formados, para intensificar a absorção do conhecimento de jovens e adultos [73].

Enquanto que a maioria das grandes companhias possui departamentos de treinamento com instrutores graduados para suprir as necessidades de manutenção de suas complexas aeronaves, o mesmo não é o caso de companhias menores, do tipo regional, onde tais departamentos são raramente vistos, apesar das aeronaves empregadas pelas mesmas também se tornarem cada vez mais complexas. É indicado como um grande desafio para os operadores com recursos sempre limitados, o desenvolvimento de métodos para garantir que seus mecânicos de manutenção recebam todos os treinamentos necessários para manter uma frota de aeronaves modernas. Isto pode incluir, por exemplo, o aproveitamento máximo do próprio fabricante no fornecimento de treinamentos e negociação de treinamento contínuo como parte do próprio contrato de aquisição de novas aeronaves [3].

Em termos de tecnologias de treinamento, as instruções com emprego de computadores são utilizadas por diversas companhias aéreas, em função dos seus tamanhos e do grau de sofisticação dos seus programas de treinamento. As novas tecnologias já empregadas e as ainda em desenvolvimento, geralmente se baseiam no uso do computador e de tecnologias de informação e comunicação, e procuram complementar ou substituir o treinamento prático e os métodos teóricos tradicionais. Hoje, os estudantes têm maiores expectativas com relação aos sistemas de interação via computadores e internet, incluindo os sistemas de treinamento. Em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento, os estudantes de escolas de ensino médio e faculdades já têm acesso aos computadores capazes de interagirem bastante com o aluno. Há dispositivos com recursos de respostas e de avaliação com maior adaptação aos conhecimentos e às habilidades dos estudantes requeridas por esse tipo de tecnologia avançada, capaz de incorporar ao sistema um grau razoável de inteligência, e que se espelham o máximo possível na função de “instrutor virtual”, em substituição ou em complemento ao “instrutor real” em condições de treinamento presencial. No ensino dos mecânicos de manutenção aeronáutica, empresas tem investido fortemente em softwares para otimizarem seus treinamentos e aumentarem o nível de retenção de conhecimento. A empresa FlightSafety, por exemplo, possui um software capaz de permitir que os futuros mecânicos e técnicos de manutenção de aeronaves operem tudo o que é necessário na réplica do cockpit de uma aeronave real, mediante a utilização de um simulador de voo enquanto que outro software complementarmente permite a simulação em 3D de toda a aeronave, derivada de desenhos em formatos dos softwares de

desenhos para computador, CAD (Computer Aided Design – termo em inglês para Projeto Assistido por Computador) e CATIA, dos equipamentos originais dos fabricantes; com acesso e exposição a exercícios dos treinandos, envolvendo qualquer lugar e componente da aeronave em diferentes níveis de detalhamento [69]. Segundo Jeff Roberts, presidente dos produtos, treinamento e serviços de simulação civil do grupo CAE, os técnicos precisam aprender fazendo e este tipo de abordagem reforça as competências de resolução de problemas, além de poder ampliar a retenção de conhecimento em até 50% em relação aos métodos tradicionais e simultaneamente poder reduzir em 30% o tempo do aprendizado [69].

Atualmente, os técnicos de manutenção aeronáutica devem ter bons conhecimentos e experiência sobre sistemas e tecnologias das aeronaves antigas e novas, serem capazes de interpretar muito bem os manuais de manutenção, cumprir tarefas complexas, interpretar resultados e dar disposição clara nas documentações exigidas, bem como avaliar sistemas eletrônicos sensíveis e automatizados, onde o erro da atividade mais simples pode causar perdas consideráveis. Tendências do desenvolvimento de aeronaves e sistemas indicam que os futuros mecânicos aeronáuticos precisarão ser altamente instruídos e treinados em níveis superiores aos atuais, possivelmente para um nível de engenharia ou equivalente [3].

Apesar de muitas, senão todas as companhias aéreas hoje terem alguns problemas na seleção de pessoas qualificadas para manutenção, isto pode se agravar mais ainda em um futuro próximo, devido à crescente competição com outras indústrias – possivelmente com melhores condições de trabalho e mais interessantes, como, por exemplo, o caso da Lufthansa, que tem enfrentado concorrências de mão de obra para os mercados automotivos e eletrônicos na Alemanha [69] – e ao aumento da demanda por mais pessoas qualificadas no próprio setor.

Para superar esse desafio eminente, tem sido recomendado, por exemplo, a concessão de bolsas de estudo para estudantes nas escolas específicas de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica, tendo como contrapartida contratos de trabalho após a formatura. Também é recomendado o desenvolvimento de uma formação mais formal e em programas de aprendizado e recrutamento de talentos para a manutenção dos grupos não tradicionais, como as mulheres. A proposta de realização de “joint-ventures” de desenvolvimento cooperativo de treinamento em manutenção entre empresas pode ser também uma boa

oportunidade para suprir a demanda de técnicos e a realização de treinamento “sob medida”, de modo a suportar a dinâmica da constante atualização tecnológica, com equilíbrio entre conhecimento teórico e prático [70].

Também tem sido indicada a importância da maior pressão da sociedade por procedimentos corretos que funcionem e que sejam empregados, além de uma conduta ativa dos profissionais mais experientes de modo a não se permitir que o perfil do treinador seja inadequado para o treinamento técnico necessário; como forma de contribuir para a minimização dos riscos e ocorrências de incidentes e acidentes e consequentes impactos econômicos, sociais e ambientais [74].

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na pesquisa foi do tipo exploratória, envolvendo levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas especializadas sobre o tema pesquisado, além de exemplos e comparações que facilitem a compreensão.

4.1. Principais atividades

Com o propósito de analisar a situação atual da formação de técnicos de manutenção aeronáutica com ênfase na segurança de voo, a pesquisa abrangeu as seguintes principais atividades:

- (1) Pesquisa documental das regulamentações pertinentes à segurança em manutenção aeronáutica;
- (2) Levantamento de campo mediante visitas a instituições reguladoras e de ensino técnico, com consultas e entrevistas junto a especialistas das mesmas;
- (3) Análise, comparação e integração das informações coletadas;

4.2. Pesquisa documental das regulamentações pertinentes à segurança em manutenção aeronáutica

Foi feito o levantamento de regulamentações para pesquisa abrangendo os regulamentos e seus anexos editados pelos três maiores e mais relevantes órgãos civis aeronáuticos mundiais de regulamentação e controle: ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), FAA (Federal Aviation Administration) e EASA (European Aviation Safety Agency), com atuação respectivamente brasileira, americana e europeia, conforme mostrado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Regulamentos empregados na pesquisa documental.

| Escopo do regulamento | Total de páginas | Regulamento pertinente | Ano de publicação | Referência |
|--|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Expedidos pela ANAC | | | | |
| Obtenção de licenças de manutenção aeronáutica | 47 | RBHA-65 | 2005 | [75] |
| Funcionamento de escolas de aviação civil | 42 | RBHA-141 | 2004 | [76] |
| Funcionamento de empresas de manutenção de aeronaves | 39 | RBHA-145 | 2009 | [77] |
| Expedidos pela FAA | | | | |
| Obtenção de licenças de manutenção aeronáutica | 36 | Part ⁴ -65 | 1962 | [78] |
| Funcionamento de escolas de aviação civil | 15 | Part-147 | 1962 | [79] |
| Funcionamento de empresas de manutenção de aeronaves | 17 | Part-145 | 2001 | [80] |
| Expedidos pela EASA | | | | |
| Obtenção de licenças de manutenção aeronáutica | 78 | Part-66 | 2003 | [81] |
| Funcionamento de escolas de aviação civil | 08 | Part-147 | 2003 | [82] |
| Funcionamento de empresas de manutenção de aeronaves | 25 | Part-145 | 2003 | [83] |

Fonte: Adaptado a partir de [75-83].

⁴ “Part” é o termo em inglês para Regulamento.

Em complemento aos regulamentos foram utilizadas as seguintes publicações técnicas, base de dados, sites e revistas especializadas (em ordem alfabética) para compreensão, interpretação e complementação nas análises das regulamentações.

Revistas

- AeroSafety World
- Aviation Maintenance
- Aviation Safety Magazine
- Aviation Safety World
- Aviation Today
- Aviation Week
- Flight Magazine
- Helicopters Magazine
- MRO Management

Sites

- AeroStrategy (<http://www.aerostrategy.com>)
- Aircraft Maintenance Human Factors WebPortal (<http://hfskyway.faa.gov>)
- Aircraft Maintenance Technology (<http://www.atmonline.com>)
- ANAC (<http://www.anac.gov.br/>)
- Associação Brasileira de Aviação Geral (<http://www.abag.org.br>)
- AvBuyer (<http://www.avbuyer.com.ch>)
- Aviation Today (<http://www.aviationtoday.com>)
- Aviation Week (<http://www.aviationweek.com>)
- AvWeb (<http://www.avweb.com>)
- CENIPA (<http://www.cenipa.mil.aer.br/>)
- EASA (http://www.easa.eu.int/ws_prod/index.html)
- EMBRAER (<http://www.embraer.com.br>)
- FAA (<http://www.faa.gov/>)
- Flightglobal (<http://www.flightglobal.com>)
- Demais sites acessados, via portal de pesquisa “Google” (www.google.com.br), são indicados no capítulo de Referências

Bases de Dados

- Web of Science (registros de publicações técnico – científicas gerais)
- Compendex (banco de dados bibliográfico de engenharia)
- ESDU (Engineering Science Data Unit)

Para tais consultas, as principais palavras-chave e itens de classificação, quando pertinentes foram os seguintes:

Em inglês:

“aircraft maintenance technician” or “aircraft maintenance” or “aircraft training school” or (“human factors and maintenance”) or (“training school and aviation”) or (“workforce and maintenance and aviation”) or (“new technologies and training and aircraft”).

Em português:

“técnico manutenção aeronáutica” or “manutenção de aeronaves” or “escola de treinamento de aeronaves” or (“fatores humanos and manutenção”) or (“escolas de treinamento and aviação”) or (“falta de mão de obra and aviação”) or (“novas tecnologias and treinamento and aeronaves”).

4.3. Levantamento de campo mediante visitas, consultas e entrevistas

O levantamento de campo envolveu observações e levantamento de opiniões e percepções de dirigentes e especialistas sobre a situação atual e das causas de acidentes de voo, sobre os regulamentos aeronáuticos atuais de formação de mecânicos de manutenção, das diferenças das grades curriculares das escolas técnicas e seus impactos para a segurança no transporte aéreo de pessoas e, de forma prática, das reais necessidades das empresas de manutenção aeronáutica.

Através dos questionários do Anexo A e B, respectivamente direcionados para as escolas e empresas de manutenção, foram realizadas entrevistas presenciais junto a 7 especialistas, gerentes e coordenadores, das áreas seguintes empresas e instituições, e suas respectivas áreas internas:

- CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos do Brasil, através de sua divisão regional – SERIPA IV – Serviço Regional

de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, localizado na cidade de São Paulo.

- Jet Aviation – Empresa de Manutenção Aeronáutica Europeia, localizada em Basel, Suíça.
- Três escolas de mecânicos de manutenção aeronáutica das cidades de São Carlos e Araraquara.
- Duas empresas de manutenção aeronáutica das cidades de São Carlos e Araraquara.

4.4. Análise e comparação das informações coletadas

Foi realizada análise documental envolvendo todos os regulamentos aeronáuticos das organizações de regulamentação selecionadas (ANAC, FAA e EASA) e seus respectivos anexos, com ênfase nos aspectos de segurança na manutenção pertinentes à obtenção das licenças de manutenção pelo mecânico, ao funcionamento das escolas de aviação e das empresas de manutenção de aeronaves. Com esta análise, foi possível comparar os conteúdos apresentados nos currículos técnicos de três escolas de formação de mecânicos aeronáuticos, das cidades de São Carlos e Araraquara, interior do estado de São Paulo e estes conteúdos com a real necessidade dos centros de manutenção localizados nestas cidades. Na presente pesquisa, as escolas foram codificadas como Escolas E-A, E-B, E-C e os Centros de Manutenção identificados como CM-A e CM-B para preservar o anonimato, além de ser assinado e entregue um termo de consentimento esclarecendo o objetivo da entrevista e pesquisa.

A partir da análise e discussão dos resultados, foi possível propor alternativas de melhorias no ensino técnico para a formação de mecânicos aeronáuticos, incluindo a realização de parcerias entre empresas e escolas técnicas para o fortalecimento da formação e atuação desse profissional na região e no Brasil.

5. RESULTADOS

5.1. Categorias de licença de manutenção aeronáutica

O futuro mecânico de manutenção aeronáutica, para atuar no mercado, deve obter uma licença expedida no Brasil pelo órgão regulamentador aeronáutico – a ANAC. A licença abrange uma ou mais categorias, descritas resumidamente na Tabela 5.1, relativas aos seguintes principais grupos de sistemas e tecnologias das aeronaves: a) grupo motopropulsor (motores e seus sistemas diretos), b) grupo aviônicos (sistemas eletrônicos e elétricos) e c) grupo célula (sistemas não abrangidos pelos conjuntos anteriores, como sistemas hidráulicos, de ar condicionado, ambientais, estruturas, interiores, selagem, material composto, dentre outros).

Tabela 5.1: Categorias de licença de manutenção aeronáutica da ANAC.

| Categorias | Breve descrição dos tipos de licenças |
|---------------------|--|
| Grupo Célula | Manutenção de sistemas eletro-mecânicos sem operações complexas, reparos/retrabalhos estruturais, interiores de aeronaves, selagem, peças de material composto, sistemas hidráulicos |
| Grupo Motopropulsor | Manutenção de grupo motopropulsores, serviços em motores ou hélices |
| Grupo Aviônicos | Manutenção de sistemas aviônicos e elétricos |

Fonte: Adaptado a partir de [75].

Em outros países, os órgãos regulamentadores têm critérios diferentes para subdivisão das licenças de manutenção. Por exemplo, o órgão americano FAA expede as licenças de manutenção em 2 categorias, uma delas abrangendo também o grupo motopropulsor e outra de grupo célula abrangendo todos os sistemas restantes, neste caso, incluindo os eletrônicos e elétricos, conforme Tabela 5.2, diferentemente do caso brasileiro apresentado na Tabela 5.1, que estabelece uma terceira categoria específica abrangendo estes sistemas.

Tabela 5.2: Categorias de licença de manutenção aeronáutica da FAA.

| Categorias | Breve descrição dos tipos de licenças |
|------------------------|---|
| Grupo Célula | Manutenção de todos os sistemas, exceto grupo motopropulsor |
| Grupo Motopropulsor | Manutenção de grupo motopropulsores, serviços em motores ou hélices |

Fonte: Adaptado a partir de [78].

Ao contrário dos órgãos regulamentadores ANAC e FAA, que expedem licenças em categorias relativamente semelhantes (havendo uma categoria a mais no caso da ANAC), o órgão europeu EASA subdivide as licenças de manutenção nas categorias e sub-categorias A (A1 a A4), B1 (B1.1 a B1.4), B2 e C, baseadas em tipos de aeronaves e de manutenção a ser aplicada, como mostrado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Categorias de licença de manutenção aeronáutica da EASA.

| Categorias | | Sub-categoria | Breve descrição dos tipos de licenças |
|-------------------|---|----------------------|--|
| A | Manutenção de linha aérea, manutenção básica (para troca de peças triviais) | A1 | Aviões com motor tipo turbina |
| | | A2 | Aviões com motor tipo pistão |
| | | A3 | Helicópteros c/ motor tipo turbina |
| | | A4 | Helicópteros c/ motor tipo pistão |
| B1 | Manutenção de base (em hangar de manutenção) de grupo motopropulsores, mecânicos e estruturas | B1.1 | Aviões com motor tipo turbina |
| | | B1.2 | Aviões com motor tipo pistão |
| | | B1.3 | Helicópteros c/ motor tipo turbina |
| | | B1.4 | Helicópteros c/ motor tipo pistão |
| B2 | Manutenção de base (em hangar de manutenção) de grupo de sistemas aviônicos e elétricos | - | Todos os tipos de aeronaves, conforme citado nas categorias A e B1 |
| C | Inspetor de base de manutenção (hangar de manutenção) | - | Todos os tipos de aeronaves, conforme citado nas categorias A e B1 |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

Apesar das cidades de São Paulo e Nova Iorque [31], cobertas, respectivamente, pelos órgãos regulamentadores ANAC e FAA, possuem as maiores frotas de helicópteros do mundo, somente o órgão europeu EASA divide suas licenças de manutenção em tipos de aeronaves – aviões e helicópteros – fazendo com que as atribuições do profissional sejam mais específicas e abrangentes.

5.2. Procedimentos para formação de mecânicos para obtenção de licenças de manutenção aeronáutica

O candidato à aquisição da licença de manutenção aeronáutica no Brasil deve adquirir formação teórica e prática e submeter-se a exames por etapas, conforme apresentado esquematicamente na Figura 5.1. Como ponto de partida, o candidato deve obter, dentro de uma escola de aviação civil devidamente homologada, uma formação teórica básica, comum para os três tipos de licenças (grupo célula, motopropulsor e aviônicos) e, em seguida, obter a formação no grupo desejado, que abrange uma formação teórica específica e uma formação prática. Esta última principalmente em laboratório, demonstrações, palestras, visitas, etc.

A grade curricular que o candidato deve cumprir é definida pela escola, mas deve haver um cumprimento mínimo que é estabelecido tanto no regulamento RBHA-65 [78] quanto pelo IAC⁵ (Instituto de Aviação Civil), vinculado à ANAC, em termos de conteúdos distribuídos em módulos, disciplinas e respectivas cargas horárias mínimas. O IAC também disponibiliza os manuais de instrução para uso no curso de formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica, que se subdividem em MMA58-13 [84] para o grupo célula, MMA58-14 [85] para o grupo motopropulsor e MMA58-15 [86] para o grupo aviônicos. O lay-out dos arquivos destes manuais,

⁵ Apesar do IAC estar mencionado tanto no regulamento RBHA141 [76], de escolas de aviação civil e nos materiais de curso de manutenção MMA58-13 [84], MMA58-14 [85] e MMA58-15 [86], ele foi extinto, passando suas responsabilidades para uma divisão da ANAC, a SCD – Superintendência de Capacitação e Desenvolvimento de Pessoas [87].

mostrado no Anexo C, mostra-se um tanto quanto confuso, com vários arquivos temporários (.tmp) e alguns até inutilizáveis (.cdr).

Vale ressaltar também, que, como resultado das entrevistas, a carga horária e abordagem suprem apenas 30% do que a empresa precisa. Do ponto de vista da escola, muitas das horas previstas estão desbalanceadas com o conteúdo a ser passado ao aluno. Por exemplo, muitas horas destinadas à disciplina de Desenho em Aeronaves e poucas horas destinadas a Eletricidade Básica. Outro exemplo, é o mesmo número de horas previsto para as disciplinas de Motores Convencionais e Motores a Reação, sendo este último mais completo e mais utilizado atualmente do que o primeiro.

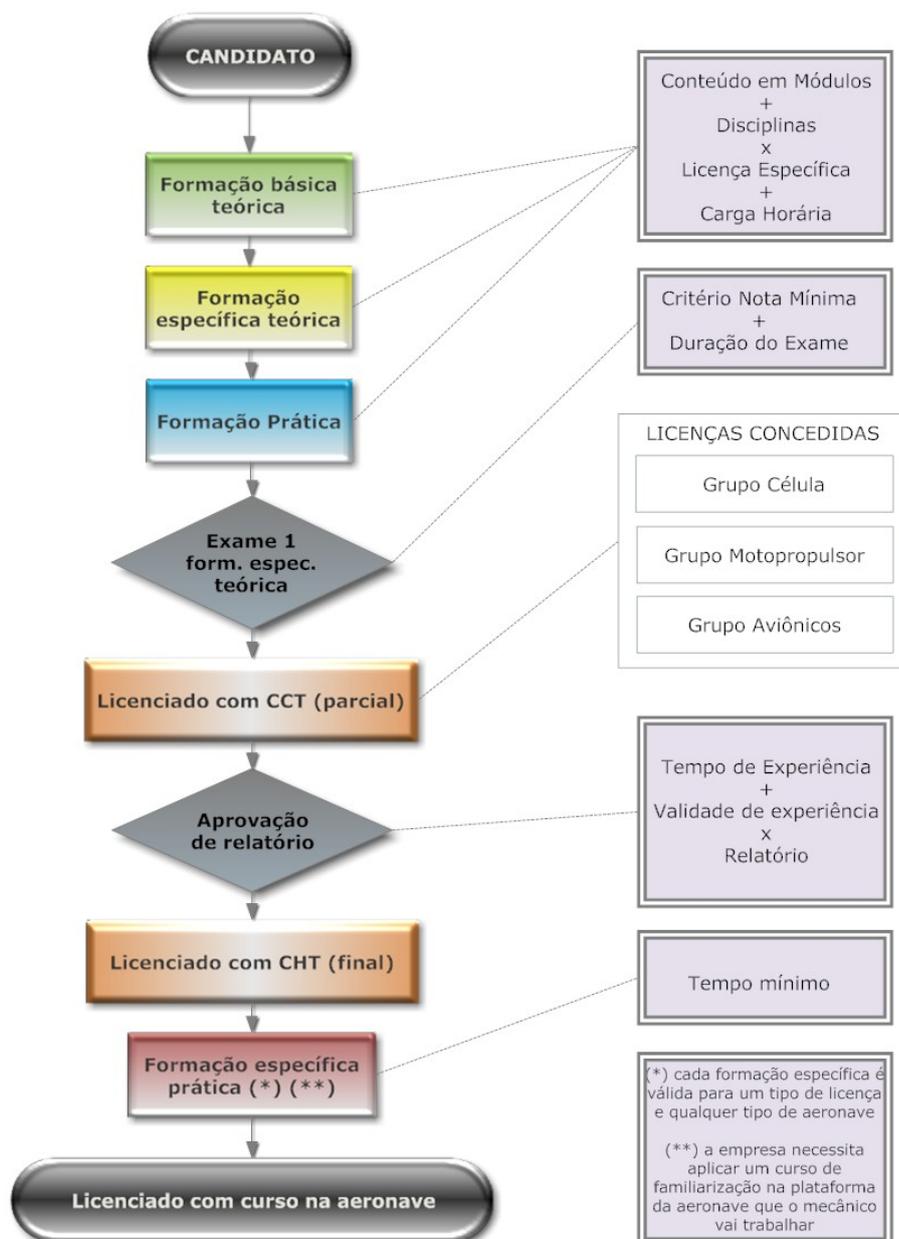
Ao término do curso de formação na escola, o candidato deve submeter-se a uma avaliação aplicada pelo órgão regulamentador, ANAC, para a aquisição de um CCT (Certificado de Conhecimento Teórico), o que é conseguido se obtiver uma nota mínima de 70% de acerto no conteúdo da avaliação, dentro de um tempo pré-estabelecido. O CCT habilita o candidato para atuar, sob a supervisão de um profissional experiente, como mecânico de manutenção aeronáutica. Essas atividades supervisionadas são executadas ao longo de 3 anos para adquirir uma formação específica prática, dentro da empresa aérea ou empresa de manutenção aeronáutica autorizadas e homologadas. Ao término do período destas atividades, o mecânico juntamente com a empresa deve emitir um relatório de aprovação de experiência e aptidão para execução das atividades de manutenção e submetê-lo ao órgão homologador para recebimento de um CHT (Certificado de Habilitação Técnica), que substituirá o CCT, habilitando o mecânico para o exercício das atividades sem a necessidade de supervisão.

Ratifica-se a importância do acompanhamento da supervisão nas ações nas posições operacionais, principalmente naquelas cujas atividades são praticadas por um mecânico durante seu período de experiência em uma empresa de manutenção ou em uma empresa aérea, já que o fator supervisão, por exemplo, tem sido o segundo maior contribuinte para os acidentes na aviação civil brasileira entre 2000 e 2009, conforme estudo do CENIPA [43]. Outro exemplo da importância do mecânico em período de experiência necessitar da presença de uma supervisão sob seu trabalho é confirmado pelo acidente, com vítimas, do helicóptero Robinson R22 na Nova Zelândia, cuja causa foi a montagem invertida do eixo do rotor de cauda, feita

por um mecânico não qualificado, havendo o acompanhamento da supervisão após a conclusão do trabalho [65].

Complementarmente à aquisição do CHT, a empresa deve fornecer ao funcionário cursos de familiarização aeronáutica da plataforma da aeronave que ele irá trabalhar, o que pode ser feito tanto simultaneamente à sua atuação supervisionada de aquisição de experiência prática ou posteriormente à mesma, conforme o regulamento RBHA-145 [83].

A partir da aprovação neste treinamento, o mecânico estará apto a exercer plenamente suas atividades relacionadas à licença que ele adquiriu e na plataforma da aeronave que ele foi treinado. Por exemplo, o mecânico adquiriu o CHT para atuar no grupo célula (após o período de experiência/atuação supervisionada, com o respectivo CCT) e foi treinado em um curso de familiarização nas aeronaves da empresa Embraer, na plataforma ERJ145, ou seja, aeronaves Embraer 135, Embraer 140 e Embraer 145.



Fonte: Adaptado a partir de [75].

Figura 5.1: Fluxograma simplificado da obtenção da licença de manutenção aeronáutica junto à ANAC.

Com relação ao órgão regulamentador americano (FAA), para a obtenção das licenças de manutenção de aeronaves em suas respectivas categorias, são estabelecidas alternativas para o futuro mecânico estar apto a prestar os exames, conforme mostrado simplificada na Figura 5.2. A possibilidade de diferentes caminhos para a obtenção da licença americana junto à FAA é uma importante diferença em relação à licença brasileira junto à ANAC. Uma das rotas de obtenção de licença é muito semelhante à da Figura 5.1, que atende às exigências da ANAC,

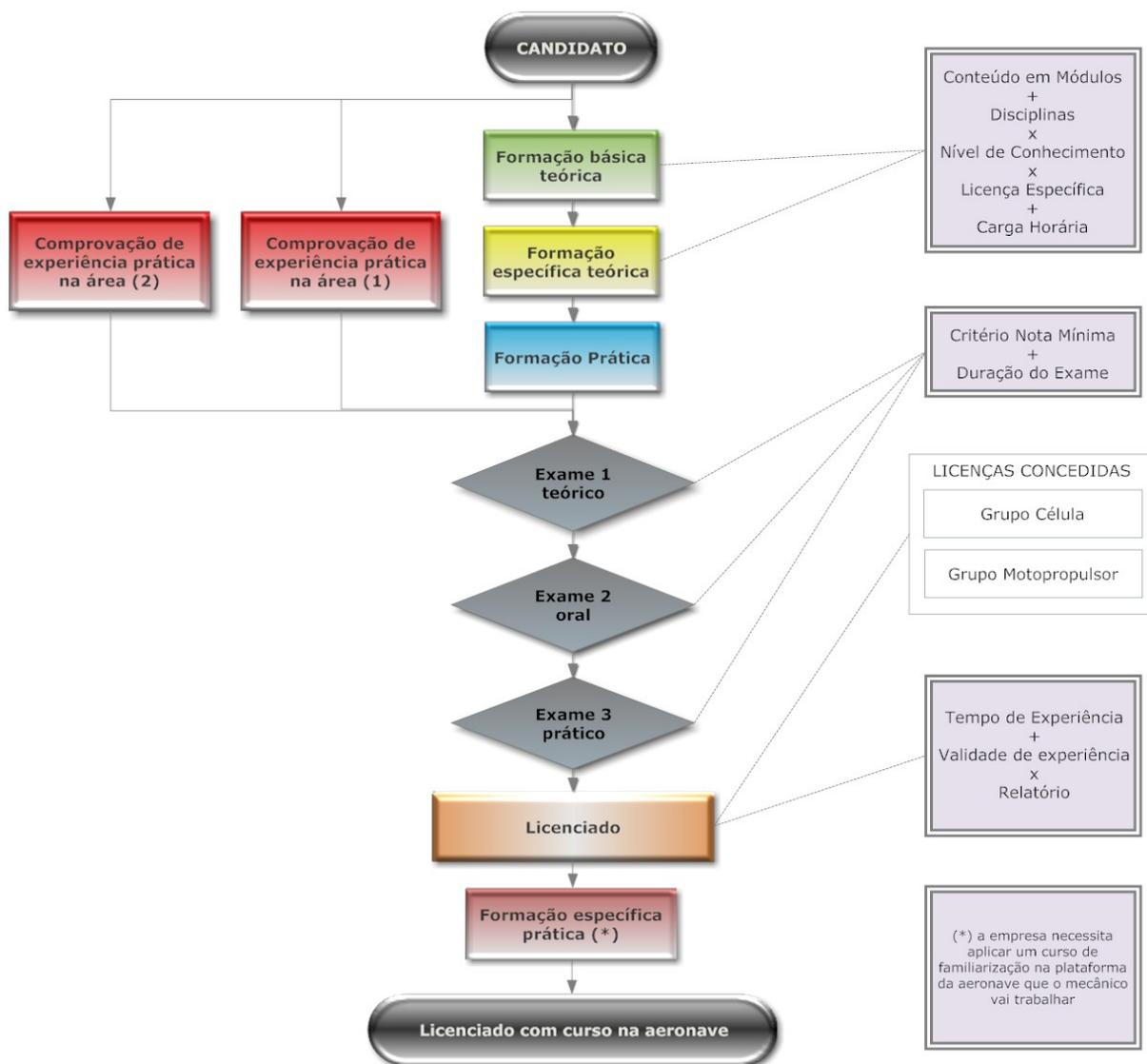
em que o candidato deve cursar uma escola de aviação, também devidamente autorizada pelo órgão homologador. Uma diferença é que os conteúdos e cargas horárias são estabelecidos em módulos e em disciplinas para a formação básica teórica e específica elencados por níveis de conhecimento necessário, diferentemente do órgão brasileiro, que não elenca diferenças em seus módulos.

Uma segunda alternativa para obtenção da licença é comprovar experiência prática de pelo menos 18 meses com procedimentos, práticas, materiais, ferramentas, máquinas e equipamentos geralmente utilizados na fabricação, manutenção ou alterações dentro do grupo célula ou grupo motopropulsores.

Como terceira e última opção para obtenção da licença, a FAA autoriza o candidato a prestar a prova para aquisição das licenças após comprovar 30 meses de experiência prática em atividades relativas aos dois grupos estabelecidos na regulamentação americana: célula e motores.

Também diferentemente do órgão brasileiro, a avaliação à qual o candidato é submetido subdivide-se em três fases, sendo cada uma delas eliminatória, com a necessidade de obtenção de nota mínima de 70% por fase. A primeira prova é um exame teórico similar ao da ANAC, seguido de uma avaliação oral e, por último, é feita uma avaliação prática dos assuntos abordados na parte escrita. Quando o candidato almeja a licença para o grupo motopropulsor, ele também será avaliado na habilidade de efetuar pequenos reparos e alterações em componentes motopropulsores (em hélices, por exemplo), o que não ocorre nos exames da ANAC ou EASA.

De forma semelhante à rota de obtenção de licença da ANAC, na formação mais específica do mecânico de manutenção, as empresas atuantes nessa área devem apresentar um programa de treinamento para seus mecânicos de manutenção aeronáutica, que deve incluir um curso de familiarização da plataforma da aeronave que ele irá trabalhar, de acordo com o regulamento americano Part-145 [80]. Desta forma, o mecânico de manutenção estará apto a executar as atividades relacionadas à licença adquirida e a assinar as documentações pertinentes ao trabalho na aeronave que ele recebeu o treinamento.



Fonte: Adaptado a partir de [78].

Figura 5.2: Fluxograma simplificado da obtenção da licença de manutenção aeronáutica junto à FAA.

Em relação ao órgão europeu EASA, para a obtenção da licença, são exigidos dos candidatos a formação básica teórica e específica teórica, de maneira similar à exigência da ANAC e sem haver rotas alternativas como no caso da FAA, conforme mostrado simplificada na Figura 5.3. Porém, os exames são aplicados após o término de cada etapa de formação teórica, ao invés de um exame final, como no caso do órgão brasileiro, ou três exames finais, como no caso do órgão americano, sendo 75% a nota mínima para aprovação no caso da EASA, 5% a mais do que o exigido para aprovação pelos outros dois órgãos analisados, brasileiro e americano. Outra distinção é que a escola de formação de mecânicos,

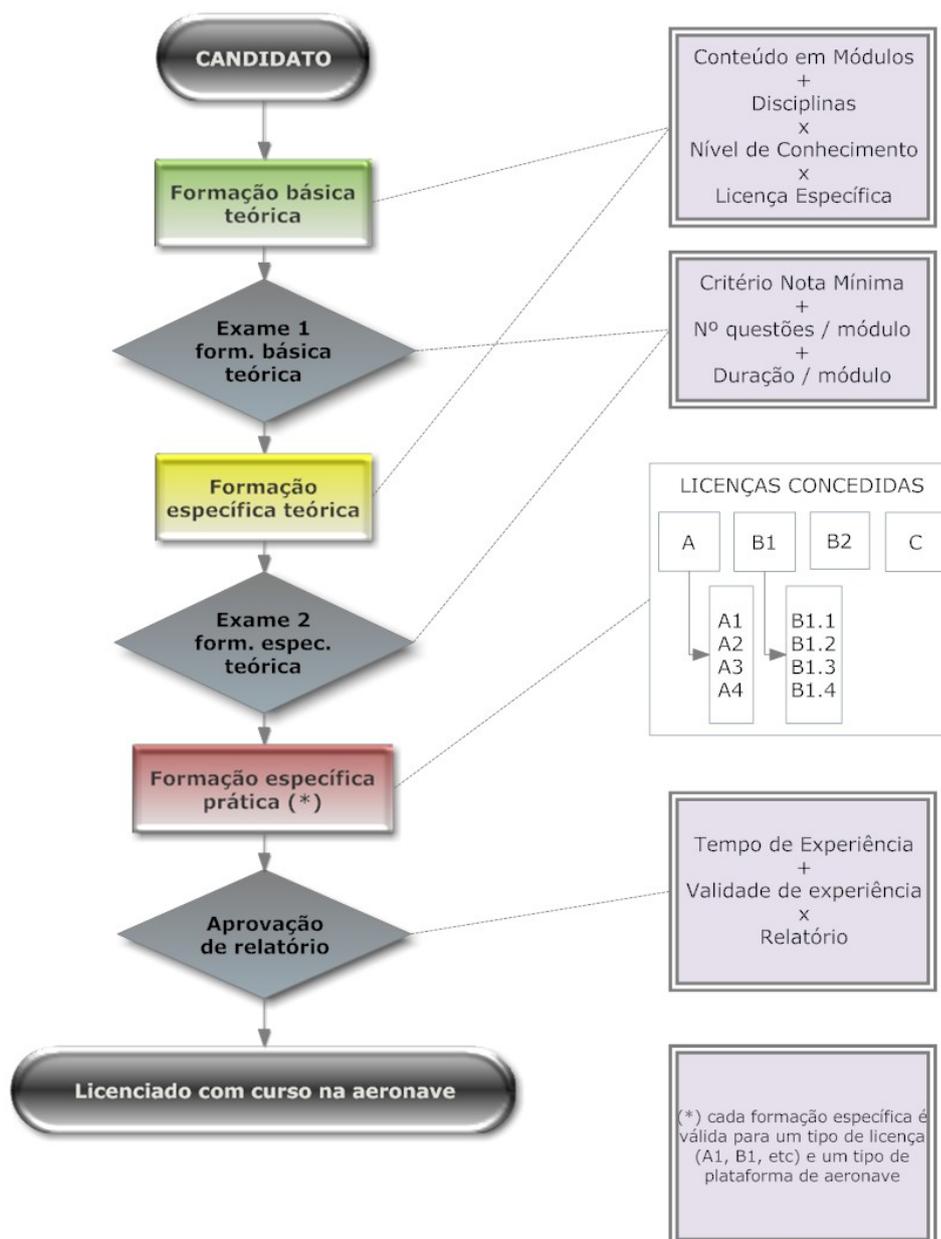
após autorização e cumprimento dos requisitos da EASA, aplica ela mesma as provas aos alunos, sem a participação direta do órgão regulamentador, como ocorre nos outros dois casos analisados. O órgão europeu estabelece ainda o número e a duração das questões para cada módulo de aprendizado, conforme mostrado no Anexo D.

A formação específica prática, segundo o regulamento Part-66 da EASA [81], já deve ser um treinamento específico por família de aeronaves, assim como ocorre para o mecânico no caso da ANAC somente após adquirir seu CHT, ou no caso da FAA, após adquirir sua licença respectiva. Nesse treinamento específico por família de aeronaves, o mecânico deve ser capaz de realizar tarefas de manutenção representativas com os seguintes objetivos [81]:

- Assegurar um desempenho seguro da manutenção, inspeções de rotina de acordo com o manual de manutenção e outras instruções e tarefas relevantes conforme apropriado para o tipo de aeronave; por exemplo, solução de problemas, reparos, ajustes, substituições e testes funcionais, tal como funcionamento do motor, conforme necessidade,
- Utilização correta de toda a literatura técnica e da documentação da aeronave, e
- Uso correto das ferramentas especiais e equipamentos de teste, realização de remoção e troca de componentes e módulos exclusivos do tipo da aeronave, inclusive qualquer atividade de manutenção nas asas.

O tempo para a formação específica prática, válido para tipo ou plataforma de aeronaves, segundo o Apêndice I do regulamento Part-66 [81] da EASA, varia de 1 a 5 anos, de acordo com rotas de treinamento, sendo exigido, para todos os casos, pelo menos 1 ano de experiência recente na manutenção de aeronaves na categoria/subcategoria na qual a licença de manutenção é solicitada.

Ao final da formação específica prática, a empresa deve emitir um relatório para submeter à EASA e, após aprovação, o mecânico será capaz de atuar dentro dos atributos de sua licença de manutenção aeronáutica na respectiva família de aeronaves.



Fonte: Adaptado a partir de [81].

Figura 5.3: Fluxograma simplificado da obtenção da licença de manutenção aeronáutica junto à EASA.

5.3. Conteúdos modulares requeridos para formação do mecânico de manutenção aeronáutico pelos órgãos regulamentadores

Os três órgãos regulamentadores analisados – ANAC, FAA e EASA – possuem em suas normas a exigência de uma grade curricular de referência para os cursos oferecidos pelas escolas de formação de mecânicos de manutenção. A grade está estruturada em módulos de disciplinas e, para o caso do órgão americano e do

órgão europeu, há um maior detalhamento entre a relação de seus módulos com os níveis de conhecimento pretendidos, o que não ocorre com a grade curricular regulamentada pelo órgão brasileiro.

A grade curricular é estabelecida pela ANAC no regulamento RBHA-65 e em seus Apêndices A, B, C e D [75], e as formações teóricas são subdivididas em 4 partes, sendo uma teórica básica, que serve de pré requisito para as outras três partes teóricas específicas, conforme apresentado nas Tabelas 5.4 e 5.5. A formação teórica específica está diretamente relacionada com a categoria de licença de manutenção aeronáutica pretendida pelo candidato – grupo célula, grupo aviônicos e grupo motopropulsor – e deve ser complementada com uma formação prática de 60 horas-aula em qualquer uma das licenças.

Tabela 5.4: Módulos das disciplinas de formação teórica básica do mecânico de manutenção estabelecidos pela ANAC.

| Módulos | Itens de aprendizado para o conhecimento teórico básico |
|----------------|--|
| 1 | Matemática |
| 2 | Desenho de aeronaves |
| 3 | Peso e Balanceamento de aeronaves |
| 4 | Combustíveis e sistema de combustível |
| 5 | Tubulações e conexões |
| 6 | Materiais de aviação |
| 7 | Física |
| 8 | Eletricidade básica |
| 9 | Geradores e motores elétricos de aviação |
| 10 | Princípios de inspeção |
| 11 | Manuseio no solo, segurança e equipamentos de apoio |
| 12 | Ferramentas manuais e de medição |

Fonte: Adaptado a partir de [75].

Tabela 5.5: Módulos das disciplinas de formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecidos pela ANAC.

| Módulos | Itens de aprendizado para os conhecimentos teóricos específicos |
|--|--|
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Célula | |
| 1 | Estruturas de aeronaves |
| 2 | Montagem e alinhamento |
| 3 | Entelagem |
| 4 | Pintura e acabamento |
| 5 | Reparos estruturais em aeronaves |
| 6 | Soldagem de aeronaves |
| 7 | Proteção contra chuva e gelo |
| 8 | Sistemas hidráulicos e pneumáticos |
| 9 | Sistemas de trens de pouso |
| 10 | Sistemas de proteção contra fogo |
| 11 | Sistemas elétricos de aeronaves |
| 12 | Instrumentos |
| 13 | Sistemas de comunicação e navegação |
| 14 | Sistema de ar condicionado e pressurização |
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Aviônicos | |
| 1 | Básico |
| 2 | Instrumentos |
| 3 | Eletrônica |
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Motopropulsor | |
| 1 | Teoria e construção de motores de aeronaves |
| 2 | Sistemas de admissão e de escapamento |
| 3 | Sistemas de combustível do motor e medição de combustível |
| 4 | Sistemas elétricos de ignição do motor |
| 5 | Sistemas de partida de motores |
| 6 | Sistemas de lubrificação e refrigeração |
| 7 | Hélices |
| 8 | Remoção e instalação de motor |
| 9 | Sistema de proteção contra fogo no motor |
| 10 | Operação e manutenção do motor |

Fonte: Adaptado a partir de [75].

Adicionalmente, a ANAC disponibiliza para as escolas, manuais de curso de mecânico de manutenção aeronáutica a serem empregados como referência, no regulamento RBHA-141 [76]. Os manuais são divididos em MMA58-13 [84] para o grupo célula, MMA58-14 [85] para o grupo motopropulsor e MMA58-15 [86] para o grupo aviônicos e são fornecidos pelo IAC – Instituto de Aviação Civil, vinculado à ANAC e tem as seguintes finalidades e conteúdos:

- Apresentar a fundamentação do curso;
- Estabelecer as disposições normativas básicas referentes a:
 - competência para ministrar o curso;
 - objetivos gerais e duração do curso;
 - conteúdos programáticos e carga horária mínimos obrigatórios
 - objetivos específicos de cada disciplina;
 - características do corpo discente;
 - recursos humanos e materiais;
 - desenvolvimento do currículo;
 - avaliação de desempenho do aluno e do curso;
 - revisão/atualização do manual;
- Apresentar as exigências quanto aos recursos humanos e materiais a serem utilizados no curso;
- Fornecer ao corpo docente orientação didática para desenvolver a instrução;
- Apresentar o glossário dos termos básicos usados no âmbito do sistema de instrução da Aviação Civil.

Os manuais detalham ainda a grade curricular incluindo a carga mínima para cada disciplina por categoria de licença de manutenção aeronáutica, conforme sintetizado para a formação teórica básica na Tabela 5.6 e para as formações teóricas específicas na Tabela 5.7. Um exemplo de detalhamento de disciplina da grade curricular estabelecido pelo manual pode ser visto no Anexo E.

Tabela 5.6: Grade das disciplinas para a formação teórica básica do mecânico de manutenção estabelecida pelo manual do IAC.

| Área Curricular | Disciplinas e Atividades | Carga horária |
|--|---|---------------|
| Itens de aprendizado para o conhecimento teórico básico | | |
| BÁSICA | Matemática | 10 |
| | Desenho Técnico de Aeronaves | 20 |
| | Física | 10 |
| | Inglês Técnico | 30 |
| TÉCNICA | Aerodinâmica | 30 |
| | Materiais de Aviação e Processos | 30 |
| | Tubulações e Conexões | 20 |
| | Combustíveis e Sistemas de Combustível | 20 |
| | Eletricidade | 40 |
| | Peso e Balanceamento | 10 |
| | Geradores e Motores Elétricos de Aviação | 20 |
| | Ferramentas Manuais e de Medição | 10 |
| | Princípios da Inspeção e Regulamentação da Manutenção | 30 |
| COMPLEMENTAR | Regulamentação da Aviação Civil | 4 |
| | Regulamentação da Profissão de Mecânico | 4 |
| | Primeiros Socorros | 4 |
| | Segurança de Voo | 8 |
| ATIVIDADE ADMINISTRATIVA | Abertura do Curso | 1 |
| | Aula Inaugural - O Mecânico de Manutenção | 2 |
| | Aeronáutica e sua formação profissional | 2 |
| | Encerramento do Curso | 1 |
| TOTAL (Parte Básica) | | 304 |

Fonte Adaptado a partir de [84-86].

Tabela 5.7: Grade das disciplinas para a formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecida pelo manual do IAC.

| Área Curricular | Módulos e Atividades | Carga horária |
|---|---|---------------|
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Célula | | |
| TÉCNICA | Estruturas de Aeronaves e Sistemas de Controle de Voo | 50 |
| | Entelagem e Pintura | 40 |
| | Reparos Estruturais | 100 |
| | Soldagem | 40 |
| | Sistemas de Proteção contra os Efeitos da Chuva e do Gelo e contra o Fogo | 40 |
| | Sistemas Hidráulicos e de Trens de Pouso | 80 |
| | Sistemas Pneumáticos, de Pressurização, de Ar Condicionado e de Oxigênio | 80 |
| | Sistemas Elétricos | 60 |
| | Sistemas de Comunicação e de Navegação | 20 |
| | Instrumentos | 80 |
| | Inspeção de Aeronaves | 30 |
| | Procedimentos de Pista | 30 |
| TOTAL (Licença Grupo Célula) | | 650 |

Fonte: Adaptado a partir de [84-86].

Tabela 5.7: Grade das disciplinas para a formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecida pelo manual do IAC (continuação).

| Área Curricular | Módulos e Atividades | Carga horária |
|--|---|---------------|
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Aviônicos | | |
| TÉCNICA | Instrumentos | 140 |
| | Sistemas Elétricos de Aeronaves | 60 |
| | Sistemas Elétricos de Partida e de Ignição de Motores | 50 |
| | Sistemas Elétricos de Proteção contra os Efeitos da Chuva e do Gelo e contra o Fogo | 20 |
| | Eletrônica I – Semicondutores | 120 |
| | Eletrônica II – Técnicas Digitais | 100 |
| | Sistemas de Comunicação e de Navegação | 100 |
| | Inspeção de Aeronaves | 30 |
| | Procedimentos de Pista | 30 |
| | TOTAL (Licença Grupo Aviônicos) | 650 |
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Motopropulsor | | |
| TÉCNICA | Teoria e Construção - Motores de Aeronaves | 70 |
| | Sistemas de Admissão e de Escapamento | 40 |
| | Sistema de Combustível do Motor | 60 |
| | Sistemas de Ignição e Elétrico do Motor | 60 |
| | Sistemas de Partida do Motor | 60 |
| | Sistemas de Lubrificação e Refrig. do Motor | 60 |
| | Sistemas de Proteção contra Fogo no Motor | 40 |
| | Hélices | 80 |
| | Remoção e Instalação de Motores | 60 |
| | Operação e Manutenção do Motor | 60 |
| | Inspeção de Motores | 30 |
| | Procedimentos de Pista | 30 |
| TOTAL (Licença Grupo Motopropulsor) | 650 | |

Fonte: Adaptado a partir de [84-86].

Existem diferenças entre os regulamentos RBHA-65 [75] e RBHA-141 [76] (esse último que cita os manuais MMA58-13, MMA58-14 e MMA58-15 do IAC), que tratam da formação do mecânico de manutenção aeronáutica e das escolas, sendo essas diferenças dificultadoras da compreensão e realização do ensino. Além das diferenças perceptíveis nas Tabelas 5.4 e 5.5 quando comparadas com as Tabelas 5.6 e 5.7, pode-se ressaltar, por exemplo:

- O regulamento RBHA-65 não menciona os módulos complementares e atividades administrativas que totalizam 24 horas-aula, como é o caso do que consta nos manuais de curso do IAC. Nestes módulos complementares consta a disciplina de segurança de voo.
- O RBHA-65 [75] também não menciona o módulo Inglês Técnico de carga horária de 30 horas-aula, como é o caso que consta no regulamento RBHA-141 [76];
- O módulo de Procedimentos de Pista mencionado nos manuais de curso de mecânico de manutenção, não é citado entre os módulos do grupo aviônicos e grupo motopropulsor no RBHA-65 [75]. Além disso, uma vez que ele faz parte da grade curricular das 3 licenças de manutenção, esse módulo poderia fazer parte da formação teórica básica ao invés de pertencer à formação específica por grupo;
- São diferentes as classificações, quantidades e nomenclaturas empregadas para os módulos no RBHA-65 [75], quando comparados com os manuais de curso citados no RBHA-141 [76] – MMA58-13, MMA58-14 e MMA58-15; além de outros elementos que dificultam o ensino.

Quanto à regulamentação do órgão americano FAA, as formações básica teórica e específica teórica também são divididas por módulos, do mesmo modo que os regulamentos da ANAC, com uma diferença importante que é a definição de diferentes níveis esperados de conhecimento para cada disciplina, segundo o regulamento americano Part-147 [79] e seus apêndices B, C e D, cujos módulos são apresentados nas Tabelas 5.8 e 5.9. O regulamento Part-147 [79] determina 400 horas-aula para a parte básica do curso de manutenção, comum para os dois tipos de licença e, 750 horas para cada licença específica: grupo célula ou grupo motopropulsor. Outra diferença é o fato do regulamento americano mencionar a

necessidade de uma formação prática, porém, sem explicitar o número de horas desejáveis específica, ao contrário da regulamentação brasileira.

Tabela 5.8: Módulos das disciplinas de formação teórica básica do mecânico de manutenção estabelecidos pela FAA.

| Módulos | Itens de aprendizado para o conhecimento teórico básico |
|----------------|--|
| 1 | Eletricidade básica |
| 2 | Desenhos de aeronaves |
| 3 | Peso e balanceamento |
| 4 | Tubulações e conexões |
| 5 | Materiais e processos |
| 6 | Operação e serviços em solo |
| 7 | Limpeza e controle de corrosão |
| 8 | Matemática |
| 9 | Formulários e registros de manutenção |
| 10 | Física básica |
| 11 | Publicações de manutenção |
| 12 | Direitos e limitações do mecânico |

Fonte: Adaptado a partir de.

Tabela 5.9: Módulos das disciplinas de formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecidos pela FAA.

| Módulos | Itens de aprendizado para os conhecimentos teóricos específicos |
|---|--|
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Célula | |
| 1 | Estruturas de madeira |
| 2 | Revestimento de aeronaves |
| 3 | Acabamento de aeronaves |
| 4 | Revestimentos de estruturas metálicas e não metálicas |
| 5 | Soldagem |
| 6 | Montagem e ajustes |
| 7 | Inspeção estrutural |
| 8 | Sistemas e instrumentos de medição |

Fonte: Adaptado a partir de [79].

Tabela 5.9: Módulos das disciplinas de formação teórica específica do mecânico de manutenção estabelecidos pela FAA (continuação).

| Módulos | Itens de aprendizado para os conhecimentos teóricos específicos |
|--|--|
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Célula | |
| 9 | Sistemas de comunicação e navegação |
| 10 | Sistemas de combustível em aeronaves |
| 11 | Sistemas elétricos em aeronaves |
| 12 | Sistemas de posição e avisos |
| 13 | Sistemas de controle de gelo e chuva |
| 14 | Sistemas de proteção contra fogo |
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Motopropulsor | |
| 1 | Motores convencionais |
| 2 | Motores tipo turbina |
| 3 | Inspeção de motores |
| 4 | Sistemas de instrumentos de motores |
| 5 | Sistemas de proteção contra fogo em motores |
| 6 | Sistemas elétricos dos motores |
| 7 | Sistemas de lubrificação |
| 8 | Sistemas de ignição |
| 9 | Sistemas de medição de combustível |
| 10 | Sistemas de combustível do motor |
| 11 | Sistemas de indução e fluxo de ar dos motores |
| 12 | Sistemas de refrigeração dos motores |
| 13 | Sistemas de exaustão e reverso dos motores |
| 14 | Hélices |
| 15 | Ventiladores induzidos |
| 16 | Unidades auxiliares de potência |

Fonte: Adaptado a partir de [79].

Observa-se que os módulos de conhecimento básico teórico entre os órgãos brasileiro e americano no geral são bastante similares, com diferenças, por exemplo, no módulo 7 do Part-147 [79] da FAA que trata de Limpeza e controle de corrosão, não mencionado nos módulos do regulamento RBHA-65 [75] da ANAC. Outra diferença é o órgão brasileiro incluir o módulo 9 – Geradores e motores elétricos de aviação, mostrado na Tabela 5.4, o que não ocorre no caso americano.

Quanto aos conhecimentos teóricos específicos, no geral também similares em ambas as regulamentações americana e brasileira, há diferença, por exemplo, no número de módulos abordados para o caso da licença relativa ao do grupo motopropulsor, bastante superior na regulamentação da FAA (cerca de 60% superior) quando comparada com a da ANAC.

A regulamentação do órgão americano FAA traz ainda a divisão de conhecimentos por níveis, como mostrado na Tabela 5.10, o que não ocorre com a do órgão brasileiro ANAC. Existem três diferentes níveis de conhecimentos pretendidos, tanto para a formação básica como específica, em disciplinas, como ilustrado na Tabela 5.11 com exemplos sobre a relação de níveis de conhecimentos e as disciplinas dos módulos de conhecimento teórico básico e específico.

Tabela 5.10: Níveis de conhecimento para as partes básica e específica estabelecidos pela FAA.

| Nível | Conhecimento pretendido |
|-------|--|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> - conhecimento de princípios gerais, sem necessidade de prática - sem desenvolvimento a níveis práticos - instrução por aulas, demonstração e discussão |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - conhecimento de princípios gerais, com necessidade prática limitada - desenvolvimento de níveis práticos para efetuar operações básicas - instrução por aulas, demonstração, discussão e aplicação prática limitada |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> - conhecimento de princípios gerais e desempenho com um alto grau de aplicação prática - desenvolvimento de níveis práticos para simular as atividades de liberação de serviços - instrução por aulas, demonstração, discussão e um alto grau de aplicação prática |

Fonte: Adaptado a partir de [79].

Tabela 5.11: Exemplos da relação entre os níveis de conhecimento e disciplinas dos módulos de conhecimento teórico básico e específico estabelecidos pela FAA.

| Módulo | Disciplinas | Níveis de conhecimento pretendidos |
|--|--|---|
| Itens de aprendizado para o conhecimento teórico básico | | |
| 1 | Eletricidade básica | |
| 1.1 | Calcular e medir a capacitância e indutância | 2 |
| 1.2 | Calcular e medir potência elétrica | 2 |
| 1.3 | Medir a voltagem, corrente, resistência | 3 |
| 1.4 | Determinar a relação de voltagem, corrente e resistência em circuitos elétricos | 3 |
| 1.5 | Ler e interpretar diagramas de circuitos elétricos de aeronaves, incluindo dispositivos no estado sólido e funções lógicas | 3 |
| 1.6 | Inspeção e serviços em baterias | 3 |
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Célula | | |
| 1 | Estruturas em madeira | |
| 1.1 | Serviços e reparos em estruturas de madeira | 1 |
| 1.2 | Identificar defeitos na madeira | 1 |
| 1.3 | Inspeccionar estruturas de madeira | 1 |
| Licença de manutenção aeronáutica – Grupo Motopropulsor | | |
| 2 | Motores tipo turbina | |
| 2.1 | Inspeção geral do motor tipo turbina | 2 |
| 2.2 | Inspeção, cheques, serviços, reparos e instalações dos motores tipo turbina | 2 |
| 2.3 | Instalação, pesquisa de panes e remoção dos motores tipo turbina | 3 |

Fonte: Adaptado a partir de [79].

Um elemento facilitador para o ensino no caso do regulamento Part-147 [79] da FAA é o fato deste não exigir um número de horas por disciplina e sugerir um nível diferente de conhecimento necessário para cada uma delas. Isso facilita, por exemplo, a distribuição das horas totais obrigatórias pelas escolas, inclusive para a formação prática, o que pode estimular a abordagem de assuntos mais aplicáveis no dia-a-dia, ao invés de despende esforços e recursos simplesmente para cumprir um número pré-determinado de horas, como pode ocorrer no caso do cumprimento da grade curricular estabelecida pela ANAC.

Como exemplo, na regulamentação da FAA, é o nível de conhecimento básico exigido do aluno para a aprovação no Módulo 1 – Estruturas em madeira, para a licença de manutenção aeronáutica – Grupo Célula. Isto está em conformidade com a realidade observada sobre as aeronaves atuais, pelo fato da quase totalidade das mesmas não possuírem mais este tipo de estrutura.

Outro exemplo, na regulamentação da FAA, são exigidos níveis 2 ou 3 nos conhecimentos relativos às disciplinas do Módulo 2 – Motores tipo turbina para a licença de manutenção aeronáutica – Grupo Motopropulsor, o que também reflete o amplo uso atual deste tipo de motor.

Com relação à regulamentação estabelecida pelo órgão EASA, os módulos das disciplinas para a formação teórica básica são mostrados na Tabela 5.12. No caso europeu dependendo da licença de manutenção pretendida, não há a necessidade de o aluno cursar determinados módulos, conforme mostrado na Tabela 5.13. Vale ressaltar que, para a licença de manutenção aeronáutica categoria C – inspetor de manutenção, para a parte básica, o aluno deve completar os módulos da categoria B1 ou B2.

Também há a exigência de níveis de conhecimento necessários nas disciplinas na regulamentação do órgão europeu EASA, conforme mostrado na Tabela 5.14, do mesmo modo que a do órgão americano FAA, mas com características próprias, inclusive em relação à própria classificação das licenças de manutenção aeronáutica (conforme apresentado no item 5.1). Exemplos da relação entre os níveis de conhecimentos e disciplinas dos módulos para conhecimento teórico básico da regulamentação da EASA são mostrados na Tabela 5.15.

Tabela 5.12: Módulos das disciplinas de formação teórica básica do mecânico de manutenção estabelecidos pela EASA.

| Módulos | Itens de aprendizado para o conhecimento teórico básico |
|----------------|---|
| 1 | Matemática |
| 2 | Física |
| 3 | Fundamentos elétricos |
| 4 | Fundamentos eletrônicos |
| 5 | Técnicas digitais em sistemas de instrumentos eletrônicos |
| 6 | Materiais e equipamentos |
| 7 | Práticas de manutenção |
| 8 | Aerodinâmica básica |
| 9 | Fatores humanos |
| 10 | Legislação na aviação |
| 11A | Aerodinâmica de aeronaves a turbina, estruturas e sistemas |
| 11B | Aerodinâmica de aeronaves a pistões, estruturas e sistemas |
| 12 | Aerodinâmica de aeronaves a helicópteros, estruturas e sistemas |
| 13 | Aerodinâmica de aeronaves, estruturas e sistemas |
| 14 | Propulsão |
| 15 | Motor tipo turbina |
| 16 | Motor a pistão |
| 17 | Hélices |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

Tabela 5.13: Relação entre os módulos de conhecimento da parte básica e as categorias de licença de manutenção estabelecido pela EASA.

| Módulos | Licença A ou B1 (aeronave) com: | | Licença A ou B1 (helicóptero) com: | | Licença B2 |
|---------|------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------|
| | Motor tipo turbina | Motor tipo pistão | Motor tipo turbina | Motor tipo pistão | Aviônicos |
| 1 | X ⁶ | X | X | X | X |
| 2 | X | X | X | X | X |
| 3 | X | X | X | X | X |
| 4 | X | X | X | X | X |
| 5 | X | X | X | X | X |
| 6 | X | X | X | X | X |
| 7 | X | X | X | X | X |
| 8 | X | X | X | X | X |
| 9 | X | X | X | X | X |
| 10 | X | X | X | X | X |
| 11 | X | X | | | |
| 12 | | | X | X | |
| 13 | | | | | X |
| 14 | | | | | X |
| 15 | X | | X | | |
| 16 | | X | | X | |
| 17 | X | X | | | |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

⁶ A marcação “X” significa a necessidade do aluno cursar os módulos de suas respectivas licenças de manutenção.

Tabela 5.14: Níveis de conhecimento para parte básica estabelecidos pela EASA.

| Nível | Conhecimento pretendido |
|--------------|---|
| 1 | - familiarização com os principais elementos do assunto |
| 2 | - conhecimento geral dos aspectos teóricos e práticos do assunto - uma habilidade para aplicar tal conhecimento |
| 3 | - conhecimento detalhado dos aspectos teóricos e práticos do assunto - uma capacidade de combinar e aplicar os elementos separados de conhecimento de uma maneira lógica |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

Tabela 5.15: Exemplos da relação entre itens dos módulos de conhecimento teórico básico com os níveis de conhecimento pretendido para cada categoria de licença de manutenção estabelecidos pela EASA.

| Módulos | Disciplinas | Nível de conhecimento | | |
|----------------|--------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | Licença A | Licença B1 | Licença B2 |
| 1 | | Matemática | | |
| 1.1 | Aritmética | 1 | 2 | 2 |
| 1.2 | Álgebra (a) | 1 | 2 | 2 |
| 1.2 | Álgebra (b) | | 1 | 1 |
| 1.3 | Geometria (a) | | 1 | 1 |
| 1.3 | Geometria (b) | 2 | 2 | 2 |
| 1.3 | Geometria (c) | | 2 | 2 |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

No caso europeu, após a conclusão dos módulos da parte básica, o aluno é direcionado para as partes específicas do curso, a partir de uma lista de assuntos a serem abordados, ao invés de módulos, que também têm definidos os níveis de conhecimento desejado, diferentes dos especificados para a parte básica, conforme mostrado na Tabela 5.16.

Tabela 5.16: Níveis de conhecimento para a parte específica estabelecidos pela EASA.

| Níveis | Conhecimento específico teórico pretendido |
|--------|--|
| 1 | - familiarização geral: uma breve visão geral da estrutura, sistemas e motores conforme descritos na seção de descrição dos sistemas do manual de manutenção da aeronave |
| 2 | - conhecimentos do nível 1 - rampa e trânsito: uma básica visão geral do sistema de controles, indicadores e principais componentes incluindo suas localizações e objetivos e resolução de pequenas pesquisas de panes |
| 3 | - conhecimentos do nível 1 - conhecimentos do nível 2 - treinamento em manutenção de linha e de base: descrição detalhada, operação localização dos componentes, remoção/instalação e procedimentos de resolução de problemas nos níveis do manual de manutenção da aeronave |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

Exemplos das disciplinas e seus níveis de conhecimento específico para cada licença de manutenção aeronáutica estabelecidos pela EASA são mostrados na Tabela 5.17 [81].

Tabela 5.17: Exemplos da relação das disciplinas para parte específica e seus níveis de conhecimento para cada licença de manutenção estabelecida pela EASA.

| Disciplina | Nível de conhecimento requerido para cada licença de mecânico de manutenção aeronáutica | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---|--------|---|--------------|---|--------|---|-----------|
| | Aviões | | | | Helicópteros | | | | Aviônicos |
| | Turbina | | Pistão | | Turbina | | Pistão | | |
| | B1 | C | B1 | C | B1 | C | B1 | C | B2 |
| Fuselagem | 3 | 1 | 3 | 1 | | | | | |
| Ar Condicionado | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| Controle Eletrônico Hélices | 2 | 1 | 2 | 1 | | | | | 3 |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

Do mesmo modo que a regulamentação americana, a europeia EASA não define um número mínimo de horas para cada disciplina, deixando a escola propor sua grade curricular para aprovação, embora apresente como referência a estimativa de pelo menos 1600 horas-aula para a formação teórica básica na obtenção da licença de mecânico de manutenção tipo B1.1 ou B2, após ter obtido a licença A1 (licença mais simples e com menos atribuições), de acordo com o documento AMC147.A.200(g)⁷ [88].

Ao se comparar a regulamentação do órgão europeu EASA com a americana e a brasileira, verifica-se, de um modo geral, uma maior abrangência e complexidade na europeia. Isso ocorre tanto na divisão de módulos e disciplinas como nas exigências de níveis de conhecimento, em relação à formação teórica básica e específica, sendo esta última diretamente relacionada à familiarização com uma determinada plataforma de aeronaves na qual o futuro profissional irá trabalhar. Na regulamentação Part-66 [77] da EASA, há ainda um módulo específico sobre Fatores Humanos relacionado à segurança de voo, que é subdividido em 9 subitens, diferentemente dos outros dois órgãos, que não explicitam de forma tão completa este assunto.

5.4. Conteúdos relativos à segurança na regulamentação da formação de mecânicos de manutenção aeronáutica

Com o aumento do número de vendas de aeronaves, associado à movimentação da economia e cultura global, os itens de segurança são apontados como os fatores-chave e base para a sustentação da confiabilidade deste meio de transporte, devendo refletir diretamente nos regulamentos aeronáuticos, inclusive os associados à manutenção e formação de profissionais dessa área.

⁷ AMC significa Acceptable Means of Compliance (Meios Aceitáveis de Execução). Trata-se de um documento emitido pelo órgão europeu EASA, que explica e detalha os itens e subitens dos regulamentos emitidos. Neste caso, o AMC147.A.200(g) é um documento que explica a aplicação na prática o parágrafo “g” do subitem 147.A.200, do regulamento Part-147.

Com relação à temática de segurança, os regulamentos e materiais instrucionais disponibilizados pela ANAC foram considerados relativamente bons pelos entrevistados das escolas de formação e das empresas que contratam mecânicos de manutenção aeronáutica. Apesar disso, vale ressaltar as seguintes deficiências nos regulamentos e materiais instrucionais:

- Os manuais disponibilizados pelo IAC são muito antigos, elaborados por volta de 1960 e baseados na tradução de materiais instrucionais gerados naquela época pelo órgão americano FAA. Por isso, não incorporam as importantes evoluções tecnológicas que afetam expressivamente a segurança, por exemplo, os sistemas eletrônicos de automação e controle, os novos materiais e a manutenção dos mesmos;
- Nos manuais dos cursos de manutenção, MMA58-13 [84], MMA58-13 [85] e MMA58-15 [86] do IAC é estabelecida uma carga horária de 8 horas-aula voltada especificamente para segurança, dentro da carga horária total de 1014 horas-aula, o que representa apenas 0,8% da carga horária total, insuficiente, de acordo com os entrevistados das escolas e empresas;
- A segurança de voo é mencionada no regulamento RBHA-141 [76] da ANAC que trata das escolas de aviação civil e é estabelecida como carga horária nos manuais que estabelecem carga horária na grade curricular para o assunto. Enquanto isso, a segurança de voo não é mencionada, por exemplo, como disciplina específica na grade curricular do regulamento RBHA-65 [75] da ANAC, que trata da formação de mecânico de manutenção aeronáutica;
- Outro aspecto de extrema importância para a realização das atividades de um mecânico de manutenção aeronáutica é a leitura e interpretação de manuais de manutenção da aeronave no idioma inglês, presentes na quase totalidade dos centros de manutenção mundiais. A ANAC, dentro dos manuais do curso de manutenção prevê 30 horas para a disciplina do idioma inglês, o que não atende à realidade da atuação profissional dos mecânicos de manutenção, de acordo com os entrevistados. Por exemplo, isso faz com que uma das escolas trabalhe somente com vocabulários no tempo disponível e forneça um curso do idioma inglês complementar, optativo e à distância, cuja participação dos alunos tem sido baixa,

enquanto que uma das empresas oferece curso de inglês para os funcionários há mais de 5 anos em parceria com uma instituição de ensino superior.

Apesar das deficiências na grade curricular, um dos entrevistados ressaltou que a temática de segurança permeia direta ou indiretamente todas as disciplinas do curso, independentemente das horas mencionadas como disciplina específicas. Existem também casos de importantes iniciativas complementares das escolas para ampliar a abordagem do assunto, tais como: a inclusão de mais disciplinas com aumento da carga horária, o oferecimento de cursos extracurriculares específicos sobre segurança de voo com aulas mensais fora do horário normal (porém com baixa adesão de alunos). As iniciativas extracurriculares, de acordo com os entrevistados se confrontam com o tempo disponível dos alunos, devido às suas atividades profissionais, à vida familiar e o próprio cansaço físico associado ao trabalho; gerando baixa participação e aproveitamento nos cursos, que deveriam estar incluídos dentro do próprio horário curricular.

A qualidade do corpo docente também é outro fator importante para reforçar os aspectos de segurança de voo na abordagem do dia-a-dia das aulas. O regulamento nacional RBHA-141 [76] da ANAC estabelece que os instrutores devam ter formação comprovada e, segundo os entrevistados, alguns cursos oferecidos pelo CENIPA e pela ANAC têm um papel fundamental para reforçar a formação dos professores no que diz respeito à segurança de voo. Esses cursos, mostrados na Tabela 5.18, são principalmente o curso de segurança de voo, curso de prevenção de acidentes aeronáuticos – manutenção de aeronaves, curso de sistemas de gerenciamento da segurança operacional (SGSO), curso básico de prevenção de acidentes aeronáuticos; e mais informações a respeito podem ser encontradas em [89, 90]. Vale lembrar que são cursos abertos para os profissionais de empresas fabricantes de aeronaves, empresas de aviação comercial e profissionais em geral que trabalham na área; e as vagas são concorridas, havendo momentos de dificuldade para inscrição.

Tabela 5.18: Exemplos de cursos disponibilizados pela CENIPA e ANAC para reforçar a formação dos professores em relação à segurança de voo.

| Item | Cursos | Fonte |
|------|--|--------|
| 1 | Curso de segurança de voo | CENIPA |
| 2 | Curso de prevenção de acidentes aeronáuticos – manutenção de aeronaves | CENIPA |
| 3 | Curso de sistemas de gerenciamento da segurança operacional (SGSO) | ANAC |
| 4 | Curso básico de prevenção de acidentes aeronáuticos | ANAC |

Fonte: Adaptado a partir de [89, 90].

Quando se compara a abordagem sobre a segurança de voo nos regulamentos brasileiros com a abordagem nos estrangeiros considerados, os do órgão americano FAA não explicitam módulos ou disciplinas relacionadas à segurança de voo, ao contrário do órgão brasileiro ANAC e do órgão europeu EASA, sendo que este último aborda de maneira mais abrangente a segurança aeronáutica em um módulo de aprendizado específico sobre os Fatores Humanos na Aviação. Além disso, o órgão europeu mantém a grade curricular mais atualizada. Por exemplo, diferentemente da grade curricular brasileira, a grade curricular europeia abrange assuntos tecnológicos mais atuais, tais como: a) o sistema eletrônico “fly-by-wire” – controle das superfícies móveis de uma aeronave por computador, ao invés de cabos de aço; b) como o sistema eletrônico “TCAS” – sistema de alerta quanto à colisão com outras aeronaves no ar; c) como o sistema eletrônico FADEC – sistema de medição de combustível e controle eletrônico do motor; d) EGPWS – sistema de alerta que antecipa possíveis colisões com o solo ou obstáculos, o que não ocorre na grade curricular brasileira.

No que diz respeito aos professores, o regulamento americano FAA Part-147 [79] é mais específico do que o brasileiro e exige para as disciplinas específicas teóricas pelo menos um professor com licença de manutenção aeronáutica para cada 25 alunos. Já o órgão europeu em seu regulamento Part-147 [82] estabelece que a cada 2 anos os professores passem por atualizações tecnológicas das disciplinas que ministram, além de treinamentos práticos e de fatores humanos

relacionados à segurança de voo, além de técnicas atuais de ensino e aprendizado que possam ser aplicadas.

5.5. Participação das empresas na formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica

As empresas de manutenção aeronáutica possuem uma importante participação na formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica. Na fase de formação, os alunos têm que realizar estágios de no mínimo 60 horas no caso brasileiro, conforme RBHA-65 [75] e para se completar a formação do profissional é necessário que o mesmo já tenha vínculo empregatício e tenha recebido cursos adicionais de familiarização nas plataformas das aeronaves que atua, cursos esses ministrados internamente nas empresas. A formação prática é, portanto, viabilizada fundamentalmente pelas empresas, que também promovem o crescimento do mecânico de manutenção aeronáutica em sua carreira, após a formação. O profissional pode, inclusive, tornar-se inspetor de manutenção, após um tempo pré-estabelecido de experiência, com o aval e havendo oportunidades dentro do quadro de efetivos da empresa para essa função.

O futuro profissional ao terminar seu curso de mecânico de manutenção aeronáutica e obter aprovação na prova da ANAC, adquire seu CCT – Certificado de Conhecimento Teórico. Somente após, no mínimo, 3 anos de trabalho com vínculo empregatício em uma empresa aérea ou de manutenção aeronáutica, que é um período considerado de experiência em atividades supervisionadas, poderá solicitar ao órgão regulamentador brasileiro seu certificado final CHT – Certificado de Habilitação Técnica, com encaminhamento de relatório pessoal da empresa sobre sua atuação, além de outros documentos, conforme o RBHA-65 [75]. Em paralelo ou após este período de experiência, a empresa também pode oferecer aos profissionais cursos de familiarização na plataforma da aeronave em que ele irá usar suas atribuições, dentro do escopo da licença de manutenção que ele possui.

O CHT de atuação profissional do mecânico de manutenção aeronáutica tem validade por 6 anos e sua revalidação também depende das empresas, pois o mecânico deverá comprovar no mínimo 1 ano de experiência na área de manutenção aeronáutica com vínculo empregatício no período.

No caso do órgão americano FAA, de acordo com o regulamento Part-65 [78], a contribuição das empresas é mais ampla ainda do que no caso do órgão brasileiro ANAC. As empresas podem oportunizar experiência com vínculo empregatício para o profissional antes do mesmo prestar os exames para aquisição da licença de manutenção aeronáutica, o que não ocorre tanto no caso brasileiro como no caso europeu, que exigem a participação formal em um curso.

No caso americano existem duas entre as três opções disponíveis para o candidato se preparar para os exames que dispensam a necessidade de se estudar em uma escola de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica para ele ser avaliado perante o órgão regulamentador, desde que o requerente à licença comprove: a) 18 meses de atuação em uma das áreas relacionadas à licença do grupo célula ou grupo motopropulsor com vínculo empregatício; ou b) 30 meses atuando em ambas.

Após a aquisição da licença de manutenção perante a FAA, o mecânico poderá exercer suas atribuições desde que dentro de 2 anos ele tenha trabalhado pelo menos 6 meses como mecânico em uma empresa homologada, supervisionando tecnicamente outros mecânicos, participando de uma modificação e aplicando manutenção em uma aeronave.

Diferentemente da ANAC e da FAA, o órgão europeu EASA pode delegar à empresa a avaliação da aptidão do funcionário, para ela submeter ao órgão a solicitação de uma licença de manutenção aeronáutica para seu futuro mecânico, além da extensão de categorias ou subcategorias em relação à licença inicial de manutenção. Um passo importante para as extensões é o oferecimento de cursos específicos sobre determinadas aeronaves ou plataformas de aeronaves, juntamente com os resultados de exames com aplicação pela empresa de determinado número de questões respondidas em um prazo conforme pré estabelecido pela EASA, o que pode diminuir o tempo necessário de experiência na área respectiva. A EASA estabelece um tempo mínimo de experiência prática a ser cumprido pelo mecânico na empresa para que seja possível a extensão da licença de manutenção aeronáutica, conforme mostrado na Tabela 5.19.

Tabela 5.19: Tempo de experiência prática exigido para a extensão das categorias e subcategorias de licença de manutenção pela EASA (em anos).

| Para: De: | A1 | A2 | A3 | A4 | B1.1 | B1.2 | B1.3 | B1.4 | B2 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|----|
| A1 | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 2 | 0,5 | 2 | 1 | 2 |
| A2 | 0,5 | | 0,5 | 0,5 | 2 | 0,5 | 2 | 1 | 2 |
| A3 | 0,5 | 0,5 | | 0,5 | 2 | 1 | 2 | 0,5 | 2 |
| A4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | 2 | 1 | 2 | 0,5 | 2 |
| B1.1 | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| B1.2 | 0,5 | | 0,5 | 0,5 | 2 | | 2 | 0,5 | 2 |
| B1.3 | 0,5 | 0,5 | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | 0,5 | 1 |
| B1.4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | | 2 | 0,5 | 2 | | 2 |
| B2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

Para tornar-se um inspetor, conforme sintetizado na Tabela 5.20, o mecânico deve possuir quatro anos de experiência com vínculo empregatício após a obtenção do CHT em alguma das licenças de manutenção, além de ter concluído um curso de familiarização aeronáutica em uma plataforma de aeronaves, de acordo com o regulamento RBHA-65 da ANAC [75]. O interessado deve ser designado inspetor pelo diretor de manutenção ou pelo chefe de manutenção no caso das empresas aéreas ou pelo responsável pela qualidade, no caso de empresas de serviços de manutenção.

No caso americano, os regulamentos da FAA são relativamente mais exigentes, pois, em complemento à experiência de, no mínimo, 3 anos na área, o mecânico deve possuir todas as licenças de manutenção, englobando o grupo célula e o grupo motopropulsor, além de atuar efetivamente em uma empresa de manutenção por, pelo menos, dois anos antecedentes à solicitação de exercício da função de inspetor junto ao órgão regulamentador. Após este período de experiência, o interessado deve ainda ser aprovado em um exame escrito para mostrar sua habilidade em realizar inspeções de acordo com os padrões de segurança de voo. Para dar continuidade às atividades de inspeção, a cada dois anos, o órgão americano exige que o inspetor comprove pelo menos uma de cinco atividades que podem ser descritas simplificadaamente como sendo [78]:

- Desenvolver pelo menos uma inspeção anual de uma aeronave a cada 90 dias;
- Desenvolver pelo menos dois reparos grandes ou alterações grandes a cada 90 dias;
- Desenvolver ou supervisionar e aprovar pelo menos uma inspeção continuada em uma aeronave;
- Atender e completar com sucesso um curso de reciclagem, com duração superior a 8 horas;
- Ser aprovado em um teste oral por um inspetor da FAA para determinar se os conhecimentos dos regulamentos e padrões estão atualizados.

Dentro dos regulamentos europeus da EASA, os requisitos que envolvem a qualificação do mecânico de manutenção aeronáutica para a função de inspetor, categoria C, da mesma forma que nos órgãos brasileiro e americano, também é requerida experiência em empresas de manutenção, estabelecidas basicamente como [77]:

- 3 anos de experiência nas categorias B1.1, B1.3 e B2 em aeronaves de grande porte ou como um mecânico B1.1, B1.3 ou B2 cumprindo os requisitos do regulamento Part-145 [79], ou uma combinação de ambos, ou
- 5 anos de experiência nas categorias B1.2 ou B1.4 em aeronaves de grande porte ou como um mecânico em B1.2 ou B1.4 cumprindo os requisitos do regulamento Part-145 [79], ou uma combinação de ambos.

Para obtenção de licença na categoria C – inspetor de hangar de manutenção, não considerando aeronaves de grande porte, no caso europeu é necessário [77]:

- 3 anos de experiência nas categorias B1 ou B2 em aeronaves não consideradas de grande porte ou como um mecânico B1 ou B2 pelo regulamento Part-145 [83], ou uma combinação de ambos.

Tabela 5.20: Requisitos básicos e tempo mínimo para formação de inspetor de manutenção aeronáutica da ANAC, FAA e EASA.

| Órgão | Tempo mínimo (anos) | Requisitos básicos |
|--------------|----------------------------|---|
| ANAC | 4 | CHT de célula ou aviônicos ou motopropulsor |
| FAA | 3 | Licença no grupo célula e motopropulsor |
| EASA | 3 | Licença nas categorias B1.1, B1.3 e B2 |
| | 5 | Licença nas categorias B1.2 ou B1.4 |

Fonte: Adaptado a partir de [75, 78, 83].

As empresas também devem ter um papel fundamental para o fortalecimento e atualização do conteúdo na formação do mecânico de manutenção aeronáutica, mediante uma cooperação empresa-escola, conforme indicado de forma unânime pelos entrevistados, tanto das escolas como das empresas. Essa cooperação, por parte das empresas, engloba ações sistemáticas, tais como: o oferecimento de estágios mediante convênios, doações de peças condenadas e ilustrativas para os laboratórios práticos, visitas técnicas e demonstrações, palestras, oferecimento de cursos de inglês, além de outras iniciativas.

Apesar da avaliação positiva sobre a cooperação escola-empresa por parte dos entrevistados, há a expectativa de se ter um avanço na cooperação, a partir da maior aproximação e interesse das empresas na formação do profissional que poderá fazer parte do seu próprio efetivo. Um exemplo bem sucedido de iniciativa foi indicado por um dos entrevistados como sendo uma parceria escola-empresa que visou o atendimento de uma demanda específica de contratação de mecânicos de manutenção aeronáutica. A parceria englobou desde o planejamento da grade curricular até a conclusão da formação dos alunos e atendeu não somente aos requisitos do órgão homologador, mas também permitiu enriquecer a formação com disciplinas específicas voltadas para o atendimento das necessidades específicas da empresa.

Em uma entrevista junto a um profissional da empresa suíça de manutenção de aeronaves, foi indicada a freqüente união das empresas europeias de manutenção aeronáutica na prospecção de oportunidades e realização de ações de melhorias para a formação do quadro de futuros efetivos. Por exemplo, são constituídos grupos de alunos que recebem formação prática vivenciada em centros

autorizados das empresas de modo a maximizar o preparo do aluno no atendimento às necessidades específicas das empresas participantes. Ao se consultar os entrevistados brasileiros sobre a pertinência desse tipo de iniciativa na realidade nacional, os mesmos consideraram difícil e inoportuno, devido à dimensão continental do país e a distância entre os centros de operação e de manutenção das empresas. Apesar dessas dificuldades, a existência de centros expressivos de manutenção, em Gavião Peixoto, em São Carlos e em Ribeirão Preto pode futuramente criar objetivos e ações de cooperação com a participação de múltiplas empresas e escolas com vistas ao fortalecimento quantitativo e qualitativo da formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica.

5.6. Discussão geral

Em um mercado aéreo competitivo e em constantes inovações, traduzido pelo dinamismo das manutenções de aeronaves, a formação de mecânicos de manutenção aeronáutica torna-se importante para assegurar e amenizar os riscos de acidentes. Vale lembrar que houve aumento de acidentes aéreos brasileiros nos últimos anos [42] e que, de acordo com estudo americano abrangendo 1989-1991, há participação nos acidentes de 56% de atividades incompletas ou não realizadas por mecânicos durante a manutenção de aeronaves [57]. A manutenção correta contribui inclusive para evitar acidentes com inúmeras vítimas como teria sido o caso do Boeing 747SR-100 em 1985 [53], do Lockheed L-1011 em 1983 [58], do Embraer 120RT em 1991 [60] e do British Aircraft Corporation BAC1-11 em 1990 [62].

No Brasil, a velocidade de crescimento das companhias aéreas e dos centros de manutenção para suporte, aponta para a atual e crescente falta de mão de obra qualificada para manutenção de aeronaves, conforme sinalizado pelas entrevistas realizadas e também pelas organizações de defesa e aeroespaciais americanas [19]. Além da falta de profissionais atuantes, a formação dos mecânicos ingressantes no mercado não tem atendido plenamente as empresas e a qualidade dos candidatos que cursam as escolas para o exercício profissional também é baixa na maioria dos casos.

Um fator que contribui para a dificuldade de atração de talentos para a profissão, com a aquisição do CCT, muito baixa em relação à demanda, principalmente na área de aviônicos, tem sido apontado como sendo a impressão

equivocada e o desconhecimento sobre esta profissão conforme pesquisa recente no mercado americano [21] e conforme percepção dos entrevistados das escolas de formação de mecânicos aeronáuticos.

Contribui também para a formação insuficiente dos mecânicos de manutenção aeronáutica, a desatualização dos regulamentos que tratam do assunto da ANAC e do material instrucional do IAC, sobretudo no que diz respeito à automação e controle, além de haver desbalanceamento da carga horária pré-estabelecida e ausência de assuntos essenciais para o exercício profissional e para a segurança aeronáutica.

As desatualizações existentes nas disciplinas e material didático contribuem para que a formação caminhe em sentido oposto às constantes inovações tecnológicas, traduzidas, por exemplo, por um alto número de peças fabricadas em material composto (fibras de vidro ou carbono), componentes eletrônicos e displays nas cabines de comando e equipamentos de diagnósticos e testes computadorizados [3]. É pertinente uma revisão cuidadosa da grade curricular nacional nesse sentido. Elas devem ser revisadas e, eventualmente, complementadas, podendo, por exemplo, ter a grade da EASA como ponto de partida, já que aborda as disciplinas com maior abrangência, especificidade e de forma mais atualizada. A lacuna desse assunto na aprendizagem, quando não preenchida pelas empresas de manutenção, pode contribuir para as causas de acidentes aéreos, já que tem sido menor o uso de tecnologias em controles de sistemas mecânicos em relação ao aumento na automatização e consequente complexidade dos sistemas, como se tornou consolidado em aeronaves Boeing 747-400 e A340, relativamente novas no mercado [49]. É igualmente importante a revisão dos conteúdos relativos aos materiais empregados nas aeronaves, dada a disseminação do uso de novos materiais, inclusive os novos compósitos, tanto em novas aeronaves como nas conversões de aeronaves de empresas aéreas, com fuselagens antigas necessitando de retrabalho com materiais mais atuais [3, 4, 15].

Presente nas escolas entrevistadas, tem havido uma tendência de melhora na formação dos alunos através da ampliação da grade curricular, possibilitando a formação de técnico de manutenção de aeronaves com registro no CREA (conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia), ao invés de somente a qualificação pela ANAC. Segundo os coordenadores dos cursos, esta expansão possibilita que as escolas possam incluir mais disciplinas de forma a enriquecer o

curso e aumentar o conhecimento dos alunos e amplia o leque de possibilidades de atuação, podendo os mecânicos atuar tanto na área de manutenção de aeronaves como na fabricação das mesmas.

Outro assunto essencial que merece atenção na formação do mecânico e que merece inclusão na grade curricular brasileira é a temática dos Fatores Humanos na Aviação, como já tratado na grade curricular europeia da EASA, sintetizado na Tabela 5.21, diferentemente do que hoje ocorre na regulamentação da FAA e da ANAC. De acordo com os entrevistados das empresas de manutenção nacionais, é importante a formação dos mecânicos de manutenção com uma ampla abordagem sobre segurança de voo e sobre os fatores humanos que contribuem para as causas de incidentes e acidentes aéreos. Por exemplo, em relação à segurança e aos incidentes e acidentes aéreos, as entrevistas indicaram que devem ser abordados os aspectos legais, os impactos sobre a sociedade, a percepção dos mecânicos sobre a importância e a complexidade dos produtos que manuseiam no dia-a-dia (as aeronaves), o comprometimento, a responsabilidade, a capacitação e outros fatores humanos que influenciam os resultados do trabalho. São assuntos que não podem ser abordados nas atuais 8 horas da grade curricular e mesmo que permeiem sobre outros tópicos do curso, podem ter melhor tratamento caso estejam explicitados na grade curricular da ANAC.

Tabela 5.21: Disciplinas de fatores humanos exigidos para a formação de mecânicos de manutenção aeronáutica estabelecidos pela EASA.

| Assuntos | Disciplinas de fatores humanos exigidos na grade curricular EASA |
|-----------------|---|
| 1 | Aspectos gerais |
| 2 | Desempenho e limitações humanas |
| 3 | Psicologia social |
| 4 | Fatores que afetam o desempenho humano |
| 5 | Meio ambiente físico |
| 6 | Atividades |
| 7 | Comunicação |
| 8 | Erro humano |
| 9 | Perigos e riscos no local de trabalho |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

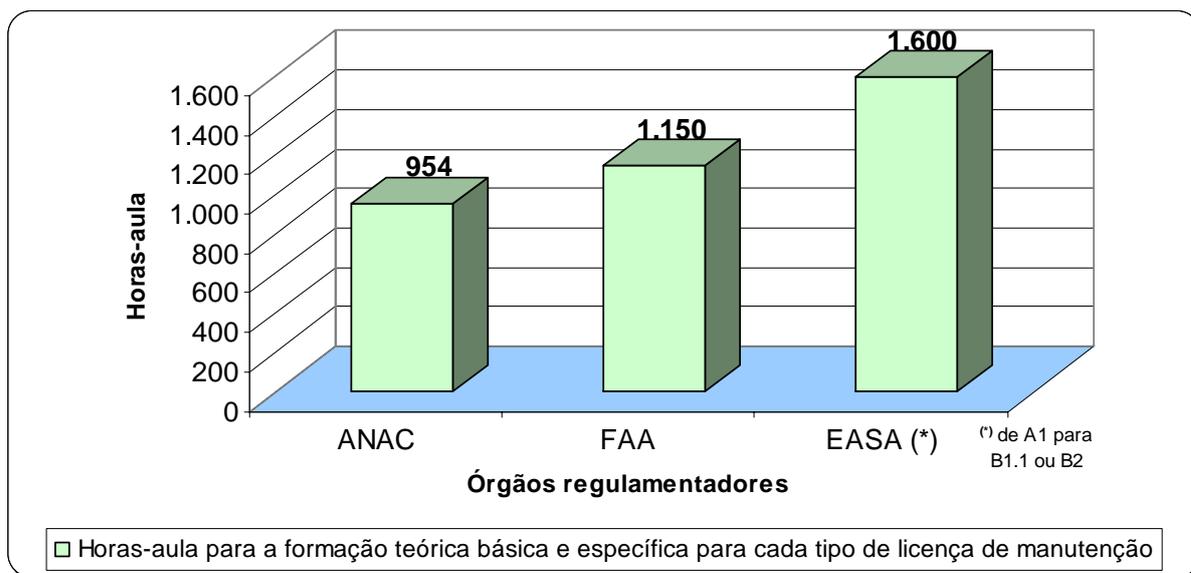
No caso específico brasileiro, é também pertinente uma maior valorização do aprendizado do idioma inglês na formação do mecânico de manutenção aeronáutica, por exemplo, tendo em vista que os manuais de manutenção e a maioria dos registros que devem ser lidos, escritos e interpretados pelos mecânicos estão em inglês. A carga horária estipulada pela ANAC, de 35 horas, para esse aprendizado mostra-se insuficiente para a eficácia da atuação profissional na realidade do dia-a-dia, conforme verificado nas entrevistas efetuadas.

A qualificação e atualização dos professores também é um fator essencial e deve ser aprimorada, inclusive para sustentar as atualizações de material didático e a relação de ensino-aprendizagem com os alunos. A exigência na regulamentação da EASA quanto à reciclagem e atualização tecnológica e didática dos professores a cada 2 anos é um exemplo importante desse tipo de preocupação, o que não é explicitado nas regulamentações da ANAC e da FAA. O que a FAA exige é que os instrutores possuam as licenças de manutenção para terem uma melhor visão e entendimento sobre os assuntos. Com relação a esse tema, a ANAC iniciou a revisão de seus regulamentos para inclusão de treinamentos iniciais e periódicos para os instrutores de acordo com as atribuições a desempenhar, além de uma metodologia de educação à distância (EAD) [44]. Espera-se, desta forma, que sejam abordados assuntos como pedagogia e andragogia [73] no preparo dos instrutores, considerando-se que a faixa etária da maioria dos alunos varia de 18 a 30 anos, de acordo com as entrevistas realizadas nas escolas. Esse tipo de formação pedagógica é pertinente também nas empresas, uma vez que elas participam da formação do aluno no estágio curricular e também por pelo menos 3 anos do aprendizado em atividades supervisionadas do profissional com CCT, na fase de experiência com vínculo, antes da obtenção do CHT. Os técnicos e gestores participantes desse processo de ensino-aprendizagem devem também aprimorar os conhecimentos e as técnicas necessárias para a efetividade do processo junto aos seus parceiros-alunos [72].

Outro ponto observado na grade curricular exigida pela ANAC é a carga horária disponibilizada em conceitos que os alunos já deveriam trazer do ensino médio e que poderia ser investida em mais horas para outras disciplinas que precisam ser melhor exploradas ou mais atualizadas. Ao se consultar os entrevistados a respeito, houve unanimidade que, mesmo nos casos em que há prova para obtenção da vaga pelos candidatos, é pertinente a abordagem de

conceitos fundamentais, devido ao baixo domínio dos conceitos básicos e das habilidades adquiridas no ensino médio pela maioria dos alunos interessados na carreira. Em muitos casos, os professores precisam despende mais tempo do que o programado para revisar os conceitos iniciais de matemática e física, por exemplo. O entendimento e interpretação de textos também são em geral muito deficientes, além de ocorrerem muitos erros de português nas respostas dos exercícios, o que agrava o aprendizado em todas as disciplinas, além da intensificação do problema quando se trata do uso do idioma inglês. Essa situação tem dificultado a possível aplicação de novas formas de ensino que enfatizam o treinamento baseado na competência e em modernas tecnologias de informação ao invés da atual ênfase dada ao conhecimento adquirido [69], em relação ao raciocínio e na aprendizagem nas atividades relativas à habilitação na licença desejada.

A revisão e planejamento de aprimoramentos nos regulamentos nacionais promovidos pela ANAC são oportunos para uma maior compatibilização dos conteúdos programáticos com relação às principais normas internacionais, além de ser possível o eventual aumento da carga horária, atualização, alteração e inserção de novos conteúdos [44]. Comparativamente, mostrado na Figura 5.4, por exemplo, a carga horária da ANAC para a formação teórica básica e específica de mecânico de manutenção aeronáutica para os grupos célula, motopropulsor ou aviônicos é de 954 horas-aula, ao contrário do estabelecido pela FAA para o grupo célula ou aviônico que estabelece 1.150 horas-aula e enquanto que a EASA exige pelo menos 1.600 horas desta formação, básica e específica, para um mecânico que já possua uma licença de manutenção tipo A1 (mais simples), se qualifique para a licença tipo B1.1 ou B2.



Fonte: Adaptado a partir de [75, 81, 88].

Figura 5.4: Horas-aula exigida pelos órgãos reguladores ANAC, FAA e EASA para a formação teórica básica e específica.

A colaboração entre clientes (empresas) e fornecedores (escolas) têm sido primordiais para o fortalecimento da formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica em grandes centros de treinamento em manutenção criados para essa finalidade, tais como o CAT-D [24], KTTI [25], o Egypt Air [26] e o Ameco Aviation College [28]. Esses centros estão voltados para a formação de novos mecânicos de manutenção e para a reciclagem dos que já atuam no mercado, proporcionando vantagens como: a) ampliação da grade curricular adequando-as às necessidades empresariais, b) divisão dos custos mediante a união de empresas, c) maior dedicação e remuneração de professores, d) melhor seleção dos alunos, dentre outras. Dentro da realidade brasileira da distância e distribuição geográfica de grandes centros de manutenção aeronáutica, apesar das dificuldades para articulação de colaborações, como verificado nas entrevistas realizadas, é possível que existam janelas de oportunidades para parcerias empresas-escolas na região compreendida pelas cidades de São Carlos, Araraquara e Ribeirão Preto, dada a crescente importância da manutenção aeronáutica para as empresas dessas regiões, com repercussão para o setor aeronáutico industrial e comercial de todo o país. Por exemplo, mostrado na Tabela 5.22, podem ser planejadas e realizadas iniciativas que venham a fortalecer os laboratórios para as disciplinas práticas a partir de mais doações de peças condenadas e ilustrativas, palestras dos

profissionais aos alunos, visitas técnicas mais frequentes, convênios de estágio e, possivelmente uma criação de um banco de currículos dos alunos para suportar tecnicamente a expansão das empresas, além de outras. Tais ações têm acontecido de maneira ainda incipiente e poderiam intensificar-se, dado o crescimento rápido da aviação no Brasil e a crescente necessidade de mais e melhores profissionais.

Tabela 5.22: Exemplos de iniciativas colaborativas entre empresas e escolas de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica.

| Item | Iniciativas colaborativas empresa-escolas | Formação atingida |
|------|--|---|
| 1 | Doações de peças condenadas ou ilustrativas para os laboratórios | Prática |
| 2 | Palestra de profissionais | Básica teórica |
| 3 | Visitas técnicas | Específica teórica |
| 4 | Convênios de estágio | Específica teórica |
| 5 | Novos métodos de ensino (ensino a distância, simulação 3-D, acesso remoto) | Básica teórica Específica teórica Prática |
| 6 | Banco de currículos | Geral |
| 7 | Bolsas de estudo | Geral |
| 8 | Incentivo para mulheres | Geral |

Fonte: Elaborado pelo autor.

As eventuais parcerias podem incluir também o uso de novos métodos de ensino, por exemplo, baseados nas tecnologias de informação e comunicação semelhantes aos empregados em escolas e parcerias internacionais, que visam a abordagem mais abrangente e atualizada de conceitos e práticas e aumento do nível de retenção de conhecimento, incluindo a simulação em 3-D e acesso remoto a sistemas via computador [69]. Em complemento, podem também promover a criação de programas de bolsas para incentivo a talentos e para mulheres, ainda pouco atuantes neste mercado e de inclusão social, em benefício do próprio setor [70].

Vale lembrar que o fortalecimento da formação de mecânicos de manutenção aeronáutica tem como principal cliente final a sociedade como um todo, que se beneficia tanto da geração de empregos e da evolução profissional, como da utilização do produto final – a aeronave – com a necessária segurança propiciada pela manutenção eficaz.

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, é possível extrair as seguintes conclusões sobre a formação do mecânico de manutenção aeronáutica e sua ênfase na segurança de voo:

Quanto à segurança de voo

- O número de incidentes e acidentes no Brasil tem aumentado nos últimos anos, junto com os fatores contribuintes associados aos aspectos humanos direta ou indiretamente relacionados à manutenção. Um fator que pode contribuir para a segurança em voo é o aprimoramento da formação dos mecânicos. Atualmente os aspectos humanos relacionados à segurança não têm sido abordados de maneira suficiente na grade curricular e na prática do ensino do mecânico de manutenção aeronáutica, que tem a segurança de voo como parte de suas atividades profissionais diárias, no cumprimento dos procedimentos, na comunicação, nos fatores psicológicos, tecnológicos, ambientais e demais fatores que influenciam o seu desempenho no trabalho.
- A grade curricular e os demais requisitos para a formação de mecânicos de manutenção aeronáutica não tem acompanhado a dinâmica das inovações tecnológicas das aeronaves novas e antigas convertidas, que tem incorporado principalmente novos sistemas eletrônicos de automação e controle, além de novos materiais, que influenciam significativamente na segurança de voo e requerem novos processos de manutenção. Novos materiais e sistemas eletrônicos, abordados de maneira incipiente durante a formação, estão presentes nas atividades profissionais do dia-a-dia junto às aeronaves mais novas, que são mais leves, de melhor aeronavegabilidade e melhor eficiência ecológica e nas aeronaves mais antigas, cuja conversão envolve a combinação de sistemas e estruturas antigas com as tecnologias mais atuais. Além da necessidade dos conhecimentos na formação inicial, é importante a atualização periódica dos mecânicos de manutenção aeronáutica sobre as tecnologias, tanto antigas com as atuais e também as futuras, com ênfase nas formas de se evitar erros que venham a afetar a segurança nas aeronaves.

Quanto a parcerias empresa-escola

- Existem iniciativas colaborativas entre as empresas e as escolas que se mostraram importantes para o enriquecimento da qualidade de ensino para a formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica no Brasil. Elas também sinalizam um grande potencial de aprimoramento da colaboração, inclusive como vem acontecendo ao redor do mundo.
- No exterior, a agressiva expansão atual e futura do mercado aeronáutico, aliada às frequentes mudanças tecnológicas e necessidades por atualizações dos profissionais tem motivado grupos de empresas a formarem mecânicos em centros de treinamento especializados, modelados para atenderem aos requisitos exigidos pelos órgãos regulamentadores e também às necessidades específicas das empresas. No Brasil, a grande distância entre boa parte dos centros de manutenção, parece inviabilizar a criação de amplas parcerias entre as maiores empresas existentes e destas com as escolas. Apesar disso, há ainda um potencial para fortalecimento da formação local de mecânicos de manutenção aeronáutica para o melhor atendimento às necessidades mais específicas das empresas, inclusive com benefícios para as empresas de aviação de menor porte instaladas em cada região.
- O pólo aeronáutico da região de São Carlos, Araraquara e Ribeirão Preto possui a vantagem adicional de reunir em uma região física relativamente pequena grandes empresas de serviços aeronáuticos de manutenção, por exemplo, a Embraer, a TAM e a Passaredo, o que possibilita a eventual criação de parcerias das empresas entre si e delas com as escolas de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica. Essas eventuais parcerias podem vir a fortalecer sistematicamente o processo de ensino-aprendizado. As empresas podem contribuir, por exemplo, para a construção da grade curricular mais atualizada, ampliação dos laboratórios das escolas, criação de centros de treinamento, convênios de estágio, visitas técnicas constantes, palestras com profissionais especializados, além de possibilitar maior ênfase na segurança de voo, tanto na melhoria curricular como na troca de experiências dos alunos com os profissionais sobre as boas práticas de segurança. O apoio das empresas poderia também envolver o uso de novos sistemas de ensino, por exemplo,

baseados em simuladores 3-D de aeronaves, além do ensino à distância e cursos complementares com uso de computadores.

Quanto aos regulamentos e a qualidade de ensino

- O ensino para a formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica no Brasil, apesar do cumprimento dos regulamentos e do esforço para uma boa qualidade, possui deficiências que podem ser minimizadas ou sanadas, conforme verificado mediante as entrevistas junto a dirigentes e profissionais de organizações envolvidas, sobretudo nos seguintes aspectos: a) existe desatualização dos conteúdos exigidos na grade curricular atual em relação à realidade da maioria das aeronaves em funcionamento; b) há falta de disciplinas que aumentem a agregação de valor ao dia-a-dia nas empresas, por exemplo, disciplinas que abordem tecnologias aplicadas em helicópteros, o que, em boa parte, é devido à necessidade de uma carga horária relativamente grande para disciplinas e conceitos bem básicos de matemática, física e desenho técnico, por exemplo; c) há desbalanceamento da carga horária disponibilizada para as disciplinas, verificado, por exemplo, pelo pouco número de horas de eletrônica e excessiva carga horária para a disciplina de desenho técnico e d) a parte prática da formação é insuficiente, não havendo horas suficientes para a aplicação dos conceitos adquiridos em sala de aula.
- A necessidade de se abordar conceitos bem básicos no curso de mecânico de manutenção aeronáutica, que deveriam ser aprendidos no ensino médio, dificulta o aproveitamento e o aprofundamento dos conhecimentos no curso. Embora difícil de se resolver na prática, requisitos de aviação para o ingresso dos alunos nos cursos e mesmo a melhoria do ensino médio no país podem contribuir para a melhoria da qualidade dos ingressantes.
- Há deficiências no currículo e na formação no idioma inglês, sendo este idioma fundamental para o uso dos manuais de manutenção para cumprimento das atribuições diárias do profissional.
- Há abordagem insuficiente das importantes inovações tecnológicas que ocorreram nas aeronaves ao longo das últimas décadas, principalmente em materiais e em sistemas eletrônicos de aviação, inovações essas

impulsionadas pela necessidade das empresas se manterem competitivas e atenderem à sociedade, ao governo e à eficiência operacional, com aeronaves mais leves e econômicas, com mais eletrônica embarcada para maior automatização, controle e confiabilidade, menor emissão de poluentes, etc. Há ausência ou pouca abordagem dos assuntos mais atualizados na área de eletrônica, por exemplo, sobre sistemas TCAS, EGPWS, FADEC, fly-by-wire, etc. Há também pouca abordagem sobre os novos materiais de aviação (compósitos, plásticos, titânio, smart materials, etc), cuja evolução tem sido constante, com efeitos importantes sobre os produtos, processos, técnicas e matérias primas envolvidos na manutenção.

- Não existem módulos direcionados para helicópteros nos regulamentos brasileiros da ANAC, ao contrário do que ocorre, por exemplo, nos regulamentos da EASA. O Brasil é um dos países com maior frota desse tipo de aeronave e deve ser feita uma análise mais aprofundada sobre a pertinência do detalhamento de suas especificidades no currículo e na formação dos mecânicos.
- Existem diferenças consideráveis entre os regulamentos de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica dos três órgãos regulamentadores internacionais analisados – ANAC, FAA e EASA – que envolvem principalmente: a carga horária, a adoção ou não de níveis de conhecimento esperados ao término das disciplinas (aplicados pela FAA e pela EASA, e não pela ANAC), além da abordagem incipiente da segurança de voo na grade curricular, tanto da ANAC como da FAA, enquanto que o regulamento europeu da EASA possui um módulo específico de fatores humanos relacionados à segurança na aviação, entre outras. As diferenças observadas são úteis para uma reflexão sobre o aprimoramento dos regulamentos brasileiros da ANAC e do IAC que tratam do assunto.
- Os instrutores, tanto aqueles das escolas como os das empresas envolvidas na formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica, também são fundamentais para a qualidade do profissional formado e esse assunto é insuficientemente abordado nos regulamentos nacionais da área. Recomenda-se, por exemplo, que os instrutores passem por uma

atualização periódica, a exemplo do que é aplicado pelo órgão regulamentador europeu, que exige atualização a cada dois anos. Na formação do instrutor, recomenda-se também o domínio de técnicas de ensino atualizadas em pedagogia, andragogia e nos materiais e sistemas tecnológicos que compõem as aeronaves, além dos conhecimentos específicos nos assuntos em que irá ministrar aulas ou supervisionar as atividades práticas dos alunos, como forma de aprofundar e enriquecer as discussões no processo de ensino-aprendizagem, tanto na obtenção do certificação CCT, como do CHT.

- Devido à demanda de mercado por técnicos atuantes na fabricação de aeronaves e mecânicos nos centros de manutenção, há uma tendência de adaptação das escolas para formarem mecânicos de manutenção aeronáutica com nível técnico, possibilitando registro CREA [91] e ampliando a atuação profissional. É uma medida que se mostra valorizada da atuação do profissional e deve ser estimulada.
- Diante das deficiências e oportunidades verificadas nos regulamentos e na qualidade do ensino do mecânico de manutenção aeronáutica, recomenda-se que os regulamentos brasileiros sejam revistos com base na consulta aos dirigentes e instrutores das escolas, dirigentes especialistas e instrutores das empresas, além de se levar em conta os regulamentos americanos da FAA e europeus da EASA, dentre outros eventuais. Apesar de iniciativas da ANAC que está em curso para a revisão do regulamento RBHA-141 que trata das escolas de aviação, recomenda-se que seja feita a revisão do regulamento RBHA-65 que trata da formação dos mecânicos de manutenção, além da consolidação de uma única grade curricular com respeito aos regulamentos do IAC ainda vigente, apesar da recente extinção daquele instituto, tendo em vista que as diferenças presenciadas entre os regulamentos podem dificultar a compreensão e execução da formação e aprimoramento dos mecânicos de manutenção aeronáutica.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos indicam os seguintes assuntos como os de maior relevância para a continuidade e complementação da presente pesquisa:

- Estudo do processo de ensino-aprendizagem no curso de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica com vistas ao seu fortalecimento, inclusive a seleção de alunos, as disciplinas e conceitos abordados e a abordar, as modernas técnicas de ensino, as práticas experimentais e a experiência em campo.
- Estudo da tipologia de incidentes e acidentes aeronáuticos e de suas origens, com a revisão e eventual proposta de aprimoramento da classificação empregada, dada a importância da contribuição dos registros de ocorrências na pesquisa sobre a segurança de voo e sobre a formação de profissionais – mecânicos, pilotos, operadores em terra – para atuarem na área.
- Estudo da viabilidade de unificação dos requisitos necessários para a formação de mecânico de manutenção aeronáutica dos principais órgãos regulamentadores ocidentais – ANAC, FAA e EASA, e de requisitos estabelecidos por diferentes órgãos brasileiros, tais como ANAC e IAC, sendo este extinto e atribuições de responsabilidade da SCD – Superintendência de Capacitação e Desenvolvimento de Pessoas.
- Estudo da disponibilização da estrutura de publicações da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC e seu uso pela sociedade, com vistas à facilitação do entendimento e da busca das informações desejadas.
- Pesquisa sobre a formação dos pilotos e dos operadores em terra relativa à segurança de voo.

REFERÊNCIAS

- [1] FREITAS, Jefferson Roberto de. **EMBRAER - da estratégia à execução com sustentabilidade**. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <www.ssj.com.br/embraer/formacaodelideres/2008/valida.asp>. Acesso em: 02 jul.2010.
- [2] NORMAS SIPAER. **MCA 3-6 – manual de investigação SIPAER**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/normas/MCA3-6.pdf>>. Acesso em: 01 jul.2010.
- [3] CIVIL AVIATION AUTHORITY. **Human factors in aircraft maintenance and inspection**. Norwich: TSO, 2002. Disponível em: <<http://www.caa.co.uk/docs/33/CAP718.pdf>>. Acesso em: 06 ago.2009.
- [4] AIRBUS. **Global market forecast 2009 – 2028**. Blagnac, 2009. Disponível em: <http://www.airbus.com/store/mm_repository/pdf/att00014408/media_object_file_gmf-2009-2028.pdf>. Acesso em: 11 jan.2010.
- [5] BOEING. **Boeing Reports strong 2009 revenue & cash flow on solid core performance**, Chicago, 2010. Disponível em: <http://www.boeing.com/news/releases/2010/q1/100127a_nr.pdf>. Acesso em: 02 jul.2010.
- [6] AIRBUS. **Airbus 2009 results**. Blagnac, 2010. Disponível em: <http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/reports_results_reviews/Airbus-2009resultstable1.pdf>. Acesso em: 02 jul.2010.
- [7] EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA. **Nossos resultados e demonstrações financeiras 2009**. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://ri.embraer.com.br/Embraer/ShowResultados.aspx?id_materia=LOLv3oyhPF67TZyIHNg/Og==&id_vinculo=LOLv3oyhPF67TZyIHNg/Og==&id_canal=yIPU+SWBRqiRmJwFawb/Dg==>. Acesso em: 02 jul.2010.
- [8] BOEING. **New releases/statements**. Chicago, 2010. Disponível em: <<http://boeing.mediaroom.com/index.php?s=43>>. Acesso em: 24 jan.2010.
- [9] AIRBUS. **Airbus results**. Blagnac, 2010. Disponível em: <http://www.airbus.com/store/mm_repository/pdf/att00013368/media_object_file_89-09-results.xls>. Acesso em: 24 jan.2010.

- [10] EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA. **Press room**. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://www.embraer.com.br/english/content/imprensa/default.asp>>. Acesso em: 24 jan.2010.
- [11] BRADLEY, Andy. The general business aviation crisis. **Avbuyer**, 2009. Disponível em: <<http://www.avbuyer.com/articles/detail.asp?id=1557>>. Acesso em: 24 jan.2010.
- [12] EMBRAER anuncia demissão de mais de 4.000 funcionários. **Folha Online**, 19 fev. 2009. Disponível em: <<http://tools.folha.com.br/print?site=emcimadahora&url=http%3A%2F%2Fwww1.folha.uol.com.br%2Ffolha%2Fdinheiro%2Fult91u506698.shtml>>. Acesso em: 20 dez.2009.
- [13] NEGISHI, Mayumi; KATSUMURA, Mariko. Japan Airlines abre concordata de US\$25 bilhões. **Yahoo Notícias**, 19 jan. 2010. Disponível em: <http://br.noticias.yahoo.com/s/reuters/100119/manchetes/manchetes_aereas_jal_concordata>. Acesso em: 25 jan. 2010.
- [14] EUA: aérea pede concordata e reduzirá frota de aviões. **Expresso MT**, 5 jan. 2010. Disponível em: <<http://www.expressomt.com.br/noticia.asp?cod=53231&codDep=6>>. Acesso em: 25 jan. 2010.
- [15] BOEING. **Current market outlook 2009 - 2028**. Chicago, 2009. Disponível em: <http://www.boeing.com/commercial/cmo/pdf/Boeing_Current_Market_Outlook_2009_to_2028.pdf>. Acesso em: 11 jan.2010.
- [16] CABRINI, Gisele. Não faltarão rivais para a Embraer e a Bombardier. **Portal Exame**, 19 jun. 2009. Disponível em: <<http://portalexame.abril.com.br/negocios/nao-faltarao-rivais-embraer-bombardier-478488.html>>. Acesso em: 01 abr.2010.
- [17] EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA. **Embraer market outlook 2009 – 2028**. São José dos Campos, 2009. Disponível em: <<http://www.embraercommercialjets.com/hotsites/market-outlook-2009/english/content/home/default.asp>>. Acesso em: 13 fev.2010.
- [18] BISIGNANI, Giovanni. **Remarks of Giovanni Bisignani at the British Chamber of Commerce in São Paulo, Brazil**, 20.ago.2009. Disponível em: <<http://www.iata.org/pressroom/speeches/2009-08-20-01.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2010.

[19] HEDDEN, C. R.. A&D Workforce in Depth. **Aviation Week and Space Technology**, v. 169, n. 7, p.72-82, 2009.

[20] MCMASTERS, J.H.; CUMMINGS, R.M. Some systemic issues in the development of the aerospace industry technical workforce of the future. In: AEROSPACE SCIENCES MEETING AND EXHIBIT, 42., 2004, Reno. **Proceedings...**Reno, 2004. p.11120-11133.

[21] HEAD, L.D. Meeting the needs in corporate aviation maintenance. In: 46th ANNULA CORPORATE AVIATION SAFETY SEMINAR, 46., 2001, Orlando. **Proceedings...**Orlando, 2001. p.217-221.

[22] NORTH, D.M. Aerospace workforce crisis: industry must work harder to find solution. **Aviation Week and Space Technology**, v. 159, n. 5, p. 54, 2003.

[23] SERGI, Nick. **The need for aircraft technicians/mechanics**, Atmoline Magazine, 05 fev.2009. Disponível em: <<http://www.amtonline.com/interactive/2009/02/05/the-need-for-aircraft-techniciansmechanics/>>. Acesso em: 11 jul.2010.

[24] GRAY, G.L.; KOLLER JR., A.M. Aerospace technician learning for the 21st century. In: SPACE CONGRESS , 38., 2001, Brevard. **Proceedings...**Brevard, 2001. p.150-157.

[25] SMITH, Dalle. Ready or not, 145 training is the law. **Aviation Maintenance**, 01 mar. 2005. Disponível em: <http://www.aviationtoday.com/am/categories/bga/Ready-or-Not-145-Training-is-the-Law_138.html>. Acesso em: 27 fev. 2010.

[26] BURCHELL, Bill. Egypt: Abdel Aziz Fadel. **Overhaul & Maintenance, Aviation Week**, Mar. 2010.

[27] AMECO BEIJING. **Company, home**. Disponível em: <<http://www.ameco.com.cn/index-e.htm>>. Acesso em: 11 jul.2010.

[28] **AMECO Aviation College Extension Building be put into operation**, AVbuyer, 28 jul. 2009. Disponível em: <<http://www.avbuyer.com.cn/e/2009/36865.html>>. Acesso em: 11 jul.2010.

- [29] AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Estatísticas de aeronaves: aeronaves registradas**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/estatistica/graficos/Aeronaves/totalAeronavesRegistradas.pdf>>. Acesso em: 20 fev.2010.
- [30] AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Estatísticas de aeronaves: total de helicópteros**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/estatistica/graficos/Aeronaves/totalHelicopteros_Graf.pdf>. Acesso em: 20 fev.2010.
- [31] ZANCHETTA, Diego. ANAC começa hoje a fechar helipontos irregulares; maioria está no Itaim. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 26 maio 2010. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20100526/not_imp556845,0.php>. Acesso em: 29 dez. 2010.
- [32] EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA. **Serviços ao cliente**. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://www.embraer.com.br/portugues/content/servicos_cliente/servicos_manutencao.asp>. Acesso em: 10 jun. 2010.
- [33] TAM LINHAS AÉREAS. **Centro Tecnológico da TAM em São Carlos realiza manutenção de aeronaves para o Grupo LAN**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://tam.riweb.com.br/Tam/Show.aspx?id_materia=13946>. Acesso em: 04 mai.2010.
- [34] PORTO, Gustavo. **Passaredo quer iniciar transporte de cargas em 2011**. O Estado de S. Paulo, 9.nov.2010. Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/not_42612.htm>. Acesso em: 05 jan.2011.
- [35] TAM AVIAÇÃO EXECUTIVA. **Nossos Diferenciais**. Jundiaí, 2010. Disponível em: <<http://www.tamjatos.com.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2010
- [36] GOL TRANSPORTES AÉREOS. **Histórico**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Gol_Transportes_A%C3%A9reos>. Acesso em: 10 jun. 2010.
- [37] TAP MAINTENANCE & ENGINEERING. **A empresa, perfil**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.tapme.com.br/index.asp?lnk=perfil>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

[38] LIDER AVIAÇÃO. **Manutenção**. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.lideraviacao.com.br/mapa.php>>. Acesso em: 10 jun.2010.

[39] MOREIRA, Beth. Pouca mão-de-obra especializada prejudica aéreas. **Portal Exame**, 10 abr. 2008. Disponível em: <<http://portalexame.abril.com.br/ae/economia/m0159183.html>>. Acesso em: 01 abr. 2010.

[40] **MINISTRO Fernando Haddad visita a UFSCar**. **UFSCAR Notícias**, São Carlos, 2006. Disponível em: <<http://www2.ufscar.br/servicos/noticias.php?idNot=1093>>. Acesso em: 02 fev.2010.

[41] IZIDORO, Alencar. América Latina soma mais acidentes aéreos que Europa. **Folha de São Paulo**, 07 jun. 2009. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff0706200913.htm>>. Acesso em: 01 jul. 2010.

[42] CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. **Totais da aviação civil brasileira**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/estatisticas/aviacao_civil.pdf>. Acesso em: 04 jul.2010.

[43] CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. **Panorama estatístico dos dados referente às investigações de acidentes na aviação civil no período de 2000 a 2009**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/normas/Panorama2000_2009.pdf>. Acesso em: 04 jul.2010.

[44] AGENCIA NACIONAL DE AVIACAO CIVIL. **Proposta do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil - RBAC nº 147** – “Centros de Instrução de Aviação Civil, para Formação e Qualificação de Mecânicos de Manutenção Aeronáutica”. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/transparencia/pdf/15/justificativa.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2010.

[45] TECHLOG. Is There a maintenance problem? **Aerospace Magazine**, jun., 1993.

[46] SEARS, R.L. **A new look at accident contributions and the implications of operational training programmes (unpublished report)**. Quoted in Graeber and Marx: Reducing Human Error in Aviation Maintenance Operations. Presented at the Flight Safety Foundation 46th Annual International Air Safety Seminar, Kuala Lumpur, Malaysia, 1993.

[47] CIVIL AVIATION AUTHORITY. **Global fatal accident review 1980-1996: cap.681**. United Kingdom, 1998. Disponível em: <<http://www.caa.co.uk/docs/33/CAP681.PDF>>. Acesso em: 12 jul.2010.

[48] STOLLER, Gary. Some systemic issues in the development of the aerospace industry technical workforce on the future. **USA Today**, 02 feb. 2010. Disponível em: <http://www.usatoday.com/travel/flights/2010-02-02-1Aairmaintenance02_CV_N.htm>. Acesso em: 13 abr.2010.

[49] HOLLNAGEL, E. **Human reliability analysis – context and control**. San Diego: Academic Press, 1993.

[50] NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **Aviation accident report, American Airlines DC-10, Chicago**: NTSB/AAR - 79/17. Washington, 1979.

[51] WIDEBODY Aircraft Parade. **McDonnell Douglas DC-10**. [S.L.], 1979. Disponível em: <<http://widebodyaircraft.nl/dc10-11.htm>>. Acesso em: 12 jul.2010.

[52] ACCIDENT Photo Gallery **American Airlines: DC-10, Flight 191**. [S.L.], 1979. Disponível em: <<http://www.airdisaster.com/photos/aa191/photo.shtml>>. Acesso em: 12 jul. 2010.

[53] AIRCRAFT ACCIDENT INVESTIGATION REPORT. **Accident Japan Airlines, Boeing 747 SR-100, at Gunma Prefecture**: Aircraft Accident Investigation Commission. Japan, 1987.

[54] MATT. **The world's worst single airline crash in history**. Eye on America Roadshow, [S.L.], 1985. Disponível em: <<http://eoars.avrnlive.com/welcome-to-eye-on-america-roadshow/?s=japan>>. Acesso em: 12 jul.2010.

[55] ACCIDENT Photo Gallery Japan Airlines: **B747 SR-100, Flight 123**. [S.L.], 1985. Disponível em: <<http://www.airdisaster.com/photos/jal123/photo.shtml>>. Acesso em: 12 jul.2010.

[56] UNITED KINGDOM CIVIL AVIATION AUTHORITY. **Maintenance error: Asia Pacific Air Safety Report.** United Kingdom, 1992.

[57] GRAEBER, R.C.; MARX, D.A.: Reducing Human Error in Aviation Maintenance Operations. In: ANNUAL INTERNATIONAL AIR SAFETY SEMINAR, 46. , 1993, Malaysia. **Proceedings...**Malaysia, 1993.

[58] NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **Aircraft accident report, Eastern Airlines Inc., L-1011, N334EA, Miami International Airport, Miami Florida:** NTSB/AAR-84/04. Miami, 1983.

[59] LUDWIG, Holger. **German lockheed L1011 information center.** [S.L.], 1983. Disponível em: <<http://www.eucomairlines.de/prodlist/msn141.html>>. Acesso em: 12 jul.2010.

[60] NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **Aircraft accident report, Continental Express, EMB120RT, N33701:** NTSB/AAR-92/04. Washington, 1992.

[61] WIKIPEDIA, The free encyclopedia. **Embraer EMB120 Brasilia,** Fort Lauderdale, 2010. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Embraer_EMB_120_Brasilia>. Acesso em: 12 jul.2010.

[62] AIR ACCIDENTS INVESTIGATION BRANCH. **Report on the Accident to BAC One Eleven, G-BJRT over Didcot Oxfordshire:** report 1/92. London, 1990.

[63] BRITISH Caledonian, a tribute. **The BAC 1-11 – part 1, G-BJRT,** 1990, [S.L.]. Disponível em: <http://www.british-caledonian.com/bac_111.html>. Acesso em: 12 jul.2010.

[64] CIVIL AVIATION AUTHORITY OF NEW ZEALAND. **Aircraft accident report, Robinson R22, ZK-HVN.** New Zealand, 2005. Disponível em <http://www.caa.govt.nz/Accidents_and_Incidents/Accident_Reports/ZK-HVN_Fatal_26Aug2005.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2010.

[65] NZHERALD. **Robinson R22, ZK-HVN,** 2005, New Zealand. Disponível em: <<http://media.nzherald.co.nz/webcontent/image/jpg/murch100.jpg>>. Acesso em: 12 jul.2010.

[66] NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **Aircraft accident report, United Airlines Flight 232, McDonnell Douglas DC-10-10**: NTSB/AAR-90/06. Washington, 1989.

[67] ACCIDENT Photo Gallery **Japan Airlines: DC10-10, Flight 232**. [S.L], 1989. Disponível em: < <http://www.airdisaster.com/photos/ua232/2.shtml>>. Acesso em: 12 jul.2010.

[68] MACIAN, Leda M. **Treinamento e desenvolvimento de recursos humanos**. São Paulo: EPU, 1987.

[69] CHANDLER, Jerome Greer. Beyond Basics. **Overhaul & Maintenance, Aviation Week**, Jul. / Aug. 2009.

[70] BARRIO ALONSO, Cipriano. La apropiación social de la ciência: nuevas formas. **Revista CTS**, v.4, n.10, p.213-225, ene. 2008. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/924/92441014.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2009.

[71] CHIAVENATO, Idalberto. **Recursos humanos**. São Paulo: Atlas, 1985.

[72] BONFIM, David F. **Pedagogia no treinamento**: correntes pedagógicas no ambiente de aprendizagem nas organizações. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

[73] CONNER, M. L. **Andragogy and Pedagogy**. Ageless Learner, 1997-2004. Disponível em: <<http://agelesslearner.com/intros/andragogy.html>>. Acesso em: 12 jul.2010.

[74] CUEVAS, Ana. Conocimiento científico, ciudadanía y democracia. **Revista CTS**, v.4, n.10, p.67-83, ene. 2008. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/924/92441006.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2009.

[75] AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento brasileiro de homologação aeronáutica**: RBHA-65 – despachante operacional de voo e mecânico de manutenção aeronáutica. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha065.pdf>>. Acesso em: 08 fev.2010.

[76] AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento brasileiro de homologação aeronáutica**: RBHA-141 – escolas de aviação civil. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha141.pdf>>. Acesso em: 08 fev.2010.

[77] AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento brasileiro de homologação aeronáutica**: RBHA-145 – empresas de manutenção de aeronaves. Brasília, 1990. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/rbha/rbha145.pdf>>. Acesso em: 08 fev.2010.

[78] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Part-65: certification – airmen other than flight crewmembers**. Subpart D: mechanics. Washington, 1962. Disponível em: <<http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&rgn=div5&view=text&node=14:2.0.1.1.4&idno=14#14:2.0.1.1.4.1.1.1>>. Acesso em: 08 fev.2010.

[79] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Part-147: aviation maintenance technician school**. Washington, 1962. Disponível em: <<http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=0dcaa7c383152eff424549e863c5b973&rgn=div5&view=text&node=14:3.0.1.2.17&idno=14>>. Acesso em: 08 fev.2010.

[80] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Part-145: repair stations**. Washington, 2001. Disponível em: <<http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=377018199f73c62819f1c68858c1f599&rgn=div5&view=text&node=14:3.0.1.2.16&idno=14>>. Acesso em: 08 fev.2010.

[81] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. EASA Part-66 – Certifying staff. **Official Journal of European Union**. L315/74, Cologne, 2003. Disponível em: <http://www.easa.eu.int/ws_prod/g/doc/Regulation/reg_2042_2003_Part66.pdf>. Acesso em: 08 fev.2010.

[82] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. EASA Part-147 – Training organization requirements. **Official Journal of European Union**. L315/152, Cologne, 2003. Disponível em: <http://www.easa.europa.eu/ws_prod/g/doc/Regulation/reg_2042_2003_Part147.pdf>. Acesso em: 08 fev.2010.

[83] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. EASA Part-145 – Maintenance organization approval. **Official Journal of European Union**. L315/49, Cologne, 2003. Disponível em: <http://www.easa.europa.eu/ws_prod/g/doc/Regulation/reg_2042_2003_Part145.pdf>. Acesso em: 08 fev.2010.

[84] BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. **MCA 58-13**: manual do curso – mecânico de manutenção aeronáutica – célula. Brasília: DAC, 2004. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/arquivos/zip/mma58-13.zip>>. Acesso em: 01 out. 2010.

[85] BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. **MCA 58-14**: manual do curso – mecânico de manutenção aeronáutica – grupo motopropulsor. Brasília: DAC, 2004. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/arquivos/zip/mma58-14.zip>>. Acesso em: 01 out. 2010.

[86] BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. **MCA 58-15**: manual do curso – mecânico de manutenção aeronáutica – aviônicos. Brasília: DAC, 2004. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/arquivos/zip/mma58-15.zip>>. Acesso em: 01 out. 2010.

[87] BRASIL. Ministério da Defesa. Agência Nacional de Aviação Civil. **Superintendência de Capacitação e Desenvolvimento de Pessoas – SCD**. [Brasília], [200-]. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/sepc/sep.asp>>. Acesso em: 05 jan.2011.

[88] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. **ED Decision 2003/19/RM**: Acceptable means of compliance to part – 147 – annex IV. Koeln, 2003. Disponível em: <http://easa.europa.eu/ws_prod/g/doc/Agency_Mesures/Certification_Spec/decision_ED_2003_19_RMf58c.pdf#page=257>. Acesso em: 01 out. 2010.

[89] BRASIL. Ministério da Defesa. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Quais os cursos que o CENIPA oferece?** [Brasília], 2010. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa//index.php/artigos-cenipa/110-quais-cursos-o-cenipa-oferece>>. Acesso em: 05 jan.2011.

[90] BRASIL. Ministério da Defesa. Agência Nacional de Aviação Civil. **SCD divulga catálogo de eventos de capacitação 2011**. [Brasília], 2011. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/imprensa/sepDivulgaCatalogoEventosDeCapacitacao.asp>>. Acesso em: 05 jan.2011.

[91] CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. **Resolução n.262 de 28 de julho de 1979**. Dispõe sobre as atribuições dos técnicos de 2º grau, nas áreas da Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Disponível em: <<http://normativos.confed.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=310&idTipoEmenta=5&Numero=>>>. Acesso em: 20 fev.2011.

ANEXOS

ANEXO A – Questionário direcionado para as escolas de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica

1) Na sua opinião, qual a situação do ensino para formação dos mecânicos de manutenção aeronáutica? Qual a avaliação que pode ser feita sobre a qualidade dos formandos em sua escola e/ou no estado e/ou no Brasil? Na sua opinião, a segurança de voo está suficientemente enfatizada nessa formação?

2) A escola de formação de mecânicos procura formar qual perfil de aluno? Qual a % que consegue emprego logo após a conclusão do curso? Há carência desta mão de obra especializada no mercado?

3) Há um “vestibular” para selecionar os alunos para o curso de formação de mecânicos? Em uma primeira análise sobre as disciplinas iniciais do curso, me pareceu que parte delas poderia ser extinta para liberar carga horária que pudesse ser utilizada em conteúdos sobre os sistemas tecnológicos atuais e seus impactos, inclusive reforçando aspectos da segurança de voo dentro de cada disciplina. Você concorda com isso? Se sim, o que, na sua opinião, poderia ser retirado? O que poderia ser acrescentado?

4) Tenho informação que várias escolas têm estendido sua grade curricular para que os alunos se formem técnicos de manutenção com CREA. É uma tendência? Por que? É uma demanda dos alunos, é devido a deficiências da grade curricular exigida pelo órgão homologador ou por algum outro motivo? Essa ampliação do currículo ocorre na sua escola? Neste caso, por que? No caso de vocês, inclui uma melhor abordagem sobre a segurança de voo?

5) Na sua opinião, a qualidade da grade curricular e os materiais disponibilizados pelo órgão regulamentador são adequados? O que poderia ser melhorado? Sob o ponto de vista prático, ela é satisfatoriamente aplicável no dia a dia do profissional? Em que poderia ser melhorado nesse aspecto? Os conteúdos relativos à segurança de voo estão suficientes? Em relação ao preparo para a incorporação da segurança de voo na prática do dia a dia do profissional? (lembrar que segundo dados do CENIPA, os números de acidentes estão aumentando nos últimos anos)

6) Sua escola prepara alunos para atender aos órgãos homologadores que não a ANAC, por exemplo FAA e/ou EASA? Em termos comparativos, qual deles ou quais deles serve melhor como referência para a formação do aluno, levando em conta a evolução tecnológica das aeronaves e a permanente necessidade de novos cuidados com a segurança de voo? Exemplos?

7) Há cooperação entre empresas-escolas para enriquecer o curso de formação de mecânicos? Se sim, pode dar exemplos? Ela é suficiente? O que poderia ser melhorado? Uma melhor articulação entre elas poderia contribuir para a melhor formação dos alunos?

ANEXO B – Questionário direcionado para as empresas de manutenção aeronáutica

1) Na sua opinião, quais as principais características do mecânico de manutenção aeronáutica que a empresa procura? E no recém formado?

2) Na sua opinião, existem deficiências na formação desse recém formado para ele exercer a profissão que podem ser ressaltadas? Existem aspectos muito bons nessa formação que também podem ser ressaltados? A segurança de voo está suficientemente enfatizada nessa formação?

3) Sua empresa possui mecânicos de manutenção aeronáutica sem carteira de manutenção aeronáutica? Qual a porcentagem aproximada em relação ao total de mecânicos de manutenção? Há a necessidade ou exigência de que todos venham a ter a carteira?

4) Qual a sua opinião sobre a qualidade da grade curricular e materiais disponibilizados pelo órgão homologador brasileiro para a formação dos mecânicos? Que deficiências podem ser ressaltadas? Que aspectos positivos podem ser ressaltados? Do ponto de vista prático, a grade curricular e os materiais atendem às necessidades do dia-a-dia do profissional? No que poderia ser melhorado? Os assuntos de segurança de voo previstos estão adequadamente explicitados? São suficientes? (lembrar que segundo dados do CENIPA, os números de acidentes estão aumentando nos últimos anos)

5) Sua empresa contrata alunos que atendem aos requisitos de formação dos órgãos homologadores que não a ANAC, por exemplo, FAA e/ou EASA? Em termos comparativos, qual deles ou quais deles serve melhor como referência para a formação do aluno, levando em conta a evolução tecnológica das aeronaves e a permanente necessidade de novos cuidados com a segurança de voo? Exemplos?

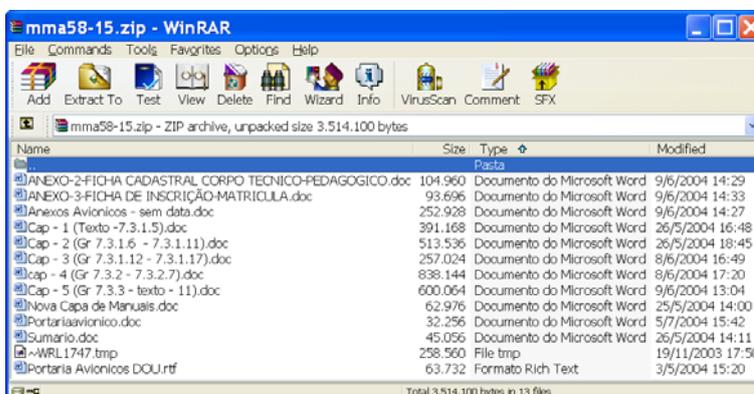
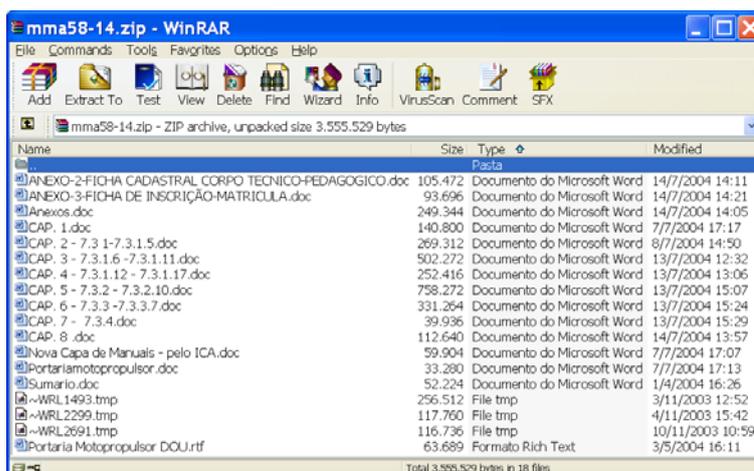
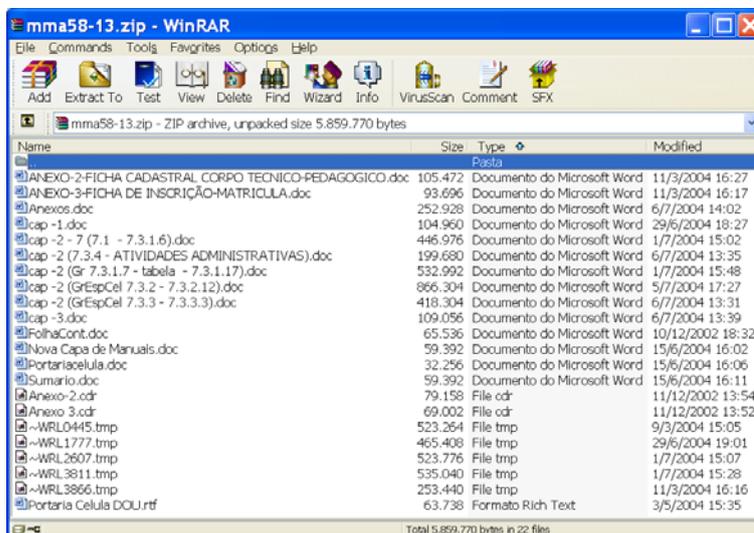
6) Os assuntos abordados sobre segurança de voo pelas escolas são suficientes para as empresas de manutenção? Tenho informação que, pelo menos, um curso é exigido pelos órgãos regulamentadores – “fuel tank safety” – que é ministrado pelas

empresas e não pelas escolas? Por que essa situação? Há outros cursos relevantes na mesma condição?

7) Há alguma colaboração entre sua empresa e escolas para enriquecer o curso de formação de mecânicos? Pode exemplificar?

8) Sua empresa precisa fazer treinamentos complementares expressivos para preparar os mecânicos de manutenção aeronáutica para o exercício profissional efetivo? Tenho informações que em outros países as empresas fazem parcerias entre si e com escolas para desenvolver esses treinamentos complementares. Você acredita que seria possível desenvolver parceria entre empresas com participação de escolas para essa finalidade aqui no Brasil?

ANEXO C – ANAC – Arquivos dos manuais de curso de mecânica de manutenção aeronáutica



ANEXO D – EASA – Combinação entre os módulos de conhecimento, número e duração das questões para realização das provas teóricas

Tabela D.1: Combinação entre os módulos de conhecimento, número de questões e tempos para realização dos testes – EASA.

| Categorias da licença → | Licença A | | Licença B1 | | Licença B2 | |
|--|--|-----|------------|-----|------------|-----|
| | Q | T | Q | T | Q | T |
| Módulos | Nº questões, Q e Tempo, T (min) | | | | | |
| | Q | T | Q | T | Q | T |
| 1. Matemática | 16 | 20 | 30 | 40 | 30 | 40 |
| 2. Física | 30 | 40 | 50 | 65 | 50 | 65 |
| 3. Fundamentos de Elétrica | | 25 | 50 | 65 | 50 | 65 |
| 4. Fundamentos de Eletrônica | | | 20 | 25 | 40 | 50 |
| 5. Téc. Digitais / Instrum. Eletrônicos | 16 | 20 | (*) | (*) | 70 | 75 |
| 6. Materiais e Hardware | 50 | 65 | 70 | 90 | 60 | 75 |
| 7. Práticas de Manutenção (**) | 70 | 90 | 80 | 100 | 60 | 75 |
| 8. Aerodinâmica Básica | 20 | 25 | 20 | 25 | 20 | 25 |
| 9. Fatores Humanos (***) | 20 | 25 | 20 | 25 | 20 | 25 |
| 10. Legislação da Aviação (***) | 30 | 40 | 40 | 50 | 40 | 50 |
| 11a. Sistemas, Estruturas e Aerodinâmica - aeronaves com turbina | 100 | 125 | 130 | 165 | | |
| 11b. Sistemas, Estruturas e Aerodinâmica - aeronaves com pistão | 70 | 90 | 100 | 125 | | |
| 12. Sistemas, Estruturas e Aerodinâmica de Helicópteros | 90 | 115 | 115 | 145 | | |
| 13. Sistemas, Estruturas e Aerodinâmica de aeronaves | | | | | 130 | 165 |
| 14. Propulsão | | | | | 25 | 30 |

(*) para subcategorias B1.1 e B1.3, 40 questões, com tempo de 50 minutos e para categorias B1.2 e B1.4, 20 questões, com tempo de 25 minutos.

(**) 2 questões dissertativas e tempo de 40 minutos para cada categoria.

(***) 1 questão dissertativa e tempo de 20 minutos para cada categoria.

Fonte: Adaptado a partir de [81].

Tabela D.1: Combinação entre os módulos de conhecimento, número de questões e tempos para realização dos testes – EASA (continuação).

| Categorias da licença → | Licença A | | Licença B1 | | Licença B2 | |
|------------------------------|--|----|------------|-----|------------|---|
| | Q | T | Q | T | Q | T |
| Módulos | Nº questões, Q e Tempo, T (min) | | | | | |
| 15. Motores de Turbina a Gás | 60 | 75 | 90 | 115 | | |
| 16. Motores a Pistão | | 65 | | 90 | | |
| 17. Hélices | | 25 | 30 | 40 | | |

Fonte: Adaptado a partir de [81].

ANEXO E – ANAC – Exemplo do detalhamento da grade curricular exigida pelos manuais de curso de mecânico de manutenção aeronáutica

A seguir é exemplificado o detalhamento da grade curricular de parte da disciplina de Teoria e Construção de Motores de Aeronaves para a licença de manutenção do grupo motopropulsor.

DISCIPLINA: TEORIA E CONSTRUÇÃO DE MOTORES DE AERONAVES

Área curricular: **Técnica**

Carga horária: **70 h-a**

Objetivos específicos da disciplina

Ao final da disciplina, o aluno deverá ser capaz de:

- Identificar os principais fatores e as exigências a serem considerados na construção de motores de aeronaves;
- Identificar a função de cada componente dos motores convencionais e dos motores a reação;
- Distinguir os processos utilizados na execução de cálculos para a determinação da potência, do rendimento e do empuxo dos vários tipos de motor de aeronave.

Ementa

Teoria do motor; tipos de motores alternativos; seções do cárter; eixos de manivelas; bielas; pistões; cilindros; ordem de fogo; válvulas; mancais; engrenagens de redução da hélice; eixos de hélice; motores alternativos – princípio de funcionamento; potência e eficiência dos motores alternativos; rendimento dos motores; motor a turbina; outros tipos de motores a reação; princípios de operação do motor a turbina.

| ÁREA CURRICULAR: TÉCNICA | | | | |
|--|-----------------|---|---|------------------------------|
| DISCIPLINA: TEORIA E CONSTRUÇÃO DE MOTORES DE AERONAVES | | | | |
| UNIDADE 1: TEORIA DE FUNCIONAMENTO DOS MOTORES | | | | CARGA HORÁRIA: 20 h-a |
| Nº | SUBUNIDADES | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | CONTEÚDO PROGRAMÁTICO | C.H. PARCIAL |
| 1 | Teoria do motor | 1.1 Descrever as características de construção dos motores de aeronaves. 1.2 Citar as exigências gerais a serem cumpridas na construção de motores de aeronaves. | 1.1. Comparação dos motores de aeronaves 1.2. Exigências gerais 1.3. Potência e peso 1.4. Economia de combustível 1.5. Durabilidade e confiabilidade 1.6. Flexibilidade de operação 1.7. Compactação 1.8. Seleção do motor | |