

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AEROESPACIAL

Fernanda Signor

**ESTUDO E ANÁLISE DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE
AERONAVE LEVE ESPORTIVA**

Santa Maria, RS
2019

Fernanda Signor

**ESTUDO E ANÁLISE DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE AERONAVE LEVE
ESPORTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Aeroespacial da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Aeroespacial**.

Orientador: Prof. Roberto Begnis Hausen

Coorientador: Prof. Eduardo Escobar Bürger

Santa Maria, RS
2019

Fernanda Signor

**ESTUDO E ANÁLISE DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE AERONAVE LEVE
ESPORTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Aeroespacial da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Aeroespacial**.

Aprovado em 12 de julho de 2019:

Roberto Begnis Hausen, Me. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Eduardo Escobar Bürger, Dr. (UFSM)
(Coorientador)

Giuliano Demarco, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

DEDICATÓRIA

Aos meus pais!

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pelo suporte, pelo carinho, pelo amor incondicional, pelo incentivo ao estudo e pelas palavras diárias durante esses anos.

Agradeço ao meu irmão, por todo apoio durante toda minha vida, por todos os conselhos que me deu e por sempre estar do meu lado.

Agradeço ao meu namorado, pela paciência, pelo suporte e por me ajudar todos os dias.

Agradeço a todos da família e aos amigos que de alguma forma me auxiliaram nessa caminhada.

Agradeço aos professores que tive ao longo da minha vida, sem eles não teria sido possível essa etapa da minha vida.

Agradeço aos professores que a UFSM me proporcionou e, também aos técnicos administrativos e funcionários que tive oportunidade de conhecer e conviver.

Agradeço aos meus amigos de longa data por se manterem ao meu lado durante todos esses anos, torcendo por mim e vibrando junto comigo a cada conquista.

Agradeço também aos meus "novos" amigos que caminharam ao meu lado na graduação, vocês se tornaram uma família para mim.

RESUMO

ESTUDO E ANÁLISE DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE AERONAVE LEVE ESPORTIVA

AUTORA: Fernanda Signor

ORIENTADOR: Roberto Begnis Hausen

COORIENTADOR: Eduardo Escobar Bürger

A Agência Nacional de Aviação Civil tem como uma de suas funções a certificação de aeronaves, sendo esta uma atividade necessária e fundamental para a segurança operacional. Em vista disso, este trabalho tem como objetivo o estudo e análise do processo de certificação de aeronaves leves esportivas segundo as normas vigentes no Brasil disponíveis online. Esse estudo é independente, escrito pela autora e orientado pelos professores dessa instituição, portanto, o trabalho não tem qualquer contribuição de organizações externas à UFSM. O estudo é realizado através de análise das normas nacionais e internacionais, além de entrevistas com fabricantes deste setor. Através da análise foi possível elaborar sínteses do processo e subprocessos envolvidos. Com os resultados obtidos, espera-se que as empresas possam implementar os modelos apresentados e simplificar a certificação de aeronaves da categoria leve esportiva.

Palavras-chave: Certificação de aeronaves. ALE. Normas aeronáuticas.

ABSTRACT

STUDY AND ANALYSIS OF CERTIFICATION PROCESSES OF LIGHT SPORT AIRCRAFTS

AUTHOR: Fernanda Signor
ADVISOR: Roberto Begnis Hausen
CO-ADVISOR: Eduardo Escobar Bürger

The Brazilian National Agency of Civil Aviation has as one of its functions the aircraft certification activity, which is necessary and fundamental for operational safety. Thus, this work has, as the objective, the study and analysis of certification processes of light sport aircrafts according to current Brazilian regulations available online. This is an independent study, written by the author and advised by professors of this institution, therefore the work has no contribution from external organizations to UFSM. This study is performed through both national and international regulations analysis, beyond interviews conducted with manufacturers from this segment. Based on the analysis performed, it was possible to elaborate synthesis of both the processes and sub processes involved. With the obtained results, companies are expected to be able to implement the models presented along this work to simplify the certification processes of light sport aircrafts.

Keywords: Aircraft certification. LSA. Aeronautics standards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Aeronave Demoiselle	12
Figura 2.1 – Certificações de aeronaves no Brasil: adequação de aeronaves experimentais para ALE	15
Figura 4.1 – EMB-170 e seus principais componentes	18
Figura 4.2 – Subdivisão em Segmentos	19
Figura 4.3 – Classificação das aeronaves	20
Figura 4.4 – Categorias de aeronaves civis	20
Figura 4.5 – Aeronave Leve Esportiva Evector	21
Figura 4.6 – Algumas características de aeronave LSA	23
Figura 4.7 – Grupo moto-propulsor	24
Figura 4.8 – Configuração de trem de pouso tipo convencional.	24
Figura 4.9 – Configuração de trem de pouso tipo triciclo.	25
Figura 4.10 – Configuração de trem de pouso tipo biciclo.	25
Figura 4.11 – Ciclo de vida do projeto	29
Figura 4.12 – Escopo do trabalho: certificações S-LSA.....	30
Figura 5.1 – Normas influenciando os segmentos	31
Figura 5.2 – Processo Geral de Certificação de ALE conforme as normas vigentes ..	33
Figura 5.3 – Anexo: ensaio de voo	35
Figura 5.4 – Anexo: teste estrutural	35
Figura 5.5 – Anexo: procedimento de aeronavegabilidade continuada e <i>safety assessment</i>	36
Figura 5.6 – Anexo: manual de garantia e qualidade	36
Figura 5.7 – Anexo: reserva online de marca	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Requisitos para a aeronave ser considerada ALE	22
Tabela 4.2 – Normas para certificação de aeronave leve esportiva	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>AEV</i>	Autorização Especial de Voo
<i>ALE</i>	Aeronave Leve Esportiva
<i>ANAC</i>	Agência Nacional de Aviação Civil
<i>ASTM</i>	<i>American Society for Testing and Materials</i>
<i>BPMN</i>	<i>Business Process Model and Notation</i>
<i>CAS</i>	<i>Calibrated Airspeed</i>
<i>CG</i>	Centro de Gravidade
<i>CV</i>	Cavalo-Vapor
<i>DAC</i>	Departamento de Aviação Civil
<i>E-LSA</i>	<i>Experimental Light Sport Aircraft</i>
<i>FAA</i>	<i>Federal Aviation Administration</i>
<i>FAR</i>	<i>Federal Aviation Regulations</i>
<i>GMP</i>	Grupo Motopropulsor
<i>ICAO</i>	<i>International Civil Aviation Organization</i>
<i>LSA</i>	<i>Light Sport Aircraft</i>
<i>OACI</i>	Organização de Aviação Civil Internacional
<i>PMD</i>	Peso Máximo de Decolagem
<i>SARPs</i>	<i>Standard and Recommended Practices</i>
<i>S-LSA</i>	<i>Special Light Sport Aircraft</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

V_H	Velocidade Máxima em Voo Nivelado com Potência Máxima Contínua
V_{stall}	Velocidade de <i>Stall</i>
V_{s1}	Dispositivos de Hipersustentação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2	JUSTIFICATIVA	15
3	METODOLOGIA	17
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
4.1	COMPONENTES DE UMA AERONAVE	18
4.2	CATEGORIAS DE AERONAVES	19
4.3	AERONAVE LEVE ESPORTIVA	21
4.4	ÓRGÃOS NORMALIZADORES	26
4.4.1	Administração de Aviação Federal	26
4.4.2	Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC	27
4.4.3	Sociedade Americana de Testes e Materiais	27
4.5	CERTIFICAÇÃO DE AERONAVES	28
5	DESENVOLVIMENTO	31
5.1	NORMATIZAÇÃO NOS SEGMENTOS DE UMA AERONAVE	31
5.2	ANÁLISE DE FORMULÁRIOS PARA CERTIFICAÇÃO	31
5.3	DISCUSSÃO	37
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6.0.1	Limitações	38
6.0.2	Trabalhos Futuros	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
	ANEXO A – FORMULÁRIOS	43

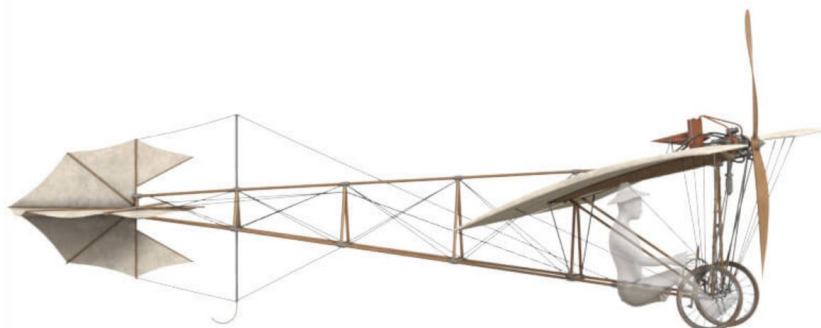
1 INTRODUÇÃO

Em 1906 o pioneiro da aviação, Santos Dumont, teve êxito com seu projeto 14-Bis, voando por cerca de 60 metros em 7 segundos, a uma altura de dois metros, com uma aeronave mais pesada que o ar. Dumont continuou projetando novas aeronaves, pois, segundo Barros (2003), o inventor sabia que o 14 bis não era um avião prático, portanto ele construiu e testou em menos de um ano cinco novos projetos, sendo que em 1907 testou a aeronave número 19, nomeada Demoiselle.

O Demoiselle, diferentemente do 14 bis, era uma aeronave capaz de fazer curvas de forma controlada, era um avião pequeno e construído com materiais leves e baratos, sua fuselagem, por exemplo, era de bambu. Sob sua coordenação alguns engenheiros da *Automobiles Darracq France* construíram um motor de dois cilindros opostos para o Demoiselle, tal projeto foi o primeiro monoplano bem sucedido da história de acordo com Barros (2010), mas haviam problemas estruturais para serem corrigidos.

Em 1909 o novo Demoiselle era um modelo bastante modificado, considerado o primeiro avião ultraleve da história, com cerca de 115 kg, envergadura de 5,5 m e comprimento de 5,55 m, acionado por um motor de 24 CV, atingindo a velocidade máxima de 96 km/h. De acordo com Santos-Dumont et al. (1930) a fuselagem consistia em três barras de bambu reforçadas, o piloto ficava entre as rodas principais de um trem de pouso do tipo triciclo, a aeronave era controlada em voo por deformação das asas e por uma cauda, executando tanto as funções de profundor quanto de leme. Conforme reportagem de Garbin, Luciana (2015) a asa possuía 10 m² de área, a cauda cerca de 1,98 m de comprimento e a estrutura de bambu era de aproximadamente 5 cm de diâmetro. Na Figura 1.1 a aeronave Demoiselle é mostrada.

Figura 1.1 – Aeronave Demoiselle



Fonte: (Garbin, Luciana, 2015).

A preocupação de Dumont não era patentear seu invento, pois queria que as pessoas pudessem construir o seu próprio avião, isso fez com que este projeto fosse o primeiro

a ser produzido em escala, as empresas construíram e comercializaram o projeto número 19, Dumont havia provado que sua aeronave poderia ser utilizada com segurança, praticidade, facilidade de fabricação e os voos despertaram o interesse de todos (BARROS, 2003).

A aviação ultraleve no Brasil teve início cerca de 80 anos depois, e já nos anos 2000 as empresas nacionais apostaram em aeronaves experimentais mais pesadas e com melhor desempenho de velocidade, a adesão por essas aeronaves não foi como o esperado. Os fatores que não agradaram os brasileiros foram o preço de aquisição, operação e manutenção desse novo grupo de aeronaves, com o impacto negativo nas vendas, as aeronaves experimentais leves ganharam maior preferência de fabricação na indústria, mas não havia nenhuma norma regulamentadora para a certificação (AERO MAGAZINE, 2014a; AERO MAGAZINE, 2014b).

Com a evolução das aeronaves leves, desde a aeronave Demoiselle, tornou-se importante a certificação das aeronaves ao final do projeto por uma questão de desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil (ANAC, 2016b).

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal do presente projeto é identificar o processo de certificação de aeronaves leves esportivas conforme as normas vigentes no Brasil, com intuito de facilitar o trabalho das empresas fabricantes destas aeronaves.

Dentre os objetivos específicos, é necessário:

- Revisar a bibliografia sobre aspectos aeronáuticos;
- Estudar os formulários de certificação;
- Conhecer as normas envolvidas para a certificação de LSA;
- Conhecer o ciclo de vida do projeto de uma aeronave;
- Identificar o processo de certificação.

O propósito deste trabalho pode ser descrito como identificação do processo de certificação de uma aeronave leve esportiva. Assim, esse projeto visa identificar o que precisa ser entregue ao órgão regulador pelo fabricante e o que o fabricante irá receber de documentação da reguladora em cada etapa do processo. Dessa forma, o projeto apresentado poderá dar a possibilidade de implementação de melhorias para as empresas do setor.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A autora salienta que há poucas referências no assunto, visto que este é pouco explorado na academia. A pesquisa bibliográfica nas bases de dados da UFSM indicou a escassez de documentos nesta área de conhecimento. Acredita-se que os motivos dessa carência são as frequentes atualizações no processo de certificação e normas. Outro motivo é que os detentores desse assunto o utilizam de forma rentável, não havendo o interesse em compartilhar o conhecimento.

Conforme Anderson (2013), os regulamentos de certificação de aeronaves devem garantir a aeronavegabilidade das aeronaves, tendo em vista que o fabricante das aeronaves e, também, seus componentes, estejam de acordo com os requisitos de manutenção e limitações operacionais. De forma semelhante, FORTES e NUNES (2014) descrevem que a certificação significa a confirmação através da autoridade competente, de que o produto aeronáutico está em conformidade com os requisitos estabelecidos. O mesmo autor apresenta um modelo de processo de certificação, durante as fases do ciclo de vida do produto aeroespacial.

A ANAC (2019) descreve o certificado de tipo como um processo pelo qual é avaliado os dados de um projeto aeronáutico conforme as normas de aeronavegabilidade e ambientais estabelecidas. As certificações ocorrem para diferentes tipos de aeronaves, em 2011, com os estudos da regulamentação, a ANAC regularizou as aeronaves leves esportivas no Brasil. Nos Estados Unidos o mesmo tipo de aeronave é chamado de *Light Sport Aircraft* (LSA) (ANAC, 2016c). Portanto, as normas aplicadas pela FAR Parte 23 que regulam as LSAs, são as mesmas empregadas no Brasil para a certificação de aeronaves leves esportivas.

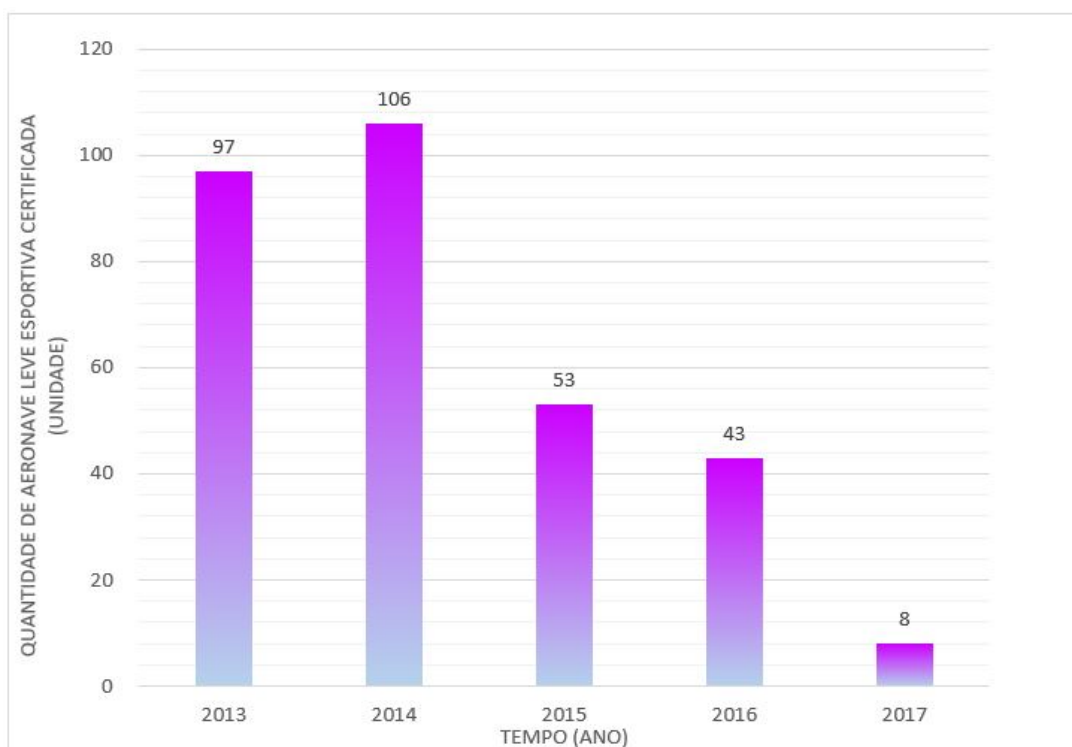
O trabalho de Anderson (2013) aborda o desenvolvimento de Normas-Padrão do setor para a conformidade do processo de certificação para os regulamentos da FAR Parte 23. O estudo aborda ainda o novo capítulo de certificação de aeronaves de aviação geral pela ASTM. No presente, as normas ASTM estão em conformidade com as normas da FAA para certificação, portanto, atendem às instituições reguladoras do Brasil (FAA, 2001). Em um contexto geral, percebe-se que não foram encontrados estudos que abrangem o processo de certificação de ALE conforme as normas vigentes no País, oportunidade esta explorada pela autora neste trabalho.

2 JUSTIFICATIVA

Em 2006 o Departamento de Aviação Civil (DAC) foi substituído pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). As evoluções tecnológicas permitiram que as aeronaves construídas por amadores avançassem em complexidade. Devido aos avanços, a ANAC iniciou estudos e as mudanças na regulamentação começaram a partir de 2011, visando regularizar a situação. A partir disso, foi implantada a categoria das aeronaves ALE para aeronaves mais leves (ANAC, 2016c), onde as empresas passaram por um processo de transição.

Os impactos no número total de certificação de LSA no Brasil gerados pela mudança das normas vigentes, tornam-se claros a partir da análise de aeronaves certificadas no período de 2013 a 2017. Vale ressaltar que até o ano de 2014 a categoria ALE não existia no Brasil, portanto os dados referentes aos anos de 2013 e 2014 são certificações de aeronaves experimentais. Entretanto, com a atualização da normatização, as empresas tiveram que se adequar ao novo modelo, o que gerou impactos. A Figura 2.1 demonstra a redução das certificações no Brasil, conforme dados da ANAC (ANAC, 2017c).

Figura 2.1 – Certificações de aeronaves no Brasil: adequação de aeronaves experimentais para ALE



Fonte: Adaptado de (ANAC, 2017c).

Durante a transição proposta, as empresas que já estavam fabricando aeronaves

entre 600 kg e 750 kg de peso máximo de decolagem (PMD) podiam certificá-las até dezembro de 2014 (AERO MAGAZINE, 2014a). Nota-se na Figura 2.1 que houve um aumento nos registros, pois as empresas certificaram essas aeronaves antes da obrigatoriedade da nova normatização. Após essa data as empresas com PMD acima de 600 kg foram consideradas como Aeronave de Construção Amadora. Entretanto, no ano seguinte a queda de certificações é de aproximadamente 50% e como forma de fomentar a indústria e incentivar a adequação das normas foi permitido que até dezembro de 2016 as empresas nacionais pudessem vender suas aeronaves com prefixo PU, mesmo que não estivessem em conformidade com as exigências (AERO MAGAZINE, 2014a).

Em 2016 foram registradas 43 unidades e, após dezembro de 2016 verifica-se uma queda abrupta nos registros, apenas oito aeronaves foram registradas em 2017, o que indica uma redução significativa nas certificações. O contato da autora com algumas empresas do setor confirmou a dificuldade na certificação e a quantidade de retrabalho, o que adiciona custos e atrasos de cronograma, os quais não estão previstos no projeto para atendimento à certificação.

Um dos prováveis motivos destes atrasos e aumentos de custos é a dificuldade de compreensão do processo representado pelos formulários do órgão regulador. Além disso, as instruções de certificação são pouco claras, pois, por exemplo, uma mesma exigência é (às vezes) apresentada repetidamente nos documentos. Entende-se que estas inconsistências são causadas pela recente implantação das normas específicas de ALE no País.

Tendo em vista as informações aqui descritas sugere-se que as quedas foram causadas pelas modificações na normatização da categoria LSA no Brasil. Mesmo com os prazos fornecidos pela instituição reguladora para a adequação às normas, o processo de certificação ainda é um obstáculo para as empresas devido à sua complexidade.

3 METODOLOGIA

Como o trabalho abrange um nicho bastante específico da aviação civil, ele exige uma revisão bibliográfica, o que consiste em pesquisas de artigos e outros trabalhos já publicados, visando apresentar de forma ampla e sintetizada o conhecimento necessário para compreensão do trabalho.

Inicia-se com uma revisão bibliográfica em relação aos componentes de uma aeronave, revisando algumas características gerais. Na sequência é elaborado um diagrama de fluxo de classificação de aeronaves, conforme o Código Brasileiro de Aeronáutica e, descendo de nível é elaborado um fluxograma das categorias de aeronaves. Na Seção 4.3 são identificados os propósitos de uso de LSA, as divisões dessa categoria e identificados os requisitos para a aeronave ser considerada da categoria ALE, os requisitos são descritos na Tabela 4.1. É feito ainda um estudo sobre algumas características de LSA que os engenheiros devem ter atenção no planejamento do projeto de uma aeronave dessa categoria.

O estudo sobre as unidades certificadoras e reguladoras são feitos afim de estabelecer a relação entre os grupos. Com isso, identifica-se a normatização que será utilizada para a certificação de aeronaves leves esportivas. O estudo da certificação de aeronaves é evidenciado na Seção 4.5, onde é também demonstrado o ciclo de vida do projeto de uma aeronave, evidenciando o estudo deste trabalho. São abordadas as formas de certificação das divisões da categoria ALE e demonstrado onde cada certificação é tratada.

No Capítulo 5 é mostrada a normatização no segmentos de uma aeronave e em seguida é feita a análise dos formulários necessários para a certificação. Nesse Capítulo há o desenvolvimento do processo geral para a certificação de uma aeronave leve esportiva e os subprocessos atrelados a um formulário específico. Para o desenvolvimento do processo e dos subprocessos foi utilizada a ferramenta *Bizagi*, a qual utiliza a notação BPMN (*Business Process Model and Notation*).

No Capítulo 6 são descritas as considerações finais do trabalho, apontando as dificuldades no desenvolvimento do presente trabalho e identificando possíveis trabalhos futuros em virtude do atual.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 COMPONENTES DE UMA AERONAVE

Conforme a NASA (2015), os aviões são dispositivos de transporte projetados para transportar pessoas e cargas de um lugar para outro. As aeronaves podem ser de diferentes formas e tamanhos, o que depende da missão que ela vai desempenhar. Na Figura 4.1 é mostrada a vista lateral do EMB-170 e suas partes principais.

Figura 4.1 – EMB-170 e seus principais componentes



Fonte: Adaptado de (REZENDE, 2007).

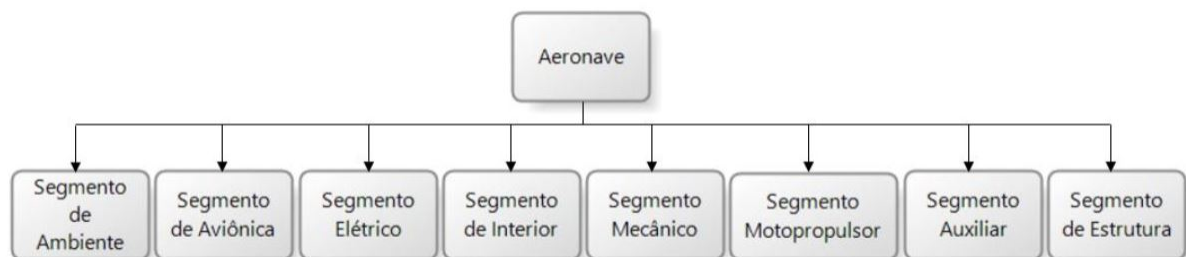
- Fuselagem: é o corpo central da aeronave, sendo o componente em que se transporta carga, passageiros e demais cargas úteis, além de ser a parte em que a maioria dos componentes são fixados (ANDERSON, 2010) (NASA, 2015).
- Asa: são os componentes principais geradores de sustentação, em aeronaves em escala real o espaço interno delas pode ser utilizado como reservatório de combustível e também para armazenamento do trem de pouso (ANDERSON, 2010).
- Grupo motopropulsor: pode ser o conjunto de motor e hélice em aviões convencionais, o conjunto turbina e hélice em turbohélices e turbina em turbojatos, na Figura 4.1 é mostrada uma turbina, a função desse grupo é gerar impulso para superar o arrasto (NASA, 2015).
- Empenagem/Estabilizadores: a função destes é a estabilidade do avião, além de controlar e manobrar a aeronave. Os estabilizadores horizontais impedem o movi-

mento de *pitch*, ou seja, o movimento em que o radome vai para baixo e para cima, já o estabilizador vertical faz o movimento de guinada, em que o radome vai de um lado para o outro (NASA, 2015) (ANDERSON, 2010).

- Trem de pouso: Roskam (1985) detalha que o sistema de trem de pouso tem por objetivo principal a absorção da energia cinética durante o choque na aterrissagem e no taxiamento da aeronave.
- Radome: essa parte da aeronave suporta forças aerodinâmicas e possíveis impactos, além de proteger o radar que fica abaixo dessa estrutura (Thiago Vinholes, 2016).

Uma outra forma de subdividir os componentes de uma aeronave é através de segmentos conforme Moir e Seabridge (2012). Na Figura 4.2 os segmentos são mostrados.

Figura 4.2 – Subdivisão em Segmentos

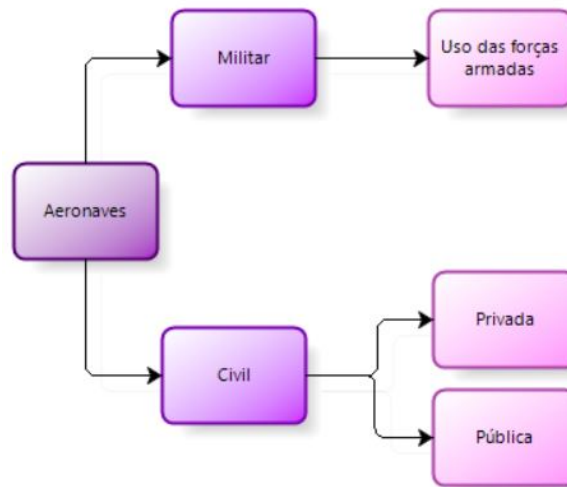


Fonte: Adaptado de (MOIR; SEABRIDGE, 2012).

4.2 CATEGORIAS DE AERONAVES

Conforme o artigo 106 da Lei n° 7565, de dezembro de 1986 (Brasil, 1986), pode-se classificar as aeronaves em militares e civis. As aeronaves consideradas militares são as integrantes das Forças Armadas, e as aeronaves civis compreendem as aeronaves públicas e privadas, na Figura 4.3 estas informações estão sistematizadas.

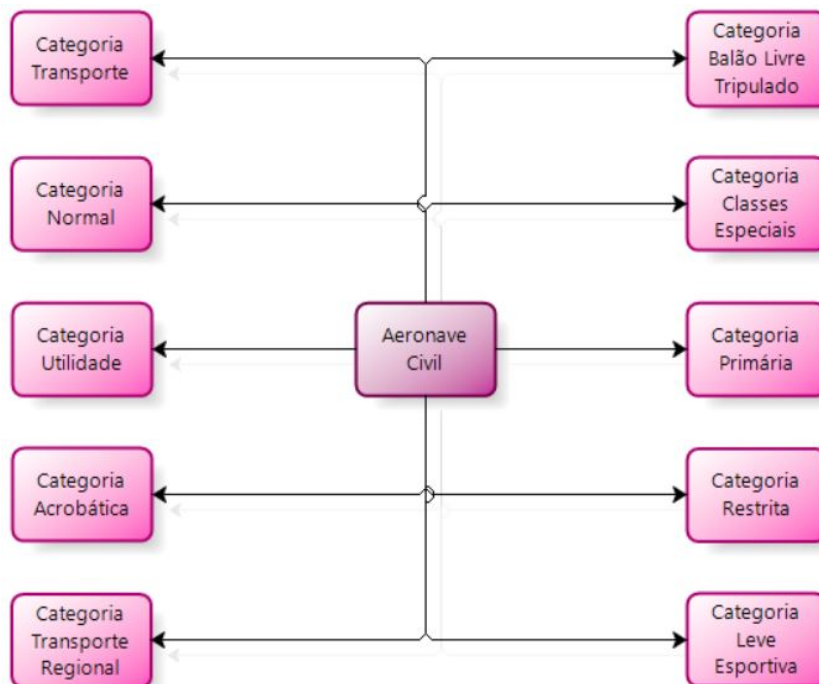
Figura 4.3 – Classificação das aeronaves



Fonte: Adaptado de (Brasil, 1986).

As aeronaves do tipo civil, portanto, englobam todas as categorias de aeronaves que não sejam de uso das forças armadas. O RBAC 21 (ANAC, 2018b) cita as diferentes categorias que podem solicitar a emissão de certificado de tipo, as categorias estão organizadas na Figura 4.4.

Figura 4.4 – Categorias de aeronaves civis



Fonte: Adaptado de (ANAC, 2018b).

Dentre as categorias apresentadas, esse trabalho irá tratar de aeronaves de cate-

goria leve esportiva (ALE ¹), que será objeto de estudo na Seção 4.3.

4.3 AERONAVE LEVE ESPORTIVA

Conforme o DECEA (2018), as aeronaves leves esportivas podem ter diferentes propósitos, seja desporto, meio de transporte particular, treinamento e outros. Essa característica versátil de utilização aproxima esta categoria de pequenas aeronaves certificadas. Na Figura 4.5 esse tipo de aeronave é mostrada pelo modelo da Evektor.

Figura 4.5 – Aeronave Leve Esportiva Evektor



Fonte: (AERO MAGAZINE, 2011).

A categoria LSA, possui duas divisões:

- ALE Especial (*Special LSA: S-LSA*): aeronave que precisa ser entregue ao operador totalmente pronta e sua manutenção deve ser feita por empresas certificadas ou mecânicos habilitados, não podendo sofrer qualquer alteração sem aprovação (ANAC, 2016c).
- ALE Experimental (*Experimental LSA: E-LSA*): aeronave construída por amador a partir de um kit de S-LSA, neste tipo se aplica à regra dos 51%, em que a aeronave precisa ser construída pelo proprietário, para tanto é necessário que pelo menos um modelo seja declarado como S-LSA e, com a aprovação desta os acabamentos e instalação de equipamentos podem ser decididas pelo proprietários, desde que conste no manual de construção da aeronave (ANAC, 2016c).

A Tabela 4.1 mostra os requisitos, segundo a ANAC (2018a), para a aeronave ser enquadrada na categoria de aeronave leve esportiva.

¹Neste trabalho as siglas ALE e LSA são tratadas como sinônimos

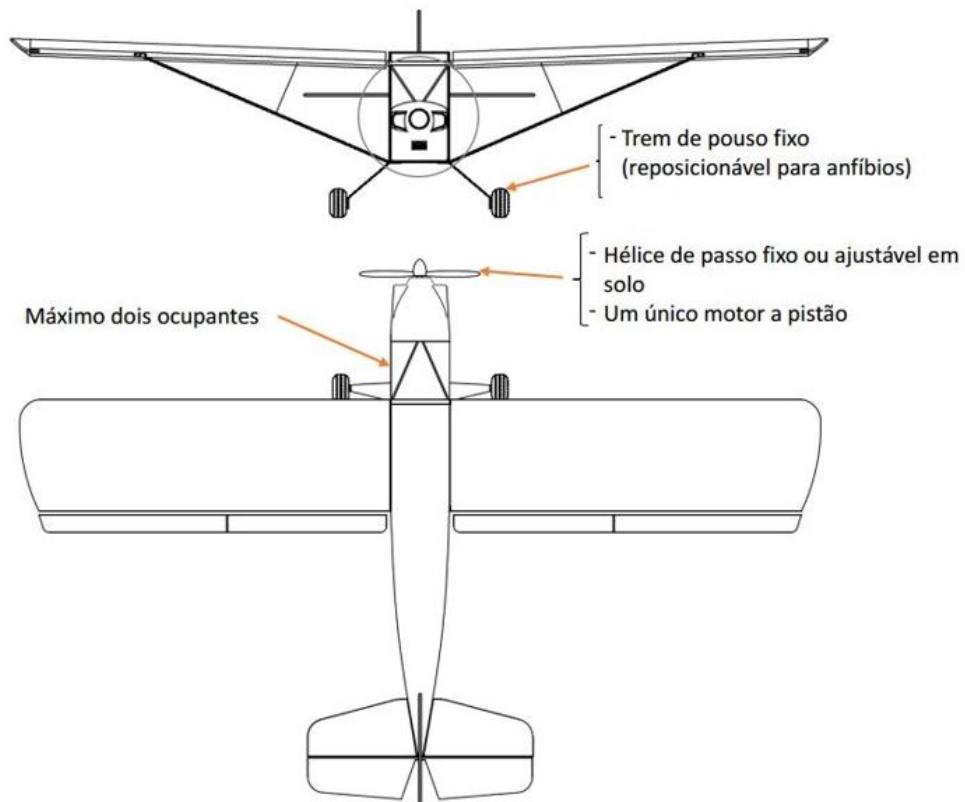
Tabela 4.1 – Requisitos para a aeronave ser considerada ALE

Característica	Requisito
PMD	<ul style="list-style-type: none"> ○ 600 kg para aeronave operada apenas em solo ○ 650 kg para aeronave operada a partir da água (anfíbio)
V_H	até 120 nós CAS em condições atmosféricas padrão ao nível do mar
V_{NE}	até 120 nós CAS para planador
V_{stall} sem uso de V_{S1}	até 45 nós CAS no PMD certificado e CG mais crítico
Assentos	até 2 pessoas, incluindo o piloto
Motor	um motor à pistão (no caso das motorizadas)
Hélice	<ul style="list-style-type: none"> ○ uma de passo fixo, ou ajustável em solo (para motorizadas), mas não um motoplanador ○ uma de passo fixo ou auto-embandeirável, caso seja motoplanador
Rotor	um sistema de passo fixo, rígido, tipo gangorra, de duas pás, caso seja um girocóptero
Cabine	não pressurizada, se possuir
Trem de pouso	<ul style="list-style-type: none"> ○ fixo, exceto para anfíbio ou planador ○ fixo ou retrátil, ou um casco, para anfíbio ○ fixo ou retrátil para planador

Fonte: Adaptado de (ANAC, 2018a).

Além dos requisitos citados que constam na ANAC, a aeronave pode operar somente de dia, não sendo possível a operação por instrumentos ou noturna, conforme o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA, 2018). Na Figura 4.6, são ilustradas algumas das características necessárias para a aeronave se enquadrar na categoria LSA.

Figura 4.6 – Algumas características de aeronave LSA



Fonte: Autora.

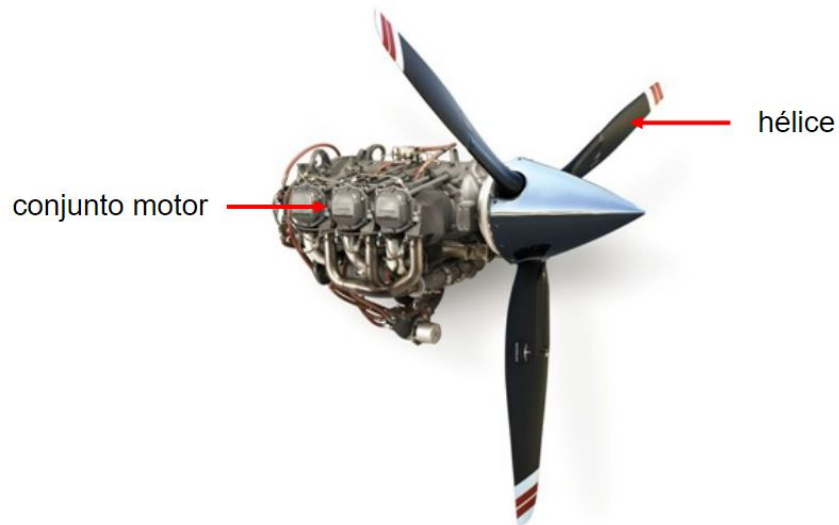
Nota-se que no projeto, a atenção para algumas características são fundamentais para a aeronave se enquadrar na categoria ALE. Portanto, são descritos: o grupo moto-propulsor (GMP) e os tipos de trem de pouso.

Existem dois tipos básicos de motor aeronáutico:

- Convencional;
- Turbina.

O motor convencional é o utilizado em aeronaves leves esportivas, sendo o motor no qual pistões se movem dentro de cilindros, acionam um eixo de manivelas que, diretamente ou através de caixas de redução aciona uma hélice (ANAC, 2014a). Na Figura 4.7 é mostrado um exemplo desse grupo moto-propulsor.

Figura 4.7 – Grupo moto-propulsor



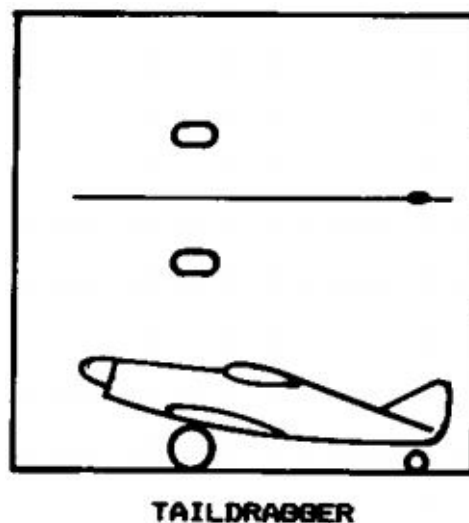
Fonte: (Martins, Cristiane Aparecida, 2018).

De acordo com Raymer (1992), as três configurações de trens de pouso mais comuns são:

- Convencional;
- Triciclo;
- Biciclo com *outriggers*.

Na Figura 4.8, pode-se ver que a configuração convencional, que possui duas rodas principais, situadas a frente do centro de gravidade (CG) da aeronave e uma roda no fim da cauda.

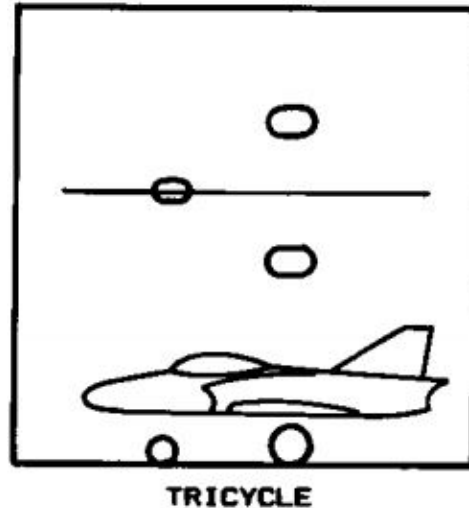
Figura 4.8 – Configuração de trem de pouso tipo convencional.



Fonte: (RAYMER, 1992).

A configuração de triciclo possui duas rodas no trem de pouso principal depois do CG da aeronave e uma roda auxiliar em frente ao CG, conforme a Figura 4.9.

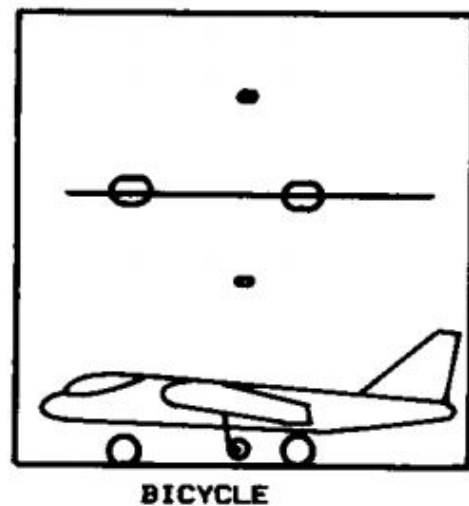
Figura 4.9 – Configuração de trem de pouso tipo triciclo.



Fonte: (RAYMER, 1992).

Na configuração do tipo biciclo, Figura 4.10, há duas rodas principais, a frente e atrás do CG, e pequenas rodas nas asas para impedir que ocorra rolagem lateral.

Figura 4.10 – Configuração de trem de pouso tipo biciclo.



Fonte: (RAYMER, 1992).

Conforme Raymer (1992), dentre os componentes internos que precisam ser definidos em uma aeronave, o trem de pouso costuma causar mais problemas. O autor cita a necessidade de posição correta para aterrissagem e, complementa que o trem de pouso deve, de alguma forma, ser retraído para dentro da aeronave.

De acordo com a ANAC (2017a) o tipo de trem de pouso, que pode ser recolhido para dentro da fuselagem ou das asas durante o voo, tem a intenção de reduzir a resistência aerodinâmica parasita. Conforme FAA (2018) o trem de pouso pode ser fixo ou retrátil, mas para que seja possível a retração dessa estrutura, deve-se instalar mecanismos, o que gera um aumento de peso na aeronave.

É relevante salientar que em aeronaves com velocidades baixas o peso adicionado não é superado pela redução do arrasto. Portanto, em aeronaves leves é utilizado o trem de pouso fixo, o qual ficará exposto ao fluxo de ar durante o voo (FAA, 2018). Para diminuir o arrasto parasita durante o voo de aeronaves leves é necessário que o projeto de trem de pouso fixo seja feito para aumentar o desempenho da aeronave (FAA, 2018).

4.4 ÓRGÃOS NORMALIZADORES

As agências reguladoras são órgãos governamentais que exercem: a fiscalização, a regulamentação e o controle de produtos e de serviços que são de interesse público (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, 2003). A utilização das normas para as instituições é fundamental para a manutenção e desenvolvimento destas. O não cumprimento da regulamentação pode impedir certificações e até mesmo atribuições de selos de qualidade (SEBRAE, 2016). Para o estudo de aeronave leve esportiva serão abordados os órgãos normalizadores: FAA, ANAC e ASTM.

4.4.1 Administração de Aviação Federal

Em 1958, um projeto de lei foi apresentado para a criação de uma Agência Federal de Aviação que fosse independente. O objetivo da criação da agência era prover a utilização segura e eficiente do espaço aéreo nacional (FAA, 2017). A *Federal Aviation Administration* (FAA) foi criada naquele mesmo ano e é um órgão do Departamento de Transportes dos Estados Unidos, responsável pelos regulamentos e todos os aspectos da aviação civil nos Estados Unidos.

Conforme Oliveira et al. (2010) as aeronaves de categorias normais, utilitárias e acrobáticas com peso máximo de decolagem de 5700 kg são regulamentadas pela *Federal Aviation Regulations 23*, ou simplesmente FAR 23. A FAR 23 é emitida pela *Federal Aviation Administration*.

4.4.2 Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC

A Agência Nacional de Aviação Civil é uma agência reguladora federal a qual tem a responsabilidade de supervisionar as atividades de aviação civil no Brasil, nos aspectos econômicos e de segurança técnica. De acordo com a ANAC (2016a):

Ao estabelecer as regras para o funcionamento da aviação civil no Brasil, a ANAC revisa, atualiza e edita regulamentos técnicos e relacionados a aspectos econômicos. A instituição dessas normas geralmente é precedida de consultas e audiências públicas, para ouvir a sociedade, e de estudo sobre o potencial impacto da decisão sobre o setor. As normas técnicas da ANAC consideram os preceitos das instituições e organizações internacionais de aviação das quais o Brasil é signatário.

As instruções gerais sobre aviação leve esportiva informa que as normas consensuais aceitas pela ANAC são emitidas pela ASTM e são as mesmas adotadas pela FAA (ANAC, 2017b).

4.4.3 Sociedade Americana de Testes e Materiais

A *American Society for Testing and Materials* (ASTM) é um órgão dos Estados Unidos de normalização, a qual desenvolve e publica normas técnicas para muitos materiais, produtos, sistemas e serviços. Em relação a indústria aeronáutica, o Comitê ASTM F44 desenvolveu padrões para aeronaves de aviação geral. Já no ano de 2018, a FAA aceitou os padrões da *American Society for Testing and Materials* como meio de certificação para as aeronaves que se enquadram na FAR 23, de forma a simplificar os padrões de certificação (Bergqvist, Pia, 2018) (FAA, 2001).

As normas envolvidas para a certificação de aeronave leve esportiva conforme a ASTM são citadas na Tabela 4.2 (ASTM International, 2010; ASTM International, 2013; ASTM International, 2014; ASTM International, 2015a; ASTM International, 2015b; ASTM International, 2016a; ASTM International, 2016b; ASTM International, 2018).

Tabela 4.2 – Normas para certificação de aeronave leve esportiva

Norma	Nome
ASTM F2245	Norma padrão para projeto e desempenho de um aeronave esportiva leve
ASTM F2563	Norma padrão para instruções de montagem de kits de aeronaves destinadas principalmente à recreação
ASTM F2295	Norma padrão para monitoramento contínuo da segurança operacional de uma aeronave leve esportiva
ASTM F2483	Norma padrão para manutenção e desenvolvimento de manuais de manutenção para aeronaves esportivas leves
ASTM F2745	Norma padrão para informações exigidas sobre o produto a serem fornecidas com a aeronave
ASTM F2746	Norma padrão para o manual operacional do piloto (poh) para aeronave leve esportiva
ASTM F2972	Norma padrão para o sistema de garantia de qualidade do fabricante de aeronaves leves esportivas
ASTM F3035	Norma padrão para aceitação de produção na fabricação de aeronaves esportivas leves de asa fixa.

Fonte: Adaptado de (FAA, 2001).

4.5 CERTIFICAÇÃO DE AERONAVES

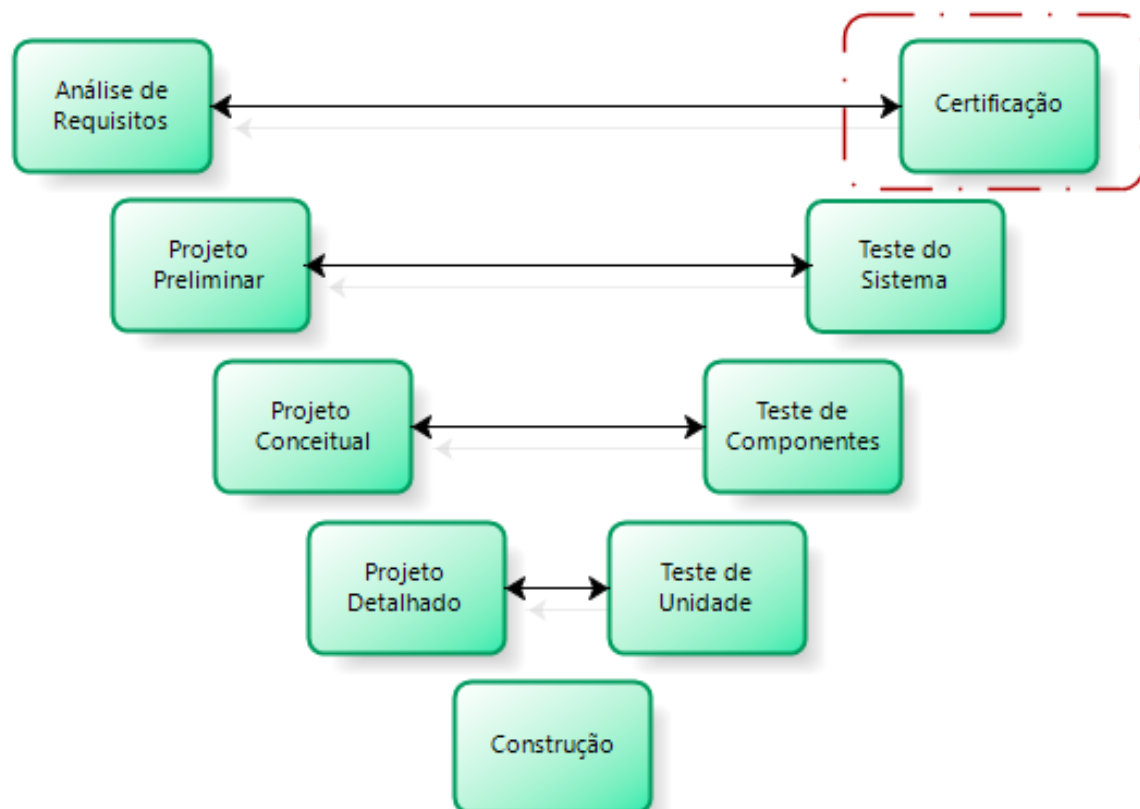
Conforme o artigo 1º da Lei nº 7565, de dezembro de 1986 (Brasil, 1986), "Art. 1º o Direito Aeronáutico é regulado pelos Tratados, Convenções e Atos Internacionais de que o Brasil seja parte, por este Código e pela legislação complementar". Portanto, se tratando de convenções, a Convenção de Chicago foi promulgada no Brasil, conforme o Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946 (Brasil, 1946). Essa Convenção de Aviação Civil Internacional criou o ICAO ou OACI (Organização da Aviação Civil Internacional) que é a agência especializada pela promoção do desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil mundial e ainda, conforme ANAC (2016b):

Cabe à OACI a elaboração de padrões e práticas recomendadas, conhecidas como SARPs (do inglês Standard and Recommended Practices), os quais balizam a atuação das autoridades de aviação civil em todo o mundo. As SARPs tratam de aspectos técnicos e operacionais da aviação civil internacional, como, por exemplo, segurança, licença de pessoal, operação de aeronaves, aeródromos, serviços de tráfego aéreo, investigação de acidentes e meio ambiente. (ANAC, 2016b).

Conforme a ICAO (s.d.) a segurança da aviação está no centro dos objetivos fundamentais da organização e com a colaboração da comunidade de aviação, pode-se manter um alto nível de capacidade e eficiência nas áreas de proteção e segurança dos Estados. Portanto, para estar de acordo com os requisitos descritos pela Organização de Aviação Civil Internacional, o Brasil adota um sistema de segurança de voo em que a certificação de produto aeronáutico é uma das funções básicas (ANAC, 2008).

O ciclo de vida do projeto foi escolhido conforme o ciclo de vida de desenvolvimento de aeronaves (Modern Avionics of Civil Aviation, s.d.). Uma simplificação do ciclo de vida do modelo em V é mostrada na Figura 4.11.

Figura 4.11 – Ciclo de vida do projeto

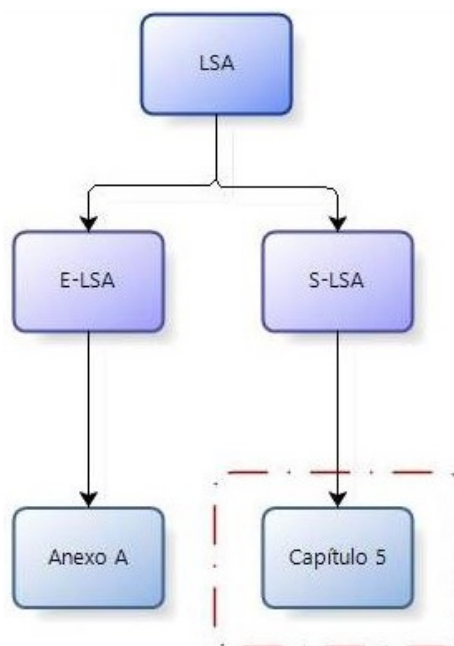


Na Figura 4.11 o destaque mostrado na caixa de certificação representa o escopo do estudo deste trabalho, o qual avalia as diretrizes de certificação da instituição reguladora após a aeronave já ter passado pelas demais etapas do ciclo de vida do projeto. Dessa forma, a aeronave já foi projetada e construída, conforme os requisitos analisados no início do processo. Os testes envolvidos nas três etapas anteriores à certificação serão abordados de forma direta pela etapa de certificação.

As certificações da categoria ALE são diferentes quanto às divisões ALE Especial e ALE Experimental. Em geral, para os processos de enquadramento na categoria leve esportiva, deve-se solicitar formalmente a construção ou o teste da aeronave (ANAC, 2018b). Para a categoria ALE Especial a solicitação de enquadramento para a certificação ocorre no final do processo de produção, o qual será abordado no Capítulo 5, sendo este o escopo desta monografia. Já para a categoria ALE Experimental o construtor deve, obrigatoriamente solicitar a abertura do processo de construção antes de iniciar a montagem da aeronave. É fundamental que o construtor amador demonstre ao órgão regulador que construiu a porção maior da aeronave (regra dos 51%), preenchendo os devidos Formulários Padronizados (Anexo A). O desenvolvimento do trabalho será feito em relação às ALE Especial, por ser necessária a certificação de pelo menos uma ALE Especial para que a aeronave possa se enquadrar na divisão ALE Experimental.

Na Figura 4.12 é exemplificada a categoria estudada neste trabalho, a qual se encontra em destaque.

Figura 4.12 – Escopo do trabalho: certificações S-LSA

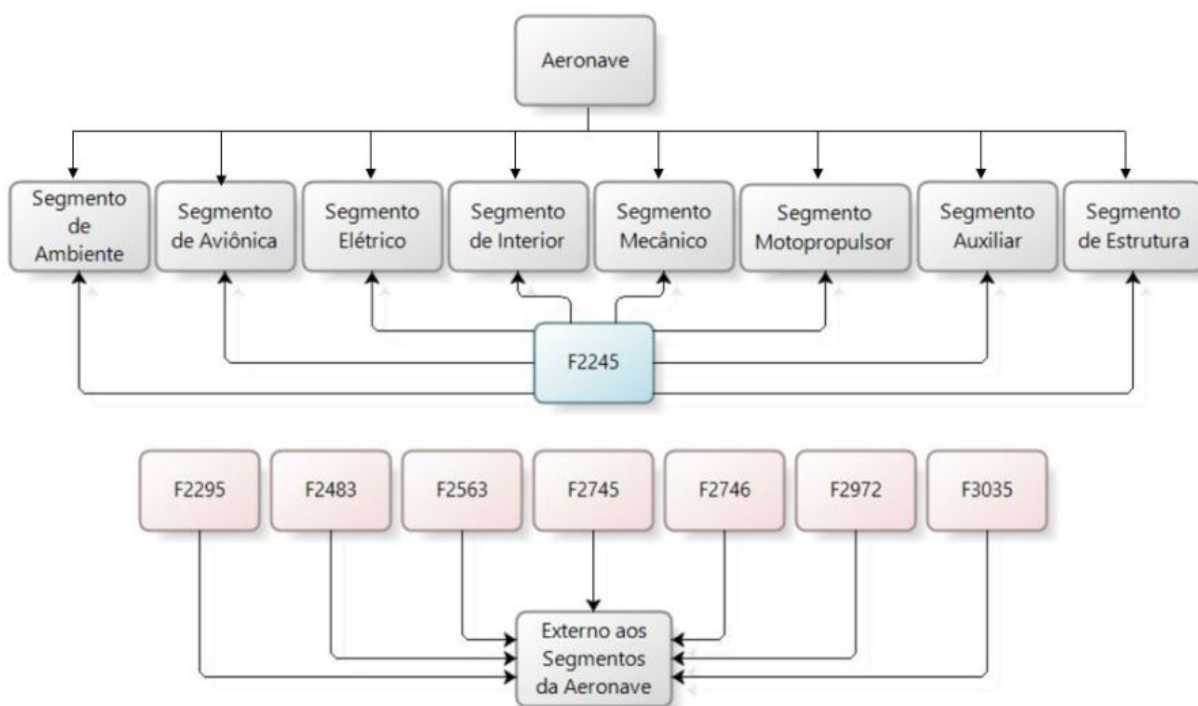


5 DESENVOLVIMENTO

5.1 NORMALIZAÇÃO NOS SEGMENTOS DE UMA AERONAVE

As normas tem influência durante o projeto de uma aeronave LSA, visto que elas devem ser atendidas ao final do processo de certificação. Para os segmentos de uma aeronave, conforme mostrado no Capítulo 4, foi elaborado um fluxograma conforme a influência das normas quanto aos elementos de uma aeronave. Na Figura 5.1 é possível verificar essa influência.

Figura 5.1 – Normas influenciando os segmentos



Fonte: Autora.

5.2 ANÁLISE DE FORMULÁRIOS PARA CERTIFICAÇÃO

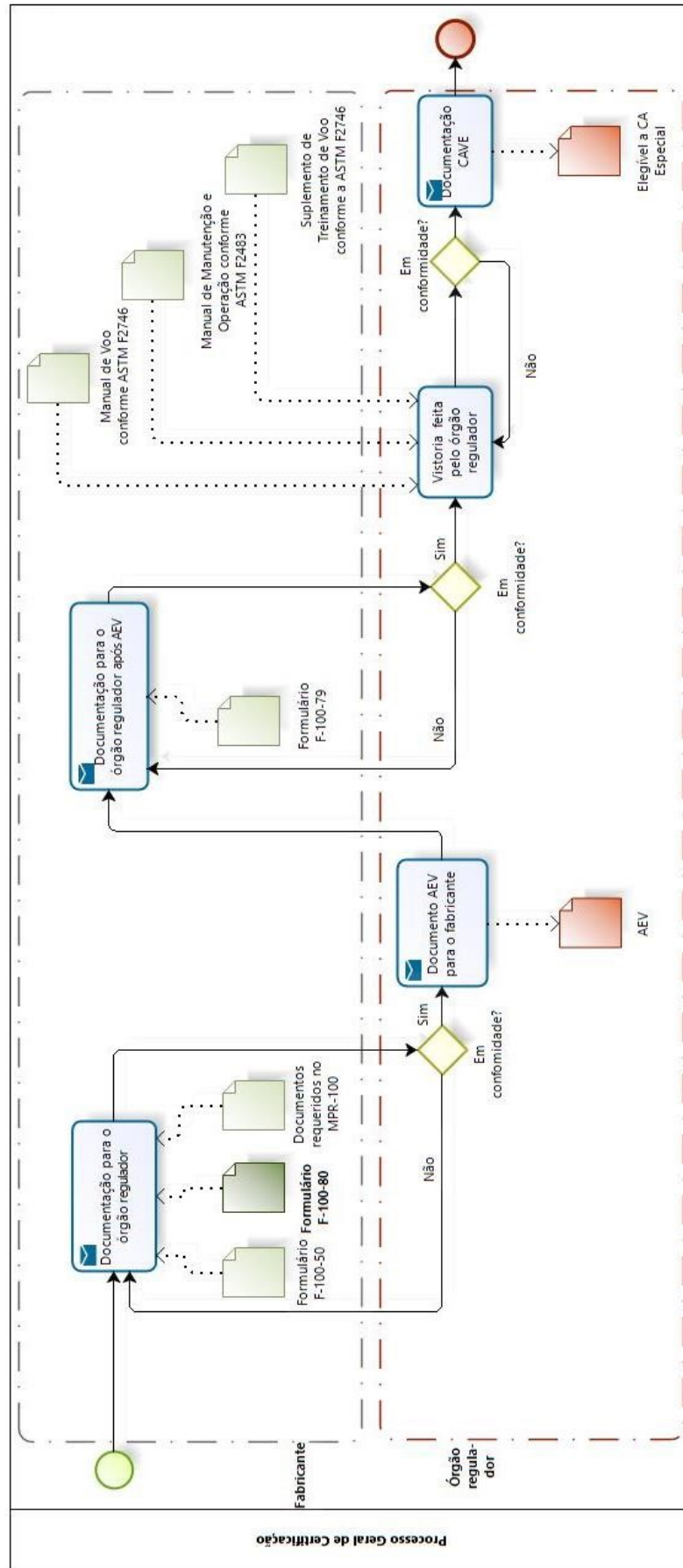
O formulário F-100-50B estabelece que para aeronave leve esportiva, somente deve ser encaminhada a solicitação de enquadramento de aeronave leve esportiva quando a aeronave estiver finalizada ou em vias de conclusão. Dessa forma, a Figura 4.11 mostra a certificação de forma equivalente a que ocorre com a ALE Especial. Caso se trate do

primeiro exemplar do modelo ALE a ser aceito no Brasil, deve-se encaminhar documentos adicionais:

- Formulário F-100-80;
- Formulário F-100-79;
- Documentos requeridos no MPR-100, itens 8.3.6 (d)(1)(v à viii) e 8.3.6 (d)(2).

Quando se trata de um primeiro modelo de uma aeronave, deve-se seguir o processo, conforme a Figura 5.2 até a emissão do RBAC 91 conforme a ANAC (2011). As Figuras 5.2 até 5.7 apresentam os documentos de cor verde referentes ao escopo do desenvolvedor, enquanto os documentos de cor vermelha são de responsabilidade da agência reguladora. As tarefas são representadas com caixas azuis, quando as mesmas tiverem o símbolo de uma carta azul indicam uma tarefa de envio de informação.

Figura 5.2 – Processo Geral de Certificação de ALE conforme as normas vigentes



O processo se inicia com o envio de dois formulários: F-100-80 e F-100-50, além de documentos adicionais conforme requerido no MPR-100 (ANAC, 2011) (ANAC, 2015) (ANAC, 2013). Esses documentos devem ser enviados ao órgão regulador, o qual fará a análise se a documentação está correta. Caso a documentação esteja completa e em conformidade com as normas, será emitido pelo órgão regulador um AEV para voo de produção. Nessa etapa o fabricante será informado que o processo foi aberto através de *e-mail*. Caso tenha sido encontrado alguma inconformidade, o órgão regulador poderá pedir novos documentos e o AEV não poderá ser emitido.

O segundo envio de documento para o órgão regulador se dá após emissão do AEV, nesta etapa o fabricante deverá encaminhar o formulário F-100-79 (ANAC, 2014b). A instituição reguladora irá analisar a documentação e em caso de conformidade com a normatização será agendada a vistoria. Caso a documentação não esteja de acordo com as normas, a vistoria não poderá ser agendada.

No dia da vistoria o fabricante deverá entregar outros documentos, os quais são:

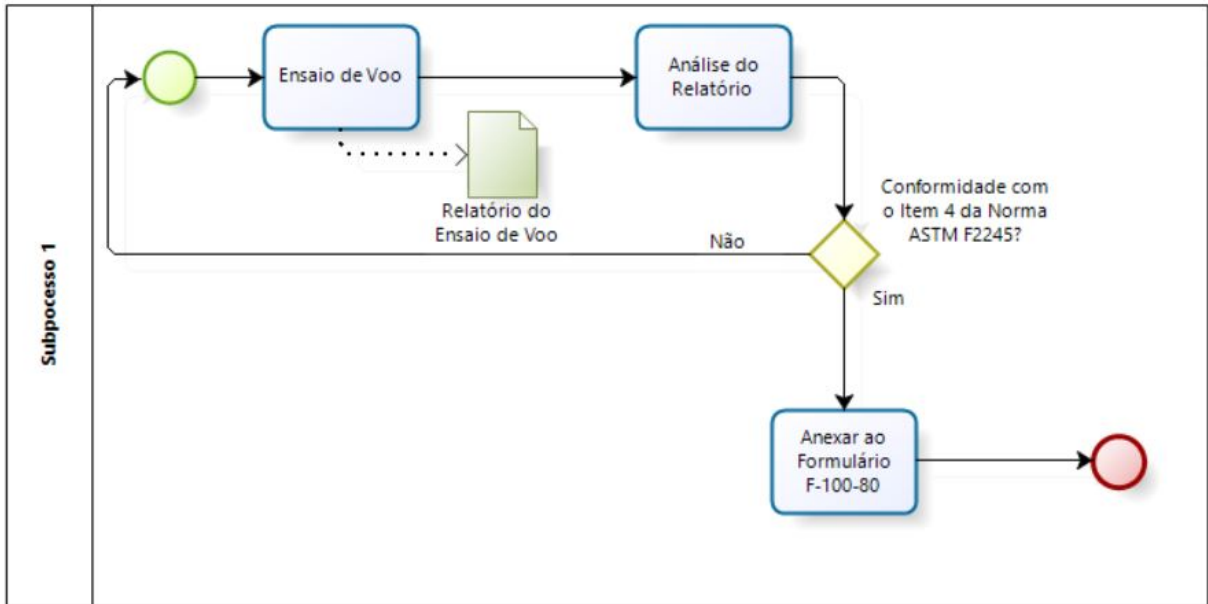
- Manual de voo, conforme a ASTM F2746;
- Manual de manutenção e operação, conforme a ASTM F2483;
- Suplemento de treinamento de voo, conforme ASTM F2746.

A partir da entrega e da realização da vistoria, o órgão regulador irá analisar a documentação e emitirá um ofício de elegível a um certificado de aeronavegabilidade (CA) especial. Conforme ANAC (2011) será emitido um CAVE com propósito de operação ALE, mas não é possível operação com CA especial até publicação do RBAC 61 e RBAC 91.

Após a primeira aeronave do modelo estar certificada, não é necessário passar por todo o procedimento mostrado na Figura 5.2. Será necessário o preenchimento da declaração de conformidade do fabricante e uma vistoria (ANAC, 2011).

Nas Figuras 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7 são mostrados os subprocessos do Formulário F-100-80 em destaque na Figura 5.2. Por se tratar de um formulário mais complexo que os demais ele será tratado em separado, fazendo-se uma análise dos anexos que devem ser entregues.

Figura 5.3 – Anexo: ensaio de voo

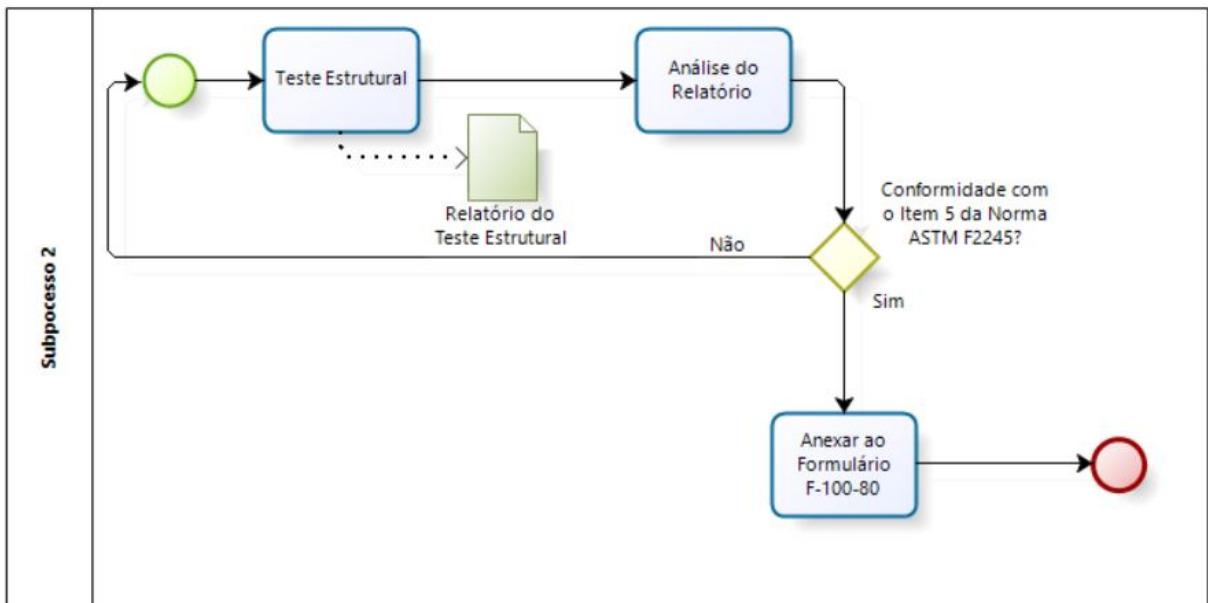


Fonte: Autora.

Nesse subprocesso é analisado o relatório de voo e se em conformidade com o item 4 da norma ASTM F2245 ele é anexado ao Formulário F-100-80.

Após essa análise, a equipe desenvolvedora deverá tomar as decisões cabíveis, afim de enviar a documentação correta para análise da instituição reguladora.

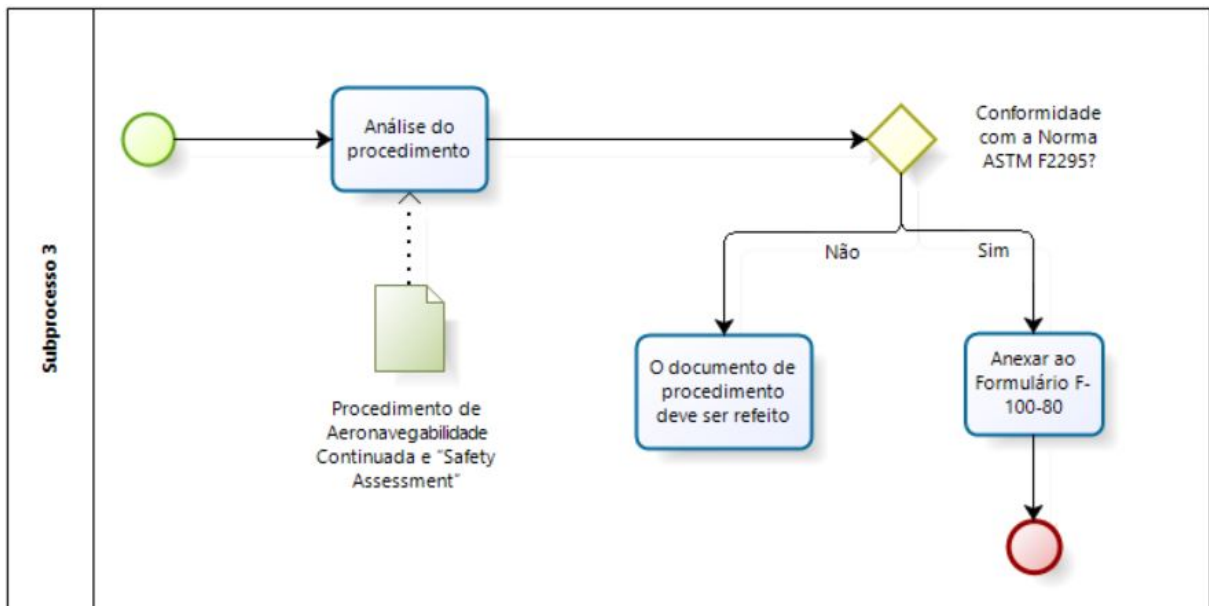
Figura 5.4 – Anexo: teste estrutural



Fonte: Autora.

Este subprocesso segue de forma semelhante ao da Figura 5.3, entretanto se trata de teste estrutural e deve estar de acordo com o item 5 da norma ASTM F2245.

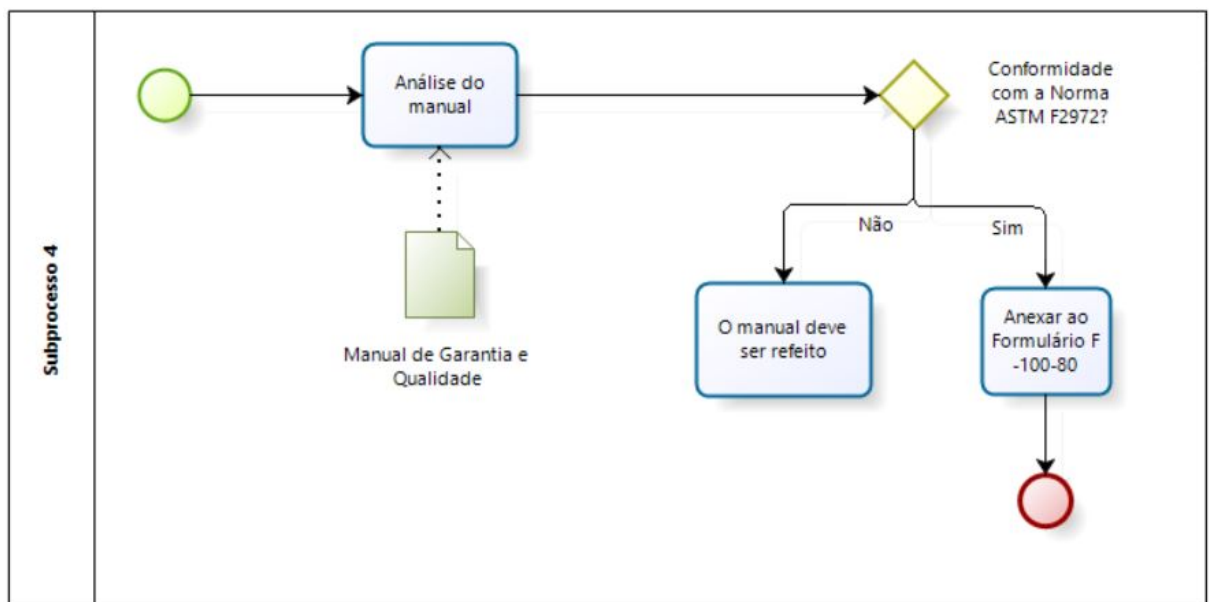
Figura 5.5 – Anexo: procedimento de aeronavegabilidade continuada e *safety assessment*



Fonte: Autora.

O subprocesso mostra que o procedimento elaborado deve estar em conformidade com a norma ASTM F2295. Caso ele não esteja, o documento precisa ser refeito.

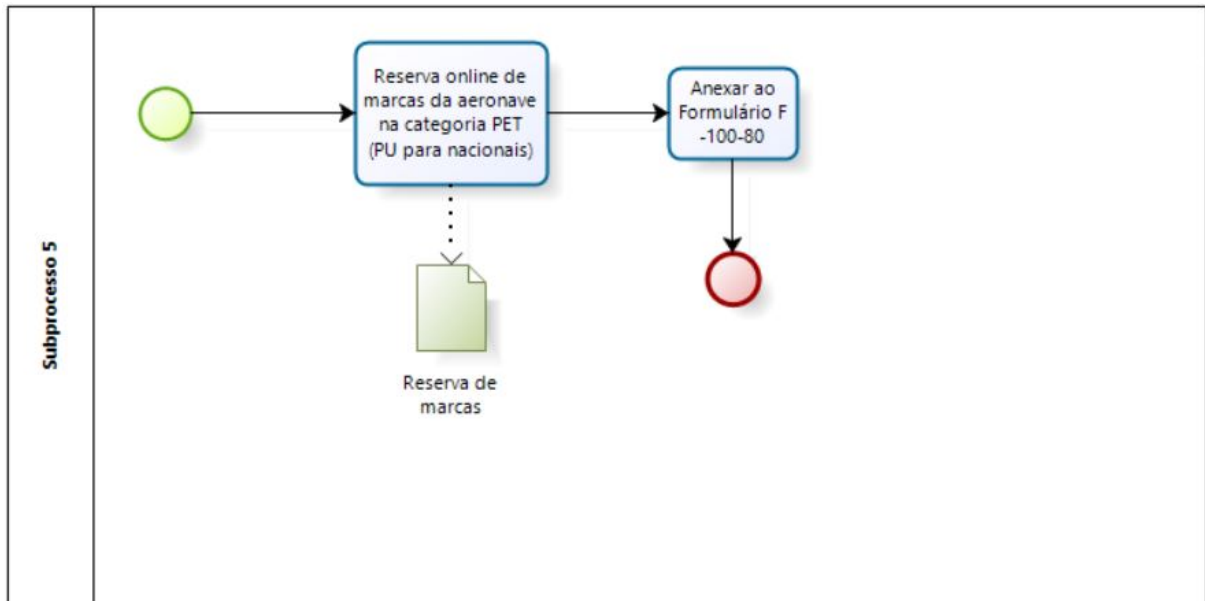
Figura 5.6 – Anexo: manual de garantia e qualidade



Fonte: Autora.

O subprocesso ocorre de forma semelhante ao da Figura 5.5, entretanto este deve estar em conformidade com a norma ASTM F2972.

Figura 5.7 – Anexo: reserva online de marca



Fonte: Autora.

O último anexo necessário é o de reserva online de marcas da aeronave na categoria PET. O subprocessos mostrados não necessitam de ser feitos na sequência apresentada, nem mesmo de forma simultânea.

5.3 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados mostram uma simplificação da normatização, pois a documentação é repetitiva em alguns aspectos, principalmente entre os formulários e a MPR-100. Foi encontrada divergência em um dos formulários quanto à numeração de uma norma, a qual está apresentada de forma correta nos subprocessos. Percebeu-se que o processo e os subprocessos apresentados estão de acordo com o que é pedido pelo órgão regulador e sua implementação no processo de certificação poderá facilitar o procedimento.

Com a elaboração do processo, tornou-se mais simples interpretar o que o órgão regulador precisa do fabricante e o que o fabricante precisa fornecer e quando, evitando a "ida e volta" de documentação sem necessidade. Espera-se que a forma sistêmica de organização do processo de certificação, possa auxiliar as empresas brasileiras a obter o certificado de elegível a CA com eficiência e eficácia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fundamentação teórica acerca de aeronaves foi feita de forma geral e depois foi aprofundada para LSA, identificando as requisitos para a aeronave ser considerada leve esportiva. Entretanto, o trabalho apresentado não foca nos requisitos ou no projeto, mas analisa o que a documentação exige e em que momento deve ser entregue tais documentos ao órgão regulador. A fundamentação teórica é descrita no Capítulo 4 e, além do já citado, aborda também os órgãos regulamentadores FAA, ANAC e ASTM.

O estudo dos formulários do órgão regulador e a identificação das normas ASTM foi fundamental para a análise deste projeto, esses são descritos no Capítulo 5.2 e na Subseção 4.4.3, respectivamente.

Com o presente trabalho foi possível obter um processo de certificação geral de aeronaves leves esportivas conforme a normatização vigente no Brasil. Dessa forma, o objetivo principal de identificar o processo de certificação foi atendido. Com os resultados obtidos, espera-se que as empresas possam utilizar da análise realizada, melhorando o procedimento de obtenção das certificações de seus modelos nesta categoria.

6.0.1 Limitações

Ao desenvolver o projeto foram encontradas algumas limitações, dentre elas a dificuldade de obter informações sobre a forma de certificação das empresas. Outra limitação que foi identificada e que comprometeu algumas abordagens desejadas é que a normatização da ASTM não tem acesso livre. Portanto, sem as normas completas não foi possível abordar as influências das normas ao longo das fases de projeto. Por fim, não foi possível uma implementação para estudo de caso, devido à falta de empresas parceiras da UFSM que desenvolvem esse tipo de aeronave.

6.0.2 Trabalhos Futuros

Ao abordar o assunto foi possível verificar que o trabalho abre uma gama de opções dentro da área aeronáutica. Como trabalhos futuros, pode-se citar:

- Mapeamento de entradas e saídas das normas;
- Implementação do processo identificado;
- Elaboração de uma metodologia de projeto envolvendo as normas ASTM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERO MAGAZINE. **Um autêntico LSA:** Representante da nova categoria de aeronaves leves esportivas, o evector eurostar slw apresenta comandos dóceis e precisos para voos recreativos e de treinamento. AERO MAGAZINE, 2011. Acesso em 28 jun. 2019. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/um-autentico-lsa_78.html>.

_____. **LSA, um divisor de ares:** Entenda o que muda no mercado de experimentais com a criação da nova categoria que legaliza a fabricação de aeronaves leves para instrução, transporte pessoal e até atividades remuneradas. AERO MAGAZINE, 2014. Acesso em 12 set. 2018. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/lsa-um-divisor-de-ares_1392.html>.

_____. **O futuro dos ultraleves pesados:** Entenda o programa que fabricantes brasileiros terão de aderir para garantir a continuidade da produção de aviões acima de 600 kg de peso máximo de decolagem. AERO MAGAZINE, 2014. Acesso em 10 jun. 2018. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/o-futuro-dos-ultraleves-pesados_1627.html>.

ANAC. **Por que os aviões precisam ser certificados?** ANAC, 2008. Acesso em 02 jun. 2019. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/dicasanac/pdf/novos/certificacao_dicas/certificacao/certificacao_ok.pdf>.

_____. **F-100-80:** Cadastro de modelo de aeronave leve esportiva. 2011. Acesso em 17 jun. 2019. Disponível em: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/form/FormDetail.asp?Form=100-80&Rev=/>>>.

_____. **F-100-81:** Lista de tarefas de fabricação e montagem. 2012. Acesso em 17 jun. 2019. Disponível em: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/form/FormDetail.asp?Form=100-81&Rev=/>>>.

_____. **MPR-100:** Manual de procedimentos. 2013. Acesso em 17 jun. 2019. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2013/20/anexo-v-2013-mpr-100-r07>>.

_____. **ANACpédia:** Motor. ANAC, 2014. Acesso em 08 jun. 2019. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_ing/tr3711.htm>.

_____. **F-100-79:** Declaração de cumprimento - aeronave leve esportiva. 2014. Acesso em 17 jun. 2019. Disponível em: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/form/FormDetail.asp?Form=100-79&Rev=C>>.

_____. **F-100-50:** Solicitação de enquadramento de aeronave experimental e leve esportiva. 2015. Acesso em 17 jun. 2019. Disponível em: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/form/FormDetail.asp?Form=100-50&Rev=B>>.

_____. **O que fazemos:** Normatização. ANAC, 2016. Acesso em 28 jun. 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/A_Anac/o-que-fazemos>.

_____. **Organização da Aviação Civil Internacional (OACI).** ANAC, 2016. Acesso em 20 jun. 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/organismos-internacionais/organizacao-da-aviacao-civil-internacional-oaci>.

_____. **Você conhece a Aviação Experimental?:** Curiosidades e diferenças para a aviação certificada. ANAC, 2016. Acesso em 30 jun. 2018. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/noticias/2016/voce-conhece-a-aviacao-experimental>>.

_____. **ANACpédia:** Trem de pouso retrátil. ANAC, 2017. Acesso em 05 jun. 2019. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_ing/tr1796.htm>.

_____. **INSTRUÇÕES GERAIS SOBRE AVIAÇÃO EXPERIMENTAL, LEVE ESPORTIVA E CONGÊNERES:** Para aceitação de um novo modelo de aeronave leve esportiva no Brasil. ANAC, 2017. Acesso em 30 jun. 2019. Disponível em: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/AvGeral/ProcessoH03/instrucoes.pdf>>.

_____. **RAB:** Base de dados de aeronaves. ANAC, 2017. Acesso em 30 jun. 2018. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aeronaves/rab/relatorios-estatisticos>>.

_____. **RBAC 01 EMD 03:** Definições, regras de redação e unidades de medida para uso nos rbac. 2018. Acesso em 27 jun. 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-01-emd-03-1/@@display-file/arquivo_norma/RBAC01_EMD03.pdf>.

_____. **RBAC 21 EMD 04:** Certificação de produto e artigo aeronáuticos. 2018. Acesso em 27 jun. 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-21-emd-04/@@display-file/arquivo_norma/RBAC21EMD04.pdf>.

_____. **Certificação de Tipo (CT) de Produto Aeronáutico:** Como obter a certificação para o projeto de um produto aeronáutico? 2019. Acesso em 17 jun. 2019. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aeronaves/certificacao-e-fabricacao/certificacao-de-produtos-aeronauticos/certificacao-de-tipo>>.

ANDERSON, C. L. The effects of aircraft certification rules on general aviation accidents. 2013.

ANDERSON, J. **Fundamentals of Aerodynamics.** McGraw-Hill Education, 2010. ISBN 9780073398105. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=xwY8PgAACAAJ>>.

ASTM International. **ASTM F2295-10:** Standard practice for continued operational safety monitoring of a light sport aircraft. West Conshohocken, PA, 2010. Disponível em: <www.astm.org>.

_____. **ASTM F3035-13:** Standard practice for production acceptance in the manufacture of a fixed wing light sport aircraft. West Conshohocken, PA, 2013. Disponível em: <www.astm.org>.

_____. **ASTM F2746-14:** Standard specification for pilot's operating handbook (poh) for light sport airplane. West Conshohocken, PA, 2014. Disponível em: <www.astm.org>.

_____. **ASTM F2745-15:** Standard specification for required product information to be provided with an airplane. West Conshohocken, PA, 2015. Disponível em: <www.astm.org>.

_____. **ASTM F2972-15:** Standard specification for light sport aircraft manufacturer's quality assurance system. West Conshohocken, PA, 2015. Disponível em: <www.astm.org>.

_____. **ASTM F2245-16c:** Standard specification for design and performance of a light sport airplane, ASTM International. West Conshohocken, PA, 2016. Disponível em: <www.astm.org>.

_____. **ASTM F2563-16:** Standard practice for kit assembly instructions of aircraft intended primarily for recreation. West Conshohocken, PA, 2016. Disponível em: <www.astm.org>.

_____. **ASTM F2483-18e1**: Standard practice for maintenance and the development of maintenance manuals for light sport aircraft. West Conshohocken, PA, 2018. Disponível em: <www.astm.org>.

BARROS, H. L. d. Santos-dumont e a invenção do vôo. **Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.**

_____. Santos dumont: o vôo que mudou a história da aviação. **Parcerias Estratégicas**, v. 8, n. 17, p. 303–337, 2010.

Bergqvist, Pia. **FAA Accepts ASTM Standards for Part 23 Aircraft**: An alternate means for light aircraft certification is in the books. Flying Magazine, 2018. Acesso em 15 nov. 2018. Disponível em: <<https://www.flyingmag.com/faa-accepts-astm-standards-for-part-23-aircraft>>.

Brasil. **Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946**: Convenção sobre aviação civil internacional, concluída em Chicago a 7 de dezembro de 1944 e firmado pelo Brasil, em Washington, a 29 de maio de 1945. **Diário Oficial da União**, Seção 1 - 12/9/1946, Página 12715, 1946. Acesso em 27 jun. 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/_03/decreto/1930-1949/D21713.htm>.

_____. **Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986**: Código brasileiro de aeronáutica. **Diário Oficial da União**, Seção 1 - 23/12/1986, Página 19567, 1986. Acesso em 27 jun. 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/_03/LEIS/L7565.htm>.

DECEA. **Tráfego Aéreo - Publicações DECEA**: Operação aerodesportiva de aeronaves. 2018. Acesso em 27 jun. 2019. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/download.cfm?d=4897>>.

FAA. **FAA Accepted ASTM Consensus Standards - LSA**: Consensus standard topics. FAA, 2001. Acesso em 19 out. 2018. Disponível em: <https://www.faa.gov/aircraft/gen_av/light_sport/media/StandardsChart.pdf>.

_____. **History**: Birth of federal aviation agency. FAA, 2017. Acesso em 30 jun. 2019. Disponível em: <https://www.faa.gov/about/history/brief_history/#origins>.

_____. **Aircraft Handbooks & Manuals**: Faa-h-8083-31a, aviation maintenance technician handbook-airframe volume 2. FAA, 2018. Acesso em 08 jun. 2019. Disponível em: <https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/media/amt_airframe_hb_vol_2.pdf>.

FORTES, C.; NUNES, L. E. D. P. Estratégia para certificação de produção de produtos aeronáuticos. In: **III Congresso Internacional de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento (CICTED). Anais... Taubaté**. [S.l.: s.n.], 2014.

Garbin, Luciana. **Especial Santos-Dumont**: Demoiselle é a obra-prima de inventor. ESTADAO, 2015. Acesso em 28 set. 2018. Disponível em: <<http://infograficos.estadao.com.br/especiais/a-redescoberta-de-santos-dumont/demoiselle-360.php>>.

ICAO. **API Data Service**. s.d. Acesso em 27 jun. 2019. Disponível em: <<https://www.icao.int/safety/iStars/Pages/API-Data-Service.aspx>>.

Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Dicas e Direitos**: Conheça o papel das agências reguladoras. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor, 2003. Acesso em 28 jun. 2019. Disponível em: <<https://idec.org.br/consultas/dicas-e-direitos/conheca-o-papel-das-agencias-reguladoras>>.

Martins, Cristiane Aparecida. **Introdução a Hélices**: Descrição de hélices, movimento da hélice, tipos de hélices. 2018. <https://slideplayer.com.br/slide/11998572/>. Acesso em 24 de jun. de 2019.

Modern Avionics of Civil Aviation. **Development life cycle**. State Research Institute of Aviation Systems, s.d. Acesso em 07 jun. 2019. Disponível em: <<http://www.modern-avionics.com/design-process/planning-process/development-life-cycle/#>>.

MOIR, I.; SEABRIDGE, A. **Design and development of aircraft systems**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012. v. 67.

NASA. **Guided Tours of the BGA**: Airplane parts and function. NASA, 2015. Acesso em 19 abr. 2019. Disponível em: <<https://www.grc.nasa.gov/www/k12/discretionary/12/airplane/airplane.html>>.

OLIVEIRA, M. S. et al. **Aeronave de treinamento primário/básico: análise do sistema de instrução de vôo, dos fatores de engenharia e sua implicação nos requisitos de projeto de uma nova aeronave**. 2010. 140 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.

RAYMER, D. **Aircraft Design: A Conceptual Approach 2e**. [S.l.]: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 1992.

REZENDE, M. C. Fractografia de compósitos estruturais. **Polímeros**, SciELO Brasil, v. 17, n. 3, p. E4–E11, 2007.

ROSKAM, J. **Airplane Design: Part 5-Component Weight Estimation**. [S.l.]: DAR Corporation, 1985.

SANTOS-DUMONT, A. et al. **Alberto Santos-Dumont**. [S.l.]: Atlantic Presse-Photo, 1930.

SEBRAE. **NORMAS TÉCNICAS**: Entenda a importância da normalização para o seu negócio. SEBRAE, 2016. Acesso em 29 jun. 2019. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-a-importancia-da-normalizacao-para-o-seu-negocio,61498b88ba73e410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>.

Thiago Vinholes. **Por dentro do "nariz" do avião**: Tecnologia. Airway, 2016. Acesso em 08 de ago. de 2018. Disponível em: <<https://airway.uol.com.br/por-dentro-do-nariz-do-aviao/>>.

ANEXO A – FORMULÁRIOS

Os formulários necessários para as devidas certificações podem ser encontrados no site OFICIAL da ANAC. Durante a elaboração deste trabalho, o Formulário F-100-81 é referente à Lista de Tarefas de Fabricação e Montagem para aeronaves E-LSA, necessário para sua certificação (ANAC, 2012).