

# Comparação dos Requisitos de Suportabilidade com os de Aeronavegabilidade de um Sistema Aeroespacial Complexo

João Henrique Amorim de Almeida<sup>1</sup>, Cel. Dr. Fernando T. M. Abrahão<sup>2</sup>

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

**Resumo** – O cumprimento dos requisitos de um sistema aeroespacial complexo como a aeronave é fundamental para garantir um nível aceitável de segurança e também outros fatores relativos à suportabilidade, como confiabilidade e manutenibilidade. Porém, ainda faltam análises em ferramentas e metodologias para viabilizar e adequar o conceito de suportabilidade em aeronaves da Categoria Normal, bem como estudos que possam avaliar os impactos que a aplicação desse conceito poderá trazer aos fabricantes e operadores. Com isso, este artigo apresenta uma comparação dos Requisitos de Aeronavegabilidade utilizados pelas principais Autoridades de Aviação Civil Internacionais, dentre elas, a *Federal Aviation Administration - FAA*, a *European Aviation Safety Agency - EASA* e Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, com os requisitos de Suportabilidade do *Integrated Product Support - IPS* em todo o ciclo de vida, identificando os principais *inputs*, elementos, atividades e *outputs*. Com a análise comparativa dos requisitos nas fases do ciclo de vida, foi possível identificar a necessidade de aplicar o conceito de suporte concomitante ao processo de certificação, pois poderá impactar na maturidade do produto ao adentrar na fase de operação.

**Palavras-Chave** – Aeronavegabilidade, Suportabilidade, Categoria Normal.

## I. INTRODUÇÃO

A avaliação independente da conformidade dos produtos aeronáuticos por terceira parte, ou seja, a Certificação, foi a solução ao problema que se erguia frente aos desafios dos fabricantes e operadores de aeronaves civis, além de ser uma ferramenta governamental de supervisão à segurança dos usuários finais: os passageiros e demais clientes.

A certificação aeronáutica e seus desdobramentos têm como principal objetivo impedir que acidentes causados pelas mesmas falhas de projeto ocorram mais de uma vez. Em complemento, a certificação força a indústria aeronáutica a níveis adequados de confiabilidade e segurança (*safety*), utilizando-se de elaboradas ferramentas probabilísticas para mitigar potenciais problemas de projeto, sem inviabilizar, contudo, o uso comercial das aeronaves. Muitos desses potenciais problemas são tratados precocemente durante as fases de desenvolvimento e certificação, evitando a necessidade de recondiçamentos ou de pagamento de indenizações que tornariam a fabricação e operação aérea inexecutáveis. (Cristiane M. Z. Silva, 2018).

Toda a estrutura de requisitos necessários para a certificação da aeronavegabilidade pesquisada neste artigo é baseada em aeronaves que se enquadram na Categoria Normal do *Federal Aviation Regulation - FAR 23, Certification Specification - CS 23* e o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil - RBAC 23, em que limita o

escopo do projeto com uma configuração para 19 ou menos assentos para passageiros e peso máximo de decolagem em até 8.618 kg. Essa categoria de aeronave tem como propósitos de operação o treinamento de pilotos, transporte executivo e serviços aéreos especializados.

Os Requisitos de Suportabilidade pesquisados nesse artigo foram estabelecidos pelos conceitos do *Integrated Product Support - IPS, SX000i*.

Os requisitos de suportabilidade são aplicáveis em cada fase do ciclo de vida do Produto. Além disso, é essencial que esses requisitos sejam tratados junto ao desenvolvimento do produto. (SX000i, Issue No. 2.0, 2020).

Os requisitos de suportabilidade são determinados durante as fases iniciais do ciclo de vida, e a concepção dos principais elementos relacionados à missão dos produtos deve refletir o projeto para a suportabilidade. (SX000i, Issue No. 2.0, 2020).

Como não existe uma metodologia com o conceito de suporte direcionada as aeronaves da categoria Normal, este artigo tem a finalidade de comparar os requisitos e elementos de suportabilidade do IPS com a estrutura dos requisitos da aeronavegabilidade, mostrando as principais diferenças e influências bem como a importância da aplicação dos fatores de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade aos fabricantes e operadores, principalmente nas fases iniciais do ciclo de vida, a fim de identificar a viabilidade ao aplicar os conceitos de suporte já utilizados em projetos de aeronaves de grande porte.

Os grandes fabricantes de aviões comerciais e militares do mundo vieram nos últimos anos se adequando e tornando padrão todo o arcabouço da suportabilidade, pois se tornou requisito obrigatório do mercado, ou seja, os grandes operadores aéreos e militares tornaram-se exigentes para garantir que a aeronave mantenha-se disponível no maior período de tempo possível com custos minimizados.

No Brasil, essa importância da suportabilidade se dá pelo fato de empresas de aeronaves estar com processo de certificação de aeronavegabilidade em aberto e outras com pretensão de migrar para a categoria Normal do RBAC 23. Essas empresas não utilizam o conceito de suporte por não ser obrigatório e também por não ter a ciência dos seus impactos da sua aplicação. Sendo assim, esse problema pode ser resolvido por meio de pesquisas e estudos para propor uma adaptação e aplicação dos requisitos e elementos de suporte logístico para esse nicho de indústria e analisar como isso irá agregar na principal fase do ciclo de vida, a operação.

A Figura 1 ilustra o enquadramento dos requisitos de suportabilidade e aeronavegabilidade no ciclo de vida de uma aeronave da categoria Normal.



Fig.1: Influência dos Requisitos de Suportabilidade e Aeronavegabilidade nas fases do ciclo de vida de uma aeronave. Autor, 2021.

O conceito de ciclo de vida abordado nesse artigo, foi extraído de bibliografias específicas de sistemas complexos, como do SX000i, System Engineering Handbook e o General Aviation Aircraft Design. Estes possuem etapas similares do ciclo de vida, e com isso, foi possível realizar a comparação dos requisitos e atividades.

## II. CONCEITUAÇÃO

Requisito de aeronavegabilidade significa uma exigência governamental relativa ao projeto, materiais, processos de construção e fabricação, desempenho, qualidades de voo, sistemas e equipamentos de uma aeronave e seus componentes, visando garantir a segurança da operação. (ANAC, RBAC 01- Emenda nº 07, 2020).

Para cumprir com os requisitos de aeronavegabilidade de uma aeronave da categoria Normal do FAR 23, CS 23 e RBAC 23, é necessário um planejamento e análises nas fases iniciais do projeto, testes nas fases de produção e aplicação dos requisitos operacionais e de manutenção, para assim, garantir que a aeronave tenha uma conformidade do projeto e uma operação segura.

A Tabela 1 apresenta os regulamentos necessários da aeronavegabilidade de uma aeronave da categoria Normal do FAR 23, CS 23 e RBAC 23:

TABELA 1: REGULAMENTOS DE AERONAVEGABILIDADE APLICÁVEIS PARA AERONAVES DA CATEGORIA NORMAL. AUTOR, 2021.

<b>RBAC 21</b>	Requisitos do Produto e Produção
<b>RBAC 23</b>	Requisitos de Aeronavegabilidade
<b>RBAC 36</b>	Requisitos de Ruído
<b>RBAC 39</b>	Diretrizes de Aeronavegabilidade
<b>RBAC 43</b>	Requisitos de Manutenção
<b>RBAC 45</b>	Requisitos de Registro
<b>RBAC 145</b>	Requisitos de Oficinas de Manutenção
<b>RBAC 91</b>	Requisitos de Operação

Qualquer não cumprimento dos regulamentos apresentados Tabela 1 torna a aeronave não aeronavegável.

A capacidade de uma empresa em atender requisitos passa a ser uma lacuna a ser explorada, já que a certificação de projeto e produção dentro do contexto de fabricação de produtos aeronáuticos é item regulamentado e obrigatório para todos que desejam fabricar e comercializar esses produtos no Brasil e no exterior. (Fortes, CELS, Nunes, LENP, Lindgren, PCC. (2017).

Como esses requisitos são fator de entrada no mercado pelas Autoridades de Aviação Civil, as empresas colocam grandes esforços em mão de obra de engenharia e financeiros para cumprir com o mínimo requerido no arcabouço regulamentar e tentando reduzir os prazos de certificação, pois sem

ela, a empresa não consegue vender o seu produto e consequentemente não tem o faturamento esperado.

A ANAC com sua experiência em certificação de produtos aeronáuticos estima que um processo de certificação da aeronavegabilidade, dos requisitos do RBAC 23, dura de 3 a 5 anos para que a aeronave comece a ter sua maturidade aceitável no fator de segurança, isso após o requerimento inicial e no decorrer dos ensaios em voo até a emissão do Certificado de Tipo, conforme apresentado a na Figura 2 em um gráfico de própria ANAC.

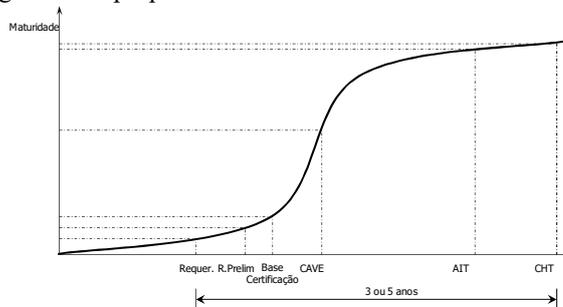


Fig. 2: Maturidade do projeto versus tempo, Apresentação de Curso Certificação de Projeto de Aeronave, ANAC, 2013.

Com esse anseio em certificar e vender logo, possivelmente a aeronave terá problemas na fase de operação, pois entregou um produto ao mercado sem atentar-se aos requisitos de suportabilidade e até mesmo os de aeronavegabilidade. Esse fato pode ser comprovado devido aos inúmeros processos de correções do projeto, dificuldades em serviço, custos excessivos de manutenção, dificuldades de manutenção e suporte técnico, modificação de itens para a operação e modificação necessária decorrente de panes e falhas em algum sistema, acidentes e incidentes.

O Suporte Integrado ao Produto – do inglês IPS - é um processo técnico e gerencial por meio do qual elementos do suporte logístico são planejados, integrados, adquiridos, implementados, testados e providos no tempo adequado e a custos sustentáveis. O objetivo é desenvolver soluções de suporte que minimizem custos enquanto atende aos requisitos operacionais de desempenho do sistema. (SX000i, Issue No. 2.0, 2020).

A Figura 3 ilustra que, um produto entregue maduro do ponto de vista da suportabilidade entra na fase de operação com maior nível de maturidade.

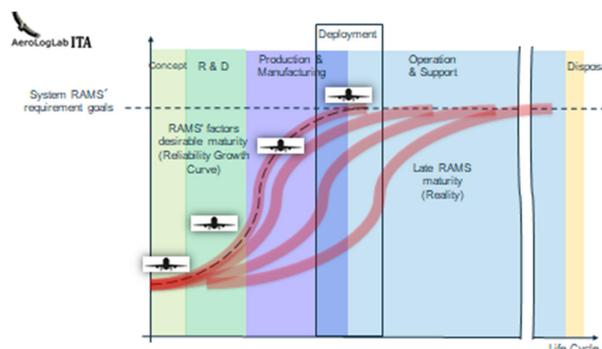


Fig. 3: Supportability Issues on the Deployment Phase, Abrahão, F.T.M.A. MB-249 Logística no Desenvolvimento, Aquisição, Serviço e Disposição de Sistemas Complexos, Classnotes.

Observa-se que a primeira curva, é quando o produto entrou em operação cumprindo com os requisitos de suportabilidade. Já as demais, apresentam um produto que

entrou na fase de operação com pouca ou sem maturidade da suportabilidade desde o início do ciclo de vida.

Com esse cenário, é notória a importância dos fabricantes de sistemas aeroespaciais complexos em estabelecer os conceitos sistêmicos do IPS e os requisitos de suportabilidade desde o início do ciclo de vida do projeto, realizando os planejamentos, implementações e testes necessários para a sua maturidade na fase de operação.

A abordagem do IPS estabelece doze elementos, no qual apresenta seus *inputs*, tarefas e *outputs*, que garantem a completude de um suporte eficaz nas fases do ciclo de vida.

A Tabela 2 apresenta os elementos de suporte necessários para o produto ao longo do ciclo de vida:

TABELA 2: ELEMENTOS DO ILS NAS FASES DO CICLO DE VIDA. ADAPTADA, ABRAHAO, F.T.M. IN: NOTAS DE AULA DE MB-249, LOGÍSTICA NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS COMPLEXOS - ITA PGCTE-G. 2017.

Elemento IPS	Conceitual	Desenvolvimento	Produção	Operação	Descarte
Manutenção	Conceitos, Modelos, Metodologias, Ferramentas, Tarefas, Requisitos e Problemas Típicos				
Suprimento					
Mão de Obra					
Ferramental					
Treinamento					
Dados Técnicos					
Rec. Computacionais					
Infra. e Instalações					
Operações Logísticas					
Eng. Sup. Continuado					
Influência no Design					
Ger. Sup. do Produto					

Os 12 elementos do IPS abrangem os conceitos, modelos, metodologias, ferramentas, tarefas, requisitos e problemas típicos, para garantir a integralidade dos processos nas fases do ciclo de vida de um sistema complexo.

Para realizar a análise dos requisitos é necessário um entendimento temporal de como a abordagem do IPS pode ser integrada no ciclo de vida do produto. Para isso, o IPS estabelece de forma abrangente os acontecimentos do processo, ou seja, a sequência de planejamento, implementação, gerenciamento e execução. Com isso, o IPS apresenta uma figura ilustrando o alto nível dos processos e como se relacionam entre os elementos e *outputs* do conceito de suporte. Além disso, na versão 2.0 do IPS, foi proposto um mapa dos elementos e atividades de forma temporal nas fases do ciclo de vida, assim, foi possível alocar em tabelas, apresentada nos resultados desse artigo, as tarefas e seus requisitos no ciclo de vida do produto necessários para a comparação com os requisitos de aeronavegabilidade, que servirão para iniciar estudos que possam contribuir para a aplicação desse conceito em aeronaves da categoria Normal.

### III.METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica no livro *General Aviation Aircraft Design – GAAD*, em que apresenta *tarefas técnicas nas fases do ciclo de vida*. Em seguida, foi realizado um estudo dos requisitos dos regulamentos aeronáuticos da categoria normal do RBAC 23 das principais Autoridades de Aviação Civil, FAA, EASA e ANAC. Por fim, foi pesquisado o conceito da abordagem da Suportabilidade apresentada no SX000i, com o intuito de trazer essa metodologia para outros sistemas aeroespaciais complexos.

Além disso, foi realizado uma comparação dos requisitos de Aeronavegabilidade com os requisitos de Suportabilidade em forma de tabela, mostrando as principais diferenças das tarefas e entregas em cada fase do ciclo de vida de uma aeronave da categoria Normal.

### IV.RESULTADOS

Nos resultados serão apresentados nas tabelas 3 a 7 uma comparação dos requisitos de aeronavegabilidade com os requisitos de suportabilidade nas fases do ciclo de vida aplicados a uma aeronave da categoria Normal do RBAC 23.

Inicialmente foi possível identificar com essa comparação já na fase conceitual que, os requisitos de suportabilidade têm uma abordagem estruturada que abrange itens importantes que irão auxiliar o decorrer do processo de certificação da aeronavegabilidade, tal como planos de infraestrutura, planos de ferramental, planos de manutenção e um plano de programa de todos os recursos computacionais. Um fator importante da suportabilidade em relação à aeronavegabilidade nessa fase é que, a primeira obtém o gerenciamento de suporte e a influencia no design como pilares que irão garantir um planejamento eficiente para as demais fases do projeto. Já a aeronavegabilidade aborda como o fabricante vai planejar o seu programa de certificação, a base de certificação e os elementos necessários de projeto conceitual para garantir a segurança do produto na fase de operação.

A tabela 3 apresenta a comparação dos requisitos na fase conceitual:

TABELA 3: COMPARAÇÃO DOS REQUISITOS DE SUPORTABILIDADE X AERONAVEGABILIDADE NA FASE CONCEITUAL, AUTOR. 2021.

FASE CONCEITUAL				
Requisitos de Suportabilidade		Requisitos de Aeronavegabilidade		
Elemento	Atividade	Output	Requisito	Output
[IPS]5.3 Gerenciamento de Suporte do Produto	Gerenciamento de Contrato	1- Management report 2- Support Contract	Projeto	1- Familiarização Técnica do Projeto
	Captura de requisitos de suporte do produto	1- Support concept		2- Base de certificação
		2- Usage Requirements Document (URD)		3- Plano de certificação
		3- Product Support Requirement		4- Processos de Certificação
		4- Operational Requirements		5- Plano de envolvimento da Autoridade
Desenvolver IPS Plan	1- IPS Plan	Produção, Manutenção, Operação, Mão de Obra, Ruído, Diretrizes e Registro	1- Plano de certificação	
Lições aprendidas	1- Lessons learned		2- Base de certificação	
[IPS]6.2 Influência no Design	Análise de RAMT	1- Support engineering reports	[GAAD] Tipo da aeronave	3- Processos de Certificação
	Executar LCC	1- LCC report	[GAAD] Missão	1- Análise de Projeto Conceitual
[IPS]7.1-Infra e Instalações	Análise de Instalações e Infra.	1- F&I plan	[GAAD] Tecnologia	1- Análise de Projeto Conceitual
[IPS]7.3 Ferramental	Análise de requisitos dos equip. de suporte	1- Support equipment plan	[GAAD] Estética	1- Análise de Projeto Conceitual
[IPS]5.2 Manutenção	Desenvolver Conceito de Manutenibilidade	1- Maintenance concept	[GAAD] Conforto e ergonomia	1- Análise de Projeto Conceitual
[IPS]6.1 Recursos Computacionais	Recursos computacionais para o Programa	1- IPS program computer resources plan	[GAAD]	1- Análise de Projeto Conceitual
		2- Technical data exchange document	[GAAD] Aerodinâmica	1- Análise de Projeto Conceitual

Na fase de desenvolvimento os requisitos de aeronavegabilidade são implementados para o projeto detalhado dos sistemas da aeronave, performance, aerodinâmica, sistemas de produção e manutenção, refinando e gerando relatórios de engenharia já visando os meios de cumprimento dos requisitos das autoridades aeronáuticas, enquanto que a suportabilidade atua de modo a suprir os recursos computacionais, infraestrutura, ferramental, engenharia de suporte continuado, manutenção, treinamentos, operações logísticas, mão de obra e dados técnicos.

Nessa fase de desenvolvimento do projeto os elementos de suporte recomendados pelo IPS podem auxiliar na implementação de outros recursos necessários para o êxito do projeto, ou seja, ele não foca só nos requisitos do produto, e sim em outros elementos para fornecer meios capazes de antecipar soluções, gerir tomadas de decisões e auxílio na execução do projeto, haja vista os *outputs* visando os planejamentos e relatórios, como o *IPS Computer Resource Plan, F&I Plan, Maintenance Plan, MTA report, PHST Plan,*

IPS Plan, Training Plan, Technical Data Package, Support Concept, dentre outros.

A tabela 4 apresenta como são abordados os requisitos de suportabilidade e aeronavegabilidade na fase de desenvolvimento.

TABELA 4: COMPARAÇÃO DOS REQUISITOS DE SUPORTABILIDADE X AERONAVEGABILIDADE NA FASE DE DESENVOLVIMENTO, AUTOR, 2021.

Requisitos de Suportabilidade			Requisitos de Aeronavegabilidade			
Elemento	Atividade	Output	Elemento	Requisito	Output	
[IPS]6.1 Recursos Computacionais	Gerenciamento de Recursos	1-IPS computer resources plan	[GAAD]Desenvolvimento detalhado de geometria	Design e Performance	Relatório de Engenharia	
	Computacionais para o Programa	2- Technical data exchange	[GAAD]Layout principais pontos de carga	Design e Performance	Relatório de Engenharia	
[IPS]6.2 Influência no Design	Executar análises de Rec. Computacionais	1-Computer resources plan	[GAAD]Estimativa de peso	Design e Performance	Relatório de Engenharia	
	Análise de RAMT	1- Support engineering reports	[GAAD]Detalhamento da missão	Design e Performance	Relatório de Engenharia	
	Executar LCC	1- LCC report	[GAAD]Performance	Design e Performance	Relatório de Engenharia	
[IPS]7.1 Infra e Instalações	Executar LSA	1- LSA database	[GAAD]Estabilidade e Controle	Design e Performance	Relatório de Engenharia	
	Análise de Instalações e Infraestrutura	1- F&I plan	[GAAD]Avaliação de caract. aerodinâmicas	Design e Performance	Relatório de Engenharia	
[IPS]5.2- Manutenção	Prover Infra e Instalações	1- F&I report	[GAAD]Avaliação de certificabilidade	Aeronavegabilidade	Rel. Cump. Req.	
	Desenvolver Conceito de Manutenibilidade	1- Maintenance concept	[GAAD]Avaliação da capacidade de missão	Operacional	Relatório de Engenharia	
	Análise de Nivel de Reparo	1- LORA report	[GAAD]Refinamento da Produtibilidade	Produção	Rel. Cump. Req.	
	Desenvolver Plano de Manutenção	1- Maintenance plan	[GAAD]Refinamento da Manutenção	Manutenção	Rel. Cump. Req.	
	Análise de Suportabilidade e Manutenção	1- Support. safety analysis	[GAAD]Estimativa preliminar de custos de	Custo de produção	Rel. Custo de Produção	
[IPS]7.2 Mão de Obra	Análise de D&PHM	1- MTA report	[GAAD]Prova de Conceito	Testabilidade	Relatório de Engenharia	
	Análise de D&PHM	1- Testability report	[GAAD]Projeto detalhado estruturas, sistemas, avionica	Design e Performance	Relatório de Engenharia	
[IPS]5.1 Operações Logísticas	Executar análise de mão de obra	1- Manpower and personnel	[GAAD]Estudo de tecnologias	Suprimentos	Relatório de Suprimentos	
[IPS]5.3 Gerenciamento de Suporte do Produto	Análise de requisitos PHST	1- PHST Plan	[GAAD]Negociações de subcontratados e fornecedores	Suprimentos	Relatório de Suprimentos	
	Gerenciamento de Contrato	1- Management report	[GAAD]Projeto de ferramentas (equip. e gabaritos)	Ferramental	Relatório de Engenharia	
	Cap tura de requisitos de suporte do produto	2- Support	1- Support concept	[GAAD]Projeto detalhado estrutural	Design e Performance	Relatório de Engenharia
		2- Requirements Document	2- Requirements Document	[GAAD]Projeto detalhado mecânico	Design e Performance	Relatório de Engenharia
		3- Product Support Requirement	3- Product Support Requirement	[GAAD]Projeto detalhado de avionica e eletrônica	Design e Performance	Relatório de Engenharia
4- Operational Requirements	4- Operational Requirements	[GAAD]Projeto detalhado de ergonomia	Design e Performance	Relatório de Engenharia		
Desenvolver IPS Plan	1- IPS Plan	[GAAD]Plano de Manutenção	Manutenção	Plano de Manutenção		
[IPS]5.4 Suprimentos	Fornecer dados de provisionamento	1- Provisioning data	[GAAD]Logística de materiais e equipamento	Suporte	Plano de Logística	
[IPS]7.3 Ferramental	Análise de requisitos dos equip. de suporte	1- Support equipment plan				
[IPS]6.3 Eng Suporte Continuado	Adequação operacional	1-Operational suitability report				
[IPS]6.4 Dados técnicos	Gerenciamento de descarte	1- Feedback data				
	Desenvolver pacote de dados técnicos	1- Technical data package				
[IPS]7.4 Treinamentos	Desenvolver publicações técnicas	1- Technical publications				
	Análise necessidade de treinamento	1- TNA report				
	Desenvolver plano de treinamento	1- Training plan				
	Implementação de treinamento	1- Training course report				

Na fase de produção, pode-se verificar que o conceito dos requisitos de aeronavegabilidade tem seu foco principal garantir um nível mínimo de segurança, no qual é validado através dos relatórios e testes em todos os sistemas da aeronave, processos de fabricação e qualidade.

No entanto, o requisito aeronáutico não explica como executar e quais os suportes necessários para garantir que ele foi cumprido no melhor método possível. Um exemplo disso são os testes estruturais da fuselagem, asa, e trem de pouso, em que necessitam de grandes equipamentos, ferramental, recursos computacionais, infraestrutura, suprimentos e treinamentos.

Outro teste muito complexo nessa fase é o ensaio em voo para a verificação do desempenho e características de voo da aeronave, em que necessita de um suporte ao treinamento dos pilotos e o *Flight Test Instrumentation – FTI* disponível para garantir que os dados técnicos do teste sejam validados de acordo com o requerido no FAR 23, CS 23 e RBAC 23.

Nessa fase pode-se verificar como o conceito de IPS poderá contribuir para implementar soluções e otimizar o demorado e custoso processo de certificação do projeto e produção, pois nessa etapa, os elementos do IPS já estariam implementados, estando aptos a serem executados, colocando em prática os *outputs* das tarefas de Gerenciamento de Recursos Computacionais, Execução do *Logistics Support Analysis - LSA*, Execução do *Life Cycle Cost - LCC*, Providencias de Infraestrutura, Melhorias de Manutenção, Análise de *Diagnostics, Prognostics and Health Management - D&PHM*, Gerenciamento de Configuração, Providencias de Ferramentais, Desenvolvimento de Publicações Técnicas, Implementação de Treinamentos, dentre outros.

Com isso, identifica-se que as atividades e elementos de suportabilidade estabelecidos na fase de produção apresentados no IPS poderão contribuir para que a aeronave consiga atingir sua maturidade e adentrar na fase de operação com maior nível de confiabilidade e otimizando a capacidade de suporte em paralelo ao processo de certificação da aeronavegabilidade.

A tabela 5 apresenta a comparação dos requisitos de suportabilidade com os de aeronavegabilidade na fase de produção.

TABELA 5: COMPARAÇÃO DOS REQUISITOS DE SUPORTABILIDADE X AERONAVEGABILIDADE NA FASE PRODUÇÃO, AUTOR, 2021.

FASE DE PRODUÇÃO				
Requisitos de Suportabilidade			Requisitos de Aeronavegabilidade	
Elemento	Tarefa	Output	Requisito	Output
[IPS]6.1 Recursos Computacionais	Gerenciamento de Recursos Computacionais para o Programa	1-IPS computer resources plan 2- Technical data exchange Computer resources report	[RBAC 23] 1-Voo;	Relatório de Ensaio em Voo
	Prover recursos computacionais	Computer resources report	[RBAC 23]1.1- Desempenho; [RBAC 23]1.2- Característica de voo;	Relatório de Ensaio em Voo
[IPS]6.2 Influência no Design	Executar LSA	1- LSA database	[RBAC 23]2-Estrutura;	Relatório de Ensaio Estrutural
	Executar LCC	1- LCC Report	[RBAC 23]2.1-Cargas estruturais;	Relatório de Análise e Ensaio Estrutural
[IPS]7.1 Infra e Instalações	Análise de Instalações e	1- F&I plan	[RBAC 23]2.2- Desempenho estrutural;	Relatório de Análise e Ensaio Estrutural
	Prover Infra e Instalações	1- F&I report	[RBAC 23]2.3-Projeto	Relatório de Análise e Ensaio Estrutural
[IPS]5.2- Manutenção	Desenvolver Plano de Manutenção	1- Maintenance plan	[RBAC 23]2.4-Projeto estrutural dos	Relatório de Análise e Ensaio Estrutural
	Análise de Suportabilidade e segurança	1-Support. safety analysis report	[RBAC 23]3- Projeto e Construção	Relatório de Análise e Ensaio do projeto e construção
	Desenvolver melhorias de Manutenção	Preventive maintenance task requirements	[RBAC 23]3.1-Sistema de Proteção do ocupante	Relatório de Análise e Ensaio SPO
	Análise de D&PHM	1- Testability report	[RBAC 23]3.2-Projeto contra fogo e alta energia;	Relatório de Análise e Ensaio PCF
[IPS]7.2 Mão de Obra	Executar análise de mão de obra	1-Manpower and personnel report	[RBAC 23]3.3-Proteção contra raios.	Relatório de Análise e Ensaio PCR
[IPS]5.3 Gerenciamento de Suporte do Produto	Gerenciamento de Contrato	1- Management report	[RBAC 23]4- Grupo moto propulsor	Relatório de Análise e Ensaio GMP
	Gerenciamento de Configuração - CM	1- Allowed configuration	[RBAC 23]5- Equipamentos	Relatório de Análise e Ensaio Equipamentos
	Gerenciamento de obsolescência	1- Obsolescence report	[RBAC 23]6-Interface com a tripulação de voo	Relatório de Análise e Ensaio de Tripulação
	Lições Aprendidas	1- Lessons learned database	[RBAC 21]1- Organização	Relatório de Sistema de Organização da Produção
[IPS]5.4 Suprimentos	Fornecer dados de provisionamento	1- Provisioning data	[RBAC 21]2-Sistema de Qualidade	Relatório de SGQ
	Prover suprimentos	1-Quotation and Provisioning order	[RBAC 21]3-Manual de Qualidade	Manual da Qualidade
[IPS]7.3 Ferramental	Prover equipamentos de suporte	Support equipment report	[RBAC 21]4- Loc. e Instalação de Fabricação	Manual da Qualidade
[IPS]6.4 Dados técnicos	Desenvolver pacote de dados técnicos	1- Technical data package	[RBAC 21]5-Inspeção e Ensaios	Relatório de Inspeção e Ensaios
	Desenvolver publicações técnicas	1- Technical publications	[RBAC 36] Testes Ruído	Relatório de Engenharia
[IPS]7.4 Treinamentos	Implementação de treinamento	1-Training course report	[GAAD] Rev. de projeto detalhado (estruturas, sistemas, aviónica)	Relatório de Engenharia
	Realizar treinamento	1- Courseware	[GAAD]Aplicação de tecnologias selecionadas	Relatório de Engenharia
			[GAAD]Projeto e fabricação de ferramentas	Relatório de Ferramental
			[GAAD]Fabricação de mock-up	Relatório de mock-up
			[GAAD]Fabricação e montagem	Relatório de Fabricação
			[GAAD]Procedimentos e refinamento da manutenção	Relatório de Engenharia

Na fase de operação, os requisitos de aeronavegabilidade são determinados para garantir as manutenções preventivas, corretivas e programadas, recursos de pessoal habilitados e qualificados, instalações, ferramentas, materiais, regras de voo, operações, diretrizes e registro. Nessa fase, as Autoridades de Aviação Civil fiscalizam a manutenção da aeronavegabilidade diretamente nos operadores e oficinas de manutenção.

É nessa fase também que ocorrem problemas operacionais, materiais e aumento de custos, devido à baixa maturidade do projeto, conforme apresentado na Figura 03, das curvas de entrada em operação. Com isso, os elementos do IPS, como a engenharia de suporte continuado com suas análises operacionais, o gerenciamento de suprimentos e estoques, as atividades de manutenção, influência no *design* e o gerenciamento de suporte do produto, que se adequados para as aeronaves da categoria Normal, podem contribuir em um enquadramento técnico e colocando em prática *outputs* essenciais como o *Level of Repair Analysis – LORA* e o *Life Cycle Cost – LCC*, dentre outros, que poderão elevar os níveis de disponibilidade, manutenibilidade e confiabilidade

esperada nessa fase do ciclo de vida junto ao fator de segurança dos requisitos de aeronavegabilidade.

A tabela 6 apresenta a comparação dos requisitos de suportabilidade com os requisitos de aeronavegabilidade na fase operação.

TABELA 6: COMPARAÇÃO DOS REQUISITOS DE SUPORTABILIDADE X AERONAVEGABILIDADE NA FASE DE OPERAÇÃO, AUTOR, 2021.

FASE DE OPERAÇÃO				
Requisitos de Suportabilidade			Requisitos de Aeronavegabilidade	
Elemento	Tarefa	Output	Requisito	Output
[IPS]6.2 Influência no Design	Executar LSA	1- LSA database	[RBAC 65]1-Habilitações	Habilitação técnica
	Executar LCC	1- LCC Report	[RBAC 65]2-Requisitos de conhecimentos teóricos	Relatório de Conhecimentos Teóricos
[IPS]7.1 Infra e Instalações	Prover Infra e Instalações	1- F&I report	[RBAC 65]3-Requisitos de experiência prática	Relatório de Experiência Prática
[IPS]5.2-Manutenção	Realizar tarefas de manutenção	1- Maintenance report 2- Feedback data	[RBAC 65]4-Requisito de habilidade	Relatório de Habilidade
[IPS]5.3 Gerenciamento de Suporte do Produto	Gerenciamento de Contrato	1- Management report 2- Support Contract	[RBAC 43]1-Grandes Alterações, grandes reparos e manutenção preventiva;	1-Relatório de Grandes Modificações, reparos e manutenção preventiva 2-Manual de Manutenção
	Plano de IPS	1- IPS Plan	[RBAC 43]2-Registro de grandes reparos e grandes alterações;	Registro de Grandes reparos
	Gerenciar atividades IPS em serviço	1- Management reports (in-service)	[RBAC 43]3-Inspeção Anual e Inspeção de 100 horas;	1- RCVA / CVA 2-Relatório 100 H
	Gerenciamento de Configuração - CM	1- Allowed configuration	[RBAC 145]4- Instalações, recursos, equipamentos, ferramentas, materiais e	Manual de Organização de Manutenção - MOM
[IPS]5.4 Suprimentos	Gerenciamento de obsolescência	1- Obsolescence report	[RBAC 145]5- Pessoal	Manual de Organização de Manutenção - MOM
	Lições Aprendidas	1- Lessons learned database	[RBAC 145]6- Regras de operação	Manual de Organização de Manutenção - MOM
	Desempenho da frota	1- Fleet performance report	[RBAC 91]1-Regras de voo;	Itens de Manual de Operação
	Fornecer dados de provisionamento	1- Provisioning data	[RBAC 91]2-Requisitos de Equipamento e	Itens de Manual de Operação
[IPS]5.4 Suprimentos	Realizar fornecimento de materiais	1-Quotation and Provisioning order	[RBAC 91]3-Operações especiais de voo	Itens de Manual de Operação
	Gerenciamento de estoque	1- Inventory reports	[RBAC 91]4-Manutenção preventiva;	Registro e Manutenção conforme (Reg. 43)
	Gerenciamento de garantias	1- Warranty reports 2- Initial Provisioning List (IPL) 3- Spare Parts List	[RBAC 91]5-Requisitos operacionais de ruído;	Relatório Operacional e Itens de Manual de Operação
	Fornecer disposição de eng. e recomendar alterações de design	1- Engineering change request	[RBAC 91]6- Aeronavegabilidade Continuada;	Programa de Aeronavegabilidade Continuada
[IPS]6.3 Eng. Suporte Continuado	Realizar análises técnicas de eng.	1-Feedback information Específica	[RBAC 91]7-Operação Específica	Itens de Manual de Operação
	Gerenciamento de descarte	1- Feedback data	[RBAC 39]1-Diretrizes de aeronavegabilidade;	Emissão de D.A
			[RBAC 45]1-Identificação da aeronave;	Registro de Marcas de Nacionalidade
			[FAR/CS/RBAC 45]2- Marcas de Nacionalidade	Registro de Marcas de Nacionalidade

Já as diferenças das fases de descarte são poucas, pois ambas estabelecem conceitos de retiradas de materiais, sempre se atentando as leis governamentais para o descarte correto dos itens. A diferença é que o IPS mantém um gerenciamento estruturado de suprimentos, controle das necessidades requeridas para o descarte no estoque, bem como a sua base de dados de lições aprendidas no gerenciamento de suporte. Com isso, os elementos do IPS podem auxiliar para estruturar um gerenciamento de descarte eficiente dos resíduos e outros itens que chegaram ao fim de vida, assim contribuindo tanto aos operadores como a fator ambiental.

A tabela 7 indica como são abordados os requisitos de descarte de suportabilidade e os de aeronavegabilidade na fase de descarte.

TABELA 7: COMPARAÇÃO DOS REQUISITOS DE SUPORTABILIDADE X AERONAVEGABILIDADE NA FASE DE DESCARTE, AUTOR, 2021.

FASE DE DESCARTE				
Requisitos de Suportabilidade			Requisitos de Aeronavegabilidade	
Elemento	Tarefa	Output	Requisito	Output
[IPS]6.2 Influência no Design	Executar LCC	1- LCC Report	[RBAC 43]1-Destinação e descarte de materiais e peças irre recuperáveis;	Plano de Descarte
[IPS]5.3 Gerenciamento de Suporte do Produto	Gerenciamento de Contrato	1- Management Rep.	[RBAC 145]2- Descarte das publicações técnicas	Plano de Descarte
	Lições Aprendidas	1- Lessons learned database		
[IPS]5.4 Suprimentos	Gerenciamento de estoque	1- Inventory reports		
[IPS]6.3 Eng. Suporte Continuado	Gerenciamento de descarte	1- Feedback data		

## V. CONCLUSÃO

Conforme abordado anteriormente, o conceito dos requisitos de aeronavegabilidade tem seu principal foco garantir um nível mínimo de segurança, desde o projeto até a sua operação, conforme estabelecido nos regulamentos compulsórios das Autoridades de Aviação Civil.

Com os resultados apresentados pela comparação dos requisitos de aeronavegabilidade com os de suportabilidade nas fases conceitual, desenvolvimento, produção, operação e descarte, identifica-se uma necessidade de recomendação de implementação do conceito de suporte apresentado na abordagem do IPS, para que os fabricantes de aeronaves da categoria Normal consigam otimizar a maturidade logística concomitante aos processos de aeronavegabilidade ao longo do ciclo de vida. Essa melhoria da maturidade já foi validada pelos principais fabricantes e operadores de aeronaves de grande porte civis e militares, uma vez que esses já utilizam o conceito de suporte proposto pelo IPS.

Mas para essa implementação, é necessária uma adequação da estrutura do IPS para verificar quais requisitos, atividades, *inputs* e *outputs* serão aplicáveis e não aplicáveis, pois o nível de complexidade dos sistemas e processos de uma aeronave certificada no RBAC 23 é menor do que uma aeronave de grande porte certificada no RBAC 25.

Com isso, verifica-se a importância do fabricante que se enquadre na categoria Normal do RBAC 23, em estabelecer os conceitos e requisitos de suportabilidade no início do ciclo de vida do projeto, pois mesmo eles não sendo obrigatórios para o processo de certificação, poderão ter um impacto positivo na maturidade do produto, assim elevando os níveis de manutenibilidade, disponibilidade e confiabilidade, além de reduzir os custos operacionais para os operadores privados, escolas de aviação civil e operadores de serviços aéreos especializados.

Com essa análise da importância e influências da suportabilidade no ciclo de vida de sistemas complexo como a aeronave, tornam-se necessários pesquisas futuras e experimentos envolvendo a indústria e instituições acadêmicas, para modelar uma estrutura de suporte logístico viável e capaz de atender a esse nicho de aeronaves, e com isso, validar os ganhos que esse conceito de suporte poderá trazer aos fabricantes, operadores e mantenedores, e como impactará no tempo e custos do processo de certificação e na fase de operação.

## REFERÊNCIAS

- [1] Cristiane, M.Z.S. (INPE), Guilherme M.S. (DCTA/IFI), Marcelo, L.O.S. (INPE), (2018) Sumarização do Processo de Certificação de Tipo da Aeronáutica Brasileira.
- [2] ASD/AIA SX000i, issue 2.0, International Specification for Integrated Product Support (IPS), (2020).
- [3] Fortes, CELS, Nunes, LENP, Lindgren, PCC. (2017) A Contribuição da Certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade no Cumprimento dos Requisitos de Aeronavegabilidade Estabelecidos na Aviação Civil. Revista Conexão Sipaer, Vol. 8, No. 1, pp. 41-48.
- [4] Abrahão, F.T.M.; Mata Filho, J.N.; Duarte, L.P.N.; Mesquita, A.C.P. DEVELOPMENT OF THE AEROLOGLABTOOL®. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19., 2019, Rio de Janeiro, RJ. Anais [...]. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019.
- [5] Gerencia Geral de Certificação de Produto Aeronáutico, Superintendência de Aeronavegabilidade, ANAC, Apresentação Curso Familiarização em Aeronavegabilidade - Certificação de Projeto de Aeronave, 2013.
- [6] Snorri Gudmundsson, BScAE, MScAE, GENERAL AVIATION AIRCRAFT DESIGN: APPLIED METHODS AND PROCEDURES, (2014).
- [7] Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 01: Definições, regras de redação e unidades de medida para uso nos normativos da ANAC. Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-01/@@display-file/arquivo\\_norma/RBAC01EMD07.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-01/@@display-file/arquivo_norma/RBAC01EMD07.pdf)>
- [8] Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 21: Certificação de produto e artigo aeronáuticos. Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-021-emd-05/@@display-file/arquivo\\_norma/RBAC21EMD06.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-021-emd-05/@@display-file/arquivo_norma/RBAC21EMD06.pdf)>
- [9] Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 23: Requisitos de aeronavegabilidade: aviões categoria normal. Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-023/@@display-file/arquivo\\_norma/RBAC23EMD64.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-023/@@display-file/arquivo_norma/RBAC23EMD64.pdf)>
- [10] Federal Aviation Administration (FAA). Code of Federal Regulations, Title 14: Federal Aviation Regulation: Airworthiness Standards: Normal Category Airplanes – FAR 23. Disponível em: <<https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=685dc1ae97ae3f5e5569e47880fab01e&mc=true&node=pt14.1.23>>
- [11] European Aviation Safety Agency – EASA. Certification Specifications for Normal Category Aeroplanes – CS 23. Disponível em: <[https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cs-23\\_amendment\\_5\\_-\\_amc\\_gm\\_to\\_cs-23\\_issue\\_3\\_0.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cs-23_amendment_5_-_amc_gm_to_cs-23_issue_3_0.pdf)>
- [12] ANAC, Empresas Certificadas na Categoria ALE, 2020. Disponível em: <[https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/AvGeral/ProcessoH03/ALE\\_L\\_SA.pdf](https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/AvGeral/ProcessoH03/ALE_L_SA.pdf)> Acesso em: 22/06/2021.
- [13] Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 25: Requisitos de Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Transporte. Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-025/@@display-file/arquivo\\_norma/BAC25EMD136.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-025/@@display-file/arquivo_norma/BAC25EMD136.pdf)>
- [14] System Engineering Handbook, version 3, INCOSE-TP-2003-002-03, (2006).