



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21d/2021/12.02.20.51-TDI

## PROPOSTA DE MÉTODO DE SELEÇÃO E DE ADAPTAÇÃO DE REQUISITOS DE GARANTIA DE PRODUTO PARA DIFERENTES CLASSES DE MISSÃO

Inaldo Soares de Albuquerque

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelos Drs. Maurício Gonçalves Vieira Ferreira, Leonel Fernando Perondi, e Alirio Cavalcanti de Brito, aprovada em 10 de novembro de 2021.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/45T5G52>>

INPE  
São José dos Campos  
2021

**PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)  
Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
CEP 12.227-010  
São José dos Campos - SP - Brasil  
Tel.:(012) 3208-6923/7348  
E-mail: pubtc@inpe.br

**CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):**

**Presidente:**

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

**Membros:**

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação (CPG)  
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)  
Dr. Rafael Duarte Coelho dos Santos - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)  
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

**BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon  
Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

**REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

**EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21d/2021/12.02.20.51-TDI

## PROPOSTA DE MÉTODO DE SELEÇÃO E DE ADAPTAÇÃO DE REQUISITOS DE GARANTIA DE PRODUTO PARA DIFERENTES CLASSES DE MISSÃO

Inaldo Soares de Albuquerque

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelos Drs. Maurício Gonçalves Vieira Ferreira, Leonel Fernando Perondi, e Alirio Cavalcanti de Brito, aprovada em 10 de novembro de 2021.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/45T5G52>>

INPE  
São José dos Campos  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Albuquerque, Inaldo Soares de.

Al15p Proposta de método de seleção e de adaptação de requisitos de garantia de produto para diferentes classes de missão / Inaldo Soares de Albuquerque. – São José dos Campos : INPE, 2021. xxv + 289 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21d/2021/12.02.20.51-TDI)

Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2021.

Orientadores : Drs. Maurício Gonçalves Vieira Ferreira, Leonel Fernando Perondi, e Alirio Cavalcanti de Brito.

1. Satélite. 2. Pequeno porte. 3. Médio porte. 4. Requisitos de garantia do produto. I.Título.

CDU 629.78:658.562.4

---



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**  
Serviço de Pós-Graduação - SEPGR

**DEFESA FINAL DE TESE DE INALDO SOARES DE ALBUQUERQUE**  
**BANCA Nº 260/2021, REG 1493258/2016.**

No dia 10 de novembro de 2021, às 14h30min, por teleconferência, o(a) aluno(a) mencionado(a) acima defendeu seu trabalho final (apresentação oral seguida de arguição) perante uma Banca Examinadora, cujos membros estão listados abaixo. O(A) aluno(a) foi APROVADO(A) pela Banca Examinadora, por unanimidade, em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Doutor em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais.

**Título: "Proposta de Método de Seleção e de Adaptação de Requisitos de Garantia de Produto Para Diferentes Classes de Missão"**

**Observações da banca:** Todas as sugestões e correções serão enviadas ao aluno pelos membros da banca, sendo os orientadores responsáveis pela supervisão e implementação das referidas correções quando aplicáveis.

**Membros da banca:**

Dr. Jose Osvaldo Rossi - Presidente - INPE

Dr. Mauricio Goncalves Vieira Ferreira – Orientador – INPE

Dr. Leonel Fernando Perondi – Orientador – INPE

Dr. Alirio Cavalcanti de Brito – Orientador – INPE

Dr. Adalberto Coelho da Silva Junior - Membro Interno -INPE

Dr. José Eduardo May - Membro Interno -INPE

Dr. Irineu dos Santos Yassuda - Membro Externo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP

Dra. Claudia Celeste Celestino de Paula Santos – Membro Externo - Universidade Federal do ABC - UFABC



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Goncalves Vieira Ferreira, Coordenador de Rastreamento, Controle e Recepção de Satélites**, em 18/11/2021, às 09:40 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Osvaldo Rossi, Pesquisador Titular**, em 18/11/2021, às 09:51 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Eduardo May, Tecnologista**, em 18/11/2021, às 10:24 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leonel Fernando Perondi, Pesquisador Titular**, em 18/11/2021, às 10:54 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **ADALBERTO COELHO DA SILVA JUNIOR (E), Usuário Externo**, em 18/11/2021, às 11:44 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Alirio Cavalcanti de Brito (E), Usuário Externo**, em 18/11/2021, às 13:18 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **irineu dos santos yassuda (E), Usuário Externo**, em 18/11/2021, às 18:53 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Cláudia celeste celestino de paula santos (E), Usuário Externo**, em 20/11/2021, às 15:46 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <http://sei.mctic.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **8445432** e o código CRC **36F324F2**.

---

*“Uma não conformidade só aconteceu, porque o processo permitiu!” Ter um processo padronizado e executado com muita atenção, evita erros no produto. É por isso que a qualidade do processo é essencial para prevenir que erros aconteçam no produto ou no serviço.*





## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela oportunidade, circunstâncias favoráveis e recursos necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus orientadores, Drs. Alirio Cavalcanti de Brito, Leonel Fernando Perondi e Mauricio Goncalves Vieira Ferreira pela dedicação na orientação desta tese, bem como pelos comentários elucidativos sobre os quais o trabalho foi desenvolvido, pela atenção e pelo incentivo manifestado ao longo de toda a sua execução.

Agradeço aos professores Dr. Adalberto Coelho da Silva Jr, Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza pelo incentivo e apoio, e também a Doutoranda Priscila Renata Barros Cardoso pelas indicações e sugestões de abordagens mais apropriadas aos assuntos desta tese.

Tenho muito orgulho de citá-los como responsáveis pela minha formação e agradeço pela confiança, pela amizade e conselhos. São exemplos de simplicidade, compreensão e competência e admirados por todos, pela dedicação e amor ao trabalho. Vocês são muito importantes na contribuição para a sistematização e disseminação do conhecimento no Brasil.

Agradeço à minha família, especialmente à minha esposa, Walkyria, pela compreensão das ausências nos encontros com filhos e netos, assim como pelo constante apoio e incentivo nos momentos de dificuldades e perseverança em prosseguir com o trabalho;

Por fim, gostaria de registrar um agradecimento especial ao nosso Pai Eterno pelo dom da vida, por ter me abençoado todos os dias e pelas possibilidades reservadas a todos nós, pelos momentos de inspiração e força e por iluminar meu caminho seguindo sempre em frente.



## RESUMO

O presente trabalho objetiva propor um método de seleção e adaptação de requisitos da garantia do produto para diferentes classes de missão espacial com o potencial de proporcionar ganhos em termos de tempo de fabricação, escopo e custo, tendo como premissa a não agregação de risco técnico adicional à missão. Propõe-se uma abordagem em que, essencialmente, missões sejam classificadas em classes de risco de missão, conforme a margem aceita para o risco de execução do projeto, e que requisitos pertencentes a diferentes disciplinas de garantia do produto sejam alocados a cada uma destas classes, tendo como referência as características das missões associadas a cada classe de missão. O método compreende, assim, dois exercícios de classificação: (a) classificação de missões espaciais em classes de missões e (b) seleção, adaptação e alocação de requisitos de qualidade a diferentes classes de missão. Propõe-se que a primeira classificação seja realizada por especialistas na área espacial e com conhecimento em engenharia de sistemas, para uma nova missão, fazendo uso do método de classificação AHP-Sort e tendo como entrada informações disponíveis tipicamente nas fases A e B do ciclo de vida do projeto. A segunda classificação trata da seleção, adaptação e alocação de requisitos de qualidade a diferentes classes de missão. Propõe-se que a ordenação e ranqueamento de requisitos seja efetuada através do Método de Borda, com adaptações para a finalidade desejada. Este método permite a ordenação e ranqueamento dos requisitos de qualidade, por meio da utilização de questionários aplicados a especialistas, resultando na indicação de quais requisitos são propostos para cada classe. Quanto à classificação de missões, propõe-se a adaptação de um arcabouço de classificação utilizado pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) para a classificação de risco de cargas úteis, com quatro classes. Espera-se que a aplicação do método a um dado projeto possibilite reduções de escopo, custo e tempo, sem que haja comprometimento dos objetivos técnicos da missão.

Palavras-chave: Satélite. Pequeno porte. Médio porte. Requisitos de garantia do produto.



## **METHOD OF SELECTION AND ADAPTATION OF PRODUCT WARRANTY REQUIREMENTS FOR DIFFERENT CLASSES OF MISSION**

### **ABSTRACT**

The present work aims at proposing a method for the selection and adaptation of product warranty requirements for different class of space missions, with the potential to provide gains in terms of manufacturing time, scope, and cost, having as a premise the non-aggregation of additional technical risk to the mission. An approach is proposed in which, essentially, missions are classified into mission risk classes, according to the accepted risk exposure of the project execution, and that requirements belonging to different product assurance disciplines are allocated to each of these classes, having as reference the characteristics of each mission class. The method thus comprises two classification exercises: (a) a classification of space missions into mission classes and (b) the selection, adaptation and allocation of quality requirements for different mission classes. It is proposed that the first classification be carried out by specialists for each new mission, using the AHP-Sort classification method and having as input the information typically available in phases A and B of the project life cycle. The second classification deals with the selection, adaptation and allocation of quality requirements to different mission classes. It is proposed that the ordering and ranking of requirements be carried out using Borda's Method, with adaptations for the desired purpose. This method allows the ordering and ranking of quality requirements through the use of questionnaires applied to experts, resulting in the indication of which requirements are proposed for each class. As for the classification of missions, it is proposed to adapt a classification framework used by the National Aeronautics and Space Administration (NASA) to classify payload risk, with four classes. It is expected that the application of the method to a given project will allow reductions in scope, cost, and time, without compromising the technical objectives of the mission.

Keywords: Satellite. Small Satellite. Midsize Satellite. Product assurance requirements.



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1.1 - Triângulo de Projeto ou de Restrições. ....	5
Figura 1.2 Importância da Qualidade no Triângulo de Projeto ou Restrições. ...	6
Figura 1.3 - Organização do Trabalho.....	8
Figura 4.1- Ciclo de vida de um projeto na área espacial, segundo ECSS-M-ST-10C.....	108
Figura 4.2 – Exemplo de Matriz de Conformidade ( <i>Compliance Matrix</i> ), típica do processo de adaptação de requisitos preconizado em padrões NASA.....	120
Figura 4.3 - Processo de adaptação e seleção de requisitos atualmente recomendado pela ECSS (1/2).....	126
Figura 4.4- Processo de adaptação e seleção de requisitos atualmente recomendado pela ECSS (2/2).....	127
Figura 4.5 - A indústria de satélites no contexto de receitas globais em todo o mundo. ....	130
Figura 4.6 – Imagem da Câmera (WFI – Wide Field Imager) do satélite CBERS-4 no dia 4 de Outubro de 2015, antes do desastre de Mariana (MG). .....	136
Figura 4.7 - Imagem do satélite Landsat-8 depois do desastre de Mariana, no dia 12 de novembro de 2015. ....	137
Figura 6.1- Estrutura hierárquica analítica do problema.....	165
Figura 6.2- Processo AHP-Sort. ....	167
Figura 6.3 - Perfis Limitantes das Classes para cada critério.....	168
Figura 6.4 - Hierarquia apresentada pelo software Super Decisions. ....	170
Figura 6.5 - Comparação par-a-par dos critérios, utilizando o software Super Decisions (1-2). ....	171
Figura 6.6- Comparação par a par dos critérios, utilizando o software Super Decisions (2-2). ....	172
Figura 6.7- Fluxograma do fluxograma do método de Borda para ordenação de requisitos. ....	181





## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 3.1 – Disciplinas da Garantia do Produto, segundo o padrão ECSS....	20
Tabela 3.2 - Principais diretivas de Gerenciamento da Garantia do Produto em um programa/projeto, conforme o documento ECSS-Q-ST-10C (ECSS, 2016). A numeração identifica correspondentes seções do documento. ....	22
Tabela 3.3 – Classes de requisitos da disciplina de Garantia da Qualidade e breve descrição de elementos e atividades correspondentes a cada classe, conforme o Padrão ECSS. A numeração identifica correspondentes seções do documento <i>ECSS-Q-ST-20C Rev.1 Space product assurance - Quality assurance</i> . (ECSS, 2018b).....	23
Tabela 3.4 – Definições de trabalho crítico e trabalho complexo, e diretivas de qualidade, conforme padrões da NASA. ....	25
Tabela 3.5 – Escopo do documento de implementação do Sistema de Gestão da Qualidade do Centro NASA Langley Research Center, com numeração de seções e subseções conforme o documento. ....	27
Tabela 3.6 - Definições de Garantia da Qualidade e de Garantia do Produto, no âmbito dos padrões ECSS e NASA. ....	29
Tabela 3.7 – Correspondência entre classes de requisitos da disciplina de garantia da qualidade, conforme o padrão ECSS, e requisitos para sistemas de garantia da qualidade, como preconizado no âmbito da norma AS9100. A numeração identifica correspondentes seções dos documentos referenciados. ....	31
Tabela 3.8 – Comparação entre as disciplinas de Garantia do Produto definidas no âmbito do padrão ECSS e as disciplinas inferidas a partir do documento de Garantia do Produto do Langley Research Center - NLRC.....	36
Tabela 3.9 – Comparação detalhada entre os escopos das disciplinas de Dependabilidade, segundo o padrão ECSS, e Garantia de Design, segundo o padrão NRLC. ....	39
Tabela 3.10 – Comparação detalhada entre os escopos relativos ao tema “aquisições”, segundo os padrões ECSS e NRLC .....	43

Tabela 3.11 - Comparação entre os escopos das disciplinas de Garantia de Qualidade segundo os padrões ECSS e Langley-NASA. ....	46
Tabela 3.12 – Processos de Controle de Garantia da Qualidade, conforme o Padrão ECSS. ....	53
Tabela 3.13 – Requisitos de garantia da qualidade para o <i>design</i> de sistemas espaciais, conforme o padrão ECSS. ....	54
Tabela 3.14 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de verificação, conforme o padrão ECSS. ....	55
Tabela 3.15 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de aquisições, conforme o padrão ECSS. ....	57
Tabela 3.16 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de fabricação, montagem e integração, conforme o padrão ECSS. ....	61
Tabela 3.17 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de testes, conforme o padrão ECSS. ....	67
Tabela 3.18 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de aceitação e entrega, conforme o padrão ECSS. ....	69
Tabela 3.19 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades para equipamentos de suporte de solo (GSE), conforme o padrão ECSS. ....	71
Tabela 3.20 - Caracterização dos requisitos de Programa de dependabilidade conforme o Padrão ECSS. ....	75
Tabela 3.21 – Caracterização da engenharia de dependabilidade conforme o Padrão ECSS. ....	78
Tabela 3.22 – Caracterização dos requisitos do programa de Segurança conforme o Padrão ECSS. ....	88
Tabela 3.23 – Gerenciamento de programas de componentes Classe 1, conforme o Padrão ECSS. ....	95
Tabela 3.24 – Requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP), conforme o Padrão ECSS. ....	100
Tabela 3.25 – Implementação do programa de garantia de produto de software, conforme o Padrão ECSS. ....	105
Tabela 4.1 - Principais tipos de requisitos encontrados em programas e projetos, conforme os padrões NASA. ....	118

Tabela 4.2 - Características típicas de pequenos satélites não geoestacionários .....	132
Tabela 4.3 - Descrição de classes de missão definidas pela NASA, para a classificação de missões e cargas úteis.....	138
Tabela 4.4 - Objetivos de Garantia de Segurança e de Missão, por área de conhecimento de SMA e caracterização .....	139
Tabela 4.5 – Objetivos de Garantia de Segurança e Missão (SMA) correspondentes às Classes de Missão A, B, C e D.....	143
Tabela 4.6 - Exemplo de avaliação de uma missão .....	152
Tabela 4.7 - Objetivos de Garantia de Segurança e de Missão (SMA) por disciplinas e área de conhecimento. ....	152
Tabela 5.1 - Classificação conforme a massa, apresentada por Pessotta (2018). colunas 1 e 2 e classificação proposta nesta pesquisa (coluna 3).....	159
Tabela 5.2- Mapeamento dos requisitos do produto .....	162
Tabela 6.1 - Definição dos principais requisitos de satélites de acordo com Aerospace, (2011).....	166
Tabela 6.2 - Satélites em estudo.....	167
Tabela 6.3 - Escala fundamental de Saaty.....	170
Tabela 6.4 - Valores para os julgamentos.....	172
Tabela 6.5 - Exemplo de julgamento .....	173
Tabela 6.6 - Julgamentos dos critérios em relação ao limitantes.....	174
Tabela 6.7 - Avaliação para Classificação dos satélites.....	175
Tabela 6.8- Requisitos das disciplinas da Garantia do Produto .....	177
Tabela 6.9 - Exemplo fictício do Método de Borda.....	179
Tabela 6.10 - Escala qualitativa de risco do objetivo da missão .....	183
Tabela 6.11 - Principais requisitos da disciplina Garantia da Qualidade.....	184
Tabela 6.12 - Avaliação dos principais requisitos da disciplina Garantia da Qualidade por avaliadores.....	186
Tabela 6.13 - Resultado da Garantia da Qualidade e as respectivas classes. ....	187
Tabela 6.14 - Requisitos da disciplina dependabilidade.....	187

Tabela 6.15 - Avaliação dos principais Requisitos de Dependabilidade por avaliadores.....	188
Tabela 6.16 - Resultado os requisitos de dependabilidade e as respectivas classes.....	189
Tabela 6.17 - Requisitos de Segurança .....	189
Tabela 6.18 - Avaliação dos principais Requisitos de Segurança por Avaliadores.....	190
Tabela 6.19 - Resultado dos Requisitos de Segurança e as respectivas classes.....	191
Tabela 6.20 - Requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos - EEE .....	191
Tabela 6.21 - Requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos por avaliadores .....	192
Tabela 6.22 - Resultado dos Requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e as respectivas classes.....	193
Tabela 6.23 - Requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos .....	193
Tabela 6.24 – Avaliação dos Requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos, por Avaliadores.....	194
Tabela 6.25 - Resultado dos requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos e as respectivas classes.....	195
Tabela 6.26 - Requisitos de Garantia de Produto de Software .....	195
Tabela 6.27 – Avaliação dos Requisitos de Garantia do produto de Software por Avaliadores .....	196
Tabela 6.28 – Resultados do requisitos de Garantia do produto de Software – e as respectivas classes. ....	197
Tabela A.1 - Tabela para avaliação e customização de Requisitos de Qualidade .....	213

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	Processo Hierárquico Analítico
AHP-Sort	Uma variante do AHP, usada para a classificação de alternativas em categorias ordenadas predefinidas.
AMAZÔNIA-1	Satélite fabricado e lançado pelo INPE
ANP	Analytic Network Process
AR	Revisão de Aceitação
AR	Acceptance Review
C&M	confiabilidade e manutenibilidade
CC	Controle da Configuração
CCB	Comitê de Controle da Configuração
CCBs	comites de revisão de não conformidade (NRBs),
CDR	Revisão de Projeto Crítica
CDR	<i>Critical Design Review</i>
COTS –	comercial off-the-shelf),
CRM	Gestão de Risco Contínua
CSC	Contabilização do Status da Configuração
Desvios	Pedido para autorizar o não cumprir o requisito
Detritos orbitais	Satélites ou fragmentos de satélites enviados que não tem mais utilidade

DRD	Definição de requisitos de documentos
ECSS	European Cooperation for space standardization
EEE	Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos
EIDP	Pacote de dados do item final
EQUARS	Satélite missão científica do INPE
ESD	Descarga eletroestática
ESA	European Space Agency
Estado da arte	Descrição do conhecimento atual em uma dada área.
FAA	Federal Aviation Administration
FC	Totalmente Conforme (Fully Compliant)
GC	Gerenciamento da Configuração
GCD	Gerenciamento da Configuração de Documentação do INPE
GCI	Gerenciamento da Configuração e da Informação
GDC	Gerenciamento da Configuração
GDI	Gerenciamento da Documentação e Informação
GNSS	(sistema de navegação por satélite)
GP	Garantia do Produto
GQ	Garantia da Qualidade
GQ-NRLC	Garantia da qualidade - NASA Langley Research Center
GSE	Equipamentos de Apoio de Solo
IC	Item de Configuração

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITU	International Telecommunication Union
Logbooks	Registros
MCDA	Análise de multicritério de decisão
MDR	Mission Design Review
MRR	Revisão de prontidão de fabricação
Método de Borda	Método de Ordenação e Ranqueamento
MIP	Ponto mandatório de inspeção
MPMP	Materiais, Partes Mecânicas e Processos
NA).	Não Aplicável (Not Applicable)
NASA	National Administration Space Agency
NCR	Relatórios de não conformidades
NLRC	NASA Langley Research Center
QFD	(Desdobramento da Função da Qualidade),
OBSW	software de bordo
OTS	Off-the-Shelf”
PDR	Preliminary Design Review
PRR	Revisão Preliminar de Requisitos
QM	Modelo de qualificação
QR	Revisão de Qualificação
RFA	Request For Approval





## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contexto .....	2
1.2 Definição do problema .....	3
1.3 Motivação .....	4
1.4 Justificativas .....	5
1.4.1 Triângulo do projeto ou de restrições .....	5
1.5 Objetivo.....	6
1.6 Breve descrição da metodologia.....	6
1.7 Originalidade, generalidade e utilidade.....	7
1.8 Organização do trabalho.....	8
2 METODOLOGIA .....	10
2.1 Importância do conhecimento do estado da arte .....	12
2.2 Abordagem utilizada .....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – PARTE 1.....	15
3.1 Princípios da garantia de produto e da garantia da qualidade.....	15
3.1.1 Requisitos da garantia do produto e da garantia da qualidade, conforme os padrões ECSS e NASA. ....	17
3.1.1.1 Requisitos de qualidade conforme o padrão ECSS .....	18
3.1.1.2 Requisitos da qualidade conforme padrões da NASA .....	24
3.1.1.3 Requisitos da qualidade: comparação entre os padrões ECSS e NASA .....	28
3.2 Detalhamento da garantia do produto segundo o padrão ECSS .....	51
3.2.1 Garantia da Qualidade .....	52
3.2.1.1 Requisitos do gerenciamento da garantia da qualidade .....	52
3.2.1.2 Requisitos gerais de controle de qualidade (Q2) .....	53
3.2.1.3 Requisitos de garantia da qualidade para projeto e verificação.....	54
3.2.1.4 Requisitos de gestão da qualidade para aquisições (Q4).....	57
3.2.1.5 Requisitos de qualidade para fabricação, montagem e integração..	60
3.2.1.6 Requisitos da garantia de qualidade para testes .....	65
3.2.1.7 Requisitos da qualidade para aceitação e entrega .....	68

3.2.1.8	Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de suporte de solo (GSE).....	70
3.2.2	Dependabilidade .....	73
3.2.2.1	Disponibilidade:.....	73
3.2.2.2	Confiabilidade: .....	73
3.2.2.3	Manutenibilidade.....	74
3.2.3	Segurança.....	85
3.2.3.1	Organização da segurança.....	86
3.2.4	Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânico (EEE) .....	91
3.2.4.1	Utilização de Itens “Off-the-Shelf” (OTS) .....	93
3.2.5	Materiais, partes mecânicas e processos (MPMP) .....	96
3.2.5.1	Requisitos de gerenciamento de MPMP .....	96
3.2.5.2	Listas declaradas de materiais, partes mecânicas e processos .....	97
3.2.5.3	Controle de materiais.....	98
3.2.5.4	Controle de Partes mecânicas .....	98
3.2.5.5	Controle de processos .....	98
3.2.6	Garantia do produto de software.....	101
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – PARTE 2.....	106
4.1	Ciclo de Vida em projetos espaciais.....	106
4.2	Operações em missões espaciais .....	108
4.3	Estado da arte em seleção e adaptação de requisitos .....	112
4.3.1	Estado da arte, segundo a NASA .....	113
4.3.1.1	Adaptação de requisitos e customização de processos, segundo a NASA .....	113
4.3.1.2	O processo de adaptação de requisitos, segundo o padrão NASA.....	117
4.3.2	Estado da arte, segundo o padrão ECSS .....	120
4.3.2.1	Processo de Adaptação/Seleção de Requisitos, conforme a ECSS....	122
4.4	Satélites de pequeno e médio portes .....	128
4.4.1	Missões de Pequeno Porte, no âmbito da NASA.....	133
4.5	Satélites de grande porte.....	134
4.6	Classificação de missões.....	137

4.6.1	Classificação de missões, conforme a NASA .....	137
4.6.2	Alocação de requisitos às diferentes classes de missão.....	142
4.7	Análise de multicritério de decisão (MCDA).....	152
4.8	Sistema de critérios para tomada de decisão .....	154
4.9	Método AHP .....	155
4.10	Método de Borda.....	156
5	PROPOSTA PARA A CLASSIFICAÇÃO DE MISSÕES.....	158
5.1	Diretrizes de garantia da missão para as classes de risco da missão A até a missão D .....	159
5.2	Crítérios de seleção ou customização .....	160
5.2.1	Afrouxamento de requisitos.....	160
5.3	alocação de requisitos de gestão da qualidade a diferentes classes de missão.....	161
5.3.1	Aspectos relacionados aos requisitos do produto .....	161
6	APLICAÇÃO DO PROCESSO DE SELEÇÃO E CUSTOMIZAÇÃO DE REQUISITOS DE GARANTIA DO PRODUTO EM SATÉLITES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE.....	164
6.1	Abordagem utilizada para atender o objetivo desta tese .....	164
6.2	Aplicação do método AHP-Sort .....	165
6.3	Método de Borda: ordenação dos requisitos de garantia do produto .....	175
6.3.1	Método de Borda: problema multidecisor.....	179
6.3.2	Requisitos da garantia da qualidade (GQ) .....	183
6.3.3	Requisitos de dependabilidade .....	187
6.3.4	Requisitos da segurança.....	189
6.3.5	Requisitos dos componentes elétricos, eletrônicos e eletromecânicos (EEE) .....	191
6.3.6	Requisitos de materiais, partes mecânicas e processos, (MPMP)....	193
6.3.7	Requisitos de garantia de produto de software .....	195
7	SUMÁRIO E CONCLUSÕES.....	198
7.1	Melhorias e trabalhos subsequentes .....	201
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	203
	APÊNDICE A.....	211

## 1 INTRODUÇÃO

Esta tese propõe um método de seleção e adaptação de requisitos de garantia do produto aplicado a missões espaciais de pequeno e médio portes, objetivando reduções em termos de tempo, esforço de gerenciamento, escopo e custo. Essencialmente, o método apoia-se no afrouxamento de requisitos associados à execução do projeto. Uma adequada definição, adaptação e seleção de requisitos é fundamental para que se atinjam os objetivos das partes interessadas, em uma missão espacial. O controle e o acompanhamento do atendimento dos requisitos do produto são essenciais para o sucesso de projetos e missões (YOUNG, 2004).

O método de seleção de requisitos, aqui proposto, tem como premissa o não comprometimento do objetivo técnico da missão, tratando do relaxamento de requisitos que não afetem o desempenho técnico do sistema.

Toda missão espacial exige requisitos de garantia do produto adequados, para que os riscos e os custos do programa se enquadrem em níveis previamente estabelecidos. Propõe-se uma abordagem em que missões sejam classificadas conforme a margem aceita para o risco de execução do projeto, que é definida por *stakeholders* (partes interessadas). Essencialmente, são definidas classes de risco de missão, após o que os requisitos pertencentes às diferentes disciplinas da garantia do produto são alocados a cada uma destas classes, tendo como referência a margem de risco aceita para cada classe de missão.

Somente a definição de classes e a alocação de requisitos a cada classe, não são suficientes para que seja atribuída uma classe única a uma missão, pois há a possibilidade de que os requisitos selecionados distribuam-se entre diferentes classes. Assim, além da definição de classes e a alocação de requisitos, é necessária a definição de procedimento para que se possa atribuir uma classe única, aplicável às situações em que requisitos associados a uma missão distribuam-se entre diferentes classes.

O método proposto visa a seleção criteriosa de requisitos que garantam o sucesso da missão em seu sentido mais amplo, qual seja o de garantir a confiabilidade do produto, durante todas as fases do ciclo de vida do projeto.

## 1.1 Contexto

Na área espacial, os produtos têm aplicação crítica e requerem alta confiabilidade durante toda a missão, sendo, portanto, necessário que a organização mantenha uma seleção adequada de requisitos da garantia do produto. Independentemente do porte da missão, os projetos de sistemas espaciais, usualmente, têm sua confiabilidade ajustada conforme a criticidade da aplicação do sistema. É definida a partir de requisitos de stakeholders.

A qualidade do produto é influenciada pelos processos de gestão e fabricação estabelecidos. Para satélites de grande porte, devido às altas complexidade e confiabilidade de sistema necessárias, usualmente, é essencial a existência de um sistema de controle de requisitos amplo e robusto. Com a complexidade do produto, normalmente, surge, também, a necessidade de uma estrutura organizacional complexa. Assim, tanto do ponto de vista dos processos técnicos quanto dos processos gerenciais, há a necessidade de que, em tais empreendimentos, a garantia do produto seja exercitada com grande rigor e detalhe. De forma geral, pode-se afirmar que quanto maior for o número de interfaces, tanto gerenciais quanto técnicas (produto), maior será o esforço de garantia do produto necessário para que haja sucesso em um determinado empreendimento (ALBUQUERQUE, 2011).

Satélites médios ou pequenos são, em princípio, menos complexos do que satélites de grande porte e, ao mesmo tempo, têm menor custo. Conseqüentemente, o projeto dos sistemas correspondentes avança mais rapidamente, e os prazos para o lançamento diminuem. Efetuando-se a adaptação (*tailoring*) de requisitos de garantia do produto associados à execução do projeto, é possível, em princípio, obter ganhos através da redução de custo, prazo de fabricação ou escopo, desde que não ocorram não-conformidades impactantes durante as fases de verificação.

A pesquisa aqui realizada mostra que para missões com satélites de pequeno e médio portes, por envolverem, normalmente, baixo orçamento e tempos de desenvolvimento mais exíguos, há, em princípio, necessidade para a implementação de uma estratégia como a proposta neste trabalho.

## 1.2 Definição do problema

Por meio de pesquisas realizadas na literatura disponível, percebe-se a existência de grande número de trabalhos que tratam de especificações de requisitos de garantia do produto para satélites de grande porte. Observa-se, porém, uma rarefação de referências quando se consideram requisitos para missões de menor porte. O problema identificado é o de estabelecer uma metodologia consistente para a definição de requisitos de garantia do produto aplicáveis a missões de médio e pequeno portes. Como princípio, espera-se que os produtos espaciais associados a tais missões, com metodologias de desenvolvimento modificadas no que tange à qualidade, cumpram seus objetivos.

Existem diversos estudos sobre a classificação de missões espaciais em categorias. Uma revisão sobre o tema pode ser encontrada em Pessotta (2018). No presente estudo, será adotada uma classificação conforme a massa do satélite e definidas as seguintes classes de missões: grande, médio e pequeno portes. A opção por essa classificação justifica-se, sobretudo, em razão da massa relacionar-se diretamente com os custos de lançamento, os quais representam uma parcela significativa do custo total das missões Rogers et al. (2014).

O presente trabalho parte da premissa de que para cada tipo de missão existe um conjunto apropriado de requisitos de garantia do produto. Propõe-se, assim, um método para a seleção de requisitos de garantia do produto que seja ajustável ou adaptável, conforme o nível de risco aceito para variáveis programáticas, não associadas à qualidade do produto, tais como tempo e custo, entre outras. Para isto é necessário que o projeto disponha de definição e documentação de requisitos de missão consistentes. Considera-se também, que o processo possa ser melhorado, em sucessivas aplicações, com base nas lições aprendidas e experiências de especialistas.

### **1.3 Motivação**

Na área espacial, usualmente, os produtos têm aplicação crítica e, notadamente, devem operar com alta confiabilidade durante toda a missão. Desta forma, exigem que a organização responsável pelo projeto e seu desenvolvimento mantenha um Sistema da Qualidade Espacial compatível, que estabeleça um plano da Garantia do Produto adequado a cada projeto.

Normalmente, os satélites de pequeno e médio portes são de menor custo por não usarem componentes, materiais e equipamentos específicos para uma determinada missão, dando preferência àqueles encontrados com maior facilidade no mercado (equipamentos COTS – comercial off-the-shelf), sendo o uso destes componentes comerciais a base do desenvolvimento desses satélites; contudo, os componentes utilizados possuem baixa resistência à radiação, o que pode diminuir sua confiabilidade no ambiente espacial. Desta forma, tais satélites, comumente, tendem a apresentar vida útil de projeto inferior à dos de grande porte, mas, em contrapartida, apresentam custo mais baixo.

Satélites de pequeno porte são utilizados, usualmente, em missões com aplicações de criticidade inferior àquelas dos de grande porte, permitindo que tais projetos utilizem uma seleção de requisitos de garantia do produto menos rigorosa e que, assim, apresentem escopo, tempo e custo reduzidos. Com esses pontos especialmente favoráveis, os satélites pequenos vêm sendo desenvolvidos em inúmeras universidades, o que tem favorecido a capacitação de estudantes e futuros profissionais. Da mesma forma, a velocidade com que novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas, constitui-se em outro fator que favorece o aprimoramento e o desenvolvimento de satélites de pequeno e médio portes.

A adoção de melhores práticas da garantia da qualidade na área espacial, mesmo quando aplicada a satélites de pequeno e médio portes, é essencial para o projeto e o desenvolvimento de produtos e requerem controles mais aprimorados.

## 1.4 Justificativas

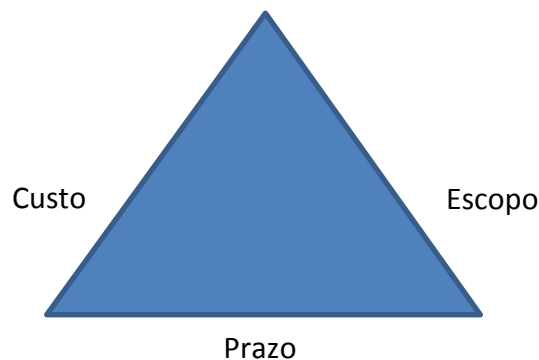
### 1.4.1 Triângulo do projeto ou de restrições

Todo projeto deve buscar o equilíbrio entre prazo, custo e escopo. A alteração de qualquer um desses fatores afeta os outros dois. Uma das principais funções de um gerente de projetos é garantir que esse equilíbrio não se desfaça ou fique desbalanceado.

A Figura 1.1 ilustra o triângulo de projeto ou de restrições, representando o balanceamento entre os três fatores. (HAUGHEY, 2011)

Sempre que se desenvolve um projeto, constata-se que não é possível alterar prazo, custo, ou escopo independentemente, pois, uma alteração em qualquer dos fatores acarreta um desbalanceamento que atinge ao menos um dos outros dois fatores.

Figura 1.1 - Triângulo de Projeto ou de Restrições.



Fonte: Adaptado de Haughey (2011).

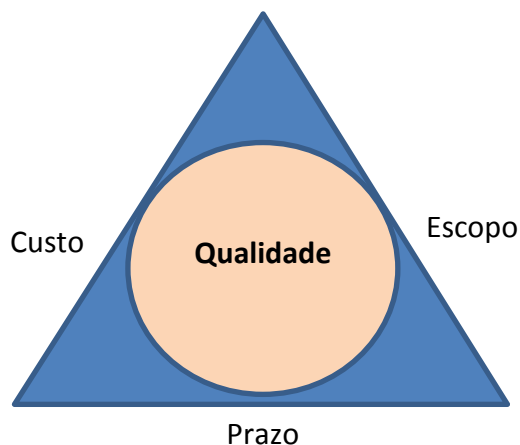
Por exemplo, para realizar o trabalho em um prazo mais curto, há a necessidade do incremento de recursos ou da diminuição de escopo.

Para adicionar características a um projeto, ampliando seu escopo, é necessário aumentar o tempo de execução ou alocar recursos adicionais de forma eficaz, para que o projeto seja concluído com maior rapidez, mas com aumento de custo.

Pode ser considerado que a Qualidade seja a quarta parte do triângulo do projeto, como ilustrado na Figura 1.2.



Figura 1.2 - Importância da Qualidade no Triângulo de Projeto ou Restrições.



Fonte: Adaptado de Haughey (2011).

Em qualquer projeto, há a necessidade de ações de qualidade dentro do próprio projeto, porém, sempre em alinhamento com a definição da missão.

### **1.5 Objetivo**

Apresentar método para a seleção e customização de requisitos de garantia do produto, adaptado para satélites de pequeno e médio portes, que preserve a qualidade técnica do produto, e que esteja respaldado em práticas adotadas por organizações reconhecidas como referências na área espacial.

O método a ser apresentado tem como premissa a garantia da qualidade do produto, em todas as fases de seu ciclo de vida. Igualmente, é assumido que o projeto seja caracterizado por documentos técnicos e gerenciais configurados, controlados e mantidos atualizados e disponíveis em todas as etapas de execução do projeto. A aplicação do método a um dado projeto objetiva reduções de escopo, custo e tempo, sem que haja comprometimento dos objetivos técnicos da missão.

### **1.6 Breve descrição da metodologia**

Para realizar este trabalho, pretende-se utilizar os requisitos de garantia do produto aplicados em projetos espaciais do INPE. Para alcançar o objetivo proposto, uma vez definidos na revisão Mission Definition Review (MDR) os

seguintes elementos: a) tipo de missão, b) vida útil e c) risco aceitável, será empregado o método AHP-Sort, para que se obtenha uma classificação do satélite em classes A, B, C ou D, sendo a Classe A usada para satélites de grande porte e maior responsabilidade e a classe D para satélites de menor porte e responsabilidade, sendo as Classe B e C para satélites de porte e responsabilidade intermediárias, de acordo com a Classificação da NASA.

Uma vez definida a classe da missão, será realizada a ordenação e o ranqueamento de requisitos de disciplinas de garantia do produto, o que permitirá alocar a cada classe de satélite os requisitos pertinentes. De forma a contribuir com a ordenação, será efetuada uma pesquisa com vários especialistas em engenharia de sistemas, solicitando avaliação e atribuição de grau de importância aos requisitos associados a cada disciplina de garantia do produto.

### **1.7 Originalidade, generalidade e utilidade**

A originalidade, generalidade e utilidade deste trabalho podem assim ser definidas:

- originalidade é o cerne do estudo, representando a parte mais importante da proposta desta tese. Tanto quanto pesquisado, o estudo e método propostos constituem-se em contribuições autênticas para a área de gestão de projetos, particularmente nas fases iniciais de um projeto;
- generalidade é a característica de um requisito para garantir que, com a sua efetiva configuração e divulgação, ela será aplicada em vários projetos, para atender interesses de outros stakeholders. A generalidade desta tese virá do fato de que o método de seleção e adaptação de requisitos apresentado para satélites de pequenos e médios portes propostos poderá ser aplicado a outros sistemas, subsistemas e equipamentos espaciais, particularmente aqueles de interesse do INPE;

- utilidade é a condição que indica o emprego de algo, de forma útil. A utilidade advém da avaliação de que o método de seleção e adaptação de requisitos da garantia do produto proposto representa um aprimoramento na definição e aplicação de requisitos de garantia do produto para cada tipo de satélite, objetivando reduções de custo, tempo e custo, e poderá ser aplicada nos programas espaciais de interesse do INPE.

## 1.8 Organização do trabalho

A Figura 1.3 apresenta o fluxograma da estrutura da tese, com todos seus capítulos.

Figura 1.3 - Organização do Trabalho.



Fonte: Produção do autor.

Como mostrado na Figura 1.3, a tese encontra-se estruturada em sete capítulos, descritos, a seguir:

- Capítulo 1 - Este capítulo descreve uma sucinta apresentação geral do trabalho, descrições do contexto, definição do problema, motivação, justificativa, objetivo, originalidade, generalidade e utilidade.

- Capítulo 2 – Neste capítulo, é descrita a metodologia utilizada.
- Capítulo 3 – Este capítulo aborda a fundamentação teórica, que apresenta, em linhas gerais, a parte 1 da revisão bibliográfica realizada. Entre os principais temas abordados estão: a) Princípios da garantia do produto e garantia da qualidade; b) detalhamento da Garantia do produto segundo a ECSS e suas disciplinas: 1) Garantia da Qualidade, 2) Dependabilidade, 3) Segurança (Safety), 4) Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos (EEE), 5) Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP) e 6) Garantia de Produto de Software.
- Capítulo 4 – Este capítulo é a parte 2 da revisão bibliográfica. Entre os principais temas abordados estão uma breve descrição da atuação dos requisitos de garantia do produto no Ciclo de vida do projeto, missões espaciais e uma breve descrição sobre o estado da arte em requisitos de garantia do produto para pequenos satélites. Também apresenta uma grande referência sobre classificação de missões, Análise de multicritério de decisão (MCDA), Sistema de Critérios para Tomada de Decisão além de apresentar o método AHP e o método de Borda.
- Capítulo 5 – Apresenta uma proposta para a classificação de missões espaciais, Diretrizes de garantia da missão para as classes de risco da missão A até a missão D e uma breve descrição sobre Critérios de Seleção ou Customização. Também descreve sobre alocação de requisitos de gestão da qualidade às diferentes classes de missão.
- Capítulo 6 – Este capítulo mostra a aplicação do processo de seleção e customização de requisitos de garantia de produto em satélites de pequeno e médio portes. Para tanto, apresenta a abordagem utilizada para atender o objetivo desta tese, aplicando-se o método AHP-Sort para a classificação e o Método de Borda para ordenação dos requisitos de garantia do produto.
- Capítulo 7 – Este capítulo apresenta a síntese das Conclusões deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 METODOLOGIA

Segundo estudos de Popper (2003) a pesquisa científica tem a sua fundamentação na lógica da metodologia empírica, uma vez que caracteriza-se como uma sequência contínua, sistêmica e reflexiva, que tem por objetivo a aquisição de conhecimento por meio de investigação. Estudiosos, como Cbooth, Colomb e Willian (2008), destacam que esta caracterização se aplica a todas as áreas do conhecimento.

Conforme a abordagem, a pesquisa pode demandar investigações qualitativas e quantitativas Gil (2010). A pesquisa qualitativa tem sua fundamentação em análises para compreender, discriminar e esclarecer determinadas situações e ocorrências, relacionadas ao objeto de estudo, por meio da análise de experiências expostas, exames de interações e comunicações realizadas, assim como a averiguação de documentos e textos elaborados (FLICK, 2009).

Já a pesquisa quantitativa, como o próprio nome indica, é determinada pelo seu direcionamento para a quantificação, no que se refere ao levantamento e tratamento dos dados. Tem por propósito o alcance de resultados específicos de maneira que evite ou mitigue eventual distorção da análise e interpretação.

Em razão do assunto tratado neste estudo, voltado para a garantia do produto adaptada para satélites de pequeno e médio portes e, considerando a abordagem necessária, utilizou-se tanto a pesquisa qualitativa, como a quantitativa, de forma que atendesse aos requisitos e necessidades gerais do trabalho.

No que diz respeito à sua finalidade, esta pesquisa pode ser enquadrada como exploratória, visto que proporciona ao pesquisador maior conhecimento do assunto em estudo, incrementando sua compreensão sobre ele. Via de regra, esta situação representa o ponto de partida para se estudar determinado tema sobre o qual não se tem, ainda, a base necessária de conhecimento para a elaboração de um estudo mais detalhado e de alta complexidade (COLLIS; HUSSEY, 2005).

Para Lakatos e Marconi (2007);

[...] estudos exploratórios são investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de pesquisa futura mais precisa, ou modificar e clarificar conceitos.

De acordo com Gil (2007);

[...] pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. [...] Habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental. [...] Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Esse tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. [...] Muitas vezes as pesquisas exploratórias constituem a primeira etapa de uma investigação mais ampla. Quando o tema é bastante genérico, tornam-se necessários seu esclarecimento e delimitação, o que exige revisão da literatura, discussão com especialistas e outros procedimentos.

A pesquisa exploratória, neste trabalho, busca, através do aprofundamento em assuntos relevantes ao tema em estudo, definir um método para classificação de missões espaciais e de seleção e customização dos requisitos de garantia do produto para satélites de pequeno e médio portes.

Para atingir os objetivos desta pesquisa foi planejado um conjunto de estudos, com a seguinte descrição:

1. pesquisa de artigos específicos sobre o estado da arte e assimilação de informações.
2. levantamento e estudo do que poderia ser considerado como melhores práticas em função do que é praticado pelo INPE, NASA e ESA, além de outras organizações, em termos da customização e adaptação de requisitos e requisitos da garantia do produto;
3. levantamento dos requisitos estabelecidos para as missões selecionadas para este estudo;
4. desenvolvimento e apresentação de método para a classificação de missões espaciais e a seleção e customização de requisitos da garantia do, baseado em conhecimentos absorvidos nas pesquisas.

## 2.1 Importância do conhecimento do Estado da Arte

Na revisão bibliográfica apresentada nos Capítulos 3 e 4, buscar-se-á descrever o estado da arte dos tópicos selecionados.

O conhecimento e a descrição do Estado da Arte em uma dada área, na qual desenvolve-se um trabalho científico, reveste-se, usualmente, de grande importância, uma vez que apresenta o que já se tem descoberto sobre o assunto pesquisado, evitando-se que se desperdicem tempo e esforço, com a repetição de investigações. Além disso, concorre para a melhoria e desenvolvimento de novos postulados, conceitos e paradigmas.

Para verificar a situação do estado da arte é necessária uma revisão bibliográfica extensa, visando identificar quais teorias estão sendo utilizadas e construídas, além de quais procedimentos de pesquisa são empregados para essa construção nas diversas áreas de conhecimento.

Conforme ROMANOWSKI, estados da arte;

“... significam uma contribuição importante na constituição do campo teórico de uma área de conhecimento, pois procuram identificar os aportes significativos, apontar as restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada ...” (ROMANOWSKI, 2006, p. 39).

Os objetivos do estado da arte visam;

“... compreender como está o atual conhecimento em uma determinada área em teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos de periódicos e publicações. Essas análises possibilitam examinar os temas abordados nas pesquisas ...” (ROMANOWSKI, 2006, p. 39).

e com isso sugestões e proposições serão apresentadas com inovações sobre o assunto abordado.

O desenvolvimento técnico-científico e os processos de compartilhamento do conhecimento atualmente são reconhecidos como fatores de extrema importância para o desenvolvimento científico. Segundo Souza E Silva, o conhecimento é considerado como um recurso econômico com qualidades exclusivas, visto não ser limitado e nem consumido quando utilizado (SOUZA;

SILVA, 2000, p. 66). Ao contrário, quanto maior for o seu emprego, maior é a possibilidade de resultados pela difusão na economia. Para Souza e Silva (2000, p. 66), a aprendizagem ocorre por meio de processos dinâmicos que incrementam o estoque de conhecimento, possibilitando novas habilidades e capacitações em todas as áreas, inclusive em pesquisa e desenvolvimento (PeD), bem como o emprego de soluções no “estado da arte”, como o emprego de tecnologias espaciais de ponta e serviços inovadores, tornando ainda mais relevante o emprego de recursos espaciais de última geração.

## **2.2 Abordagem utilizada**

O método proposto buscará implementar a lógica descrita ao longo desta seção.

Uma vez definidas informações acerca do tipo de missão, a vida útil do sistema espacial associado e o risco aceitável para a missão, será empregado um método de decisão multicritério para a classificação da missão em uma dada classe, organizadas em quatro níveis: A, B, C ou D. O sistema de classificação proposto será uma adaptação de arcabouço implementado originalmente pela NASA para a classificação de missões (NASA, 2021). Esta escolha se deve ao nível de maturidade do artefato da NASA, que encontra-se em uma segunda versão, tendo sido, já, utilizado há mais de uma década e meia. Uma vez definido o método para classificação de missões, será realizada a ordenação e o ranqueamento de requisitos das disciplinas de garantia do produto, alocando a cada classe de satélite os requisitos pertinentes. Serão utilizados os requisitos de garantia do produto aplicados em projetos espaciais do INPE. A ordenação será efetuada com o apoio de especialistas em engenharia de sistemas. Após a leitura e estudo de vários artigos sobre o tema de decisão multicritério, optou-se pelo uso do método AHP-Sort por este apresentar, comparativamente, simplicidade e consistência para uso na classificação de missões.

Especificamente, em referência ao método AHP, um fator que favorece o uso do método AHP-Sort é a inexistência de comparações entre alternativas na classificação, visto que elas são comparadas aos limitantes e, assim, elimina-



se a chance de inconsistências. O método AHP-Sort mostrou-se uma opção adequada como ferramenta para problemas de classificação.

A seleção e customização dos requisitos de garantia do produto aplicáveis a diferentes classes de missão será efetuada fazendo uso do Método de Borda, o qual, a despeito de sua simplicidade, mostrou-se eficaz para esta finalidade.

Segundo Costa (2014) o método de Borda é recomendado quando há a necessidade de ordenação e ranqueamento. Foi desenvolvido no período da Revolução Francesa, para a realização de votações em sistemas multidecisor. Devido às suas características, este método pode ser adaptado para problemas multicritério. No entanto, a despeito de sua simplicidade e robustez, há pouca literatura, principalmente no Brasil, em especial quando se trata de problemas multicritério.

A ordenação será efetuada através de uma pesquisa com vários especialistas em engenharia de sistemas, solicitando avaliação e atribuição de grau de importância aos requisitos associados a cada disciplina de garantia do produto.

Após cada decisor realizar suas avaliações, é realizada uma compilação dos resultados; com isso os requisitos serão ordenados pelo Método de Borda para todas as disciplinas da Garantia do Produto, sendo possível indicar quais requisitos deverão ser aplicados em cada classe de missão, A, B, C ou D.

Em resumo, o método proposto contempla as seguintes fases:

- a) primeira fase: utilizando o método AHP-Sort, será estabelecida uma classificação baseada nos critérios Tipo da Missão, Vida Útil projetada e Risco da Missão, possibilitando, com isso, a definição de limites, que separam as classes de missão, de A a D;
- b) segunda fase: **será utilizado o Método de Borda para a seleção e customização dos** requisitos de cada disciplina de garantia do produto e sua alocação a cada classe.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – PARTE 1**

#### **3.1 Princípios da garantia de produto e da garantia da qualidade**

A Garantia de Produto (GP) compreende as atividades, processos, verificações e relatórios planejados e realizados no âmbito de uma organização, que objetivam prover confiança de que o produto tenha sido desenvolvido e entregue de forma a atender as necessidades e expectativas das partes interessadas (LOCK, et al., 2012).

Na área espacial, o objetivo principal da GP é garantir que os produtos espaciais cumpram seus objetivos de missão, de forma segura, disponível e confiável. (ECSS, 2016, p. 10).

No âmbito do padrão ECSS (European Cooperation for Space Standardization), referência técnica para a ESA (European Space Agency), a garantia do produto é constituída por um conjunto de disciplinas, dedicadas ao estudo, planejamento e implantação de atividades, que garantam que os requisitos, as especificações, os métodos e as técnicas em um projeto resultem em um grau satisfatório de confiabilidade do produto e, conseqüentemente, no cumprimento dos objetivos da missão (ECSS, 2012, p. 33).

Um dos focos do planejamento de Garantia de Produto é a disponibilização de recursos adequados, tais como profissionais capacitados, instalações adequadas, listas de fornecedores, entre outros, de modo que sejam cumpridos os objetivos de GP e de missão. Também é necessário escrever um plano de Garantia do Produto descrevendo a alocação de recursos e a forma como será verificado e atestado o atendimento dos requisitos aplicáveis ao projeto.

A Garantia de Qualidade (GQ), por sua vez, objetiva prover evidência de que os requisitos de qualidade tenham sido atendidos (ECSS, 2012, p. 34). No âmbito do padrão ECSS, a garantia da qualidade é entendida como uma das disciplinas da garantia do produto, como será tratada à frente.

Conforme melhores práticas no setor aeroespacial, toda organização deve contar com um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), o qual é composto por elementos organizacionais relacionados entre si e integrados, que visam a

execução de planos de garantia do produto e da qualidade, de modo a assegurar a conformidade do produto ou serviço aos requisitos, em atendimento a expectativas dos clientes.

A identificação antecipada de riscos de eventos que possam afetar o desenvolvimento do projeto é fundamental para que possam ser planejadas ações para mitigar ou neutralizar o impacto de possíveis eventos adversos sobre qualidade, prazo e custos, bem como sobre instalações, pessoas e meio ambiente. Este é o foco das disciplinas de Gestão de Risco e Gestão de Segurança (*Safety Management*), que juntamente com a gestão da qualidade buscam garantir a confiabilidade do produto e o atendimento de requisitos programáticos.

Em uma visão mais abrangente da realização dos objetivos da qualidade, pode-se considerar não somente o cenário principal, ou de referência, que contempla as ações necessárias ao atendimento dos requisitos estabelecidos conforme um dado planejamento, mas também os cenários alternativos que podem emergir de eventos adversos. Assim, o esforço para o atendimento de um requisito, que inclui a metodologia para demonstração de “*compliance*” do projeto com o requisito, passa a contemplar, também, ações para o tratamento de cenários alternativos. Testes de verificação, por exemplo, podem envolver diversos riscos, tanto relativamente ao próprio objetivo do teste, quanto intercorrências com implicações sobre diferentes objetos, tais como instalações, pessoal e meio ambiente. Assim, a realização dos objetivos da qualidade envolve, em princípio, a consideração de riscos.

Esta abordagem, essencialmente, envolve a concorrência de ações das disciplinas de Garantia do Produto, Garantia da Qualidade, Gestão de Risco e Gestão de Segurança (*Safety*). Tanto o padrão ECSS quanto o padrão NASA, para a gestão de projetos na área espacial, favorecem esta abordagem, que prevê a integração de atividades de garantia do produto, gestão de risco e gestão de segurança, como será abordado adicionalmente em seções seguintes.

### **3.1.1 Requisitos da garantia do produto e da garantia da qualidade, conforme os padrões ECSS e NASA**

A pesquisa desenvolvida, objetiva propor uma metodologia para a alocação de requisitos de qualidade a um projeto, conforme características da missão da qual o projeto é derivado. Para cumprir este roteiro, faz-se necessário estabelecer o rol de requisitos de qualidade que serão objeto da referida alocação. Nesta seção, é efetuada uma revisão do tratamento dedicado à qualidade, no âmbito dos padrões ECSS e NASA, focando a definição de requisitos de qualidade. A relação de requisitos de qualidade a ser utilizada na metodologia proposta será apresentada na Seção 3.2.1.

Como introdução ao que se segue, observa-se que requisitos de qualidade podem, em tese, ser abordados tanto na disciplina de Garantia da Qualidade, quanto na de Garantia do Produto. Assim, para a definição do conjunto de requisitos de qualidade a ser empregado na metodologia, há a necessidade de que se efetue um levantamento dos requisitos tratados em ambas as disciplinas.

Os padrões ECSS e NASA serão utilizados como referência para este exercício, observando-se que o padrão NASA, como será exposto em maior detalhe na Seção 3.1.1.2, trata, em seus documentos de mais elevado nível, somente do conceito de garantia da qualidade. Porém, em documentos associados a centros da NASA, há referência ao conceito de garantia do produto. O padrão ECSS, por sua vez, trata ambos os conceitos em seu padrão.

Em resumo, enquanto no padrão ECSS a disciplina de garantia da qualidade é tratada como uma das disciplinas que compõem a disciplina de garantia do produto, nos padrões NASA, em seus documentos de alto nível, não há referência à disciplina de garantia do produto, a qual, porém, mostra-se presente em documentos relativos a centros da NASA, sendo nestes tratada de forma similar ao padrão ECSS, no que concerne ao fato de englobar a disciplina de garantia de qualidade

De forma objetiva, constata-se a necessidade de melhor definição da relação entre as disciplinas de garantia da qualidade e garantia do produto. Na literatura acessada no âmbito da presente pesquisa, porém, o tema tem sido tratado de forma muito breve, como, por exemplo, no artigo de Lock et al. (2012), que dedica um único parágrafo ao tema, ou parcialmente, como no livro de Carrubba e Gordon (1988), que discute a integração das disciplinas de garantia da qualidade e garantia de *design*, no âmbito da disciplina de garantia do produto. Apesar da relevância do tema para a presente pesquisa, considera-se que o estudo aprofundado desta relação extrapola o escopo definido para o corrente trabalho. Aqui, o tratamento de tal relação limitar-se-á à exposição de material acerca das disciplinas de garantia do produto constante dos padrões ECSS e NASA e da comparação de escopo das disciplinas em ambos os padrões. No caso da disciplina de garantia do produto no âmbito dos padrões NASA, utilizar-se-á a referência provida pelo padrão de garantia do produto publicado pelo centro da NASA denominado Langley Research Center (NASA, 2020a).

À título de observação metodológica, observa-se que, nas seções seguintes, serão, inicialmente, apresentados os requisitos de qualidade segundo os padrões ECSS e NASA, para, após, apresentar uma comparação entre os conjuntos de requisitos levantados em cada padrão. Como resultado deste estudo, mostrar-se-á que o conjunto de requisitos de qualidade tratados em ambos os padrões são, essencialmente, equivalentes. Na parte final da seção, serão, então, abordados de forma detalhada os requisitos do padrão ECSS, os quais serão utilizados como referência nas fases seguintes do trabalho.

### **3.1.1.1 Requisitos de qualidade conforme o padrão ECSS**

No âmbito do padrão ECSS, cabe à Garantia do Produto<sup>1</sup> atestar que todos os requisitos aplicáveis ao produto tenham sido atendidos ao final do projeto,

---

<sup>1</sup> No presente texto, o termo Garantia do Produto será utilizado como referindo-se tanto à disciplina, quanto ao elemento da organização que implementa a disciplina. O contexto, avalia-se, será sempre suficiente para definir o uso pretendido.

previamente à entrega do produto. O objetivo principal da Garantia de Produto, assim, é garantir que os produtos de um programa ou projeto cumpram os objetivos de missão de forma segura, disponível e confiável (ECSS, 2016, p. 10). Formalmente, no âmbito do padrão ECSS, a Garantia do Produto é definida como “... *disciplina dedicada ao estudo, planejamento e execução de atividades voltadas a assegurar que o design, controles, métodos e técnicas em um projeto proporcionem um grau satisfatório de qualidade do produto ...*” (ECSS, 2020, p. 33).

Conforme o padrão ECSS, a Garantia do Produto é composta por seis disciplinas (ECSS, 2016). A Tabela 3.1 lista as disciplinas e apresenta uma breve descrição do escopo de cada uma. Além das seis disciplinas listadas na Tabela 3.1, no padrão ECSS, existe uma disciplina que é a Gestão da Garantia do Produto, cuja principal função é efetuar a integração das diversas disciplinas e gerenciar sua aplicação.

Tabela 3.1 – Disciplinas da Garantia do Produto, segundo o padrão ECSS.

1. Garantia da Qualidade	Disciplina que objetiva garantir que requisitos de qualidade sejam atendidos (ao longo do ciclo de vida de um produto). (ECSS, 2018)
2. Dependabilidade	O grau com que se pode confiar, de forma embasada, em uma função. Os principais componentes da disciplina Dependabilidade são: confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade. A disciplina de Dependabilidade deve ser considerada conjuntamente com a disciplina (Gestão de) Segurança. (ECSS, 2017a)
3. Segurança	Objetiva o estudo e a execução de ações para proteger equipes de solo e de voo, o veículo lançador, cargas úteis, equipamentos de apoio de solo (GSE), o público em geral, propriedade pública e privada, o sistema espacial e seus segmentos, e o ambiente (natural) de perigos associados a sistemas (operados) pela ESA. (ECSS, 2017b, p. 9)
4. Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos (EEE)	A disciplina objetiva a seleção, controle, aquisição e uso de componentes EEE, garantindo que os componentes utilizados em um projeto espacial permitam que o projeto atenda aos requisitos aplicáveis. (ECSS, 2013, p. 11)
5. Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP)	A disciplina define os requisitos e hipóteses aplicáveis a Materiais, Partes Mecânicas e Processos, utilizados em um projeto, de modo que o sistema atenda aos requisitos de desempenho aplicáveis. Define, também, os requisitos de documentação e procedimentos relevantes para aprovação do uso de materiais, partes mecânicas e processos, na fabricação de sistemas espaciais e equipamentos associados. (ECSS, 2019).
6. Garantia do Produto de Software	Objetiva a definição de requisitos aplicáveis ao desenvolvimento e manutenção de software para sistemas espaciais, que incluem: missões tripuladas e não tripuladas, veículos lançadores, cargas úteis, experimentos e as facilidades de solo associadas. (ECSS, 2018)

Fonte: Produção do autor.

Segundo o padrão ECSS, há a necessidade de compromisso estrito da organização executora do programa/projeto com a GP, para que se possam garantir a qualidade do produto e o sucesso da missão espacial. A gestão da garantia do produto deve ser realizada de forma integrada à gestão do projeto e receber prioridade elevada no âmbito da gestão da organização. As

atividades de GP devem, também, ser realizadas com uma perspectiva de tratamento de riscos, de forma articulada com os processos de gestão de risco e segurança (*safety*). No âmbito do padrão ECSS, a identificação precoce de eventos potencialmente prejudiciais para a segurança (*safety*), o sucesso da missão e a prevenção das consequências adversas de tais eventos constituem-se em princípio basilar para a elicitação de requisitos de Garantia do Produto (ECSS, 2016, p. 10).

Observam-se, no âmbito do padrão ECSS, diretrizes similares às constantes do padrão AS9100, com respeito à interrelação entre qualidade e gestão de riscos. Assim, as atividades de GP são realizadas dentro de uma abordagem que se observa similar à de “*risk based thinking*” (pensamento baseado em risco), preconizada pela norma AS9100D (2016, p. 6). Nesta abordagem, estimula-se que uma organização determine os fatores que possam causar desvios do planejado em seus processos e seu sistema de qualidade, de modo a colocarem-se em prática controles preventivos para minimizar potenciais efeitos negativos associados a tais fatores. Esta abordagem é totalmente similar àquela exposta no âmbito do padrão ECSS.

Os principais requisitos incidentes sobre a implementação do plano de Garantia do Produto, conforme a perspectiva do padrão ECSS, enfocam os seguintes temas (ECSS, 2016, p. 11):

- gestão e controle das tarefas definidas para as diversas disciplinas de GP;
- acompanhamento e informação acerca do progresso de todos os assuntos de GP;
- gestão de: auditorias; itens críticos; não-conformidades; e alertas;
- apoio à gestão de riscos, em coordenação com a gestão do projeto;
- apoio à: documentação e controle de dados; registros de qualidade; e gerenciamento da configuração;
- controle de fornecedores, subfornecedores ou de nível inferior, na hierarquia do projeto, de modo a garantir o cumprimento e atendimento dos requisitos de GP.



Conforme a ECSS, o documento *ECSS-Q-ST-10C Rev.1 - Space product assurance – Product assurance mangement* (ECSS, 2016) define os principais requisitos de Gerenciamento da Garantia do Produto em um programa/projeto. A Tabela 3.2, apresenta o escopo do processo de gerenciamento da garantia do produto.

Tabela 3.2 - Principais diretivas de Gerenciamento da Garantia do Produto em um programa/projeto, conforme o documento ECSS-Q-ST-10C (ECSS, 2016). A numeração identifica correspondentes seções do documento.

<b>(5.1) Planejamento do programa de GP</b>	
	<b>(5.1.1) Organização de GP e responsabilidades</b>
	<b>(5.1.1.1) Organização</b>
	<b>(5.1.1.2) Responsabilidade e autoridade</b>
	<b>(5.1.1.3) Recursos</b>
	<b>(5.1.2) Gerenciamento de interfaces de GP</b>
	<b>(5.1.3) Plano de GP</b>
<b>(5.2) Implementação do programa de GP</b>	
	<b>(5.2.1) Gestão da garantia do produto</b>
	<b>(5.2.2) Acompanhamento e informação de GP</b>
	<b>(5.2.3) Auditorias de garantia do produto</b>
	<b>(5.2.4) Controle de itens críticos e Interface da GP com o processo de gestão de risco</b>
	<b>(5.2.5) Documentação e controle de dados</b>
	<b>(5.2.6) Registros de qualidade</b>
	<b>(5.2.7) Apoio de GP à gestão de configuração</b>
	<b>(5.2.8) Controle de não-conformidades</b>
	<b>(5.2.9) Gestão de alertas</b>

Fonte: Adaptado de ECSS (2016).

Como apresentado na Tabela 3.1, a disciplina de Garantia de Qualidade constitui-se, em parte integrante da Garantia de Produto, no âmbito do padrão ECSS. Apresenta um conjunto de princípios a partir dos quais são derivados requisitos de garantia da qualidade. A Tabela 3.3 lista, em sua primeira coluna, categorias de requisitos da disciplina de Garantia da Qualidade, enquanto a segunda apresenta a relação de elementos e atividades relacionados a cada grupo de requisitos, conforme o padrão ECSS. A tabela apresenta, assim, uma descrição do escopo da disciplina de Garantia de Qualidade, segundo o padrão ECSS.

Tabela 3.3 – Classes de requisitos da disciplina de Garantia da Qualidade e breve descrição de elementos e atividades correspondentes a cada classe, conforme o Padrão ECSS. A numeração identifica correspondentes seções do documento *ECSS-Q-ST-20C Rev.1 Space product assurance - Quality assurance*. (ECSS, 2018b).

<b>(5.1) Requisitos de Gerenciamento de GQ</b>	<b>(5.2.1)</b> Plano de Garantia da Qualidade <b>(5.1.1)</b> Treinamento e Certificação de Pessoal
<b>(5.2) Requisitos Gerais de GQ</b>	<b>(5.2.2)</b> Controle de Itens Críticos <b>(5.2.3)</b> Sistema de Controle de Não-Conformidades <b>(5.2.4)</b> Gestão de Alertas <b>(5.2.5)</b> Autoridade de Aceitação <b>(5.2.6)</b> Rastreabilidade <b>(5.2.7)</b> Metrologia e Calibração <b>(5.2.8)</b> Manuseio, armazenagem, transporte e preservação <b>(5.2.9)</b> Controle de Qualidade Estatística e Análise
<b>(5.3) Requisitos para Design e Verificação</b>	<b>(5.2.10)</b> Regras de Design <b>(5.2.11)</b> Verificação
<b>(5.4) Requisitos de GQ para Aquisições</b>	<b>(5.2.12)</b> Seleção de Fornecedores <b>(5.2.13)</b> Documentos de Aquisição <b>(5.2.14)</b> Monitoramento de Fornecedores <b>(5.2.15)</b> Inspeção de Recebimento
<b>(5.5) Requisitos de GQ para Fabricação, Montagem e Integração</b>	<b>(5.2.16)</b> Planejamento de Atividades de Fabricação, Montagem e Integração, e Documentos Associados <b>(5.2.17)</b> Revisões de Prontidão para Fabricação <b>(5.2.18)</b> Controle de Processos <b>(5.2.19)</b> Padrões de Mão de Obra <b>(5.2.20)</b> Controle de Partes e Materiais <b>(5.2.21)</b> Controle de Equipamento (Ferramental) <b>(5.2.22)</b> Limpeza e Controle de Contaminação <b>(5.2.23)</b> Inspeções <b>(5.2.24)</b> Requisitos Especiais para Montagem e Integração <b>(5.2.25)</b> Registros de Montagem e Integração <b>(5.2.26)</b> Controle de Descargas Eletrostáticas
<b>(5.6) Requisitos de GQ para Testes</b>	<b>(5.7.1)</b> Instalações para Testes <b>(5.7.2)</b> Equipamentos de Testes <b>(5.7.3)</b> Documentação de Testes <b>(5.7.4)</b> Monitoramento de Testes <b>(5.7.5)</b> Revisões de Testes
<b>(5.7) Requisitos para Aceitação e Entrega</b>	<b>(5.7.6)</b> Processo de Aceitação e Entrega <b>(5.7.7)</b> Pacote de Dados-As-Built (End item data package) <b>(5.7.8)</b> Review Board de Entrega <b>(5.7.9)</b> Preparação para Entrega <b>(5.7.10)</b> Entrega
<b>(5.8) Requisitos de GQ para Equipamentos de Apoio de Solo (GSE)</b>	<b>(5.8.1)</b> Design, Desenvolvimento e Verificação <b>(5.8.2)</b> Controle de Configuração <b>(5.8.3)</b> Produção <b>(5.8.4)</b> Aceitação e Entrega <b>(5.8.5)</b> Requisitos Gerais <b>(5.8.6)</b> Manutenção

Fonte: Adaptado de ECSS (2018b).

As demais disciplinas que compõem a garantia de produto, listadas na Tabela 3.1 têm seus escopos de atuação descritos, de forma sumária, na referida tabela. A partir da Seção 3.2, serão detalhados os requisitos destas disciplinas.

### **3.1.1.2 Requisitos da qualidade conforme padrões da NASA**

Na análise dos padrões aplicáveis no âmbito da NASA, observa-se que os documentos de alto nível, fazem referência ao conceito de Garantia da Qualidade, omitindo referências ao conceito de Garantia do Produto. Cada centro da NASA, em atendimento a requisitos de alto nível, implementa um sistema de gestão da qualidade, em conformidade com requisitos preconizados pela norma AS9100. Como descrito a seguir, percebe-se que os documentos do sistema da qualidade de centros da NASA fazem referência ao conceito de Garantia do Produto, com definição semelhante àquela praticada no âmbito do padrão ECSS.

Conforme padrões da NASA observam-se as seguintes definições para o conceito de Garantia da Qualidade;

“... uma avaliação independente, realizada durante o ciclo de vida de um produto, de modo a proporcionar confiança (à gestão do projeto) de que o sistema de fato produzido e entregue se encontra em conformidade com os requisitos de desempenho, funcionais e de design. ...” (HIRSHORN, 2016, p. 189).

ou, ainda, como “... *Processos, atividades e funções que avaliam conformidade do produto e implementam os controles de qualidade planejados para maximizar conformidade de processos e produtos. ...*” (COLON, 2018, p. 103).

O documento *NPD 8730.5B Quality Assurance Program Policy* (NASA, 2005) estipula que programas e projetos, sob a responsabilidade de centros e sede (*Headquarters*) da NASA, devem implementar um plano de Garantia da Qualidade (NASA, 2005, p. 2). Conforme definições e informações constantes do referido documento e dispostas na Tabela 3.4, todo centro que implementa planos de Garantia da Qualidade associados a programas e projetos, que envolvam trabalhos classificados simultaneamente como críticos e complexos, como no caso de satélites e cargas úteis, deve implementar um sistema de

Gestão da Qualidade, que atenda aos requisitos da norma SAE AS9100 (NASA, 2005, p. 5).

Tabela 3.4 – Definições de trabalho crítico e trabalho complexo, e diretivas de qualidade, conforme padrões da NASA.

<b>Definição</b>	
Trabalho crítico	É definido como a <i> tarefa </i> que, se realizada incorretamente ou em violação de requisitos aplicáveis, pode resultar em alguma das seguintes situações: perda de vida humana; lesões graves a pessoas; perda de uma carga útil com classificação A, B ou C; perda de uma missão de Categoria 1 ou 2; ou perda algum elemento de missão com valor superior a 2 milhões de dólares.
Trabalho complexo	É definido como <i> tarefa </i> que atenda uma das seguintes condições: (a) projeto, fabricação, montagem, testes, integração, manutenção ou reparo de máquinas (machinery), equipamentos, subsistemas, sistemas ou plataformas; ou (b) a manufatura/fabricação de partes ou montagens que apresentem características de qualidade não totalmente visíveis no produto e para as quais a conformidade possa somente ser estabelecida de forma progressiva, através de medidas precisas, testes e controles.
<b>Caracterização</b>	<b>Diretivas de qualidade</b>
Trabalho <u>crítico</u> , mas <u>não complexo</u>	Deve ser realizado no âmbito de um sistema de gestão da qualidade que atenda requisitos da norma SAE AS9100 ou ISO 9001, ou, ainda, requisitos da norma SAE AS9003, para um sistema de inspeções e testes de qualidade. O trabalho classificado como não complexo inclui: fabricação de partes “build to print” ou o trabalho efetuado através de operações de fabricação/teste discretas, como chapeamento, tratamento térmico, teste não destrutivo, ou testes de laboratório para a determinação de composição química ou propriedades mecânicas.
Trabalho <u>complexo</u> , mas <u>não crítico</u>	Deve ser realizado no âmbito de um sistema de gestão da qualidade que atende os requisitos da norma SAE AS9100 ou ISO 9001.
Trabalho <u>não crítico</u> e <u>não complexo</u>	Dever ser realizado no âmbito de um sistema de gestão da qualidade que: (a) atenda requisitos da norma SAE AS9100, ou ISO 9001 ou SAE AS9003, ou, alternativamente, (b) que esteja em conformidade com requisitos especificados ou aprovados pelo agente contratante e que sejam apoiados por registros que evidenciem o desempenho e resultados.
Trabalho tanto <u>crítico</u> , quanto <u>complexo</u>	Deve ser realizado no âmbito de um sistema de gestão da qualidade que atenda requisitos da norma SAE AS9100. Adicionalmente, deve ser realizado em conformidade com os seguintes padrões para mão de obra: NASA-STD-8739.1; NASA-STD-8739.4 or IPC@/WHMA-A-620B e seu complemento para aplicações espaciais IPC@/WHMA-A-620B-S; NASA-STD-8739.5; NASA-STD-8739.6; J-STD-001F e seu complemento para aplicações espaciais J-STD-001FS; ANSI/ESD S20.20.

Fonte: Adaptado de NASA (2005, p. 6).

Conforme o exposto e as informações constantes da Tabela 3.4, observa-se que a área de qualidade, no âmbito da NASA, em projetos de sistemas classificados simultaneamente como críticos e complexos, é abordada através de dois instrumentos: (a) planos de garantia da qualidade implementados para

cada projeto e (b) um sistema de garantia da qualidade que atende os requisitos da norma AS9100 (SAE, 2016).

Cada centro da NASA, que desenvolve trabalho crítico ou complexo, implementa, assim, um Sistema de Garantia da Qualidade (SGQ), conforme a norma AS9100. Cada centro, publica um documento que define o sistema de qualidade implementado, que eventualmente, pode, em princípio, fazer referência à disciplina de Garantia do Produto.

A Tabela 3.5, resume o escopo do documento de implementação do SGQ do centro NASA Langley Research Center - NLRC (NASA, 2021a), em que é definida a disciplina de Garantia do Produto e que mostra que esta disciplina, a exemplo do que ocorre no padrão ECSS, é composta por diversas disciplinas.

Tabela 3.5 – Escopo do documento de implementação do Sistema de Gestão da Qualidade do Centro NASA Langley Research Center, com numeração de seções e subseções conforme o documento.

<b>(2.0)</b> Plano de Garantia do Produto	(2.3) Aprovação (2.4) Modificações (2.5) Desvios/ <i>Waivers</i> (2.6) Auditoria e avaliação (2.7) Responsabilidades
<b>(3.0)</b> Garantia da Qualidade em Aquisições	(3.1) Escopo e Requisitos (3.2) Aquisições (3.3) Delegação de funções da qualidade (3.4) Desvios e <i>Waivers</i> em Contratos
<b>(4.0)</b> Gestão de Riscos	(4.0) Gestão de Riscos
<b>(5.0)</b> Garantia de Design	(5.2) Revisões de Projeto (5.3) Desvios e <i>Waivers</i> (5.4) Confiabilidade (5.5) Manutenibilidade e Disponibilidade (Supportability) (5.6) Avaliação Probabilística de Riscos (5.7) Alertas sobre Partes e Materiais (5.8) Avaliação de Detritos Orbitais
<b>(6.0)</b> Partes e Materiais	(6.2) Partes Mecânicas (6.3) Partes EEE (6.4) Materiais (6.5) Responsabilidades
<b>(7.0)</b> Garantia da Qualidade	(7.1) Escopo e Requisitos (7.2) Interface de Safety (7.3) <u>Qualidade de Software</u> (7.4) Metrologia (7.5) Inspeção de Recebimento (7.6) Planejamento e Execução de Fabricação (7.7) Padrões de Mão de Obra (7.8) Identificação do Hardware de Voo e de GSE (7.9) Relatórios de Não-Conformidades e Falhas (7.10) Selos de Status de Qualidade (7.11) Depósito Alfandegado (Bonded Stores) (7.12) Livros de Registros (Log Books) (7.13) Montagem, Desmontagem e Integração de Hardware de Voo (7.14) Testes de Hardware de Voo (7.15) Proteção contra Descargas Elétricas (7.16) Controle de Contaminação (7.17) Pacote de Dados de Aceitação (7.18) Manuseio, Preservação, Empacotamento, Armazenagem e Transporte
<b>(8.0)</b> Segurança do Sistema	(8.2) Plano do Programa de Segurança do Sistema (8.3) Pacote de Dados de Conformidade de Segurança (8.4) Análise de Segurança de Voo (8.5) Análise de Segurança de Solo (8.6) ISS Processo de Revisão e Aprovação (8.7) ELV Processo de Revisão/Aprovação da Carga Útil (8.8) Responsabilidade

Fonte: Adaptado de NASA (2021a).

A partir da Tabela 3.5, observa-se que a Garantia do Produto, segundo o padrão NLRC, engloba, como no caso do padrão ECSS, a disciplina de Garantia da Qualidade. A disciplina de Garantia do Produto, em ambos os padrões, assim, apresenta escopo que vai além da disciplina de Garantia da Qualidade.

### **3.1.1.3 Requisitos da qualidade: comparação entre os padrões ECSS e NASA**

Passando a uma comparação entre os escopos da qualidade no âmbito dos padrões ECSS e NASA, a Tabela 3.6, apresenta um resumo das definições de Garantia da Qualidade e de Garantia do Produto conforme os padrões ECSS e NASA, em que no caso do conceito de Garantia do Produto, no âmbito da NASA foi utilizada referência provida por um dos centros da organização (NASA Langley Research Center) (NASA, 2021a).

Tabela 3.6 - Definições de Garantia da Qualidade e de Garantia do Produto, no âmbito dos padrões ECSS e NASA.

	ECSS	NASA
Garantia da Qualidade	“... parte da gestão da qualidade focada em fornecer confiança de que os requisitos da qualidade serão atendidos ...” (ECSS, 2012, p. 34)	“... uma avaliação independente, realizada durante o ciclo de vida de um produto, de modo a proporcionar confiança (à gestão do projeto) de que o sistema de fato produzido e entregue se encontra em conformidade com os requisitos de desempenho, funcionais e de design. ...” (HIRSHORN, 2016, p. 189)
	“... O objetivo do Plano de GQ é descrever as atividades a serem realizadas pelo fornecedor para garantir a qualidade do produto e demonstrar conformidade com os requisitos de garantia de qualidade aplicáveis. ...” (ECSS, 2018b)	“... Processos, atividades e funções que avaliam conformidade do produto e implementam os controles de qualidade planejados para maximizar conformidade de processos e produtos. ...” (COLON, 2018, p. 103)
Garantia do Produto	“... disciplina dedicada ao estudo, planejamento e execução de atividades voltadas a assegurar que o <i>design</i> , controles, métodos e técnicas em um projeto proporcionem um grau satisfatório de qualidade do produto ...” (ECSS, 2020, p. 33)	“... (a) garantia de produto (compreende) requisitos e atividades para (1) produzir, lançar e operar Produtos, Críticos e Complexos, projetados, fabricados e/ou gerenciados (no âmbito de centros da NASA) ou (2) para contratar um fornecedor para o provimento desses produtos e/ou serviços ... (que) incluem hardware de qualificação e de voo, software, firmware e equipamento de apoio de solo. ...” (NASA, 2021a, p. 1)

Fonte: Produção do autor.

A partir das definições constantes da Tabela 3.6, observa-se que, de forma geral, os padrões ECSS e NASA apresentam definições assemelhadas, tanto no que se refere ao conceito de garantia da qualidade, quanto no que se refere ao conceito de garantia do produto. Ressalta-se que, no caso dos padrões NASA, está sendo utilizada a definição de garantia do produto provida pela documentação de um centro da organização (Langley). Ambas as definições,



além de apresentarem pouca diferenciação entre si, não capturam a diferenciação entre GQ e GP observada em suas implementações, principalmente no que se refere ao fato de que a disciplina de garantia da qualidade é tratada como uma disciplina constituinte da garantia do produto.

Em continuidade à comparação entre os padrões ECSS e NASA, passa-se, a seguir, a um escrutínio da norma AS9100, que provê os requisitos para os sistemas de qualidade implementados no âmbito de centros e sede (*headquarters*) da NASA. A Tabela 3.7, apresenta, em sua primeira e segunda colunas, respectivamente, as classes de requisitos e os correspondentes elementos e atividades da disciplina de Garantia da Qualidade, segundo classificação proposta no âmbito do padrão ECSS, conforme o material já apresentado na Tabela 3.4. A terceira coluna lista as correspondentes seções da norma AS9100, que tratam dos temas listados na segunda coluna. Desta forma, é possível estabelecer uma comparação entre escopos da disciplina de Garantia da Qualidade, conforme o padrão ECSS, e a norma AS9100.

Tabela 3.7 – Correspondência entre classes de requisitos da disciplina de garantia da qualidade, conforme o padrão ECSS, e requisitos para sistemas de garantia da qualidade, como preconizado no âmbito da norma AS9100. A numeração identifica correspondentes seções dos documentos referenciados.

ECSS-Q-ST-20C	AS9100	
<b>(5.1) Requisitos de Gerenciamento de GQ</b>	(5.1.1) Plano de Garantia da Qualidade	(6.2) Objetivos da Qualidade e Planejamento
	(5.1.2) Treinamento e Certificação de Pessoal	(7.1.2) Pessoas A organização deverá determinar e prover o quadro necessário à efetiva implementação do sistema de qualidade e operação e controle de seus processos. (7.2) Competências
<b>(5.2) Requisitos Gerais de GQ</b>	(5.1.3) Controle de Itens Críticos	(8.0) Operação (8.1) Planejamento Operacional e Controle
	(5.1.4) Sistema de Controle de Não-Conformidades	(8.7) Controle de Itens Não-Conformes (8.7.1) A organização deve garantir que itens não-conformes sejam identificados e controlados, de modo a prevenir o seu uso ou distribuição.
	(5.1.5) Gestão de Alertas	(9.1.3) Análise e Avaliação A organização deverá analisar e avaliar os dados provenientes de diferentes monitoramentos e medidas.
	(5.1.6) Autoridade de Aceitação	(8.6) Disponibilização de Produtos e Serviços
	(5.1.7) Rastreabilidade	(8.5) Provisões para Produção e Serviços (8.5.2) Identificação e Rastreabilidade (7.1.5.2) Rastreabilidade de medições (8.1.2) Rastreabilidade da Gestão da Configuração a Requisitos
	(5.1.8) Metrologia e Calibração	(7.1.5) Recursos para Monitoramento e Mensuração (7.1.5.2) Rastreabilidade de Medições (8.5.1.1) Controle de Equipamentos, Ferramentas e Programas de Software
	(5.1.9) Manuseio, armazenagem, transporte e preservação	(8.0) Operação (8.1) Controle e Planejamento Operacional a. determinação de requisitos para produtos e serviços, incluindo: - manuseio, embalagem e preservação
	(5.1.10) Controle de Qualidade Estatística e	(8.0) Operação (8.1) Controle e Planejamento

continua

Tabela 3.7 – Continuação.

	Análise	Operacional (8.1.b) estabelecimento de critérios para: 1. processos; 2. a aceitação de produtos e serviços. NOTA: De acordo com a natureza do produto e dependendo dos requisitos especificados, técnicas estatísticas podem ser utilizadas para apoio a estas atividades.
<b>(5.3) Requisitos para Design e Verificação</b>	<b>(5.1.11) Regras de Design e Verificação</b>	(8.3) Projeto e Desenvolvimento de Produtos e Serviços (8.5.1.3) Verificação do processo de produção A organização implementará atividades de verificação do processo de produção, para garantir que o processo de produção seja capaz de produzir produtos que atendam aos requisitos. (8.3.4) Controles de Design e Desenvolvimento A organização aplicará controles ao processo de projeto e desenvolvimento, para garantir que as atividades de verificação sejam realizadas para garantir que as saídas de projeto e desenvolvimento atendam aos requisitos de entrada.
<b>(5.4) Requisitos de GQ para Aquisições</b>	<b>(5.1.12) Seleção de Fornecedores</b>	8.4) Controle de Processos, Produtos e Serviços Providos Externamente (8.1.4) Prevenção do Uso de Peças Falsificadas
	<b>(5.1.13) Documentos de Aquisição</b>	
	<b>(5.1.14) Monitoramento de Fornecedores</b>	
	<b>(5.1.15) Inspeção de Recebimento</b>	
<b>(5.5) Requisitos de GQ para Fabricação, Montagem e Integração</b>	<b>(5.1.16) Planejamento de Atividades de Fabricação, Montagem e Integração, e Documentos Associados</b>	(8.1) Planejamento operacional e controle (8.1.a) determinar os requisitos para os produtos e serviços. (8.1.b) estabelecer critérios para: 1. os processos; 2. a aceitação de produtos e serviços. (8.5) Provisões para Produção e Serviços (6.2) Objetivos da Qualidade e Planejamento
	<b>(5.1.17) Revisões de Prontidão para</b>	(8.1) Planejamento operacional e controle

continua

Tabela 3.7 – Continuação.

Fabricação		(8.1.b) estabelecimento de critérios para:
(5.1.18) Controle de Processos	de	1. processos; 2. a aceitação de produtos e serviços. (8.5.1) Controle de Provisões para Produtos e Serviços (8.5.1.2) Validação e Controle de Processos Especiais
(5.1.19) Padrões de Mão de Obra	de	(7.1.2) Pessoas A organização deverá determinar e prover o quadro necessário à efetiva implementação do sistema de qualidade e operação e controle de seus processos.
(5.1.20) Controle de Partes e Materiais	de	(8.0) Operação (8.1) Controle e Planejamento Operacional (8.1.a) determinar os requisitos para os produtos e serviços. NOTA: A determinação dos requisitos para os produtos e serviços deve incluir a consideração de: adequação de partes e materiais utilizados no produto. (8.1.4) Prevenção do Uso de Peças Falsificadas (8.3.3) Entradas para os Processos de Design e Desenvolvimento
(5.1.21) Equipamento de Controle		(8.5.1.1) Controle de Equipamentos, Ferramentas e Programas de Software Equipamentos, ferramentas e programas de software usados para automatizar, <b>controlar</b> , monitorar ou medir processos de produção devem ser validados antes da liberação final para produção e devem ser mantidos.
(5.1.22) Limpeza e Controle de Contaminação	e de	(8.5.4) Preservação A organização deverá preservar as saídas durante a produção e prestação de serviços, na medida do necessário para garantir conformidade com os requisitos. NOTA: A preservação pode incluir identificação, manuseio, <b>controle de contaminação</b> , embalagem, armazenamento, transmissão ou transporte, e proteção. A preservação de saídas também incluirá, quando aplicável, conforme especificações, disposições para: a. <b>limpeza</b> ;

continua

Tabela 3.7 – Continuação.

		(e outros ...).
	<b>(5.1.23)</b> Inspeções	(8.3.4) Controles de <i>Design</i> e Desenvolvimento
	<b>(5.1.24)</b> Requisitos Especiais para Montagem e Integração	(8.3.2) Planejamento do <i>Design</i> e Desenvolvimento (8.3.3) Entradas para o <i>Design</i> e Desenvolvimento
	<b>(5.1.25)</b> Registros de Montagem e Integração	(7.5) Documentação de Informações (8.1.2) Gestão da Configuração (8.5) Provisões para Produção e Serviços
	<b>(5.1.26)</b> Controle de Descargas Eletrostáticas	(8.2.2) Determinação dos Requisitos para Produtos e Serviços
<b>(5.6) Requisitos de GQ para Testes</b>	<b>(5.1.27)</b> Instalações para Testes	(8.5.1) Controle de Provisões para Produtos e Serviços
	<b>(5.1.28)</b> Equipamentos de Testes	(8.5.1.3) Verificação do Processo de Produção
	<b>(5.1.29)</b> Documentação de Testes	A organização implementará atividades de verificação do processo de produção para garantir que o processo de produção seja capaz de produzir produtos que atendam aos requisitos.
	<b>(5.1.30)</b> Monitoramento de Testes	(8.3) Projeto e Desenvolvimento de Produtos e Serviços (8.3.2) Planejamento de <i>Design</i> e Desenvolvimento
	<b>(5.1.31)</b> Revisões de Testes	Ao determinar as etapas e controles para o processo de <i>design</i> e desenvolvimento, a organização deve considerar: c. as atividades de verificação e validação de projeto e desenvolvimento necessárias. 8.3.4 Controles de Design e Desenvolvimento A organização deverá controlar o processo de <i>design</i> e desenvolvimento, de modo a garantir que: (c.) sejam realizadas atividades de verificação para garantir que as saídas do processo de <i>design</i> e desenvolvimento atendam os requisitos de entrada. (d.) sejam desenvolvidas atividades de validação, de modo a garantir que os produtos e serviços resultantes atendam os requisitos para a aplicação especificada ou uso pretendido. (8.3.4.1) Quando testes forem necessários para verificação e

continua

Tabela 3.7 – Conclusão.

		validação, esses testes serão planejados, controlados, revisado e documentados para garantir e provar (conjunto de requisitos).
<b>(5.7) Requisitos para Aceitação e Entrega</b>	<b>(5.1.32)</b>	<b>(8.6) Disponibilização dos Produtos e Serviços</b>
	<b>(5.1.33)</b> Pacote de Dados - As-Built (End item data package)	
	<b>(5.1.34)</b> Review Board de Entrega	
	<b>(5.1.35)</b> Preparação para Entrega	
	<b>(5.1.36)</b> Entrega	
<b>(5.8) Requisitos de GQ para Equipamentos de Apoio de Solo (GSE)</b>	<b>(5.1.37)</b> Design, Desenvolvimento e Verificação	<b>(7.0) Apoio (Suporte)</b> <b>(7.1.3) Infraestrutura</b> A organização deverá especificar, prover e manter a infraestrutura necessária para a execução de seus processos e para atingir a conformidade de produtos e serviços. NOTA: A infraestrutura pode incluir: a. edifícios e facilidades associadas; b. equipamentos, incluindo hardware e software; c. recursos para transporte; e d. tecnologia de informação e comunicação.
	<b>(5.1.38)</b> Controle de Configuração	
	<b>(5.1.39)</b> Produção	
	<b>(5.1.40)</b> Aceitação e Entrega	
	<b>(5.1.41)</b> Requisitos Gerais	
	<b>(5.1.42)</b> Manutenção	

Fonte: Adaptado de SAE (2016).

A partir da Tabela 3.7, observa-se a existência de quase equivalência entre os escopos da disciplina de Garantia da Qualidade, nos âmbitos do padrão ECSS e da norma AS9100. Alguns tópicos constantes do escopo referente ao padrão ECSS não apresentam correspondências na norma AS9100. Tais lacunas relacionam-se, principalmente, a particularidades das áreas de (a) aquisições e (b) montagem, integração e testes (MIT), e não invalidam, em princípio, conforme avaliação do autor, a conclusão de quase equivalência entre o padrão e a norma, referentemente à disciplina de Garantia da Qualidade. A comparação deve ser efetuada observando-se que a norma AS9100 trata de requisitos para um *sistema de gestão da qualidade*, enquanto o padrão ECSS trata de requisitos para a disciplina gestão da qualidade.

Passa-se, agora, à comparação de escopos referentes à disciplina de Garantia do Produto. Como observado anteriormente, documentos de nível mais

elevado na hierarquia de documentos da NASA não fazem referência à disciplina de Garantia do Produto. Existem vários centros da NASA, sendo que cada um gera seu documento de garantia do produto, porém, neste estudo, far-se-á uso do documento de garantia do produto referente ao sistema de gestão da qualidade do centro NASA Langley Research Center – NLRC (NASA, 2021a).

A Tabela 3.8, apresenta, na primeira coluna, as disciplinas constituintes da garantia de produto, segundo o padrão ECSS, e compara-as com as disciplinas observadas no âmbito do padrão NLRC inferidas a partir do exposto na Tabela 3.5.

Tabela 3.8 – Comparação entre as disciplinas de Garantia do Produto definidas no âmbito do padrão ECSS e as disciplinas inferidas a partir do documento de Garantia do Produto do Langley Research Center - NLRC.

ECSS	NLRC
(1.0) Garantia da Qualidade	(7.0) Garantia da Qualidade
(2.0) Dependabilidade	(5.0) Garantia de Design
(3.0) (Gestão de) Segurança	(8.0) Segurança do Sistema
(4.0) Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos (EEE)	(6.0) Partes e Materiais
(5.0) Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP)	
(6.0) Garantia do Produto de Software	(ver <i>Garantia do Produto de Software</i> , no texto, p.40.)
(ver <i>Gestão de Riscos</i> , no texto, p. 40.)	(4.0) Gestão de Riscos
(ver <i>Garantia da Qualidade em Aquisições</i> , no texto, p. 40.)	(3.0) Garantia da Qualidade em Aquisições

Fonte: Adaptado de ECSS (2016) e NASA (2021a).

Buscou-se colocar lado a lado, na Tabela 3.8, as disciplinas que apresentam correspondência entre um padrão e outro. Observa-se a existência de um núcleo comum a ambos os padrões, formado pelas disciplinas: Garantia da Qualidade, Gestão da Segurança e Partes e Materiais. Pesquisa adicional

mostra que as disciplinas de Dependabilidade (ECSS) e Garantia de Design (NLRC) apresentam escopos mostrados na Tabela 3.9.

Na Tabela 3.9, observa-se que os temas que não apresentam correspondência, tanto relativos à coluna ECSS, quanto à coluna NRLC, são tratados em outras partes dos documentos em questão, sob outra disciplina, ou na mesma parte do documento, mas com outra designação, como procurar-se-á expor a seguir.

O tema “*Desvios e Waivers*”, sob a disciplina de “garantia de design”, (terceira linha da tabela) no padrão NLRC, é tratado sob a disciplina de “garantia da qualidade”, no padrão ECSS, conforme o documento ECSS-Q-ST-10-09C Rev.1 (ECSS, 2018a). Já, os requisitos associados a “*Crítérios de projeto (design) de dependabilidade*” (sétima linha da tabela), sob a disciplina de “dependabilidade”, no padrão ECSS, são tratados, no padrão NLRC, sob a própria disciplina de “garantia de design”, mas sem a designação específica de “crítérios de projeto” (ver, por exemplo, p. 33, em LPR 5300.1 N-1).

O conceito de “*suportabilidade*” (linha 9, coluna NRLC) refere-se a métrica associada à facilidade com que um determinado sistema pode ser apoiado em um determinado contexto (OWENS, 2017). É utilizado em programas/projetos da NASA, mas não é definido no contexto do padrão ECSS, como pode ser verificado em *ECSS system Glossary of terms* (ECSS, 2012). Em uma avaliação preliminar, o conceito, no âmbito do padrão ECSS, é coberto, aparentemente, pelos conceitos de *manutenibilidade* e *disponibilidade*. A confirmação de tal possibilidade, porém, requereria pesquisa adicional, uma vez que padrões da NASA fazem uso do conceito de *suportabilidade* em adição aos conceitos de *manutenibilidade* e *disponibilidade* (GILLESPIE, 2012). Tal aprofundamento, porém, encontra-se além do âmbito deste trabalho.

O tema “*Alertas sobre Partes e Materiais*”, linha 11, coluna NRLC, é tratado, no padrão ECSS, no âmbito da disciplina de Gestão de Qualidade, item 5.2.3 do documento de qualidade, como já exposto na (ECSS, 2018b, p. 18). O tema “*Detritos orbitais*”, linha 12, coluna NRLC, por sua vez, é objeto do ramo de documentos ECSS referido por “*Sustentabilidade Espacial*”. Em particular, o



escopo em questão é tratado sob o título “*Detritos Espaciais*”, no documento “*Space sustainability - Adoption Notice of ISO 24113: Space systems - Space debris mitigation requirements*” (ECSS, 2020c).

Por fim, o tema “*Relatórios de progresso*”, linha 13, coluna ECSS, tem um tratamento bastante amplo e distribuído no âmbito do padrão NRLC, uma vez que tal escopo constitui-se em parte integrante do escopo dos processos de gerenciamento, como pode ser visto no documento NASA System Engineering Handbook (HIRSHORN, 2016, p. 7).

A partir do exposto, conclui-se que os temas constantes das disciplinas de “*Dependabilidade*”, padrão ECSS, e “*Garantia de Design*”, padrão NRLC/NASA, têm tratamento equivalente no âmbito dos padrões ECSS e NASA, quando se consideram documentos que vão além daqueles que embasam o exposto na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Comparação detalhada entre os escopos das disciplinas de Dependabilidade, segundo o padrão ECSS, e Garantia de Design, segundo o padrão NRLC.

ECSS (ECSS-Q-ST-30C)	NRLC (LPR 5300.1 N-1)
Plano de segurança de design (p. 14)	Plano de segurança de design (p.34)
Revisões de projeto (design) (p.16)	(5.2) Revisões de projeto (design)
(ver ECSS-Q-ST-10-09C Rev.1 (ECSS, 2018a))	(5.3) Desvios e Waivers (p/ requisitos técnicos) (p. 36)
Confiabilidade (p. 27)	(5.4) Confiabilidade (p. 36)
Classificação de criticalidade (p. 19)	Classificação de falhas quanto à criticalidade (p. 38)
Itens críticos de dependabilidade (p. 15)	Lista de Itens Críticos (p. 39)
Critérios de projeto (design) de dependabilidade (p.18)	(ver p. 33, em LPR 5300.1 N-1)
Manutenibilidade e Disponibilidade (p.30)	(5.5) Manutenibilidade e Disponibilidade (p. 41) (NASA-STD-8729.1)
(ver discussão no texto)	(5.6) Suportabilidade (p. 42)
Avaliação de risco de dependabilidade e seu controle (p. 15)	(5.7) Avaliação Probabilística de Riscos (p. 42) (NPR 8705.5A)
(ver 5.0 Quality Assurance Requirements, item 5.2.3 Management of alerts, em (ECSS, 2018b, p. 18))	(5.8) Alertas sobre Partes e Materiais (p. 45)
(ver Detritos Espaciais (ECSS, 2020c))	(5.9) Detritos orbitais (estudo e requisitos) (p. 46)
Relatórios de progresso (p. 16)	(ver, p. ex., Processos de Gestão Técnica, em (HIRSHORN, 2016, p. 7))

Fonte: Adaptado de ECSS (2017a) e NASA (2021a).

Retornando à Tabela 3.8, observa-se que os seguintes temas não encontram correspondência entre um padrão e outro: (6.0) Garantia do Produto de Software (ECSS); (4.0) Gestão de Riscos (NRLC); e (3.0) Garantia da Qualidade em Aquisições (NLRC). Argumenta-se, que estas diferenças são de carácter formal, estando os respectivos conteúdos contemplados em ambos os padrões.

No âmbito do padrão NRLC, diretrizes e requisitos para a “*Garantia do Produto de Software*” fazem parte do escopo da disciplina de Garantia da Qualidade, como pode ser observado na Tabela 3.5, Item (7.3). Assim, o tema é tratado em ambos os padrões, mas com ênfase diferenciada.

No padrão ECSS, a disciplina de “Gestão de Riscos” é relacionada como pertencente ao ramo de documentação de “*gerenciamento*” e não ao de “*qualidade*” (ECSS, 2008b). No documento de garantia do produto, há a definição de requisitos de gestão de risco do ponto de vista da qualidade, sendo explícita a diretiva de “*apoio à gestão de riscos, em coordenação com a gestão do projeto*” (ECSS, 2016, p. 11). Por outro lado, no documento NRLC, apesar do relacionamento do processo de gestão de risco no escopo da disciplina de Garantia do Produto, lê-se na Seção 4.2.6, “*Risk Management Responsibilities*”, que a responsabilidade pelo processo de gestão de riscos é da gestão do projeto, e não da área de qualidade (NASA, 2021a, p. 32). Adicionalmente, as atividades de GP, tanto no âmbito do padrão ECSS quanto no do padrão NRLC, são realizadas dentro de uma abordagem similar à de “*risk based thinking,*” conforme Seção 3.1.1.1. Concluindo-se, pode-se considerar que o escopo da disciplina de “gestão de riscos”, ligado à qualidade, é contemplado em ambos os padrões.

Finalmente, considera-se o tema de Garantia da Qualidade em Aquisições, constante do padrão NRLC, sem aparente contrapartida no padrão ECSS, no âmbito do exposto na Tabela 3.8.

No documento relativo à garantia da qualidade, padrão ECSS, cujo escopo encontra-se exposto na Tabela 3.3 a Seção 5.4 é dedicada ao tema “Requisitos de GQ para Aquisições”. A Tabela 3.10, apresenta comparação dos escopos associados a aquisições, nos documentos relativos à “garantia da qualidade”, no padrão ECSS, e “garantia do produto”, no padrão NRLC. Buscou-se parear as seções com algum nível de afinidade em cada documento. Comparando-se escopos, observa-se que ambos se relacionam a requisitos para aquisições, mas com ênfases diferenciadas. Enquanto no padrão ECSS há maior foco em *critérios de seleção e supervisão de fornecedores*, no padrão NRLC encontra-

se maior ênfase em diretivas, na forma de requisitos, para os temas *ordens de compra e aquisição de itens que afetam segurança (safety)*. Observa-se, também, que enquanto no padrão ECSS o tema *aquisições*, como um todo, é tratado como uma subseção, diversamente, no âmbito da disciplina de “garantia da qualidade”, no padrão NLRC, em seu documento relativo à “garantia do produto”, há uma seção completa dedicada ao tema. Em suma, o tema *aquisições* tem maior atenção no padrão NLRC do que no padrão ECSS.

Como conclusão da comparação expressa na Tabela 3.8, pode-se afirmar que:

- i) tanto no padrão ECSS quanto no padrão NLRC, o escopo da Garantia do Produto pode ser interpretado como composto por um conjunto de disciplinas;
- ii) a Tabela 3.8 apresenta as disciplinas identificadas em cada padrão;
- iii) há um núcleo comum de disciplinas: Garantia da Qualidade, Gestão da Segurança (*safety*) e Partes e Materiais;
- iv) as disciplinas Dependabilidade (ECSS) e Garantia de Design (NLRC) apresentam equivalência em termos gerais;
- v) a disciplina de “garantia de software”, padrão ECSS, é tratada como uma subseção da disciplina de “garantia da qualidade”, no âmbito do padrão NLRC;
- vi) o escopo da disciplina de “gestão de riscos” ligado à qualidade, no âmbito do padrão NLRC, é contemplado no padrão ECSS, sem figurar, no entanto, como uma disciplina;
- vii) o tema de requisitos para aquisições, tratado com foco similar ao de uma disciplina no âmbito do padrão NLRC, é tratado como uma subseção da disciplina de “Garantia da Qualidade”, no âmbito do padrão ECSS; a totalidade de requisitos para aquisições, no âmbito da disciplina de “Garantia de Qualidade”, no padrão ECSS, é tratada em algum ponto do documento de garantia do produto, no âmbito do padrão NLRC.

Como um último estudo acerca de requisitos de qualidade, a Tabela 3.11, busca mapear o escopo completo da disciplina de Garantia da Qualidade, padrão ECSS, no escopo do documento de Garantia do Produto, no âmbito do padrão NRLC/NASA.

A Tabela 3.11 apresenta, em sua primeira e segunda colunas, respectivamente, as classes de requisitos e os correspondentes elementos e atividades da disciplina de Garantia da Qualidade, segundo classificação proposta no âmbito do padrão ECSS (2018b) (vide Tabela 3.3.). A terceira coluna apresenta o escopo correspondente ao padrão de Garantia de Produto referente ao centro NASA Langley Research Center (NASA, 2021a) (vide Tabela 3.5). A numeração identifica seções e subseções dos correspondentes documentos. Em particular, nota-se que a Seção 7, no âmbito do documento do NLRC, refere-se à disciplina de Garantia de Qualidade.

Tabela 3.10 – Comparação detalhada entre os escopos relativos ao tema “aquisições”, segundo os padrões ECSS e NRLC.

ECSS (ECSS-Q-ST-20C)	NRLC (LPR 5300.1 N-1)
(5.4) Requisitos de GQ para Aquisições	(3.0) Garantia da Qualidade em Aquisições
(5.4.1) Seleção de Fornecedores (5.4.1.1) Geral (5.4.1.2) Critérios de Seleção (5.4.1.3) Registro e Lista de Fontes de Aquisição	(3.1) Escopo e Requisitos (3.1.1) Informações Gerais e Definições
(5.4.2) Documentos de Aquisição  c. Documentos de compras devem conter, através de assertivas ou referências 1. descrições técnicas abrangentes dos itens e serviços a serem comprados;	(3.2) Aquisições (3.2.1) Informações Gerais (3.2.2) Requisição de Compras (diretivas para requisitos de GP) (3.2.3) Aquisição de Fixadores e Itens Críticos de Segurança (3.2.4) Aquisição de Materiais Perigosos (3.2.5) Requisitos de Aquisição do Sistema de Garantia de Qualidade (3.2.6) Especificações de Contratos, Declarações de Trabalho (SOW), Solicitações de Propostas (RFPs) e Contratos de Entrega Indefinida (3.2.7) Lista de Requisitos de Documentos (DRL) e Dados de Requisitos de Documentos (DRD)
(5.4.3) Monitoramento de Fornecedores a. Será realizada supervisão de todas as atividades de fornecedores de nível inferior, na cadeia de fornecimento.	(3.3) Delegação de funções da qualidade (3.3.1) Informações Gerais e Definições (3.3.2) Critérios para Delegação (3.3.3) Implementação de Delegações (3.3.4) Delegações a outros Centros da NASA
(5.4.4) Inspeção de Recebimento (5.4.4.1) Geral (5.4.4.2) Atividades de Inspeções de Recebimento (5.4.4.3) Itens Fornecidos pelo Cliente (5.4.4.4) Registros de Inspeções de Recebimento	(3.4) Desvios e <i>Waivers</i> em Contratos (3.4.1) Informações Gerais (3.4.2) Implementação de Processos de Desvios e <i>Waivers</i>  3.2.5.2 c. Department of Defense (DoD) Form 250, “Material Inspection and Receiving Report. f. Inspection/acceptance testing requirements

Fonte: Adaptado de ECSS (2018b) e NASA (2021a).

A partir da Tabela 3.11 e notando que a Seção 7.0 do documento de Garantia de Produto - NRLC refere-se à disciplina de Garantia de Qualidade, conforme exposto na Tabela 3.5 observa-se que existe grande concordância de escopo entre as disciplinas de Garantia de Qualidade referentes aos padrões ECSS e

NRLC/NASA, respectivamente. Nota-se, no entanto, que parte do escopo da disciplina GQ-ECSS é coberto por escopo de disciplinas constituintes da GP-NRLC, além da disciplina GQ-NRLC. Assim, a partir do conteúdo disposto na tabela, observa-se que o escopo de Garantia de Qualidade, no âmbito do padrão ECSS, é coberto pelo escopo distribuído ao longo das disciplinas constituintes da Garantia do Produto, no âmbito do padrão NRLC/NASA. Inversamente, o exemplo provido pelo tema garantia de software mostra que requisitos listados sob a disciplina de Garantia de Qualidade, no âmbito do padrão NRLC, podem ser listados como uma disciplina, no âmbito do padrão ECSS.

Como conclusões do exercício de comparação entre os padrões ECSS e NRLC/NASA, acerca de requisitos da qualidade, pode-se afirmar que:

- i) tanto no padrão ECSS quanto no padrão NRLC/NASA, a disciplina de Garantia de Produto contém a disciplina de Garantia de Qualidade;
- ii) requisitos listados sob a disciplina de Garantia de Qualidade, no âmbito do padrão ECSS, podem ser mapeados, no âmbito do padrão NRLC/NASA, em parte, a requisitos de qualidade listados sob a disciplina de Garantia de Qualidade e, em parte, a requisitos listados sob outras disciplinas que compõem a Garantia de Produto.
- iii) inversamente, requisitos listados sob a disciplina de Garantia de Qualidade, no âmbito do padrão NRLC/NASA, podem ser mapeados em disciplinas da Garantia de Produto, no âmbito do padrão ECSS;
- iv) as disciplinas de Garantia de Produto no âmbito dos padrões ECSS e NRLC/NASA apresentam, em uma primeira avaliação, escopos equivalentes.

A partir dos resultados do estudo acima, observa-se que no universo de padrões ECSS e NRLC/NASA inexistem uma definição única para os requisitos pertencentes à disciplina de Garantia de Qualidade. Requisitos de Garantia de

Qualidade em um padrão podem ser mapeados a requisitos pertencentes ao conjunto de disciplinas componentes da Garantia do Produto no outro padrão.

Finalmente, observa-se, dentro dos limites da metodologia para comparação empregada nesta seção, equivalência, em grande extensão, das disciplinas de Garantia do Produto entre os padrões ECSS e NRLC/NASA. Conclui-se, assim, que o conjunto de requisitos de qualidade tratados em ambos os padrões são, essencialmente, equivalentes.

Dados estes resultados, os requisitos de qualidade estabelecidos no âmbito do padrão ECSS serão utilizados como referência nas etapas seguintes do presente trabalho.



Tabela 3.11 - Comparação entre os escopos das disciplinas de Garantia do Qualidade segundo os padrões ECSS e Langley-NASA.

Escopo ECSS		Escopo NASA Langley Research Center
<b>(5.1) Requisitos de Gerenciamento de GQ</b>	<b>(5.1.1)</b> Plano de Garantia da Qualidade	NPR 8735.2C - Hardware Quality Assurance Program Requirements for Programs and Projects (NASA, 2021e)
	<b>(5.1.2)</b> Treinamento e Certificação de Pessoal	7.7 Padrões de Mão-de-Obra; 7.7.4 Certificação de Mão-de-Obra
<b>(5.2) Requisitos Gerais de GQ</b>	<b>(5.2.1)</b> Controle de Itens Críticos (ECSS-Q-ST-10-04) (ECSS, 2008c)	5.4.2.5 Categorias de Criticalidade 5.4.2.7 Lista de Itens Críticos
	<b>(5.2.2)</b> Sistema de Controle de Não-Conformidades ECSS-Q-ST-10-09 (ECSS, 2018a)	7.9 TRATAMENTO DE NÃO-CONFORMIDADES E FALHAS 7.9.5 Acompanhamento; 7.9.6 Tratamento; 7.9.7 Descarte; 7.9.8 Documentação; 7.9.9 Verificação e Fechamento; 7.9.10 Responsabilidades
	<b>(5.2.3)</b> Gestão de Alertas ECSS-Q-ST-10C (ECSS, 2016)	5.8 ALERTAS DE PARTES E MATERIAIS 5.8.1 Geral; 5.8.2 Responsabilidades.
	<b>(5.2.4)</b> Autoridade de Aceitação	7.10 SELOS DE STATUS DE QUALIDADE 7.10.2.3 sistema de controle para a rastreabilidade de selos de qualidade; 7.10.5 Status de Qualidade; 7.10.6 Aplicação; 7.10.7 Procedimentos; 7.10.8 Emissão e Controle; 7.10.9 Responsabilidades.
	<b>(5.2.5)</b> Rastreabilidade	7.5 INSPEÇÕES DE RECEBIMENTO 7.5.1.2 Provisões para o controle de <b>rastreabilidade</b> de itens críticos; 7.5.1.3 e 7.1.5.4 Requisitos de inspeção e <b>rastreabilidade</b> de hardware de voo, equipamento de apoio de solo (Ground Support Equipment – GSE) e de outros itens de voo; 7.6 Planejamento de Fabricação e Execução; 7.8.2.7 b. Prover <b>rastreabilidade</b> de partes individuais, desde os registros de fabricação; itens de hardware e montagens devem receber um número-de-parte (part-numbers - PN) como forma de identificar unicamente cada parte e montagens; 7.10.2.3 Sistema de controle para a rastreabilidade de selos de qualidade; 7.12 Logbooks; 7.12.1 General Information; 7.12.1.1 Logbooks proveem registros de verificação e <b>rastreabilidade</b> de tarefas de GQ, tais como inspeções, testemunhos e outras.
	<b>(5.2.6)</b> Metrologia e Calibração	7.4 Metrologia 7.4.4.2 Calibração
	<b>(5.2.7)</b> Manuseio, armazenagem, transporte e preservação	7.18 MANUSEIO, PRESERVAÇÃO E TRANSPORTE 7.18.3 Manuseio; 7.18.4 Preservação; 7.18.5 Transporte; 7.18.6 Armazenagem; 7.18.7 Responsabilidades.
	<b>(5.2.8)</b> Controle de Qualidade Estatística e Análise	3.2.5.4 Uso de amostragem estatística em inspeções.
<b>(5.3) Requisitos para Design e Verificação</b>	<b>(5.3.1)</b> Regras de Design e Verificação	5.1.1. Emprego das disciplinas de Confiabilidade, Manutenibilidade, Suportability e Avaliação Estatística de Riscos no âmbito do plano de Segurança de Design 5.1.2 Análises e avaliações (de <i>design</i> ) devem ser agendadas em paralelo ao esforço de <i>design</i> , de modo que o design reflita as recomendações de análises e avaliações. 7.14 TESTES 7.14.3 Planos de Testes Integrados; 7.14.4 Procedimentos;

continua

Tabela 3.11 – Continuação.

		7.14.5 Acompanhamento.
<b>(5.4) Requisitos de GQ para Aquisições</b>	<b>(5.4.1)</b> Seleção de Fornecedores	NPR 8735.2C, Government Contract Quality Assurance (GCQA) (NASA, 2021e, p. 29)
		3.2 Aquisições 3.2.1.2 Produtos e serviços de hardware e software para projetos de voo ... são adquiridos através de ordens de compra e contratos. Aquisições somente são efetuadas atendendo ordens de compra.
	<b>(5.4.2)</b> Documentos de Aquisição	3.2.2 Requisições de Compras
	<b>(5.4.3)</b> Monitoramento de Fornecedores	3.2.5 Requisitos do Sistema de Garantia da Qualidade para Compras
	<b>(5.4.4)</b> Inspeção de Recebimento	7.5 Inspeção de Recebimento 7.5.2 Materials Analysis and Quality Assurance Laboratory Receipt Inspection and Certification 7.5.3 Materials Analysis and Quality Assurance Laboratory Material Analysis Test 7.5.4 Inspeção de recebimento para Entrada em Almoxarifado 3.2.5.2 c. Department of Defense (DoD) Form 250, "Material Inspection and Receiving Report." f. Inspection/acceptance testing requirements (including acceptance/rejection criteria), as specified in the applicable engineering design, industrial consensus standards or NASA NPRs, standards, handbooks, or guidelines.
<b>(5.5) Requisitos de GQ para Fabricação, Montagem e Integração</b>	<b>(5.5.1)</b> Planejamento de Atividades de Fabricação, Montagem e Integração, e Documentos Associados	7.6 PLANO DE FABRICAÇÃO 7.6.2 Requisição de Trabalho de Fabricação; 7.6.3 Controles formais de Fabricação e Inspeções; 7.6.4 Processos de Fabricação; 7.6.5 Inspeção de primeiro item fabricado; 7.6.6 Trabalho Adiado; 7.6.7 Responsabilidades. 7.13 MONTAGEM E INTEGRAÇÃO 7.13.4 Geral; 7.13.5 Procedimentos de Montagem; 7.13.6 Procedimentos; 7.13.7 Responsabilidades.
	<b>(5.5.2)</b> Revisões de Prontidão para Fabricação	7.6.4 Inspeção de Primeiro Artigo Fabricado (PAF) 7.6.4.1 O objetivo de inspeção do PAF é o de verificar se artigo para voo atende todas as especificações, para, então, autorizar a fabricação de outros modelos.
	<b>(5.5.3)</b> Controle de Processos	NASA-STD-6016C Standard Materials and Processes Requirements for Spacecraft (NASA, 2021b) 7.6.3 Planos de Fabricação e Inspeções 7.6.3.3 O gerente técnico deve relacionar processos existentes e qualificados (e.g., soldas, tratamento térmico, revestimentos, entre outros), para fabricação de hardware de voo e hardware de qualificação.
	<b>(5.5.4)</b> Padrões de Mão de Obra	LPR 8739, Workmanship Standards Personnel Certification Program (NASA, 2020a) 7.7 PADRÕES DE MÃO-DE-OBRA 7.7.4 - Certificação de Mão-de-Obra
	<b>(5.5.5)</b> Controle de Partes e Materiais	NASA-STD-6016C Standard Materials and Processes Requirements for Spacecraft (NASA, 2021b) 6.1 PARTES E MATERIAIS Seleção e qualificação de partes e componentes mecânicos, partes EEE e materiais, que são utilizados em produtos de voo.
	<b>(5.5.6)</b> Controle de ferramentas	7.6.4.8 Deverá ser efetuada inspeção de Primeiro Artigo Fabricado (PAF), para as características afetadas de uma dada parte, quando qualquer das seguintes condições ocorrer:

continua

Tabela 3.11 – Continuação.

	<p>a. modificações de design que afetem ajuste, forma ou função da parte;</p> <p>b. alteração nos elementos de entrada, processos, métodos de inspeção, local de fabricação, <b>ferramental</b> e materiais que possam potencialmente afetar ajuste, forma ou função (<i>fit, form or function</i>).</p>
<b>(5.5.7)</b> Limpeza e Controle de Contaminação	<p>7.16 Controle de Contaminação – Informações e Definições</p> <p>7.16.1.1 Exercitar o controle de contaminação na fabricação, Montagem desmontagem, integração e testes de hardware de voo e o GSE associado.</p>
<b>(5.5.8)</b> Inspeções	<p>NPR 8705.6, Auditorias, Revisões Segurança e Garantia da missão (SMA) (NASA, 2019)</p> <p>7.1.2 Implementação de requisitos de Garantia da Qualidade</p> <p>7.1.2.8 Os <b>requisitos de inspeção</b> deverão ser definidos, baseados na avaliação das consequências de potenciais falhas causadas por não-conformidades, conforme os seguintes critérios:</p> <p>a. a não-conformidade não ocasiona perda de vida ou perda missão: utilizar amostragem estatística ou inspeções em 100% dos itens, conforme aplicável;</p> <p>b. a não-conformidade pode resultar na perda de vida ou de missão: devem ser realizados Pontos de Inspeção Obrigatórios (Government Mandatory Inspection Points), de modo a garantir 100% de conformidade com atributos críticos de segurança e missão (i.e., características de hardware, requisitos de processos de fabricação, condições de operação e critérios de desempenho operacional).</p> <p>7.6.5 Implementação da fabricação</p> <p>Deverão ser realizadas <b>inspeções</b> na fabricação de todos os itens (hardware) de voo e GSE associados.</p>
<b>(5.5.9)</b> Requisitos Especiais para Montagem e Integração	<p>7.13 MONTAGEM E INTEGRAÇÃO</p> <p>7.13.5 Procedimentos de Montagem</p> <p>7.13.6 Procedimentos</p>
<b>(5.5.10)</b> Registros de Montagem e Integração	<p>7.12 Livros de Registros (<i>Logbooks</i>)</p> <p>7.12.1 Informações Gerais</p> <p>7.12.1.1 Serão especificados requisitos para a emissão, controle e conteúdo de <i>logbooks</i> ao longo do ciclo de vida de um projeto. Serão especificados requisitos para o uso de <i>logbooks</i>, no âmbito do processo de Garantia da Qualidade, associados com as atividades de: <b>integração/montagem</b>; desmontagem; testes; e atividades de integração durante a fase de lançamento. <i>Logbooks</i> proveem um registro de rastreabilidade e verificação de tarefas essenciais de GQ. Proveem, também, um registro do histórico de trabalho e da configuração associados a tais atividades.</p>
<b>(5.5.11)</b> Controle de Descargas Eletrostáticas	<p>LPR 8739.21, Langley Research Center (LaRC) Procedures and Guidelines for Electrostatic Discharge (ESD) Control of ESD-Sensitive (ESDS) Devices Program (LRC, 2020)</p> <p>7.15 Proteção contra descargas elétricas</p>
<b>(5.6) Requisitos de GQ para Testes</b>	<p><b>(5.6.1)</b> Instalações para Testes</p> <p>7.14 Testes de Hardware de Voo</p> <p>7.14.1.3 Para cada projeto, são alocados engenheiros e técnicos responsáveis pelo planejamento, agendamento e condução de atividades de teste sob sua jurisdição/disciplina.</p> <p>7.14.3 Plano de Montagem, Integração e Testes (AI&amp;T)</p>
	<p><b>(5.6.2)</b> Equipamentos de Testes</p> <p>7.14.3.4 Elementos essenciais do Plano de AI&amp;T para cada teste:</p> <p>a. objetivos do teste;</p> <p>b. requisitos de testes;</p> <p>c. regras para a realização dos testes;</p>

continua

Tabela 3.11 – Continuação.

		<p>d. diagrama da sequência de testes;</p> <p>e. matriz de testes, que apresenta uma lista dos itens de teste versus o tipo do teste;</p> <p><b>f. descrição das facilidades de testes;</b></p> <p><b>g. descrição dos equipamentos de apoio;</b></p> <p>h. disposição dos dados de testes;</p> <p>i. relação de responsabilidades da Garantia da Qualidade, e.g., inspeções, testemunhos e verificações.</p> <p>7.14.5 Implementação do hardware de teste</p>
	<b>(5.6.3)</b> Documentação de Testes	<p>7.14.4 Redação de Procedimentos de Testes</p> <p>7.14.4.1 A equipe técnica deverá redigir os procedimentos para todos os testes especificados no plano de AI&amp;T.</p> <p>7.14.4.2 A equipe técnica deverá certificar-se de que o detalhamento de cada procedimento de teste é suficiente para disponibilizar a informação necessária para a realização de todas as tarefas previstas.</p> <p>7.14.6 Publicação de Resultados de Testes</p> <p>7.14.6.1 O engenheiro de testes deve publicar um relatório contendo um resumo dos resultados de testes de rápida consulta (Relatório de Testes de Rápida Consulta – Quick-Look Test Report - QLTR), após a finalização de cada teste.</p> <p>7.14.6.3 O engenheiro de testes deverá verificar a satisfação dos objetivos do teste.</p> <p>7.14.6.4 O engenheiro de testes deverá publicar um Relatório Final de Teste (Final Test Report – FTR), após a conclusão de que o teste tenha atingido seus objetivos.</p>
	<b>(5.6.4)</b> Monitoramento de Testes	<p>2.2.2.4 O plano de Garantia do Produto deverá identificar características principais no nível de produto/Sistema e identificar as atividades de garantia da qualidade associadas a monitoramento e controle.</p>
	<b>(5.6.5)</b> Revisões de Testes	
<b>(5.7) Requisitos para Aceitação e Entrega</b>	<b>(5.7.1)</b> Processo de Aceitação e Entrega	<p>7.5 Inspeção de Recebimento</p> <p>7.5.1.2 Será definido conjunto de requisitos que garantam que o hardware de voo crítico atenda suas especificações. Encontram-se incluídas provisões para os testes, inspeções, verificações e rastreabilidade de itens críticos.</p>
	<b>(5.7.2)</b> Pacote de Dados - As-Built (End item data package)	7.17 Pacote de Dados de Aceitação
	<b>(5.7.3)</b> Review Board de Entrega	7.17.1.1 O Pacote de Dados de Aceitação, referente a equipamentos/subsistemas, é disponibilizado na entrega destes itens a uma facilidade de integração e testes ou a um centro de lançamento e documentam os seguintes elementos:
	<b>(5.7.4)</b> Preparação para Entrega	
	<b>(5.7.5)</b> Entrega	<p>a. a configuração do hardware de voo, incluindo sobressalentes;</p> <p>b. a configuração do software de voo;</p> <p>c. características funcionais de todos os produtos de voo;</p> <p>d. características funcionais de todos os itens de GSE;</p> <p>e. prontidão para voo de todos os itens de voo;</p> <p>f. adequação do GSE; e</p> <p>g. prontidão das partes sobressalentes.</p>
<b>(5.8) Requisitos de GQ para Equipamentos de Apoio de Solo (GSE)</b>	<b>(5.8.1)</b> Design, Desenvolvimento e Verificação	<p>7.1.1.1 Informação Geral</p> <p>O documento identifica os requisitos de Garantia da Qualidade para fabricação, testes, manuseio, preservação e transporte de produtos de voo, <i>software</i> e equipamentos de suporte de solo (Ground Support Equipment – GSE).</p> <p>7.12 Livros de Registros (<i>Logbooks</i>)</p> <p>7.12.1 General Information</p> <p>7.12.1.1 São especificados requisitos para o uso de <i>logbooks</i></p>

continua

Tabela 3.11 – Conclusão.

		<p>no processo de Garantia da Qualidade durante a realização de trabalho e coleta de dados, relativos a montagem/integração, desmontagem e testes, assim como atividades de integração para lançamento, de hardware de voo e equipamentos GSE.</p> <p>7.12.7 Livros de Registros de GSE</p> <p>7.12.7.1 Engenheiros técnicos deverão utilizar logbooks de GSE para:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>atividades de montagem de GSE;</li> <li>atividades de testes de GSE;</li> <li>atividades em que GSE é requerido para processos de montagem/integração ou desmontagem de equipamentos de voo;</li> <li>atividades em que GSE é requerido para procedimentos de testes de hardware de voo; e</li> <li>atividades em que GSE é requerido para processos de integração de hardware de voo, durante integrações para lançamento.</li> </ol> <p>7.13 Montagem, Desmontagem e Integração de Hardware de Voo (e GSE)</p>
	<b>(5.8.2)</b> Controle de Configuração	<p>7.8 Flight and GSE Hardware Identification</p> <p>7.8.2 Marking and Controlling of Hardware Parts and Assemblies</p>
	<b>(5.8.3)</b> Produção	<p>7.4.2 Implementação de Atividades de Metrologia</p> <p>Metrology Implementation</p> <p>7.4.2.5 Na revisão de procedimentos para aprovação, deverá ser verificado, pelas autoridades pertinentes, se os processos de montagem contêm campos para o registro de “número de controle de metrologia” e dados de calibração, para os equipamentos de medidas associados aos seguintes itens:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>hardware de voo, e</li> <li>GSE.</li> </ol> <p>7.5.1.4 Esta seção provê o conjunto de requisitos de inspeção e rastreabilidade de hardware de voo, GSE e outros itens associados a equipamentos de voo.</p> <p>7.6.5 Implementação de Fabricação</p> <p>7.6.5.2 Deverão ser realizadas inspeções nas operações de fabricação de todos os itens de hardware e GSE realizadas nas facilidades do Langley Research Center.</p>
	<b>(5.8.8)</b> Aceitação e Entrega	<p>7.5 Inspeção de Recebimento</p> <p>7.17 Pacote de Dados de Aceitação</p> <p>7.12.7.3 Os seguintes elementos deverão constar do <i>logbook</i> GSE, conforme aplicável:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>procedimentos de montagem “Como-fabricados” (“As-Built”), e</li> <li>procedimentos de testes “Como-efetuados” (“As-Run”).</li> </ol>
	<b>(5.8.9)</b> Requisitos Gerais	<p>1.1.1 O documento de Garantia do Produto do Langley Research Center (LaRC) identifica os requisitos e atividades para produzir, lançar e operar produtos projetados, fabricados ou gerenciados no LaRC, bem como para contratar estes produtos junto a fornecedores externos. Tais produtos incluem hardware de voo, <i>proto-flight</i>, hardware de qualificação, software, software embarcado, e equipamento de apoio de solo (GSE).</p> <p>7.6.5.2 Deverão ser efetuadas inspeções em todas as operações de fabricação de hardware de voo e GSE associado, nas facilidades do LaRC.</p>
	<b>(5.8.10)</b> Manutenção	<p>1.1.1 (vide texto acima)</p>

Fonte: Adaptado de ECSS (2018b) e NASA (2021a).

### **3.2 Detalhamento da garantia do produto segundo o padrão ECSS**

Nesta seção, apresenta-se a descrição detalhada dos requisitos relativos a cada uma das disciplinas constituintes da disciplina de Garantia do Produto, no âmbito do padrão ECSS.

Tendo em vista que o objetivo do presente trabalho é a proposição de um arcabouço para a seleção e customização de requisitos de qualidade, aplicáveis a missões espaciais, em que missões são classificadas em categorias (classes) e que requisitos de qualidade são alocados a cada uma destas classes de missão, há a necessidade de definição cuidadosa e relacionamento do conjunto de requisitos de qualidade a partir do qual se efetuará a referida alocação. Nesta seção, buscar-se-á detalhar a estrutura de requisitos de qualidade vigente no âmbito do padrão ECSS.

Pretende-se que o material aqui apresentado sirva como referência para aplicações do arcabouço proposto, uma vez que este trabalho confinar-se-á a uma demonstração da aplicação do arcabouço.

No âmbito do padrão ECSS, como já exposto em seção anterior, a Garantia de Produto compreende as seguintes disciplinas:

1. Garantia da Qualidade;
2. Dependabilidade;
3. Segurança;
4. Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos;
5. Materiais, Partes Mecânicas e Processos;
6. Garantia do Produto de Software.

Assim, o padrão ECSS define a Garantia do Produto como um conjunto de disciplinas de apoio que com o gerenciamento de riscos e *safety* buscam assegurar que os produtos espaciais realizem suas missões de forma segura, disponível e confiável (ECSS, 2016, p. 19).

Nota-se, como observado anteriormente (ECSS, 2016), que a Garantia de Qualidade (GQ) é entendida como uma das disciplinas constituintes da Garantia do Produto, no âmbito do padrão ECSS.

A seguir, são apresentadas as disciplinas constituintes da Garantia do Produto, conforme o padrão ECSS.

### **3.2.1 Garantia da Qualidade**

Conforme o padrão ECSS-Q-ST-20C (2018b), o objetivo principal da Garantia da Qualidade (GQ) em projetos espaciais é assegurar que os requisitos estabelecidos para a definição da missão e o desenvolvimento e produção do sistema (produto) sejam implementados e controlados.

As funções da Garantia da Qualidade são exercitadas por meio da definição e implementação de métodos e procedimentos adequados. Ainda, segundo o padrão, as equipes cujo desempenho determina ou afeta a qualidade do produto devem ser treinadas e certificadas, conforme as necessidades do projeto.

O padrão ECSS define requisitos de gestão da qualidade, conforme as seguintes categorias:

1. Gerenciamento da garantia da qualidade
2. Controle de qualidade
3. Projeto e verificação
4. Aquisições
5. Fabricação, montagem e integração
6. Testes
7. Aceitação e entrega
8. Equipamentos de suporte de solo (GSE)

A seguir, são brevemente descritos os requisitos de GQ correspondentes às classes elencadas.

#### **3.2.1.1 Requisitos do gerenciamento da garantia da qualidade**

De acordo com o padrão ECSS-Q-ST-20C (2018b), Item 5.1, os principais requisitos do gerenciamento da garantia da qualidade são como segue:

- Elaboração de Plano da Garantia da Qualidade, contendo no mínimo: finalidade, objetivo, motivação, documentos aplicáveis e de referência, atividades que deverão cumprir os requisitos de gestão da qualidade e

requisitos para aquisição, controle da qualidade para fabricação, montagem, integração e testes, aceitação e entrega. (Q1R1)

- Treinamento e certificação de pessoal. Deve ser implementado um plano para treinamento, contendo no mínimo relação do pessoal cujas atividades afetam a qualidade do produto. Este plano deve conter a função de cada colaborador, registro dos treinamentos oferecidos, e controle dos registros. (Q1R2)

### 3.2.1.2 Requisitos gerais de controle de qualidade (Q2)

De acordo com o padrão ECSS-Q-ST-20C (2018b), Item 5.2, o controle da qualidade deve identificar defeitos, erros e falhas no produto. O Controle da Qualidade tem foco no produto e visa identificar não conformidades nas entregas. Assim, atuará, por exemplo, através de inspeção, testes e verificações.

O Controle da Garantia da Qualidade deve implementar, no mínimo, os processos descritos na Tabela 3.12, a qual apresenta, também, a principal referência para cada processo.

Tabela 3.12 – Processos de Controle de Garantia da Qualidade, conforme o Padrão ECSS.

Processo	Referência
1. Controle de itens críticos	ECSS-Q-ST-10-04 (ECSS, 2008c)
2. Controle de não conformidades	ECSS-Q-ST-10-09 (ECSS, 2018a)
3. Gerenciamento de alertas	ECSS-Q-ST-10 (ECSS, 2016)
4. Sistema de rastreabilidade	ECSS-Q-ST-20C, Item 5.2.5 (ECSS, 2018b)
5. Sistema de metrologia e calibração	ECSS-Q-ST-20C, Item 5.2.6 (ECSS, 2018b)
6. Manuseio, armazenamento, transporte e preservação	ECSS-Q-ST-20-08 (ECSS, 2014)
7. Análise estatística	ECSS-Q-ST-20C, Item 5.2.8 (ECSS, 2018b)

Fonte: Produção do autor.



### 3.2.1.3 Requisitos de garantia da qualidade para projeto e verificação

A gestão da qualidade deve prover procedimentos de *design* (*design rules*) para garantir a produtibilidade, repetibilidade, inspecionabilidade, testabilidade e operabilidade do(s) produto(s), conforme requisitos descritos na Tabela 3.13, abaixo.

Tabela 3.13 – Requisitos de garantia da qualidade para o *design* de sistemas espaciais, conforme o padrão ECSS.

Produtibilidade	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de forma que possa ser fabricado com o nível de qualidade especificado.
Repetibilidade	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de forma que seu desempenho e características possam ser reproduzidos de forma consistente, seja na produção de modelos ou na produção em série.
Inspecionabilidade e Testabilidade	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de forma que possa ser inspecionado e testado, em condições representativas, para produção, montagem, integração, verificação e o ambiente operacional.
Operabilidade	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de modo que possa ser operado conforme as restrições e requisitos definidos, ao longo de todo o seu ciclo de vida, incluindo manuseio, armazenagem, transporte, integração e operações.

Fonte: Produção do autor.

Referentemente a atividades de verificação, os correspondentes requisitos de garantia da qualidade são sintetizados na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de verificação, conforme o padrão ECSS.

<b>Geral</b>	
Progressividade das atividades de verificação	O fornecedor deve garantir que a verificação de requisitos seja realizada progressivamente, à medida que cada etapa do projeto é concluída. Deve prover, também, a base de dados de forma estruturada, que evidencie a qualificação e a aceitação progressiva do sistema.
Consistência entre alocações e verificações	O fornecedor deve garantir que as alocações de requisitos de cima para baixo e as verificações de requisitos de baixo para cima são completas e consistentes.
Rastreabilidade de requisitos e verificações	O fornecedor deve garantir que um processo de rastreamento de requisitos e correspondentes verificações seja estabelecido e mantido durante o ciclo de vida do projeto.
Métodos de verificação	O fornecedor deve garantir que os métodos de verificação sejam adequados e consistente com o tipo e criticidade dos requisitos.
Referência à documentação de verificação nas revisões de projeto	O fornecedor deve garantir que haja apropriada referência à documentação de verificação e que o status seja atualizado nas revisões do projeto, até a aceitação final do produto.
<b>Análise da verificação do projeto</b>	
Objetivos da análise	O fornecedor deve garantir que os objetivos da análise sejam definidos no contexto de sua relação com a lógica de desenvolvimento do produto, definida no plano de verificação.
Pontos a serem considerados	Os seguintes itens devem ser considerados: 1. a referência que provê a definição do item de configuração em análise; 2. restrições ambientais consideradas na análise; 3. hipóteses básicas, métodos de análise e modelos matemáticos.
<b>Revisões de Projeto</b>	
	O fornecedor deve garantir que as revisões de projeto sejam conduzidas conforme os requisitos do projeto e procedimentos escritos. NOTA As revisões de design abordam as seguintes questões: • se os requisitos e critérios de qualidade para design, reprodutibilidade, repetibilidade, testabilidade e operabilidade são adequadamente considerados na documentação de design; • se os métodos e dados necessários para aquisição, fabricação, inspeção e teste estão disponíveis e validados; • se os riscos de não cumprimento dos requisitos são destacadas e adequadamente controladas.
<b>Processo de Qualificação</b>	
Qualificação	a. O fornecedor deve garantir que todos os itens de configuração e seus elementos constituintes, sejam eles de prateleira ou projetados para uso específico, sejam devidamente qualificados, com margens adequadas à aplicação e ao ambiente de uso. b. A GQ do fornecedor deve revisar e aprovar o plano de

continua

Tabela 3.14 – Continuação.

	<p>qualificação (ECSS-E-ST-10-02).</p> <p>c. A GQ do fornecedor deve revisar e aprovar os resultados da qualificação (ECSS-EST-10-02).</p> <p>d. O gerente de GQ do fornecedor deve garantir que um Conselho de Controle de Verificação (Verification Control Board) seja estabelecido para monitorar o processo de qualificação.</p> <p>e. Para equipamentos com histórico prévio de qualificação, parcial ou total, deve ser realizada uma revisão na fase inicial do projeto, dedicada à avaliação do status de qualificação (Revisão do Status de Qualificação do Equipamento – EQSR) (ECSS-E-ST-10-24 e ECSS-QST-20-10).</p>
Qualificação por Similaridade	<p>a. A qualificação por similaridade, em que se faz uso de resultados de qualificação referentes a um produto idêntico ou similar, deve ser justificada, provendo evidência de que a nova aplicação esteja consistente com os limites do projeto qualificado previamente.</p> <p>b. Diferenças, seja na definição em relação ao produto de referência ou nos testes de qualificação, devem ser identificadas.</p> <p>c. A necessidade de exames complementares de qualificação deve ser analisada e a decisão justificada e submetida ao cliente para aprovação.</p>
Testes de Qualificação	<p>a. O espécime utilizado para os testes de qualificação deve ser produzido conforme um plano completo de fabricação e inspeção.</p> <p>b. O modelo de qualificação deve ser totalmente representativo do modelo de voo. Todas as diferenças devem ser analisadas para avaliar seu efeito sobre o status de qualificação.</p> <p>c. Requisitos de inspeção e testes devem ser expressos de forma inequívoca e quantitativa, incluindo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) sequência de testes;</li> <li>(b) condições de testes;</li> <li>(c) padrões de testes, se houver;</li> <li>(d) níveis de teste aplicáveis, durações e tolerâncias;</li> <li>(e) precisão na medição.</li> </ul>
Status de Qualificação	<p>O fornecedor deve relatar o status de qualificação em conformidade com a DRD "Lista de status de qualificação", conforme definido em ECSS-Q-ST-10.</p>
Manutenção da Qualificação	<p>a. O fornecedor deve monitorar, registrar e relatar periodicamente ao cliente o status de qualificação de todos os itens a serem entregues, bem como o andamento do programa de qualificação.</p> <p>b. Antes de reutilizar um espécime de modelo de qualificação existente para testes, o modelo deve ser avaliado quanto à representatividade do projeto, construção e história relevantes para o status do projeto do novo modelo de voo.</p> <p>c. Todas as mudanças, desvios e anomalias devem ser avaliados quanto ao seu impacto sobre o status de qualificação e ser acordado com o cliente em caso de impacto.</p>

### Modificações de Design

continua

Tabela 3.14 – Conclusão.

	O fornecedor deve garantir que todas as mudanças e modificações de design sejam identificadas, documentadas, revisadas e aprovadas antes de sua implementação.
--	--

Fonte: Adaptado de ECSS (2018b).

### 3.2.1.4 Requisitos de gestão da qualidade para aquisições (Q4)

A gestão da qualidade para aquisições é executada por meio de procedimentos estabelecidos para garantir a aquisição de forma consistente para um produto espacial. A Tabela 3.15 apresenta os requisitos de qualidade para aquisições, conforme o padrão ECSS.

Tabela 3.15 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de aquisições, conforme o padrão ECSS.

<b>Seleção de fontes de aquisição</b>	
Progressividade das atividades de verificação	A GQ do fornecedor deve participar da aprovação e seleção de fontes de aquisição. NOTA A seleção de fontes de aquisição para componentes EEE são definidos em ECSS-Q-ST-60.
<b>Critérios de seleção</b>	
Objetivos da análise	<p>O fornecedor deve selecionar suas fontes de aquisição com base em um dos seguintes critérios:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. a fonte de aquisição seja certificada pelo cliente final e disponha de aprovação para fornecer itens ou serviços do tipo e nível de qualidade do(s) item(itens) sendo adquiridos;</li> <li>2. a fonte de aquisição está fornecendo, ou forneceu nos últimos dois anos, sob outros contratos com o cliente final, itens ou serviços do mesmo tipo e nível de qualidade que os itens e serviços em aquisição;</li> <li>3. alternativamente, a fonte de aquisição tenha demonstrado capacidade contínua de fornecer itens ou serviços do mesmo tipo e nível de qualidade que os itens em aquisição, apoiado por documentação objetiva;</li> <li>4. a capacidade da fonte de aquisição de satisfazer os requisitos do acordo comercial em discussão tenha sido demonstrada por uma auditoria pré-adjudicada pelo cliente final ou equivalente.</li> </ol> <p>O fornecedor deve documentar e manter em arquivo resultados de processos de seleção de fonte de aquisição de que tenha participado.</p>
<b>Registros e listas de fontes de aquisição</b>	
	a. O fornecedor deve estabelecer e manter registros de todas as aquisições envolvidas no desempenho de acordos comerciais.

continua

Tabela 3.15 - Continuação.

	<p>b. O fornecedor deverá apresentar ao cliente, mediante solicitação, a lista de fontes de aquisição.</p>
<p><b>Documentos de aquisições</b></p>	
Qualificação	<p>a. O fornecedor deve garantir que os itens adquiridos sejam identificados e que todos os requisitos aplicáveis estejam definidos nos documentos de aquisição.</p> <p>b. O fornecedor deve garantir que os requisitos para aqueles contidos em os documentos de aquisição da camada são rastreáveis.</p> <p>c. Os documentos de aquisição devem conter, de forma declarada ou por referência:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. descrições técnicas abrangentes dos itens e serviços a serem adquiridos;</li> <li>2. detalhes dos requisitos aplicáveis, tais como requisitos para preservação, embalagem, marcação, envio, acompanhamento documentação e provisões para itens de vida limitada;</li> <li>3. detalhes das atividades de GQ a serem realizadas, como inspeções e testes característicos, registros e relatórios;</li> <li>4. detalhes das atividades de GQ do fornecedor na fonte; e</li> <li>5. condições especiais de aceitação.</li> </ol> <p>d. A organização de GQ do fornecedor deve revisar os documentos de aquisições antes de sua liberação, para certificar a seleção correta de fontes e adequação de seu conteúdo.</p>
Qualificação por Similaridade	<p>a. A qualificação por similaridade, em que se faz uso de resultados de qualificação referentes a um produto idêntico ou similar, deve ser justificada, provendo evidência de que a nova aplicação esteja consistente com os limites do projeto qualificado previamente.</p> <p>b. Diferenças, seja na definição em relação ao produto de referência ou nos testes de qualificação, devem ser identificadas.</p> <p>c. A necessidade de exames complementares de qualificação deve ser analisada e a decisão justificada e submetida ao cliente para aprovação.</p>
Testes de Qualificação	<p>a. O espécime utilizado para os testes de qualificação deve ser produzido conforme um plano completo de fabricação e inspeção.</p> <p>b. O modelo de qualificação deve ser totalmente representativo do modelo de voo. Todas as diferenças devem ser analisadas para avaliar seu efeito sobre o status de qualificação.</p> <p>c. Requisitos de inspeção e testes devem ser expressos de forma inequívoca e quantitativa, incluindo:</p>

continua

Tabela 3.15 - Conclusão.

	(a) sequência de testes; (b) condições de testes; (c) padrões de testes, se houver; (d) níveis de teste aplicáveis, durações e tolerâncias; (e) precisão na medição.
Status de Qualificação	O fornecedor deve relatar o status de qualificação em conformidade com a DRD "Lista de status de qualificação", conforme definido em ECSS-Q-ST-10.
Manutenção da Qualificação	a. O fornecedor deve monitorar, registrar e relatar periodicamente ao cliente o status de qualificação de todos os itens a serem entregues, bem como o andamento do programa de qualificação. b. Antes de reutilizar um espécime de modelo de qualificação existente para testes, o modelo deve ser avaliado quanto à representatividade do projeto, construção e história relevantes para o status do projeto do novo modelo de vôo. c. Todas as mudanças, desvios e anomalias devem ser avaliados quanto ao seu impacto sobre o status de qualificação e ser acordado com o cliente em caso de impacto.
<b>Modificações de Design</b>	
	O fornecedor deve garantir que todas as mudanças e modificações de design sejam identificadas, documentadas, revisadas e aprovadas antes de sua implementação.

Fonte: Produção do autor.

Os fornecedores devem ser selecionados com base no mínimo de:

- o fornecedor deve demonstrar sua capacidade de satisfazer os requisitos do acordo comercial, por meio de uma auditoria solicitada pelo cliente;
- o fornecedor deve garantir que os suprimentos sejam identificados e que todos os requisitos aplicáveis estarão de acordo com os documentos de aquisição;
- o fornecedor deve garantir que todos os suprimentos entregues, incluindo documentação e embalagem, estarão em conformidade com os requisitos dos documentos de aquisição.

### **3.2.1.5 Requisitos de qualidade para fabricação, montagem e integração**

Segundo a ECSS-Q-ST-20C (ECSS, 2018b), a Qualidade deve:

- assegurar que os requisitos para testes, incluindo garantia que as instalações de teste, internas ou externas, estejam documentados e em conformidade com os requisitos de projeto especificados;
- assegurar que os documentos de teste estão aprovados e configurados, assim como seus relatórios;
- garantir que as técnicas de teste auxiliadas por computador e os dados delas provenientes sejam validadas antes da utilização e controladas durante seu uso nos testes.
- assegurar que os equipamentos de teste sejam projetados de forma que seu funcionamento correto, possa ser verificado sem a necessidade de aplicá-los ao item de teste;
- participar das reuniões formais de início e encerramento dos testes, de acordo com procedimentos específicos;
- garantir que quaisquer modificações nos documentos de fabricação sejam documentadas, analisadas e aprovadas;
- garantir que somente documentos aprovados e configurados sejam utilizados nas atividades de fabricação.

A gestão da qualidade para fabricação, montagem e integração é executada por meio de procedimentos estabelecidos para garantir a fabricação, montagem e integração de forma consistente para um produto espacial. A Tabela 3.16 apresenta os requisitos de qualidade para fabricação, montagem e integração, conforme o padrão ECSS.

Tabela 3.16 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de fabricação, montagem e integração, conforme o padrão ECSS.

<b>Planejamento de fabricação, montagem e atividades de integração e documentos associados</b>	
Planejamento de fabricação, montagem e atividades de integração e documentos associados	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve documentar o planejamento das operações de fabricação, montagem e integração e inspeções, no plano de fabricação ou fluxograma do produto, incluindo a sequência de operações e as inspeções e testes associados.</li> <li>2. O planejamento deve incluir a identificação de MIPs em procedimentos pelos quais as várias atividades são realizadas e os níveis de limpeza exigidos e requisitos de temperatura e umidade das instalações.</li> <li>3. As instruções devem direcionar o desempenho real das operações de fabricação, montagem e integração e inspeções, para garantir que as atividades prossigam de maneira ordenada e de acordo com a sequência planejada.</li> <li>4. O fornecedor deve emitir e manter a fabricação, montagem, integração e documentos de inspeção de acordo com os procedimentos estabelecidos e divulgados.</li> <li>5. A organização de QA deve revisar e aprovar documentos, e quaisquer modificações dos mesmos.</li> <li>6. O fornecedor também deve fornecer documentos de suporte detalhados e instruções, como desenhos, procedimentos e folhas de instruções, para permitir que as operações sejam realizadas corretamente.</li> </ol>
Avaliações de prontidão de fabricação	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve realizar uma revisão de prontidão de fabricação (MRR), antes de iniciar a fabricação de: modelo de qualificação (EQM ou QM), ou primeiro produto padrão de voo de cada lote.</li> <li>2. A revisão de prontidão de fabricação deve avaliar os seguintes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• status de definição e requisitos do produto, diferenças com o status do modelo de qualificação e impactos dessas diferenças;</li> <li>• status de fabricação, montagem, inspeção e documentação de teste, diferenças com o status do modelo de qualificação e impactos dessas diferenças;</li> <li>• verificação do status dos processos de fabricação</li> <li>• implementação de disposições para redução de risco, conforme definido pela avaliação de risco, nos procedimentos de fabricação, montagem, integração, inspeção e teste;</li> <li>• disponibilidade de pessoal e de materiais e peças especificados, equipamentos de produção, medição e inspeção e status de calibração, quando relevante;</li> </ul> </li> </ol>

continua



Tabela 3.16 – Continuação.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• limpeza das instalações, com respeito aos níveis de limpeza especificados;</li> <li>• temperatura e umidade da instalação em relação aos requisitos.</li> </ul>
<b>Controle de processos</b>	
Geral	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve monitorar todos os processos usados para fabricação, montagem e integração, e fazer cumprir todos os requisitos de processo aplicáveis.</li> <li>2. O fornecedor deve garantir que todos os processos de fabricação sejam cobertos por especificações ou padrões de processos documentados. A definição das especificações do processo de fabricação é fornecida no ECSS-Q-ST-70.</li> <li>3. As especificações do processo devem incluir disposições de QA, métodos para inspeção e teste, número de amostras, critérios de aceitação ou rejeição.</li> <li>4. As amostras testemunhas do processo devem ser armazenadas em condições controladas</li> </ol>
Processos especiais	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve estabelecer e implementar procedimentos e controles para processos especiais, para garantir que:</li> <li>2. Os processos especiais são validados para a aplicação pretendida.</li> <li>3. O pessoal que executa ou inspeciona processos especiais é treinado e certificado de acordo com os requisitos</li> <li>4. Materiais, equipamentos, sistemas de computador e software, e procedimentos envolvidos na execução do processo especial são validados e monitorados.</li> <li>5. A coordenação é mantida com a função de engenharia cognitiva para garantir a seleção adequada dos métodos não destrutivos ou destrutivos para a avaliação do desempenho do processo. A validação de processos especiais, conforme mencionado no item 1, é definida no ECSS-Q-ST-70.</li> </ol>
Padrões de mão de obra	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve empregar padrões de mão de obra em todas as fases de fabricação, montagem e integração, para garantir níveis de qualidade de mão de obra aceitáveis e consistentes.</li> <li>2. Os padrões de fabricação devem identificar os critérios de aceitação ou rejeição.</li> <li>3. Amostras físicas ou recursos visuais devem ser revisados e aprovados pelo cliente quando são usados para o propósito de aceitação ou rejeição de itens.</li> </ol>

continua

Tabela 3.16 – Continuação.

Controle de materiais e peças	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve garantir que apenas os itens em conformidade sejam liberados e usados, e que aqueles não necessários para a operação envolvida sejam removidos das áreas de operação de trabalho.</li> <li>2. Itens com vida limitada ou características definidas de degradação da qualidade ou desvio com a idade ou uso devem ser marcados para indicar as datas, tempos de teste ou ciclos em que a vida foi iniciada e em que a vida útil expira.</li> <li>3. Itens sensíveis devem ser processados ou fabricados, inspecionados e testados em um ambiente controlado para prevenir qualquer degradação.</li> </ol>
<b>Controle de equipamento</b>	
Ferramental	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve tomar providências para a prestação de contas, identificação e manutenção das ferramentas de fabricação, montagem e integração.</li> <li>2. As ferramentas de fabricação, montagem e integração devem ser verificadas quanto à precisão dimensional, quanto aos desenhos do produto, e funcionamento correto.</li> <li>3. A organização de QA deve aprovar o ferramental antes do uso.</li> <li>4. A aprovação deve ser marcada pela Autoridade de Aceitação (Tabela 3.3, item 5.2.4) e registrado.</li> <li>5. A precisão das ferramentas deve ser verificada durante a vida útil da produção em intervalos adequados.</li> <li>6. As ferramentas devem ser submetidas a nova aprovação após a modificação.</li> <li>7. As ferramentas devem ser armazenadas adequadamente para evitar uso indevido, danos e deterioração.</li> <li>8. Ferramentas desnecessárias devem ser removidas das áreas de trabalho.</li> <li>9. Devem ser mantidos registros de todos os equipamentos de fabricação.</li> </ol>
Equipamento para manufatura auxiliada por computador	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve garantir que as técnicas e dados auxiliados por computador para processamento e usinagem sejam validados antes do uso e controlados durante seu uso na fabricação.</li> <li>2. O fornecedor deve garantir que sejam feitas provisões para o teste, aprovação e controle de configuração do software envolvido e prevenção de sua adulteração.</li> </ol>
<b>Limpeza e controle de contaminação</b>	
Geral	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve estabelecer controles para a limpeza do hardware e das instalações e a limitação das fontes de contaminação de acordo com ECSS-Q-ST-70-01.</li> </ol>
Níveis de limpeza	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Itens sensíveis à contaminação devem ser limpos,</li> </ol>

continua

Tabela 3.16 – Continuação.

	<p>controlados e mantidos nos níveis de limpeza exigidos.</p> <p>2. Os níveis de limpeza necessários para todos os níveis de hardware de voo devem ser indicados em desenhos, especificações, procedimentos ou outros documentos que controlam a fabricação, montagem, integração e teste dos itens</p>
<p> Materiais e métodos de limpeza</p>	<p>1. O fornecedor deve desenvolver métodos detalhados para atingir os níveis de limpeza especificados para o hardware</p>
<p>Controle de contaminação</p>	<p>1. A contaminação deve ser minimizada operando em áreas de trabalho limpas e por manuseio, preservação, embalagem e armazenamento adequados.</p> <p>2. Itens sensíveis à contaminação fabricados ou processados em ambientes controlados de contaminação devem ser inspecionados, testados, modificados ou reparados em ambientes idênticos ou mais limpos, a menos que precauções específicas sejam tomadas para proteger os itens em questão da contaminação.</p> <p>3. Medidas de proteção específicas, como tampas de proteção contra poeira, devem ser implementadas para proteger itens sensíveis à contaminação quando eles são integrados em um nível superior de montagem</p>
<p>Limpeza das instalações</p>	<p>1) A fabricação, montagem e integração de itens sensíveis à contaminação deve ser conduzida em instalações que forneçam níveis de limpeza compatíveis com a limpeza do produto especificado</p>
<p>Inspeção</p>	<p>1) A inspeção e os testes devem ser planejados nos pontos do fluxo de fabricação, montagem e integração onde a garantia máxima para o processamento correto e prevenção de não conformidades irrecuperáveis ou onerosas pode ser obtida.</p> <p>2) Todas as características críticas identificadas devem ser inspecionadas conforme definido no programa de controle de itens críticos.</p> <p>3) A auto-inspeção pelos operadores que executam as atividades de fabricação, montagem e integração associadas não deve ser considerada suficiente para as características críticas.</p> <p>4) Dentre as inspeções e testes que fazem parte do fluxo de fabricação, montagem e integração, os pontos de inspeção obrigatórios (MIPs) devem ser realizados com a participação do cliente.</p>
<p><b>Requisitos específicos para montagem e integração</b></p>	
<p>Controle de instalações temporárias e remoções</p>	<p>1) O fornecedor deve assegurar o controle de itens de voo que são temporariamente removidos (desinstalados) ou itens de não voo que são temporariamente instalados para facilitar a montagem, integração, teste, manuseio ou preservação do item final.</p>

continua

Tabela 3.16 – Conclusão.

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2) O controle deve ser iniciado na instalação ou remoção do primeiro item temporariamente instalado ou removido e ser mantido até a entrega e uso do item final.</li> <li>3) O fornecedor deve estabelecer e manter registros de instalações temporárias e remoções.</li> <li>4) Itens instalados temporariamente devem ser contabilizados para evitar que sejam incorporados na configuração final de voo.</li> </ol>
Logbooks	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve preparar e manter livros de registro de sistema, subsistema e equipamentos, em conformidade com para todas as operações e testes realizados no item.</li> <li>2) Os livros de registro de equipamentos devem começar com o primeiro teste, após a montagem.</li> <li>3) Os livros de registro do subsistema e do sistema devem derivar dos livros de registro de equipamentos individuais para formar um registro completo.</li> <li>4) O livro de registro deve acompanhar o hardware sempre que for colocado sob a custódia de outra organização</li> <li>5) A organização receptora deve manter o livro de registro atualizado.</li> </ol>
Registros de fabricação, montagem e integração	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve estabelecer e manter registros de fabricação, montagem e integração para fornecer todos os dados de fabricação, montagem, integração e inspeção necessários para rastreabilidade</li> </ol>
Controle de descarga eletrostática (ESD)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve estabelecer e manter um programa de proteção ESD durante o projeto, fabricação, teste e armazenamento / transporte do hardware de voo.</li> <li>2) O fornecedor deve fornecer um plano de controle de ESD em conformidade com EN 61340-5-1 ou ANSI-ESD S20.20.</li> </ol>

Fonte: Adaptado de ECSS (2018b).

### 3.2.1.6 Requisitos da garantia de qualidade para testes

Segundo ECSS-Q-ST-20C, (ECSS, 2018b) a Qualidade deve:

- assegurar que os requisitos para testes, incluindo garantia que as instalações de teste, internas ou externas, estejam documentados e em conformidade com os requisitos de projeto especificados;
- assegurar que os documentos de teste estão aprovados e configurados, assim como seus relatórios;

- garantir que as técnicas de teste auxiliadas por computador e os dados delas provenientes sejam validadas antes da utilização e controladas durante seu uso nos testes.
- assegurar que os equipamentos de teste sejam projetados de forma que seu funcionamento correto, possa ser verificado sem a necessidade de aplicá-los ao item de teste;
- participar das reuniões formais de início e encerramento dos testes, de acordo com procedimentos específicos;
- garantir que quaisquer modificações nos documentos de fabricação sejam documentadas, analisadas e aprovadas;
- garantir que somente documentos aprovados e configurados sejam utilizados nas atividades de fabricação.

A gestão do controle da qualidade para testes é executada por meio de procedimentos estabelecidos para garantir a qualidade para testes de forma consistente para um produto espacial. A Tabela 3.17 apresenta os requisitos de qualidade para testes, conforme o padrão ECSS.

Tabela 3.17 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de testes, conforme o padrão ECSS.

<b>Requisitos de garantia da qualidade para testes</b>	
Instalações de teste	1) O fornecedor deve garantir que as instalações de teste, internas ou externas, estejam em conformidade com os requisitos especificados
Equipamento de teste	<p>1) O fornecedor deve garantir que as técnicas de teste auxiliado por computador e os dados sejam validados antes do uso e controlados durante seu uso nos testes.</p> <p>2) O fornecedor deve assegurar que sejam feitas provisões para teste, aprovação e controle de configuração do software envolvido e prevenção de sua adulteração.</p> <p>3) O fornecedor deve assegurar que os equipamentos de teste sejam projetados de forma que seu funcionamento correto possa ser verificado sem a necessidade de aplicá-los ao item de teste</p>
Documentação de teste	<p>1) O fornecedor deve garantir que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) os testes sejam realizados de acordo com os procedimentos documentados.</li> <li>b) os procedimentos de testes sejam revisados e aprovados.</li> <li>c) Os relatorios de testes sejam documentados, configurados e que contenha no mínimo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• referência ao procedimento de teste aplicável e descrição dos desvios durante o teste real.</li> <li>• registros de dados de teste e avaliação,</li> <li>• resumo dos resultados do teste.</li> <li>• Os relatórios de testes sejam revisados e aprovados.</li> </ul> </li> </ul>
Monitoramento de desempenho de teste	<p>1) A organização deve definir dentro do plano de testes a forma de monitorar o desempenho das atividades de teste.</p> <p>2) Todas as atividades de testes relacionadas às características críticas, conforme identificadas no programa de controle de itens críticos, devem ser verificadas.</p>
Avaliações de teste	<p>1) O fornecedor deve garantir que as revisões sejam realizadas antes e depois dos pontos definidos durante os testes de qualificação ou aceitação</p> <p>2) A organização de QA deve ser representada nos comitês formais estabelecidos para a revisão da prontidão para testes e realização de testes.</p>
Controle de descarga eletrostática (ESD)	<p>3) O fornecedor deve estabelecer e manter um programa de proteção ESD durante o projeto, fabricação, teste e armazenamento / transporte do hardware de vôo.</p> <p>4) O fornecedor deve fornecer um plano de controle de ESD em conformidade com EN 61340-5-1 ou ANSI-ESD S20.20.</p>

Fonte: Adaptada de ECSS (2018b).

### **3.2.1.7 Requisitos da qualidade para aceitação e entrega**

A Qualidade deve assegurar a existência de um processo de aceitação formal para todos os itens a serem entregues, em qualquer nível contratual, garantindo que a conformidade dos itens a serem entregues seja totalmente avaliada e documentada.

Também deve assegurar a existência de um processo de preparação dos itens a serem entregues e para a entrega física em si, de tal forma que ela seja realizada de forma a evitar a degradação do produto. Verificar sempre o pacote de dados do item final (EIDP), inclusive o Certificado de Conformidade.

NOTA A identificação do item deve estar claramente estampada na embalagem, que deve garantir a integridade do item durante o transporte.

A gestão do controle da qualidade para aceitação e entrega é executada por meio de procedimentos estabelecidos para garantir a qualidade do item a ser entregue de forma consistente para um produto espacial. A Tabela 3.18, abaixo apresenta os requisitos de qualidade para aceitação e entrega, conforme o padrão ECSS.

Tabela 3.18 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de aceitação e entrega, conforme o padrão ECSS.

<b>Requisitos de garantia da qualidade para aceitação e entregas</b>	
Processo de aceitação e entrega	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve estabelecer um processo de aceitação formal para todos os itens a serem entregues, em qualquer nível contratual, para garantir que a conformidade dos itens a serem entregues.</li> <li>2) O fornecedor deve garantir que a preparação dos itens para entrega e a entrega física em si sejam realizadas de forma que a degradação seja evitada.</li> </ol>
Pacote de dados do item final	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve fornecer um EIDP para cada item final de entrega em conformidade.</li> <li>2) O EIDP constituirá a base para as análises de aceitação formal.</li> <li>3) Os EIDPs devem ser mantidos e integrados aos EIDPs de nível superior durante a integração e teste do subsistema ou sistema</li> </ol>
Revisão de entrega	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve garantir que um comitê seja convocado, antes da entrega do equipamento, subsistemas montados separadamente, equipamento de teste ou equipamento de manuseio para atividades de nível superior.</li> <li>2) As funções do comitê em nível de sistema devem ser cumpridas na revisão de aceitação final e presididas pelo cliente.</li> <li>3) O comitê será composto, no mínimo, pelos seguintes membros: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Representantes da organização receptora; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerente de projeto, ou representante autorizado, como presidente;</li> <li>• Gerente de PA ou representante autorizado.</li> <li>• Gerente de engenharia ou projeto, ou representante autorizado.</li> </ul> </li> <li>b) Representantes do fornecedor: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerente de projeto ou representante autorizado;</li> <li>• Gerente de PA ou representante autorizado;</li> <li>• Gerente de engenharia ou projeto, ou representante autorizado.</li> </ul> </li> <li>c) Representante (s) de clientes de nível superior, como observadores. (não é necessário para subsistemas separados)</li> </ol> </li> <li>4) O cliente reserva-se o direito de comparecer aos comitês em qualquer nível inferior e deverá ser devidamente notificado da reunião.</li> <li>5) O comitê será responsável por autorizar o embarque dos itens sob aceitação e certificar por escrito que:</li> </ol>

continua



Tabela 3.18 – Conclusão.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) os itens estão em conformidade com os requisitos contratuais e com uma configuração de projeto aprovada</li> <li>b) os itens estão livres de deficiências de material e mão de obra</li> <li>c) todas as não conformidades são encerradas, ou são aceitos planos correspondentes, compatíveis com a entrega;</li> <li>d) o EIDP relevante é completo e preciso</li> </ul> <p>6) A entrega somente será autorizada por acordo unânime dos membros do comitê e será acompanhada pelo Certificado de Conformidade.</p>
Preparação para entrega	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve garantir que os materiais de embalagem, métodos, procedimentos e instruções prevejam a proteção dos itens enquanto na planta do fornecedor, durante o transporte e após sua chegada ao destino.</li> <li>2) O fornecedor deve garantir que a marcação e identificação adequadas para embalagem, armazenamento, transporte e envio dos itens, sejam realizados de acordo com as especificações aplicáveis.</li> </ul>
Entrega	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve garantir que os itens a serem entregues sejam inspecionados antes da liberação e considerados completos, devidamente preservados e embalados, corretamente marcados e acompanhados de toda a documentação exigida.</li> <li>2) A documentação anexa ao item fornecido deve incluir o EIDP e, anexado ao exterior do contêiner de transporte, o procedimento de manuseio e embalagem/desembalagem e quaisquer procedimentos de segurança relevantes.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de ECSS (2018b).

### **3.2.1.8 Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de suporte de solo (GSE)**

A Qualidade deve assegurar que padrões internos de projeto e verificação sejam utilizados ou desenvolvidos e correspondam às técnicas a serem utilizadas, ajustando-se ao nível de complexidade dos itens a serem implementados.

Deve assegurar que os riscos de desenvolvimento sejam identificados de maneira a serem mitigados.

E por fim, de deve garantir que o método e o processo de verificação sejam adaptados para:

- complexidade do item a ser verificado;
- criticidade da função a ser implementada pelo item GSE;
- criticidade inerente do próprio item.

A gestão do controle da qualidade para equipamentos de suporte de solo (GSE) é executada por meio de procedimentos estabelecidos para garantir a qualidade do item, de forma consistente para ser usado junto a um produto espacial. A Tabela 3.19 apresenta os requisitos de qualidade para equipamentos de suporte de solo (GSE), conforme o padrão ECSS.

Tabela 3.19 – Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades para equipamentos de suporte de solo (GSE), conforme o padrão ECSS.

<b>Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de suporte de solo (GSE)</b>	
Projeto, desenvolvimento e verificação	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve assegurar que padrões internos de projeto e verificação sejam usados ou desenvolvidos correspondendo às técnicas a serem utilizadas e ajustando-se ao nível de complexidade dos itens a serem desenvolvidos.</li> <li>2) O fornecedor deve garantir que os riscos de desenvolvimento sejam identificados e que as soluções apropriadas sejam identificadas.</li> <li>3) O fornecedor deve garantir que o método e processo de verificação sejam adaptados para:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) complexidade do item a ser verificado;</li> <li>b) criticidade da função a ser implementada pelo item GSE;</li> <li>c) criticidade inerente do próprio item.</li> </ol> </li> </ol>
Controle de configuração	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve garantir que o GSE seja controlado por configuração.</li> </ol>
<b>Produção</b>	
Compras	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve garantir que os subfornecedores do GSE selecionados, tenham uma capacidade demonstrada de estar em conformidade com os requisitos, através de:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) fornecimento anterior de itens semelhantes ou mais complexos no mesmo nível de técnicas e tecnologias,</li> </ol> </li> </ol>

continua

Tabela 3.19 – Continuação.

	<p>b) certificação cobrindo projeto, desenvolvimento e produção semelhantes ou evidência, documentada por padrões existentes de projeto, desenvolvimento, produção e qualidade, de ter experiência semelhante associada a sucesso conhecido.</p> <p>2) Os documentos de aquisição devem identificar os requisitos de validação e inspeção de recebimento e estar em conformidade com os requisitos.</p>
Fabricação, montagem, integração e verificação	<p>1) O fornecedor e seus fornecedores de nível inferior devem usar práticas padrão já documentadas e reconhecidas para itens semelhantes.</p> <p>2) Se o fornecedor ou fornecedores de nível inferior se desviarem das práticas padrão, conforme exigido, as novas práticas deverão ser validadas.</p>
<b>Aceitação e entrega</b>	
Pacote de dados do item final	<p>1) O pacote de dados de aceitação deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) informações sobre interfaces;</li> <li>b) desvios dos requisitos contratuais;</li> <li>c) certificação de conformidade com uma linha de base identificada;</li> <li>d) descrição do funcionamento do item e instruções para operá-lo e mantê-lo, e</li> <li>e) dados de segurança ou certificações de segurança.</li> </ul>
Aceitação	<p>1) A aceitação deve ser alcançada por meio de um processo de revisão.</p> <p>2) O processo de aceitação deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) plano de aceitação,</li> <li>b) procedimentos de inspeção e teste, e</li> <li>c) relatórios de inspeção e teste.</li> </ul> <p>3) A aceitação pode ser obtida por meio de um processo simples de inspeção, se acordado entre o cliente e o fornecedor.</p>
Comitê de entrega	<p>1) O fornecedor deve propor os elementos do GSE para os quais a aceitação será concedida pelo comitê de entrega e concordar.</p> <p>2) O comitê de entrega deve incluir representantes de QA do fornecedor e do cliente.</p>
Entrega	<p>1) Os requisitos que devem ser aplicados à entrega de itens estão descritos abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) preparação para entrega;</li> <li>b) entrega deve estar conformidade requisitos; e</li> <li>c) manuseio, armazenamento e preservação, em conformidade.</li> </ul>
Requisitos Gerais	<p>1) Os seguintes requisitos devem ser adaptados de acordo com a complexidade e criticidade do item de GSE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) requisitos de rastreabilidade; e</li> <li>b) requisitos de metrologia e calibração.</li> </ul>

continua

Tabela 3.19 – Conclusão.

Manutenção	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) O fornecedor deve garantir que as atividades de manutenção sejam planejadas.</li> <li>2) O fornecedor deve assegurar que a demonstração de manutenção seja realizada a fim de provar que os requisitos de manutenção são satisfeitos no ambiente operacional.</li> </ol>
------------	--

Fonte: Produção do autor.

### 3.2.2 Dependabilidade

Rabello (2017) afirma que Dependabilidade é uma métrica vetorial composta por outras métricas escalares de atributos que forem importantes para a tomada de decisão em questão (SOUZA; PORTO, 2016). A ECSS norma ECSS-Q-ST-30C, (2017a) considera que a dependabilidade é um atributo que deve ser integrado como parte do processo de desenvolvimento do projeto e deve ser realizada em todos os projetos espaciais ao longo do ciclo de vida.

Neste trabalho, serão considerados os seguintes atributos da Dependabilidade:

- Disponibilidade;
- Confiabilidade;
- Manutenibilidade.

#### 3.2.2.1 Disponibilidade:

Disponibilidade é uma métrica que reflete a probabilidade de que o item esteja operacional em um determinado momento (i.e., não falhou ou foi restaurado após a falha) (RELIASOFT, 2015). A Disponibilidade é um critério de desempenho para itens reparáveis, que representa tanto as propriedades de Confiabilidade como as de Manutenibilidade segundo Rabello (2017).

#### 3.2.2.2 Confiabilidade:

É a probabilidade de um determinado item, componente, equipamento, máquina ou sistema desempenhar a sua função especificada no projeto, de acordo com as condições de operação especificadas, em um intervalo específico de tempo.

### 3.2.2.3 Manutenibilidade

É uma medida da facilidade e rapidez com que um sistema ou equipamento pode ser restaurado ao estado operacional após uma falha. Um programa de otimização bem projetado e corretamente implementado pode reduzir significativamente os custos do projeto.

O acompanhamento do projeto, a previsão dos riscos e as ações para sua mitigação constituem o escopo das lições da Garantia da Dependabilidade. Segundo o padrão ECSS-Q-ST-30C, (2017a), a Garantia da Dependabilidade é um processo contínuo e iterativo ao longo do ciclo de vida do projeto e deve ser implementado por meio da realização de atividades sistemáticas que especifiquem os requisitos de dependabilidade, demonstrem que esses requisitos são alcançados e deve estar em conformidade com o Plano de Garantia de Dependabilidade para o projeto.

Nesse contexto, a organização deve ter uma Política de Dependabilidade para projetos espaciais que é aplicada através da implementação de um Programa de Garantia de Dependabilidade, cujas atividades abrangem: I) Programa de Dependabilidade e II) Engenharia de dependabilidade.

#### I) Programa de dependabilidade

A Tabela 3.20, apresenta o Programa de dependabilidade lista, em sua primeira coluna, categorias de requisitos referente ao programa de Dependabilidade, enquanto a segunda coluna busca apresentar, conforme o padrão ECSS, a relação de elementos e atividades relacionados a cada grupo de requisitos.

Tabela 3.20 - Caracterização dos requisitos de Programa de dependabilidade conforme o Padrão ECSS.

<p><b>a) Geral</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A garantia de dependabilidade deve ser implementada por meio de um processo sistemático para especificar os requisitos de dependabilidade e demonstrar que esses requisitos são alcançados.</li> <li>2. O processo de garantia de dependabilidade deve estar em conformidade com o plano do programa de garantia de dependabilidade para o projeto.</li> </ol>
<p><b>b) Organização</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve coordenar, implementar e integrar o gerenciamento do programa de dependabilidade com o gerenciamento do programa.</li> </ol>
<p><b>c) Plano de programa de dependabilidade</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve desenvolver, manter e implementar um plano de dependabilidade para todas as fases do projeto.</li> <li>2. O plano deve abordar os requisitos de dependabilidade aplicáveis ao projeto.</li> <li>3. A extensão em que a garantia de dependabilidade é aplicada deve levar em consideração a gravidade das consequências das falhas.</li> <li>4. O estabelecimento e implementação do plano do programa de dependabilidade deve ser considerado em conjunto com os aspectos de segurança do programa.</li> <li>5. O fornecedor deve garantir que qualquer conflito potencial entre os requisitos de dependabilidade e segurança seja gerenciado</li> </ol>
<p><b>d) Avaliação e controle de risco de dependabilidade</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Como parte do processo de gerenciamento de risco implementado no projeto, o engenheiro de dependabilidade será responsável por identificar e relatar os riscos associados à dependabilidade. A norma ECSS-M-ST-80 descreve o processo de gerenciamento de risco.</li> <li>2. A redução e o controle da análise de risco de dependabilidade devem incluir as seguintes etapas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• identificação e classificação de eventos indesejáveis de acordo com a gravidade de suas consequências;</li> <li>• análise de cenários de falha, determinação de modos de falha relacionados, origens ou causas de falha;</li> <li>• classificação da criticidade das funções e produtos associados de acordo com a gravidade das consequências de falha relevantes;</li> <li>• definição de ações e recomendações para avaliação detalhada de risco, eliminação de</li> </ul> </li> </ol>

continua

Tabela 3.20 – Continuação.

	<p>risco ou redução de risco e controle a um nível aceitável;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• status da redução e aceitação de risco;</li> <li>• implementação de redução de risco;</li> <li>• verificação da redução do risco e avaliação dos riscos residuais.</li> </ul> <p>3. As medidas de redução de risco propostas para dependabilidade devem ser avaliadas no nível do sistema a fim de selecionar a solução ideal para reduzir o risco no nível do sistema</p>
<b>e) Itens críticos de dependabilidade</b>	<p>1. Os itens críticos de dependabilidade devem ser identificados por análises de dependabilidade realizadas para apoiar a redução de risco e o processo de controle executado no projeto.</p> <p>2. Os itens críticos de dependabilidade, como parte da Lista de Itens Críticos, devem estar sujeitos à avaliação de risco e controle de itens críticos em conformidade com ECSS-Q-ST-10-04.</p> <p>3. As medidas de controle devem incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• uma revisão de toda a documentação de projeto, fabricação e teste relacionada a funções críticas, itens e procedimentos críticos;</li> <li>• representação de dependabilidade em Comitês de Revisão para garantir que a disposição leve em consideração seu nível de criticidade.</li> </ul> <p>4. Os aspectos de dependabilidade devem ser considerados durante todo o processo de verificação para itens críticos de dependabilidade até o fechamento do item.</p> <p>5. A justificativa para retenção de cada item crítico de dependabilidade deve estar sujeita à aprovação do cliente.</p>
<b>f) Revisões de projeto</b>	<p>1. O fornecedor deve garantir que todos os dados de dependabilidade para uma revisão do projeto sejam apresentados ao cliente de acordo com o cronograma da revisão do projeto.</p> <p>2. Todos os dados de dependabilidade enviados devem indicar a linha de base do projeto e devem ser coerentes com todas as outras documentações técnicas de apoio.</p> <p>3. Todas as alterações de projeto devem ser avaliadas quanto ao seu impacto na dependabilidade e uma reavaliação da dependabilidade deve ser realizada.</p>
<b>g) Lições de dependabilidade aprendidas</b>	<p>1) As lições aprendidas de dependabilidade devem ser coletadas durante o ciclo de vida do projeto, incluindo as fases operacionais e de descarte e devem considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• o impacto dos requisitos recentemente impostos;</li> <li>• avaliação de todas as avarias, anomalias, desvios e isenções;</li> </ul>

continua

Tabela 3.20 – Conclusão.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verificações eficazes versus ineficazes que foram realizadas.</li> </ul>
<b>h) Relatório de progresso</b>	1) O fornecedor deve emitir relatório de progresso da dependabilidade ao cliente como parte das atividades de garantia do produto.
<b>i) Documentação</b>	1) O fornecedor deve manter todos os dados usados para o programa de dependabilidade.

Fonte: Adaptado de ECSS (2017a).

## II) Engenharia de dependabilidade

A Tabela 3.21, lista em sua primeira coluna, categorias de requisitos da Engenharia de dependabilidade, enquanto a segunda coluna busca apresentar, conforme o padrão ECSS, a relação de elementos e atividades relacionados a cada grupo de requisitos.



Tabela 3.21 – Caracterização da engenharia de dependabilidade conforme o Padrão ECSS.

<p><b>a)</b> Integração de dependabilidade no projeto</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A dependabilidade deve ser integrada como parte do processo de projeto.</li> <li>2. As características de dependabilidade devem ser analisadas com outros atributos do sistema, como massa, tamanho, custo e desempenho durante a otimização do design em todas as fases do projeto.</li> <li>3. Fabricação, montagem, integração, teste e operações não devem degradar os atributos de dependabilidade introduzidos no projeto.</li> </ol>
<p><b>b)</b> Requisitos de dependabilidade na especificação técnica</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A especificação do requisito de dependabilidade deve fazer parte dos requisitos gerais do projeto.</li> <li>2. Os requisitos de dependabilidade devem ser distribuídos, em um processo de cima para baixo, para estabelecer os requisitos de dependabilidade para os elementos de nível inferior.</li> <li>3. Os requisitos de dependabilidade devem ser aplicados durante a preparação e revisão das especificações de projeto e teste.</li> <li>4. Os requisitos de dependabilidade devem ser incluídos nas especificações técnicas e devem incluir no mínimo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• As requisitos funcionais, operacionais e ambientais,</li> <li>• requisitos de teste, incluindo níveis de estresse, parâmetros de teste e critérios de aceitação ou rejeição;</li> <li>• definição das margens de desempenho, fatores de redução, requisitos de dependabilidade quantitativa e qualitativa (identificação e classificação de eventos indesejáveis), sob condições ambientais especificadas;</li> <li>• a identificação de fatores humanos e como eles podem influenciar a dependabilidade durante o ciclo de vida do projeto,</li> <li>• a identificação de fatores externos, internos e de instalação que podem influenciar a dependabilidade durante o ciclo de vida do projeto,</li> <li>• o grau de tolerância a falhas de hardware ou mau funcionamento de software,</li> <li>• a detecção, isolamento, diagnóstico e recuperação do sistema de falhas e sua restauração a um estado aceitável,</li> <li>• a exigência de prevenção de falhas cruzando</li> </ul> </li> </ol>

continua

Tabela 3.21 – Continuação.

	<p>interfaces com consequências inaceitáveis,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• requisitos para demonstração e qualificação de margem de tecnologia e processo,</li> <li>• exigência de estratégia de amostragem na produção seriada e para demonstração periódica de preservação de qualificação.</li> </ul>
<b>c) Critérios de projeto de dependabilidade</b>	
<b>d) Geral</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A identificação das áreas críticas do projeto e a avaliação da gravidade das consequências da falha devem ser interpretadas pelo nível em que a análise é feita.</li> <li>2. Os critérios de sucesso (às vezes referidos como “critérios de sucesso da missão”) devem ser definidos em cada nível a ser analisado.</li> </ol>
<b>e) Consequências</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uma categoria de severidade deve ser atribuída para cada modo de falha identificado e analisado de acordo com o efeito da falha (consequência).</li> <li>2. As categorias de gravidade são comuns para dependabilidade e segurança de acordo com as normas ECSS-Q-ST-30 e ECSS-Q-ST-40 que abordam respectivamente os tipos de consequências de dependabilidade e segurança.</li> <li>3. As categorias de gravidade devem ser atribuídas sem consideração das disposições compensatórias existentes para fornecer uma medida qualitativa das piores consequências potenciais resultantes da falha do item.</li> <li>4. Para análises abaixo do nível do sistema, a gravidade devido à possível propagação da falha deve ser identificada como nível 1 para confiabilidade.</li> </ol>
<b>f) Tolerância a falhas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Os requisitos de tolerância a falhas devem ser definidos nas especificações de desempenho.</li> <li>2. A verificação da tolerância a falhas deve abordar todos os modos de falha cuja é classificada como catastrófica, crítica e grave.</li> </ol>
<b>g) Abordagem de projeto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve confirmar que a dependabilidade está embutida no projeto usando tolerância a falhas e margens de projeto.</li> <li>2. O fornecedor deve analisar as características de falha dos sistemas a fim de identificar as áreas de fraqueza do projeto e propor soluções corretivas.</li> <li>3. A fim de implementar aspectos de confiabilidade no projeto, as seguintes abordagens devem ser aplicadas: <ol style="list-style-type: none"> <li><b>a) Projeto funcional:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• o uso preferido de projetos de software ou</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>

continua

Tabela 3.21 – Continuação.

	<p>métodos que funcionaram com sucesso em aplicativos semelhantes;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a implementação de tolerância a falhas;</li> <li>• a implementação de detecção, isolamento e recuperação de falhas, permitindo o processamento adequado de falhas por meio de medidas dedicadas de vôo e solo, e considerando os tempos de detecção ou reconfiguração em relação aos tempos de propagação dos eventos nas piores condições;</li> <li>• a implementação do monitoramento dos parâmetros essenciais para o desempenho da missão, considerando os modos de falha do sistema em relação à capacidade real dos dispositivos de detecção, e considerando as condições ambientais aceitáveis a serem mantidas no produto.</li> </ul> <p><b>b) Projeto físico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a aplicação de regras de design comprovadas;</li> <li>• o uso seletivo de projetos que foram executados com sucesso no mesmo ambiente de missão pretendido;</li> <li>• a seleção de peças com nível de qualidade de acordo com a especificação do projeto;</li> <li>• o uso de redução de capacidade de peças EEE e margens de tensão para peças mecânicas;</li> <li>• o uso de técnicas de projeto para otimizar a redundância (enquanto mantém a complexidade do projeto do sistema o mais baixo possível);</li> <li>• a garantia de que o equipamento embutido pode ser inspecionado e testado;</li> <li>• a disponibilização de acessibilidade ao equipamento.</li> </ul>
<p><b>Classificação de Criticidades</b></p>	
<p><b>h) Classificação de funções críticas, hardware e operações</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Durante a fase de projeto preliminar, o fornecedor deve classificar as funções de acordo com sua criticidade.</li> <li>2. A classificação das funções, deve ser submetida à aprovação do cliente.</li> <li>3. A criticidade das funções deve estar diretamente relacionada à gravidade das consequências resultantes da falha da função.</li> <li>4. A maior severidade identificada de consequências de falha deve determinar a criticidade da função.</li> </ol>
<p><b>i) Atribuição da categoria de criticidade de</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A categoria de criticidade de uma produto de software deverá ser atribuído, com base na</li> </ol>

continua

Tabela 3.21 – Continuação.

<p>software</p>	<p>criticidade atribuída à função mais crítica que implementa de acordo com ECSS-Q-ST-30C.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. A categoria de criticidade dos produtos de software deve ser atribuído, considerando o projeto geral do sistema e, em particular, se hardware, software ou meios operacionais existir, Incluindo provisões compensatórias, que pode prevenir falhas de sistema causadas por software ou mitigar suas consequências.</li> <li>3. A eficácia das disposições compensatórias com o objetivo de reduzir a categoria de criticidade do software a uma categoria inferior do que na ausência de disposições compensatórias deve ser demonstrada em todas as condições, excluindo falhas das próprias disposições compensatórias.</li> <li>4. Em todas as situações, haverá tempo suficiente para que as provisões compensatórias intervenham de forma a prevenir ou mitigar a falha em questão.</li> <li>5. Caso as disposições de compensação contenham software, este software deve ser classificado na categoria de criticidade correspondente à maior gravidade da falha consequente e riscos que eles previnem ou mitigam.</li> <li>6. A avaliação probabilística de falhas de software não deve ser usada como um critério para atribuição de categoria de criticidade de software.</li> </ol>
<p><b>j)</b> Envolvimento no processo de teste</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve garantir que os aspectos de dependabilidade sejam cobertos em todos os planejamentos e análises de desenvolvimento, qualificação e teste de aceitação, incluindo a preparação de especificações e procedimentos de teste e a avaliação dos resultados dos testes.</li> <li>2. A disciplina de dependabilidade deve apoiar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• definição das características e objetivos do teste,</li> <li>• seleção de parâmetros de medição, e</li> <li>• avaliação estatística dos resultados dos testes</li> </ul> </li> </ol>
<p><b>k)</b> Envolvimento em aspectos operacionais</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve garantir que a dependabilidade possui pessoal qualificado e:</li> <li>2. contribuir para a definição do manual de operações e procedimentos,</li> <li>3. revisar o manual de operações e procedimentos para verificação de consistência com análises da dependabilidade.</li> <li>4. Os procedimentos para as operações devem ser analisados para identificar e avaliar os riscos associados às operações, sequências e situações que podem afetar o desempenho da</li> </ol>

continua

Tabela 3.21 – Conclusão.

	<p>dependabilidade.</p> <p>5. As análises mencionadas devem levar em consideração o ambiente técnico e humano, e verificar se os procedimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluem disposições para enfrentar situações anormais e fornecer as medidas de salvaguarda necessárias;</li> <li>• não comprometem a dependabilidade do equipamento;</li> <li>• estão de acordo com as disposições de manutenção estabelecidas;</li> <li>• incluem disposições para minimizar falhas devido a erros humanos.</li> </ul>
<p><b>I) Recomendações de dependabilidade</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve estabelecer e manter um sistema para rastrear as recomendações de dependabilidade, a fim de apoiar o processo de redução de risco.</li> <li>2. Todas as recomendações devem ser justificadas, documentadas e rastreadas.</li> <li>3. Devem ser fornecidas evidências formais de aceitação ou rejeição da recomendação pela administração do fornecedor.</li> <li>4. Uma recomendação de confiabilidade aceita deve ser implementada na documentação correspondente relevante.</li> </ol>

Fonte: Adaptado de ECSS (2017a).

De modo geral, a Política de Dependabilidade para projetos espaciais deve ser aplicada através de Garantia de Dependabilidade, cujas atividades abrangem:

1) Desenvolvimento, manutenção e implementação do Plano de Garantia de Dependabilidade:

- seu objetivo é fornecer informações sobre os aspectos organizacionais e a abordagem técnica para a execução do Programa de Dependabilidade e descrever como as disciplinas e atividades relevantes são coordenadas e integradas para cumprir totalmente os requisitos.
- identifica e une todas as tarefas, incluindo planejamento, previsões, análises, demonstrações e define os métodos e as técnicas para cumprir os requisitos de dependabilidade.

- identifica ainda o principal responsável pela Garantia de Dependabilidade e detalhes das fases aplicáveis, produtos e hardware ou software.
- deve incluir, no mínimo:
  - a. lista contendo todos os documentos – normas, etc. aplicáveis e de referência utilizados na definição ou adaptação dos requisitos de dependabilidade;
  - b. lista de todos os requisitos de dependabilidade do projeto, derivados ou adaptados dos documentos aplicáveis e de referência;
  - c. descrição da organização da Garantia de Dependabilidade e de sua gestão, incluindo a definição de responsáveis;
  - d. descrição da atuação da Garantia de Dependabilidade no gerenciamento do contrato ou nas relações com o fornecedor;
  - e. definição das tarefas sob a responsabilidade da Garantia de Dependabilidade em cada fase do projeto para garantia do cumprimento dos requisitos de dependabilidade;
  - f. definição dos relatórios e seus conteúdos a serem emitidos pela Garantia de Dependabilidade e quando devem ser emitidos no ciclo de vida do projeto.

## 2) Avaliação e controle de riscos de dependabilidade

A redução e o controle de riscos devem incluir as seguintes etapas:

- a. identificação e classificação de eventos indesejáveis de acordo com a gravidade de suas consequências;
- b. análise de cenários de falha, determinação de modos de falha relacionados, origens ou causas de falha;
- c. classificação da criticidade das funções e produtos associados de acordo com a gravidade das consequências de falha relevantes;

- d. definição de ações e recomendações para avaliação detalhada de risco, eliminação de risco ou redução de risco e controle a um nível aceitável;
- e. status de redução de risco e aceitação de risco;
- f. implementação de redução de risco;
- g. verificação da redução do risco e avaliação dos riscos residuais.

### 3) Identificação e Controle dos Itens Críticos de Dependabilidade

Os itens críticos de dependabilidade devem ser identificados por análises realizadas para apoiar a redução de risco e o processo de controle executado no projeto, são partes da Lista de Itens Críticos, e devem estar sujeitos à avaliação de risco e controle de itens críticos.

As medidas de controle devem incluir:

- a revisão de toda a documentação de projeto, fabricação e teste relacionada a funções críticas, itens e procedimentos críticos;
- apresentação de dependabilidade em Conselhos de Revisão relevantes para garantir que as disposições levem em consideração seu nível de criticidade.

### 4) Revisões de projeto

A organização deve garantir que todos os dados de dependabilidade sejam apresentados em uma revisão do projeto.

### 5) Lições aprendidas de dependabilidade

As lições aprendidas de dependabilidade devem ser coletadas durante o ciclo de vida do projeto, incluindo as fases operacionais e de descarte.

### 6) Relatórios de progresso

A organização deve emitir relatórios de progresso de dependabilidade como parte das atividades da Garantia do Produto.

### 7) Documentação

É de responsabilidade da organização a manutenção de todos os dados e documentos utilizados no Programa de Dependabilidade.

Com base no Programa da Garantia de Dependabilidade, a organização deve desenvolver, manter e implementar um Plano de Garantia de Dependabilidade cuja abordagem deve incluir:

- a) especificação de todos os requisitos de dependabilidade
- b) identificação, relatórios, análises, controle e redução dos riscos inerentes aos fatores de dependabilidade, como parte do Gerenciamento de Risco implementado no projeto;
- c) identificação, por análises, dos itens críticos de dependabilidade para apoio da redução de riscos e do processo de controle realizados no projeto;
- d) apresentação para o cliente de todos os dados de dependabilidade durante as revisões de projeto.
- e) coleta de lições aprendidas de dependabilidade durante o ciclo de vida do projeto, incluindo as fases operacionais e de descarte. Essas lições poderão ser úteis em projetos semelhantes.

Por fim, o Gerenciamento da Dependabilidade deve ser organizado, coordenado e implementado pela organização e pode ser integrado ao Gerenciamento do Programa de Garantia do Produto.

### **3.2.3 Segurança**

O objetivo da Garantia de Segurança ECSS-Q-ST-40C (2017b) é assegurar que todos os riscos de segurança associados ao projeto, desenvolvimento, produção e operações do produto espacial sejam identificados, avaliados, minimizados, controlados e finalmente aceitos por meio da implementação de um Programa de Garantia de Segurança, expresso na Política de Segurança.

Segundo a ECSS a Política de Segurança, tem por metas:



- garantir que os sistemas espaciais não causem algum perigo para, em ordem de prioridade:
  1. a vida humana;
  2. o ambiente;
  3. a propriedade pública e privada (incluindo instalações de lançamento);
  4. a nave espacial e o lançador e,
  5. os equipamentos e instalações de suporte de solo.
- determinar e avaliar os riscos de segurança associados às atividades do projeto;
- minimizar os riscos de segurança de maneira tecnicamente eficaz e econômica;
- assegurar a verificação adequada das medidas de controle de segurança.

A política de segurança segundo a ECSS é implementada através da aplicação de um programa de segurança visando a garantir que a segurança seja projetada no sistema e que os controles de segurança estejam adequadamente implementados no plano de verificação, os requisitos de segurança, incluindo regulamentos de segurança do centro de lançamento, sejam atendidos, os perigos sejam identificados e eliminados ou, quando isso não for possível, minimizados, classificados e controlados de acordo com os objetivos do projeto de uma forma aceitável para o cliente e as organizações de segurança envolvidas na implementação da missão. A organização deve estabelecer um Programa de Segurança para garantir a conformidade com a política e os requisitos de segurança do projeto, baseado em um Plano de Programa de Segurança.

### **3.2.3.1 Organização da segurança**

A organização deve definir um Gerente de Segurança que possua treinamento ou experiência apropriada.

O gerente de Segurança deve ter autoridade organizacional e independência assim como o direito de acesso aos dados relacionados e relevantes para a segurança do projeto em qualquer aspecto, além de poder de decisão para rejeitar qualquer documento do projeto ou interromper qualquer atividade que não esteja em conformidade com os requisitos ou procedimentos de segurança aprovados.

O gerente de segurança (ou um representante designado) deve apoiar a identificação de fontes de risco de segurança em todas as fases do ciclo de vida do projeto e participar de reuniões regulares de *status* de segurança e progresso e por fim deve emitir um documento demonstrando a conformidade de segurança do projeto

A disciplina Segurança (Safety), no âmbito do padrão ECSS, constitui-se em parte integrante da Garantia do Produto, como ilustrado na Tabela 3.1. Engloba um conjunto de princípios, a partir dos quais é elaborado o programa de Segurança com seus requisitos.

A Tabela 3.22, lista, em sua primeira coluna, categorias de requisitos de Segurança, enquanto a segunda coluna busca apresentar, conforme o padrão ECSS, a relação de elementos e atividades relacionados a cada grupo de requisitos.

Tabela 3.22 – Caracterização dos requisitos do programa de Segurança conforme o Padrão ECSS.

<b>a) Escopo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. fornecedor deve estabelecer e manter um programa de segurança para garantir a conformidade com a política e os requisitos de segurança do projeto</li> <li>2. O programa de segurança deve estabelecer um sistema de gestão de segurança para implementar as disposições desta Norma - compatível com os requisitos do programa e adaptado pelo cliente.</li> </ol>
<b>b) Plano de programa de segurança</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve estabelecer e manter um plano de programa de segurança em conformidade com a ECSS-Q-ST-40C.</li> <li>2. O fornecedor deve abranger, em seu plano de programa de segurança, as tarefas de segurança para as fases do projeto.</li> </ol>
<b>c) Conformidade</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. O fornecedor deve cumprir todos os regulamentos de segurança nacionais ou internacionais aplicáveis.</li> </ol>
<b>Organização de segurança</b>	
<b>d) Gerente de segurança</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cada fornecedor deve nomear um gerente de segurança com treinamento ou experiência apropriados.</li> <li>2. O gerente de segurança deve ter autoridade organizacional e independência para: a) estabelecer e manter o programa, gerenciar todos aspectos da garantia de segurança e coordenar interfaces.</li> </ol>
<b>e) Acesso e autoridade do gerente de segurança</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O gerente de segurança deve ter o direito de acesso aos dados relacionados a segurança, sem restrição organizacional.</li> </ol>
<b>f) Autoridade</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O gerente de segurança ou autoridade relevante de segurança deve ter autoridade para rejeitar qualquer documento do projeto e interromper as operações perigosas quando ficar claro pelo Gerente de Segurança que a operação não está em conformidade com as medidas acordadas.</li> </ol>
<b>g) Auditorias de segurança</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O fornecedor deve realizar auditorias ou análises de segurança para verificar a conformidade com a política e os requisitos de segurança do projeto</li> </ol>
<b>h) Aprovação da documentação</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A documentação relacionada à segurança deve ser aprovada pelo gerente de segurança após sua verificação de integridade, conformidade os requisitos de segurança declarados e encerramento formal de itens de verificação de segurança abertos.</li> </ol>
<b>i) Aprovação de operações perigosas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O gerente de segurança (ou um representante designado) deve ter concluído a revisão e</li> </ol>

continua

Tabela 3.22 – Continuação.

	aprovado qualquer operação perigosa antes de ser executada.
<b>j) Representação em conselhos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O gerente de segurança ou delegado designado deve ser representado nos comitês de controle de configuração (CCBs), comitês de revisão de não conformidade (NRBs), comitês de revisão de teste (TRBs) e nas revisões de qualificação e aceitação, onde os requisitos de segurança e funções críticas de segurança estão envolvidas.</li> <li>2. A função de segurança deve ser ainda representada em todos os conselhos que tratam de questões de saúde onde os limites de exposição ou resistência são definidos.</li> </ol>
<b>k) Avaliação e controle de risco de segurança</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A identificação, redução e controle de riscos de segurança devem fazer parte do processo de gerenciamento de riscos do projeto.</li> <li>2. A identificação, redução e controle de riscos de segurança deve ser um processo contínuo e iterativo ao longo do ciclo de vida do projeto.</li> <li>3. Para a identificação de perigos e riscos de segurança associados, deve-se levar em consideração a experiência anterior, estudos, testes de solo e de voo, análises críticas, o processo industrial, bem como o uso operacional.</li> </ol>
<b>l) Itens críticos de segurança</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Os itens críticos de segurança devem fazer parte do programa geral de controle de itens críticos do projeto, conforme especificado em ECSS-Q-ST-10-04</li> </ol>
<b>Fases do projeto e ciclo de revisão de segurança</b>	
<b>m) Fase 0 - Análise de missão / identificação de necessidades -</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A análise de segurança deve apoiar a identificação de fontes de risco de segurança, bem como o desempenho de análises preliminares de trade-off entre conceitos de sistema alternativos</li> </ol>
<b>n) Fase A - Viabilidade</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A análise de segurança deve apoiar as análises de compensação para chegar ao conceito que tem risco de segurança aceitável, considerando as restrições do projeto e da missão.</li> <li>2. A tecnologia de projeto selecionada e o conceito operacional a ser implementado devem ser selecionados com base nos dados de análise para a arquitetura de sistema mais segura para eliminar ou reduzir os riscos a níveis aceitáveis.</li> </ol>
<b>o) Fase B - Definição preliminar</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A análise de segurança deve apoiar uma otimização de segurança e das operações do sistema e a identificação dos requisitos técnicos de segurança e sua aplicabilidade.</li> <li>2. A análise também deve fornecer entradas para a avaliação de risco de segurança em apoio a identificação dos contribuintes de risco no projeto e no conceito operacional.</li> </ol>

continua

Tabela 3.22 – Continuação.

	<p>3. As seguintes tarefas do programa de segurança devem ser aplicadas aos programas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atualizar a análise de perigos em apoio ao projeto e atividades de definição do conceito de missão.</li> <li>• Atualizar a identificação das funções críticas.</li> <li>• Atualizar a avaliação de risco de segurança</li> <li>• Plano de verificação da implementação dos requisitos de segurança.</li> <li>• Elaborar o plano de segurança para a definição detalhada, fase de produção e qualificação.</li> </ul>
<p><b>p) Fase C / D - Definição detalhada, produção e teste de qualificação</b></p>	<p>1. A análise de segurança deve apoiar o projeto detalhado, produção, qualificação, teste.</p> <p>2. Abaixo um resumo da tarefas do programa de segurança devem ser aplicadas aos programas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar análise detalhada de risco no nível do sistema;</li> <li>• Atualizar os requisitos técnicos de segurança do projeto para incorporar os resultados das análises de segurança;</li> <li>• Garantir que a implementação do projeto e o programa de verificação cobrem as atividades de verificação de controle de perigos identificados.</li> <li>• Monitorar a verificação da implementação dos requisitos de segurança</li> <li>• Apoiar a revisão crítica do projeto, a revisão da qualificação e a revisão da aceitação.</li> <li>• Realizar relatórios e investigações de incidentes de acidentes</li> </ul>
<p><b>q) Fase E - Utilização</b></p>	<p>1. A análise de segurança deve avaliar o projeto e as mudanças operacionais quanto ao impacto na segurança, garantindo que as margens de segurança sejam mantidas e que as operações sejam conduzidas dentro do risco aceito.</p> <p>2. A análise também deve apoiar a avaliação de anomalias operacionais quanto ao impacto na segurança e a avaliação contínua das tendências de risco.</p>
<p><b>r) Fase F - Eliminação</b></p>	<p>1. A análise de segurança deve avaliar todas as operações de descarte e perigos associados</p> <p>2. As soluções de descarte devem ser identificadas que atendam aos requisitos de segurança do projeto</p>
<p><b>s) Reuniões de progresso</b></p>	<p>1. O fornecedor deve realizar reuniões regulares de status de segurança e progresso com o cliente e seus fornecedores de nível.</p> <p>2. Os especialistas relevantes do cliente e do fornecedor devem participar das reuniões.</p>
<p><b>t) Avaliações de</b></p>	<p>1. O cliente deve definir, conduzir e presidir as</p>

continua

Tabela 3.22 – Conclusão.

segurança	<p>análises de segurança para garantir a implementação satisfatória do programa de segurança e dos requisitos técnicos de segurança.</p> <p>2. Cada fornecedor participante de uma revisão de segurança deve preparar e enviar para revisão o pacote de dados de segurança</p>
u) Demonstração de conformidade de segurança	<p>1. O fornecedor deve apresentar uma declaração de conformidade de segurança para demonstrar que os elementos do sistema espacial estão em conformidade com os requisitos de segurança declarados.</p> <p>2. O fornecedor deve mostrar em sua declaração de conformidade de que as verificações abertas são acompanhadas no registro de rastreamento de verificação de segurança.</p>
v) Treinamento de segurança	<p>1. O treinamento de segurança deve fazer parte do treinamento geral de acordo com ECSS-Q-ST-20.</p> <p>2. Todo o treinamento relacionado à segurança de qualquer pessoal que trabalhe - permanente ou ocasionalmente - com elementos do sistema que podem ter propriedades perigosas deve ter três aspectos principais: conscientização geral sobre medidas de segurança, treinamento técnico básico nas técnicas e habilidades de segurança e treinamento específico do produto</p>
w) Treinamento específico do produto	<p>1. O fornecedor deve identificar a necessidade de treinamento de segurança específico do produto.</p> <p>2. O fornecedor deve informar o cliente sobre qualquer treinamento de segurança</p>
x) Registros de treinamento	<p>1. O fornecedor deve manter registros do pessoal que recebeu treinamento de segurança.</p>

Fonte: Adaptado de ECSS (2017b).

### 3.2.4 Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânico (EEE)

A ECSS-Q-ST-60C (ECSS, 2013) define como componentes EEE, encapsulados ou não encapsulados, independentemente do nível de qualidade:

1. Capacitores;
2. Conectores;
3. Cristais;
4. Semicondutores discretos (incluindo diodos, transistores);
5. Filtros;
6. Fusíveis;

7. Componentes magnéticos (por exemplo, indutores, transformadores);
8. Microcircuitos monolíticos;
9. Circuitos híbridos;
10. Relés;
11. Resistores, aquecedores;
12. Dispositivos de ondas acústicas de superfície;
13. Interruptores (incluindo mecânicos, térmicos);
14. Termistores;
15. Fios e cabos;
16. Dispositivos optoeletrônicos (incluindo optoacopladores, LEDs, CCDs, telas e sensores);
17. Dispositivos passivos de micro-ondas (incluindo, misturadores, acopladores, isoladores e interruptores);

Os componentes são classificados nas Classes 1, 2 e 3, onde para cada classe são definidos os níveis de qualidade, com a garantia mais alta e o risco mais baixo sendo fornecidos pela Classe 1 e a garantia mais baixa e o risco mais alto pela Classe 3. Os custos de aquisição são normalmente mais altos para a Classe 1 e os mais baixos para a Classe 3.

Contudo, os objetivos do projeto, definição e restrições determinam qual classe ou classes de componentes são apropriadas para serem utilizadas dentro do sistema e subsistemas.

No caso de um componente não estar disponível em uma classe de acordo com o nível de qualidade especificado para o projeto, ele poderá ter sua utilização autorizada, desde que submetido a inspeções e/ou testes, definidos entre as partes envolvidas, que forneçam a confiança de que o tipo de componente sob avaliação, quando montado e testado de acordo com a especificação de aquisição, atende com sucesso aos requisitos do projeto.

Para Seleção, avaliação e aprovação de componentes, deve-se garantir que os seguintes requisitos sejam atendidos durante seu processo de seleção:

1. Requisitos do projeto: níveis de qualidade, política de componentes, cronogramas e orçamentos de fabricação e entrega, quantidades, caixa, dimensões e materiais;
2. Requisitos de produção: embalagem, restrições térmicas e de armazenamento, processo de montagem de componentes;
3. Requisitos operacionais: elétricos, mecânicos, radiação, confiabilidade, montagem e vida útil.

Também deve ser estabelecidos critérios para:

- a) O Gerenciamento de programas de componentes;
- b) Seleção, avaliação e aprovação de componentes;
- c) Aquisição de componentes;
- d) Manuseio e armazenamento;
- e) Garantia de Qualidade do componente;
- f) Seleção de Componentes Específicos;
- g) Documentação.

#### **3.2.4.1 Utilização de itens “Off-the-Shelf” (OTS)**

Este Capítulo também aborda a utilização de itens “Off-the-Shelf” (OTS) em hardware de equipamentos da área espacial abrangendo todos os níveis, desde sistema, subsistema e equipamentos da área especial. É a utilização de itens de prateleira em sistemas espaciais.

Ítems Off-the-Shelf (OTS) são aqueles que, que não necessariamente são desenvolvidos para aplicações espaciais, podendo ser adquiridos no mercado e utilizados em um sistema espacial.

Para isso o fornecedor deverá elaborar um plano OTS que descreve alguns dos requisitos utilizados. O plano deve abordar a seleção, a caracterização e a aquisição para uso do sistema espacial.



Alguns dos principais requisitos OTS são:

1. Identificação de itens OTS
2. Caracterização e seleção de itens OTS
3. Aquisição e qualificação de itens OTS
4. Especificação de equipamento
5. Dossiê de avaliação de item OTS
6. Identificação de item OTS
7. Decisão preliminar de fazer ou comprar
8. Avaliação de garantia de produto para caracterização de item OTS
9. Avaliação dos itens de Segurança

Os componentes OTS devem ser identificados, qualificados e controlados. Será elaborado um dossiê de avaliação e formalização de documentos.

A disciplina Componentes Elétricos, Eletrônicos e eletromecânicos (EEE), no âmbito do padrão ECSS, constitui-se em parte integrante da Garantia do Produto, como ilustrado na Tabela 3.1. Engloba um conjunto de princípios, a partir dos quais são derivados requisitos para componentes (EEE). A Tabela 3.23, lista, em sua primeira coluna, categorias de requisitos de componentes (EEE), enquanto a segunda coluna busca apresentar, conforme o padrão ECSS, a relação de elementos e atividades relacionados a cada grupo de requisitos.

Tabela 3.23 – Gerenciamento de programas de componentes Classe 1, conforme o Padrão ECSS.

Gerenciamento de programas de componentes	
<b>a) Geral</b>	1. O fornecedor deve estabelecer e implementar durante a vigência do acordo comercial um programa de componentes que garanta que os requisitos do projeto, conforme definido pelo cliente e pelo fornecedor, estejam em conformidade com os requisitos.
<b>b) Programa de controle de componentes</b>	1. O fornecedor deve identificar a organização responsável pela gestão do programa do componente e descrever as abordagens da organização (incluindo o sistema de aquisição e sua lógica).
<b>c) Comitês de controle de Partes</b>	1) A aprovação da seleção e uso de peças EEE deve ser implementada por meio de comitês de controle de peças (PCBs) mantidas entre o cliente e o fornecedor.
<b>d) Lista de componentes declarada</b>	1) Para cada equipamento, seu fornecedor deverá emitir uma lista de componentes declarada, identificando todos os tipos de componentes necessários
<b>e) Componentes elétricos e mecânicos do GSE</b>	1) Os componentes EEE usados em GSE, que estão fisicamente e diretamente em interface com o hardware de voo, devem estar conforme requisitos.
Seleção, avaliação e aprovação de componentes	
<b>f) Geral</b>	1) O fornecedor deve garantir que os requisitos de projeto, produção e operacionais sejam atendidos durante seu processo de seleção.
<b>g) Seleção de fabricante e componente</b>	1) Os componentes EEE usados em GSE, que estão fisicamente e diretamente em interface com o hardware de voo, devem estar de acordo com os requisitos espaciais.
<b>h) Avaliação de componentes</b>	1) fornecedor deve realizar uma avaliação nos componentes.
<b>i) Aprovação de peça</b>	1) O fornecedor deve documentar o procedimento para aprovação de cada tipo de componente destinado ao uso em produtos espaciais.

Fonte: Adaptado de ECSS (2013).

### **3.2.5 Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP)**

Segundo a ECSS-Q-ST-70, (2019) a disciplina, Materiais, Partes Mecânicas e Processos tem como objetivo principal definir os requisitos aplicáveis de forma a garantir que o desempenho da missão aconteça de maneira satisfatória. Também define os requisitos de documentação e os procedimentos pertinentes à obtenção de aprovação para o uso dos processos, materiais e partes mecânicas, na fabricação de sistemas espaciais e equipamentos associados.

Suas disposições se aplicam a todos os atores envolvidos em todos os níveis na produção de sistemas espaciais, que podem incluir naves tripuladas e não tripuladas, lançadores, satélites, cargas, experimentos, equipamentos elétricos de suporte de solo e equipamentos mecânicos de suporte de solo e as organizações correspondentes.

#### **3.2.5.1 Requisitos de gerenciamento de MPMP**

1. A organização deve preparar manter e implementar um plano de MPMP, conforme parte do Plano Geral de Garantia do Produto ou como um documento separado, que deve ser submetido ao cliente para aprovação.

2. Deve ser nomeado um Gerente de MPMP cujas atribuições no mínimo contemplam:

- garantir que os Materiais, Partes Mecânicas e Processos usados na fabricação do produto satisfazem os requisitos funcionais de solo, de voo e as restrições do projeto;
- apresentar ao cliente as atividades que foram realizadas para que o requisitos de fases anteriores fossem aplicados, juntamente com os resultados obtidos, de forma a obter o status de qualificação e validação dos processos.
- organizar o Comitê de Controle de Materiais, Partes Mecânicas e Processos - PARTS, MATERIALS AND PROCESS CONTROL BOARD (PMPCB) em todos os fornecedores com a tarefa de revisar e

aprovar os Materiais, Partes Mecânicas e Processos conforme especificado.

As tarefas mínimas do PMPCB são as seguintes:

- Coordenar a iniciação e conclusão do pedido de aprovação - Request For Approval (RFA's) - envolvendo a disciplina técnica a cada item.

NOTA RFA – Pedido de aprovação: é o documento oficial no qual o fornecedor ou usuário solicita ao órgão competente autorização para utilização de material, parte ou processo crítico.

- Revisar e aprovar o programa de teste para qualificação de processos, materiais e partes mecânicas e os resultados relacionados.
- Revisar os materiais declarados preliminarmente de partes mecânicas e Listas de Processos e qualquer evidência disponível para apoiar a análise e aprovação, pela PDR.
- Revisar e aprovar as Lista de Materiais, Partes Mecânicas e Processos declaradas e as evidências para aprovação pela CDR.
- Identificar e mitigar os riscos ligados à obsolescência de Materiais, Partes Mecânicas e Processos em todos os níveis da cadeia cliente-fornecedor.

### **3.2.5.2 Listas Declaradas de Materiais, Partes Mecânicas e Processos**

As Listas Declaradas de Materiais, Partes Mecânicas e Processos, incluindo todos os itens destinados ao uso no equipamento de voo, devem ser elaboradas, revisadas e entregues ao cliente e servirão para:

1. demonstrar a conformidade com todos os requisitos do programa;
2. possibilitar a aquisição dos materiais e partes;
3. verificar os resultados das atividades dos fornecedores de equipamentos;
4. controlar e monitorar o status dos Materiais, Partes Mecânicas e Processos em conformidade com os marcos do programa.

### **3.2.5.3 Controle de materiais**

Baseado na Lista Declarada de Materiais a organização deve implementar o Controle de Materiais, para o qual a ECSS declara e define as atividades relacionadas a seguir:

- critérios técnicos para a seleção;
- avaliação das suas características físicas e elétricas;
- avaliação e validação;
- aquisição e,
- utilização.

### **3.2.5.4 Controle de partes mecânicas**

Da mesma forma, baseado na Lista Declarada de Partes Mecânicas preparada pelo fornecedor, a organização deve implementar o Controle de Partes Mecânicas, para o qual a ECSS declara e define as atividades relacionadas a saber:

- critérios técnicos para a seleção;
- seleção de partes;
- análise crítica;
- avaliação, validação e qualificação;
- aquisição e,
- utilização.

### **3.2.5.5 Controle de processos**

O Controle de Processos deve possuir as seguintes premissas:

- Todos os processos a serem utilizados devem constar da Lista Declarada de Processos;
- Todos os processos devem ser qualificados antes de serem utilizados;
- O processo de qualificação contempla:

- A elaboração de um procedimento para o processo, onde são definidos o material, os equipamentos e acessórios a serem utilizados, o pessoal envolvido, as operações, passo a passo, a serem realizadas e ainda as verificações, medidas e especificações, incluindo tolerâncias dos requisitos. Esse procedimento deve ser analisado e aprovado pelo cliente;
- A elaboração de um Plano de Qualificação do Processo, onde estão planejadas todas as atividades para que o processo seja qualificado, que também necessita de análise e aprovação do cliente;
- A emissão, pelo fornecedor, de um Relatório de Qualificação contendo o registro das operações realizadas e os resultados obtidos e comparados com suas especificações;
- A análise pelo cliente do Relatório de Qualificação. Essa análise poderá considerar o processo como qualificado;
- O processo poderá perder o status de qualificado, acarretando a impossibilidade de sua utilização, se ocorrerem alterações no plano de qualificação, procedimento, pessoal envolvido, materiais e equipamentos ou requisitos. Nesse caso, o processo de qualificação deverá ser refeito após a alteração dos documentos envolvidos no seu plano de qualificação.

A disciplina Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP), no âmbito do padrão ECSS, constitui-se em parte integrante da Garantia do Produto, como ilustrado na Tabela 3.1. Engloba um conjunto de princípios, a partir dos quais são derivados requisitos para Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP). A Tabela 3.24, lista em sua primeira coluna, categorias de requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP), enquanto a segunda coluna busca apresentar, conforme o padrão ECSS, a relação de elementos e atividades relacionados a cada grupo de requisitos.

Tabela 3.24 – Requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP), conforme o Padrão ECSS.

Gerenciamento de programas de componentes	
a) Visão geral	1) A atividade geral do MPMP no âmbito de um projeto é resumida na norma ECSS-Q-ST-70C figura 4.1, páginas 16 e 17.
b) Plano MPMP	1) O fornecedor deve preparar, manter e implementar um plano de MPMP, como parte do plano geral de PA. 2) O plano MPMP deve ser submetido ao cliente para aprovação
c) Gerente MPMP e PMPCB	1. O fornecedor deve nomear um gerente de MPMP. 2. O Gerente MPMP deve garantir que Partes, Materiais, Partes Mecânicas e Processos usados satisfazem os requisitos funcionais de solo e de vôo além de relacionar as restrições do projeto. 3. o gerente do MPMP deve apresentar ao cliente as atividades que foram realizadas em conformidade com os requisitos e os resultados obtidos. 4. O gerente do MPMP deve organizar em todos os fornecedores com o objetivo de revisar e aprovar os materiais, peças mecânicas e processos. 5. A atividades de PMPCB deve começar o mais tardar na PDR. 6. O Gerente do MPMP deve concordar com o cliente sobre as atividades do PMPCB no PDR. 7. As tarefas mínimas do PMPCB são as seguintes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordenação da abertura e aprovação de RFAs.</li> <li>• Revisão e aprovação do programa de teste e resultados relacionados.</li> <li>• Revisão preliminar de materiais declarados, listas de peças mecânicas e processos para apoiar a aprovação, no PDR.</li> <li>• Revisão e aprovação de Materiais Declarados, MPMP para a aprovação pelo CDR.</li> <li>• Revisão e aprovação de qualquer mudança nas listas aprovadas de materiais declarados, peças mecânicas e processos.</li> </ul>
Gestão e consolidação das atividades	
d) Estabelecimento e processamento de listas	1) Cada fornecedor e subfornecedor deve estabelecer, coletar, revisar e entregar os materiais declarados, peças mecânicas e listas de processos, incluindo todos os itens destinados ao uso no equipamento de voo.
e) Gestão das listas	1) O fornecedor deve documentar todos os materiais na lista de materiais declarados.

continua

Tabela 3.24 – Conclusão.

	<p>2) O fornecedor deve documentar todas as peças mecânicas na lista de peças mecânicas declaradas.</p> <p>3) O fornecedor deve documentar todos os processos na lista de processos declarados.</p>
<b>f) Papel e responsabilidades do fornecedor</b>	1) O fornecedor deve realizar a obtenção de listas corretas e completas de fornecedores de nível inferior.
<b>g) Restrições técnicas</b>	1) Materiais, Partes Mecânicas e Processos devem satisfazer os requisitos funcionais da missão e também as restrições.
<b>h) Perigoso para a segurança mecânico peças e materiais</b>	1) Quando materiais GSE ópticos, mecânicos ou elétricos são usados em vácuo térmico ou interface com hardware de voo, degradação será avaliado.
<b>i) Seleção de materiais e processos espaciais</b>	1) Para a seleção de materiais e processos espaciais, ECSS-Q-ST-70-71 deve ser aplicado.

Adaptado de ECSS (2019).

### 3.2.6 Garantia do produto de software

O objetivo da Garantia do Produto de Software - ECSS-Q-ST-80C (2017c) é fornecer a confiança adequada ao cliente e ao fornecedor de que o software desenvolvido ou adquirido satisfaz seus requisitos ao longo da vida do sistema. Em especial, que o software seja desenvolvido para funcionar de forma adequada e segura em seu ambiente operacional, atendendo aos objetivos de qualidade acordados para o projeto.

Um dos princípios fundamentais da norma ECSS-Q-ST-80C (2017c) é o que diz respeito ao relacionamento cliente-fornecedor, assumido para todos os desenvolvimentos de software. O cliente é, em geral, o adquirente de dois produtos fortemente associados: o hardware e o software de um sistema, subsistema, conjunto, equipamento ou montagem.

O conceito de relacionamento cliente-fornecedor é aplicado recursivamente, ou seja, o próprio cliente pode ser um fornecedor de um nível superior na hierarquia do sistema espacial. Os requisitos da norma são aplicáveis ao fornecedor, a menos que de outra forma explicitamente declarado.

Nesse contexto, a norma estabelece como responsabilidades do fornecedor:



1. O desenvolvimento, coordenação, implementação e manutenção de um Programa de Garantia de Produto de Software que garanta a definição de uma estrutura organizacional para o desenvolvimento de software e que os indivíduos envolvidos na estrutura tenham tarefas e responsabilidades definidas.
2. A revisão dos requisitos do projeto de maneira a poder estabelecer e tomar providências oportunas na aquisição ou desenvolvimento dos recursos e habilidades para a equipe administrativa e técnica.
3. A definição e documentação da responsabilidade, da autoridade e da inter-relação do pessoal que gerencia, executa e verifica o trabalho que afeta a qualidade do software e também as responsabilidades e as interfaces de cada organização, externa ou interna, envolvida em um projeto.
4. A identificação do pessoal responsável pela garantia do produto de software para o projeto (gerente / engenheiro de SW), garantindo que esse pessoal se reporte ao gerente do projeto (por meio do gerente de garantia do produto do projeto, se houver) e tenha autoridade organizacional e independência para propor e manter um programa de garantia de produto de software de acordo com os requisitos de garantia de produto de software do projeto e ainda, tenha acesso desimpedido à alta administração, conforme necessário, para cumprir suas funções.
5. O fornecimento dos recursos adequados necessários para a execução das tarefas de garantia do produto de software.
6. Definição das disciplinas de treinamento de pessoal, baseado nas ferramentas, técnicas, metodologias e recursos computacionais específicos a serem utilizados no desenvolvimento e gerenciamento do produto de software, visando garantir que o pessoal seja devidamente treinado nas disciplinas definidas e que esteja disponível em tempo hábil para a execução das atividades e tarefas planejadas.

7. Garantir que as análises e auditorias de processos e produtos sejam realizadas por pessoal não diretamente envolvido no trabalho executado.

Ainda segundo a ECSS-Q-ST-80C (2017c) para que o fornecedor execute um gerenciamento eficaz do Programa de Garantia de Produto de Software deve observar as seguintes premissas, dentre outras:

1. Deve ser desenvolvido um Plano de Garantia de Produto de Software que contemple os requisitos de garantia de produto de software. Esse plano deve ser um documento independente ou uma seção do seu Plano Geral de Garantia do Produto.
2. Quaisquer manuais, padrões ou procedimentos internos referidos pelo plano de garantia do produto de software devem se tornar uma parte integrante do seu programa de garantia do produto de software.
3. O plano de garantia do produto de software deve ser revisado e atualizado, conforme necessário, em cada etapa do projeto, para se ter a garantia de que as atividades a serem realizadas na fase seguinte estejam totalmente definidas.
4. Antes da análise da aceitação, o fornecedor deve complementar o plano de garantia do produto de software para especificar as medidas de qualidade relacionadas para as operações e processos de manutenção, ou emitir um plano de garantia de produto de software específico.
5. Deve ser preparada, junto com o plano de garantia do produto de software, uma matriz de conformidade documentando a conformidade com os todos os requisitos de garantia do produto de software aplicáveis ao projeto ou conforme o acordo comercial. Essa matriz deve, para cada requisito de garantia de produto de software, fornecer uma referência ao documento onde ele está definido.
6. O status da implementação do programa de garantia do produto de software deve, se apropriado, ser relatado regularmente, como parte do relatório geral de garantia do produto do projeto.

Nesse relatório devem estar incluídos:

- a. uma avaliação da qualidade atual do produto e processos, com base nas propriedades medidas, conforme definido no plano de garantia do produto de software;
  - b. as verificações realizadas;
  - c. os problemas detectados;
  - d. os problemas resolvidos.
7. Em cada revisão de projeto deve ser apresentado um relatório cobrindo as atividades de garantia de produto de software realizadas durante as fases anteriores do projeto.
  8. Devem ser programadas auditorias, a serem realizadas por pessoal qualificado e alheio ao projeto.
  9. Deve ser previsto um processo de emissão de alertas do projeto.
  10. Devem ser definidos e implementados procedimentos para registro, análise e correção de todos os problemas de software encontrados durante o desenvolvimento do software.

A disciplina Garantia do produto de software, no âmbito do padrão ECSS, constitui-se em parte integrante da Garantia do Produto, como ilustrado na Tabela 3.1. Engloba um conjunto de princípios, a partir dos quais são derivados para Implementação do programa de garantia de produto de software. A Tabela 3.25, lista, em sua primeira coluna, categorias de requisitos de garantia de produto de software, enquanto a segunda coluna busca apresentar, conforme o padrão ECSS, a relação de elementos e atividades relacionados a cada grupo de requisitos.

Tabela 3.25 – Implementação do programa de garantia de produto de software, conforme o Padrão ECSS.

a) Organização	1) O fornecedor deve garantir que uma estrutura organizacional seja definida para apoiar o desenvolvimento de software e que os indivíduos tenham tarefas e responsabilidades definidas.
b) responsabilidade e autoridade	1) A responsabilidade, a autoridade e a inter-relação do pessoal que gerencia, executa e verifica o trabalho que afeta a qualidade do software deve ser definida e documentada.
c) Treinamento	1) O fornecedor deve revisar os requisitos do projeto para estabelecer e tomar providências oportunas para adquirir ou desenvolver os recursos e habilidades para as equipes. 2) O fornecedor deve manter registros de treinamento.
<b>Gerenciamento do programa de garantia de produto de software</b>	
Planejamento e controle de garantia de produto do software	1) O fornecedor deve desenvolver um plano de garantia de produto de software em resposta aos requisitos de garantia de produto de software. 2) O plano de garantia do produto de software deve ser um documento independente ou uma seção do plano geral de garantia do produto do fornecedor. 3) O fornecedor deve fornecer com o plano de garantia do produto de software uma matriz de conformidade registrando o atendimento aos requisitos de garantia do produto de software. 4) Para cada requisito de garantia de produto de software, a matriz de conformidade deve fornecer uma referência ao documento onde é demonstrada a saída esperada desse requisito.
b) Relatório de garantia do produto de software	1) O fornecedor deve relatar regularmente sobre o status da implementação do programa de garantia do produto de software, se apropriado, como parte do relatório geral de garantia do produto do projeto contendo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• uma avaliação da qualidade atual do produto e processos, definido no plano de garantia do produto de software;</li> <li>• verificações realizadas;</li> <li>• problemas detectados;</li> <li>• problemas resolvidos.</li> </ul>
c) Auditorias	1) Para auditorias de software o fornecedor deve apresentar um Plano de auditoria contendo inclusive cronograma.
d) Alertas	1) Para alertas de software o fornecedor deve documentar e informar os alertas, mesmo que preliminares
e) Problemas de software	1) O fornecedor deve definir e implementar procedimentos para registro, análise e correção de todos os problemas de software encontrados durante o desenvolvimento do software.
f) Não conformidades	1) O Fornecedor deve elaborar procedimento de tratamento de NCR SW como parte do plano de garantia do produto de software. 2) Emitir relatórios de não conformidades.
g) Requisitos de qualidade e modelos de qualidade	1) O fornecedor deve elaborar procedimento para especificar os requisitos de qualidade do software.

Fonte: Adaptado de ECSS (2017c).

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – PARTE 2**

Neste Capítulo, serão apresentados os conceitos e conhecimentos que provêm o embasamento teórico acerca de tópicos selecionados, sobre os quais se apoia o trabalho.

A pesquisa bibliográfica busca atingir os seguintes objetivos:

- apresentar breve histórico sobre o tema;
- prover atualização do conteúdo associado ao tema do presente trabalho;
- prover respostas iniciais aos problemas formulados;
- indicar eventuais contradições e limitações sobre o tema.

### **4.1 Ciclo de vida em projetos espaciais**

De acordo com o padrão ECSS, um projeto espacial é dividido em fases que se estendem desde a concepção da missão até a operação e o descarte do produto. Ao final de cada fase é realizada uma reunião de revisão, em que é avaliado se todo o trabalho previsto para a fase foi cumprido, de modo que o projeto possa prosseguir para a fase seguinte.

O ciclo de vida de um projeto, segundo a ECSS-M-ST-10C Rev. 1 (2009), é apresentado na Figura 4.1, com as fases 0, A, B, C, D, E e F, que, de forma sintética, são descritas a seguir:

A Fase 0 é dedicada à análise de missão e identificação de necessidades (ECSS, 2009). Através da interação da equipe do projeto com as partes interessadas (stakeholders), busca-se entender o objetivo da missão, suas restrições e como o seu desenvolvimento e operação afetam os diferentes atores que, de alguma forma, interagem com a missão. O resultado do trabalho da Fase 0 é consolidado no documento Declaração de Missão, contendo os requisitos de missão, os requisitos técnicos em nível de usuário, além da identificação preliminar de possíveis conceitos de missão. Esta fase se encerra com a reunião Revisão de Definição de Missão (MDR), em que são avaliados o conteúdo e a consistência da declaração de missão.

Na Fase A, são propostos e desenvolvidos estudos de conceitos de missão e avaliadas possíveis arquiteturas, com a definição macro de seus elementos.

Efetuem-se, também, os estudos acerca da viabilidade da missão frente às restrições de prazo, custo, infraestrutura, tecnologias e capacitação técnica de equipes, entre outras. Esta fase se encerra com a Revisão Preliminar de Requisitos (PRR) em que há um veredito sobre a viabilidade ou não da missão e a indicação de uma ou mais arquiteturas preliminares para o sistema.

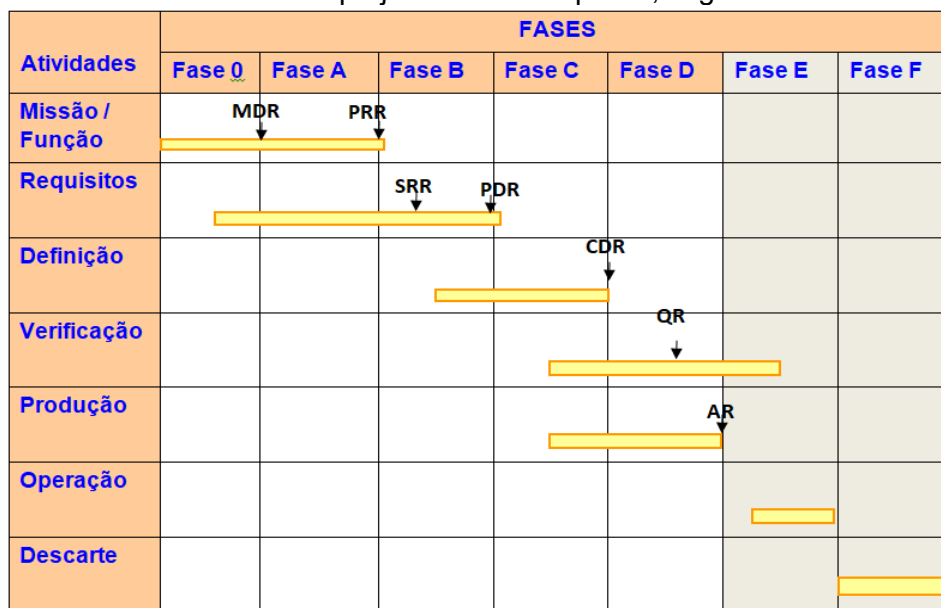
Na Fase B, usualmente denominada de Fase de Projeto Preliminar, é finalizada a seleção de arquitetura para a missão. A partir desta arquitetura, são definidas as especificações de sistema e consolidadas na reunião intermediária, denominada Reunião de Revisão de Requisitos de Sistema (SRR). Ainda nesta fase, é desenvolvido o Projeto (*Design*) Preliminar do Sistema e de seus elementos. A Fase B se encerra com a reunião de Revisão de Projeto Preliminar (PDR), em que se avalia se o nível de especificação/definição do projeto é suficiente para a fabricação do modelo de engenharia na fase seguinte.

Na Fase C, usualmente denominada de Fase de Projeto Detalhado, é fabricado o Modelo de Engenharia para testar as soluções de engenharia propostas e desenvolvido o projeto detalhado do sistema. Nesta fase, também é projetado e fabricado o ferramental para fabricação do modelo de qualificação e qualificados os processos de fabricação. A fase se encerra com a reunião de Revisão de Projeto Detalhado, também denominada de Revisão de Projeto Crítica (CDR), que avalia se o projeto já adquiriu maturidade suficiente para a fabricação do modelo de qualificação, na fase seguinte.

Na Fase D, usualmente denominada de Fase de Qualificação e Produção, são fabricados o Modelo de Qualificação e o Modelo de Voo do Produto (sistema). Na primeira parte desta fase, é fabricado o Modelo de Qualificação e, em um processo iterativo, ajustado até que seja demonstrado, por meio de testes e ensaios (qualificação), que o produto (sistema) atende todos os requisitos do projeto. Neste ponto, todos os processos de fabricação, já qualificados, são “congelados” e, em reunião intermediária, denominada de Revisão de Qualificação (QR), é autorizado o início da fabricação do modelo de voo.

Na segunda parte da Fase D, a partir de componentes, materiais e processos de fabricação qualificados e mão de obra certificada, é fabricado o modelo de voo. Esta fase se encerra com a reunião denominada de Revisão de Aceitação (AR), em que todo o dossiê de fabricação é revisado e são avaliados os resultados dos testes de aceitação, produzindo-se um veredito final acerca da aceitabilidade do produto para voo. As fases seguintes, Fases E e F, referem-se à Operação e ao Descarte, respectivamente, e não serão objetos de consideração neste trabalho.

Figura 4.1- Ciclo de vida de um projeto na área espacial, segundo ECSS-M-ST-10C.



Fonte: Adaptado de ECSS (2009).

## 4.2 Operações em missões espaciais

Nesta seção, buscar-se-á descrever, sucintamente, os principais aspectos e a infraestrutura de operações de missões espaciais. Será notado que, independentemente do tipo de missão (órbita baixa, órbita geoestacionária ou interplanetária), os recursos necessários para a fase operacional da missão apresentam similaridade em nível de sistema para os três tipos básicos de classificação de missões.

Segundo a ECSS-E-ST-70-11C (ECSS, 2008a), a fase operacional de uma missão apresenta alto impacto no custo total de desenvolvimento da missão. O aumento no tempo de vida útil em operação, via de regra, provoca aumento

nos custos como um todo. Por outro lado, um desenvolvimento com pontos adicionais de verificação implica, em geral, no aumento da confiabilidade e, assim, do tempo de operação em órbita.

O padrão ECSS-E-ST-70-11C (2008a) define *operabilidade* como a capacidade do segmento espacial ser atuado através do segmento de solo, durante a vida útil da missão. Esta atuação permite que se realize a otimização do uso de recursos e que se maximize tanto o atendimento dos requisitos de qualidade, quanto a quantidade e disponibilidade (ou pontualidade da entrega) dos produtos da missão, sem comprometer a segurança do segmento espacial, atendendo o conjunto de requisitos de missão.

O padrão ECSS-E-ST-70-11C define operações como toda atividade realizada pelos segmentos de solo e espacial, a fim de garantir os serviços relacionados à missão. Operações devem, também, garantir a recuperação do sistema de eventuais contingências a bordo, propiciar a realização de atividades de manutenção de rotina e prover meios para gerenciar recursos alocados a bordo, a fim de maximizar o retorno de produtos ou a prestação de serviços da missão, bem como a vida útil da missão. O nível de autonomia dos recursos a bordo deve capacitar o segmento espacial para o gerenciamento de operações nominais ou de contingência, sem intervenção do segmento terrestre, por um determinado período.

Desta forma, a admissão de metas de operabilidade e operações específicas, para uma determinada missão, deve ser decidida por meio de um adequado equilíbrio entre custos, riscos e cronograma, para as atividades de desenvolvimento, operação e manutenção em todas as fases da missão. Neste contexto, é necessário estabelecer os requisitos de operabilidade, tendo em vista a garantia de que o segmento espacial possa operar de forma segura e econômica e, também, implementar, de maneira otimizada, as tarefas de preparação, execução e avaliação de *check-out* do segmento espacial, bem como, as atividades de operações relacionadas à missão.



Nesse sentido, os requisitos de operabilidade são agrupados em dois tipos, a saber: a) requisitos gerais de operabilidade e b) requisitos detalhados de operabilidade.

O padrão ECSS-E-ST-70-11C estabelece uma distinção entre os requisitos gerais de operabilidade e os requisitos detalhados de operabilidade, visto que os primeiros aplicam-se para todas as missões, enquanto os pertencentes ao segundo grupo somente são aplicáveis se a função de bordo correspondente for implementada.

Em complemento e estreito alinhamento à operabilidade, a operação da missão deve definir como as atividades executadas pelos segmentos solo e espacial articulam-se, com a finalidade de assegurar o efetivo fornecimento dos produtos e serviços providos pela missão. A operação também deve garantir a manutenção rotineira da missão e realizar o gerenciamento dos recursos de bordo, a fim de garantir o provimento dos produtos e serviços necessários à vida útil da missão.

Desta maneira, tem-se que o objetivo da operação de sistemas espaciais é definir os requisitos de operabilidade visando garantir que o segmento espacial seja operado de maneira segura e econômica, sem comprometer qualquer outro indicador ou parâmetro associado aos requisitos da missão.

Nesse sentido, os objetivos da operação e os recursos necessários para sua execução diferem ligeiramente para os três tipos básicos de missões que são classificadas da seguinte forma: (1) missões em órbita baixa, (2) missões em órbita geoestacionária e (3) missões interplanetárias.

Segundo Pessotta (2018) os propósitos estabelecidos para a operação, assim como os recursos necessários para sua realização, apresentam pequena diferença entre cada um dos três tipos fundamentais de missões.

Assim, de acordo com Pessotta (2018), para uma missão em órbita baixa, os objetivos estabelecidos para operação são os seguintes:

- efetuar a calibragem da plataforma e cargas úteis;
- executar o controle e o monitoramento da plataforma e cargas úteis;

- efetuar a remessa de dados operacionais para o satélite e receber os produtos da missão;
- executar as manobras de ajustes de órbita;
- manter o desempenho das cargas úteis;
- executar as atividades de recuperação estabelecidas para o caso de ocorrência de falhas;
- retirar o satélite de órbita.

Ainda, segundo Pessotta (2018), na missão de órbita baixa, o segmento solo conta com uma rede de apoio de inúmeras estações terrenas, que funcionam de modo prestar o devido suporte às demandas de operação.

Já para uma missão em órbita geoestacionária, os objetivos estabelecidos para a operação são os seguintes:

- efetuar a calibragem da plataforma e cargas úteis;
- executar as atividades de recuperação determinadas para o caso de ocorrência de falhas;
- realizar as manobras de correção de órbita ou de posição;
- manter o desempenho das cargas úteis;
- executar as atividades de recuperação estabelecidas para o caso de ocorrência de falhas;
- reposicionar o satélite da órbita original para descarte no final de sua vida útil.

Para a missão em órbita geoestacionária, normalmente, o segmento solo utiliza-se de uma única estação terrena, considerando que o satélite se encontra permanentemente visível.

No caso de uma missão interplanetária, os objetivos da operação são os seguintes:

- efetuar a calibragem da plataforma e cargas úteis;
- executar o controle e o monitoramento da plataforma e cargas úteis;

- efetuar a remessa de dados operacionais para a sonda e receber os produtos da missão;
- enviar as atualizações do software de bordo (OSW) para a sonda de acordo com as diferentes fases da missão;
- exercer o comando e o controle sobre as mudanças de trajetória e sobre as manobras de visita rápida;
- executar os procedimentos necessários para manter o desempenho das cargas úteis;
- realizar as atividades de recuperação estabelecidas para o caso de ocorrência de falhas.

Para a missão do tipo interplanetária, o segmento solo conta com uma rede específica de estações terrenas que funcionam de modo prestar o devido suporte às demandas de operação.

Nas missões de investigação da atmosfera ou exploração da superfície de corpos celestes por meio de sondas e *rovers*, a comunicação destes com o segmento solo é realizada por meio de naves espaciais em órbita ou próximas ao corpo celeste alvo, que operam como repetidoras de sinal Pessotta (2018).

#### **4.3 Estado da arte em seleção e adaptação de requisitos**

Nesta seção, busca-se apresentar e descrever o tratamento dedicado a requisitos no âmbito das organizações NASA e ESA (padrão ECSS).

Entre as fontes de informação sobre a seleção e customização de requisitos, encontram-se duas fontes de grande reconhecimento, a saber: a) o documento NPR 7123.1C NASA Systems Engineering Processes and Requirements, e b) o documento ECSS-S-ST-00-02C Draft 1 ECSS System - Tailoring, (ECSS, 2020a).

A seleção e customização de requisitos preconizada em ambos os documentos, tanto no âmbito da NASA quanto da ESA, é bastante similar, e baseia-se na exploração do conhecimento de colaboradores e especialistas

experientes, acumulado ao longo do desenvolvimento de inúmeros programas e projetos espaciais pelas referidas agências.

#### **4.3.1 Estado da arte, segundo a NASA**

No âmbito da NASA, os requisitos aplicáveis a projetos podem ser classificados em requisitos específicos a uma dada missão, os quais definem a missão e suas restrições, advindos de partes interessadas (stakeholders), e requisitos padronizados, os quais encontram-se descritos nos padrões da NASA para engenharia de sistemas (HIRSHORN, 2016), gestão de projetos (NASA, 2021c) e gestão da qualidade (SAE, 2016).

No universo de requisitos de gestão de projetos e garantia da qualidade, incluem-se aqueles de gestão de riscos (HIRSHORN, 2016) e gestão da segurança entre outros. Ao longo deste trabalho, o conjunto de requisitos padronizados implementados por uma organização será referido como a linha de base de requisitos para projetos ou programas daquela organização.

##### **4.3.1.1 Adaptação de requisitos e customização de processos, segundo a NASA**

A política de desenvolvimento de programas ou projetos da NASA reconhece a necessidade de acomodar os aspectos únicos de cada programa ou projeto, para alcançar o sucesso da missão de maneira eficiente e econômica (HIRSHORN, 2016, p. 39) (NASA, 2021d). É política da NASA que todos os requisitos, diretrizes, procedimentos e processos prescritos sejam cumpridos, a menos que seja concedido “afrouxamento” ou alívio formal pela autoridade responsável (NASA, 2014, p. 263).

É recomendado que gerentes de programa ou projeto implementem um processo de análise e tomada de decisão para a inclusão ou modificação de atividades, requisitos, diretrizes e documentação (NASA, 2020b, p. 121).

O processo de análise e tomada de decisão, incluindo a definição de critérios de decisão, identificação, análise e seleção de alternativas, deve considerar dados relevantes, tais como, desempenho de engenharia, qualidade e confiabilidade, e as incertezas associadas.

Os padrões da NASA preveem a possibilidade de que tanto requisitos quanto processos possam sofrer ajustes, em função de características de missão e expectativas e necessidades de partes interessadas.

As disposições da norma NPR7123.1 (NASA, 2020b) acomodam programas e projetos, independentemente do tamanho ou complexidade destes. Assim, tanto requisitos quanto processos apresentam, em princípio, margem para adaptação e customização.

No âmbito das provisões formais para tais ajustes, são introduzidos os conceitos de adaptação (*tailoring*) de requisitos e customização (*customization*) de processos. O documento NASA Systems Engineering Handbook define os termos adaptação de requisitos e customização de processos (HIRSHORN, 2016, p. 39).

A adaptação de requisitos (*tailoring*) permite que aspectos únicos de projetos e programas possam ser apropriadamente acomodados. A adaptação de um requisito é definida como "... o afrouxamento do nível de exigência de um requisito, sendo este afrouxamento consistente com objetivos, riscos e restrições do programa ou projeto concernido. (NASA, 2020b, p. 18).

O *afrouxamento* de um requisito se dá através do aceite de um desvio (*deviation*) ou "*waiver*" para o requisito selecionado. O termo desvio é utilizado quando a solicitação de afrouxamento do requisito ocorre antes que o requisito seja registrado no controle de configuração, enquanto o termo "*waiver*" refere-se à situação em que o afrouxamento é solicitado após o registro do requisito no controle de configuração. Portanto, a adaptação de requisitos, em um projeto ou programa, consiste, basicamente, na emissão do pedido e concessão de desvios (ou waivers) para um dado requisito ou um conjunto selecionado de requisitos.

Considere-se, por exemplo, o caso de um requisito constante da linha de base de requisitos da organização, aplicável no âmbito de uma aquisição externa, o qual, em um projeto, seria verificado pela garantia da qualidade da própria organização. Um exemplo de adaptação, neste caso, seria a emissão de um

desvio permitindo que este requisito passasse a ser verificado pelo fornecedor externo.

Toda adaptação deve, em princípio, resultar em algum ganho, em termos de prazo, custo ou escopo, à custa de incremento da exposição do projeto a riscos. A metodologia proposta buscará, essencialmente, propor a adaptação ("*afrouxamento*") de requisitos.

Para a aprovação de uma solicitação de *afrouxamento* de um requisito técnico, especialistas no assunto e a autoridade Institucional apropriada, em geral, o responsável técnico pela tecnologia envolvida, emitem documento formal, com a justificativa pertinente.

O processo de análise e tomada de decisão para a seleção e adaptação de requisitos, é executado ao longo de todo o ciclo de vida do sistema, tanto para formular alternativas de decisão quanto para avaliar seus impactos na saúde e desempenho do programa ou projeto, em termos de segurança, risco técnico, custos e cronograma, conforme diretrizes preconizadas no Manual de Tomada de Decisão baseada em Risco da NASA (DEZFULI, 2010).

Abaixo, exemplificam-se situações usuais, encontradas em exercícios de adaptação de requisitos: (1) situações em que certos requisitos não se aplicam, como os requisitos aplicáveis a uma categoria diferente de projeto daquela em que o projeto tenha sido classificado; (2) projetos em que reuniões de revisão possam ser combinadas; (3) projetos em que planos de controle, e outros documentos de gerenciamento, possam ser amalgamados em um único documento, tipicamente o Plano de Projeto; (4) projetos em que requisitos não necessitem ser satisfeitos no mesmo nível que um projeto de categoria superior; e (5) o objetivo intendido pelo requisito possa ser atendido por outros meios (NASA, 2014, p. 123). A isenção de um requisito pode ser concedida tanto na forma de uma decisão de que um requisito, ou conjunto de requisitos, é não aplicável, quanto na forma de uma renúncia ou desvio.

Um benefício secundário de uma abordagem formalizada e disciplinada para a adaptação de requisitos é que com o tempo e compilação de lições aprendidas

o processo de adaptação poderá levar a um aprimoramento na prescrição de requisitos para programas e projetos (NASA, 2014, p. 263).

O termo "*customização*", por sua vez, refere-se à modificação de práticas recomendadas de engenharia de sistema. A customização não requer o *afrouxamento* ou o desvio de requisitos, mas deve ser documentada (NASA, 2020b, p. 19).

Os processos de engenharia de sistema implementados no âmbito de programas e projetos da NASA se baseiam em melhores práticas e lições aprendidas. Trata-se de práticas bem-sucedidas que buscam reduzir o risco técnico e conseqüentemente aumentar a probabilidade de sucesso de uma missão.

As equipes técnicas de projeto, subordinadas à autoridade técnica da engenharia de sistema, são orientadas a utilizar as práticas de adaptação de requisitos e customização de processos de maneira eficiente e eficaz.

Para a aprovação de uma solicitação de *afrouxamento* ou desvio de um requisito técnico ou de customização de um processo, especialistas no assunto e a autoridade institucional apropriada, em geral, o administrador da tecnologia envolvida, emitem documento formal, com a justificativa pertinente.

O processo de análise e tomada de decisão, incluindo a definição de critérios de decisão, identificação, análise e seleção de alternativas deve considerar dados relevantes, por exemplo, desempenho de engenharia, qualidade e confiabilidade e riscos associados.

De forma mais específica, entre as possíveis considerações para adaptação de requisitos ou customização de processos, no âmbito de programas e projetos da NASA, o documento NPR 7123.1 lista as seguintes (NASA, 2020b, p. 19):

- a. escopo e visibilidade (por exemplo, organizações e acordos envolvidos, acordos internacionais, quantidade de esforço necessária);
- b. tolerância ao risco e conseqüências de eventual falha;

- c. magnitude, funcionalidade e complexidade do sistema (por exemplo, voo tripulado, experimento científico com grande impacto, demonstração de tecnologia).
- d. envolvimento humano (por exemplo, interfaces humanas, funções críticas da tripulação em solo ou em voo, interação com e controle, supervisão de sistemas (semi-) autônomos);
- e. impacto sobre a segurança de TI da agência, ou sobre a segurança nacional;
- f. impacto sobre outros sistemas;
- g. tempo de vida dos sistemas;
- h. facilidade de manutenção, tanto em terra quanto em voo;
- i. restrições (incluindo custo, cronograma, grau de percepção, supervisão permitida através de cooperações ou acordos internacionais);
- j. segurança, qualidade e garantia da missão;
- k. nível atual de tecnologia disponível;
- l. disponibilidade de capacidade industrial.

O processo de análise e tomada de decisão para a seleção e adaptação de requisitos é executado ao longo de todo o ciclo de vida do sistema, tanto para formular alternativas de decisão, quanto para avaliar seus impactos na saúde e desempenho do programa ou projeto, em termos de segurança, risco técnico, custos e cronograma, conforme diretrizes preconizadas no Manual de Tomada de Decisão baseada em Risco da NASA (DEZFULI, 2010).

#### **4.3.1.2 O processo de adaptação de requisitos, segundo o padrão NASA**

O processo de adaptação é usado para ajustar ou buscar alívio de um requisito prescrito, de modo a acomodar as necessidades de uma tarefa ou atividade (NASA, 2014, p. 263), permitindo que projetos realizem apenas as atividades necessárias para o sucesso da missão. A seguir, o processo de adaptação é brevemente descrito.

A principal ferramenta utilizada no âmbito do processo de adaptação é a Matriz de Conformidade de Requisitos (*Compliance Matrix*), que juntamente com o conceito de que todo processo tem um responsável formal (*owner*), constituem-



se nos principais elementos do processo para a adaptação de requisitos, no âmbito dos padrões NASA.

A Tabela 4.1, ilustra os principais tipos de requisitos encontrados em projetos, conforme classificação baseada na autoridade formal responsável pelo requisito.

Tabela 4.1 - Principais tipos de requisitos encontrados em programas e projetos, conforme os padrões NASA.

Tipos de Requisitos	
Requisitos Programáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requisitos relacionados com produtos de voo, a serem desenvolvidos e entregues, especificamente relacionados com metas e objetivos de um determinado programa ou projeto. São de responsabilidade da Autoridade Programática (gerentes de programas e projetos).</li> </ul>
Requisitos Institucionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Referem-se a requisitos associados a centros e unidades da NASA, que apresentam independência em relação ao programa específico ou projeto. São da responsabilidade da Autoridade Institucional competente.</li> </ul>
Requisitos Alocados	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Trata-se de requisitos oriundos da decomposição ou derivação de requisitos de nível superior.</li> </ul>
Requisitos Derivados	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Requisitos oriundos de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• restrições ou consideração de questões não explicitamente declaradas, advindas de requisitos institucionais da Sede (<i>Headquarters</i>) ou Centro; ou</li> <li>• fatores introduzidos pela arquitetura e/ou pelo design.</li> </ul> </li> <li>– Atingem sua redação final por meio da análise de requisitos, como parte do processo geral de engenharia de sistemas, e passam a fazer parte da linha de base dos requisitos do programa/projeto.</li> </ul>
Requisitos de Autoridade Técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Trata-se de um subconjunto dos requisitos institucionais, preconizados/definidos em documentos publicados pelo <i>Office of the Chief Engineer, Office of Safety and Mission Assurance, and Office of the Chief Health and Medical Officer</i> (por exemplo, NASA Procedural Requirements (NPRs) ou padrões técnicos citados como requisitos de programa ou projeto ou contidos em documentos do Centro ao qual o projeto se filia). Esses requisitos são de responsabilidade da gerência ou organização que estabeleceu o requisito, a menos que este seja delegado a outra instância.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de NASA (2014, p. 265).

A organização responsável por um dado requisito recebe e, eventualmente, aprova a solicitação de adaptação deste requisito, a menos que esta responsabilidade tenha sido formalmente delegada a outra instância. A organização que aprova a solicitação de adaptação, usualmente aquela responsável pelo requisito, efetua consulta a outros centros ou organizações que eventualmente possam ter relação com o estabelecimento do requisito, bem como busca a concordância de organizações que eventualmente tenham grande interesse no requisito.

Cada programa/projeto deve, conforme exigência da norma NPR 7120.5 (NASA, 2021c), estabelecer e manter uma Matriz de Conformidade, a qual constitui-se em um processo simplificado para documentar a conformidade do programa ou projeto com os requisitos aplicáveis, advindos de diferentes fontes.

Os atributos mínimos para solicitações de alívio de requisitos incluem:

- título descritivo e data da solicitação de adaptação/alívio de requisitos;
- identificador único para a origem da solicitação;
- nome do centro, programa, projeto e contratante envolvido na solicitação, conforme aplicável;
- atividade responsável pela solicitação;
- identificação completa da necessidade para a qual a adaptação/alívio é solicitada;
- descrição do(s) requisito(s), especificação(ões), desenho(s) e outros elementos da linha de base, documentação ou produto(s) afetado(s) afetados por este pedido;
- descrição do escopo, natureza e duração da solicitação;
- identificação de outras organizações, sistemas ou componentes que possam ser afetados;
- justificativa para a aceitação, e referenciamento de todo o material utilizado para apoiar a aceitação;
- no caso de não conformidade, se for o caso, descrição ou referência à ação corretiva tomada ou planejada para prevenir recorrência futura;

- avaliação de risco: se a aceitação da adaptação proposta resultar em aumento de risco, identificar o(s) nome(s), com assinatura(s), da(s) autoridade(s) técnica(s) que assevera(m) que o risco tenha sido devidamente caracterizado e que seja aceitável, bem como o(s) nome(s), com assinatura(s), da(s) autoridade(s) programática(s) que concorda(m) com este aumento de risco.

A Figura 4.2, abaixo, reproduz um exemplo de Matriz de Conformidade, apresentado no documento NASA Space Flight Program and Project Management Handbook NASA/SP-2014-3705 (NASA, 2014, p. 124), apresentado o excerto da matriz relativa a um projeto. Em sua versão completa contém a totalidade dos requisitos associados ao programa/projeto. Deve ser observado que requisitos, conforme o processo de adaptação, são classificados em Totalmente Conforme (Fully Compliant – FC), Adaptado (Tailored – T) e Não Aplicável (Not Applicable – NA).

Figura 4.2 – Exemplo de Matriz de Conformidade (*Compliance Matrix*), típica do processo de adaptação de requisitos preconizado em padrões NASA.

Requirement/Paragraph	Comply	Justification	Approval
Table I-4: 10. ELV Payload Safety	FC	Projects that fall under the applicability of NPR 8715.7 will produce the Safety Process Deliverables as defined. Projects that do not fall under the applicability of NPR 8715.7 will comply with NPR 8715.3 to ensure adherence to appropriate local requirements.	
Table I-4: 11. V&V Report	FC		
Table I-4: 12. Operations Handbook	T	List of Operations Procedures for launch site, on-orbit verification and checkout, and demonstration operations to be provided as part of review briefing package	OCE
Table I-4: 13. Orbital debris, 14. End of Mission Plan, 15. Mission Report, 1. Formulation Agreement, 2. Project Plan	FC		
Table I-4: 3. Plans for work	T	Sufficient detail to be provided in the project IMS tasks/ milestones to define plans for work to be accomplished in the next phase.	OCE
Table I-4: 4. Performance against plan	FC		

Fonte: Adaptado de NASA (2014, p. 124).

### 4.3.2 Estado da arte, segundo o padrão ECSS

Os padrões ECSS (European Cooperation for Space Standardisation) representam um esforço conjunto da agência espacial europeia, agências espaciais nacionais e associações da indústria europeia com a finalidade de desenvolver e manter padrões com o nível máximo de comunalidade. Os

padrões da ECSS definem requisitos para o que deve ser realizado, ao invés de processos, que definem como deve ser organizado e executado o trabalho necessário.

De acordo com a ECSS, esta filosofia possibilita que os documentos relativos a estruturas e métodos organizacionais sejam atualizados, sempre que necessário, e que admitam evolução, conforme a necessidade, sem que para tal tenham que ser reescritos.

Os padrões ECSS-S-ST-00-01 (ECSS, 2012)– *System – Glossary of terms* e ECSS-S-ST-00-002C - *ECSS System Tailoring* (ECSS, 2020a) - são utilizadas conjuntamente para padronizar requisitos, estruturas, métodos organizacionais e definições (conceitos) utilizados no âmbito da indústria aeroespacial europeia.

Conforme o documento ECSS-S-ST-00-02C, (2020a, p. 10) os requisitos de programas e projetos dividem-se em dois conjuntos:

- a) requisitos específicos do projeto, que definem a missão e suas restrições; não são definidos pela ECSS;
- b) requisitos abrangidos pelas disciplinas da ECSS, que estão sujeitos à adaptação; a adaptação de requisitos dá-se conforme especificidades de cada projeto.

O conjunto de documentos ECSS provê uma variedade de requisitos, em princípio, suficientemente ampla para o desenvolvimento/aquisição de um produto espacial com ampla gama de características. O sistema de documentos pode ser adaptado a uma ampla variedade de tipos de projetos. O processo de seleção e adaptação de requisitos ECSS, conforme as especificidades de um projeto é denominado, como no caso dos padrões NASA, de adaptado, (*tailoring*).

Para cada projeto, o padrão ECSS sugere uma linha de base contendo um conjunto de padrões ECSS, selecionados em função do tipo de produto (missão) e necessidades de partes interessadas. Em seguida, compila-se a lista dos requisitos preconizados por este conjunto de padrões. Finalmente, é

efetuada a seleção de requisitos, em cada padrão, conforme o tipo e necessidades associadas ao produto e partes interessadas. A seguir, o processo de adaptação e seleção de requisitos preconizado pelo padrão ECSS é descrito em detalhe.

#### 4.3.2.1 Processo de Adaptação/Seleção de Requisitos, conforme a ECSS

Como visto anteriormente, o padrão ECSS recomenda uma linha de base composta por um conjunto de padrões selecionados em função do tipo de missão e interesses de stakeholders. Esta linha de base constitui-se, conforme orientado pela ECSS, no ponto de entrada para um processo de adaptação de requisitos, a ser desenvolvido conforme necessidades da missão e do produto.

A Figura 4.3 e Figura 4.4, ilustram o processo de seleção de requisitos recomendado pela ECSS. Observa-se que as atividades principais são organizadas em três grupos:

- 1) atividades preparatórias para identificar as especificidades do projeto;
- 2) atividades básicas de seleção de uma lista de padrões ECSS, com os requisitos selecionados para cada padrão;
- 3) atividades de finalização, incluindo a adição de requisitos de missão, verificação e consistência e documentação do conjunto de requisitos.

O Processo tem como entradas a Declaração de Missão e a Lista de Padrões ECSS aplicáveis.

A seguir, é detalhado o passo a passo do Processo de Adaptação/Seleção de Requisitos.

- Atividade 1 - Identificar as características do projeto

As características do projeto são identificadas tomando-se como base a declaração de missão e as lições aprendidas advindas de projetos semelhantes.

Os requisitos, conforme sua natureza podem ser classificados nas seguintes categorias:

- natureza programática – estão relacionados a objetivos de natureza administrativa e gerencial, tais como metas de partes interessadas, custos, cronograma, contratos, aspectos políticos, financeiros e, também, cronograma, além de aspectos econômicos e contratuais;
- natureza técnica – abrangem os objetivos da missão, complexidade técnica, tecnologia, engenharia, qualidade e aspectos científicos, orientados para o produto.

Essa atividade é concluída com a emissão de um documento que relaciona os requisitos do projeto e descreve o contexto de desenvolvimento do projeto.

- Atividade 2 - Analisar as características do projeto e identificar riscos

As características e contexto de desenvolvimento do projeto são analisados, para que riscos sejam identificados e correspondentes ações de mitigação sejam descritas e planejadas. Os riscos técnicos dizem respeito, por exemplo, a incertezas sobre a funcionalidade e qualidade dos componentes a serem utilizados e sua aquisição, a tecnologia pretendida se disponível ou não, a confiabilidade mínima pretendida para o produto, entre outros.

Essa análise buscará, também, caracterizar o tipo do produto que se pretende fabricar.

A atividade é concluída com a emissão de dois documentos:

- a) o primeiro contendo uma caracterização do produto, e seu contexto de desenvolvimento, descrevendo suas principais características técnicas, relação dos principais riscos técnicos identificados e as principais necessidades dos “*stakeholders*”;
- b) o segundo contendo as principais definições gerenciais, tais como: estimativas de custo, cronograma e as características do projeto e a relação dos principais riscos programáticos identificados.

- Atividade 3 - Selecionar Normas ECSS aplicáveis

As normas ECSS aplicáveis são selecionadas, tomando-se por base:

- a lista de normas ECSS disponíveis;

- o tipo do produto;
- informações sobre características e contexto do projeto, constantes dos documentos elaborados nas atividades anteriores.

Os padrões ECSS são selecionados ainda sem a preocupação com os requisitos e são identificadas as especificidades do produto não cobertas por eles.

Essa atividade é concluída com a emissão da lista de normas ECSS aplicáveis ao projeto.

- Atividade 4 - Selecionar Requisitos Aplicáveis

Uma vez selecionadas as normas ECSS, são identificados os requisitos aplicáveis no âmbito destas normas, e organizados em uma Linha de Base de Seleção e Customização de Requisitos.

A Linha de Base de requisitos é, então, avaliada quanto ao seu impacto sobre as variáveis técnicas e programáticas do projeto tais como: custo, cronograma, características técnicas do produto, riscos identificados e suas estratégias de mitigação, entre outras.

Essa atividade é concluída com a emissão do documento Lista Inicial de Requisitos Aplicáveis.

- Atividade 5 - Requisitos Completos

A lista inicial de requisitos aplicáveis, em conjunto com a Declaração da Missão, é utilizada para elaborar uma lista completa de requisitos aplicáveis do projeto ou missão. Essa atividade é concluída com a emissão do documento Lista Completa de Requisitos Aplicáveis, contendo a lista de requisitos ECSS aplicáveis. Nessa lista, cada requisito é classificado de acordo com sua aplicação em:

- 1) (A) - Aplicável - quando o requisito é totalmente aplicável sem restrições;
- 2) (M) - Modificado - quando o requisito é aplicável com modificações (alterações no seu texto, exclusão de parte dele) ou introdução de novo texto;

3) (E) - Excluído - quando o requisito não é aplicável e é excluído;

4) (N) - Novo - quando o requisito está coberto por Normas Não-ECSS.

**NOTA:** As razões para a classificação de um requisito em (M), (E) ou (N) devem ser devidamente esclarecidas e constar da Lista Completa de Requisitos Aplicáveis.

- Atividade 6 - Revisão da Lista completa de Requisitos

A Lista Completa de Requisitos Aplicáveis é revisada para que sejam eliminados eventuais conflitos, duplicação ou falta de requisitos necessários.

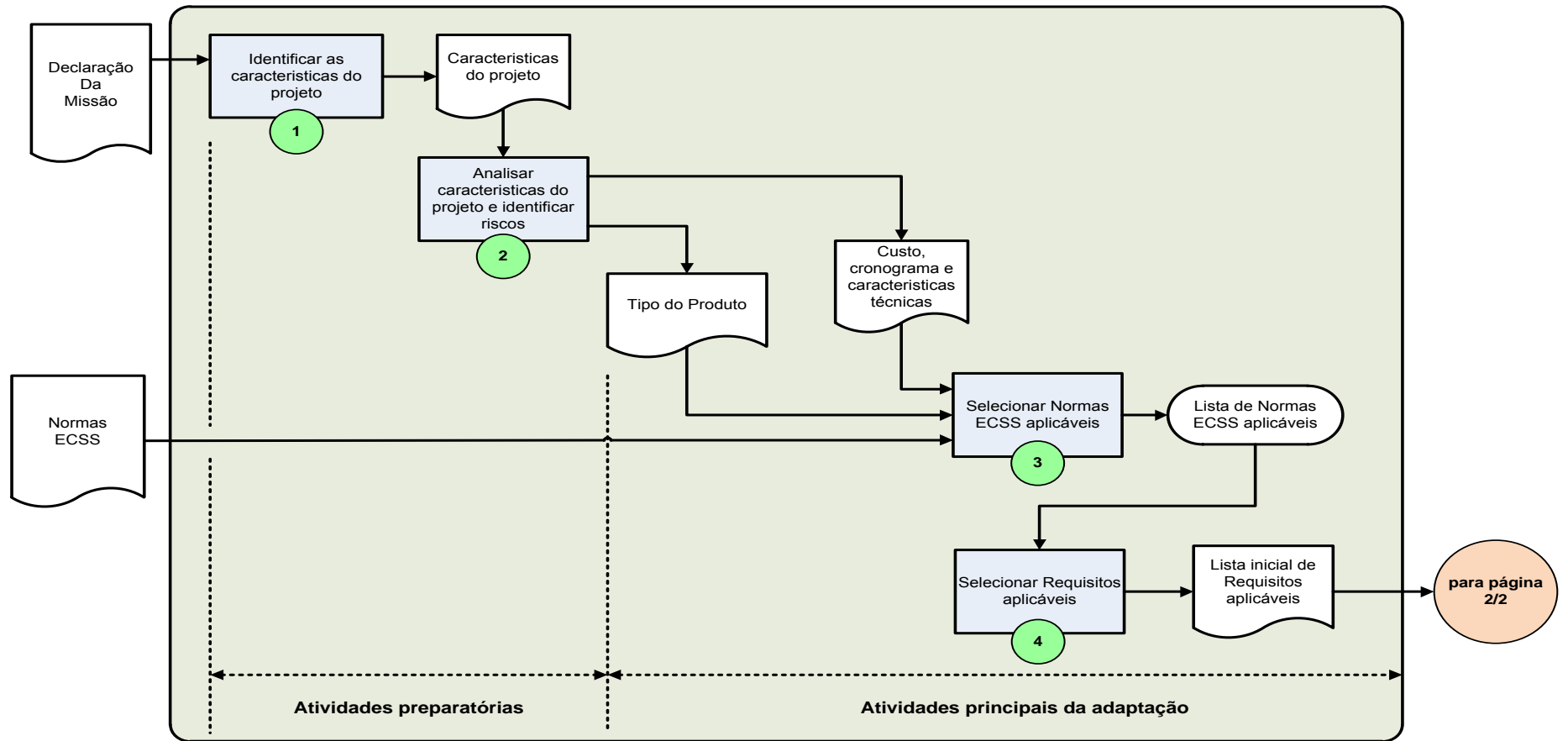
Essa atividade é concluída com a emissão da Lista Completa de Requisitos Revisada.

- Atividade 7 – Documento com Requisitos Aplicáveis

A Lista de Completa de Requisitos Revisada dá origem ao Documento com Requisitos Aplicáveis, contendo uma tabela de todos os requisitos do projeto ou programa e sua aplicabilidade, que encerra o processo de Adaptação/Seleção de Requisitos.

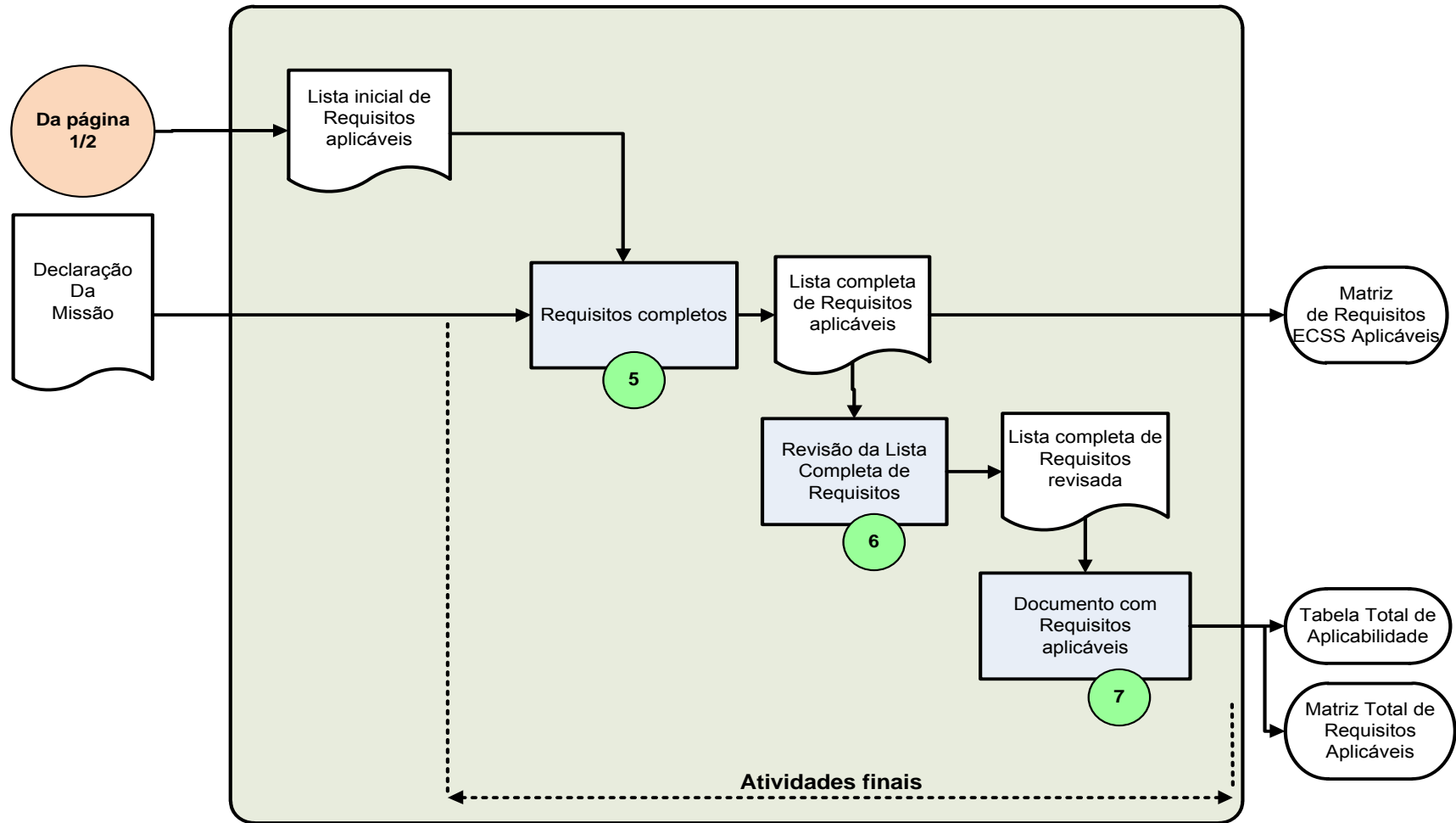


Figura 4.3 - Processo de adaptação e seleção de requisitos atualmente recomendado pela ECSS (1/2).



Fonte: Adaptado de ECSS (2020a).

Figura 4.4- Processo de adaptação e seleção de requisitos atualmente recomendado pela ECSS (2/2).



Fonte: Adaptado de ECSS (2020a).

#### 4.4 Satélites de pequeno e médio portes

Ao longo dos últimos anos, tem sido observada uma redução significativa no custo de fabricação e lançamento ao espaço de satélites de pequeno porte (ANATEL, 2020). Em razão deste incentivo, pesquisadores e profissionais da área espacial, assim como estudantes e empreendedores de pequenas e médias empresas, têm desenvolvido projetos com este tipo de tecnologia, explorando aplicações em áreas tais como pesquisa espacial, astronomia, astrofísica, radioamadorismo, atividades educacionais, sensoriamento terrestre e, até mesmo, atividades com interesses comerciais (ANATEL, 2020).

A consultoria Bryce Space and Technology elabora todos os anos, consistentes números sobre o universo dos satélites no contexto mundial. O relatório *State of the Satellite Industry* de 06 de agosto de 2021, apresenta números acerca da colocação em órbita e do uso de satélites no contexto mundial durante o ano de 2020. Os dados deste relatório mostram um contínuo aumento na receita global do segmento apresentando um incremento anual de quase 1,4% no mundo, passando de U\$ 366 bilhões para U\$ 371 bilhões em 2020. (BRYCETECH, 2021).

A utilização de satélites e sua importância para o crescimento e desenvolvimento econômico, além do bem-estar da sociedade e comunidades em geral, é indiscutível. De uma forma ou outra, quase todos os segmentos e atividades desenvolvidos pelo homem dependem das tecnologias de satélites, estendendo-se de telecomunicações à agricultura, do setor bancário aos meios de transporte, da proteção das fronteiras (segurança nacional) ao controle de incêndios, e queimadas, entre outros (LEITE, 2020). Os satélites contribuem fortemente para salvar vidas em situações de calamidades e emergências, fornecendo, ainda, informações precisas sobre a melhor forma de proteger o meio ambiente. Ainda segundo Leite (2020) a ITU – (International Telecommunication Union), afirma que os satélites são essenciais para agilizar o processo de atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. – principalmente com novas soluções que podem oferecer respostas corretas e mais econômicas a inúmeros problemas como, por

exemplo, conectar as pessoas sem acesso às modernas tecnologias, além de possibilitar a oferta de melhores serviços a lugares distantes e ermos (LEITE, 2020)

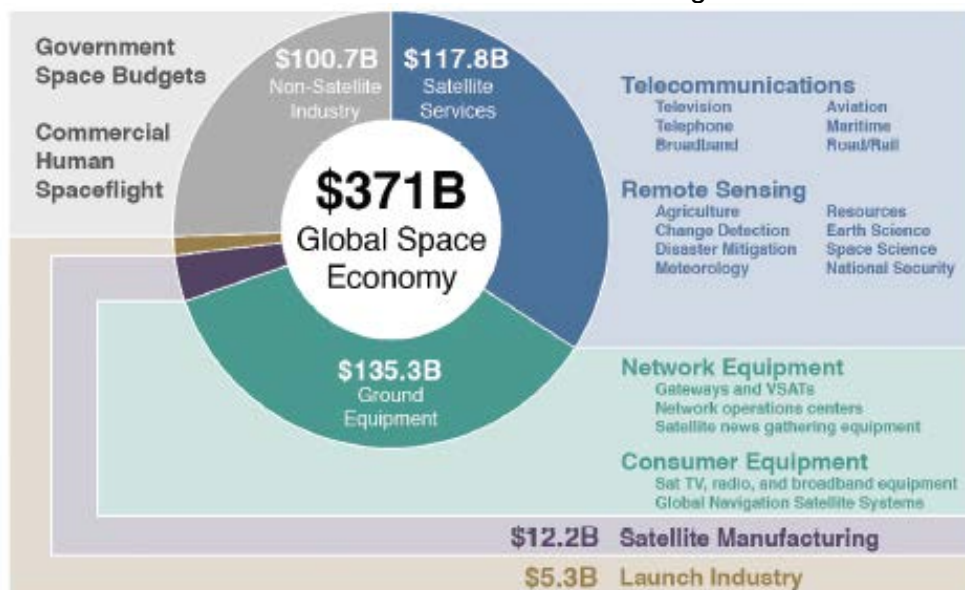
O desenvolvimento de tecnologia na área espacial tem possibilitado, desde o início dos anos 1970, que satélites de comunicação possam fornecer conexões ponto a ponto em áreas afastadas e regiões de grande área, incluindo os oceanos, de acesso difícil, provendo a transmissão de sinais de radiodifusão de TV e áudio, para redes terrestres de comunicações, conectividade, Internet de alta capacidade para plataformas fixas e móveis, destinadas a passageiros e tripulações de navios e aviões, bem como as ligações entre objetos conectados (internet of things – IoT). (LEITE, 2020) No contexto de aumento da capacidade de transmissão de dados via internet satélites desempenharão papel relevante, já que o uso de dados distribuídos em escala global se tornará ainda mais vital para inúmeras áreas como mobilidade, distribuição de vídeo e *backbone* de celular, entre outras finalidades (LEITE, 2020).

O Relatório da consultoria Bryce Space and Technology (BRYCETECH, 2021) apresenta a participação de cada segmento da indústria de satélites nas receitas globais desse mercado, conforme mostrado na Figura 4.5. O segmento de equipamentos de solo, por exemplo, que inclui GNSS – Sistema Global de Navegação por Satélite, dispositivos, chipsets, antenas de TV por satélite, VSats, gateways, entre outros produtos e serviços, propiciou, (36,4%) da receita de U\$ 371 bilhões, no ano de (BRYCETECH, 2021).

Com cerca de 31,7% da receita total dessa indústria (U\$ 371 bilhões, aparecem os “serviços de satélites”, que respondem por uma grande variedade de serviços, que contemplam internet banda larga, televisão, rádio, sistemas de telefonia fixa e móvel, monitoramento e fornecimento de dados para aviação, conexão para navegação marítima, conexão em estradas, sensoriamento remoto para agricultura, meteorologia, prevenção de desastres, monitoramento de mudanças ambientais, atividades de pesquisas científicas e segurança nacional (BRYCETECH, 2021).

Os segmentos que apresentam as menores participações nesse mercado são os da “construção de satélites”, representando 3,2% da receita total e o da indústria de lançamentos, com 1,4%. Os governos são os principais clientes desse mercado, cujas demandas respondem por 27% da receita global (BRYCETECH, 2021).

Figura 4.5 - A indústria de satélites no contexto de receitas globais em todo o mundo.



Fonte: Bryce Space and Technology – Brycetek (2021).

Em cada segmento, as classes com maior faturamento são as que contemplam os serviços de satélite para televisão e telecomunicações que representam 75% da receita no segmento; nos equipamentos terrestres, os GNSS (sistema de navegação por satélite) representam 74,6%; na manufatura, sendo que os satélites voltados para as atividades comerciais representam 45% da receita. No segmento de lançamentos, 65% da receita está relacionada a operações realizadas fora dos EUA e os 35% restantes têm relação direta com lançamentos realizados em território norte-americano (BRYCETECH, 2021).

O relatório traz avaliação de que o incremento na capacidade de carga, assim como a redução nos custos de fabricação dos satélites, além de maior utilização de inovações tecnológicas no emprego dos pequenos satélites, proporcionando lançamentos mais econômicos e melhor resolução na qualidade de imagens dos pequenos satélites (*smallsats*), além da criação de

novos serviços e a possibilidade de se fazer manutenção de satélites em órbita, vêm proporcionando maior produtividade, novas capacidades de atendimento, a um maior leque de demandas, crescimento econômico da atividade, confiabilidade, segurança e sustentabilidade (BRYCETECH, 2021).

Os pequenos satélites, assim como os satélites de alto rendimento com propulsão totalmente elétrica e os satélites com órbita baixa da Terra (LEO) estão entre as tecnologias que possibilitaram a viabilidade de muitas soluções, atendendo desde serviços financeiros digitais até melhorias nos serviços de saúde de cidades com estruturas inteligentes, providas de recursos digitais (ABRASAT, 2020).

As aplicações de satélites de pequeno porte vêm ampliando seu escopo de aplicações comerciais e científicas, que, hoje, incluem sensoriamento remoto por meio de imagens de alta resolução, coleta de dados meteorológicos e hidrográficos, monitoramento de desmatamento, monitoramento da atmosfera e experiências científicas diversas (SUARI, 2014).

A tendência é que o uso de satélites de pequeno e médio portes seja cada vez maior, nessas e em outras áreas. Geralmente são de baixo custo por usarem equipamentos cujos componentes ou itens constituintes são encontrados com maior facilidade no mercado e por isso geralmente apresentam a melhor relação custo-benefício (SUARI, 2014).

Segundo classificação da ITU, pequenos satélites são classificados de acordo com a sua massa (kg), potência e dimensões máximas, além da duração da missão. A Tabela 4.2 ilustra a classificação de satélites, conforme sua massa, de acordo com proposta exposta em publicação da ITU (2014).

Tabela 4.2 - Características típicas de pequenos satélites não geoestacionários.

Tipo	Massa (Kg)	Potência Máxima (W)	Dimensões máximas (m)	Duração da Missão (anos)
Mini satélite	100-500	1000	3-10	5-10
Micro satélite	10-100	150	1-5	2-6
Nano Satélite	1-10	20	0.1-1	1-3
Pico Satélite	0.1-1	5	0.05-0.1	1-3
Femtosatélite	<0.1	1	0.01-0.1	<1

Fonte: International Telecommunication Union - ITU (2014).

Para a Federal Aviation Administration (FAA), que regulamenta a aviação civil nos EUA, são considerados pequenos satélites aqueles com massa de até 600 kg, que contemplam diferentes categorias, sendo assim distribuídos em razão de suas características e aplicabilidade: (ITU, 2014)

- 109 Kg é a massa média de um pequeno satélite, sendo, aproximadamente, 2 vezes maior do que era adotado em 2018 e 6 vezes maior do que o estipulado em 2017;
- 389 foi o número de *smallsats* lançados em 2019, representando um incremento de 19% em relação ao ano de 2018; desse total, 37% foram satélites de comunicação; 32% de desenvolvimento de tecnologia; 26% de sensoriamento remoto; 3% de uso científico; e 2% outros;
- 1.700 *smallsats* foram lançados entre 2012 e 2019; 52% deles foram destinados a serviços comerciais;
- 45% dos lançamentos no período acima citado incluíram *smallsats*, quase que o dobro dos 24% em 2012, quando foram lançados 52 *smallsats*;
- a maioria desses lançamentos, 60%, foi realizada por operadores dos Estados Unidos, sendo 10% para operadores da China, 14% para a Europa e 57 distribuídos entre outros países, 4% no Japão, 4% na Rússia e 3% na Alemanha;

- 45% dos satélites foram lançados por provedores de lançamento dos EUA, 18% da Índia, 18% da Rússia, 11% da China, 5% do Japão e 2% da Europa;
- 899 pequenos satélites, lançados entre 2012 e 2019, foram satélites comerciais; a participação de *smallsats*, provendo serviços dessa natureza, cresceu de 6%, no ano de 2012, para 62% em 2019;
- 353 foram satélites de governos. Desse total, 38% pertencem ao governo americano. Ao todo, 42 países possuem *smallsats* (ABRASAT, 2020).

A utilização de satélites exige o atendimento a tratados internacionais que requerem o compartilhamento do espectro de radiofrequências e acordos bilaterais entre países, controlados pela ITU, por meio de suas normas.

#### **4.4.1 Missões de pequeno porte, no âmbito da NASA**

O início da exploração espacial tem origem no ano de 1957, quando a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) lançou o Sputnik, primeiro satélite artificial enviado ao espaço (FISK, 2008). Em janeiro de 1958, os EUA lançaram seu primeiro satélite, o EXPLORER I. A fundação da NASA se deu em seguida, em outubro de 1958. (GOUVEIA, 2003). Ao longo destas décadas de desenvolvimento de programas espaciais, houve sempre a busca do aprimoramento de materiais e componentes para emprego em missões espaciais, objetivando a disponibilização da melhor tecnologia possível, com adequada relação custo-benefício. Modernamente, com grande influência de avanços na miniaturização de partes eletrônicas e processadores, tem havido uma tendência de compactação de sistemas espaciais, com o desenvolvimento de plataformas orbitais de massas muito inferiores àquelas que executavam função semelhante há duas décadas. Conforme levantamento recente, algo em torno de 30% dos satélites lançados entre 1997 e 2017 possuíam massa inferior a 500 kg (WEKERLE; PESSOA; COSTA; TRABASSO, 2017).

No âmbito da NASA, para missões de pequeno porte, hoje, são preconizadas as diretrizes constantes da publicação técnica NASA/TP – 2018–220027 (2018) – State of the Art – Small Spacecraft Technology.



Entre outras informações, o documento disponibiliza soluções e recomendações para lançamentos de satélites classificados em micro e minissatélites (massa entre 25 kg e 180 kg), nanosatélites (<24 kg) e picosatélites (<1 kg), segmentados por fabricante.

Em qualquer uma das classes de satélites apresentadas, o documento faz sempre referência ao “estado da arte”, indicando a utilização da melhor tecnologia disponível para uma determinada necessidade.

No que se refere às pequenas cargas úteis, a agência americana preconiza a utilização de satélites que permitam cargas úteis secundárias, colocados em órbita em veículos de lançamento maiores, ou em oportunidades de compartilhamento de lançamento, expandindo, assim, o mercado de lançamentos de pequenos satélites.

Estas plataformas, em geral, são modulares e permitem que uma carga útil seja hospedada prontamente, possibilitando o seu voo em um período de tempo muito curto. Como a plataforma pode ser adquirida para qualquer uma de uma ampla variedade de missões, os subsistemas são dimensionados para ser tão diversificados e capazes quanto possível.

As informações apresentadas não pretendem estabelecer limitações, mas tão somente fornecer uma visão abrangente das tecnologias de ponta disponíveis e o status de desenvolvimento para uma específica aplicação.

#### **4.5 Satélites de grande porte**

Grandes satélites sempre foram construídos por governos e grandes consórcios, com financiamento suficiente para garantir operação de longo alcance sem massa e potência severas restrições. Por exemplo o satélite de comunicação Intelsat 6 foi construído para operação de 10 a 14 anos com uma massa de 4600 kg e 6 x 4 x 12 metros de dimensão e produzindo 2600 W de energia através do painel solar (KONECNY, 2004).

O século XX foi conhecido como o século norte americano, por múltiplas razões. Ressaltamos que a aplicação de esforços e recursos em educação, ciência e tecnologia foi fundamental para o desenvolvimento do século.

A necessidade do homem em observar a Terra utilizando dispositivos econômicos e eficazes o motivou a desenvolver satélites com tecnologia de sensoriamento remoto. A função projetada para as cargas úteis define, em grande medida, as características da missão para as quais os satélites são projetados. As missões comumente encontradas são, entre outras as seguintes: Científicas, Operacionais e Tecnológicas.

Percebe-se cada vez mais que os satélites desempenham importante papel nas diversas áreas, tais como estudo do espaço, telecomunicações, monitoramento remoto e coleta de dados. Geralmente, a maioria das pessoas que usam destas tecnologias e seus benefícios, não tem conhecimento das utilidades de um satélite e nem qual é a maneira que ele se relaciona com as tecnologias da informação e comunicação.

Cada órbita depende de fatores como altitude, velocidade inicial que é impressa ao satélite no momento da colocação do mesmo em órbita e da velocidade angular apropriada para a finalidade do satélite que será usado. Algumas das órbitas descritas pelos satélites artificiais são: Órbita terrestre baixa, Órbita polar, Órbita geoestacionária, Órbita heliossíncrona e Órbita elíptica, Santos e Gomes (2013).

Segundo Petronio Souza, para compreender a complexa relação entre os diversos fenômenos ambientais nas mais variadas escalas temporais e espaciais, a observação da Terra por meio de satélites é a maneira mais efetiva de coletar os dados necessários para monitorar e modelar os fenômenos ambientais, particularmente no caso de nações de grande porte e extensão territorial, como é o caso do Brasil. (SOUZA, 2007)

O Brasil junto com a China desenvolveu e fabricou um total de 6 (seis) satélites da família CBERS, o que trouxe uma grande contribuição na aplicação característica de monitoramento ambiental, mostrando-se pertinente apresentar o trabalho acadêmico de (PELLEGRINI, 2017) que traz um caso prático, apesar de representar um desastre ambiental, ocorrido no ano de 2015, na cidade de Mariana, Minas Gerais (PELLEGRINI, 2017).

Com o rompimento de uma barragem conhecida como Fundão, localizada no subdistrito de Bento Rodrigues, sob responsabilidade da empresa Samarco, um mar de lama espalhou-se por mais de 500 km, colocando abaixo tudo o que estava no caminho, de municípios ao ecossistema completo do Rio Doce. De forma remota, o sensoriamento via satélite funcionou como relevante instrumento de monitoramento e organização das atividades de resgate e reconstrução de toda área atingida, ainda em execução (PELLEGRINI, 2017).

As fotos abaixo foram produzidas por satélites sobre a região destruída, sendo que a Figura 4.6 mostra a região antes do desastre e a Figura 4.7 mostra a região após o desastre. (PELLEGRINI, 2017).

Figura 4.6 – Imagem da Câmera (WFI – Wide Field Imager) do satélite CBERS-4 no dia 4 de Outubro de 2015, antes do desastre de Mariana (MG).



Fonte: Pellegrini (2017).

Figura 4.7 - Imagem do satélite Landsat-8 depois do desastre de Mariana, no dia 12 de novembro de 2015. <sup>2</sup>



Fonte: Pellegrini (2017).

As áreas com tonalidades roxas representam os rejeitos despejados no Rio Doce próximo ao distrito de Bento Rodrigues.

## **4.6 Classificação de missões**

### **4.6.1 Classificação de missões, conforme a NASA**

Conforme a criticidade do objetivo de uma missão, o requisito de confiabilidade da missão ou, equivalentemente, o risco aceito para a missão poderá variar. A NASA consolida este princípio em seu documento de políticas para programas e missões “*NPD-8700.1E - NASA Policy for Safety and Mission Success*” (OSMA, 2008), através da seguinte diretiva: “*Definir e documentar os requisitos e critérios de segurança e sucesso da missão ...*”. Em resposta a esta diretiva, foi instituída a norma de procedimentos “*NPR-8705.4A - Risk Classification for NASA Payloads*” (NASA, 2021d), que define o procedimento para a classificação de risco aplicável a missões e cargas úteis de programas e

---

<sup>2</sup> Imagens acessadas: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=4053](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4053)> em 10/02/2022.

projetos da NASA. Seu objetivo é estabelecer uma linha de base de critérios que permitam a Diretorias de Missão definirem classes de tolerância ao risco para missões e cargas úteis. A referida norma objetiva, também, definir os requisitos, em nível da Agência, que determinam o design, a filosofia de testes e as práticas de segurança do programa ou projeto. A Tabela 4.3 descreve as quatro classes de risco adotadas pela NASA, definidas em função de uma linha de base de critérios, estipulada pela Agência.

Tabela 4.3 - Descrição de classes de missão definidas pela NASA, para a classificação de missões e cargas úteis.

Classe A	A classe com menor tolerância ao risco, exibindo prevalência de objetivos técnicos sobre outros objetivos. Normalmente, corresponde a uma missão de alta prioridade, com complexidade muito alta.
Classe B	Baixa tolerância ao risco, exibindo prevalência de objetivos técnicos sobre outros objetivos. Normalmente, corresponde a uma missão de alta prioridade, com alta complexidade.
Classe C	Tolerância moderada ao risco, com prevalência de objetivos técnicos sobre outros objetivos. Normalmente, corresponde a uma missão de média prioridade, com média complexidade.
Classe D	Alta tolerância ao risco, com prevalência de restrições programáticas sobre objetivos técnicos. Normalmente, corresponde a uma missão de menor prioridade, com média a baixa complexidade.

Fonte: Adaptado de NASA (2021d).

A Tabela 4.4 descreve os objetivos de Garantia de Segurança e de Missão por área de conhecimento de SMA e caracterização.

Tabela 4.4 - Objetivos de Garantia de Segurança e de Missão, por área de conhecimento de SMA e caracterização.

Área de Conhecimento	Caracterização
<b>1 - Tolerância a falhas, incluindo Pontos de Falha Simples, Confiabilidade e Manutenibilidade</b>	<p>(a) Estabelecer a filosofia de confiabilidade, manutenibilidade e tolerância a falhas, de modo a atender requisitos de missão e segurança, bem como identificar métodos de Confiabilidade e Manutenibilidade (e.g., FMEA, Análise de Árvore de Falha, Lista de Itens Críticos, Plano de Controle de Itens Críticos) descritos no documento <i>NASA-STD-8729.1, NASA Reliability and Maintainability (R&amp;M) Standard for Spaceflight and Support Systems</i>, ou em padrões alternativos, empregados na captura, análise, mitigação ou controle de faltas ou falhas, incluindo Pontos de Falha Simples (SPF), constantes da Matriz de Implementação de Segurança.</p> <p>(b) Prover <i>insight</i> e <i>status</i>, ao longo das diversas revisões de projeto, através do tratamento de riscos e planos associados de contingência e mitigação de riscos, compatíveis com o tipo de missão e a classe de tolerância a risco da missão ou instrumento.</p>
<b>2- Verificações e Validações no âmbito de Programa de Testes Ambientais</b>	<p>(a) Estabelecer programas de testes de qualificação, de aceitação de voo e de <i>protoflight</i> para verificar e validar o desempenho em um ambiente operacional, simulado ou de voo.</p> <p>(b) Incluir abordagem que permita o uso de modelos tais como <i>breadboard</i>, prova de conceito, engenharia, qualificação, voo e sobressalentes de voo.</p>
<b>3- Partes Eletrônicas, Elétricas e Eletromecânicas (EEE)</b>	<p>(a) Selecionar partes EEE em um nível apropriado, para uso em funções diretamente vinculadas ao sucesso da missão, compatíveis com requisitos de segurança, desempenho e ambientais.</p> <p>(b) Realizar testes adicionais de triagem (screening) e qualificação, conforme necessário, para reduzir o risco da missão. Para funções secundárias, não vinculadas diretamente ao sucesso da missão, são aceitáveis partes com nível inferior em acordo com o definido na documentação de alto nível de projeto.</p> <p><b>Accepted Standard:</b> NASA-STD-8739.10, Electrical, Electronic, and Electromechanical (EEE) Parts Assurance Standard.</p>
<b>4- Materiais</b>	<p>(a) Preparar e implementar um Plano de Seleção, Controle e Implementação de Materiais e Processos (M&amp;P).</p>

continua

Tabela 4.4 – Continuação.

	<p>(b) Implementar processo de Conselho de Controle de M&amp;P (<i>M&amp;P Control Board</i>) ou processo semelhante (de desenvolvedor), que defina o planejamento e a gestão das atividades de seleção, aplicação, aquisição, avaliação não destrutiva, controle e padronização de M&amp;P e disposição da resolução de problemas de M&amp;P. NASA-STD-6016, Standard Materials and Processes Requirements for Spacecraft.</p>
<p><b>5- Telemetria para o Monitoramento de Eventos Críticos</b></p>	<p>(a) Monitorar e efetuar <i>downlink</i> para estação terrestre, ou retransmitir para espaçonave de <i>relay</i> ou, ainda, gravar telemetrias ( ) durante eventos críticos, em que falhas possam resultar em fracasso no cumprimento de objetivos de missão. São definidos como eventos críticos, na operação de uma espaçonave, aqueles que, se não executados com sucesso (ou dos quais é possível recuperar-se rapidamente, no caso de um problema), podem levar à perda ou degradação significativa da missão. Inclusos no planejamento de eventos críticos encontram-se, por exemplo, as sequências de tempo para a identificação de problemas, a geração de comandos de recuperação e envio (<i>up linking</i>) de comandos em tempo hábil, de modo a minimizar o risco para os ativos no espaço. Outros exemplos de eventos críticos incluem a separação de espaçonave de um veículo de lançamento, eventos críticos de propulsão, <i>deployment</i> de apêndices necessários para comunicação ou geração de energia, estabilização em atitude para a geração de energia e sequência de ações para reentrada e pouso.</p>
<p><b>6- Garantia da Qualidade e Engenharia da Qualidade</b></p>	<p>(a) Planejar, documentar e implementar os planos de garantia de qualidade e funções de engenharia da qualidade, descritos em NPD 8730.5 e NPR 8735.2, incluindo a descrição de como as especificações para o <i>design</i>, fabricação e verificação são capturadas e transmitidas para as equipes de gestão de segurança e qualidade, de desenvolvedores de sistema e de fornecedores de hardware.</p> <p>(b) Deverão, também, ser descritos: (I) como os dados de qualidade serão gerenciados; (II) a gestão de risco do fornecedor; (III) os elementos do sistema de gestão da qualidade e elementos da prontidão para fabricação; (IV) garantia da qualidade do produto e do processo e aceitação do produto; e (V) como os riscos devidos a não conformidades são gerenciados. NPD 8730.5, NASA Quality Assurance Program Policy;</p>

continua

Tabela 4.4 – Conclusão.

	Requirements for Programs and Projects NPR 8735.2, Hardware Quality Assurance Program
<b>7– Software</b>	(a) Requisitos para a adaptação ( <i>tailoring</i> ) de software, para cada classe de software, são providos no documento <i>NPR 7150.2 - Software Engineering Requirements</i> . Requisitos para a adaptação ( <i>tailoring</i> ) de Segurança de Software (Software Assurance), para cada classe de software, são providos no documento NASA-STD-8739.8 - Software Assurance Standard.
<b>8- Tomada de Decisão Balizada por Risco (RIDM) e Processo de Gestão de Risco Contínuo (CRM)</b>	<p>(a) Planejar, implementar e documentar a abordagem utilizada para o Gerenciamento de Risco, implementando os processos de Tomada de Decisão Balizada por Risco (RIDM) e Gestão de Risco Contínua (CRM), conforme detalhado na <i>NPR 8000.4</i> e <i>NASA/SP-2011-3422</i>.</p> <p>(b) Apoiar a seleção, informada por risco, de soluções e designs, através do desenvolvimento, comparação, documentação e comunicação (a gestores institucionais) dos perfis de risco das alternativas disponíveis e correspondentes medidas de performance.</p> <p>(c) Identificar riscos de forma proativa, fazendo uso de elementos tais como <i>risk statements</i> bem estruturados, cenários de riscos e decisões (ou seja, aceitar, mitigar, elevar e fechar riscos), baseadas na hierarquização (ranqueamento) de riscos, racionalidade por trás de recomendações a gerências, e controles.</p> <p>(d) Conduzir Análises de Alternativas (AoA) para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de riscos. Efetuar avaliações das estratégias de respostas a riscos de forma contínua.</p> <p>(e) Efetuar o acompanhamento de riscos, indicadores e medidas de desempenho de forma contínua. Este acompanhamento concentra-se, principalmente, nas fases operacionais do ciclo de vida (do programa ou projeto).</p> <p>(f) Comunicar resultados, decisões e correspondentes justificativas à hierarquia gerencial do programa ou projeto.</p> <p>(g) Efetuar recomendações acerca da reformulação e realocação de objetivos, requisitos e tolerâncias a risco.</p>

Fonte: Adaptado de NASA (2021d).



#### **4.6.2 Alocação de requisitos às diferentes classes de missão.**

Ainda, neste mesmo documento, os objetivos de SMA são instanciados para cada classe de missão, conforme mostrado de forma detalhada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Objetivos de Garantia de Segurança e Missão (SMA) correspondentes às Classes de Missão A, B, C e D.

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
<b>1 - Tolerância a falhas, incluindo pontos de falha simples, Confiabilidade e Manutenibilidade.</b>	<p>(a) Tolerância a falha e prevenção de falha catastrófica via <i>design</i>, implementadas através da análise de todos os itens e processos cuja falha poderia resultar em falha de missão, lesões a pessoas ou danos colaterais.</p> <p>(b) Elicitar requisitos de confiabilidade e manutenibilidade (C&amp;M), bem como definir análises associadas e métodos de verificação para todos os objetivos de C&amp;M.</p> <p>(c) Documentar formalmente todas as hipóteses e lógica que justifiquem o não atendimento de algum dos objetivos definidos no documento STD-8729.1A.</p>	<p>(a) Tolerância a falha e prevenção de falha catastrófica via design projeto, implementadas através da análise de todos os itens e processos cuja falha poderia resultar em falha de missão, lesões a pessoas ou danos colaterais.</p> <p>(b) Elicitar requisitos de confiabilidade e manutenibilidade (C&amp;M), bem como definir análises associadas e métodos de verificação para todos os objetivos de C&amp;M.</p> <p>(c) Documentar formalmente todas as hipóteses e lógica que justifiquem o não atendimento de algum dos objetivos definidos no documento STD-8729.1A.</p>	<p>(a) Tolerância a falha e prevenção de falha catastrófica via design projeto, de modo a atender o critério de sucesso da missão, implementadas discricionariamente sob aprovação do Programa e Projeto.</p> <p>(b) Tolerância a falha e prevenção de falha catastrófica via design, de modo a tratar riscos críticos, em que uma falha poderia resultar em lesão a pessoas ou dano colateral.</p> <p>(c) Tratar objetivos selecionados de confiabilidade e manutenibilidade (C&amp;M) (i.e., requisitos, análises associadas e métodos de verificação) associados a itens e processos críticos, em que uma falha poderia resultar em falha no atendimento de objetivos de missão.</p>	<p>(a) Tolerância a falha e prevenção de falha catastrófica via projeto, implementadas para riscos críticos em que uma falha poderia resultar em lesão a pessoas ou dano colateral.</p> <p>(b) Tratar objetivos de confiabilidade e manutenibilidade (C&amp;M) (i.e., requisitos, análises associadas e métodos de verificação) associados a itens e processos críticos, em que uma falha poderia resultar em lesão a pessoas ou dano colateral.</p>

continua

Tabela 4.5 – Continuação.

			(d) Tratar objetivos de confiabilidade e manutenibilidade (C&M) (i.e., requisitos, análises associadas e métodos de verificação) associados a itens e processos críticos, em que uma falha poderia resultar em lesão a pessoas ou dano colateral.	
<b>2 - Verificações e Validações do Programa de Testes Ambientais</b>	<p>(a) Testes completos de verificação e validação de sistema.</p> <p>(b) Programa de testes de qualificação e aceitação para modelos de desenvolvimento e de voo. As unidades sobressalentes de voo devem ser testadas em nível de aceitação.</p> <p>(c) Programas de testes em nível de protoflight são aceitáveis para estruturas primária e secundárias.</p> <p>(d) Funções críticas devem ser submetidas a um programa de testes ponta-a-ponta (End-to-end testing), utilizando software de voo sempre</p>	<p>(a) Testes completos de verificação e validação de sistema.</p> <p>(b) (Implementar) programas de testes de qualificação híbrida (modelos), de testes de aceitação para voo e de testes protoflight para modelos de desenvolvimento e de voo.</p> <p>(c) As unidades sobressalentes de voo devem ser testadas em nível de aceitação.</p> <p>(d) Programas de testes em nível de protoflight são aceitáveis para estruturas primária e secundárias.</p> <p>(e) Funções críticas devem</p>	<p>(a) Testes completos de verificação e validação de sistema.</p> <p>(b) (Implementar) programas de testes de qualificação híbrida (modelos), de testes de aceitação para voo e de testes protoflight para modelos de desenvolvimento e de voo. As unidades sobressalentes de voo devem ser testadas em nível de aceitação.</p> <p>(c) Programas de testes em nível de protoflight são aceitáveis para estruturas primária e secundárias.</p> <p>(d) Funções críticas devem ser submetidas a um programa de testes</p>	<p>(a) Testes completos de verificação e validação de sistema.</p> <p>(b) (Implementar) programas de testes de qualificação híbrida (modelos), de testes de aceitação para voo e de testes <i>protoflight</i> para modelos de desenvolvimento e de voo. As unidades sobressalentes de voo devem ser testadas em nível de aceitação.</p> <p>(c) Testes em níveis de agregação do sistema mais elevados são aceitáveis.</p> <p>(d) Programas de testes em nível de protoflight são aceitáveis para estruturas primária e</p>

continua

Tabela 4.5 – Continuação.

	que possível; de outra forma, deverão ser utilizados simuladores de software qualificados.	ser submetidas a um programa de testes ponta-a-ponta (End-to-end testing) , utilizando software de voo sempre que possível; de outra forma, deverão ser utilizados simuladores de software qualificados.	ponta-a-ponta (End-to-end testing), utilizando software de voo sempre que possível; de outra forma, deverão ser utilizados simuladores de software qualificados.	secundárias. (e) Testes em nível de agregação mais elevada do sistema, incluindo o próprio sistema como um todo, são aceitáveis. (f) Funções críticas devem ser submetidas a um programa de testes ponta-a-ponta (End-to-end testing), utilizando software de voo sempre que possível; de outra forma, deverão ser utilizados simuladores de software qualificados.
<b>3 - Partes Eletrônicas, Elétricas e Eletromecânicas</b>	(a) Partes adquiridas com classificação Nível 1, ou a partir de uma Source Control Drawings (SCD) ou conforme requisitos estabelecidos em um Plano de Gestão de Partes, do centro responsável pela execução do programa ou projeto.	(a) Partes adquiridas com classificação Nível 1, ou a partir de uma Source Control Drawings (SCD) ou conforme requisitos estabelecidos em um Plano de Gestão de Partes, do centro responsável pela execução do programa ou projeto.	(a) Partes adquiridas com classificação Nível 1, ou a partir de uma Source Control Drawings (SCD) ou conforme requisitos estabelecidos em um Plano de Gestão de Partes, do centro responsável pela execução do programa ou projeto.	(a) Partes adquiridas com classificação Nível 1, ou a partir de uma Source Control Drawings (SCD) ou conforme requisitos estabelecidos em um Plano de Gestão de Partes, do centro responsável pela execução do programa ou projeto.
<b>4 - Materiais</b>	(a) Requisitos são aplicáveis com base em itens e processos críticos, cuja falha possa resultar em falha	(a) Requisitos são aplicáveis com base em itens e processos críticos, cuja falha possa resultar em falha	(a) Requisitos são aplicáveis com base em itens e processos críticos, cuja falha possa resultar em falha	(a) Requisitos são aplicáveis com base em itens e processos críticos, cuja falha possa resultar em falha

continua

Tabela 4.5 – Continuação.

	no atingimento de objetivos de missão, ou em lesões a pessoas, ou, ainda, em danos colaterais. Materiais devem ser avaliados conforme limites impostos pela aplicação e vida do produto.	no atingimento de objetivos de missão, ou em lesões a pessoas, ou, ainda, em danos colaterais. Materiais devem ser avaliados conforme limites impostos pela aplicação e vida do produto.	no atingimento de objetivos de missão, ou em lesões a pessoas, ou, ainda, em danos colaterais. Materiais devem ser avaliados conforme limites impostos pela aplicação e vida do produto.	no atingimento de objetivos de missão, ou em lesões a pessoas, ou, ainda, em danos colaterais.
<b>5 - Telemetria para o Monitoramento de Eventos Críticos</b>	(a) Monitorar e efetuar downlink para estação terrestre, ou retransmitir para espaçonave de relay ou, ainda, gravar telemetrias ( ) durante eventos críticos, em que falhas possam resultar em fracasso no cumprimento de objetivos de missão. Deve ser garantido que os dados estejam disponíveis fora do sistema de voo, de modo a apoiar operações, bem como a investigação de anomalias, para prevenir recorrências futuras.	(a) Monitorar e efetuar downlink para estação terrestre, ou retransmitir para espaçonave de relay ou, ainda, gravar telemetrias ( ) durante eventos críticos, em que falhas possam resultar em fracasso no cumprimento de objetivos de missão. Deve ser garantido que os dados estejam disponíveis fora do sistema de voo, de modo a apoiar operações, bem como a investigação de anomalias, para prevenir recorrências futuras.	(a) Gravar telemetrias ( ) durante eventos críticos, em que falhas possam resultar em fracasso no cumprimento de objetivos de missão. Deve ser garantido que os dados estejam disponíveis para investigações de anomalias, voltadas a prevenir recorrências futuras.	(a) Gravar telemetrias ( ) durante eventos críticos, em que falhas possam resultar em fracasso no cumprimento de objetivos de missão. Deve ser garantido que os dados estejam disponíveis para investigações de anomalias, voltadas a prevenir recorrências futuras.
<b>6 - Garantia da Qualidade e Engenharia da Qualidade</b>	(a) Aplicar amplamente controles de qualidade e processos de garantia da qualidade, durante todo o ciclo de vida de	(a) Aplicar controles da qualidade e processos de garantia da qualidade a (todos) os sistemas identificados como	(a) Aplicar controles da qualidade e processos de garantia da qualidade a (todos) os sistemas identificados como	(a) Aplicar controles da qualidade e processos de garantia da qualidade a (todos) os sistemas identificados como

continua

Tabela 4.5 – Continuação.

	<p>desenvolvimento do hardware, de modo que sejam definidos critérios de conformidade em todos os níveis do hardware e processos de fabricação, e que proporcione um registro contínuo de conformidade e rastreabilidade com as especificações técnicas e requisitos.</p> <p>(b) Requerer o uso de padrões técnicos e de design estabelecidos, bem como padrões de sistema de gestão da qualidade, também, estabelecidos, para minimizar riscos da cadeia de suprimentos e demonstrar prontidão adequada de fabricação, tanto para hardware, de fabricação <i>in-house</i> ou externa, quanto para lançamento e operações.</p> <p>(c) Estimar o risco de fornecedores, através do uso de planos de implementação de requisitos e auditorias. Implementar processos</p>	<p>fortemente ligados a objetivos da missão, ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento do hardware, de forma que sejam (a) definidos critérios de conformidade e (b) efetuado um registro contínuo da conformidade e rastreabilidade a requisitos e especificações técnicas.</p> <p>(b) Requerer o uso de padrões técnicos e de design estabelecidos, bem como padrões de sistema de gestão da qualidade, também, estabelecidos, para minimizar riscos da cadeia de suprimentos e demonstrar prontidão adequada de fabricação, tanto para hardware, de fabricação <i>in-house</i> ou externa, quanto para lançamento e operações.</p> <p>(c) Para a avaliação do risco de fornecedores, (a) requerer que o desenvolvedor principal (prime developer) disponibilize os planos de implementação e (b)</p>	<p>fortemente ligados a objetivos da missão, ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento do hardware.</p> <p>(b) Requerer o uso de padrões técnicos e de design estabelecidos, bem como o de padrões de sistema de gestão da qualidade, também, estabelecidos, para minimizar riscos da cadeia de suprimentos e demonstrar prontidão adequada de fabricação, tanto para hardware, de fabricação <i>in-house</i> ou externa, quanto para lançamento e operações.</p> <p>(c) Fazer uso de padrões (de especificações) da indústria para o design, fabricação e verificação de (equipamentos) únicos ou altamente customizados. Realizar (a) avaliações de fornecedores-chave e (b) auditorias físicas de fornecedores de maior risco.</p> <p>(d) Utilizar para a supervisão da qualidade do</p>	<p>fortemente ligados a objetivos da missão, ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento do hardware.</p> <p>(b) Comparar padrões de fornecedores com padrões técnicos de design, fabricação e de sistemas de gestão da qualidade estabelecidos, de modo a estimar riscos de qualidade de fornecedores.</p> <p>(c) Utilizar auditorias específicas e resultados de revisões de prontidão para fabricação ou para testes, para identificar e mitigar riscos de fabricação.</p> <p>(d) Utilizar para a supervisão da qualidade do fornecedor.</p> <p>(e) Promover a coleta e o uso de dados de qualidade e outras saídas do (processo de gestão da) qualidade para monitorar e rastrear o rigorismo e os riscos da gestão da qualidade, ao longo do ciclo de vida da missão.</p> <p>(f) Fazer o uso de <i>review</i></p>
--	--	---	---	--

continua

Tabela 4.5 – Continuação.

	<p>de revisão de design, que incluam avaliações de capacidade de fabricação e estabilidade de processos de fabricação. Utilizar resultados de supervisões, bem como de percepções advindas de atividades de, como evidências de aderência a regras formais, tanto para processos quanto produtos. Promover a coleta e o uso de dados de qualidade e outras saídas do (processo de gestão da) qualidade para monitorar e rastrear o rigorismo e os riscos da gestão da qualidade, ao longo do ciclo de vida da missão.</p> <p>(d) Fazer uso de <i>review boards</i> e ações corretivas para a solução de não-conformidades. Compilar e utilizar pacotes de dados de aceitação do produto, que demostrem o atendimento de requisitos e que provejam evidência para o estado de prontidão para voo.</p>	<p>efetuar auditorias físicas de fornecedores-chave e de fornecedores de alto risco. Abordar riscos de capacidade de fabricação para (equipamentos) únicos ou altamente customizados.</p> <p>(d)</p> <p>(e) Utilizar resultados de supervisões, bem como de percepções advindas de atividades de como evidências de aderência a regras formais, para processos e produtos-chave ou de alto risco.</p> <p>(f) Promover a coleta e o uso de dados de qualidade e outras saídas do (processo de gestão da) qualidade para monitorar e rastrear o rigorismo e os riscos da gestão da qualidade, ao longo do ciclo de vida da missão.</p> <p>(g) Fazer o uso de <i>review boards</i> e ações corretivas para a solução de não-conformidades. Compilar e utilizar pacotes de dados de aceitação do produto, que demostrem</p>	<p>fornecedor.</p> <p>(e) Promover a coleta e o uso de dados de qualidade e outras saídas do (processo de gestão da) qualidade para monitorar e rastrear o rigorismo e os riscos da gestão da qualidade, ao longo do ciclo de vida da missão.</p> <p>(f) Fazer o uso de <i>review boards</i> e ações corretivas para a solução de não-conformidades. Compilar e utilizar pacotes de dados de aceitação do produto, que demostrem o atendimento de requisitos e que provejam evidência para o estado de prontidão para voo.</p>	<p><i>boards</i> e ações corretivas para a solução de não-conformidades. Compilar e utilizar pacotes de dados de aceitação do produto, que demostrem o atendimento de requisitos e que provejam evidência para o estado de prontidão para voo.</p>
--	--	---	--	--

continua

Tabela 4.5 – Continuação.

		o atendimento de requisitos e que provejam evidência para o estado de prontidão para voo.		
<b>7 - Software</b>	(a) Software de voo é classificado como “Software Classe B” (ver NPR 7150.2). A Verificação Independente e de Validação de Software (IV & V) é realizada em projetos classificados como Categoria 1, Categoria 2 (ver NPR 7120.5), ou projetos especiais, selecionados explicitamente pelo gerente de Garantia de Segurança e Missão (Safety and Mission Assurance).	(a) Software de voo é classificado como “Software Classe B” (ver NPR 7150.2). A Verificação Independente e de Validação de Software (IV & V) é realizada em projetos classificados como Categoria 1, Categoria 2 (ver NPR 7120.5), ou projetos especiais, selecionados explicitamente pelo gerente de Garantia de Segurança e Missão (Safety and Mission Assurance).	(a) Software de voo é classificado como “Software Classe B” (ver NPR 7150.2). A Verificação Independente e de Validação de Software (IV & V) é realizada em projetos selecionados explicitamente pelo gerente de Garantia de Segurança e Missão (Safety and Mission Assurance).	(a) Software de voo é classificado como “Software Classe B” (ver NPR 7150.2). A Verificação Independente e de Validação de Software (IV & V) é realizada em projetos selecionados explicitamente pelo gerente de Garantia de Segurança e Missão (Safety and Mission Assurance).
<b>8 - Tomada de Decisão Balizada por Risco (RIDM) e Processo de Gestão de Risco Contínua (CRM)</b>	(a) Efetuar avaliações amplas e rigorosas, ao longo dos domínios programático, engenharia, institucional, cooperações e de enterprise (programa), abordando os desempenhos de missão, técnico, custo, cronograma, segurança (safety) e proteção (security).	(a) Efetuar avaliações amplas e rigorosas, ao longo dos domínios programático, engenharia, institucional, cooperações e de enterprise (programa), abordando os desempenhos de missão, técnico, custo, cronograma, segurança (safety) e proteção (security).	(a) Efetuar avaliações amplas e rigorosas, ao longo dos domínios programático, engenharia, institucional, cooperações e de enterprise (programa), abordando os desempenhos de missão, técnico, custo, cronograma, segurança (safety) e proteção (security).	(a) Efetuar avaliações de <u>escopo limitado</u> e rigorosas, ao longo dos domínios programático, engenharia, institucional, cooperações e de enterprise (programa), focadas em áreas críticas, em que falhas possam resultar em lesões a pessoas ou danos colaterais.

continua



Tabela 4.5 – Conclusão.

	<p>(b) Basear o processo de RIDM (Risk Informed Decision Making) na identificação e consideração de objetivos primários e secundários (subobjectives) de missão, conforme apropriado à identificação das relevantes dimensões de desempenho.</p> <p>(c) Desenvolver, via análise de risco e Análises de Alternativas (AoA), os perfis de risco e incerteza correspondentes às métricas para medida de desempenho nos domínios de segurança, técnico, custo, cronograma e proteção (security).</p> <p>(d) Estabelecer critérios de deliberação formais, exercitados e documentados na forma de processos, para apoio à tomada de decisões-chave.</p>	<p>(b) Basear o processo de RIDM (Risk Informed Decision Making) na identificação e consideração de objetivos primários e secundários (subobjectives) de missão, conforme apropriado à identificação das relevantes dimensões de desempenho.</p> <p>(c) Desenvolver, via análise de risco e Análises de Alternativas (AoA), os perfis de risco e incerteza correspondentes às métricas para medida de desempenho nos domínios de segurança, técnico, custo, cronograma e proteção (security).</p> <p>(d) Estabelecer critérios de deliberação formais, exercitados e documentados na forma de processos, para apoio à tomada de decisões-chave.</p>	<p>(b) Basear o processo de RIDM (Risk Informed Decision Making) na identificação e consideração dos principais objetivos de missão, conforme apropriado à identificação as dimensões críticas de desempenho.</p> <p>(c) Desenvolver, via análise de risco e Análises de Alternativas (AoA), os perfis de risco e incerteza correspondentes às métricas para medida de desempenho nos domínios de segurança, técnico, custo, cronograma e proteção (security).</p> <p>(d) Estabelecer critérios de deliberação formais, exercitados e documentados na forma de processos, para apoio à tomada de decisões-chave</p>	<p>(b) Limitar a ênfase do processo de RIDM (Risk Informed Decision Making) aos objetivos-chave de segurança (safety), associados ao afastamento de danos ao sistema ou à missão, advindos de interfaces de cargas úteis.</p> <p>(c) Desenvolver, via análise qualitativa de risco e Análises de Alternativas (AoA), os perfis de riscos de segurança</p> <p>(d) Estabelecer critérios de deliberação informais, exercitados e documentados na forma de processos, para apoio à tomada de decisões-chave.</p>
--	---	---	---	---

Fonte: Adaptado de NASA (2021d).

A partir dos objetivos listados na Tabela 4.7, podem ser derivados requisitos de SMA correspondentes a cada uma das classes de missão. Para efeito de referência futura, objetivos listados na supracitada tabela serão identificados através da codificação, baseada na Tabela 4.7, ilustrada pelo seguinte exemplo: 6-D-c, por exemplo, refere-se ao objetivo pertencente à área de conhecimento 6 (Garantia da Qualidade e Engenharia da Qualidade), classe D, item c (*Utilizar auditorias específicas e resultados de revisões de prontidão para fabricação ou para testes, para identificar e mitigar riscos de fabricação.*).

A Tabela 4.5, a Tabela 4.6. e a Tabela 4.7, apresentam as definições e os elementos necessários ao arcabouço da NASA para a classificação de missões e a alocação de requisitos de garantia da segurança e missão. Observa-se que o processo pode ser dividido em dois subprocessos: (a) classificação da missão e (b) alocação de requisitos, conforme a classe da missão.

Relativamente ao subprocesso (a), observa-se que somente as definições e elementos fornecidos não são suficientes para a atribuição inequívoca de uma classe a uma dada missão. São definidos quatro critérios: *Prioridade*, *Tempo de Vida de Missão*, *Complexidade/Desafios* e *Custo de Ciclo de Vida*. É necessária a definição de uma forma de mensurar o nível de enquadramento em cada um destes critérios. Assim, para cada critério, é definida uma métrica, através do valor de uma variável que proporciona uma medida do grau de atendimento do critério. A cada classe, é associado um intervalo de valores da variável correspondente a cada critério, como pode ser visualizado na Tabela 4.6. Assim, a cada classe são associados quatro intervalos de valores, um para cada critério. O procedimento descrito no documento NPR 8705.4A não define como efetuar a atribuição de uma classe a uma missão, quando as avaliações se distribuem entre diferentes classes.

A Tabela 4.6, ilustra o caso de uma missão que tenha, por exemplo, as avaliações: Alta Prioridade, 2 anos de vida útil de projeto, média a baixa complexidade e custo Alto. Escolheu-se um exemplo extremo, em que cada avaliação sugere uma classe diferente das demais, somente para ilustrar a dificuldade acima referida, mostrando que o subprocesso (a), classificação da

missão, requer a definição de um procedimento adicional para que se atribua uma classe a uma missão.

Tabela 4.6 - Exemplo de avaliação de uma missão.

<b>Crítérios</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
Prioridade	Muito Alta prioridade	Alta prioridade	Média prioridade	Baixa prioridade
Tempo de vida de missão projetado	Longo, >5 anos	Médio, 3 a 5 anos	Curto, 1 a 3 anos	Breve, <1 ano
Complexidade e Desafios	Muito Alta	Alta	Média	Média a Baixa
Custo de Ciclo de Vida	Alto	Alto a Médio	Médio	Médio a Baixo

Fonte: Produção do autor.

Referentemente ao subprocesso (b), a partir da Tabela 4.6. busca separar os objetivos de Garantia de Segurança dos de Garantia de Missão, observa-se que a seleção de áreas de conhecimento alocação de requisitos.

Tabela 4.7 - Objetivos de Garantia de Segurança e de Missão (SMA) por disciplinas e área de conhecimento.

<b>Objetivo</b>	<b>Disciplina</b>	<b>Área de Conhecimento da Gestão de Projetos</b>
1 - Tolerância a falhas, incluindo Pontos de Falha Simples, Confiabilidade e Manutenibilidade	Confiabilidade e Manutenibilidade	Garantia de Segurança
2 - Verificações e Validações no âmbito de Programa de Testes Ambientais	Garantia da Qualidade	Garantia de Missão
3 - Partes Eletrônicas, Elétricas e Eletromecânicas	Componentes EEE	Garantia de Missão
4 - Materiais	Materiais	Garantia de Missão
5 - Telemetria para o Monitoramento de Eventos Críticos	Gestão de Risco	Garantia de Segurança
6 - Garantia da Qualidade e Engenharia da Qualidade	Garantia da Qualidade	Garantia de Missão
7 - Software	Garantia do Produto de SW	Garantia de Missão
8 - Tomada de Decisão Balizada por Risco (RIDM) e Processo de Gestão de Risco Contínuo (CRM)	Gestão de Risco	Garantia de Segurança

Fonte: Adaptado de NASA (2021d).

#### 4.7 Análise de multicritério de decisão (MCDA)

A análise multicritério de apoio a decisão (MCDA) “*Multi-Criteria Decision Analysis*” é uma ferramenta que apoia a tomada de decisão quando vários critérios conflitantes precisam ser avaliados. Ao se deparar com um problema

de decisão, a primeira tarefa de um tomador de decisões é identificar o tipo de problema.

Roy (1981) descreve quatro tipos de problema dentro do contexto MCDA:

1. problema de escolha: para apoiar a escolha de uma ação ótima ou para formular um procedimento de seleção;
2. problema de ordenamento: para apoiar o ordenamento das possíveis ações, conforme seu valor intrínseco, ou para formular um procedimento de segmentação;
3. problema de ranqueamento: para apoiar o ranqueamento das possíveis ações, conforme uma ordem decrescente de preferência, ou elaborar um procedimento de classificação;
4. problema de descrição: para apoiar a descrição das ações possíveis, e/ou suas consequências de forma sistemática, e para elaborar um procedimento cognitivo.

Segundo Ishizaka, Pearman e Nemery (2012), o método AHP (Analytic Hierarchy Process), processo de hierarquia analítica, é um método MCDA, desenvolvido para problemas de ranqueamento (tipo 3, acima) e, ocasionalmente, para problemas de escolha (tipo 1, acima).

A classificação é um processo para dividir em grupos ou classes, segundo as diferenças e semelhanças. É dispor os conceitos, segundo suas semelhanças e diferenças, em certo número de grupos metodicamente distribuídos” (PIEADADE, 1977, p. 9). O ranqueamento é a determinação da posição de algo ou de alguém em relação a outra coisa ou pessoa.

Havendo concordância com a primeira parte desta frase, mostra-se crível que os métodos de classificação possam ser adaptados, com as modificações apropriadas, para métodos de classificação, em vez de exigir remodelação completa (GUITOUNI; MARTEL; VINCKE, 1999). Uma nova variante do método AHP para classificar problemas, o método AHPSort, bem como aplicações preliminares, foram publicados, recentemente (ISHIZAKA;

PEARMAN; NEMERY, 2012). Este trabalho estende estas apresentações com uma descrição completa do método e um aplicativo utilizando um estudo de caso real.

Ainda segundo, (ISHIZAKA; PEARMAN; NEMERY, 2012), o método AHP tem apresentado uma abrangente e consistente aceitação, com ampla utilização, como evidenciado em vários trabalhos: (ARUEIRA, 2014), (SAATY, 2009), (SILVA; BELDERRAIN; PANTOJA, 2010), (PACHECO; GOLDMAN, 2016), e (ISHIZAKA; PEARMAN; NEMERY, 2012), também afirmam que, o ingrediente central do método AHP é a avaliação de pares de alternativas e critérios, que oferece um resultado mais preciso do que uma avaliação direta como dentro de soma ponderada tradicional.

No entanto, a técnica de pares tem o inconveniente de um aumento da procura de avaliações pelo tomador de decisão, o que limita a aplicação prática da AHP para problemas únicos com baixo número de alternativas. Esta situação é apresentada de forma mais detalhada na revisão da literatura

Vários métodos têm sido apresentados para resolver esta limitação do método AHP, no entanto, cada um tem suas próprias restrições. O método proposto neste trabalho, AHP-Sort, pode ser usado para a triagem e classificação, mas também pode ser empregado para o ranking, pois proporciona uma pontuação para cada alternativa. Uma vantagem particular do método AHP-Sort é que requer muito menos comparações de pares, dando ao método uma aplicação prática mais realista.

#### **4.8 Sistema de critérios para tomada de decisão**

Sistemas de Critérios para Tomada de Decisão são sistemas destinados a gerar decisões menos empíricas, quando várias alternativas têm vantagens e desvantagens relativas entre si, em diferentes itens de avaliação.

Os métodos mais conhecidos são o QFD (Desdobramento da Função da Qualidade), família dos AHP (Processo Hierárquico Analítico) e outros métodos estatísticos.

A ideia básica é dar um peso para cada atributo, em seguida transformar estes atributos em notas (indicadores) de desempenho que deverão ser tratados possibilitando a escolha de maior pontuação.

O método AHP tem, como vantagem, a sua capacidade de apontar automaticamente discrepâncias através de uma relação de índices.

#### **4.9 Método AHP**

Vargas (2010) citando Haas e Meixner (2005) pondera que ao se avaliar como as organizações deliberam sobre os critérios de decisão, encontra-se o resultado de que as organizações, quase que invariavelmente, buscam a construção de critérios claros, objetivos e matemáticos. No entanto, a tomada de decisão é, em sua totalidade, um processo mental cognitivo, resultante da seleção do curso mais adequado de ação, baseado em critérios tangíveis e intangíveis, arbitrariamente escolhidos por quem toma a decisão. (SAATY, 2009).

Esta seção tem como objetivo apresentar de maneira sucinta como é aplicado o Analytics Hierarchy Process (AHP) na priorização e na seleção de requisitos. O método AHP é um dos principais modelos matemáticos para apoio à teoria de decisão disponível no mercado.

O AHP foi desenvolvido na década de 1970 por Thomas L. Saaty e foi extensivamente estudado a partir dessa época. Atualmente é aplicado para a tomada de decisão em diversos cenários complexos, em que pessoas trabalham em conjunto para tomar decisões e onde percepções humanas, julgamentos e consequências possuem repercussão de longo prazo, conforme citado por Vargas (2010).

A utilização do método AHP se inicia pela decomposição do problema em uma hierarquia de critérios mais facilmente analisáveis e comparáveis de modo independente. A partir do momento em que essa hierarquia lógica está construída, os tomadores de decisão avaliam sistematicamente as alternativas por meio da comparação, de duas a duas, dentro de cada um dos critérios. Essa comparação pode utilizar dados concretos das alternativas ou

juízos humanos como forma de informação subjacente, também citado por Vargas (2010).

O método AHP transforma as comparações, muitas vezes empíricas, em valores numéricos que são processados e comparados. O peso de cada um dos fatores permite a avaliação de cada um dos elementos dentro da hierarquia definida. Essa capacidade de conversão de dados empíricos em modelos matemáticos é o principal diferencial do método AHP com relação a outras técnicas comparativas.

A partir do momento em que todas as comparações foram efetuadas e os pesos relativos entre os critérios a serem avaliados foram estabelecidos, a probabilidade numérica de cada uma das alternativas é calculada. Essa probabilidade determina a probabilidade que a alternativa tem de atender a meta estabelecida.

Quanto maior a probabilidade, mais aquela alternativa contribui para a meta final da decisão.

Os cálculos matemáticos envolvendo o método AHP podem parecer simples em um primeiro momento, no entanto, em casos mais complexos, as análises e cálculos tornam-se complexos e exaustivos e, usualmente, só são viáveis através do uso de softwares específicos.

#### **4.10 Método de Borda**

De acordo com (COSTA, 2014a), o Método de Borda foi apresentado por Jean-Charles Borda, em 1781, na França, para ser aplicado em comitês compostos por mais de um indivíduo (problema multidecisor).

O algoritmo do método de Borda é em sua essência um algoritmo de ordenação, embora seja utilizado com frequência para a solução de problemas de escolha.

Costa (2006) agrega a esta classificação uma outra problemática: a priorização ou distribuição. Na situação de distribuição (sharing) enquadram-se os problemas nos quais recursos finitos devam ser compartilhados ou distribuídos por um grupo de elementos. Encaixam-se, por exemplo, nesta categoria as

situações de decisão nas quais se objetiva distribuir recursos entre um conjunto de alternativas, identificando-se o percentual dos recursos que cabe a cada alternativa. Neste tipo de classificação, também, podem ser categorizados os problemas da atribuição de pesos a critérios, nos quais o decisor deseja distribuir importância entre os critérios de um conjunto de critérios previamente definido. (COSTA, 2014b).



## 5 PROPOSTA PARA A CLASSIFICAÇÃO DE MISSÕES

Este Capítulo inicia-se com a proposição de uma classificação para missões espaciais, a ser utilizada ao longo do presente trabalho, e que será desenvolvida a partir de classificação proposta por (PESSOTTA, 2018). Uma vez definida a classificação, serão discutidas e identificadas as fases do ciclo de vida em que se considera a possibilidade de atuação da Garantia do Produto via seleção e customização de requisitos de GP.

A seção se encerra com a discussão de tópicos selecionados da fase de Operações em missões espaciais, além de apresentar características gerais acerca de missões de pequeno, médio e grande portes. Procurar-se-á argumentar que, nos três tipos de missões, a fase de Operações conta com um segmento de solo que exhibe as mesmas funções, independentemente da classificação da missão.

Escrutínio da literatura mostra a existência de variados estudos sobre a classificação de missões espaciais em categorias, entre os quais pode ser citados, (PESSOTTA, 2018), tomando a massa do satélite como referência, efetuou uma comparação entre as diversas classificações, apresentando, como resultado de seu estudo, a classificação apresentada nas duas primeiras colunas da Tabela 5.1. Já no âmbito do presente trabalho, propõe-se a classificação exibida na terceira coluna, que condensa a classificação de missões proposta por Pessotta em três classes: grande porte, médio porte e pequeno porte.

Tabela 5.1 - Classificação conforme a massa, apresentada por Pessotta (2018).  
colunas 1 e 2 e classificação proposta nesta pesquisa (coluna 3).

(1) Classificação	(2) Massa (kg)	(3) Presente Pesquisa
Satélites Grandes	> 1.000	Grande Porte
Satélites Médios	500 - 1.000	Médio Porte
Minissatélites/Satélites Pequenos	100 – 500	
Microsatélites	10 – 100	Pequeno porte
Nanosatélites	1 – 10	
Picosatélites	0,1 – 1	
Femtossatélites	< 0,1	

Fonte: Adaptado de Pessotta (2018).

Observa-se que, no âmbito das missões desenvolvidas pelo INPE as do Programa CBERS (CBERS 1, 2, 2B, 3, 4 e 04A) são classificadas como de porte grande, sendo que as missões EQUARS e AMAZÔNIA-1 são classificadas como de porte médio e as missões do Programa SCD (SCD 1 e 2), SACI e SATEC são classificadas como de pequeno porte.

### **5.1 Diretrizes de garantia da missão para as classes de risco da missão A até a missão D**

A NASA apresenta através do documento IAC-18-D1.5.2 de 2011 “A New Approach to Mission Classification and Risk Management for NASA Space Flight Missions” (SCOLESE; BORDI, 2011) apresenta diretrizes para a definição de perfis para a classificação de missão para dada classe de risco de veículo espacial, para servir como uma linha de base técnica recomendada de forma a atender às necessidades dos programas tendo em vista restrições programáticas e necessidades da missão.

## **5.2 Critérios de seleção ou customização**

No que diz respeito à seleção e customização dos Requisitos de Garantia do Produto para produtos espaciais, as normas ECSS apresentam diretrizes para adaptar seus requisitos com base nas classes de missão, acima referidas. A ECSS apresenta a disciplina Garantia do Produto para o desenvolvimento de um Sistema Espacial diferentemente da NASA, que possui a disciplina Garantia da Missão.

Esta diretriz define perfis característicos para processos de garantia de missão com um conjunto de práticas típicas de processo alinhadas com as definições para um determinado perfil de classe de risco de missão (A, B, C ou D) que reflete a tolerância declarada ao risco de missão proporcional às restrições do programa e aos objetivos da missão. As diretrizes fornecidas neste documento servirão de entrada para os documentos de requisitos avaliados em relação aos fatores técnicos de custo de uma aquisição específica, e estratégias quantificadas de riscos e mitigação para definir a linha de base e os requisitos do risco do programa para atender aos objetivos da missão declarados.

### **5.2.1 Afrouxamento de requisitos**

Requisitos podem ter flexibilidade, porém é necessário analisar o grau em que cada requisito pode sofrer afrouxamento, sem que ofereça risco de exceder o orçamento e cronograma, sem comprometer o objetivo da missão. Também deve-se levar em conta a data do lançamento, pois as vezes é necessário aproveitar uma oportunidade de um lançamento como carona. Temos que analisar com muito cuidado, pois as vezes o cronograma pode ser flexível ou o escopo pode ser afrouxado sem desviar o objetivo da missão. Nos dois casos, os requisitos podem ser negociados em relação ao custo e ao cronograma. Isso representa uma abordagem em que recursos podem ser adicionados para manter o prazo do projeto, porém, o desempenho pode ser prejudicado.

Através de várias leituras sobre este assunto, conclui-se que o risco pode ser minimizado em qualquer missão e, portanto, não é recomendado como um critério de classificação de missões. O risco não muda entre as classes de missão, o que muda, são os meios disponíveis para minimizar o risco. Em

missões de alta tecnologia e complexidade, para cumprir o objetivo e manter o desempenho do projeto, deve aumentar o custo e em hipótese alguma deve reduzir as margens. Nas missões com custo limitado, o desempenho poderá ser afrouxado, para manter o orçamento ou cronograma. A vida útil, poderá ser reduzida ou os requisitos poderão ser negociados.

Em função disto, propõe-se uma abordagem para a classificação das missões segundo a NASA, com base numa avaliação no afrouxamento dos requisitos, quão importantes e vitais, quanto: a) vida útil da missão, b) nível de risco aceitável da missão e c) tipo de missão. A classificação da missão na NASA é controlada pela OSMA via NPR 8705.4, que foi atualizado pela última vez em 2004.

### **5.3 Alocação de requisitos de gestão da qualidade a diferentes classes de missão**

#### **5.3.1 Aspectos relacionados aos requisitos do produto**

Pesquisas realizadas sobre a causa de falhas em projetos têm mostrado de forma sistemática que o tratamento de requisitos se encontra entre os principais fatores que determinam o sucesso ou a falha de um projeto. Segundo Standish e Group (1995) a pesquisa quantitativa identificou que entre sete causas principais, de falhas em projetos, duas estão relacionadas a requisitos, tais como descrição incompleta de requisitos e alterações de requisitos ao longo do projeto

Este e outros estudos indicam a extrema importância que deve ser atribuída ao tratamento de requisitos em projetos, indicando, também, que alterações propostas para o tratamento de requisitos devem ser abordadas com a devida cautela, sob pena de induzirem resultados contrários aos pretendidos.

A pesquisa realizada tem por base as diretrizes para o tratamento de requisitos constantes do padrão ECSS (European Cooperation for Space Standardization), traduzido no Brasil como Cooperação Europeia para a Normalização Espacial.

A Tabela 5.2 apresenta a classificação dos principais requisitos típicos de um projeto, classificados em quatro categorias: Físicos, Técnicos, Usuários e Garantia do Produto. A categorização de requisitos aqui utilizada é adaptada a partir do trabalho de (PESSOTTA, 2018)

A primeira coluna indica as quatro categorias acima citadas e a segunda coluna identifica os principais requisitos típicos de um projeto, já classificados conforme as categorias na coluna 1. Trata-se de um exemplo para ilustrar a metodologia desenvolvida no âmbito da pesquisa realizada. (PESSOTTA, 2018).

Tabela 5.2- Mapeamento dos requisitos do produto.

REQUISITOS		GRANDE PORTE	MÉDIO PORTE	PEQUENO PORTE
Físicos	Massa	X	X	X
	Potência	X	X	X
Técnicos	Taxa de Dados	X	X	X
	Precisão			
Usuários	Missão	X	X	X
	Vida Útil	X	X	X
	Custo	X	X	MELHORAR
	Tempo de Fabricação	X	X	MELHORAR
Garantia do Produto	Materiais e Processos	X	X	ATUAÇÃO
	Componentes EEE	X	X	
	Dependabilidade	X	X	
	Segurança	X	X	
	GP de Software	X	X	

Fonte: Adaptado de Pessotta (2018).

Os caracteres “X”, nos cruzamentos entre linhas e colunas, em referência às colunas 3, 4 e 5, indicam a inexistência de margem para adequação ou ajuste, quando se consideram padrões ou conjuntos de boas práticas, para missões de grande, médio e pequeno portes. Assim, missões de grande e médio porte não apresentariam, em princípio, margem para a customização de requisitos, conforme preconizado no padrão ECSS. Não se logrou êxito, no âmbito da presente pesquisa, em distinguir margem para alterações que pudessem resultar em ganhos evidentes de custo, cronograma ou escopo. Para missões de pequeno porte, porém, a pesquisa realizada indica a existência de margem para a customização de requisitos da categoria “Garantia do Produto”, sem que

sejam violadas regras basilares, preconizadas no âmbito do padrão ECSS, de modo a propiciar ganhos sensíveis em termos de custo, prazo ou escopo. Procurou-se mostrar este fato na Tabela 5.2 atribuindo à interseção correspondente à categoria “Garantia do Produto” e missões de “Pequeno Porte” o termo “ATUAÇÃO”, indicando que a pesquisa realizada mostrou haver possibilidade de customização destes requisitos. Observa-se que tais ganhos, porém, encontram-se condicionados à ausência de identificação de não-conformidades de grande impacto durante a fase de testes de verificação de sistema, subsistemas e equipamentos.

## **6 APLICAÇÃO DO PROCESSO DE SELEÇÃO E CUSTOMIZAÇÃO DE REQUISITOS DE GARANTIA DO PRODUTO EM SATÉLITES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE**

### **6.1 Abordagem utilizada para atender o objetivo desta tese**

As referências bibliográficas estudadas evidenciaram que existe um potencial significativo para utilização da metodologia estudada como referência nesta tese, pois apesar de ser um método recente, o AHP-Sort apresentou-se consistente para classificação de alternativas.

Outro fator que gera facilidades em relação ao uso do método AHP é a não existência de comparação entre alternativas na classificação, pois elas são comparadas aos limitantes e, assim, elimina-se a probabilidade de inconsistência. O método AHP-Sort mostrou-se uma opção a ser utilizada como ferramenta para problemas de classificação.

Após a classificação dos satélites é necessário elaborar um ranqueamento de um grande número de requisitos de cada disciplina de Garantia do Produto.

O estudo das referências bibliográficas também mostrou que para este ranqueamento, o método de borda, apesar de sua simplicidade, mostrou-se muito eficaz e poderá ter sua utilização em conjunto com o método AHP-Sort, com isso, possibilitando realizar uma seleção e customização de requisitos da Garantia do Produto que serão aplicados a satélites de pequeno e médio porte.

Sendo assim, o método está dividido em duas fases;

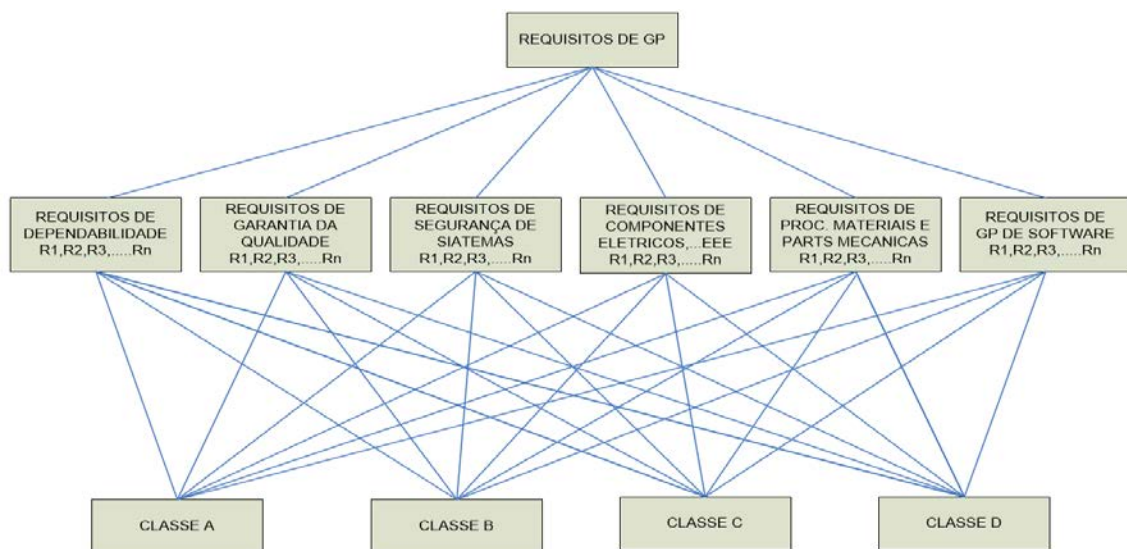
- a) Primeira fase: Utilizando o método AHP-Sort, baseado nos critérios: Risco da Missão, Finalidade da Missão e Vida Útil estabelecer-se-á um grau de importância, possibilitando com isso a definição dos limites que definem as Classes dos satélites de A até D.
- b) Segunda fase: Será usado o método de borda para ordenação e ranqueamento dos requisitos de cada disciplina de Garantia do produto.

## 6.2 Aplicação do método AHP-Sort

Para melhor entender o problema será apresentado a estrutura hierárquica dos requisitos das disciplinas de Garantia do Produto e sua distribuição nas classes dos satélites

Para ilustrar o estudo, os critérios e as alternativas, foi criado a estrutura hierárquica analítica do problema conforme Figura 6.1.

Figura 6.1- Estrutura hierárquica analítica do problema.



Fonte: Produção do autor.

Durante o ciclo de vida de um projeto, na Revisão de Definição da Missão (MDR) são definidos alguns requisitos do produto, entre eles os mais comuns são: Vida Útil da Missão, Tipo de missão e risco aceitável da missão.

A Tabela 6.1, apresenta na primeira coluna, os três requisitos escolhidos para este trabalho: Vida útil, Tipo de Missão e Risco Aceitável. Ainda na primeira coluna apresenta-se uma classificação de satélites segundo a massa: Grande porte, médio porte e Pequeno porte. As colunas seguintes apresentam as classes dos satélites e suas definições de cada requisito. Neste trabalho, mostramos que de modo geral, satélite de grande porte pode ser classificado

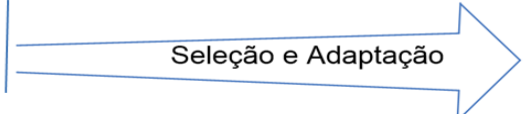


até como classe B. Satélites de Médio podem ser classificados entre classe B e classe C e os satélites de pequenos portes entre classe C e classe D.

No canto direito inferior da tabela existe uma “seta” que indica a faixa de atuação onde requisitos podem ser adaptados ou afrouxados.

Tabela 6.1 - Definição dos principais requisitos de satélites de acordo com Aerospace, (2011).

	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	CLASSE D
Vida Útil da Missão	>7 anos	<7 anos	<4 anos	<1 ano
Tipo de Missão	Operacional	Demonstrativa	Exploratório	Experimental
Risco Aceitável da missão	Mínimo	Baixo	Moderado	Alto
Grande porte				
Médio Porte				
Pequeno Porte				



Fonte: Produção do autor.

Após definido a estrutura analítica do problema foi elaborado um estudo como mostra a Tabela 6.2, tendo como exemplo dois satélites que no momento, estão sendo fabricados pelo INPE, onde são aplicados três requisitos de garantia do produto: vida útil, Tipo de missão e risco. A definição dos valores destes requisitos tem como origem documentos de especificação, que foram aprovados na Revisão de Definição da Missão (MDR) dos respectivos satélites e são de propriedade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), não podendo ser reproduzido, no todo ou em parte, tampouco transmitidas suas informações a terceiros sem prévia autorização do INPE e encontram-se arquivados no Centro de Documentação e Configuração espacial do INPE.

Tabela 6.2 - Satélites em estudo.

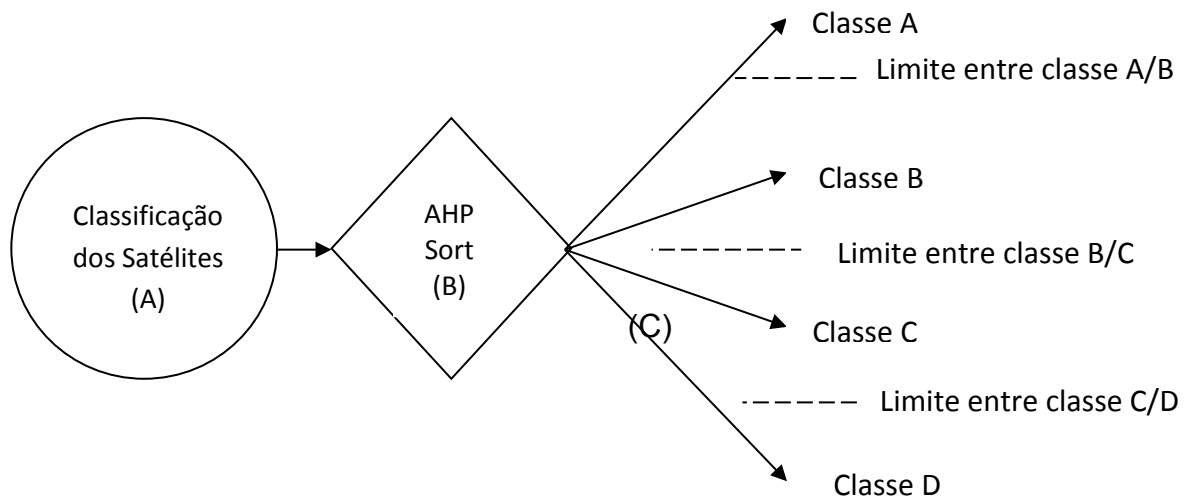
Alternativa	Especificações		
	Vida Útil	Tipo de Missão	Risco
<b>Amazonia 1</b>	4 anos	Operacional (8,0)	Baixo (3,0)
<b>Equars</b>	4 anos	Exploratório (4,0)	Moderado (6)

Fonte: Produção do autor.

A Figura 6.2, apresenta o método AHP-Sort que será aplicado para a classificação dos satélites utilizando os dados da Tabela 6.2. Neste estudo foram definidos os seguintes passos:

- Definição do problema incluindo Definição do objetivo, critérios, alternativas, classes, e perfil das classes,
- Avaliações (Foram realizadas avaliações par-a-par definindo o grau de importância dos critérios),
- Atribuição às classes (Atribuição da alternativa à classe utilizando a prioridade global).

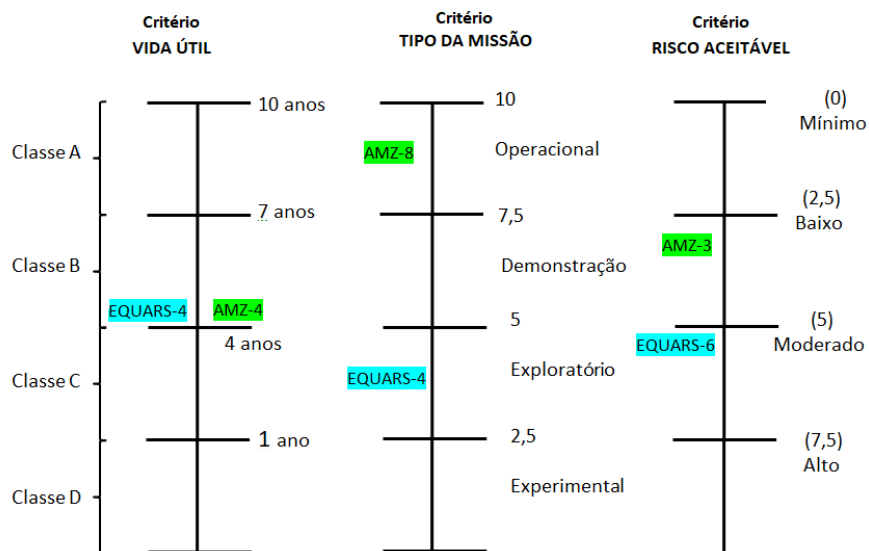
Figura 6.2- Processo AHP-Sort.



Fonte: Produção do autor.

A Figura 6.3 apresenta três escalas, sendo uma para cada critério conforme definido na Tabela 6.2. A primeira escala é a de Critério de Vida Útil, a segunda escala é o de Critério da Missão e a terceira escala é o Critério de Risco Aceitável. Do lado esquerdo desta figura existe o eixo das Classes A, B, C e D. Percebe-se que, existem perfis limitantes que indicam onde é o final de uma classe e o início da classe seguinte. Na escala Critério Vida Útil, os perfis limitantes são: 1 ano que é limite entre Classe D e Classe C, 4 anos que é limite entre Classe C e Classe B, 7 anos que é limite entre Classe B e Classe A.

Figura 6.3 - Perfis Limitantes das Classes para cada critério.



Fonte: Produção do autor.

Para a definição desta escala, a seleção dos limitantes tem que levar em conta os valores da Tabela 6.2. Nota-se que, para quatro classes, temos 3 limitantes, ou seja, se “n” for o número de classes, a quantidade de limitantes é n-1. Com isso, foi possível alocar os satélites selecionados de acordo a Figura 6.3.

De acordo com a Tabela 6.2, os satélites EQUARS e AMZ, ambos com previsão de 4 anos de vida útil, estão alocados na classe B, portanto, ambos estão alocados no limite entre a classe B e C.

Para o eixo “Tipo de Missão”, de acordo com a Tabela 6.2, a definição das classes é descritiva (Operacional, Demonstrativa, Exploratório e Experimental). Com isso fica muito difícil estabelecer os limitantes, então foi escolhido uma escala com 2,5 para limitante entre experimental e exploratório, 5 entre exploratório e demonstração e 7,5 entre demonstração e operacional. Pela mesma justificativa, para a escala “Risco Aceitável” foi utilizado o limitante 7,5 entre risco alto e risco moderado, 5 entre risco moderado e risco baixo e 2,5 entre risco baixo e risco mínimo.

Nota-se que, no caso do “critério risco aceitável”, a comparação é inversa em relação aos limitantes, pois, quanto menor o risco, melhor a qualidade da classe.

Neste trabalho, o software Super Decisions, uma ferramenta de suporte à tomada de decisão multicritério, foi utilizado, pois, após a sua implementação o Processo de Hierarquia Analítica (AHP) e o Analytic Network Process (ANP) foram organizados e estruturados para otimizar a avaliação de desempenho, gerando resultados mais confiáveis e, menor possibilidade de erros. Para conseguir obter o download do software Super Decisions, basta acessar o site [www.superdecisions.com](http://www.superdecisions.com) e fazer o cadastramento, que tem validade de um ano, quando a licença poderá ser renovada.

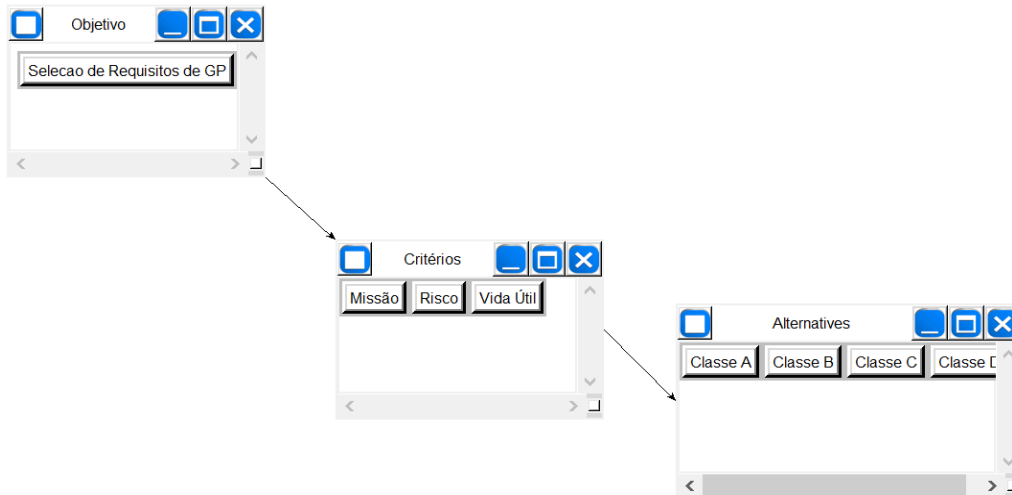
No método AHP-Sort cada critério é comparado com todos os outros critérios para determinar o grau de importância de “peso” de cada um e, dentro de cada critério, cada alternativa é comparada com todas as outras. Para facilitar o estudo, o software Super Decisions foi utilizado para a comparação par-a-par entre os três requisitos definidos na Tabela 6.2 (Missão, Vida Útil e Risco aceitável).

A Figura 6.4 apresenta a tela do software Super Decisions usada para facilitar a visualização e o entendimento de como são aplicadas as comparações par-a-par em relação aos critérios, que serão aplicadas pelos avaliadores.

No Processo de Análise Hierárquica (AHP) cada critério é comparado com todos os outros critérios para determinar o “peso” de cada um e, dentro de cada critério, cada alternativa é comparada com todas as outras. Como

resultado, o número de comparações que o decisor faz rapidamente se torna grande e quase impraticável Lim e Swenseth (1993).

Figura 6.4 - Hierarquia apresentada pelo software Super Decisions.



Fonte: Produção do autor.

Para realizar a avaliação par-a-par comparando os requisitos escolhidos neste trabalho, foi utilizado a escala fundamental de Saaty como mostra (ARUEIRA, 2014).

Tabela 6.3 - Escala fundamental de Saaty.

Índice	Definição	Descrição
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem igualmente
3	Importância pequena	um elemento possui importância pouco maior que o outro
5	Importância grande	um elemento possui importância grande em relação ao outro
7	Importância muito grande	um elemento possui importância muito grande em relação ao outro
9	Importância absoluta	um elemento possui importância absolutamente maior que o outro
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Utilizado quando é necessário um índice intermediário de importância

Fonte: Adaptada de Arueira (2014).

Aplicando a escala fundamental de Saaty no método AHP para a comparação par-a-par, o software Super Decisions apresentou a Figura 6.5 que é composta por três colunas:

1. Choose (Escolha)

É definido o grau de importância de cada critério

2. Node Comparisons (Comparação de nós)

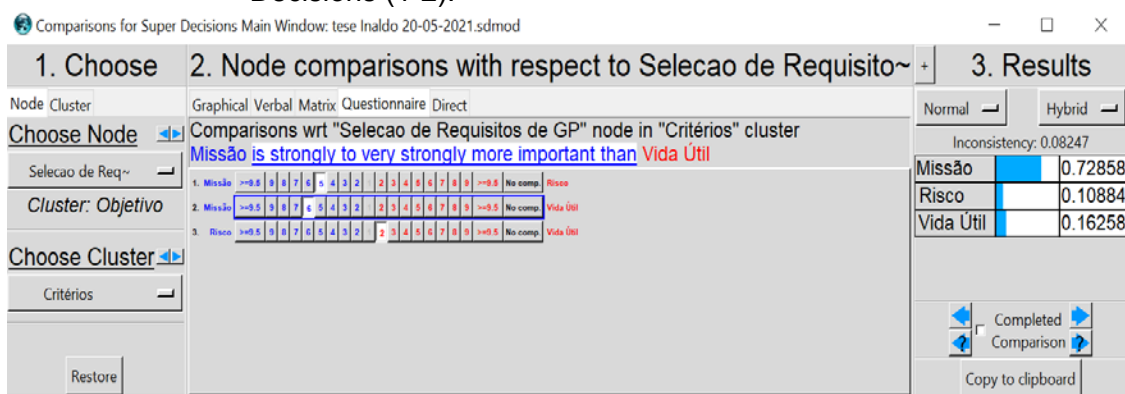
Mostra a comparação par-a-par

3. Results (Resultados)

Esta coluna mostra o grau de importância de cada critério e também o valor da inconsistência do julgamento.

A inconsistência é um índice que segundo Saaty, deve ser menor que 0,1. No exemplo foi encontrado 0,08247, indicando que a comparação está consistente e aceitável. Quando este índice for maior que 0,1 a comparação deverá ser refeita, pois suas comparações estão incoerentes.

Figura 6.5 - Comparação par-a-par dos critérios, utilizando o software Super Decisions (1-2).



Fonte: Produção do autor.

Para obtenção dos valores da comparação par-a-par e que foram inseridos no software Super Decisions, foi realizado uma pesquisa com cinco especialistas da área espacial.

A Figura 6.6, apresenta o mesmo resultado da Figura 6.5, porém em forma de matriz

Figura 6.6- Comparação par a par dos critérios, utilizando o software Super Decisions (2-2).



Fonte: Produção do autor.

Em seguida é necessário realizar o julgamento das alternativas em relação aos limitantes. Neste exemplo é realizado o julgamento da matriz de comparação par a par com todas as alternativas em relação a cada um dos perfis limitantes de cada classe.

Utilizando os dados da Tabela 6.2 - Satélites em estudo é realizada a comparação par a par do valor de cada alternativa e o perfil limitante de cada classe.

A Tabela 6.4 apresenta os valores que são utilizados para o julgamento, que podem ser a favor da alternativa ou a favor do limitante. A coluna 1 indica qual é importância do requisito e a coluna 2 representa o grau correspondente a importância avaliada. As colunas 3 e 4 indicam respectivamente os valores a favor da alternativa e a favor do limitante.

Tabela 6.4 - Valores para os julgamentos.

Importância	Grau	A favor da alternativa	A favor do limitante
Igual	1	0,500	0,500
Fraca ou pequena	2	0,667	0,333
Moderada	3	0,750	0,250
Mais moderada	4	0,800	0,200
Forte	5	0,833	0,167
Mais forte	6	0,857	0,143
Muito forte	7	0,875	0,125
Muito mais forte	8	0,889	0,111
Extrema	9	0,900	0,100

Fonte: Produção do autor.

A Tabela 6.5 - mostra a comparação do requisito Vida Útil com o perfil limitante > 7 anos no satélite “Amazonia 1” que, de acordo com a Tabela 6.2 tem vida útil de 4 anos. Após análise, o avaliador conclui que a alternativa tem peso 5, ou seja, forte importância a favor do limitante (0,167). Estes valores para julgamento estão definidos na Tabela 6.4.

Tabela 6.5 - Exemplo de julgamento.

Critérios (limites Classe A/B)																			
Alternativas	>	Vida Util 7 anos																	
		Amazonia 1	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8
Equars	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,167

<p><b>Valores</b></p> <p>A favor Alternativa</p> <p>1)0,5 2)0,67 3)0,75 4)0,8</p> <p>5)0,83 6)0,85 7)0,87 8)0,88</p> <p>9)0,9</p> <p>A favor Limitante</p> <p>1)0,5 2)0,33 3)0,25 4)0,2</p>
---

Fonte: Produção do autor.



A Tabela 6.6. contém o julgamento completo dos dois satélites definidos com os três requisitos dos respectivos satélites conforme Tabela 6.2.

Tabela 6.6 - Julgamentos dos critérios em relação ao limitantes.

		Critérios (limites Classe A/B)																																																							
Alternativas	>	Vida Útil 7 anos									>	Missão 7,5									<	Risco 2,5																																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	0,167		8	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,667	3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7
Amazonia 1	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,167	8	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,667	3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,333
Equars	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,167	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,167	6	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,143

		Critérios (limites Classe B/C)																																																							
Alternativas	>	Vida Útil 4 anos									>	Missão 5									<	Risco 5																																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	0,500		8 <td>9</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>0,800</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>0,750</td>	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,800	3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7
Amazonia 1	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,500	8	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,800	3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,750
Equars	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,500	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,333	6	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,333

		Critérios (limites Classe C/D)																																																							
Alternativas	>	Vida Útil 1 ano									>	Missão 2,5									<	Risco 7,5																																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	0,800		8 <td>9</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>0,833</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>0,200</td>	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,833	3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7
Amazonia 1	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,800	8	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,833	3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,200
Equars	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,800	4	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,750	6	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,250

Fonte: Produção do autor.

Após julgamento dos critérios em relação aos limitantes, foi realizado a classificação dos satélites, e para tanto, foi necessário uma agregação das prioridades locais ponderadas que fornecem uma prioridade global para cada alternativa. Também uma atribuição da alternativa à sua classe através da prioridade global. Estas etapas foram realizadas para cada alternativa a ser classificada conforme Tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Avaliação para Classificação dos satélites.

Alternativas	Critérios (classe A)			Escore Limitador	Escore Alternativa	Classe
	Vida Útil	Missão	Risco			
	0,16258	0,72858	0,10884			
Amazonia 1	0,16667	0,66667	0,33333	0,4509	0,5491	A
Equars	0,16667	0,16667	0,14286	0,8359	0,1641	
Alternativas	Critérios (classe B)			Escore Limitador	Escore Alternativa	Classe
	Vida Útil	Missão	Risco			
	0,16258	0,72858	0,10884			
Amazonia 1	0,50000	0,80000	0,75000	0,2542	0,7458	A
Equars	0,50000	0,33333	0,33333	0,6396	0,3604	
Alternativas	Critérios (classe C)			Escore Limitador	Escore Alternativa	Classe
	Vida Útil	Missão	Risco			
	0,16258	0,72858	0,10884			
Amazonia 1	0,80000	0,83333	0,85714	0,1695	0,8305	A
Equars	0,80000	0,75000	0,66667	0,2509	0,7491	C

Fonte: Produção do autor.

Conforme mostra a Tabela 6.7 – Avaliação para classificação dos satélites - conseguimos identificar os dois satélites em estudo obtendo a seguinte classificação:

Satélite Amazonia 1 = classe A

Satélite Equars = classe C

### 6.3 Método de Borda: ordenação dos requisitos de garantia do produto

Outro método é o método de Borda para ordenação e ranqueamento dos requisitos de cada disciplina de Garantia do Produto.

Pelo estudo bibliográfico realizado, conclui-se que aplicando-se o método de Borda em cada uma das disciplinas da Garantia do Produto, consegue-se definir um ranqueamento dos requisitos, possibilitando a seleção de cada

Requisito de GP dentro dos limites estabelecidos para as Classes de satélite definidas anteriormente.

Conforme descrito em (MCLEAN, 1990), a ideia central deste método consiste em estabelecer uma combinação das ordenações ou “ranking” individuais estabelecidos por cada um dos decisores em um “ranking” global.

As seguintes etapas são efetuadas na aplicação do método de Borda:

- a) Definir os avaliadores ou juízes ou elementos do júri.
- b) Definir os elementos ou alternativas a serem “ranqueadas” ou ordenadas.
- c) Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos por cada decisor para cada uma das alternativas.
- d) Associar uma pontuação, número de ordem ou “score de ranking” a cada alternativa, considerando os julgamentos individuais de cada juiz.
- e) Para cada alternativa, somar os números de ordem obtendo um número de ordem global.
- f) Obter a ordenação final das alternativas, com base nos números de ordem globais.

Neste trabalho foi aplicado o Método de Borda em todas as disciplinas da Garantia do Produto. No âmbito do padrão ECSS (ECSS, 2016) são definidas as disciplinas da garantia do produto, a saber: 1) Garantia da Qualidade; 2) Dependabilidade; 3) Segurança; 4) Componentes elétricos, eletrônicos, eletromecânicos (EEE), 5) Materiais, Partes Mecânicas e Processos e 6) Garantia de produto de software. Este padrão ECSS dedicado à Garantia do Produto apresenta um grande número de requisitos, distribuídos entre as disciplinas acima descritas (ECSS, 2016).

Os principais requisitos de cada disciplina da Garantia do produto são apresentados na Tabela 6.8. Esta tabela foi elaborada selecionando alguns dos principais requisitos de cada disciplina da Garantia do Produto extraída do documento SESEQ-Q-PRC-00152, de 2020 - *Product Assurance Requirements* - elaborado por todos os grupos do Serviço de Engenharia da Qualidade (SESEQ) do INPE em 2020, atual Serviço de Garantia do Produto (SEGPR).

Tabela 6.8- Requisitos das disciplinas da Garantia do Produto.

1	Requisitos de GP - Garantia da Qualidade
1.1	Controle e Requisitos de Treinamento com certificação de pessoal
1.2	Controle e aplicação de Requisitos de Metrologia e calibração
1.3	Controle de Requisitos de Manuseio, armazenamento, transporte e preservação
1.4	Requisitos de processos para qualificação
1.5	Requisitos de qualidade para aquisição
1.6	Requisitos de atividades de inspeção e Recebimento.
1.7	Requisitos de GQ para fabricação, montagem e integração
1.8	Revisões Requisitos de prontidão de fabricação
1.9	Requisitos de Controle de limpeza e contaminação
1.10	Requisitos para montagem e integração
1.11	Requisitos de Logbooks
1.12	Requisitos de GQ para aceitação e entrega
1.13	Requisitos de Sistema

2	Requisitos de GP - Dependabilidade
2.1	Requisitos para o Plano de programa de dependabilidade
2.2	Requisitos para a Avaliação e controle de riscos de dependabilidade
2.3	Requisitos de dependabilidade na especificação técnica
2.4	Requisitos de Tolerância de falha
2.5	Requisitos de Classificação de funções críticas, hardware e operações

3	Requisitos de GP - Segurança
3.1	Requisitos para o Plano do programa de segurança (p/ fases de <u>projeto</u> , fabricação e lançamento)
3.2	Requisitos para as Auditorias de segurança
3.3	Requisitos para a Gestão de riscos de segurança
3.4	Requisitos para o Treinamento de segurança
3.5	Requisitos para a Documentação de segurança

continua

Tabela 6.8 – Conclusão.

3.6	Requisitos para a Redução e controle de riscos de segurança
3.7	Requisitos para a Verificação da garantia de segurança

4.	Requisitos de GP - EEE
4.1	Requisitos para o Plano de partes e componetes EEE
4.2	Requisitos de aquisição de Componentes
4.3	Requisitos para Manuseio e armazenamento de componentes
4.4	Requisitos para o Ambiente de fabricação/montagem e testes

5	Requisitos de GP - Materiais, Partes Mecânicas e Processos
5.1	Requisitos para o Plano de Materiais, Partes Mecânicas e Processos
5.2	Requisitos para a Documentação de processos
5.3	Requisitos de aquisição (de partes e materiais)
5.4	Requisitos para Processos Especiais
5.5	Requisitos para Manuseio, transporte e armazenamento (de Materiais, Partes Mecânicas e Processos)
5.6	Requisitos Materiais, Partes Mecânicas e Processos de radiação sensível

6	Requisitos de GP - Garantia do Produto de software
6.1	Requisitos de gerenciamento de projetos de software
6.2	Requisitos de gerenciamento de configuração de software
6.3	Requisitos de verificação e validação de software
6.4	Requisitos de garantia de qualidade de software

Fonte: Produção do autor.

### 6.3.1 Método de Borda: problema multidecisor

Conforme citado em (SILVA, 2015), o método de Borda é considerado um método de avaliação multicritério ordinal, sendo, em sua essência, a avaliação das alternativas que melhor se ajustam aos critérios definidos. (De Borda, 1781 apud (KANGAS; LAUKKANEN; KANGAS, 2006) dizem que, para fazer ranqueamento e ordenação, é recomendado a utilização do método de Borda pela simplicidade e praticidade do entendimento das operações.

Depois de conhecer o método de Borda em 1794, a Academia de Ciências Francesa adotou o seu método nas eleições para sua composição. O método permaneceu em uso até 1800, quando foi descontinuado a mando de Napoleão Bonaparte, segundo (SILVA, 2015) e (ARROW; SEN; SUZUMURA, 2002).

Para esclarecer melhor este método, é usado um exemplo descrito na Tabela 6.9. Esta tabela foi elaborada para um avaliador escolher um automóvel tendo três alternativas e seis critérios para a escolha.

Tabela 6.9 - Exemplo fictício do Método de Borda.

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>SOMA</b>
<b>A1</b>	3	1	3	1	1	3	12
<b>A2</b>	2	2	2	2	3	2	13
<b>A3</b>	1	3	1	3	2	1	11

Fonte: Adaptado de Silva (2015).

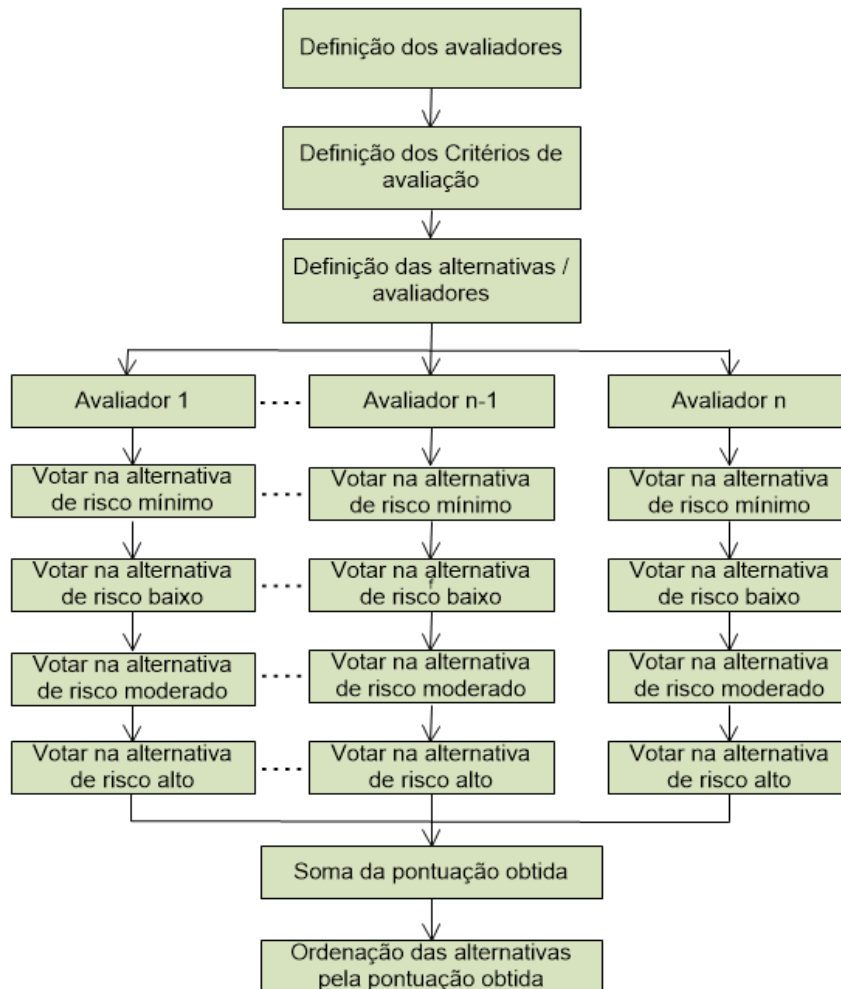
Silva (2015) considera que o método de Borda também pode ser aplicado a situações que envolvam múltiplos critérios de avaliação. Este uso é exemplificado considerando o processo de escolha de um automóvel, onde o avaliador tem à sua disposição três alternativas (A1, A2 e A3) e também seis critérios (C1, C2, C3, C4, C5 e C6) conforme Tabela 6.9.

Neste caso, o avaliador deve analisar as três alternativas para cada um dos critérios, atribuindo a nota 3 ao automóvel que considere como melhor opção; a nota 2 ao automóvel que considere como segunda melhor opção; e a nota 1 ao automóvel que considere como terceira melhor opção. O automóvel escolhido será aquele que obteve a maior soma de pontos. A Tabela 6.9 exemplifica a

aplicação do Método de Borda e destaca em negrito a escolha do automóvel A2 como sendo o de maior relevância na opinião do avaliador.

A seguir, a Figura 6.7, apresenta o fluxograma do Método de Borda utilizado. A primeira atividade neste processo é a definição dos avaliadores que devem ser pessoas com conhecimento na área espacial, preferencialmente, na área de engenharia de sistemas. Após a definição dos avaliadores serão definidos os critérios de avaliação que tem como finalidade a uniformização, ou seja, definir o mesmo nível de exigências para todos os avaliadores e após a definição dos critérios são definidas as alternativas que serão utilizadas pelos avaliadores e, por fim, cada avaliador inicia o trabalho.

Figura 6.7- Fluxograma do fluxograma do método de Borda para ordenação de requisitos.



Fonte: Adaptado de Silva (2015).

Algumas descrições importantes a respeito do fluxograma:

1. Definição dos avaliadores

O primeiro passo é a definição das pessoas que participarão como avaliadores que deverão ser especialistas na área espacial, preferencialmente, com conhecimento em engenharia de sistemas.

2. Definição dos critérios de avaliação;

Os avaliadores devem analisar todos os requisitos de cada disciplina da Garantia do Produto, verificar qual é o nível de risco que a missão estará exposta e com isto escolher a qual classe de satélite apresentado na Tabela 6.10 - Escala qualitativa de risco do objetivo da missão, o requisito



será aplicado.

- a) se o requisito analisado oferecer um risco mínimo para a missão, colocar um “X” na intercessão na coluna classe A;
  - b) se o requisito analisado oferecer um risco baixo para a missão, colocar um “X” na intercessão na coluna classe B,
  - c) se o requisito analisado oferecer um risco moderado para a missão, colocar um “X” na intercessão na coluna classe C; e
  - d) se o requisito analisado oferecer um risco alto para a missão, colocar um “X” na intercessão na coluna classe D.
3. O avaliador preenche uma planilha com nome, função, local de trabalho e especialidade, e em seguida deverá votar nas alternativas escolhendo a nota conforme definida no item 2.
  4. Após os avaliadores analisarem, os requisitos serão compilados somando-se as quantidades de letras “X” em cada classe. O Critério de decisão, definindo se o requisito é aplicado ou não a cada classe é o de metade da soma dos avaliadores mais um, que será aplicado a cada classe A, B, C ou D. Neste caso, se três avaliadores escolheram classe A, o requisito deverá ser alocado na Classe A.
  5. O resultado será ordenado refletindo a ordem de preferência das alternativas dos avaliadores

Na Tabela 6.10 é apresentada a escala qualitativa de risco do objetivo da missão e tem a finalidade de auxiliar e padronizar as avaliações realizadas pelos decisores.

Tabela 6.10 - Escala qualitativa de risco do objetivo da missão.

Escala qualitativa de risco do objetivo da missão	
<b>A</b>	Risco mínimo na missão
<b>B</b>	Risco baixo na missão
<b>C</b>	Risco moderado na missão
<b>D</b>	Risco alto na missão

Fonte: Produção do autor.

### 6.3.2 Requisitos da garantia da qualidade (GQ)

A Tabela 6.11, mostra os principais requisitos da disciplina Garantia da Qualidade que serão avaliados visando atender o objetivo desta tese. O método de borda simplificado foi adotado como apoio a decisão de escolha e ranqueamento dos requisitos de todas as disciplinas da garantia do produto. No caso, os requisitos da garantia da qualidade foram selecionados aleatoriamente num total de 13 requisitos típicos de um projeto espacial que estão identificados na primeira coluna da tabela de 1.1 até 1.13, sendo uma identificação sequencial para cada requisito. Na segunda coluna está a descrição dos principais requisitos da garantia da qualidade. Trata-se de um exemplo para ilustrar a metodologia que vem sendo desenvolvida no âmbito da pesquisa realizada e exposta neste trabalho. Os requisitos da garantia da qualidade estão relacionados abaixo:

Tabela 6.11 - Principais requisitos da disciplina Garantia da Qualidade.

1	Requisitos de GP da Garantia da Qualidade
1.1	Controle e Requisitos de Treinamento com certificação de pessoal
1.2	Controle e aplicação de Requisitos de Metrologia e calibração
1.3	Controle de Requisitos de Manuseio, armazenamento, transporte e preservação
1.4	Requisitos de processos para qualificação
1.5	Requisitos de qualidade para aquisição
1.6	Requisitos de atividades de inspeção e Recebimento.
1.7	Requisitos de GQ para fabricação, montagem e integração
1.8	Revisões Requisitos de prontidão de fabricação
1.9	Requisitos de Controle de limpeza e contaminação
1.10	Requisitos para montagem e integração
1.11	Requisitos de Logbooks
1.12	Requisitos de GQ para aceitação e entrega
1.13	Requisitos de Sistema

Fonte: Produção do autor.

Na Tabela 6.12 as siglas AV 1, AV 2, AV 3, AV 4 e AV 5 indicam que neste estudo foram escolhidos cinco avaliadores (AV 1 a AV 5) que são especialistas na área espacial e com conhecimento em engenharia de sistemas. Ainda nesta tabela existem outras siglas CL A, CL B, CL C e CL D, que indicam que para este estudo estão sendo abordados satélites que deverão ser alocados nas devidas classes de missão (CL A até CL D), já ilustrados e apresentados na Tabela 6.10.

Para este estudo foram escolhidos cinco avaliadores, mas, a quantidade de avaliadores é de responsabilidade do gerente do programa. Vale ressaltar que a quantidade de avaliadores deve ser um número ímpar para que não haja empate e conseqüentemente, sempre haja uma escolha para cada requisito. Foi definido que cada avaliador deverá analisar todos os requisitos e colocar um "X" na classe em que cada requisito for aplicável.

Ainda na Tabela 6.13, temos uma coluna com a denominação "Total de votos". Nos cruzamentos das linhas de cada requisito com a coluna "CL A" o número

apresentado significa a soma realizada de todas as avaliações dos cinco avaliadores para a CL A. Para a CL B o mesmo raciocínio será adotado, ou seja, nos cruzamentos das linhas de cada requisito com a coluna “CL B” o número apresentado significa a soma dos avaliadores que escolheram a CL B, e assim, repetidamente para as CL C e também para CL D.

Após a avaliação e a soma das notas dos avaliadores é realizado para cada requisito sua respectiva classe. No exemplo estudado se a soma do requisito 1.1. for maior que 2, ou seja 3 significa que 3 avaliadores sugeriram que este requisito seja aplicado à CL A e caso contrário sendo o resultado  $\leq 2$  este requisito não será aplicado à CL A. este critério também será aplicado para a seleção dos requisitos às classes B, C e D.

NOTA: este procedimento é repetido para todas as disciplinas da garantia do produto.

No exercício proposto foi utilizado um total de 5 (cinco) avaliadores. Os critérios foram definidos e serão aplicados na avaliação dos requisitos da Garantia da Qualidade descritos conforme na Tabela 6.12.

Tabela 6.12 - Avaliação dos principais requisitos da disciplina Garantia da Qualidade por avaliadores.

Numero de ordem por avaliador		AV 1 (Alirio)				AV 2 (Gledson)				AV 3 (Hadler)				AV 4 (Mauricio)				AV 5 (Perondi)			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
1.1	Controle e Requisitos de Treinamento com certificação de pessoal	x	x			x	x	x		x	x			x	x	x		x	x	x	x
1.2	Controle e aplicação de Requisitos de Metrologia e calibração	x	x	(x)		x				x	x			x	x	x		x	x	x	
1.3	Controle de Requisitos de Manuseio, armazenamento, transporte e preservação	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
1.4	Requisitos de processos para qualificação	x	x			x	x			x	x	x		x	x	x		x	x	x	
1.5	Requisitos de qualidade para aquisição	x	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
1.6	Requisitos de atividades de inspeção e Recebimento.	x	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	
1.7	Requisitos de GQ para fabricação, montagem e integração.	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1.8	Revisões de Requisitos de prontidão de fabricação	x	x			x	x			x	x			x	x	x		x	x		x
1.9	Requisitos de Controle de limpeza e contaminação	x	x			x	x			x	x			x	x	x		x	x	x	
1.10	Requisitos para montagem e integração	x	x			x	x			x	x			x	x	x		x	x	x	
1.11	Requisitos de Logbooks	x	x			x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	
1.12	Requisitos de GQ para aceitação e entrega	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
1.13	Requisitos de Sistema	x	x			x	x			x	x			x	x	x	x	x	x		x

Legenda: AV – Avaliador, CL – Class.

Fonte: Produção do autor.

A Tabela 6.13, apresenta o resultado sintetizado dos requisitos da garantia da qualidade e as classes que serão alocados.

Tabela 6.13 - Resultado da Garantia da Qualidade e as respectivas classes.

		Total de votos				Alocação dos requisitos			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
1.1	Controle e Requisitos de Treinamento com certificação de pessoal	5	5	3	1	✓	✓	✓	
1.2	Controle e aplicação de Requisitos de Metrologia e calibração	5	4	3	0	✓	✓	✓	
1.3	Controle de Requisitos de Manuseio, armazenamento, transporte e preservação	5	5	4	3	✓	✓	✓	✓
1.4	Requisitos de processos para qualificação	5	5	3	0	✓	✓	✓	
1.5	Requisitos de qualidade para aquisição	5	5	3	3	✓	✓	✓	✓
1.6	Requisitos de atividades de inspeção e Recebimento.	5	5	4	2	✓	✓	✓	
1.7	Requisitos de GQ para fabricação, montagem e integração	5	5	4	2	✓	✓	✓	
1.8	Revisões Requisitos de prontidão de fabricação	5	5	1	1	✓	✓		
1.9	Requisitos de Controle de limpeza e contaminação	5	5	2	0	✓	✓		
1.10	Requisitos para montagem e integração	5	5	2	0	✓	✓		
1.11	Requisitos de Logbooks	5	5	3	2	✓	✓	✓	
1.12	Requisitos de GQ para aceitação e entrega	5	5	4	2	✓	✓	✓	
1.13	Requisitos de Sistema	5	5	1	2	✓	✓		

Fonte: Produção do autor.

### 6.3.3 Requisitos de dependabilidade

A Tabela 6.14, relaciona os requisitos de dependabilidade.

Tabela 6.14 - Requisitos da disciplina dependabilidade.

2.0	REQUISITOS DE DEPENDABILIDADE
2.1	Requisitos para o Plano de programa de dependabilidade
2.2	Requisitos para a Avaliação e controle de riscos de dependabilidade
2.3	Requisitos de dependabilidade na especificação técnica
2.4	Requisitos de Tolerância de falha
2.5	Requisitos de Classificação de funções críticas, hardware e operações

Fonte: Produção do autor.

Na Tabela 6.15, foi utilizado um total de 5 (cinco) avaliadores. Os critérios foram definidos e serão aplicados na avaliação dos requisitos de dependabilidade descritos conforme tabela abaixo.

Tabela 6.15 - Avaliação dos principais Requisitos de Dependabilidade por avaliadores.

Numero de ordem por avaliador		AV 1 (Alirio)				AV 2 (Gledson)				AV 3 (Hadler)				AV 4 (Mauricio)				AV 5 (Perondi)			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
2.1	Requisitos para o Plano de programa de dependabilidade	x	x			x	x			x	x	x		x	x	x		x	x		
2.2	Requisitos para a Avaliação e controle de riscos de dependabilidade	x	x			x	x			x	x	x		x	x	x		x	x		
2.3	Requisitos de dependabilidade na especificação técnica	x	x		x	x	x			x	x	x	x	x	x	x		x	x		
2.4	Requisitos de Tolerância de falha	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		x	x	x		
2.5	Requisitos de Classificação de funções críticas, hardware e operações	x				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x		

Fonte: Produção do autor.

Na Tabela 6.16, é apresentado o resultado sintetizado dos requisitos de dependabilidade e as classes que serão alocados.

Tabela 6.16 - Resultado os requisitos de dependabilidade e as respectivas classes.

Numero de ordem por avaliador		Total de votos				Alocação dos requisitos			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
2.1	Requisitos para o Plano de programa de dependabilidade	5	5	2	0	✓	✓		
2.2	Requisitos para a Avaliação e controle de riscos de dependabilidade	5	5	2	0	✓	✓		
2.3	Requisitos de dependabilidade na especificação técnica	5	5	2	2	✓	✓		
2.4	Requisitos de Tolerância de falha	5	5	2	3	✓	✓		✓
2.5	Requisitos de Classificação de funções críticas, hardware e operações	5	4	3	1	✓	✓	✓	

Fonte: Produção do autor.

OBS: Esta tabela mostra que no campo “Total de votos” o requisito 2.4, teve 2 votos na coluna “C” e 3 votos na coluna “D”, indicando que esta avaliação deveria ser refeita, pois a coluna C tem qualidade maior do que a coluna D,

#### 6.3.4 Requisitos da segurança

Os requisitos de Segurança estão relacionados na Tabela 6.17.

Tabela 6.17 - Requisitos de Segurança.

3.	Requisitos de Segurança
3.1	Requisitos para o Plano do programa de segurança (p/ fases de projeto e fabricação (+lançamento?))
3.2	Requisitos para as Auditorias de segurança
3.3	Requisitos para a Gestão de riscos de segurança
3.4	Requisitos para o Treinamento de segurança
3.5	Requisitos para a Documentação de segurança
3.6	Requisitos para a Redução e controle de riscos de segurança
3.7	Requisitos para a Verificação da garantia de segurança

Fonte: Produção do autor.



Na Tabela 6.18, foi utilizado um total de 5 (cinco) avaliadores. Os critérios foram definidos e serão aplicados na avaliação dos requisitos de Segurança descritos conforme tabela abaixo.

Tabela 6.18 - Avaliação dos principais Requisitos de Segurança por Avaliadores.

Numero de ordem por avaliador		AV 1 (Alirio)				AV 2 (Gledson)				AV 3 (Hadler)				AV 4 (Mauricio)				AV 5 (Perondi)			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
3.1	Requisitos para o Plano do programa de segurança (p/ fases de projeto, fabricação e lançamento)	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x		
3.2	Requisitos para as Auditorias de segurança	x				x	x			x	x	x	x	x	x	x		x	x		
3.3	Requisitos para a Gestão de riscos de segurança	x				x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x		
3.4	Requisitos para o Treinamento de segurança	x				x				x	x	x		x	x	x		x	x		
3.5	Requisitos para a Documentação de segurança	x				x	x			x	x	x		x	x	x		x	x		
3.6	Requisitos para a Redução e controle de riscos de segurança	x				x				x	x			x	x	x		x	x		
3.7	Requisitos para a Verificação da garantia de segurança	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x		

Fonte: Produção do autor.

Na Tabela 6.19 o resultado sintetizado dos requisitos de Segurança e as classes que serão alocados.

Tabela 6.19 - Resultado dos Requisitos de Segurança e as respectivas classes.

Numero de ordem por avaliador		Total de votos				Alocação requisitos			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
3.1	Requisitos para o Plano do programa de segurança (p/ fases de projeto e fabricação (+lançamento?))	5	5	3	1	✓	✓	✓	
3.2	Requisitos para as Auditorias de segurança	5	4	2	1	✓	✓		
3.3	Requisitos para a Gestão de riscos de segurança	5	4	3	0	✓	✓	✓	
3.4	Requisitos para o Treinamento de segurança	5	3	2	0	✓	✓		
3.5	Requisitos para a Documentação de segurança	5	4	2	0	✓	✓		
3.6	Requisitos para a Redução e controle de riscos de segurança	5	3	1	0	✓	✓		
3.7	Requisitos para a Verificação da garantia de segurança	5	5	3	1	✓	✓	✓	
		0	0	0	0				

Fonte: Produção do autor.

### 6.3.5 Requisitos dos componentes elétricos, eletrônicos e eletromecânicos (EEE)

Na Tabela 6.20 os requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos (EEE) estão relacionados.

Tabela 6.20 - Requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos – EEE.

4.	Requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos - EEE
4.1	Requisitos para o Plano de partes e componentes EEE
4.2	Requisitos de aquisição de Componentes
4.3	Requisitos para Manuseio e armazenamento de componentes
4.4	Requisitos para o Ambiente de fabricação/montagem e testes

Fonte: Produção do autor.

Na Tabela 6.21, foi utilizado um total de 5 (cinco) avaliadores. Os critérios foram definidos e serão aplicados na avaliação dos requisitos de Componentes EEE.

Tabela 6.21 - Requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos por avaliadores.

Numero de ordem por avaliador		AV 1 (Alirio)				AV 2 (Gledson)				AV 3 (Hadler)				AV 4 (Mauricio)				AV 5 (Perondi)			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
4.1	Requisitos para o Plano de partes e componetes EEE	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
4.2	Requisitos de aquisição de Componentes	x				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x		
4.3	Requisitos para Manuseio e armazenamento de componentes	x	x			x	x			x	x			x	x		x	x	x		
4.4	Requisitos para o Ambiente de fabricação/montagem e testes	x	x			x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x		

Fonte: Produção do autor.

Na Tabela 6.22 estão relacionados requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânicos por avaliadores e suas alocações.

Tabela 6.22 - Resultado dos Requisitos de Componentes Elétricos, Eletrônicos e as respectivas classes.

Numero de ordem por avaliador		Total de votos				Alocação dos requisitos			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
4.1	Requisitos para o Plano de partes e componetes EEE	5	5	4	2	✓	✓	✓	
4.2	Requisitos de aquisição de Componentes	5	4	3	1	✓	✓	✓	
4.3	Requisitos para Manuseio e armazenamento de componentes	5	5	0	1	✓	✓		
4.4	Requisitos para o Ambiente de fabricação/montagem e testes	5	5	3	0	✓	✓	✓	

Fonte: Produção do autor.

### 6.3.6 Requisitos de materiais, partes mecânicas e processos, (MPMP)

Os requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos estão relacionados na Tabela 6.23.

Tabela 6.23 - Requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos.

Numero de ordem por avaliador	
5.1.	Requisitos para o Plano de Materiais, Partes Mecânicas e Processos
5.2.	Requisitos para a Documentação de processos
5.3.	Requisitos para Processos Especiais
5.4.	Requisitos para Manuseio, transporte e armazenamento (de partes, materiais e montagens?)
5.5.	Requisitos para Materiais, Partes Mecânicas de radiação sensível

Fonte: Produção do autor.

Na Tabela 6.24, foi utilizado um total de 5 avaliadores que utilizaram critérios previamente definidos quanto a Materiais, Partes Mecânicas e Processos.

Tabela 6.24 – Avaliação dos Requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos, por Avaliadores.

Numero de ordem por avaliador		AV 1 (Alirio)				AV 2 (Gledson)				AV 3 (Hadler)				AV 4 (Mauricio)				AV 5 (Perondi)			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
5.1.	Requisitos para o Plano de Materiais, Processos e Partes Mecânicas	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x			
5.2.	Requisitos para a Documentação de processos	x	x			x	x	x		x	x	x		x	x		x	x	x		
5.3.	Requisitos para Processos Especiais	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
5.4.	Requisitos para Manuseio, transporte e armazenamento (de partes, materiais e montagens?)	x	x			x	x			x	x	x	x	x	x		x	x			
5.5.	Requisitos para Peças e materiais de radiação sensível	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x		

Fonte: Produção do autor.

A Tabela 6.25 apresenta o resultado sintetizado dos requisitos de Partes, Materiais e Processos Mecânicos e as classes que serão alocados.

Tabela 6.25 - Resultado dos requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos e as respectivas classes.

Numero de ordem por avaliador		Total de votos				Alocação dos requisitos			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
5.1.	Requisitos para o Plano de Materiais, Processos e Partes Mecânicas	5	5	4	2	✓	✓	✓	
5.2.	Requisitos para a Documentação de processos	5	5	2	1	✓	✓		
5.3.	Requisitos para Processos Especiais	5	5	3	3	✓	✓	✓	✓
5.4.	Requisitos para Manuseio, transporte e armazenamento (de partes, materiais e montagens?)	5	5	2	1	✓	✓		
5.5.	Requisitos para Peças e materiais de radiação sensível	5	5	2	2	✓	✓		

Fonte: Produção do autor.

### 6.3.7 Requisitos de garantia de produto de software

Na Tabela 6.26 os requisitos de Garantia de Produto de Software estão relacionados.

Tabela 6.26 - Requisitos de Garantia de Produto de Software.

6.	Requisitos de Garantia do Produto de Software
6.1.	Requisitos de gerenciamento de projetos de software
6.2.	Requisitos de gerenciamento de configuração de software
6.3.	Requisitos de verificação e validação de software
6.4.	Requisitos de garantia de qualidade de software

Fonte: Produção do autor.

Na Tabela 6.27, foi utilizado um total de 5 avaliadores que utilizaram critérios previamente definidos quanto a requisitos de garantia do produto de software.

Tabela 6.27 – Avaliação dos Requisitos de Garantia do produto de Software por Avaliadores.

Numero de ordem por avaliador		AV 1 (Alirio)				AV 2 (Gledson)				AV 3 (Hadler)				AV 4 (Mauricio)				AV 5 (Perondi)			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
6.1.	Requisitos de gerenciamento de projetos de software	x	x			x				x	x	x	x	x	x	x		x	x		
6.2.	Requisitos de gerenciamento de configuração de software	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x		
6.3.	Requisitos de verificação e validação de software	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
6.4.	Requisitos de garantia de qualidade de software	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x		

Fonte: Produção do autor.

A Tabela 6.28 apresenta o resultado sintetizado dos requisitos de Garantia do produto de Software e as classes que serão alocados.

Tabela 6.28 – Resultados do requisitos de Garantia do produto de Software – e as respectivas classes.

Numero de ordem por avaliador		Total de votos				Alocação dos requisitos			
		CL A	CL B	CL C	CL D	CL A	CL B	CL C	CL D
6.1.	Requisitos de gerenciamento de projetos de software	5	4	2	1	✓	✓		
6.2.	Requisitos de gerenciamento de configuração de software	5	5	2	2	✓	✓		
6.3.	Requisitos de verificação e validação de software	5	5	3	3	✓	✓	✓	✓
6.4.	Requisitos de garantia de qualidade de software	5	5	3	3	✓	✓	✓	✓

Fonte: Produção do autor.



## 7 SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Neste Capítulo, expõem-se as principais conclusões deste trabalho e apresentam-se sugestões para trabalhos futuros.

O problema identificado foi o de desenvolver uma metodologia para a alocação de requisitos de garantia do produto a missões espaciais de pequeno e médio portes, com o potencial de proporcionar ganhos em termos de tempo de fabricação, escopo e custo, tendo como premissa a não agregação de risco técnico adicional à missão.

Em projetos espaciais, a demanda por simplificação e melhoria de processos, objetivando reduções de escopo, custo e cronograma, é uma constante e torna-se imprescindível decidir quais são os requisitos de garantia de produto mais críticos para a execução do projeto. Esta decisão não deve ser tomada por um único gestor, já que os processos da área espacial são usualmente complexos e críticos.

O presente trabalho propõe a utilização de métodos de decisão multicritério para esta finalidade, implementados com base na experiência e opinião de especialistas.

Os dois métodos escolhidos foram:

- 1) Método AHP-Sort para a classificação de missões em classes.

O método AHP-Sort, uma variante do método AHP, é uma metodologia de auxílio à tomada de decisão de grande utilização. Partindo de uma definição com quatro classes (A a D), foi estabelecida uma comparação par a par, fazendo uso do método AHP-sort, para os critérios, Risco da Missão, Finalidade da Missão e Vida Útil, assim classificando a missão em estudo em uma das classes A a D.

- 2) Método de Borda

A ordenação e ranqueamento dos requisitos de cada uma das disciplinas da Garantia do produto e sua alocação em cada uma das classes é efetuada com

a aplicação do método de Borda, utilizando especialistas como avaliadores, que emitiram pareceres de cada elemento avaliado

Resultados:

O presente trabalho buscou propor um arcabouço para a seleção e customização de requisitos de qualidade, exibindo quatro elementos principais:

- (i) um processo para a classificação de missões espaciais, baseado em melhores práticas no âmbito da NASA e ESA, contendo quatro classes A a D;
- (ii) proposição de metodologia para a alocação de missões espaciais nestas quatro classes, fazendo uso do método multicritério AHP-sort;
- (iii) identificação e eventual adaptação de lista de requisitos de qualidade no âmbito dos padrões NASA e ECSS;
- (iv) a alocação e ordenação de requisitos de qualidade às classes de missão acima referidas, fazendo uso do método de Borda.

Resultados subsidiários:

- (i) Efetuou-se uma ampla revisão acerca do “estado da arte” em requisitos de qualidade, tomado como referência as agências NASA e ESA (padrão ECSS). Foram detalhadamente estudadas as disciplinas de Garantia do Produto e Garantia da Qualidade, em ambos os padrões.
- (ii) Mostrou-se que o padrão NASA, nos documentos de nível mais elevado, considera somente o conceito de garantia de qualidade, omitindo referência ao conceito de garantia de produto. No entanto, em documentos do sistema de qualidade de centros da NASA, é introduzido o conceito de garantia do produto, com definição assemelhada àquela preconizada no âmbito do padrão ECSS.

O arcabouço proposto atende, em princípio, o objetivo estabelecido, pois consegue, através do uso da opinião de diversos especialistas, efetuar a seleção de requisitos em função das características de missão.

A utilização de métodos de decisão multicritério, de reconhecida aplicabilidade, permitem que seja harmonizada a opinião de diversos especialistas. O arcabouço proposto encontra aplicação em missões de pequeno e médio portes, pois missões de grande porte, usualmente, oferecem, relativamente, poucas oportunidades de otimizações, dadas a complexidade e a criticidade comuns em tais missões

Em resumo, mostrou-se que, para ambos os padrões, a disciplina de garantia do produto, e não a de garantia de qualidade concentra o conjunto de requisitos de qualidade.

Após os estudos realizados conclui-se que o método de análise desenvolvido está de acordo com as normas da ESA e NASA, uma vez que elas são complementares ou convergentes.

Mostrou-se também que os padrões NASA preveem a possibilidade de que tanto requisitos quanto processos possam sofrer ajustes, em função de características de missão e expectativas e necessidades de partes interessadas. O termo *tailoring* é utilizado para designar a adaptação de requisitos, via um procedimento formal de desvio (“waiver”), enquanto o termo *customization* é utilizado para designar a customização de processos. Ainda no caso dos padrões NASA, mostrou-se que a adaptação de requisitos envolve instrumentos, tais como a classificação de missões e o estabelecimento de uma matriz de conformidade (*compliance matrix*).

Nestes estudos, observou-se que os processos para seleção e adaptação de requisitos não definiam uma metodologia específica para a seleção de requisitos e a classificação de missões, com o material dos padrões concentrando-se na definição de requisitos e diretivas para a seleção e adaptação de requisitos. O presente trabalho busca preencher esta lacuna, propondo a utilização de métodos de decisão multicritério para esta finalidade, implementados com base na experiência e opinião de especialistas. Nesta perspectiva, o presente trabalho buscou propor um arcabouço para a seleção e customização de requisitos de qualidade, exibindo quatro elementos principais:

um esquema para a classificação de missões espaciais, baseado em melhores práticas no âmbito da NASA e ESA, contendo quatro classes;

A ordenação de requisitos, na segunda etapa, foi realizada com a participação de vários especialistas em engenharia de sistemas, aos quais foi solicitada avaliação e atribuição de grau de importância aos requisitos associados a cada disciplina de garantia do produto. Após cada decisor realizar suas avaliações, foi realizada uma compilação dos resultados.

Estima-se que a originalidade, a generalidade e a utilidade do arcabouço, possam ser assim consideradas: a) há originalidade, pois o arcabouço proposto representa uma inovação, ou seja, preenche uma lacuna existente na literatura para a seleção e a adaptação de requisitos de Garantia de produto; b) há generalidade, pois o arcabouço proposto apresenta potencial de aplicação a projetos, sistemas, subsistemas e equipamentos espaciais; e por fim, c) a utilidade adviria de que o arcabouço proposto representa um aprimoramento na definição e aplicação de requisitos de garantia do produto, objetivando reduções de escopo, custo, tempo.

### **7.1 Melhorias e trabalhos subsequentes**

Como continuidade da presente pesquisa e trabalhos futuros, espera-se que entre as possibilidades para a continuidade da presente pesquisa, citam-se duas linhas principais:

- (i) adequação do arcabouço proposto, para seleção e customização de requisitos da garantia do produto de software, com potencial aplicação a missões de Pequeno Porte, nos programas espaciais do INPE.
- (ii) aprimoramento do processo de alocação de requisitos a diferentes categorias de missão, através da compilação extensiva de requisitos das disciplinas constituintes da garantia do produto e sua classificação conforme esquemas de classificação praticados no âmbito dos padrões NASA e ECSS; a Tabela A1, apresentada no Apêndice A, constitui-se em uma primeira compilação de requisitos de qualidade praticados no âmbito dos padrões ECSS;

Como consolidação deste trabalho será elaborado o apêndice A que mostrará todos os requisitos de todas as disciplinas de Garantia do Produto.

O Apêndice A, a seguir, apresenta a tabela A1, em que os requisitos estão agrupados em especialidade que por sua vez estão agrupadas conforme as disciplinas de garantia do produto.

Sua finalidade é mostrar uma compilação de todo estudo realizado, sendo que a primeira coluna apresenta a identificação de cada requisito, a segunda coluna aparece a descrição de cada requisito e as colunas seguintes indicam as áreas de responsabilidades, ou seja, onde será analisado e definido se o requisito é aplicado.

OBS: Como referência para esta tabela será utilizado o documento NPR 7120.5 da NASA.

A tabela apresentada é simplesmente um esboço, não foi ainda terminada devido a curto espaço de tempo disponível até a defesa final da tese.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Manual de espectro e órbita para pequenos satélites radioamadores e educacionais**. Brasília: ANATEL, 2020
- ALBUQUERQUE, I. S. **Modelo para o gerenciamento da configuração e gerenciamento da informação e documentação do programa especial brasileiro**. 2011. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 2011.
- ARROW, K.; SEN, A.; SUZUMURA, K. **Handbook of social choice and welfare**. [S.l.]: Elsevier Science, 2002.
- ARUEIRA, A. B. **Application of the AHP method for evaluation of conveyors**. [S.l.: s.n.], 2014.
- BOOTH, W.; COLOMB, G.; WILLIAMS, J. **A arte da pesquisa**. [S.l.]: Martins Fontes, 2008.
- BRYCETECH, B. S. **State of satellite industry report**. 2021. Disponível em: <https://brycetek.com/reports>. Acesso em: 26 set. 2021.
- CARRUBBA, E.; GORDON, R. **Product assurance principles: integrating design assurance and quality assurance**. [S.l.]: McGraw-Hill, 1988.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- COLON, A. E. **NASA-HDBK-8709.22: safety and mission assurance acronyms, abbreviations, and definitions**. USA: NASA, 2018.
- COSTA, H. G. **De Borda-AHP: integrando os métodos de BORDA e AHP**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014a.
- COSTA, H. G. **Sistemas de votação pelo método de Borda**. [S.l.: s.n.], 2014b.
- DEZFULI, H. S. **NASA risk-informed decision making handbook**. Washington, DC: NASA, 2010.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-E-ST-70-11C**: space segment operability – space engineering.

Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2008a.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-M-ST-80C**: space project management - risk management. Noordwijk,

The Netherlands: ECSS, 2008b.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-Q-ST-10-04C**: space product assurance - critical-item control. Noordwijk,

The Netherlands: ECSS, 2008c.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-M-ST-10C Rev. 1**: space project management - project planning and implementation. Noordwijk, The Netherlands., Noordwijk: ECSS, 2009.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-S-ST-00-01C**: system – glossary of terms. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2012.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-Q-ST-60C**: space product assurance electrical, electronic, and electromechanical (EEE). Noordwijk, The Netherlands, 2013.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-Q-ST-20-08**: space product assurance - storage, handling and transportation of spacecraft hardware. Noordwijk , The Netherlands: ECSS, 2014.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-Q-ST-10C Rev.1**: space product assurance - product assurance management. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2016.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-Q-ST-30C**: space product assurance - dependability. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2017a.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-Q-ST-40C**: space product assurance – safety. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2017b.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).

**ECSS-Q-ST-80C**: space product assurance – software product assurance. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2017c.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).  
**ECSS-Q-ST-10-09C Rev.1**: space product assurance - nonconformance control system. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2018a.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).  
**ECSS-Q-ST-20C Rev.2**: space product assurance - quality assurance. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2018b.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS)  
**ECSS-Q-ST-70C**: space product assurance - materials, mechanical parts and processes. Noordwijk, The Netherlands, 2019.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).  
**ECSS-S-ST-00C-Rev.1**: ECSS system - description, implementation and general requirement. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2020a.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).  
**ECSS-S-ST-00-02C**: *ECSS system - tailoring*. Noordwijk, The Netherlands: 2020b.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).  
**ECSS-U-AS-10C**: space sustainability - adoption notice of ISO 24113: space systems - space debris mitigation requirements. Noordwijk, The Netherlands: ECSS, 2020c.

FISK, L. A. The impact of space on society: past, present and future. **Space Policy**, v. 4, n. 24, p. 175-180, 2008.

FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GILLESPIE, A. **Consideration during the design phase in ground systems to ensure successful launch support**. NASA Technical Reports Server., 2012. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20130000808/downloads/20130000808.pdf>.

GOUVEIA, A. **Esboço histórico da pesquisa espacial no Brasil**. São José dos Campos: INPE, 2003.



GUIBOUTI, A.; MARTEL, J.; VINCKE, P. A. **Framework to choose a discrete multicriterion aggregation procedure**. [S.l.: s.n.], 1999.

KANGAS, A.; LAUKKANEN, S.; KANGAS, J. Social choice theory and its applications in sustainable forest management: a review. **Forest Policy and Economics Journal**, v. 9, p. 77–92, 2006.

KONECNY, G. Small satellites: a tool for Earth observation? In: ISPRS CONGRESS, 20., 2004. **Proceedings...** Instambul: ISPRS Archives, 2004.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LANGLEY RESEARCH CENTER (LRC). **LPR 8739.21C**: Langley Research Center (LaRC) procedures and guidelines for Electrostatic Discharge (ESD) control of ESD Sensitive (ESDS) devices program. [S.l.]: LRC, 2020.

LEITE, F. **Satélites num marco regulatório evolutivo**. 2020. Disponível em: <http://abrasat.org.br/2020/07/20/satelites-num-marc-regulatorio-evolutivo>.

LIM, K. H.; SWENSETH, S. R. An iterative procedure for reducing problem size in large scale. **AHP Problems**, v. 67, n. 1, 1993.

LOCK, T. et al. Product and quality assurance processes and ECSS compliance within a science ground segment using Gaia as an example. **Modeling, Systems Engineering, and Project Management for Astronomy**, v. 8449, p. 84491D, 2012.

MCLEAN, I. T. The borda and condorcet principles: three medieval applications. **Society Choice Welf**, v. 7, n. 2, p. 99-108, 1990.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **8730.5B, NPD**: NASA quality assurance program policy. USA: NASA, 2005.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NASA space flight program and project management handbook NASA/SP-2014-3705**. Washington: NASA, 2014.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NASA/TP – 2018–220027**: state of the art: small spacecraft technology. Moffett Field, California: Small Spacecraft Systems Virtual Institute, 2018. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20200001421>. Acesso em: 05 nov. 2021.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NPR 8705.6D**: Safety and Mission Assurance (SMA) audits, reviews, and assessments. Washington: NASA, 2019.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **LPR 8739B**: workmanship standards personnel certification program. Washington: NASA, 2020a.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NPR 7123.1C**: NASA systems engineering processes and requirements. Washington: NASA, 2020b.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **LPR 5300.1 N-1**: product assurance requirements. Washinton: NASA, 2021a.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NASA-STD-6016C**: standard materials and processe requirements for spacecraft. Washington, USA: NASA, 2021b.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NPR 7120.5F**: NASA space flight program and project management. Washington: NASA, 2021c.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NPR 8705.4A**: risk classification for NASA payloads. Washington: NASA, 2021d.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **NPR 8735.2C**: hardware quality assurance program requirements for programs and projects. Washington: NASA, 2021e.

OSMA, O. O. **NPD 8700.1E**: NASA policy for safety and mission success. Houston, USA: NASA, 2008.

OWENS, A. D. **Supportability challenges, metrics, and key decisions**. NASA, 2017. Disponível em:  
<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20170009115/downloads/20170009115.pdf>.

PACHECO, N. C. R.; GOLDMAN, F. L. O AHP como um modelo matemático: uma análise de sensibilidade simples. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 13., 2016. **Anais...** 2016.

PELLEGRINI, F. V. **Processos de aprendizagem tecnológica em empresas fornecedoras de subsistema do programa CBERS**: o desenvolvimento da câmera Mux pela Opto Eletrônica. 2017. 184 f. Dissertação (Mestrado em

Política Científica e Tecnológica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

PESSOTTA, F. A. **Uma estratégia para tratamento de falhas sistêmicas (FDIR) em ACDHS de satélites de pequeno e médio porte**. Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais / Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2018.

PIEDADE, M. A. R. **Introdução à teoria da classificação**. Rio de Janeiro: Interciência, 1977.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. 10. ed. São Paulo: Cultrix, 2003

RABELLO, A. S. **Um novo processo para melhorar a dependabilidade de sistemas espaciais entre as fases de planejamento e projeto detalhado incluindo extensões do diagrama de Markov (DMEP) e da FMECA (FMPE) a projetos**. 2017. 344p. Tese (Doutorado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017.

RELIASOFT CORPORATION. **System analysis reference, reliability, availability and optimization**. [S.I.]: Reliasoft, 2015.

ROGERS, A. Q.; HUANG, P. M.; WELLS, V. E.; DARRIN, M. A.; SUTER, J. J. Small satellite initiatives: building on success. In: SPACE SYMPOSIUM, 30., 2014, Colorado Springs, USA. **Proceedings...** 2014. Disponível em: [https://www.space-symposium.org/wp-content/uploads/2017/10/A.Rogers\\_30th\\_Space\\_Symposium\\_Tech\\_Track.pdf](https://www.space-symposium.org/wp-content/uploads/2017/10/A.Rogers_30th_Space_Symposium_Tech_Track.pdf).

ROMANOWSKI, J. P. As pesquisas denominadas do tipo "estado da arte" em educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 6, n.19, p. 37-50, 2006.

ROY, B. The optimisation problem formulation: criticism and overstepping. **Journal of the Operational Research Society**, v. 32, n.6, p. 427-436, 1981.

SAATY, T. L. Extending the measurement of tangibles to intangibles. **International Journal of Information Technology and Decision Making**, v. 8, n. 1, p. 7-27, 2009.

SANTOS, V. H. O.; GOMES, R. S. Satélites artificiais: fundamentos físicos e utilidades. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN, 9., 2013. **Anais...** Natal: IFRN, 2013.

SCOLESE, C. J.; BORDI, F. A new approach to mission classification and risk management for NASA Space Flight Missions. In: INTERNATIONAL AERONAUTICAL CONGRESS, 2011. **Proceedings...** 2011.

SILVA, A. C. S. S.; BELDERRAIN, M. C. N.; PANTOJA, F. C. Prioritization of R&D projects in the aerospace sector: AHP method with ratings. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v.2, n.3, 2010.

SILVA, C. J. Aplicação do método de borda para avaliar as decisões coletivas: um estudo sobre a avaliação de processos críticos afetados pela estratégia de uma empresa do setor elétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015. **Anais...** ABEPRO, 2015.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS (SAE). **SAE AS9100D**: quality management systems - requirements for aviation, space and defense organizations. Warrendale, PA, USA: SAE International, 2016.

SOUZA E SILVA, C. M. Inovação e cooperação: o estado das artes no Brasil. **Revista do BNDES**, v. 7, n. 13, p. 65-88, 2000.

SOUZA, M. L. O.; PORTO, R. C. F. The fault correction and the fault prediction approaches for increasing the reliability of aerospace and automotive systems. In: CONGRESSO SAE BRASIL, 2016, São Paulo. **Anais...** 2016.

SOUZA, P. N. **Satélites e plataformas espaciais**. São José dos Campos: INPE, 2007.

STANDISH GROUP. **Chaos**. [S.l.]: Standish, 1995.

SUARI, J. P. **Inventor dos pequenos satélites**: visita INPE e ITA. 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias>.

VARGAS, R. Utilizando a programação multicritério (AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. In: PMI GLOBAL CONGRESS, 2010. **Proceedings...** 2010.

WEKERLE, T.; PESSOA, J. B.; COSTA, L. E.; TRABASSO, L. G. Status and trends of smallsats and their launch vehicles: an up-to-date review. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v.9, p. 269-286, 2017.

YOUNG, R. R. **The requirements engineering handbook**. Norwood, Boston: Artech House, 2004.



## APÊNDICE A

**Tabela A.1 - Tabela para avaliação e customização de Requisitos de Qualidade**

<b>Requisitos do gerenciamento da garantia da qualidade (Q1)</b>			
73	Elaboração de Plano da Garantia da Qualidade, contendo no mínimo: finalidade, objetivo, motivação, documentos aplicáveis e de referência, atividades que deverão cumprir os requisitos de gestão da qualidade e requisitos para aquisição, controle da qualidade para fabricação, montagem, integração e testes, aceitação e entrega.		
73	Treinamento e certificação de pessoal. Deve ser implementado um plano para treinamento, contendo no mínimo relação do pessoal cujas atividades afetam a qualidade do produto. Este plano deve conter a função de cada colaborador, registro dos treinamentos oferecidos, e controle dos registros.		
<b>Requisitos gerais de Controle da Qualidade (Q2)</b>			
74	Controle de itens críticos		
74	Controle de não conformidades		
74	Gerenciamento de alertas		
74	Sistema de rastreabilidade		
	Sistema de metrologia e calibração		
	Manuseio, armazenamento, transporte e preservação		
	Análise estatística		

Tabela A.1 - Continuação.

Requisitos de garantia da qualidade para projeto (design) e verificação (Q3)		
<i>design</i>		
Produtibilidade (Q3T1R1)	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de forma que possa ser fabricado com o nível de qualidade especificado.	
Repetibilidade (Q3T1R2)	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de forma que seu desempenho e características possam ser reproduzidos de forma consistente, seja na produção de modelos ou na produção em série.	
Inspeccionabilidade e Testabilidade (Q3T1R3)	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de forma que possa ser inspecionado e testado, em condições representativas, para produção, montagem, integração, verificação e o ambiente operacional.	



Tabela A.1 - Continuação.

	<table border="1"> <tr> <td>Operabilidade (Q3T1R4)</td> <td>O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de modo que possa ser operado conforme as restrições e requisitos definidos, ao longo de todo o seu ciclo de vida, incluindo manuseio, armazenagem, transporte, integração e operações.</td> </tr> </table>	Operabilidade (Q3T1R4)	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de modo que possa ser operado conforme as restrições e requisitos definidos, ao longo de todo o seu ciclo de vida, incluindo manuseio, armazenagem, transporte, integração e operações.		
Operabilidade (Q3T1R4)	O fornecedor deve garantir que o produto seja projetado de modo que possa ser operado conforme as restrições e requisitos definidos, ao longo de todo o seu ciclo de vida, incluindo manuseio, armazenagem, transporte, integração e operações.				
atividades de verificação					
<b>Geral</b>					
	<table border="1"> <tr> <td>Progressividade das atividades de verificação (Q3T3R1)</td> <td>O fornecedor deve garantir que a verificação de requisitos seja realizada progressivamente, à medida que cada etapa do projeto é concluída. Deve prover, também, a base de dados de forma estruturada, que evidencie a qualificação e a aceitação progressiva do sistema.</td> </tr> </table>	Progressividade das atividades de verificação (Q3T3R1)	O fornecedor deve garantir que a verificação de requisitos seja realizada progressivamente, à medida que cada etapa do projeto é concluída. Deve prover, também, a base de dados de forma estruturada, que evidencie a qualificação e a aceitação progressiva do sistema.		
Progressividade das atividades de verificação (Q3T3R1)	O fornecedor deve garantir que a verificação de requisitos seja realizada progressivamente, à medida que cada etapa do projeto é concluída. Deve prover, também, a base de dados de forma estruturada, que evidencie a qualificação e a aceitação progressiva do sistema.				
	<table border="1"> <tr> <td>Consistência entre alocações e verificações (Q3T3R2)</td> <td>O fornecedor deve garantir que as alocações de requisitos de cima para baixo e as verificações de requisitos de baixo para cima são completas e consistentes.</td> </tr> </table>	Consistência entre alocações e verificações (Q3T3R2)	O fornecedor deve garantir que as alocações de requisitos de cima para baixo e as verificações de requisitos de baixo para cima são completas e consistentes.		
Consistência entre alocações e verificações (Q3T3R2)	O fornecedor deve garantir que as alocações de requisitos de cima para baixo e as verificações de requisitos de baixo para cima são completas e consistentes.				
	<table border="1"> <tr> <td>Rastreabilidade de requisitos e verificações (Q3T3R3)</td> <td>O fornecedor deve garantir que um processo de rastreamento de requisitos e correspondentes verificações seja estabelecido e mantido durante o ciclo de vida do projeto.</td> </tr> </table>	Rastreabilidade de requisitos e verificações (Q3T3R3)	O fornecedor deve garantir que um processo de rastreamento de requisitos e correspondentes verificações seja estabelecido e mantido durante o ciclo de vida do projeto.		
Rastreabilidade de requisitos e verificações (Q3T3R3)	O fornecedor deve garantir que um processo de rastreamento de requisitos e correspondentes verificações seja estabelecido e mantido durante o ciclo de vida do projeto.				

Tabela A.1 - Continuação.

	Métodos de verificação (Q3T2R4)	O fornecedor deve garantir que os métodos de verificação sejam adequados e consistente com o tipo e criticidade dos requisitos.		
	Referência à documentação de verificação nas revisões de projeto (Q3T2R5)	O fornecedor deve garantir que haja apropriada referência à documentação de verificação e que o status seja atualizado nas revisões do projeto, até a aceitação final do produto.		
	<b>Geral</b>			
	Progressividade das atividades de verificação (Q3T3R1)	O fornecedor deve garantir que a verificação de requisitos seja realizada progressivamente, à medida que cada etapa do projeto é concluída. Deve prover, também, a base de dados de forma estruturada, que evidencie a qualificação e a aceitação progressiva do sistema.		
	Consistência entre alocações e verificações (Q3T3R2)	O fornecedor deve garantir que as alocações de requisitos de cima para baixo e as verificações de requisitos de baixo para cima são completas e consistentes.		

Tabela A.1 - Continuação.

	Rastreabilidade de requisitos e verificações (Q3T3R3)	O fornecedor deve garantir que um processo de rastreamento de requisitos e correspondentes verificações seja estabelecido e mantido durante o ciclo de vida do projeto.		
	Métodos de verificação (Q3T3R4)	O fornecedor deve garantir que os métodos de verificação sejam adequados e consistente com o tipo e criticidade dos requisitos.		
	Referência à documentação de verificação nas revisões de projeto (Q3T3R5)	O fornecedor deve garantir que haja apropriada referência à documentação de verificação e que o status seja atualizado nas revisões do projeto, até a aceitação final do produto.		
<b>Análise da verificação do projeto</b>				
	Objetivos da análise (Q3T4R1)	O fornecedor deve garantir que os objetivos da análise sejam definidos no contexto de sua relação com a lógica de desenvolvimento do produto, definida no plano de verificação.		
<b>Análise da verificação do projeto</b>				
	Objetivos da análise (Q3T4R1)	O fornecedor deve garantir que os objetivos da análise sejam definidos no contexto de sua relação com a lógica de desenvolvimento do produto, definida no plano de verificação.		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>Pontos a serem considerados (Q3T4R2)</p>	<p>Os seguintes itens devem ser considerados:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. a referência que provê a definição do item de configuração em análise;</li> <li>2. restrições ambientais consideradas na análise;</li> <li>3. hipóteses básicas, métodos de análise e modelos matemáticos.</li> </ol>	
<b>Revisões de Projeto</b>			
	<p>(Q3T5R1)</p>	<p>O fornecedor deve garantir que as revisões de projeto sejam conduzidas conforme os requisitos do projeto e procedimentos escritos.</p> <p>NOTA As revisões de design abordam as seguintes questões:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• se os requisitos e critérios de qualidade para design, reprodutibilidade, repetibilidade, testabilidade e operabilidade são adequadamente considerados na documentação de design;</li> <li>• se os métodos e dados necessários para aquisição, fabricação, inspeção e teste estão disponíveis e validados;</li> <li>• se os riscos de não cumprimento dos requisitos são destacadas e adequadamente controladas.</li> </ul>	
<b>Processo de Qualificação</b>			
	<p>Qualificação</p>	<p>a. O fornecedor deve garantir que todos os itens de</p>	

Tabela A.1 - Continuação.

	(Q3T6R1)	<p>configuração e seus elementos constituintes, sejam eles de prateleira ou projetados para uso específico, sejam devidamente qualificados, com margens adequadas à aplicação e ao ambiente de uso.</p> <p>b. A GQ do fornecedor deve revisar e aprovar o plano de qualificação (ECSS-E-ST-10-02).</p> <p>c. A GQ do fornecedor deve revisar e aprovar os resultados da qualificação (ECSS-EST-10-02).</p> <p>d. O gerente de GQ do fornecedor deve garantir que um Conselho de Controle de Verificação (Verification Control Board) seja estabelecido para monitorar o processo de qualificação.</p> <p>e. Para equipamentos com histórico prévio de qualificação, parcial ou total, deve ser realizada uma revisão na fase inicial do projeto, dedicada à avaliação do status de qualificação (Revisão do Status de Qualificação do Equipamento – EQSR) (ECSS-E-ST-10-24 e ECSS-QST-20-10).</p>		
	<p>Qualificação por Similaridade (Q3T6R2)</p>	<p>a. A qualificação por similaridade, em que se faz uso de resultados de qualificação referentes a um produto idêntico ou similar, deve ser justificada, provendo evidência de que a nova aplicação esteja consistente com os limites do projeto qualificado previamente.</p> <p>b. Diferenças, seja na definição em relação ao produto de referência ou nos testes de qualificação, devem ser identificadas.</p> <p>c. A necessidade de exames complementares de qualificação deve ser analisada e a decisão justificada e submetida ao cliente para aprovação.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>Testes de Qualificação (Q3T6R3)</p>	<p>a. O espécime utilizado para os testes de qualificação deve ser produzido conforme um plano completo de fabricação e inspeção.</p> <p>b. O modelo de qualificação deve ser totalmente representativo do modelo de voo. Todas as diferenças devem ser analisadas para avaliar seu efeito sobre o status de qualificação.</p> <p>c. Requisitos de inspeção e testes devem ser expressos de forma inequívoca e quantitativa, incluindo:</p> <p>(a) sequência de testes;</p> <p>(b) condições de testes;</p> <p>(c) padrões de testes, se houver;</p> <p>(d) níveis de teste aplicáveis, durações e tolerâncias;</p> <p>(e) precisão na medição.</p>	
	<p>Status de Qualificação (Q3T6R4)</p>	<p>O fornecedor deve relatar o status de qualificação em conformidade com a DRD "Lista de status de qualificação", conforme definido em ECSS-Q-ST-10.</p>	
	<p>Manutenção da Qualificação (Q3T6R5)</p>	<p>a. O fornecedor deve monitorar, registrar e relatar periodicamente ao cliente o status de qualificação de todos os itens a serem entregues, bem como o andamento do programa de qualificação.</p> <p>b. Antes de reutilizar um espécime de modelo de qualificação existente para testes, o modelo deve ser avaliado quanto à</p>	

Tabela A.1 - Continuação.

		representatividade do projeto, construção e história relevantes para o status do projeto do novo modelo de voo. c. Todas as mudanças, desvios e anomalias devem ser avaliados quanto ao seu impacto sobre o status de qualificação e ser acordado com o cliente em caso de impacto.		
<b>Modificações de Design</b>				
	(Q3T7R1)	O fornecedor deve garantir que todas as mudanças e modificações de design sejam identificadas, documentadas, revisadas e aprovadas antes de sua implementação.		
<b>Requisitos de gestão da qualidade para aquisições (Q4)</b>				
atividades de aquisições				
<b>Seleção de fontes de aquisição</b>				
	Progressividade das atividades de verificação	A GQ do fornecedor deve participar da aprovação e seleção de fontes de aquisição. NOTA A seleção de fontes de aquisição para componentes EEE são definidos em ECSS-Q-ST-60.		
<b>Critérios de seleção</b>				
	Objetivos da análise	O fornecedor deve selecionar suas fontes de aquisição com base em um dos seguintes critérios: 1. a fonte de aquisição seja certificada pelo cliente final e disponha de aprovação para fornecer itens ou serviços do tipo e nível de qualidade do(s) item(itens)		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>sendo adquiridos;</p> <p>2. a fonte de aquisição está fornecendo, ou forneceu nos últimos dois anos, sob outros contratos com o cliente final, itens ou serviços do mesmo tipo e nível de qualidade que os itens e serviços em aquisição;</p> <p>3. alternativamente, a fonte de aquisição tenha demonstrado capacidade contínua de fornecer itens ou serviços do mesmo tipo e nível de qualidade que os itens em aquisição, apoiado por documentação objetiva;</p> <p>4. a capacidade da fonte de aquisição de satisfazer os requisitos do acordo comercial em discussão tenha sido demonstrada por uma auditoria pré-adjudicada pelo cliente final ou equivalente.</p> <p>O fornecedor deve documentar e manter em arquivo resultados de processos de seleção de fonte de aquisição de que tenha participado.</p>		
	<b>Registros e listas de fontes de aquisição</b>			
		<p>a. O fornecedor deve estabelecer e manter registros de todas as aquisições envolvidas no desempenho de acordos comerciais.</p> <p>b. O fornecedor deverá apresentar ao cliente, mediante solicitação, a lista de fontes de aquisição.</p>		
	<b>Documentos de aquisições</b>			



Tabela A.1 - Continuação.

	<p>Qualificação</p>	<p>a. O fornecedor deve garantir que os itens adquiridos sejam identificados e que todos os requisitos aplicáveis estejam definidos nos documentos de aquisição.</p> <p>b. O fornecedor deve garantir que os requisitos para aqueles contidos em os documentos de aquisição da camada são rastreáveis.</p> <p>The supplier shall ensure that requirements to those contained in lower tier procurement documents are traceable</p> <p>c. Os documentos de aquisição devem conter, de forma declarada ou por referência:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. descrições técnicas abrangentes dos itens e serviços a serem adquiridos;</li> <li>2. detalhes dos requisitos aplicáveis, tais como requisitos para preservação, embalagem, marcação, envio, acompanhamento documentação e provisões para itens de vida limitada;</li> <li>3. detalhes das atividades de GQ a serem realizadas, como inspeções e testes característicos, registros e relatórios;</li> <li>4. detalhes das atividades de GQ do fornecedor na fonte; e</li> <li>5. condições especiais de aceitação.</li> </ol> <p>d. A organização de GQ do fornecedor deve revisar os documentos de aquisições antes de sua liberação, para certificar a seleção correta de fontes e adequação de seu conteúdo.</p>		
--	---------------------	--	--	--

Tabela A.1 - Continuação.

<p>Qualificação por Similaridade</p>	<p>a. A qualificação por similaridade, em que se faz uso de resultados de qualificação referentes a um produto idêntico ou similar, deve ser justificada, provendo evidência de que a nova aplicação esteja consistente com os limites do projeto qualificado previamente.</p> <p>b. Diferenças, seja na definição em relação ao produto de referência ou nos testes de qualificação, devem ser identificadas.</p> <p>c. A necessidade de exames complementares de qualificação deve ser analisada e a decisão justificada e submetida ao cliente para aprovação.</p>		
<p>Testes de Qualificação</p>	<p>a. O espécime utilizado para os testes de qualificação deve ser produzido conforme um plano completo de fabricação e inspeção.</p> <p>b. O modelo de qualificação deve ser totalmente representativo do modelo de voo. Todas as diferenças devem ser analisadas para avaliar seu efeito sobre o status de qualificação.</p> <p>c. Requisitos de inspeção e testes devem ser expressos de forma inequívoca e quantitativa, incluindo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) sequência de testes;</li> <li>(b) condições de testes;</li> <li>(c) padrões de testes, se houver;</li> <li>(d) níveis de teste aplicáveis, durações e tolerâncias;</li> <li>(e) precisão na medição.</li> </ul>		

Tabela A.1 - Continuação.

	Status de Qualificação	O fornecedor deve relatar o status de qualificação em conformidade com a DRD "Lista de status de qualificação", conforme definido em ECSS-Q-ST-10.		
	Manutenção da Qualificação	<p>a. O fornecedor deve monitorar, registrar e relatar periodicamente ao cliente o status de qualificação de todos os itens a serem entregues, bem como o andamento do programa de qualificação.</p> <p>b. Antes de reutilizar um espécime de modelo de qualificação existente para testes, o modelo deve ser avaliado quanto à representatividade do projeto, construção e história relevantes para o status do projeto do novo modelo de vôo.</p> <p>c. Todas as mudanças, desvios e anomalias devem ser avaliados quanto ao seu impacto sobre o status de qualificação e ser acordado com o cliente em caso de impacto.</p>		
<b>Modificações de Design</b>				
		O fornecedor deve garantir que todas as mudanças e modificações de design sejam identificadas, documentadas, revisadas e aprovadas antes de sua implementação.		
Os fornecedores devem ser selecionados com base no mínimo de				
<ul style="list-style-type: none"> <li>o fornecedor deve demonstrar sua capacidade de satisfazer os</li> </ul>				

Tabela A.1 - Continuação.

	requisitos do acordo comercial, por meio de uma auditoria solicitada pelo cliente;		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>o fornecedor deve garantir que os suprimentos sejam identificados e que todos os requisitos aplicáveis estarão de acordo com os documentos de aquisição;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>o fornecedor deve garantir que todos os suprimentos entregues, incluindo documentação e embalagem, estarão em conformidade com os requisitos dos documentos de aquisição.</li> </ul>		
	<b>Requisitos de qualidade para fabricação, montagem e integração</b>		
	<b>fabricação, montagem e integração</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>assegurar que os requisitos para testes, incluindo garantia que as instalações de teste, internas ou externas, estejam documentados e</li> </ul>		

Tabela A.1 - Continuação.

	em conformidade com os requisitos de projeto especificados;		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assegurar que os documentos de teste estão aprovados e configurados, assim como seus relatórios;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• garantir que as técnicas de teste auxiliadas por computador e os dados delas provenientes sejam validadas antes da utilização e controladas durante seu uso nos testes.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assegurar que os equipamentos de teste sejam projetados de forma que seu funcionamento correto, possa ser verificado sem a necessidade de aplicá-los ao item de teste;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• participar das reuniões formais de início e encerramento dos testes, de acordo com procedimentos específicos;</li> <li>• garantir que quaisquer modificações nos documentos de fabricação sejam documentadas, analisadas e aprovadas;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• garantir que somente documentos aprovados e configurados sejam</li> </ul>		

Tabela A.1 - Continuação.

	utilizados nas atividades de fabricação.			
	Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de fabricação, montagem e integração			
	<b>Planejamento de fabricação, montagem e atividades de integração e documentos associados</b>			
	Planejamento de fabricação, montagem e atividades de integração e documentos associados	<p>7. O fornecedor deve documentar o planejamento das operações de fabricação, montagem e integração e inspeções, no plano de fabricação ou fluxograma do produto, incluindo a sequência de operações e as inspeções e testes associados</p> <p>8. O planejamento deve incluir a identificação de MIPs em procedimentos pelos quais as várias atividades são realizadas e os níveis de limpeza exigidos e requisitos de temperatura e umidade das instalações.</p> <p>9. As instruções devem direcionar o desempenho real das operações de fabricação, montagem e integração e inspeções, para garantir que as atividades prossigam de maneira ordenada e de acordo com a sequência planejada</p> <p>10. O fornecedor deve emitir e manter a fabricação, montagem, integração e documentos de inspeção de acordo com os procedimentos estabelecidos e divulgados</p> <p>11. A organização de QA deve revisar e aprovar</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>documentos, e quaisquer modificações dos mesmos</p> <p><b>12.</b> O fornecedor também deve fornecer documentos de suporte detalhados e instruções, como desenhos, procedimentos e folhas de instruções, para permitir que as operações sejam realizadas corretamente</p> <p style="text-align: center;">a.</p>	
	<p>Avaliações de prontidão de fabricação</p>	<p><b>3.</b> O fornecedor deve realizar uma revisão de prontidão de fabricação (MRR), antes de iniciar a fabricação de: modelo de qualificação (EQM ou QM), ou primeiro produto padrão de voo de cada lote.</p> <p><b>4.</b> A revisão de prontidão de fabricação deve avaliar os seguintes aspectos:</p> <p><b>5.</b> status de definição e requisitos do produto, diferenças com o status do modelo de qualificação e impactos dessas diferenças;</p> <p><b>6.</b> status de fabricação, montagem, inspeção e documentação de teste, diferenças com o status do modelo de qualificação e impactos dessas diferenças;</p> <p><b>13.</b> verificação do status dos processos de fabricação</p> <p><b>14.</b> implementação de disposições para redução de risco, conforme definido pela avaliação de risco, nos procedimentos de fabricação, montagem, integração, inspeção e teste;</p> <p><b>15.</b> disponibilidade de pessoal e de materiais e peças especificados, equipamentos de produção, medição e</p>	

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>inspeção e status de calibração, quando relevante;</p> <p><b>16.</b> limpeza das instalações, com respeito aos níveis de limpeza especificados;</p> <p><b>17.</b> temperatura e umidade da instalação em relação aos requisitos.</p>		
<b>Controle de processos</b>				
	Geral	<p><b>5.</b> O fornecedor deve monitorar todos os processos usados para fabricação, montagem e integração, e fazer cumprir todos os requisitos de processo aplicáveis.</p> <p><b>6.</b> O fornecedor deve garantir que todos os processos de fabricação sejam cobertos por especificações ou padrões de processos documentados. A definição das especificações do processo de fabricação é fornecida no ECSS-Q-ST-70.</p> <p><b>7.</b> As especificações do processo devem incluir disposições de QA, métodos para inspeção e teste, número de amostras, critérios de aceitação ou rejeição.</p> <p><b>8.</b> As amostras testemunhas do processo devem ser armazenadas em condições controladas</p>		
	Processos especiais	<p><b>6.</b> O fornecedor deve estabelecer e implementar procedimentos e controles para processos especiais,</p>		



Tabela A.1 - Continuação.

		<p>para garantir que:</p> <p>7. Os processos especiais são validados para a aplicação pretendida.</p> <p>8. O pessoal que executa ou inspeciona processos especiais é treinado e certificado de acordo com os requisitos</p> <p>9. Materiais, equipamentos, sistemas de computador e software, e procedimentos envolvidos na execução do processo especial são validados e monitorados.</p> <p>10. A coordenação é mantida com a função de engenharia cognitiva para garantir a seleção adequada dos métodos não destrutivos ou destrutivos para a avaliação do desempenho do processo. A validação de processos especiais, conforme mencionado no item 1, é definida no ECSS-Q-ST-70.</p>		
	<p>Padrões de mão de obra</p>	<p>4. O fornecedor deve empregar padrões de mão de obra em todas as fases de fabricação, montagem e integração, para garantir níveis de qualidade de mão de obra aceitáveis e consistentes.</p> <p>5. Os padrões de fabricação devem identificar os critérios de aceitação ou rejeição.</p> <p>6. Amostras físicas ou recursos visuais devem ser revisados e aprovados pelo cliente quando são usados para o propósito de aceitação ou rejeição de itens.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>Controle de materiais e peças</p>	<p>4. O fornecedor deve garantir que apenas os itens em conformidade sejam liberados e usados, e que aqueles não necessários para a operação envolvida sejam removidos das áreas de operação de trabalho.</p> <p>5. Itens com vida limitada ou características definidas de degradação da qualidade ou desvio com a idade ou uso devem ser marcados para indicar as datas, tempos de teste ou ciclos em que a vida foi iniciada e em que a vida útil expira.</p> <p>6. Itens sensíveis devem ser processados ou fabricados, inspecionados e testados em um ambiente controlado para prevenir qualquer degradação.</p>		
<p><b>Controle de equipamento</b></p>				
	<p>Ferramental</p>	<p>10. O fornecedor deve tomar providências para a prestação de contas, identificação e manutenção das ferramentas de fabricação, montagem e integração.</p> <p>11. As ferramentas de fabricação, montagem e integração devem ser verificadas quanto à precisão dimensional, quanto aos desenhos do produto, e funcionamento correto.</p> <p>12. A organização de QA deve aprovar o ferramental antes do uso.</p> <p>13. A aprovação deve ser marcada em conformidade com 5.2.4, e gravado.</p> <p>14. A precisão das ferramentas deve ser verificada durante</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>a vida útil da produção em intervalos adequados.</p> <p>15. As ferramentas devem ser submetidas a nova aprovação após a modificação.</p> <p>16. As ferramentas devem ser armazenadas adequadamente para evitar uso indevido, danos e deterioração.</p> <p>17. Ferramentas desnecessárias devem ser removidas das áreas de trabalho.</p> <p>18. Devem ser mantidos registros de todos os equipamentos de fabricação.</p>		
	Equipamento para manufatura auxiliada por computador	<p>3. O fornecedor deve garantir que as técnicas e dados auxiliados por computador para processamento e usinagem sejam validados antes do uso e controlados durante seu uso na fabricação.</p> <p>4. O fornecedor deve garantir que sejam feitas provisões para o teste, aprovação e controle de configuração do software envolvido e prevenção de sua adulteração.</p>		
<b>Limpeza e controle de contaminação</b>				
	Geral	<p>2. O fornecedor deve estabelecer controles para a limpeza do hardware e das instalações e a limitação das fontes de contaminação de acordo com ECSS-Q-ST-70-01.</p>		
	Níveis de limpeza	<p>3. Itens sensíveis à contaminação devem ser limpos, controlados e mantidos nos níveis de limpeza exigidos.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		4. Os níveis de limpeza necessários para todos os níveis de hardware de vôo devem ser indicados em desenhos, especificações, procedimentos ou outros documentos que controlam a fabricação, montagem, integração e teste dos itens		
	Materiais e métodos de limpeza	2. O fornecedor deve desenvolver métodos detalhados para atingir os níveis de limpeza especificados para o hardware		
	Controle de contaminação	<p>4. A contaminação deve ser minimizada operando em áreas de trabalho limpas e por manuseio, preservação, embalagem e armazenamento adequados.</p> <p>5. Itens sensíveis à contaminação fabricados ou processados em ambientes controlados de contaminação devem ser inspecionados, testados, modificados ou reparados em ambientes idênticos ou mais limpos, a menos que precauções específicas sejam tomadas para proteger os itens em questão da contaminação.</p> <p>6. Medidas de proteção específicas, como tampas de proteção contra poeira, devem ser implementadas para proteger itens sensíveis à contaminação quando eles são integrados em um nível superior de montagem</p>		
	Limpeza das instalações	2) A fabricação, montagem e integração de itens sensíveis		

Tabela A.1 - Continuação.

		à contaminação deve ser conduzida em instalações que forneçam níveis de limpeza compatíveis com a limpeza do produto especificado		
	Inspeção	<p>5) A inspeção e os testes devem ser planejados nos pontos do fluxo de fabricação, montagem e integração onde a garantia máxima para o processamento correto e prevenção de não conformidades irrecuperáveis ou onerosas pode ser obtida.</p> <p>6) Todas as características críticas identificadas devem ser inspecionadas conforme definido no programa de controle de itens críticos.</p> <p>7) A auto-inspeção pelos operadores que executam as atividades de fabricação, montagem e integração associadas não deve ser considerada suficiente para as características críticas.</p> <p>8) Dentre as inspeções e testes que fazem parte do fluxo de fabricação, montagem e integração, os pontos de inspeção obrigatórios (MIPs) devem ser realizados com a participação do cliente.</p>		
<b>Requisitos específicos para montagem e integração</b>				
	Controle de instalações temporárias e remoções	5) O fornecedor deve assegurar o controle de itens de voo que são temporariamente removidos ou itens de não voo que são temporariamente instalados para facilitar a montagem, integração, teste, manuseio ou preservação		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>do item final.</p> <p>6) O controle deve ser iniciado na instalação ou remoção do primeiro item temporariamente instalado ou removido e ser mantido até a entrega e uso do item final.</p> <p>7) O fornecedor deve estabelecer e manter registros de instalações temporárias e remoções.</p> <p>8) Itens instalados temporariamente devem ser contabilizados para evitar que sejam incorporados na configuração final de vôo.</p>		
	Logbooks	<p>6) O fornecedor deve preparar e manter livros de registro do sistema, subsistema e equipamentos em conformidade com o DRD em Anexo C para todas as operações e testes realizados no item.</p> <p>7) Os livros de registro do equipamento devem começar com o primeiro teste após a montagem.</p> <p>8) Os livros de registro do subsistema e do sistema devem seguir os livros de registro do equipamento individual para formar um registro completo.</p> <p>9) O livro de registro deve acompanhar o hardware sempre que for colocado sob a custódia de outra organização</p> <p>10) A organização receptora deve manter o livro de registro atualizado.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	Registros de fabricação, montagem e integração	2) O fornecedor deve estabelecer e manter registros de fabricação, montagem e integração para fornecer todos os dados de fabricação, montagem, integração e inspeção necessários para rastreabilidade		
	Controle de descarga eletrostática (ESD)	5) O fornecedor deve estabelecer e manter um programa de proteção ESD durante o projeto, fabricação, teste e armazenamento / transporte do hardware de vôo. 6) O fornecedor deve fornecer um plano de controle de ESD em conformidade com EN 61340-5-1 ou ANSI-ESD S20.20.		Q5T7R4
	<b>Requisitos do controle de qualidade para testes</b>			
	controle de qualidade para testes			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>assegurar que os requisitos para testes, incluindo garantia que as instalações de teste, internas ou externas, estejam documentados e em conformidade com os requisitos de projeto especificados;</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>assegurar que os documentos de teste estão aprovados e configurados, assim como seus relatórios;</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>garantir que as técnicas de teste auxiliadas por computador e os dados</li> </ul>			

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>delas provenientes sejam validadas antes da utilização e controladas durante seu uso nos testes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• assegurar que os equipamentos de teste sejam projetados de forma que seu funcionamento correto, possa ser verificado sem a necessidade de aplicá-los ao item de teste;</li> </ul>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• participar das reuniões formais de inicio e encerramento dos testes, de acordo com procedimentos específicos;</li> </ul>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• garantir que quaisquer modificações nos documentos de fabricação sejam documentadas, analisadas e aprovadas;</li> </ul>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• garantir que somente documentos aprovados e configurados sejam utilizados nas atividades de fabricação.</li> </ul>				
Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de testes					
<b>Requisitos de garantia da qualidade para testes</b>					
	<table border="1"> <tr> <td>Instalações de teste</td> <td>2) O fornecedor deve garantir que as instalações de teste, internas ou externas, estejam em conformidade com os requisitos especificados</td> </tr> </table>	Instalações de teste	2) O fornecedor deve garantir que as instalações de teste, internas ou externas, estejam em conformidade com os requisitos especificados		
Instalações de teste	2) O fornecedor deve garantir que as instalações de teste, internas ou externas, estejam em conformidade com os requisitos especificados				



Tabela A.1 - Continuação.

	Equipamento de teste	<p>4) O fornecedor deve garantir que as técnicas de teste auxiliado por computador e os dados sejam validados antes do uso e controlados durante seu uso nos testes.</p> <p>5) O fornecedor deve assegurar que sejam feitas provisões para teste, aprovação e controle de configuração do software envolvido e prevenção de sua adulteração.</p> <p>6) O fornecedor deve assegurar que os equipamentos de teste sejam projetados de forma que seu funcionamento correto possa ser verificado sem a necessidade de aplicá-los ao item de teste</p>		
	Documentação de teste	<p>2) O fornecedor deve garantir que:</p> <p>d) os testes sejam realizados de acordo com os procedimentos documentados.</p> <p>e) os procedimentos de testes sejam revisados e aprovados.</p> <p>f) Os relatórios de testes sejam documentados, configurados e que contenha no mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• referência ao procedimento de teste aplicável e descrição dos desvios durante o teste real.</li> <li>• registros de dados de teste e avaliação,</li> <li>• resumo dos resultados do teste.</li> <li>• Os relatórios de testes sejam revisados e</li> </ul>		

Tabela A.1 - Continuação.

		aprovados.		
	Monitoramento de desempenho de teste	<p>3) A organização deve definir dentro do plano de testes a forma de monitorar o desempenho das atividades de teste.</p> <p>4) Todas as atividades de testes relacionadas às características críticas, conforme identificadas no programa de controle de itens críticos, devem ser verificadas.</p>		
	Avaliações de teste	<p>3) O fornecedor deve garantir que as revisões sejam realizadas antes e depois dos pontos definidos durante os testes de qualificação ou aceitação</p> <p>4) A organização de QA deve ser representada nos comitês formais estabelecidos para a revisão da prontidão para testes e realização de testes.</p>		
	Controle de descarga eletrostática (ESD)	<p>7) O fornecedor deve estabelecer e manter um programa de proteção ESD durante o projeto, fabricação, teste e armazenamento / transporte do hardware de vôo.</p> <p>8) O fornecedor deve fornecer um plano de controle de ESD em conformidade com EN 61340-5-1 ou ANSI-ESD S20.20.</p>		
	<b>Requisitos da qualidade para aceitação e entrega</b>			

Tabela A.1 - Continuação.

	Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades de aceitação e entrega		
	<b>Requisitos de garantia da qualidade para aceitação e entregas</b>		
	Processo de aceitação e entrega	<p>3) O fornecedor deve estabelecer um processo de aceitação formal para todos os itens a serem entregues, em qualquer nível contratual, para garantir que a conformidade dos itens a serem entregues.</p> <p>4) O fornecedor deve garantir que a preparação dos itens para entrega e a entrega física em si sejam realizadas de forma que a degradação seja evitada.</p>	
	Pacote de dados do item final	<p>4) O fornecedor deve fornecer um EIDP para cada item final de entrega em conformidade.</p> <p>5) O EIDP constituirá a base para as análises de aceitação formal.</p> <p>6) Os EIDPs devem ser mantidos e integrados aos EIDPs de nível superior durante a integração e teste do subsistema ou sistema</p>	
	Revisão de entrega	<p>7) O fornecedor deve garantir que um comite seja convocado, antes da entrega do equipamento, subsistemas montados separadamente, equipamento de teste ou equipamento de manuseio para atividades de nível superior.</p>	

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>8) As funções do comitê em nível de sistema devem ser cumpridas na revisão de aceitação final e presididas pelo cliente.</p> <p>9) O comitê será composto, no mínimo, pelos seguintes membros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Representantes da organização receptora; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerente de projeto, ou representante autorizado, como presidente;</li> <li>• Gerente de PA ou representante autorizado.</li> <li>• Gerente de engenharia ou projeto, ou representante autorizado.</li> </ul> </li> <li>b) Representantes do fornecedor: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerente de projeto ou representante autorizado;</li> <li>• Gerente de PA ou representante autorizado;</li> <li>• Gerente de engenharia ou projeto, ou representante autorizado.</li> </ul> </li> <li>c) Representante (s) de clientes de nível superior, como observadores. (não é necessário para subsistemas separados)</li> </ul> <p>10) O cliente reserva-se o direito de comparecer aos comites em qualquer nível inferior ee deverá ser devidamente notificado da reunião.</p> <p>11) O comitê será responsável por autorizar o embarque dos itens sob aceitação e certificar por escrito que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>e) os itens estão em conformidade com os requisitos</li> </ul>		
--	--	---	--	--

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>contratuais e com uma configuração de projeto aprovada</p> <p>f) os itens estão livres de deficiências de material e mão de obra</p> <p>g) todas as não conformidades são encerradas, ou são aceitos planos correspondentes, compatíveis com a entrega;</p> <p>h) o EIDP relevante é completo e preciso</p> <p>12) A entrega somente será autorizada por acordo unânime dos membros do comitê e será acompanhada pelo Certificado de Conformidade.</p>		
	Preparação para entrega	<p>3) O fornecedor deve garantir que os materiais de embalagem, métodos, procedimentos e instruções prevejam a proteção dos itens enquanto na planta do fornecedor, durante o transporte e após sua chegada ao destino.</p> <p>4) O fornecedor deve garantir que a marcação e identificação adequadas para embalagem, armazenamento, transporte e envio dos itens, sejam realizados de acordo com as especificações aplicáveis.</p>		
	Entrega	<p>3) O fornecedor deve garantir que os itens a serem entregues sejam inspecionados antes da liberação e considerados completos, devidamente preservados e</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>embalados, corretamente marcados e acompanhados de toda a documentação exigida.</p> <p>4) A documentação anexa ao item fornecido deve incluir o EIDP e, anexado ao exterior do contêiner de transporte, o procedimento de manuseio e embalagem/desembalagem e quaisquer procedimentos de segurança relevantes.</p>		
	<b>Requisitos de QA para equipamentos de suporte de solo (GSE)</b>			
	Requisitos de garantia da qualidade relativos a atividades para equipamentos de suporte de solo (GSE)			
	<b>Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de suporte de solo (GSE)</b>			
	<p>Projeto, desenvolvimento e verificação</p>	<p>4) O fornecedor deve assegurar que padrões internos de projeto e verificação sejam usados ou desenvolvidos correspondendo às técnicas a serem utilizadas e ajustando-se ao nível de complexidade dos itens a serem desenvolvidos.</p> <p>5) O fornecedor deve garantir que os riscos de desenvolvimento sejam identificados e que as soluções apropriadas sejam identificadas.</p> <p>6) O fornecedor deve garantir que o método e processo de verificação sejam adaptados para:</p> <p style="padding-left: 40px;">d) complexidade do item a ser verificado;</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>e) criticidade da função a ser implementada pelo item GSE;</p> <p>f) criticidade inerente do próprio item.</p>		
	Controle de configuração	2) O fornecedor deve garantir que o GSE seja controlado por configuração.		
	Produção			
	Compras	<p>3) O fornecedor deve garantir que os subfornecedores do GSE selecionados, tenham uma capacidade demonstrada de estar em conformidade com os requisitos, através de:</p> <p>c) fornecimento anterior de itens semelhantes ou mais complexos no mesmo nível de técnicas e tecnologias,</p> <p>d) certificação cobrindo projeto, desenvolvimento e produção semelhantes ou evidência, documentada por padrões existentes de projeto, desenvolvimento, produção e qualidade, de ter experiência semelhante associada a sucesso conhecido.</p> <p>4) Os documentos de aquisição devem identificar os requisitos de validação e inspeção de recebimento e estar em conformidade com os requisitos.</p>		
	Fabricação,	3) O fornecedor e seus fornecedores de nível inferior		

Tabela A.1 - Continuação.

	montagem, integração e verificação	<p>devem usar práticas padrão já documentadas e reconhecidas para itens semelhantes.</p> <p>4) Se o fornecedor ou fornecedores de nível inferior se desviarem das práticas padrão, conforme exigido, as novas práticas deverão ser validadas.</p>		
<b>Aceitação e entrega</b>				
	Pacote de dados do item final	<p>2) O pacote de dados de aceitação deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>f) informações sobre interfaces;</li> <li>g) desvios dos requisitos contratuais;</li> <li>h) certificação de conformidade com uma linha de base identificada;</li> <li>i) descrição do funcionamento do item e instruções para operá-lo e mantê-lo, e</li> <li>j) dados de segurança ou certificações de segurança.</li> </ul>		
	Aceitação	<p>3) A aceitação deve ser alcançada por meio de um processo de revisão.</p> <p>4) O processo de aceitação deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>d) plano de aceitação,</li> <li>e) procedimentos de inspeção e teste, e</li> <li>f) relatórios de inspeção e teste.</li> </ul> <p>4) A aceitação pode ser obtida por meio de um processo simples de inspeção, se acordado entre o cliente e o fornecedor.</p>		



Tabela A.1 - Continuação.

	Comitê de entrega	<p>3) O fornecedor deve propor os elementos do GSE para os quais a aceitação será concedida pelo comitê de entrega e concordar.</p> <p>4) O comitê de entrega deve incluir representantes de QA do fornecedor e do cliente.</p>		
	Entrega	<p>2) Os requisitos que devem ser aplicados à entrega de itens estão descritos abaixo:</p> <p>d) preparação para entrega;</p> <p>e) entrega deve estar conformidade requisitos; e</p> <p>f) manuseio, armazenamento e preservação, em conformidade.</p>		
	Requisitos Gerais	<p>2) Os seguintes requisitos devem ser adaptados de acordo com a complexidade e criticidade do item de GSE:</p> <p>c) requisitos de rastreabilidade; e</p> <p>d) requisitos de metrologia e calibração.</p>		
	Manutenção	<p>3) O fornecedor deve garantir que as atividades de manutenção sejam planejadas.</p> <p>4) O fornecedor deve assegurar que a demonstração de manutenção seja realizada a fim de provar que os requisitos de manutenção são satisfeitos no ambiente operacional.</p>		
	Dependabilidade			
	Disponibilidade			

Tabela A.1 - Continuação.

	Confiabilidade			
	<b>Manutenibilidade</b>			
	Caracterização dos requisitos de Programa de dependabilidade			
	<b>j) Geral</b>	<p>3. A garantia de dependabilidade deve ser implementada por meio de um processo sistemático para especificar os requisitos de dependabilidade e demonstrar que esses requisitos são alcançados.</p> <p>4. O processo de garantia de dependabilidade deve estar em conformidade com o plano do programa de garantia de dependabilidade para o projeto.</p>		
	<b>k) Organização</b>	<p>2. O fornecedor deve coordenar, implementar e integrar o gerenciamento do programa de dependabilidade com o gerenciamento do programa.</p>		
	<b>l) Plano de programa de dependabilidade</b>	<p>6. O fornecedor deve desenvolver, manter e implementar um plano de dependabilidade para todas as fases do projeto.</p> <p>7. O plano deve abordar os requisitos de dependabilidade aplicáveis ao projeto.</p> <p>8. A extensão em que a garantia de dependabilidade</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>é aplicada deve levar em consideração a gravidade das consequências das falhas.</p> <p>9. O estabelecimento e implementação do plano do programa de dependabilidade deve ser considerado em conjunto com os aspectos de segurança do programa.</p> <p>10. O fornecedor deve garantir que qualquer conflito potencial entre os requisitos de dependabilidade e segurança seja gerenciado</p>		
	<p><b>m) Avaliação e controle de risco de dependabilidade</b></p>	<p>4. Como parte do processo de gerenciamento de risco implementado no projeto, o engenheiro de dependabilidade será responsável por identificar e relatar os riscos associados à dependabilidade. A norma ECSS-M-ST-80 descreve o processo de gerenciamento de risco.</p> <p>5. A redução e o controle da análise de risco de dependabilidade devem incluir as seguintes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• identificação e classificação de eventos indesejáveis de acordo com a gravidade de suas consequências;</li> <li>• análise de cenários de falha, determinação de modos de falha relacionados, origens ou causas de falha;</li> <li>• classificação da criticidade das funções e</li> </ul>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>produtos associados de acordo com a gravidade das consequências de falha relevantes;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• definição de ações e recomendações para avaliação detalhada de risco, eliminação de risco ou redução de risco e controle a um nível aceitável;</li> <li>• status da redução e aceitação de risco;</li> <li>• implementação de redução de risco;</li> <li>• verificação da redução do risco e avaliação dos riscos residuais.</li> </ul> <p>6. As medidas de redução de risco propostas para dependabilidade devem ser avaliadas no nível do sistema a fim de selecionar a solução ideal para reduzir o risco no nível do sistema</p>		
	<p><b>n)</b> Itens críticos de dependabilidade</p>	<p>2. Os itens críticos de dependabilidade devem ser identificados por análises de dependabilidade realizadas para apoiar a redução de risco e o processo de controle executado no projeto.</p> <p>4. Os itens críticos de dependabilidade, como parte da Lista de Itens Críticos, devem estar sujeitos à avaliação de risco e controle de itens críticos em conformidade com ECSS-Q-ST-10-04.</p> <p>5. As medidas de controle devem incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• uma revisão de toda a documentação de</li> </ul>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>projeto, fabricação e teste relacionada a funções críticas, itens e procedimentos críticos;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• representação de dependabilidade em Comites de Revisão para garantir que a disposição leve em consideração seu nível de criticidade.</li> </ul> <p>6. Os aspectos de dependabilidade devem ser considerados durante todo o processo de verificação para itens críticos de dependabilidade até o fechamento do item.</p> <p>7. A justificativa para retenção de cada item crítico de dependabilidade deve estar sujeita à aprovação do cliente.</p>		
	o) Revisões de projeto	<p>4. O fornecedor deve garantir que todos os dados de dependabilidade para uma revisão do projeto sejam apresentados ao cliente de acordo com o cronograma da revisão do projeto.</p> <p>5. Todos os dados de dependabilidade enviados devem indicar a linha de base do projeto e devem ser coerentes com todas as outras documentações técnicas de apoio.</p> <p>6. Todas as alterações de projeto devem ser avaliadas quanto ao seu impacto na dependabilidade e uma reavaliação da dependabilidade deve ser realizada.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p><b>p)</b> Lições de dependabilidade aprendidas</p>	<p>2) As lições aprendidas de dependabilidade devem ser coletadas durante o ciclo de vida do projeto, incluindo as fases operacionais e de descarte e devem considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• o impacto dos requisitos recentemente impostos;</li> <li>• avaliação de todas as avarias, anomalias, desvios e isenções;</li> <li>• verificações eficazes versus ineficazes que foram realizadas.</li> </ul>		
	<p><b>q)</b> Relatório de progresso</p>	<p>2) O fornecedor deve emitir relatório de progresso da dependabilidade ao cliente como parte das atividades de garantia do produto.</p>		
	<p><b>r)</b> Documentação</p>	<p>2) O fornecedor deve manter todos os dados usados para o programa de dependabilidade.</p>		
<p><b>Caracterização da Engenharia de dependabilidade</b></p>				

continua

Tabela A.1 - Continuação.

	<p><b>m)</b> Integração de dependabilidade no projeto</p>	<p>4. A dependabilidade deve ser integrada como parte do processo de projeto.</p> <p>5. As características de dependabilidade devem ser analisadas com outros atributos do sistema, como massa, tamanho, custo e desempenho durante a otimização do design em todas as fases do projeto.</p> <p>6. Fabricação, montagem, integração, teste e operações não devem degradar os atributos de dependabilidade introduzidos no projeto.</p>		
	<p><b>n)</b> Requisitos de dependabilidade na especificação técnica</p>	<p>5. A especificação do requisito de dependabilidade deve fazer parte dos requisitos gerais do projeto.</p> <p>6. Os requisitos de dependabilidade devem ser distribuídos, em um processo de cima para baixo, para estabelecer os requisitos de dependabilidade para os elementos de nível inferior.</p> <p>7. Os requisitos de dependabilidade devem ser aplicados durante a preparação e revisão das especificações de projeto e teste.</p> <p>8. Os requisitos de dependabilidade devem ser incluídos nas especificações técnicas e devem incluir no mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os requisitos funcionais, operacionais e ambientais,</li> </ul>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• requisitos de teste, incluindo níveis de estresse, parâmetros de teste e critérios de aceitação ou rejeição;</li> <li>• definição das margens de desempenho, fatores de redução, requisitos de dependabilidade quantitativa e qualitativa (identificação e classificação de eventos indesejáveis), sob condições ambientais especificadas;</li> <li>• a identificação de fatores humanos e como eles podem influenciar a dependabilidade durante o ciclo de vida do projeto,</li> <li>• a identificação de fatores externos, internos e de instalação que podem influenciar a dependabilidade durante o ciclo de vida do projeto,</li> <li>• o grau de tolerância a falhas de hardware ou mau funcionamento de software,</li> <li>• a detecção, isolamento, diagnóstico e recuperação do sistema de falhas e sua restauração a um estado aceitável,</li> <li>• a exigência de prevenção de falhas cruzando interfaces com consequências inaceitáveis,</li> <li>• requisitos para demonstração e qualificação de margem de tecnologia e processo,</li> </ul>		
--	--	--	--	--



Tabela A.1 - Continuação.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• exigência de estratégia de amostragem na produção seriada e para demonstração periódica de preservação de qualificação.</li> </ul>		
	<b>o) Critérios de projeto de dependabilidade</b>			
	<b>p) Geral</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. A identificação das áreas críticas do projeto e a avaliação da gravidade das consequências da falha devem ser interpretadas pelo nível em que a análise é feita.</li> <li>4. Os critérios de sucesso (às vezes referidos como “critérios de sucesso da missão”) devem ser definidos em cada nível a ser analisado.</li> </ol>		
	<b>q) Consequências</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Uma categoria de severidade deve ser atribuída para cada modo de falha identificado e analisado de acordo com o efeito da falha (consequência).</li> <li>6. As categorias de gravidade são comuns para dependabilidade e segurança de acordo com as normas ECSS-Q-ST-30 e ECSS-Q-ST-40 que abordam respectivamente os tipos de consequências de dependabilidade e segurança.</li> <li>7. As categorias de gravidade devem ser atribuídas sem consideração das disposições compensatórias</li> </ol>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>existentes para fornecer uma medida qualitativa das piores consequências potenciais resultantes da falha do item.</p> <p>8. Para análises abaixo do nível do sistema, a gravidade devido à possível propagação da falha deve ser identificada como nível 1 para confiabilidade.</p>		
	<b>r) Tolerância a falhas</b>	<p>3. Os requisitos de tolerância a falhas devem ser definidos nas especificações de desempenho.</p> <p>4. A verificação da tolerância a falhas deve abordar todos os modos de falha cuja é classificada como catastrófica, crítica e grave.</p>		
	<b>s) Abordagem de projeto</b>	<p>4. O fornecedor deve confirmar que a dependabilidade está embutida no projeto usando tolerância a falhas e margens de projeto.</p> <p>5. O fornecedor deve analisar as características de falha dos sistemas a fim de identificar as áreas de fraqueza do projeto e propor soluções corretivas.</p> <p>6. A fim de implementar aspectos de confiabilidade no projeto, as seguintes abordagens devem ser aplicadas:</p> <p><b>c) Projeto funcional:</b></p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• o uso preferido de projetos de software ou métodos que funcionaram com sucesso em aplicativos semelhantes;</li> <li>• a implementação de tolerância a falhas;</li> <li>• a implementação de detecção, isolamento e recuperação de falhas, permitindo o processamento adequado de falhas por meio de medidas dedicadas de vôo e solo, e considerando os tempos de detecção ou reconfiguração em relação aos tempos de propagação dos eventos nas piores condições;</li> <li>• a implementação do monitoramento dos parâmetros essenciais para o desempenho da missão, considerando os modos de falha do sistema em relação à capacidade real dos dispositivos de detecção, e considerando as condições ambientais aceitáveis a serem mantidas no produto.</li> </ul> <p><b>d) Projeto físico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a aplicação de regras de design comprovadas;</li> <li>• o uso seletivo de projetos que foram executados com sucesso no mesmo ambiente de missão pretendido;</li> <li>• a seleção de peças com nível de qualidade</li> </ul>	
--	--	---	--

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>de acordo com a especificação do projeto;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• o uso de redução de capacidade de peças EEE e margens de tensão para peças mecânicas;</li> <li>• o uso de técnicas de projeto para otimizar a redundância (enquanto mantém a complexidade do projeto do sistema o mais baixo possível);</li> <li>• a garantia de que o equipamento embutido pode ser inspecionado e testado;</li> <li>• a disponibilização de acessibilidade ao equipamento.</li> </ul>		
	Classificação de Criticidades			
	<p><b>t)</b> Classificação de funções críticas, hardware e operações</p>	<p>5. Durante a fase de projeto preliminar, o fornecedor deve classificar as funções de acordo com sua criticidade.</p> <p>6. A classificação das funções, deve ser submetida à aprovação do cliente.</p> <p>7. A criticidade das funções deve estar diretamente relacionada à gravidade das consequências resultantes da falha da função.</p> <p>8. A maior severidade identificada de consequências de falha deve determinar a criticidade da função.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p><b>u) Atribuição da categoria de criticidade de software</b></p>	<p>7. A categoria de criticidade de uma produto de software deverá ser atribuído, com base na criticidade atribuída à função mais crítica que implementa de acordo com ECSS-Q-ST-30C.</p> <p>8. A categoria de criticidade dos produtos de software deve ser atribuído, considerando o projeto geral do sistema e, em particular, se hardware, software ou meios operacionais existir, Incluindo provisões compensatórias, que pode prevenir falhas de sistema causadas por software ou mitigar suas consequências.</p> <p>9. A eficácia das disposições compensatórias com o objetivo de reduzir a categoria de criticidade do software a uma categoria inferior do que na ausência de disposições compensatórias deve ser demonstrada em todas as condições, excluindo falhas das próprias disposições compensatórias.</p> <p>10. Em todas as situações, haverá tempo suficiente para que as provisões compensatórias intervenham de forma a prevenir ou mitigar a falha em questão.</p> <p>11. Caso as disposições de compensação contenham software, este software deve ser classificado na categoria de criticidade correspondente à maior gravidade da falha consequente e riscos que eles</p>		
--	---	--	--	--

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>previnem ou mitigam.</p> <p>12. A avaliação probabilística de falhas de software não deve ser usada como um critério para atribuição de categoria de criticidade de software.</p>		
	<p><b>v)</b> Envolvimento no processo de teste</p>	<p>3. O fornecedor deve garantir que os aspectos de dependabilidade sejam cobertos em todos os planejamentos e análises de desenvolvimento, qualificação e teste de aceitação, incluindo a preparação de especificações e procedimentos de teste e a avaliação dos resultados dos testes.</p> <p>4. A disciplina de dependabilidade deve apoiar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• definição das características e objetivos do teste,</li> <li>• seleção de parâmetros de medição, e</li> <li>• avaliação estatística dos resultados dos testes</li> </ul>		
	<p><b>w)</b> Envolvimento em aspectos operacionais</p>	<p>6. O fornecedor deve garantir que a dependabilidade possui pessoal qualificado e:</p> <p>7. contribuir para a definição do manual de operações e procedimentos,</p> <p>8. revisar o manual de operações e procedimentos para verificação de consistência com análises da</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>dependabilidade.</p> <p>9. Os procedimentos para as operações devem ser analisados para identificar e avaliar os riscos associados às operações, sequências e situações que podem afetar o desempenho da dependabilidade.</p> <p>10. As análises mencionadas deve levar em consideração o ambiente técnico e humano, e verificar se os procedimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluem disposições para enfrentar situações anormais e fornecer as medidas de salvaguarda necessárias;</li> <li>• não comprometem a dependabilidade do equipamento;</li> <li>• estão de acordo com as disposições de manutenção estabelecidas;</li> <li>• incluem disposições para minimizar falhas devido a erros humanos.</li> </ul>		
	<p><b>x)</b> Recomendações de dependabilidade</p>	<p>5. O fornecedor deve estabelecer e manter um sistema para rastrear as recomendações de dependabilidade, a fim de apoiar o processo de redução de risco.</p> <p>6. Todas as recomendações devem ser justificadas, documentadas e rastreadas.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>7. Devem ser fornecidas evidências formais de aceitação ou rejeição da recomendação pela administração do fornecedor.</p> <p>8. Uma recomendação de confiabilidade aceita deve ser implementada na documentação correspondente relevante.</p>		
Desenvolvimento, manutenção e implementação do Plano de Garantia de Dependabilidade				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>seu objetivo é fornecer informações sobre os aspectos organizacionais e a abordagem técnica para a execução do Programa de Dependabilidade e descrever como as disciplinas e atividades relevantes são coordenadas e integradas para cumprir totalmente os requisitos.</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>identifica e une todas as tarefas, incluindo planejamento, previsões, análises, demonstrações e define os métodos e as técnicas para cumprir os requisitos de dependabilidade.</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>identifica ainda o principal responsável pela Garantia de Dependabilidade e detalhes das fases aplicáveis, produtos e hardware</li> </ul>			



Tabela A.1 - Continuação.

	ou software.		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• deve incluir, no mínimo:</li> </ul>		
	g. lista contendo todos os documentos – normas, etc. aplicáveis e de referência utilizados na definição ou adaptação dos requisitos de dependabilidade;		
	h. lista de todos os requisitos de dependabilidade do projeto, derivados ou adaptados dos documentos aplicáveis e de referência;		
	i. descrição da organização da Garantia de Dependabilidade e de sua gestão, incluindo a definição de responsáveis;		
	j. descrição da atuação da Garantia de Dependabilidade no gerenciamento do contrato ou nas relações com o fornecedor;		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>k. definição das tarefas sob a responsabilidade da Garantia de Dependabilidade em cada fase do projeto para garantia do cumprimento dos requisitos de dependabilidade;</p> <p>l. definição dos relatórios e seus conteúdos a serem emitidos pela Garantia de Dependabilidade e quando devem ser emitidos no ciclo de vida do projeto.</p>		
	8) Avaliação e controle de riscos de dependabilidade		
	h. identificação e classificação de eventos indesejáveis de acordo com a gravidade de suas consequências;		
	i. análise de cenários de falha, determinação de modos de falha relacionados, origens ou causas de falha;		
	j. classificação da criticidade das funções e produtos associados de		

Tabela A.1 - Continuação.

	acordo com a gravidade das consequências de falha relevantes;		
	k. definição de ações e recomendações para avaliação detalhada de risco, eliminação de risco ou redução de risco e controle a um nível aceitável;		
	l. status de redução de risco e aceitação de risco;		
	m. implementação de redução de risco;		
	n. verificação da redução do risco e avaliação dos riscos residuais.		
	<p>9) Identificação e Controle dos Itens Críticos de Dependabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a revisão de toda a documentação de projeto, fabricação e teste relacionada a funções críticas, itens e procedimentos críticos;</li> </ul>		

continua

Tabela A.1 - Continuação.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• apresentação de dependabilidade em Conselhos de Revisão relevantes para garantir que as disposições levem em consideração seu nível de criticidade.</li> </ul>		
	10)Revisões de projeto		
	A organização deve garantir que todos os dados de dependabilidade sejam apresentados em uma revisão do projeto.		
	<b>Safety (Segurança)</b>		
	<b>Organização da Segurança</b> requisitos do programa de Segurança,		

continua

Tabela A.1 - Continuação.

	<b>y)</b> Escopo	<p>5. fornecedor deve estabelecer e manter um programa de segurança para garantir a conformidade com a política e os requisitos de segurança do projeto</p> <p>6. O programa de segurança deve estabelecer um sistema de gestão de segurança para implementar as disposições desta Norma - compatível com os requisitos do programa e adaptado pelo cliente.</p>		
	<b>z)</b> Plano de programa de segurança	<p>4. O fornecedor deve estabelecer e manter um plano de programa de segurança em conformidade com a ECSS-Q-ST-40C.</p> <p>5. O fornecedor deve abranger, em seu plano de programa de segurança, as tarefas de segurança para as fases do projeto.</p>		
	<b>aa)</b> Conformidade	<p>6. O fornecedor deve cumprir todos os regulamentos de segurança nacionais ou internacionais aplicáveis.</p>		
<b>Organização de segurança</b>				
	<b>bb)</b> Gerente de segurança	<p>3. Cada fornecedor deve nomear um gerente de segurança com treinamento ou experiência</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>apropriados.</p> <p>4. O gerente de segurança deve ter autoridade organizacional e independência para: a) estabelecer e manter o programa, gerenciar todos aspectos da garantia de segurança e coordenar interfaces.</p>		
	<b>cc) Acesso e autoridade do gerente de segurança</b>	<p>2. O gerente de segurança deve ter o direito de acesso aos dados relacionados a segurança, sem restrição organizacional.</p>		
	<b>dd) Autoridade</b>	<p>2. O gerente de segurança ou autoridade relevante de segurança deve ter autoridade para rejeitar qualquer documento do projeto e interromper as operações perigosas quando ficar claro pelo Gerente de Segurança que a operação não está em conformidade com as medidas acordadas.</p>		
	<b>ee) Auditorias de segurança</b>	<p>2. O fornecedor deve realizar auditorias ou análises de segurança para verificar a conformidade com a política e os requisitos de segurança do projeto</p>		
	<b>ff) Aprovação da documentação</b>	<p>2. A documentação relacionada à segurança deve ser aprovada pelo gerente de segurança após sua verificação de integridade, conformidade os requisitos de segurança declarados e</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		encerramento formal de itens de verificação de segurança abertos.		
	<b>gg)</b> Aprovação de operações perigosas	2. O gerente de segurança (ou um representante designado) deve ter concluído a revisão e aprovado qualquer operação perigosa antes de ser executada.		
	<b>hh)</b> Representação em conselhos	3. O gerente de segurança ou delegado designado deve ser representado nos comitês de controle de configuração (CCBs), comitês de revisão de não conformidade (NRBs), comitês de revisão de teste (TRBs) e nas revisões de qualificação e aceitação, onde os requisitos de segurança e funções críticas de segurança estão envolvidas. 4. A função de segurança deve ser ainda representada em todos os conselhos que tratam de questões de saúde onde os limites de exposição ou resistência são definidos.		
	<b>ii)</b> Avaliação e controle de risco de segurança	4. A identificação, redução e controle de riscos de segurança devem fazer parte do processo de gerenciamento de riscos do projeto. 5. A identificação, redução e controle de riscos de segurança deve ser um processo contínuo e		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>iterativo ao longo do ciclo de vida do projeto.</p> <p>6. Para a identificação de perigos e riscos de segurança associados, deve-se levar em consideração a experiência anterior, estudos, testes de solo e de vôo, análises críticas, o processo industrial, bem como o uso operacional.</p>		
	<b>jj)</b> Itens críticos de segurança	<p>2. Os itens críticos de segurança devem fazer parte do programa geral de controle de itens críticos do projeto, conforme especificado em ECSS-Q-ST-10-04</p>		
<b>Fases do projeto e ciclo de revisão de segurança</b>				
	<b>kk)</b> Fase 0 - Análise de missão / identificação de necessidades -	<p>2. A análise de segurança deve apoiar a identificação de fontes de risco de segurança, bem como o desempenho de análises preliminares de trade-off entre conceitos de sistema alternativos</p>		
	<b>ll)</b> Fase A - Viabilidade	<p>3. A análise de segurança deve apoiar as análises de compensação para chegar ao conceito que tem risco de segurança aceitável, considerando as restrições do projeto e da missão.</p> <p>4. A tecnologia de projeto selecionada e o conceito operacional a ser implementado devem ser selecionados com base nos dados de análise para a arquitetura de sistema mais segura para eliminar</p>		



Tabela A.1 - Continuação.

		ou reduzir os riscos a níveis aceitáveis.		
	<b>mm)</b> Fase B - Definição preliminar	<p>4. A análise de segurança deve apoiar uma otimização de segurança e das operações do sistema e a identificação dos requisitos técnicos de segurança e sua aplicabilidade.</p> <p>5. A análise também deve fornecer entradas para a avaliação de risco de segurança em apoio a identificação dos contribuintes de risco no projeto e no conceito operacional.</p> <p>6. As seguintes tarefas do programa de segurança devem ser aplicadas aos programas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atualizar a análise de perigos em apoio ao projeto e atividades de definição do conceito de missão.</li> <li>• Atualizar a identificação das funções críticas.</li> <li>• Atualizar a avaliação de risco de segurança</li> <li>• Plano de verificação da implementação dos requisitos de segurança.</li> <li>• Elaborar o plano de segurança para a definição detalhada, fase de produção e qualificação.</li> </ul>		
	<b>nn)</b> Fase C / D - Definição detalhada, produção e teste de qualificação	<p>3. A análise de segurança deve apoiar o projeto detalhado, produção, qualificação, teste.</p> <p>4. Abaixo um resumo da tarefas do programa de</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>segurança devem ser aplicadas aos programas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar análise detalhada de risco no nível do sistema;</li> <li>• Atualizar os requisitos técnicos de segurança do projeto para incorporar os resultados das análises de segurança;</li> <li>• Garantir que a implementação do projeto e o programa de verificação cobrem as atividades de verificação de controle de perigos identificados.</li> <li>• Monitorar a verificação da implementação dos requisitos de segurança</li> <li>• Apoiar a revisão crítica do projeto, a revisão da qualificação e a revisão da aceitação.</li> <li>• Realizar relatórios e investigações de incidentes de acidentes</li> </ul>		
	<p><b>oo) Fase E - Utilização</b></p>	<p>3. A análise de segurança deve avaliar o projeto e as mudanças operacionais quanto ao impacto na segurança, garantindo que as margens de segurança sejam mantidas e que as operações sejam conduzidas dentro do risco aceito.</p> <p>4. A análise também deve apoiar a avaliação de anomalias operacionais quanto ao impacto na segurança e a avaliação contínua das tendências de risco.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p><b>pp) Fase F - Eliminação</b></p>	<p>3. A análise de segurança deve avaliar todas as operações de descarte e perigos associados</p> <p>4. As soluções de descarte devem ser identificadas que atendam aos requisitos de segurança do projeto</p>		
	<p><b>qq) Reuniões de progresso</b></p>	<p>3. O fornecedor deve realizar reuniões regulares de status de segurança e progresso com o cliente e seus fornecedores de nível.</p> <p>4. Os especialistas relevantes do cliente e do fornecedor devem participar das reuniões.</p>		
	<p><b>rr) Avaliações de segurança</b></p>	<p>3. O cliente deve definir, conduzir e presidir as análises de segurança para garantir a implementação satisfatória do programa de segurança e dos requisitos técnicos de segurança.</p> <p>4. Cada fornecedor participante de uma revisão de segurança deve preparar e enviar para revisão o pacote de dados de segurança</p>		
	<p><b>ss) Demonstração de conformidade de segurança</b></p>	<p>3. O fornecedor deve apresentar uma declaração de conformidade de segurança para demonstrar que os elementos do sistema espacial estão em conformidade com os requisitos de segurança</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>declarados.</p> <p>4. O fornecedor deve mostrar em sua declaração de conformidade de que as verificações abertas são acompanhadas no registro de rastreamento de verificação de segurança.</p>		
	<b>tt)</b> Treinamento de segurança	<p>3. O treinamento de segurança deve fazer parte do treinamento geral de acordo com ECSS-Q-ST-20.</p> <p>4. Todo o treinamento relacionado à segurança de qualquer pessoal que trabalhe - permanente ou ocasionalmente - com elementos do sistema que podem ter propriedades perigosas deve ter três aspectos principais: conscientização geral sobre medidas de segurança, treinamento técnico básico nas técnicas e habilidades de segurança e treinamento específico do produto</p>		
	<b>uu)</b> Treinamento específico do produto	<p>3. O fornecedor deve identificar a necessidade de treinamento de segurança específico do produto.</p> <p>4. O fornecedor deve informar o cliente sobre qualquer treinamento de segurança</p>		
	<b>vv)</b> Registros de treinamento	<p>2. O fornecedor deve manter registros do pessoal que recebeu treinamento de segurança.</p>		
	<b>Componentes Elétricos, Eletrônicos e Eletromecânico (EEE)</b>			

Tabela A.1 - Continuação.

	<b>Utilização de Itens “Off-the-Shelf” (OTS)</b>		
	componentes Classe 1		
	Gerenciamento de programas de componentes		
	<b>j) Geral</b>	2. O fornecedor deve estabelecer e implementar durante a vigência do acordo comercial um programa de componentes que garanta que os requisitos do projeto, conforme definido pelo cliente e pelo fornecedor, estejam em conformidade com os requisitos.	
	<b>k) Programa de controle de componentes</b>	2. O fornecedor deve identificar a organização responsável pela gestão do programa do componente e descrever as abordagens da organização (incluindo o sistema de aquisição e sua lógica).	
	<b>l) Comitês de controle de Partes</b>	2) A aprovação da seleção e uso de peças EEE deve ser implementada por meio de comitês de controle de peças (PCBs) mantidas entre o cliente e o fornecedor.	

Tabela A.1 - Continuação.

	<b>m)</b> Lista de componentes declarada	2) Para cada equipamento, seu fornecedor deverá emitir uma lista de componentes declarada, identificando todos os tipos de componentes necessários		
	<b>n)</b> Componentes elétricos e mecânicos do GSE	4) Os componentes EEE usados em GSE, que estão fisicamente e diretamente em interface com o hardware de vôo, devem estar conforme requisitos.		
<b>Seleção, avaliação e aprovação de componentes</b>				
	<b>o)</b> Geral	2) O fornecedor deve garantir que os requisitos de projeto, produção e operacionais sejam atendidos durante seu processo de seleção.		
	<b>p)</b> Seleção de fabricante e componente	3) Os componentes EEE usados em GSE, que estão fisicamente e diretamente em interface com o hardware de vôo, devem estar de acordo com os requisitos espaciais.		
	<b>q)</b> Avaliação de componentes	2) fornecedor deve realizar uma avaliação nos componentes.		

continua

Tabela A.1 - Continuação.

	r) Aprovação de peça	2) O fornecedor deve documentar o procedimento para aprovação de cada tipo de componente destinado ao uso em produtos espaciais.		
	<b>Materiais, Partes Mecânicas e Processos (MPMP)</b>			
	<b>Requisitos de Gerenciamento de MPMP</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>garantir que os Materiais, Partes Mecânicas e Processos usados na fabricação do produto satisfazem os requisitos funcionais de solo, de voo e as restrições do projeto;</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>apresentar ao cliente as atividades que foram realizadas para que o requisitos de fases anteriores fossem aplicados, juntamente com os resultados obtidos, de forma a obter o status de qualificação e validação dos processos.</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>organizar o Comitê de Controle de Materiais, Partes Mecânicas e Processos - PARTS, MATERIALS AND PROCESS CONTROL</li> </ul>			

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>BOARD (PMPCB) em todos os fornecedores com a tarefa de revisar e aprovar os processos, materiais e partes mecânicas conforme especificado.</p> <p><b>Listas Declaradas de Materiais, Partes Mecânicas e Processos</b></p>		
	<b>Controle de Materiais</b>		
	<b>Controle de Partes Mecânicas</b>		
	<b>Controle de Processos</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os processos a serem utilizados devem constar da Lista Declarada de Processos;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os processos devem ser qualificados antes de serem utilizados;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O processo de qualificação contempla:</li> </ul>		



	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A elaboração de um procedimento para o processo, onde são definidos o material, os equipamentos e acessórios a serem utilizados, o pessoal envolvido, as operações, passo a passo, a serem realizadas e ainda as verificações, medidas e especificações, incluindo tolerâncias dos requisitos. Esse procedimento deve ser analisado e aprovado pelo cliente;</li> <li>– A elaboração de um Plano de Qualificação do Processo, onde estão planejadas todas as atividades para que o processo seja qualificado, que também necessita de análise e aprovação do cliente;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A emissão, pelo fornecedor, de um Relatório de Qualificação contendo o registro das operações realizadas e os resultados obtidos e comparados com suas especificações;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A análise pelo cliente do Relatório de Qualificação. Essa análise poderá considerar o processo como qualificado;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O processo poderá perder o status de qualificado, acarretando a</li> </ul>		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>impossibilidade de sua utilização, se ocorrerem alterações no plano de qualificação, procedimento, pessoal envolvido, materiais e equipamentos ou requisitos. Nesse caso, o processo de qualificação deverá ser refeito após a alteração dos documentos envolvidos no seu plano de qualificação.</p>			
	<p>Requisitos de Materiais, Partes Mecânicas e Processos</p>			
	<p>Gerenciamento de programas de componentes</p>			
	<p><b>j) Visão geral</b></p>	<p><b>2)</b> A atividade geral do MPMP no âmbito de um projeto é resumida na norma ECSS-Q-ST-70C figura 4.1 paginas 16 e 17.</p>		
	<p><b>k) Plano MPMP</b></p>	<p><b>3)</b> O fornecedor deve preparar, manter e implementar um plano de MPMP, como parte do plano geral de PA. <b>4)</b> O plano MPMP deve ser submetido ao cliente para aprovação</p>		
	<p><b>l) Gerente MPMP e PMPCB</b></p>	<p>8. O fornecedor deve nomear um gerente de MPMP. 9. O Gerente MPMP deve garantir que Partes, Materiais, Partes Mecânicas e Processos usados satisfazem os requisitos funcionais de solo e de vôo além de relacionar as restrições do projeto.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

		<p>10. o gerente do MPMP deve apresentar ao cliente as atividades que foram realizadas em conformidade com os requisitos e os resultados obtidos.</p> <p>11. O gerente do MPMP deve organizar em todos os fornecedores com o objetivo de revisar e aprovar os Materiais, Partes Mecânicas e Processos.</p> <p>12. A atividades de PMPCB deve começar o mais tardar na PDR.</p> <p>13. O Gerente do MPMP deve concordar com o cliente sobre as atividades do PMPCB no PDR.</p> <p>14. As tarefas mínimas do PMPCB são as seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordenação da abertura e aprovação de RFAs.</li> <li>• Revisão e aprovação do programa de teste e resultados relacionados.</li> <li>• Revisão preliminar de materiais declarados, listas de peças mecânicas e processos para apoiar a aprovação, no PDR.</li> <li>• Revisão e aprovação de Materiais Declarados, Materiais, Partes Mecânicas e Processos para a aprovação pelo CDR.</li> <li>• Revisão e aprovação de qualquer mudança nas listas aprovadas de materiais declarados, peças mecânicas e processos.</li> </ul>		
	<p>Gestão e consolidação das atividades</p>			

Tabela A.1 - Continuação.

	<p><b>m)</b> Estabelecimento e processamento de listas</p>	<p><b>2)</b> Cada fornecedor e subfornecedor deve estabelecer, coletar, revisar e entregar os materiais declarados, peças mecânicas e listas de processos, incluindo todos os itens destinados ao uso no equipamento de voo.</p>		
	<p><b>n)</b> Gestão das listas</p>	<p><b>2)</b> O fornecedor deve documentar todos os materiais na lista de materiais declarados.  <b>5)</b> O fornecedor deve documentar todas as peças mecânicas na lista de peças mecânicas declaradas.  <b>6)</b> O fornecedor deve documentar todos os processos na lista de processos declarados.</p>		
	<p><b>o)</b> Papel e responsabilidades do fornecedor</p>	<p><b>2)</b> O fornecedor deve realizar a obtenção de listas corretas e completas de fornecedores de nível inferior.</p>		
	<p><b>p)</b> Restrições técnicas</p>	<p><b>2)</b> Materiais, Partes Mecânicas e Processos deve satisfazer os requisitos funcionais da missão e também as restrições.</p>		
	<p><b>q)</b> Perigoso para a segurança mecânico peças e materiais</p>	<p><b>3)</b> Quando materiais GSE ópticos, mecânicos ou elétricos são usados em vácuo térmico ou interface com hardware de voo, degradação será avaliado.</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	r) Seleção de materiais e processos espaciais	2) Para a seleção de materiais e processos espaciais, ECSS-Q-ST-70-71 deve ser aplicado.		
	<b>Garantia do Produto de Software</b>			
	a norma estabelece como responsabilidades do fornecedor			
	8. O desenvolvimento, coordenação, implementação e manutenção de um Programa de Garantia de Produto de Software que garanta a definição de uma estrutura organizacional para o desenvolvimento de software e que os indivíduos envolvidos na estrutura tenham tarefas e responsabilidades definidas.			
	9. A revisão dos requisitos do projeto de maneira a poder estabelecer e tomar providências oportunas na aquisição ou desenvolvimento dos recursos e habilidades para a equipe administrativa e técnica.			
	10. A definição e documentação da responsabilidade, da autoridade e da inter-relação do pessoal que gerencia, executa e verifica o trabalho que afeta a qualidade do software e também as responsabilidades e as			

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>interfaces de cada organização, externa ou interna, envolvida em um projeto.</p> <p>11. A identificação do pessoal responsável pela garantia do produto de software para o projeto (gerente / engenheiro de SW), garantindo que esse pessoal se reporte ao gerente do projeto (por meio do gerente de garantia do produto do projeto, se houver) e tenha autoridade organizacional e independência para propor e manter um programa de garantia de produto de software de acordo com os requisitos de garantia de produto de software do projeto e ainda, tenha acesso desimpedido à alta administração, conforme necessário, para cumprir suas funções.</p>		
	<p>12. O fornecimento dos recursos adequados necessários para a execução das tarefas de garantia do produto de software.</p> <p>13. Definição das disciplinas de treinamento de pessoal, baseado nas ferramentas, técnicas, metodologias e recursos computacionais específicos a serem utilizados no desenvolvimento e gerenciamento do produto de software, visando garantir que o pessoal seja devidamente</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>treinado nas disciplinas definidas e que esteja disponível em tempo hábil para a execução das atividades e tarefas planejadas.</p> <p>14. Garantir que as análises e auditorias de processos e produtos sejam realizadas por pessoal não diretamente envolvido no trabalho executado.</p>		
	<p>Programa de Garantia de Produto de Software deve observar as seguintes premissas</p>		
	<p>11. Deve ser desenvolvido um Plano de Garantia de Produto de Software que contemple os requisitos de garantia de produto de software. Esse plano deve ser um documento independente ou uma seção do seu Plano Geral de Garantia do Produto.</p>		
	<p>12. Quaisquer manuais, padrões ou procedimentos internos referidos pelo plano de garantia do produto de software devem se tornar uma parte integrante do seu programa de garantia do produto de software.</p>		
	<p>13. O plano de garantia do produto de software deve ser revisado e</p>		

Tabela A.1 - Continuação.

	<p>atualizado, conforme necessário, em cada etapa do projeto, para se ter a garantia de que as atividades a serem realizadas na fase seguinte estejam totalmente definidas.</p> <p>14. Antes da análise da aceitação, o fornecedor deve complementar o plano de garantia do produto de software para especificar as medidas de qualidade relacionadas para as operações e processos de manutenção, ou emitir um plano de garantia de produto de software específico.</p> <p>15. Deve ser preparada, junto com o plano de garantia do produto de software, uma matriz de conformidade documentando a conformidade com os todos os requisitos de garantia do produto de software aplicáveis ao projeto ou conforme o acordo comercial. Essa matriz deve, para cada requisito de garantia de produto de software, fornecer uma referência ao documento onde ele está definido.</p>		
	<p>16. O status da implementação do programa de garantia do produto de software deve, se apropriado, ser relatado regularmente, como parte do relatório geral de garantia do produto do projeto.</p>		



Tabela A.1 - Continuação.

	17. Em cada revisão de projeto deve ser apresentado um relatório cobrindo as atividades de garantia de produto de software realizadas durante as fases anteriores do projeto.		
	18. Devem ser programadas auditorias, a serem realizadas por pessoal qualificado e alheio ao projeto.		
	19. Deve ser previsto um processo de emissão de alertas do projeto.		
	20. Devem ser definidos e implementados procedimentos para registro, análise e correção de todos os problemas de software encontrados durante o desenvolvimento do software.		
	programa de garantia de produto de software		
	<b>d) Organização</b>	<b>2)</b> O fornecedor deve garantir que uma estrutura organizacional seja definida para apoiar o desenvolvimento de software e que os indivíduos	

Tabela A.1 - Continuação.

		tenham tarefas e responsabilidades definidas.		
	e) responsabilidade e autoridade	2) A responsabilidade, a autoridade e a inter-relação do pessoal que gerencia, executa e verifica o trabalho que afeta a qualidade do software deve ser definida e documentada.		
	f) Treinamento	3) O fornecedor deve revisar os requisitos do projeto para estabelecer e tomar providências oportunas para adquirir ou desenvolver os recursos e habilidades para as equipes. 4) O fornecedor deve manter registros de treinamento.		
Gerenciamento do programa de garantia de produto de software				
	h) Planejamento e controle de garantia de produto do software	2) O fornecedor deve desenvolver um plano de garantia de produto de software em resposta aos requisitos de garantia de produto de software. 3) O plano de garantia do produto de software deve ser um documento independente ou uma seção do plano geral de garantia do produto do fornecedor. 4) O fornecedor deve fornecer com o plano de garantia do produto de software uma matriz de conformidade registrando o atendimento aos requisitos de garantia do produto de software.		

Tabela A.1 - Continuação.

		5) Para cada requisito de garantia de produto de software, a matriz de conformidade deve fornecer uma referência ao documento onde é demonstrada a saída esperada desse requisito.		
	i) Relatório de garantia do produto de software	<p>1) O fornecedor deve relatar regularmente sobre o status da implementação do programa de garantia do produto de software, se apropriado, como parte do relatório geral de garantia do produto do projeto contendo,:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• uma avaliação da qualidade atual do produto e processos, definido no plano de garantia do produto de software;</li> <li>• verificações realizadas;</li> <li>• problemas detectados;</li> <li>• problemas resolvidos.</li> </ul>		
	j) Auditorias	2) Para auditorias de software o fornecedor deve apresentar um Plano de auditoria contendo inclusive cronograma.		
	k) Alertas	2) Para alertas de software o fornecedor deve documentar e informar os alertas, mesmo que		

Tabela A.1 - Conclusão.

		preliminares		
	l) Problemas de software	2) O fornecedor deve definir e implementar procedimentos para registro, análise e correção de todos os problemas de software encontrados durante o desenvolvimento do software.		
	m) Não conformidades	2) O Fornecedor deve elaborar procedimento de tratamento de NCR SW como parte do plano de garantia do produto de software. 4) Emitir relatórios de não conformidades.		
	n) Requisitos de qualidade e modelos de qualidade	3) O fornecedor deve elaborar procedimento para especificar os requisitos de qualidade do software.		