



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/11.07.17.54-TDI

**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
(FMEP) A PROJETOS**

Ana Paula de Sá Santos Rabello

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza, aprovada em 23 de novembro de 2016.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MP6RNL>>

INPE
São José dos Campos
2017

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@inpe.br

COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):

Presidente:

Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

Membros:

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (CTE)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação de Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SID) **BIBLIO-**

TECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/11.07.17.54-TDI

**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
(FMEP) A PROJETOS**

Ana Paula de Sá Santos Rabello

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza, aprovada em 23 de novembro de 2016.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MP6RNL>>

INPE
São José dos Campos
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Rabello, Ana Paula de Sá Santos.

R112n 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 / Ana Paula de Sá Santos Rabello. – São José dos Campos : INPE, 2017.

xlvi + 298 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/11.07.17.54-TDI)

Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

Orientador : Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza.

1. Confiabilidade. 2. Disponibilidade. 3. Manutenibilidade. 4. Dependabilidade. 5. Fluxo de processo. I.Título.

CDU 629.7.017



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/).

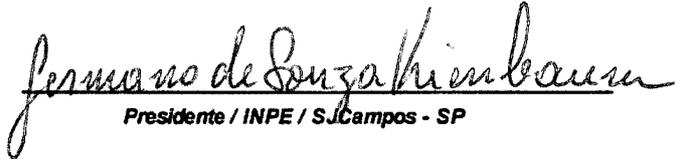
Aluno (a): **Ana Paula de Sá Santos Rabello**

"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 (FMEP) A PROJETOS"

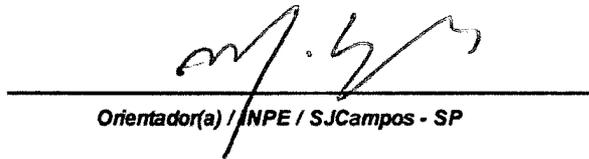
Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Doutor(a)** em

**Engenharia e Tecnologia
Espaciais/Gerenciamento de Sistemas
Espaciais**

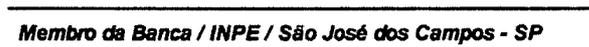
Dr. Germano de Souza Kienbaum


Presidente / INPE / SJCampos - SP

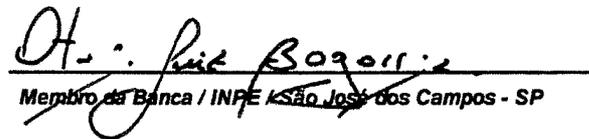
Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza


Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Leonel Fernando Perondi


Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

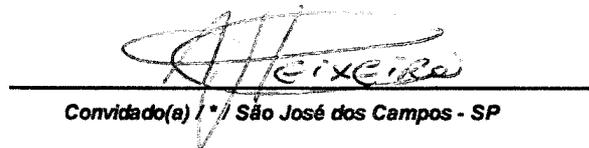
Dr. Otávio Luiz Bogossian


Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Fernando José de Oliveira Moreira


Convidado(a) / EMBRAER / SJCampos - SP

Dr. Adilson Jesus Teixeira


Convidado(a) / * / São José dos Campos - SP

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

*"Aqueles que passam por nós,
não vão sós,
não nos deixam sós.
Deixam um pouco de si,
levam um pouco de nós."*

(Antoine de Saint-Exupéry)

A meus pais Margarida e Homero, a meu esposo Alexander, e a meus filhos Arthur e Yuri.

AGRADECIMENTOS

"Agradecer é uma arte. Só o faz, verdadeiramente, quem vê, sente e vive a vida como um presente, uma possibilidade. Agradecer é a capacidade de reconhecer a importância do outro na sua vida (**Ederson Iarochovski**)."

Agradeço:

A Deus pela vida.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pela oportunidade me dada para o desenvolvimento deste trabalho, através do apoio do Coordenador da Área de Engenharia e Tecnologia Espacial, Amauri Silva Montes, e da Chefe do Serviço da Engenharia da Qualidade, Suely Mitsuko Hirakawa Gondo.

Ao Professor **Marcelo Lopes de Oliveira e Souza** pela orientação deste trabalho. Orientação verdadeira, resultante de muita dedicação, e comprometimento com a minha formação intelectual e técnica. Características de um **verdadeiro mestre**.

A todos os membros da Banca Examinadora.

A todos os professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais – Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais.

À Edleusa Aparecida Ferreira e à Valdirene Moreira de Paula pelo apoio me dado para o cumprimento de todas as etapas administrativas deste processo.

Aos Engenheiros Mário Luiz Selingardi, Lucas Lopes Costa e Cristiane Mariano Zavati Silva pelo tempo dedicado à avaliação de parte deste trabalho.

À Mônica Elizabeth Rocha de Oliveira, Marcela Soares Servo Camargo, Carlos Alberto Monteiro Barbosa dos Santos pelo apoio despendido para buscar e preparar dados de desenvolvimento de subsistemas dos satélites CBERS 3&4.

Ao David Cristiano dos Santos pelo apoio despendido para que o sistema Windchill pudesse fazer parte deste trabalho como exemplo de ferramenta computacional.

Aos meus amigos de sala Silvio Manea, Paula Renta dos Reis Aranha e mais uma vez ao Lucas Lopes Costa pelo o companheirismo.

Ao Fernando Antonio Pessotta pelas várias horas de discussões sobre técnicas para avaliação de falhas.

À Dinah Eluze Sales Leite pela disposição em discutir sobre “Cenários de Desenvolvimento de Projetos”.

Ao Elaino Kelson Teixeira Silva pela verificação dos "Diagramas de Processos" apresentados no Capítulo 8.

À Yolanda Ribeiro da Silva Souza e André Luis Dias Fernandes pela revisão deste trabalho.

A minha mãe que sempre acreditou que este trabalho chegaria ao fim.

A meu amado esposo por todo o apoio e companheirismo.

A meus filhos, que nunca desistiram de mim quando, por muitas e muitas vezes, eu tive que deixá-los para realizar este trabalho.

A todos que torceram para que este trabalho fosse finalizado.

RESUMO

Sistemas complexos e/ou altamente integrados necessitam da (1ª motivação): avaliação da Dependabilidade (Confiabilidade, Manutenibilidade, Disponibilidade, etc.) durante todo o seu ciclo de vida. Os projetos destes sistemas possuem três conjuntos fundamentais de atividades: gerenciais, técnicas e de qualidade. Estas atividades são organizadas em processos. A literatura recente aponta que as funções, responsabilidades, e autoridades do Gerenciamento de Projetos e da Engenharia de Sistemas estão fortemente acopladas. Representantes do *Project Management Institute (PMI)* e do *International Council on Systems Engineering (INCOSE)* compartilham a opinião que o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas compartilham objetivos vitais, mas reconhecem também que (2ª motivação): há muitos anos existe uma barreira cultural entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas. Consequentemente, o trabalho conjunto muitas vezes tem maior custo, necessita de mais tempo e fornece uma solução não ótima para o cliente ou usuário final. A *Defense Acquisition University (DAU)* após uma extensa análise estatística baseada em projetos do *U.S. Department of Defense (DoD)*, concluiu que (3ª motivação): o crescimento do custo comprometido do projeto é muito maior que o custo despendido nas fases iniciais; e também que o custo para eliminar os defeitos é menor nas fases iniciais do projeto. Particularmente, o INPE necessita que (4ª motivação): se melhorem os processos atuais de gerenciamento e engenharia de subsistemas de satélites, por exemplo, incorporando o que há de melhor nos processos do PMI e INCOSE, e nos padrões da ECSS (seguidos pelo INPE). Assim, neste trabalho o problema que se objetiva resolver é reduzir as não conformidades e retrabalhos dos aspectos de Dependabilidade de um sistema, advindas de análises tardias ou inexistentes e da interação pouca ou inexistente entre o Gerenciamento de Projetos e Engenharia de Sistemas, propondo 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 (FMEP) a projetos. Isto inclui: antecipar análises, acrescentar análises aos processos examinados, aumentar a colaboração entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas, conectá-las a técnicas e exemplificar seu suporte com uma ferramenta. Considerando o exposto acima e o foco principal nos projetos de subsistemas de satélite desenvolvidos pelo INPE, uma aplicação e avaliação do novo processo são realizadas através de um estudo de caso referente aos satélites do programa *China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS)*. Os resultados obtidos e suas avaliações sugerem que o processo e as adaptações propostas são corretos e vantajosos em tais aplicações e admitem inúmeros aperfeiçoamentos futuros.

PROPOSING A NEW PROCESS FOR IMPROVING THE DEPENDABILITY OF SPACE SYSTEMS IN THE PHASES OF PLANNING TO DETAILED DESIGN, INCLUDING EXTENSIONS OF MARKOV DIAGRAMS (DMEP) AND FMECA (FMEP) TO PROJECTS

ABSTRACT

Complex and/or highly integrated systems require the (1st motivation): evaluation of Dependability (Reliability, Maintainability, Availability, etc.) throughout their life cycle. The designs of these systems have three main sets of activities: managerial, technical and quality. These activities are organized in processes. The recent literature suggests that the functions, responsibilities, and authorities of the Project Management and the Systems Engineering are strongly coupled. The Project Management Institute (PMI) and the International Council on Systems Engineering (INCOSE) leaders share the opinion that the Project Management and the Systems Engineering share vital goals, but also recognize that (2nd motivation): for many years there is a cultural barrier between the Project Management and the Systems Engineering. Consequently, the joint work often has a higher cost, requires more time and provides a non-optimal solution for customers or end users. The Defense Acquisition University (DAU), after an extensive statistical analysis based on projects of the U. S. Department of Defense (DoD), concluded that (3rd motivation): the growth of the committed project cost is much greater than the cost spent in the initial stages; and also the cost to eliminate the defects is smaller in the initial stages of project. Particularly, INPE requires that (4th motivation): we improve the current management and engineering processes of satellite subsystems, for example, incorporating the best of the PMI and INCOSE processes, and the ECSS Standards (followed by INPE). So, in this work the problem which we aim to solve is to reduce non-conformities and rework aspects of Dependability of a system, arising from late or non-existent analysis and little or non-existent interaction between the Project Management and the Systems Engineering by proposing a new process for improving the Dependability of space systems in the Phases of Planning to Detailed Design, including extensions of Markov Diagrams (DMEP) and FMECA (FMEP) to projects. This includes: to anticipate analysis, add analyses of the examined processes, increase collaboration between the Project Management and the Systems Engineering, connect them to techniques and exemplify their support with a tool. Considering the above and the main focus in satellite subsystems projects developed by INPE, an application and evaluation of the new process will be carried out through a case study of the satellites of the program China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS). The results obtained suggest that the proposed process and extensions are advantageous in such applications and admit numerous future improvements.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1.1: Exemplos de ciclos de vida de satélites.....	1
Figura 1.2: Engenharia de Sistemas colaborativa com o Gerenciamento de Projeto.....	3
Figura 1.3: Sobreposição de responsabilidades dos gerentes de programa e engenheiros chefe de sistemas.....	5
Figura 1.4: Custos de um projeto durante o ciclo de vida.	6
Figura 1.5: Interfaces de atuação da Engenharia de Sistemas e do Gerenciamento de Projetos com ênfase na Engenharia e Garantia da Dependabilidade.	8
Figura 2.1: A árvore da Dependabilidade.....	18
Figura 2.4: Arquitetura do conhecimento em CT ² P.	25
Figura 2.5: Exemplo de Diagrama IDEF0	29
Figura 2.6: Ciclo de vida típico de projeto.....	33
Figura 3.1: Distribuição das causas de falhas em sistemas eletrônicos.....	35
Figura 3.2: Cadeias de fornecimento para componentes eletrônicos em 1984.	37
Figura 3.3: Cadeias de fornecimento para componentes eletrônicos em 2000.	38
Figura 4.2: Diagrama padrão para mostrar o fluxo da informação.....	49
Figura 4.3: Fluxo dos processos de projeto de subsistema e equipamento sob a ótica da Confiabilidade para a Fase de Planejamento.....	50
Figura 4.4: Fluxo dos processos de projeto de subsistema e equipamento sob a ótica da Confiabilidade para as Fases de Projeto Preliminar e Projeto Detalhado.	51
Figura 4.5: Diagrama de fluxo de informação: Processo Planejar o Gerenciamento sob a ótica da Confiabilidade.....	52

Figura 4.6: Diagrama de fluxo de informação: Processo Realizar o Gerenciamento sob a ótica da Confiabilidade.....	54
Figura 4.7: Diagrama de fluxo de informação: Processo Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade.....	55
Figura 4.8: Diagrama de fluxo de informação: Processo Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade.	56
Figura 4.9: Diagrama de fluxo de informação do processo: Planejar a Garantia do Produto.....	57
Figura 4.10: Diagrama de fluxo de informação: Processo de Implementação.	59
Figura 4.11: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e Controlar o Projeto sob a ótica da Confiabilidade.	61
Figura 4.12: Diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar a Predição da Confiabilidade.....	63
Figura 4.13: Diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar a FMEA.	64
Figura 4.14: Diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar a Redução de Esforços (<i>Derating</i>) dos componentes EEE.	66
Figura 4.15: Diagrama de fluxo de informação do processo: Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade.	67
Figura 4.16: Estrutura da Divisão do Trabalho dos satélites CBERS 3&4.	69
Figura 4.17: Estrutura da Divisão do Trabalho do programa CBERS 3&4 – Segmento Espacial.....	70
Figura 5.1: Processos de gerenciamento do PMBOK.	79
Figura 5.2: Interferência dos processos de Gerenciamento de Projeto nos processos de Garantia e Engenharia da Dependabilidade e vice-versa.	80
Figura 5.3: Interferência dos processos de gerenciamento nos processos de Garantia e Engenharia da Dependabilidade e vice-versa.	80

Figura 5.4: Diagrama padrão para mostrar o fluxo da informação.....	83
Figura 5.5: Diagrama do fluxo de informação do processo: Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade. ...	84
Figura 5.6: Diagrama do fluxo de informação do processo: Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade.	87
Figura 5.7: Diagrama de fluxo de informação do processo: Planejar o Gerenciamento do Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade.	89
Figura 5.9: Diagrama do fluxo de informação do processo: Sequenciar as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	92
Figura 5.10: Diagrama do fluxo de informação do processo: Desenvolver o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	94
Figura 5.11: Diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	96
Figura 5.12: Diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Gerenciamento dos Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.	98
Figura 5.13: Diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar os Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	99
Figura 5.14: Diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Gerenciamento das Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	101
Figura 5.15: Diagrama do fluxo da informação do processo: Gerenciar as Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	103
Figura 5.16: Diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Gerenciamento dos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.	104
Figura 5.17: Diagrama do fluxo de informação do processo: Identificar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	106

Figura 5.18: Diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar Respostas aos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	108
Figura 5.19: Diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	110
Figura 6.1: Processos do ciclo de vida de um sistema pela ISO/IEC 15288:2008.	113
Figura 6.2: Interferência dos processos de Engenharia de Sistemas nos processos de Garantia e Engenharia da Dependabilidade e vice-versa.	115
Figura 6.3: Interferência dos processos de gerenciamento nos processos de garantia e engenharia da Dependabilidade e vice-versa.	115
Figura 6.4: Diagrama padrão para mostrar o fluxo da informação.....	117
Figura 6.5: Diagrama do fluxo da informação do processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade.	119
Figura 6.6: Diagrama de diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	122
Figura 6.7: Diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar e Controlar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	124
Figura 6.8: Diagrama do fluxo da informação do processo: Gerenciamento de Decisão adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	126
Figura 6.9: Diagrama do fluxo da informação do processo de gerenciamento de Risco técnico adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	128
Figura 6.10: Diagrama do fluxo da informação do processo de Gerenciamento da Configuração adaptado sob a ótica da Dependabilidade.	129
Figura 6.11: Diagrama do fluxo da informação do processo de gerenciamento da informação adaptado sob a ótica da Dependabilidade.	131
Figura 6.12: Diagrama do fluxo da informação do processo: Gerenciamento da Infraestrutura adaptado sob a ótica da Dependabilidade.	133

Figura 6.13: Diagrama do fluxo da informação do processo: Gerenciamento dos Recursos Humanos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.....	135
Figura 7.1: Estrutura do Padrão ECSS.....	138
Figura 7.2: Interferência dos requisitos da Dependabilidade nos requisitos do projeto e vice-versa.....	139
Figura 7.3: Proposta dos processos de Garantia da Dependabilidade e de Engenharia da Dependabilidade.	140
Figura 7.4: Diagrama padrão para mostrar o fluxo da informação.....	141
Figura 7.5: Diagrama do fluxo de informação do processo: Definir os Requisitos da Dependabilidade.	143
Figura 7.6: Diagrama do fluxo de informação do processo: Planejar a Engenharia da Dependabilidade.	146
Figura 7.7: Diagrama do fluxo de informação do processo: Realizar a Predição da Confiabilidade.....	148
Figura 7.8: Diagrama do fluxo da informação do processo: Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos.	149
Figura 7.9: Diagrama do fluxo da informação: Mitigar os Pontos de Falha Simples. ..	151
Figura 7.10: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade	152
Figura 7.11: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os itens críticos para a Confiabilidade.	154
Figura 7.12: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade.....	155
Figura 7.13: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade.....	157

Figura 7.14: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os Itens Críticos para a Manutenibilidade.	158
Figura 7.15: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os Itens Críticos para Manutenibilidade.	160
Figura 7.16: Diagrama do fluxo da informação do processo: Realizar a Redução de Esforços (<i>Derating</i>) dos componentes EEE.	161
Figura 7.17: Diagrama de fluxo da informação do processo: Planejar a Garantia da Dependabilidade	163
Figura 7.18: Diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar a Garantia da Dependabilidade.	166
Figura 7.19: Diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar a Predição da Confiabilidade.....	169
Figura 7.20: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar a FMEA.	170
Figura 7.21: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples.	172
Figura 7.22: Diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade.	174
Figura 7.23: Diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE.....	176
Figura 7.24: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e Aprovar a Lista de componentes EEE.....	177
Figura 7.25: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e aprovar os processos de manuseio dos componentes EEE.	179
Figura 8.1: Representação das atividades de Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos de satélites.	182

Figura 8.2: Fluxo de processos entre as fases de Planejamento do Projeto e Projeto Detalhado.....	182
Figura 8.3: Processos propostos para a Fase de Planejamento.....	184
Figura 8.4: Detalhamento do macroprocesso: Desenvolvimento dos planos de gerenciamento e cronograma – Fase de Planejamento.....	185
Figura 8.5: Detalhamento do macroprocesso: Desenvolvimento dos planos de Engenharia de Sistemas – Fase de Planejamento.....	185
Figura 8.6: Processos propostos para a Fase de Projeto Preliminar.....	187
Figura 8.7: Exemplo de avaliação de ameaças – Engenharia de Sistemas.....	189
Figura 8.8: Exemplo de avaliação de ameaças – Engenharia de Sistemas.....	189
Figura 8.9: Matriz de criticidade da falha (S*PO).....	193
Figura 8.10: Matriz de produto entre a detectabilidade e a tratabilidade (D*T).	194
Figura 8.11: Matriz de produto entre (S*PO) e o (D*T).	194
Figura 9.1a: Exemplo de avaliação de ameaças – Gerenciamento de Projetos.....	201
Figura 9.1b: Estados escondidos da avaliação de ameaças – Gerenciamento de Projetos.	202
Figura 9.2a: Exemplo de avaliação de ameaças – Engenharia de sistemas	204
Figura 9.2b: Estados escondidos da avaliação de ameaças – Engenharia de Sistemas.	205
Figura 9.3: Exemplo de avaliação de ameaças – Engenharia de sistemas	206
Figura 9.4a: Diagrama de Markov da função "Tempo de Bordo".	207
Figura 9.4b: Diagrama de Markov dos estados da detecção, isolamento, identificação e tratamento da falha da função "Tempo de bordo".	207
Figura 10.1: DMEP para avaliar a ameaça <i>infraestrutura física indisponível</i>	234

Figura 10.2: DMEP para avaliar a ameaça documentos da revisão de projeto detalhado abertos.	244
Figura 10.3: Ciclo de vida dos satélites CBERS <i>versus</i> custo da qualidade.....	247
Figura A1: Visualização do executor da tarefa referente à avaliação da “solicitação de mudança”.	270
Figura A2: Visualização do executor do <i>workflow</i> da tarefa referente à avaliação da “solicitação de mudança”	271
Figura A3: Gerenciamento do projeto – Fase de planejamento.	273
Figura A4: Gerenciamento do projeto – Fase de projeto preliminar e detalhado.....	274
Figura A5: Engenharia de sistemas – Fase de planejamento.	275
Figura A6: Engenharia de sistemas – Fase de projeto preliminar e detalhado.....	276
Figura A7: Engenharia da Dependabilidade – Fase de planejamento	277
Figura A8: Engenharia da Dependabilidade – Fase de projeto preliminar e detalhado.	278
Figura A9: Garantia da Dependabilidade – Fase de planejamento.....	279
Figura A10: Garantia da Dependabilidade – Fase de projeto preliminar e detalhado.	280
Figura A.11: Exemplo de interface do Windchill utilizando o Java para a programação dos processos.	281
Figura A12: Exemplo de visualização de um produto e suas partes.	284
Figura A13: Exemplo de visualização de uma parte do produto.....	285
Figura A14: Exemplo de visualização dos atributos de uma parte do produto.	286
Figura A15: Exemplo de visualização dos atributos de uma parte que podem ser exportados do Windchill.	287
Figura A16: Exemplo de arquivo em formato PDF com os dados exportados de um produto.....	288

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1.1: Comparação entre o estado da arte disponível e o proposto.....	9
Tabela 2.1 – Relações entre as métricas Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade.....	17
Tabela 2.2 Correlação entre as fases de projeto: ECSS e adotada para este trabalho. .	34
Tabela 2.3: Classificação de satélites de acordo com a massa.	34
Tabela 3.1: Problemas que ocorreram com maior frequência nos projetos.	36
Tabela 3.2: Tempo acrescentado para finalização dos projetos a partir da fase de qualificação	39
Tabela 3.3: Correspondências entre problema, publicações e proposta.	43
Tabela 6.1: <i>Template</i> 1 para a implementação do repositório.....	132
Tabela 6.2: <i>Template</i> 2 para implantação do repositório.....	132
Tabela 7.1: Questionário de avaliação das necessidades do projeto referentes à Dependabilidade.	144
Tabela 7.2: Atividades da garantia da Dependabilidade.....	167
Tabela 7.3: Mapeamento dos componentes EEE.....	178
Tabela 8.1: Exemplos de ameaças.....	188
Tabela 8.2: Fontes de dados para o mapeamento de riscos na área de saúde.	190
Tabela 8.3: Código de cores referente à severidade da falha.....	192
Tabela 8.4: Código referente à probabilidade de ocorrência.	192
Tabela 8.5: Código referente à probabilidade de detecção.....	192
Tabela 8.6: Código de cores referente à tratabilidade da falha.....	192
Tabela 8.7: Código referente à probabilidade de transição de estados.	195

Tabela 8.8: Código de cores referente aos estados.	195
Tabela 8.9: Código de cores referente aos estados.	196
Tabela 9.1: FMEP da função “fornecer tempo de bordo”	198
Tabela 9.2: FMEP da função:ameça “componente indisponível”	200
Tabela 10.1: Componentes embargados pelos EUA e a solução inicial adotada.....	209
Tabela 10.2: Mapeamento de eventos dos projetos de subsistemas do CBERS 3&4..	211
Tabela 10.3: Lista de documentos entregues à MDR pelo processo atual.	217
Tabela 10.4: Documentos gerados na Fase de Planejamento pelo processo proposto.	219
Tabela 10.5: Resultados da aplicação dos processos propostos na Fase de Planejamento.	220
Tabela 10.6: Lista de documentos entregues à PDR pelo processo atual.....	225
Tabela 10.7: Documentos gerados durante a Fase de Projeto Preliminar pelo processo proposto.	226
Tabela 10.8: Resultados da aplicação dos processos propostos na Fase de Projeto Preliminar.	228
Tabela 10.9: FMEP para avaliar a ameaça <i>infraestrutura física indisponível</i>	235
Tabela 10.10: Resultados da aplicação dos processos propostos na Fase de Projeto Preliminar.....	237
Tabela 10.11: Lista de documentos entregues à CDR pelo processo atual.	240
Tabela 10.12: Documentos gerados durante a Fase de Projeto Detalhado pelo processo proposto.	241
Tabela 10.13: Resultados da aplicação dos processos propostos na Fase de Projeto Detalhado.	243

Tabela 10.14: FMEP para avaliar a ameaça <i>documentos da revisão de projeto detalhado abertos</i>	245
Tabela 10.15: Elementos de custo para cálculo de uma ECR.....	248
Tabela 10.16: Elementos de custo para cálculo de uma NCR.	248
Tabela 10.17: Estimativa de custo adicional devido ao embargo de componentes EEE na Fase de Qualificação do Projeto.	250
Tabela 10.18: Estimativa de custo adicional devido à problemas no projeto e na fabricação na Fase de Qualificação do Projeto.	251
Tabela 10.19: Estimativa de custo adicional devido ao atraso na disponibilização de componentes EEE na Fase de Qualificação do Projeto.	252
Tabela 10.20: Estimativa de custo adicional devido à processos não aprovados na Fase de Qualificação do Projeto.	252
Tabela 10.21: Estimativa de custo adicional devido à indisponibilidade da infraestrutura de testes na Fase de Qualificação do Projeto.....	253
Tabela 10.22: Alterações na lista de componentes da câmara 2 na fase de Qualificação do Projeto.	254
Tabela 10.23: Comparação qualitativa das métricas tempo e custo.	255
Tabela A1: <i>Template 1</i> de planilha Excel para exportar para o Windchill.	282
Tabela A2: <i>Template 2</i> de planilha Excel para exportar para o Windchill.	282
Tabela B1: Avaliação, sob a ótica da confiabilidade, dos processos referentes aos subsistemas do INPE.	289
Tabela C1: Avaliação dos resultados da aplicação dos processos propostos em um projeto de subsistema do INPE.	293

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AR	Revisão de Aceitação
BPD	Business Process Diagrams
BPMN	Business Process Management Notation
CBERS	China-Brazil Earth Resources Satellite
CDR	Revisão de Projeto Detalhado/Crítica
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
DAU	Defense Acquisition University
DBC	Diagrama de Blocos de Confiabilidade
DDT	Descrição Detalhada do Trabalho
DMEP	Diagrama de Markov Estendido a Projetos
DoD	U.S.Department of Defense
ECR	Engineering Change Request
ECSS	European Cooperation for Space Standardization
EDT	Estrutura da Divisão do Trabalho
EEE	Elétrico, Eletrônico e Eletromecânico
ETE	Engenharia e Tecnologia Espaciais
FMEA	Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos
FMECA	Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e Criticidade
FMEP	Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos
HMM	Hidden Markov Model
IDEF	Integrated Definition for Function Modelling
INCOSE	International Council on Systems Engineering
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDR	Revisão de Definição de Missão (pela ECSS)
MDR	Revisão de Documentação Gerencial (pelo INPE)
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCR	Nonconformance Report
NRB	Nonconformance Board

PDR	Revisão de Projeto Preliminar
PLM	Product Lifecycle Management
PMBOK	A Guide to the Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PNDAE	Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
QR	Revisão de Qualificação
RIAC	Reliability and Information Analysis Center
SEQ	Serviço da Engenharia da Qualidade
SOW	Statement of Work

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1	INTRODUÇÃO 1
1.1.	Contexto 1
1.2.	Motivações 3
1.3.	Objetivo 7
1.4.	Originalidade, generalidade e utilidade 9
1.5.	Organização da tese 12
2	CONCEITOS BÁSICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15
2.1.	Objetivo 15
2.2.	Confiabilidade..... 15
2.3.	Manutenabilidade 15
2.4.	Disponibilidade..... 16
2.5.	Dependabilidade 17
2.6.	Engenharia de Sistemas 20
2.7.	Gerenciamento de Projetos 22
2.8.	Gerenciamento do ciclo de vida do produto 23
2.9.	Ciência e tecnologia transdisciplinares de processos 24
2.10.	Prospecção 26
2.11.	Modelagem 27
2.11.1.	Modelagem de processos 28
2.12.	Métodos e técnicas para avaliação da dependabilidade 29
2.12.1.	Diagrama de Blocos de Confiabilidade..... 29

2.12.2.	FMEA/FMECA	30
2.12.3.	Diagrama de Markov	31
2.13.	Ciclo de Vida de Projetos Espaciais	32
2.14.	Classes de Satélites.....	34
3	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E ABORDAGEM PARA SUA SOLUÇÃO	35
3.1.	Formulação do problema	35
3.2.	Abordagem para a solução	40
4	UMA VISÃO DA ESTRUTURA DOS PROJETOS DE SATÉLITES DO INPE	45
4.1.	ATORES, MODELOS E DOCUMENTOS NO DESENVOLVIMENTO DE SATÉLITES DO INPE	45
4.2.	Processos dos projetos de subsistemas e equipamentos dos satélites do INPE sob a ótica da Confiabilidade.....	48
4.2.1.	Planejar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade	52
4.2.1.1.	Planejar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade: Entradas.....	52
4.2.1.2.	Planejar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade: Recursos	52
4.2.1.3.	Planejar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade: Saídas	53
4.2.2.	Realizar o Gerenciamento	53
4.2.2.1.	Realizar o Gerenciamento: Entradas.....	54
4.2.2.2.	Realizar o Gerenciamento: Recursos	54
4.2.2.3.	Realizar o Gerenciamento: Saídas.....	54
4.2.3.	Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade.....	55
4.2.3.1.	Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade: Entradas	55

4.2.3.2.	Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade: Recursos	55
4.2.3.3.	Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade: Saídas	55
4.2.4.	Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade.....	56
4.2.4.1.	Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade: Entradas .	56
4.2.4.2.	Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade: Recursos .	56
4.2.4.3.	Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade: Saídas	56
4.2.5.	Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade	57
4.2.5.1.	Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade: Entradas .	57
4.2.5.2.	Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade: Recursos	58
4.2.5.3.	Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade: Saídas.....	58
4.2.6.	Processo de Implementação sob a ótica da Confiabilidade	58
4.2.6.1.	Realizar a Implementação sob a ótica da Confiabilidade: Entradas	59
4.2.6.2.	Realizar a Implementação sob a ótica da Confiabilidade: Recursos.....	60
4.2.6.3.	Realizar a Implementação sob a ótica da Confiabilidade: Saídas	60
4.2.6.4.	Processo Avaliar e Controlar o Projeto sob a ótica da Confiabilidade.....	60
4.2.6.5.	Realizar a Avaliação e Controle do Projeto sob a ótica da Confiabilidade: Entradas.....	62
4.2.6.6.	Realizar a Avaliação e Controle do Projeto sob a ótica da Confiabilidade: Recursos	62
4.2.6.7.	Realizar a Avaliação e Controle do Projeto sob a ótica da Confiabilidade: Saídas.....	62
4.2.7.	Realizar a Predição da Confiabilidade	62
4.2.7.1.	Realizar a Predição da Confiabilidade: Entradas.....	63
4.2.7.2.	Realizar a Predição da Confiabilidade: Recursos	64

4.2.7.3.	Realizar a Predição da Confiabilidade: Saídas.....	64
4.2.8.	Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA)	64
4.2.8.1.	Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Entradas.....	65
4.2.8.2.	Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Recursos.....	65
4.2.8.3.	Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Saídas.....	65
4.2.9.	Realizar a Redução de Esforços.....	65
4.2.10.	Realizar a redução de esforços: Entradas	66
4.2.11.	Realizar a redução de esforços: Recursos	66
4.2.12.	Realizar a redução de esforços: Saídas	66
4.2.13.	Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade	67
4.2.13.1.	Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade: Entradas	68
4.2.13.2.	Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade: Recursos.....	68
4.2.13.3.	Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade: Saídas	68
4.3.	Estrutura da Divisão do Trabalho dos subsistemas do programa CBERS – satélites CBERS 3&4	68
4.4.	Descrição detalhada do projeto dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4	71
4.5.	Verificação - visão da estrutura dos projetos de satélites do INPE	76
5	PROCESSOS PMBOK DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS E PROPOSTA DE SUA ADAPTAÇÃO AOS PROGRAMAS DE SATÉLITES DO INPE	77
5.1.	Processos PMBOK de gerenciamento de projetos.....	77
5.2.	Proposta de sua avaliação, seleção e adaptação aos programas de satélites do INPE.....	80
5.2.1.	Considerações iniciais	81
5.2.1.1.	Controle e habilitação para os processos de Gerenciamento de Projetos	81

5.2.2.	Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto.....	83
5.2.2.1.	Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	84
5.2.2.2.	Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos.....	85
5.2.2.3.	Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	85
5.2.3.	Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto.....	85
5.2.3.1.	Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	88
5.2.3.2.	Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos.....	88
5.2.3.3.	Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	88
5.2.4.	Planejar o Gerenciamento do Cronograma	89
5.2.4.1.	Planejar o Gerenciamento do Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	89
5.2.4.2.	Planejar o Gerenciamento do Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos.....	90
5.2.4.3.	Planejar o Gerenciamento do Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	90
5.2.5.	Definir as Atividades.....	91
5.2.5.1.	Definir as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	91
5.2.5.2.	Definir as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	92

5.2.5.3.	Definir as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	92
5.2.6.	Sequenciar as Atividades.....	92
5.2.6.1.	Sequenciar as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas.....	93
5.2.6.2.	Sequenciar as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	93
5.2.6.3.	Sequenciar as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas.....	93
5.2.7.	Desenvolver o Cronograma.....	93
5.2.7.1.	Desenvolver o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas.....	94
5.2.7.2.	Desenvolver o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	94
5.2.7.3.	Desenvolver o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas.....	95
5.2.8.	Controlar o Cronograma	95
5.2.8.1.	Controlar o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas.....	96
5.2.8.2.	Controlar o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	96
5.2.8.3.	Controlar o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	97
5.2.9.	Planejar o Gerenciamento dos Custos	97
5.2.9.1.	Planejar o Gerenciamento dos Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	98

5.2.9.2.	Planejar o Gerenciamento dos Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos.....	98
5.2.9.3.	Planejar o Gerenciamento dos Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	99
5.2.10.	Controlar os Custos	99
5.2.10.1.	Controlar os Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	100
5.2.10.2.	Controlar os Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	100
5.2.10.3.	Controlar os Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas.	100
5.2.11.	Planejar o Gerenciamento das Comunicações.....	100
5.2.11.1.	Planejar o Gerenciamento das Comunicações adaptado sob a ótica da dependabilidade: Entradas	101
5.2.11.2.	Planejar o Gerenciamento das Comunicações adaptado sob a ótica da dependabilidade: Recursos	101
5.2.11.3.	Planejar o Gerenciamento das Comunicações adaptado sob a ótica da dependabilidade: Saídas	102
5.2.12.	Gerenciar as Comunicações	102
5.2.12.1.	Gerenciar as Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas.....	103
5.2.12.2.	Gerenciar as Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	103
5.2.12.3.	Gerenciar as Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas.....	103
5.2.13.	Planejar o Gerenciamento dos Riscos para gestão	104

5.2.13.1.	Planejar o Gerenciamento dos Riscos para gestão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	104
5.2.13.2.	Planejar o Gerenciamento dos Riscos para gestão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	105
5.2.13.3.	Planejar o Gerenciamento dos Riscos para gestão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	105
5.2.14.	Identificar os Riscos	105
5.2.14.1.	Identificar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	106
5.2.14.2.	Identificar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	107
5.2.14.3.	Identificar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	107
5.2.15.	Planejar Respostas aos Riscos	107
5.2.15.1.	Planejar Respostas aos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas.....	108
5.2.15.2.	Planejar Respostas aos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	108
5.2.15.3.	Planejar Respostas aos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas.....	108
5.2.16.	Controlar os Riscos	109
5.2.16.1.	Controlar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	110
5.2.16.2.	Controlar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	110
5.2.16.3.	Controlar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas.	111

6	PROCESSOS INCOSE DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E PROPOSTA DE SUA ADAPTAÇÃO AOS PROGRAMAS DE SATÉLITES DO INPE	113
6.1.	Processos INCOSE de Engenharia de Sistemas	113
6.2.	Proposta de sua avaliação, seleção e adaptação aos programas de satélites do INPE.....	114
6.2.1.	Considerações iniciais	116
6.2.1.1.	Controle e Habilitação para os processos de engenharia de sistemas...	117
6.2.2.	Processo de Implementação	118
6.2.2.1.	Processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas.....	120
6.2.2.2.	Processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	120
6.2.2.3.	Processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas.....	120
6.2.3.	Planejar o Projeto.....	121
6.2.3.1.	Processo Planejar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas.....	122
6.2.3.2.	Processo Planejar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	122
6.2.3.3.	Processo Planejar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas.....	122
6.2.4.	Avaliar e Controlar o Projeto.....	123
6.2.4.1.	Processo Avaliar e Controlar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	124
6.2.4.2.	Processo Avaliar e Controlar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos.....	125

6.2.4.3.	Processo Avaliar e Controlar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	125
6.2.5.	Gerenciamento de Decisão - Planejar e Gerenciar	125
6.2.5.1.	Processo de Gerenciamento de Decisão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	126
6.2.5.2.	Processo de Gerenciamento de Decisão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	126
6.2.5.3.	Processo de Gerenciamento de Decisão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	126
6.2.6.	Gerenciamento do Risco Técnico - Planejar e Gerenciar	127
6.2.6.1.	Processo de gerenciamento do Risco Técnico adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	128
6.2.6.2.	Processo de gerenciamento do Risco Técnico adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	128
6.2.6.3.	Processo de gerenciamento do Risco Técnico adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	128
6.2.7.	Gerenciamento da Configuração - Planejar e Gerenciar	129
6.2.7.1.	Processo de Gerenciamento de Configuração sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	130
6.2.7.2.	Processo de Gerenciamento de Configuração adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	130
6.2.7.3.	Processo de Gerenciamento de Configuração adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	130
6.2.8.	Gerenciamento da Informação - Planejar e Gerenciar	130
6.2.8.1.	Processo de Gerenciamento da Informação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	131

6.2.8.2.	Processo de Gerenciamento da Informação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	131
6.2.8.3.	Processo de Gerenciamento da Informação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	131
6.2.9.	Gerenciamento da Infraestrutura - Planejar e Gerenciar	132
6.2.9.1.	Processo de gerenciamento da Infraestrutura adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	133
6.2.9.2.	Processo de gerenciamento da Infraestrutura adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	133
6.2.9.3.	Gerenciamento da Infraestrutura adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	133
6.2.10.	Gerenciamento dos Recursos Humanos - Planejar e Gerenciar	134
6.2.10.1.	Processo de Gerenciamento dos Recursos Humanos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	135
6.2.10.2.	Processo de Gerenciamento dos Recursos Humanos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos	135
6.2.10.3.	Processo de Gerenciamento dos Recursos Humanos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	135
7	REQUISITOS ECSS DE ENGENHARIA DA DEPENDABILIDADE E GARANTIA DA DEPENDABILIDADE E PROPOSTA DE PROCESSOS NELES BASEADOS PARA PROGRAMAS DE SATÉLITES DO INPE	137
7.1.	Requisitos ECSS de Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade	137
7.2.	Proposta de processos baseados nos requisitos ECSS para programas de satélites do INPE.....	139
7.2.1.	Considerações iniciais	140

7.2.1.1.	Controle e habilitação para os processos de Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade	141
7.3.	Proposta de processos baseados nos requisitos ECSS para programas de satélites do INPE – Engenharia da Dependabilidade	142
7.3.1.	Definir os Requisitos da Dependabilidade	142
7.3.1.1.	Definir os Requisitos da Dependabilidade: Entradas	143
7.3.1.2.	Definir os Requisitos da Dependabilidade: Recursos.....	144
7.3.1.3.	Definir os Requisitos da Dependabilidade: Saídas	144
7.3.2.	Planejar a Engenharia da Dependabilidade	145
7.3.2.1.	Planejar a Engenharia da Dependabilidade: Entradas.....	146
7.3.2.2.	Planejar a Engenharia da Dependabilidade: Recursos.....	147
7.3.2.3.	Planejar a Engenharia da Dependabilidade: Saídas.....	147
7.3.3.	Realizar a Predição da Confiabilidade	147
7.3.3.1.	Realizar a Predição da Confiabilidade: Entradas.....	148
7.3.3.2.	Realizar a predição da Confiabilidade: Recursos	148
7.3.3.3.	Realizar a Predição da Confiabilidade: Saídas.....	149
7.3.4.	Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA)	149
7.3.4.1.	Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Entradas.....	150
7.3.4.2.	Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Recursos.....	150
7.3.4.3.	Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Saídas	150
7.3.5.	Mitigar os Pontos de Falha Simples	150
7.3.5.1.	Mitigar os Pontos de Falha Simples: Entradas	151
7.3.5.2.	Mitigar os Pontos de Falha Simples: Recursos.....	152
7.3.5.3.	Mitigar os Pontos de Falha Simples: Saídas	152

7.3.6.	Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade	152
7.3.6.1.	Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade: Entradas	153
7.3.6.2.	Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade: Recursos.....	153
7.3.6.3.	Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade: Saídas	153
7.3.7.	Mitigar Itens Críticos para Confiabilidade.....	153
7.3.7.1.	Mitigar os Itens Críticos para Confiabilidade: Entradas.....	154
7.3.7.2.	Mitigar os Itens Críticos para Confiabilidade: Recursos.....	154
7.3.7.3.	Mitigar os Itens Críticos para Confiabilidade: Saídas	155
7.3.8.	Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade.....	155
7.3.8.1.	Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade: Entradas	156
7.3.8.2.	Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade: Recursos	156
7.3.8.3.	Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade: Saídas	156
7.3.9.	Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade.....	156
7.3.9.1.	Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade: Entradas	157
7.3.9.2.	Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade: Recursos	157
7.3.9.3.	Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade: Saídas	158
7.3.10.	Mapear os Itens Críticos para a Manutenabilidade.....	158
7.3.10.1.	Mapear os Itens Críticos para a Manutenabilidade: Entradas.....	159
7.3.10.2.	Mapear os Itens Críticos para a Manutenabilidade: Recursos	159
7.3.10.3.	Mapear os Itens Críticos para a Manutenabilidade: Saídas.....	159
7.3.11.	Mitigar os Itens Críticos para a Manutenabilidade.....	159
7.3.11.1.	Mitigar os Itens Críticos para a Manutenabilidade: Entradas.....	160
7.3.11.2.	Mitigar os Itens Críticos para a Manutenabilidade: Recursos	160
7.3.11.3.	Mitigar os Itens Críticos para a Manutenabilidade: Saídas.....	161

7.3.12.	Realizar a Redução de Esforços (<i>Derating</i>) dos componentes EEE.....	161
7.3.12.1.	Realizar a Redução de Esforços (<i>Derating</i>) dos componentes EEE: Entradas.....	161
7.3.12.2.	Realizar a Redução de Esforços (<i>Derating</i>) dos componentes EEE: Recursos	162
7.3.12.3.	Realizar a Redução de Esforços (<i>Derating</i>) dos componentes EEE: Saídas	162
7.4.	Proposta de processos baseados nos requisitos ECSS para os programas de satélites do INPE – Garantia da Dependabilidade	162
7.4.1.	Planejar a Garantia da Dependabilidade	162
7.4.1.1.	Planejar a Garantia da Dependabilidade: Entradas	164
7.4.1.2.	Planejar a Garantia da Dependabilidade: Recursos.....	164
7.4.1.3.	Planejar a Garantia da Dependabilidade: Saídas	164
7.4.2.	Controlar a Garantia da Dependabilidade	165
7.4.2.1.	Controlar a Garantia da Dependabilidade: Entradas	167
7.4.2.2.	Controlar a Garantia da Dependabilidade: Recursos.....	167
7.4.2.3.	Controlar a Garantia da Dependabilidade: Saídas	168
7.4.3.	Avaliar a Predição da Confiabilidade.....	168
7.4.3.1.	Avaliar a Predição da Confiabilidade: Entradas	169
7.4.3.2.	Avaliar a Predição da Confiabilidade: Recursos	170
7.4.3.3.	Avaliar a Predição da Confiabilidade: Saídas	170
7.4.4.	Avaliar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA).....	170
7.4.4.1.	Avaliar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Entradas	171
7.4.4.2.	Avaliar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Recursos	171
7.4.4.3.	Avaliar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Saídas	171

7.4.5.	Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples.....	171
7.4.5.1.	Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples: Entradas	172
7.4.5.2.	Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples: Recursos	173
7.4.5.3.	Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples: Saídas	173
7.4.6.	Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade	173
7.4.6.1.	Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade: Entradas	175
7.4.6.2.	Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade: Recursos	175
7.4.6.3.	Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade: Saídas	175
7.4.7.	Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE	175
7.4.7.1.	Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE: Entradas	176
7.4.7.2.	Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE: Recursos	177
7.4.7.3.	Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE: Saídas	177
7.4.8.	Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE sob a ótica da Dependabilidade	177
7.4.8.1.	Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE sob a ótica da Dependabilidade: Entradas	178
7.4.8.2.	Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE sob a ótica da Dependabilidade: Recursos.....	178
7.4.8.3.	Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE sob a ótica da Dependabilidade: Saídas	178

7.4.9.	Avaliar e Aprovar os Processos de Manuseio dos Componentes EEE	179
7.4.9.1.	Avaliar e aprovar os processos de manuseio dos componentes EEE: Entradas.....	179
7.4.9.2.	Avaliar e Aprovar os Processos de Manuseio dos Componentes EEE: Recursos	180
7.4.9.3.	Avaliar e Aprovar os Processos de Manuseio dos Componentes EEE: Saídas.....	180
8	PROPOSTA DO NOVO PROCESSO E EXTENSÃO DE TÉCNICAS.....	181
8.1.	Fluxo de processos para projetos de subsistemas.....	181
8.1.1.	Fase de Planejamento	183
8.1.2.	Fase Preliminar	186
8.1.3.	Fase de Projeto Detalhado	188
8.2.	Identificação e avaliação das ameaças	188
8.2.1.	Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos (FMEP)	191
8.2.2.	Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP)	195
9	APLICAÇÃO DA FMEP E DMEP	197
9.1.	Aplicação da FMECA Estendida a Projetos (FMEP)	197
9.2.	Aplicação do Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP).....	201
10	APLICAÇÃO DO PROCESSO, FMEP E DMEP PROPOSTOS	209
10.1.	Escolha do caso de estudo	209
10.1.1.	Síntese dos dados e escolha do estudo de caso	216
10.2.	Aplicação do processo proposto e análise dos resultados	216
10.2.1.	Aplicação do processo proposto – Fase de Planejamento	216
10.2.2.	Aplicação do processo proposto – Fase de Projeto Preliminar	225

10.2.3.	Aplicação do processo proposto – Fase de Projeto Detalhado	240
10.3.	Avaliação do processo – atual e proposto	246
10.4.	Verificação e Validação do processo proposto	256
11	CONCLUSÃO	257
11.1.	Sugestões e recomendações para trabalhos futuros.....	259
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	261
	APÊNDICE A – SOFTWARE WINDCHILL NO INPE	269
	APÊNDICE B – VERIFICAÇÃO DOS PROCESSOS ATUAIS DO INPE.....	289
	APÊNDICE C – VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DOS PROCESSOS PROPOSTOS	293
	APÊNDICE D – CONCEITOS COMPLEMENTARES.....	297

1 INTRODUÇÃO

1.1. Contexto

Sistemas como satélites, aviões, automóveis e controles de tráfego aéreo estão cada vez mais complexos e/ou altamente integrados, tornando necessária a avaliação da Dependabilidade (Confiabilidade, Manutenibilidade, Disponibilidade, etc.) durante todo o seu Ciclo de Vida. Estes sistemas integram várias tecnologias e trabalham em severas condições impostas pela operação e ou pelo ambiente, muitas vezes com pouca ou nenhuma manutenção. Para sobreviver às severas condições, tais sistemas devem ter altos níveis de dependabilidade e, quando aplicável, de Suportabilidade (Manutenibilidade, Disponibilidade, Atualizabilidade, etc.), a serem atingidos por uma diversidade de abordagens e processos. Dentre estes se destacam os processos de análises e tomadas de decisões desde a fase de concepção até a fase final do projeto detalhado, pois a literatura recente sugere que nestas são tomadas as decisões mais importantes. Além disto, tais processos devem ser avaliados e melhorados progressivamente, utilizando-se a experiência acumulada ao longo das fases do projeto (intraprojeto) e de projeto para projeto (interprojetos), propondo possíveis modificações (Figura 1.1). Dentre os três grupos de abordagens para fazer tudo isto (teoria e análise, modelagem e simulação, observação e experimentação), a literatura recente sugere que a abordagem mais adequada à natureza do problema é a abordagem baseada em modelos e simulações.

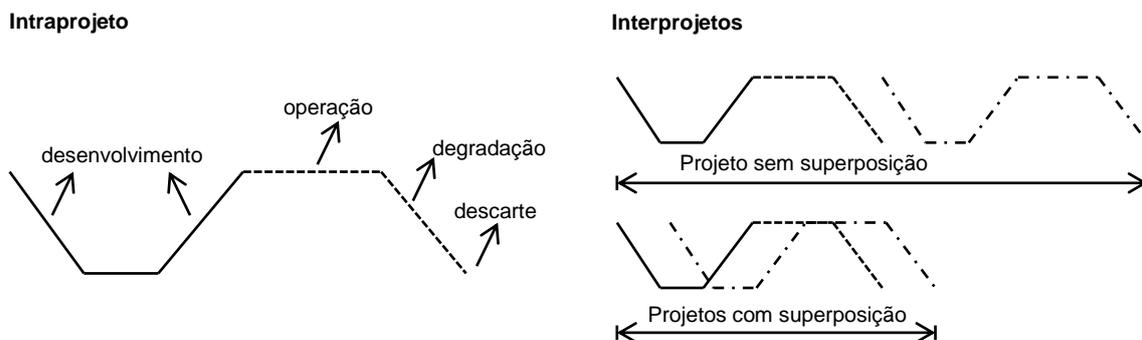


Figura 1.1: Exemplos de ciclos de vida de satélites.

Projetos complexos, como os de desenvolvimento, fabricação, lançamento e operação de satélites, precisam de um alto nível de controle para que o produto final atenda plenamente aos seus respectivos requisitos (YASSUDA; CHAGAS JUNIOR; PERONDI, 2013).

O desenvolvimento de projetos de sistemas espaciais é caracterizado por:

- Custo elevado;
- Muitas vezes aplicação de tecnologias recentes;
- Ambiente específico de operação;
- Alta confiabilidade.

Todos esses elementos reunidos fazem com que os projetos de sistemas espaciais priorizem a robustez dos equipamentos, respeitando parâmetros como prazos, custos, e qualidade. Desta forma, todos os processos de desenvolvimento e fabricação, devem ser guiados por padrões que estabeleçam diretrizes para a compreensão, coordenação e controle de cada uma das etapas (YASSUDA, 2013).

Em projetos de satélites, pode-se observar a existência de três conjuntos fundamentais de atividades: gerenciais, técnicas e de qualidade. Estas atividades são organizadas em processos de Gerenciamento de Projetos e Engenharia de Sistemas, sendo: alguns de organizações (INPE, CTA, etc.), alguns gerais (PMBOK, INCOSE, etc.), alguns de áreas específicas (ECSS, NASA, etc.).

As funções, responsabilidades e autoridade do Gerenciamento de Projetos e da Engenharia de Sistemas estão fortemente acopladas ao longo do Ciclo de Vida do projeto (NASA, 2012). A Figura 1.2 ilustra as responsabilidades do gerente de projeto e do engenheiro de sistemas. Planejamento, gerenciamento de risco, gerenciamento da informação e comunicação, entre outras atividades, como as relacionadas com a Dependabilidade (Confiabilidade, Manutenibilidade, Disponibilidade, etc.) e que motivam este trabalho, são responsabilidades complementares que também possuem sobreposição de funções, responsabilidades e autoridades. Diante do exposto, pode ser considerada a justificativa que há: 1) pouca ou nenhuma interação, com decisões iniciais sob incerteza que impactam 2) a dependabilidade e 3) o custo dos projetos de satélites 4) do INPE, motivando este trabalho.



Figura 1.2: Engenharia de Sistemas colaborativa com o Gerenciamento de Projeto.

Fonte: Adaptado de NASA (2012).

1.2. Motivações

1ª motivação: Sistemas complexos e/ou altamente integrados necessitam da avaliação da Dependabilidade (Confiabilidade, Manutenibilidade, Disponibilidade, etc.) durante todo o seu ciclo de vida. Neste trabalho, a métrica de Dependabilidade será tratada como a composição das métricas: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade. Quando impostas aos satélites estas métricas exigem que os riscos (ameaças) a elas sejam identificados precisamente e que elas sejam avaliadas durante as fases iniciais do projeto, para que as metas desejadas relacionadas ao custo, cronograma e qualidade sejam alcançadas. Mas as análises que têm influência direta ou indireta nas métricas da Dependabilidade de partes EEE (elétrico, eletrônico e eletromecânico), como: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade, são novas em relação ao estado da arte disponível na literatura (CRESENT et al., 2011; DENNEHY et al., 2012; GARRO et al., 2012a; GARRO et al., 2012b; DALLOSTA, 2012a; DALLOSTA, 2012b; NASA-HDBK-1002, 2012; BATTAGLIA, 201-?) e motivam-nos a tratá-las neste trabalho.

2ª motivação: Em 2011, Mark Langley, presidente e chefe executivo do PMI, Samantha Robitaille e Jhon Thomas (*president-elect*), presidentes do INCOSE (LANGLEY;

ROBITAILLE; THOMAS, 2011), escreveram em conjunto que acreditavam que o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas compartilham objetivos vitais. São eles:

- Entregar valor agregado e benefício para os clientes e usuários finais;
- Integrar a experiência, o conhecimento e as regras, ambos requeridos para alcançar os objetivos e iniciativas; e
- Funcionar de forma efetiva em ambientes complexos, onde requisitos de programa e os resultados não são claramente definidos ou possuem numerosos componentes para gerenciar.

Mas reconheciam também que, há muitos anos, existe uma barreira cultural entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas. Consequentemente, o trabalho muitas vezes tem maior custo, necessita de mais prazo e fornece uma solução não ótima para o cliente ou usuário final. Os líderes do PMI e do INCOSE acreditam que esta barreira cultural e de mentalidade, pode e deve ser superada. Ao trabalhar em conjunto, as organizações esperam promover uma abordagem para as equipes que beneficie seus membros, suas organizações e, finalmente as partes interessadas que dependem deles (*INCOSE/PMI Alliance Working Group and MIT*) (LANGLEY; ROBITAILLE; THOMAS, 2011).

Gerentes de programas e engenheiros chefe de sistemas possuem responsabilidades diferentes em um projeto, porém com algumas sobreposições, como apresentado na Figura 1.3 (ARNOLD, 2012; CONFORTO et al., 2013; XUE et al., 2014).

GERENTES DE PROGRAMAS (PM) Veem suas responsabilidades como:	ENGENHEIROS CHEFE DE SISTEMAS (CSE) Veem suas responsabilidades como:	AMBOS SÃO RESPONSÁVEIS POR:
<ul style="list-style-type: none"> • Resultados Gerais • Metas e Objetivos • Programa x Risco do Projeto • Relacionamento com fornecedores externos • Planejamento do Ciclo de Vida 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisitos Técnicos • Definição dos Sistemas • Requisitos dos Sistemas • Gerenciamento da Configuração 	<ul style="list-style-type: none"> • Riscos do Programa e Projeto • Relacionamento com fornecedores externos • Gerenciamento da Qualidade • Planejamento do Ciclo de Vida
<p style="text-align: center;">A Integração deve esclarecer como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A responsabilidade pode ser efetivamente compartilhada para Gerenciamento do Risco, Fornecimento Externo, Gerenciamento da Qualidade e Planejamento do Ciclo de Vida; e • Otimizar a comunicação com as demais áreas responsáveis. 		

Figura 1.3: Sobreposição de responsabilidades dos gerentes de programa e engenheiros chefe de sistemas.

Fonte: Adaptado de CONFORTO et al. (2013).

Isto se confirma e exemplifica em trabalhos afins como:

Arnaut (2016) define que a Engenharia de Requisitos tem como objetivo tratar os desafios de capturar, analisar, expressar e gerenciar requisitos ao longo do ciclo de vida de sistemas. E também, que ela é caracterizada como um braço da Engenharia de Sistemas com pernas no Gerenciamento de Projetos.

Emam e Madhavji (1995), Hofmann e Lehner (2001), Hall et al. (2002), May (2004), Safayeni et al. (2008) e Mendez Fernandez et al. (2015) citados por Arnaut (2016) ainda apresentam em seus trabalhos que, apesar das pesquisas indicarem que aspectos organizacionais e gerenciais influenciam significativamente na Engenharia de Requisitos, os modelos de processos de Engenharia de Requisitos existentes na literatura não apresentam, claramente, como os problemas relacionados ao gerenciamento do trabalho, ao gerenciamento de conflitos, à negociação de requisitos e ao gerenciamento das partes envolvidas podem ser tratados sistematicamente na Engenharia de Requisitos. Falhas no trabalho de requisitos devidas à falta de integração de atividades técnicas e gerenciais, foram reportadas através de um *survey* realizado junto a engenheiros das indústrias de defesa, de controle de tráfego aéreo e de manutenção de ferrovias.

3ª motivação: Conforme apresentado na Figura 1.4, pela *Defense Acquisition University (DAU)* após uma extensa análise estatística baseada em projetos do *U.S. Department of Defense (DoD)*, pode ser observado que (INCOSE, 2011):

- O crescimento do custo comprometido do projeto é muito maior que o custo despendido nas fases iniciais; em outras palavras, quando 20% do custo total do projeto já foram despendidos, 80% do custo total do projeto já estão comprometido devido a decisões de projeto;
- O custo para eliminar os defeitos é menor nas fases iniciais do projeto.

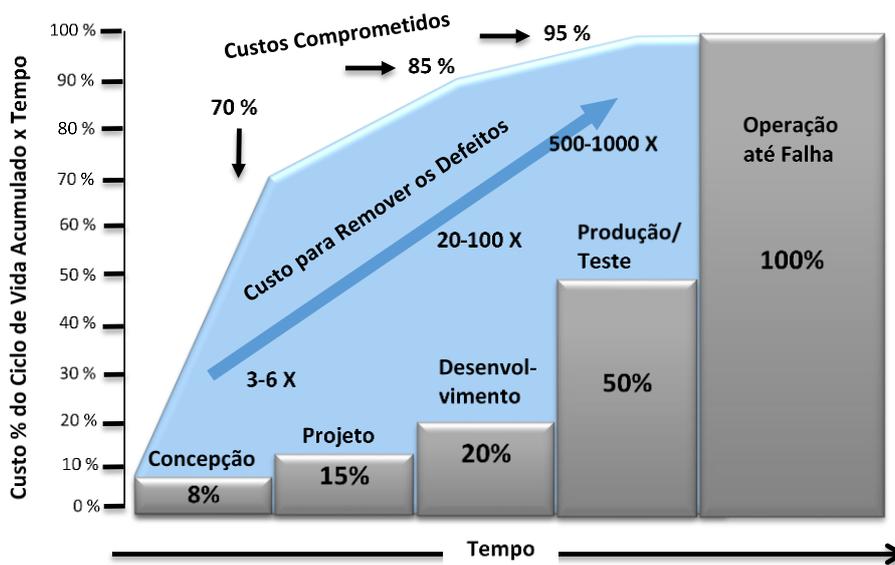


Figura 1.4: Custos de um projeto durante o ciclo de vida.

Fonte: Adaptado de INCOSE (2011).

4ª motivação: O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dentro do Programa Espacial Brasileiro, possui a missão de capacitar a indústria nacional, conforme definido pela Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), que estabelece os objetivos centrais para a realização de atividades espaciais no país, dentre eles a participação industrial e capacitação nacional em tecnologias estratégicas (OLIVEIRA, 2014).

O INPE conduz os projetos de sistemas espaciais, objetivando:

- Fomentar a indústria nacional com capacitação e qualificação para desenvolvimento de sistemas espaciais;
- Acompanhar o estado da arte das tecnologias empregadas em sistemas espaciais.

Os projetos de satélites do INPE possuem as seguintes características:

- Os requisitos funcionais do sistema demandado são predefinidos pelo governo;
- A solução técnica e fabricação ficam sob a responsabilidade das empresas selecionadas através de processo competitivo.

Existem incertezas que podem se tornar ameaças de diversas naturezas nos projetos de satélites do INPE por esta razão, os cenários de desenvolvimento devem considerar possíveis:

- 1) Embargos comerciais;
- 2) Disponibilidade da infraestrutura física e de recursos humanos especializados na indústria nacional;
- 3) Desafios relacionados ao desenvolvimento do estado da arte; e
- 4) Os efeitos físicos do ambiente de fabricação, integração e testes, lançamento e operação.

Com base no exposto acima e com foco nos projetos de satélite desenvolvidos pelo INPE: Existe a necessidade de avaliação e melhoria progressiva dos processos de análises e tomadas de decisões entre as Fase de Planejamento (referente às Fases 0 e A – conforme padrão ECSS que será apresentado no Capítulo 2) e de Projeto Detalhado de satélites, através de:

- seleção das melhores práticas apresentadas pelo PMI (*Project Management Institute*), INCOSE (*International Council on Systems Engineering*) e pelos padrões ECSS (*European Cooperation for Space Standardization*); e
- antecipação de resultados de análises com objetivo de suportar as tomadas de decisões.

1.3. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo propor um novo processo para melhorar a Dependabilidade de sistemas espaciais entre as Fase de Planejamento e de Projeto Detalhado, incluindo extensões do Diagrama de Markov (DMEP) e da FMECA (FMEP) a projetos. Isto atende às 4 motivações deste trabalho e inclui a adição e antecipação dos resultados de avaliações e análises que têm influência direta ou indireta nas

métricas da Dependabilidade de partes EEE (elétrico, eletrônico e eletromecânico), como: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade.

A Figura 1.5 apresenta as interfaces da Engenharia de Sistemas e do Gerenciamento de Projetos com ênfase nas atividades de Engenharia e a Garantia de Dependabilidade.

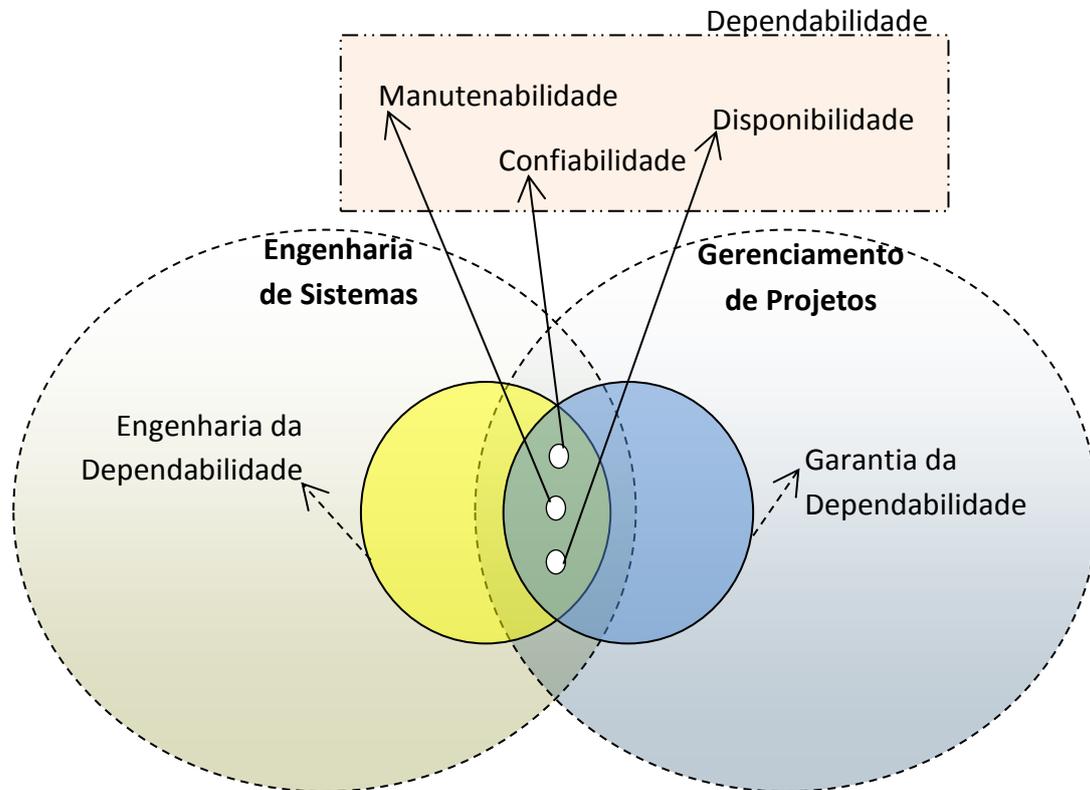


Figura 1.5: Interfaces de atuação da Engenharia de Sistemas e do Gerenciamento de Projetos com ênfase na Engenharia e Garantia da Dependabilidade.

A percepção de antecipar os resultados de avaliações e análises que têm influência direta ou indireta nas métricas da Dependabilidade de partes EEE, já havia sido manifestada nos trabalhos desenvolvidos no INPE (RABELLO, 2009; RABELLO, SOUZA, 2012) ainda que baseados em projeto específico.

O objetivo da antecipação é garantir que as maiores mudanças dos projetos de satélites do INPE sejam realizadas nas fases de projeto preliminar e de projeto detalhado, onde os custos são menores e os impactos no cronograma são mais facilmente ajustados. Para conseguir um maior controle da Dependabilidade nas fases iniciais do projeto são propostos processos de Gerenciamento de Projeto, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade, baseados nos guias PMBOK e INCOSE, e nos padrões da ECSS.

1.4. Originalidade, generalidade e utilidade

É esperado que toda tese de doutorado possua: Originalidade, Generalidade e Utilidade. Referente a este trabalho, pode-se dizer que:

A originalidade virá: 1) da avaliação das análises que têm influência direta ou indireta nas métricas da Dependabilidade; 2) da melhoria da interação entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas focada na Dependabilidade entre as Fases de Planejamento e Projeto Detalhado de satélites (Planejamento do Projeto, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado) inclusive a extensão do Diagrama de Markov e da extensão da FMECA ao Gerenciamento de Projetos; 3) da antecipação dos resultados de avaliações; e 4) da melhoria do processo INPE atual; e será nova em relação ao estado da arte disponível na literatura, conforme apresentado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Comparação entre o estado da arte disponível e o proposto.

Origem	Conhecimento disponível na literatura	Conhecimento buscado neste trabalho
1ª motivação	Da pesquisa bibliográfica (CRESENT et al., 2011; DALLOSTA, 2012a; DALLOSTA, 2012b; DENNEHY et al., 2012; GARRO et al., 2012a; GARRO et al., 2012b; NASA-HDBK-1002, 2012; BATTAGLIA, 201-?), tem-se que: Sistemas complexos e/ou altamente integrados necessitam da Análise da Suportabilidade (Confiabilidade, Manutenibilidade, Disponibilidade, Acessibilidade, etc.) e Gerenciamento de Falhas. Tudo isto está apresentado através de: proposta de elaboração de modelos para avaliar a Confiabilidade, apresentação de conceitos para a realização da Análise de Suportabilidade	Adicionar resultados de avaliações e análises que têm influência direta ou indireta nas métricas da Dependabilidade de partes EEE, como: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade em projetos de sistemas espaciais, através de proposta de processos. Adaptar técnicas. São elas: Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos (FMEP) e Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP).

Origem	Conhecimento disponível na literatura	Conhecimento buscado neste trabalho
<p>1^a motivação (Cont.)</p>	<p>(Projetar para o suporte, Projetar o suporte), proposta de um <i>handbook</i> referente ao Gerenciamento de Falhas (em elaboração).</p> <p>Nota: Não se encontraram publicações acadêmicas apresentando a aplicação de processos e técnicas para avaliação da Dependabilidade no desenvolvimento de Sistemas Espaciais.</p>	
<p>2^a motivação</p>	<p>Da pesquisa bibliográfica (LANGLEY et al., 2011; ARNOLD, 2012; CONFORTO et al., 2013; XUE et al., 2014), tem-se que:</p> <p>Gerentes de programas e engenheiros chefe de sistemas possuem responsabilidades diferentes em um projeto, porém com algumas sobreposições.</p> <p>Nota: Atualmente existe um grupo de trabalho formado por membros do PMBOK, INCOSE e MIT investindo esforços para definir as tarefas dos gerentes de programa e dos engenheiros chefes, com o objetivo de diminuir custos e prazos para o desenvolvimento de um produto. (Disponível em: <http://cepe.mit.edu/>. Acessado em: 04/01/2017)</p>	<p>Aumentar a interação entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas sob a ótica da Dependabilidade adaptando processos para projetos de sistemas espaciais.</p> <p>Adaptar técnicas. São elas: Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos (FMEP) e Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP).</p>

Origem	Conhecimento disponível na literatura	Conhecimento buscado neste trabalho
3 ^a motivação	<p>Da pesquisa bibliográfica (INCOSE, 2011), tem-se que:</p> <p>O crescimento do custo comprometido do projeto é muito maior que o custo despendido nas fases iniciais, e o custo para eliminar os defeitos é menor nas fases iniciais do projeto.</p> <p>Nota: Não se encontraram publicações acadêmicas apresentando um processo de desenvolvimento de sistemas espaciais com foco na antecipação de resultados referentes à Dependabilidade.</p>	<p>Antecipar resultados de avaliações e análises que têm influência direta ou indireta nas métricas da Dependabilidade de partes EEE, como: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade em projetos de sistemas espaciais, através da proposta de um processo de desenvolvimento de projetos.</p>
4 ^a motivação	<p>Da pesquisa bibliográfica (OLIVEIRA, 2014), tem-se:</p> <p>O INPE tem como objetivo fomentar a indústria nacional com capacitação e qualificação para desenvolvimento de sistemas espaciais, e acompanhar o estado da arte das tecnologias empregadas em sistemas espaciais.</p> <p>Nota: Não se encontraram publicações acadêmicas apresentando um processo de desenvolvimento de sistemas espaciais baseados no PMBOK, INCOSE e ECSS.</p>	<p>Propor um novo processo para melhorar a Dependabilidade de sistemas espaciais baseado no PMBOK, INCOSE e ECSS.</p>

A generalidade virá do fato de que a proposta deste trabalho poderá ser aplicada em outros projetos de satélites, ou de áreas afins, como aviões, automóveis e controles de tráfego aéreo.

A utilidade virá do fato de que a proposta deste trabalho poderá ser aplicada nos programas de satélites do INPE, melhorando os processos de análise e tomada de decisões já utilizadas.

1.5. Organização da tese

Este trabalho é composto por dez capítulos, onde:

O Capítulo 1 apresenta o contexto, as motivações e o objetivo deste trabalho, além de discutir sobre sua originalidade, generalidade e utilidade, que são critérios almejados.

O Capítulo 2 faz uma breve apresentação dos conceitos básicos e da revisão bibliográfica disponível na literatura.

O Capítulo 3 apresenta a abordagem do problema e a solução proposta.

O Capítulo 4 apresenta a estrutura de trabalho dos projetos de satélites do INPE.

Os Capítulos 5, 6 e 7 apresentam os processos propostos de Gerenciamento de Projetos, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade baseados no PMBOK, INCOSE e nos padrões ECSS.

O Capítulo 8 apresenta o processo proposto resultante da junção dos processos propostos de Gerenciamento de Projetos, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade, através de fluxogramas de trabalho durante as Fases de Planejamento, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Apresenta também a FMECA Estendida a Projetos (FMEP) e o Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP) como novas alternativas de tratamento de possíveis riscos.

O Capítulo 9 apresenta a aplicação da FMEP e do DMEP a ameaças ao processo proposto.

O Capítulo 10 apresenta a aplicação do processo proposto a um caso de estudo, sua avaliação, verificação e validação.

E por fim, o Capítulo 11 apresenta a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

2 CONCEITOS BÁSICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Objetivo

Este capítulo tem como objetivo apresentar os conceitos básicos principais e a revisão bibliográfica disponível na literatura que estarão presentes no decorrer deste trabalho. Os demais estão no Apêndice D.

2.2. Confiabilidade

Hardeveld (2012), em seu trabalho aborda os conceitos gerais da Confiabilidade, apresentando a seguinte definição: ***“Reliability - Probability than an item can perform its intended function for a specified interval under stated conditions”***.

Traduzindo, segundo Azevedo (2003), a Confiabilidade pode ser conceituada como a “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo”. Este conceito traz implícito a ideia de “operar sem falhas no intervalo”.

Esta capacidade de operar sem falhas durante certo intervalo de tempo é uma aspiração presente em muitos campos do conhecimento humano, e não apenas das engenharias. Ela decorre da necessidade de não haver falta de iluminação em uma sala de cirurgia, de haver controle adequado dos níveis de pressão em uma caldeira, de não haver fissuras em um material sujeito a pressão elevada, de uma aeronave atravessar o oceano sem a ocorrência de problemas graves, de um sistema educacional completar seu trabalho habilitando os alunos em nível adequado, etc.

A Confiabilidade é uma métrica que reflete a probabilidade de determinado sistema, independente da área de conhecimento, ser capaz de operar adequadamente quando solicitado dentro de um intervalo de tempo e condições especificadas.

2.3. Manutenibilidade

Hardeveld (2012), em seu trabalho aborda os conceitos gerais da Manutenibilidade, apresentando a seguinte definição:

Maintainability – probability that an item will be retained in or restored to a specific condition within a given period of time, when the maintenance is performed in accordance with prescribed procedures and resources ability to be retained in, or restored to, a state to perform as required, under given conditions of use and maintenance, including location for maintenance, accessibility, maintenance procedures and maintenance resource (HARDEVELD, 2012).

Traduzindo, segundo Azevedo (2003), Manutenibilidade é a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é realizada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.

A Manutenibilidade é uma métrica que reflete a probabilidade de uma dada ação de manutenção efetiva para um item, sob dadas condições de uso, poder ser efetuada dentro de um intervalo de tempo determinado, quando a manutenção é feita sob condições estabelecidas e usando procedimentos e recursos prescritos.

Conforme descrito na ECSS (2009b) (ECSS-Q-ST-30C) os requisitos de Manutenibilidade, podem exprimir as seguintes necessidades do produto:

- Tempo para diagnosticar (detectar e isolar) a falha;
- Tempo para remover e substituir o item com defeito;
- Tempo para retornar o sistema ou subsistema para a condição nominal;
- Taxas de falha dos itens.

Também a ECSS (2009b) (ECSS-Q-ST-30C) descreve que os itens críticos para a Manutenibilidade devem incluir:

- Itens que não podem ser verificados e testados após a integração;
- Itens com tempo de vida limitado;
- Itens que não cumprem os requisitos de Manutenibilidade;
- Itens que não podem ser validados como estando em conformidade com os requisitos de manutenção

2.4. Disponibilidade

Hardeveld (2012), em seu trabalho aborda os conceitos gerais da Disponibilidade, apresentando a seguinte definição: **“Availability - Degree to which a system is in a state where it can perform as required”**.

Traduzindo, 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, 2007). A Disponibilidade é um critério de desempenho para itens reparáveis, que representa tanto as propriedades de Confiabilidade como as de Manutenibilidade. É definida como a probabilidade de que o item estará funcionando corretamente quando for solicitado. Por exemplo, se uma lâmpada tem uma Disponibilidade de 99,9%, haverá um tempo em mil que alguém precisará usá-la e ela não estará operacional, porque está queimada ou sendo substituída. Esta métrica sozinha não diz nada sobre quantas vezes a lâmpada foi substituída. A lâmpada pode ter sido substituída a cada dia ou nunca ter sido.

A Disponibilidade depende da Confiabilidade e da Manutenibilidade do item, conforme apresentado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Relações entre as métricas Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade.

Confiabilidade		Manutenibilidade		Disponibilidade	
↔	Constante	↓	Diminui	↓	Diminui
↔	Constante	↑	Aumenta	↑	Aumenta
↑	Aumenta	↔	Constante	↑	Aumenta
↓	Diminui	↔	Constante	↓	Diminui

Fonte: Reliasoft (2007).

É importante observar que o conceito de Disponibilidade apresentado acima tem foco na fase de operação do item. Porém, durante a fase de projeto e fabricação do item (aqui, um satélite), a Disponibilidade tem foco na suficiência da infraestrutura física, recursos humanos e recursos materiais (ex: componentes e materiais) necessários.

2.5. Dependabilidade

Hardeveld (2012), em seu trabalho aborda os conceitos gerais da Dependabilidade, apresentando a seguinte definição: ***“Dependability - Ability to perform as and when required depending upon its application; also used as a collective term for the time-related quality characteristics of a product or service”***.

Segundo Avizienis et al. (2004), a dependabilidade pode ser entendida através de três visões, isso é, conjuntos de aspectos, como a seguir (Figura 2.1):

- Atributos (métricas);
- Meios;
- Ameaças (pelas quais é atingida).

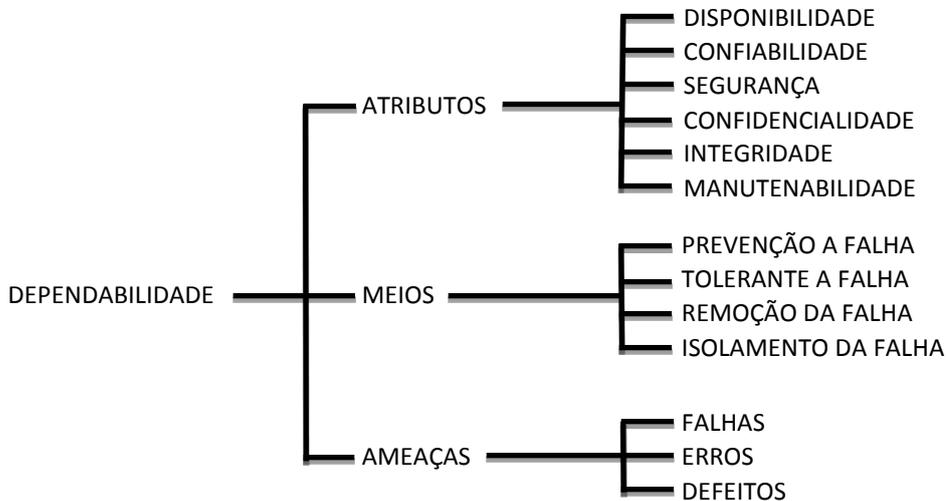


Figura 2.1: A árvore da Dependabilidade.

Fonte: Adaptada de Avizienis et al.(2004).

Dentre uma possível classificação das métricas, gerenciais ou técnicas, a Dependabilidade é uma métrica gerencial utilizada para nortear as tomadas de decisões do projeto. Sendo assim:

Dependabilidade é uma métrica vetorial composta por outras métricas escalares de atributos que forem importantes para a tomada de decisão em questão (SOUZA e PORTO, 2016).

A ECSS (2009b) (ECSS-Q-ST-30C) considera que a dependabilidade é um atributo que deve ser integrado como parte do processo de desenvolvimento do projeto.

Neste trabalho, serão considerados os seguintes atributos da Dependabilidade:

- ❖ Confiabilidade;
- ❖ Disponibilidade;
- ❖ Manutenibilidade.

A análise da dependabilidade deve ser realizada em todos os projetos espaciais ao longo do ciclo de vida, tendo como objetivo (ECSS, 2009b) (ECSS-Q-ST-30C):

- Apoiar o desenvolvimento do projeto nas fases conceitual, preliminar e detalhado;

- Apoiar a definição dos requisitos;
- Garantir a conformidade dos requisitos de: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade;

Os requisitos de Dependabilidade devem estar incluídos nas especificações técnicas. As especificações técnicas tipicamente incluem (ECSS, 2009b) (ECSS-Q-ST-30C):

- Requisitos funcionais, operacionais e ambientais;
- Requisitos de testes, como: níveis de carga, parâmetros de testes, e critérios de aceitação e rejeição;
- Margens de desempenho, fatores de Redução de Esforços (*Derating*), requisitos qualitativos de dependabilidade e requisitos quantitativos de dependabilidade (identificação e classificação de eventos indesejados);
- Identificação de fatores humanos que podem influenciar a dependabilidade durante o ciclo de vida do projeto;
- Identificação de fatores externos, internos e de instalação que podem influenciar a dependabilidade durante o ciclo de vida do projeto;
- O grau de tolerância de falhas de hardware ou *malfunctions* de software;
- Detecção, isolamento, diagnóstico, e recuperação do sistema devido a falhas, a um estado aceitável;
- Requisitos para a Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade.

A análise da Dependabilidade deve ser implementada por meio de um processo sistemático para possibilitar a especificação de requisitos.

O controle e redução dos riscos característicos da Dependabilidade seguem as seguintes etapas (ECSS, 2009b) (ECSS-Q-ST-30C):

- Identificação e classificação dos eventos indesejáveis (falhas, obsolescência, indisponibilidade, entre outros) de acordo com a severidade e suas consequências;
- Análise dos cenários dos eventos indesejáveis (falhas, obsolescência...), determinando suas origens e causas;
- Definição das ações e recomendações para avaliação das ameaças, eliminação das ameaças, redução ou controle das ameaças.

A Dependabilidade é, portanto, um aspecto essencial em qualquer projeto da área espacial contribuindo para a qualidade global do produto final. No entanto, nem sempre é percebida como tal, devido ao cronograma, custo, massa, volume entre outras restrições dos projetos. O programa de Dependabilidade não gera produtos físicos, como uma placa eletrônica ou um painel solar. Produz recomendações

orientando a definição de topologia e escolhas de partes e materiais, direciona o mapeamento de ameaças e pontos fracos do projeto, e assim por diante. A concepção de um produto para operar no espaço sem levar em conta as questões de dependabilidade põe em risco o sucesso da missão e pode levar a consequências catastróficas (ESA, 2013).

2.6. Engenharia de Sistemas

Na referência ECSS (2009a) (ECSS-E-ST-10C) que aborda os requisitos gerais da Engenharia de Sistemas é apresentada a seguinte definição:

System engineering is defined as an interdisciplinary approach governing the total technical effort to transform requirements into a system solution.

A system is defined as an integrated set of elements to accomplish a defined objective. These elements include hardware, software, firmware, human resources, information, techniques, facilities services, and other support elements (ECSS-E-ST-10C, 2009).

Nossa tradução deste texto é: A Engenharia de Sistemas é definida como uma abordagem interdisciplinar que administra o esforço técnico total de transformar os requisitos em uma solução de sistema.

Um sistema é definido como um conjunto integrado de elementos para realizar um objetivo definido. Esses elementos incluem hardware, software, firmware, recursos humanos, informação, técnicas, serviços de apoio e outros elementos de suporte (ECSS, 2009a) (ECSS-E-ST-10C).

Conforme apresentado na ECSS (2009a) (ECSS-E-ST-10C), a Engenharia de Sistemas possui interfaces com as disciplinas referentes à produção, operação, garantia do produto, e gestão, conforme apresentado na Figura 2.2.

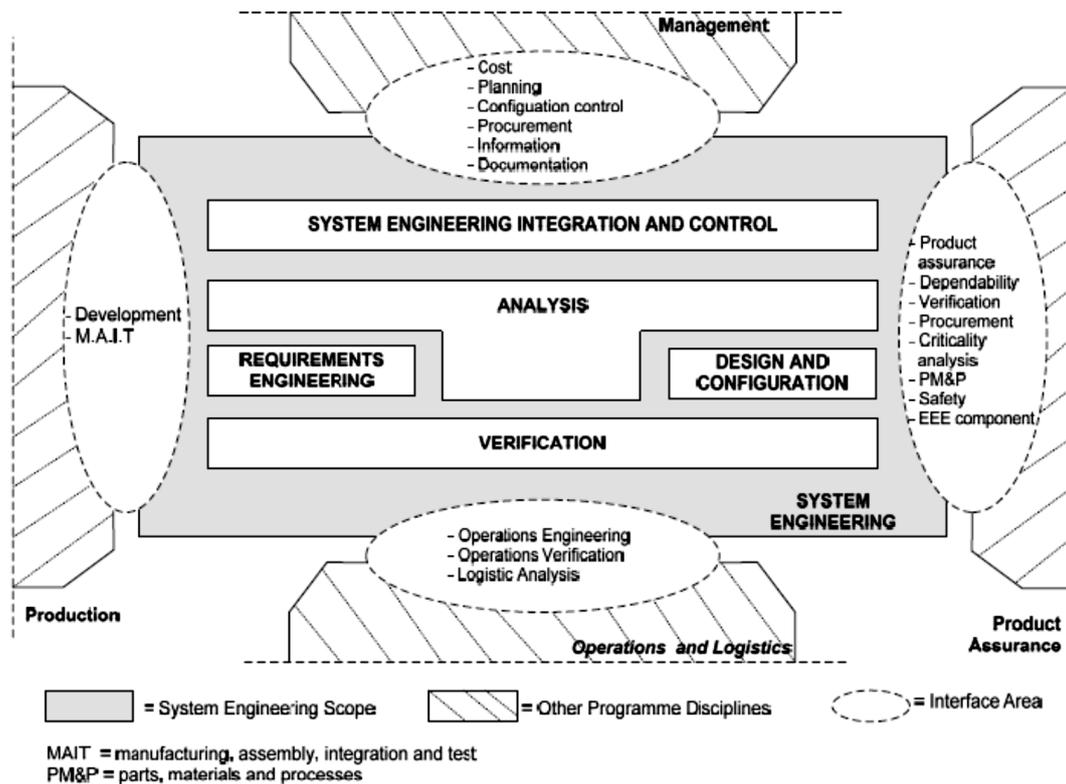


Figura 2.2: Interfaces da Engenharia de Sistemas com outras disciplinas.

Fonte: ECSS (2009a).

O INCOSE (2011) apresenta a seguinte definição em relação à Engenharia de Sistemas:

Systems engineering is an interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. It focuses on defining customer needs and required functionality early in the development cycle, documenting requirements, and then proceeding with design synthesis and system validation while considering the complete problem: operations, cost and schedule, performance, training and support, test, manufacturing, and disposal. SE considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs (INCOSE, 2011).

Nossa tradução deste texto é: A Engenharia de Sistemas é uma abordagem interdisciplinar e meios que permitem a realização de sistemas de sucesso. Ela se concentra em definir as necessidades dos clientes e a funcionalidade necessária no início do ciclo de desenvolvimento, documentando requisitos, e depois prosseguindo com a síntese do projeto e a validação do sistema considerando o problema completo: operações, custo e cronograma, desempenho, treinamento e suporte, teste, fabricação e descarte. A Engenharia de Sistemas considera as necessidades do negócio

e técnicas de todos os clientes com o objetivo de oferecer um produto de qualidade que atenda às necessidades do usuário (INCOSE, 2011).

As atividades de realização do sistema são agrupadas e descritas como processos genéricos que são executados de forma iterativa e/ou concorrente, dependendo do modelo do ciclo de vida escolhido. Essas atividades podem ser classificadas como (SEBoK, 2014):

- Atividades de desenvolvimento do sistema;
- Atividades de integração do sistema;
- Atividades de verificação do sistema;
- Atividades de validação do sistema.

2.7. Gerenciamento de Projetos

Do PMBOK (2013) é retirada a seguinte resposta para a pergunta: O que é Gerenciamento de Projetos?

Gerenciamento de Projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriadas dos 47 processos de gerenciamento de projetos, logicamente agrupados em cinco grupos de processos. Esses cinco grupos de processos são:

- Iniciação,
- Planejamento,
- Execução,
- Monitoramento e controle, e
- Encerramento.

O gerenciamento de um projeto normalmente inclui, mas não se limita a:

- Identificação dos requisitos;
- Abordagem das diferentes necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas no planejamento e execução do projeto;
- Estabelecimento, manutenção e execução de comunicações ativas, eficazes e colaborativas entre as partes interessadas;
- Gerenciamento das partes interessadas visando o atendimento aos requisitos do projeto e a criação das suas entregas;
- Equilíbrio das restrições conflitantes do projeto que incluem, mas não se limitam, a:

- Escopo;
- Qualidade;
- Cronograma;
- Orçamento;
- Recursos;
- Riscos (PMBOK,2013).

Segundo Yassuda, Chagas Junior e Perondi (2013) a gestão de projetos proposta pelo PMI, aplica a seguinte metodologia:

- Identificar os objetivos do projeto e as etapas necessárias para alcançá-los;
- Organizar as etapas em uma sequência ótima, levando em consideração os recursos e outras restrições, formando um plano de projeto;
- Seguir o plano com o objetivo de gerenciar as atividades, lidar com desvios e onde os desvios não podem ser resolvidos, gerenciar a revisão do plano.

2.8. Gerenciamento do ciclo de vida do produto

O Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto (*Product Lifecycle Management* - PLM) vem sendo atualmente um dos principais elementos da estrutura básica de suporte de tecnologia da informação das empresas. O PLM é uma abordagem que utiliza uma série de métodos e procedimentos de "melhores práticas" e tecnologias. As empresas contam com o auxílio dessa abordagem visando o gerenciamento do (a)(s) (SANTOS, 2014):

- Planejamento dos recursos internos (*Enterprise Resource Planning* - ERP);
- Dados do produto (*Product Data Management* - PDM);
- Relação com os fornecedores (*Supply Chain Management* - SCM);
- Informações e meios de comunicação com os clientes (*Customer Relationship Management* - CRM)

A alta taxa de geração de conhecimento e a velocidade com que esse conhecimento deve estar disponível gerou a necessidade de ser um ambiente que permita uma troca intensa de informações. Este ambiente deve permitir que o conhecimento sobre o produto seja facilmente (SANTOS, 2016):

- Capturado;
- Representado;
- Recuperado;
- Reusado.

Segundo Santos (2014), a gestão do ciclo de vida do produto (PLM) é uma estratégia de negócio em que se cria um ambiente comum para a troca de informações sobre um produto. Como uma solução tecnológica, PLM estabelece um grupo de ferramentas e tecnologias que provê uma plataforma compartilhada para a colaboração entre os interessados no produto e a racionalização do fluxo de informação ao longo de todos os estágios do ciclo de vida do produto.

Ferraro (2010) apresenta em seu trabalho definições realizadas por vários autores em relação ao que é o PLM, e conclui que existe uma semelhança entre estas definições, mas que ainda existe uma falta de entendimento do que PLM significa na prática.

2.9. Ciência e tecnologia transdisciplinares de processos

Com o objetivo de registrar: atualmente existe uma iniciativa no Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC) do INPE, objetivando agregar e unificar as quatro disciplinas: Engenharia de Sistemas baseada em modelos, Gerenciamento de Projetos, Gestão de Processos de Negócios e Simulação de Sistemas, através da metodologia denominada Ciência e Tecnologia Transdisciplinares de Processos (CT²P) (FERNANDEZ; KIENBAUM, 2015; KIENBAUM, 2015).

Kienbaum (2016) apresenta um *framework* para a Ciência e a Tecnologia Transdisciplinares de Processos (CT²P), que é definido como uma abordagem sistemática de modelagem que compreende os três elementos seguintes: uma Arquitetura do Conhecimento sobre processo, que contém o conhecimento organizado sobre os modelos estrutural e dinâmico dos processos de desenvolvimento de produtos e serviços complexos; um método para evolução dos modelos, chamado de Método de Implementação, abrangendo os processos do ciclo de vida do desenvolvimento do produto e da gestão da organização; e um conjunto de ferramentas de apoio, denominado Ambiente de Apoio, para auxiliar na condução destes estudos.

As diretrizes principais nas quais o *framework* se baseia são as seguintes (KIENBAUM, 2016):

- Construir um modelo de referência integrado e unificado contendo os processos essenciais de produção e de gestão, isto é, o modelo de processos da Engenharia Simultânea de Sistemas, cobrindo todo o ciclo de vida de sistema desde sua concepção até o seu descarte final.

- Construir modelos de processos multifacetados, a partir do modelo de referência citado. Para isto empregam-se diferentes formas de modelos ou visões especializadas de processos, baseadas no domínio de conhecimento dos diversos agentes envolvidos no projeto do sistema, a saber: as visões do Engenheiro de Sistemas, do Gerente do Projeto, do Gestor de Processos de Negócios, e do analista especializado em Modelagem e Simulação de Sistemas.
- Empregar esses modelos multifacetados ao longo do ciclo de vida completo do produto para executar, simultaneamente e de forma integrada, tanto os processos de desenvolvimento do produto quanto os de gestão da produção pela organização executora.

De acordo com Fernandez e Kienbaum (2014), a Figura 2.4 ilustra o conceito da metodologia CT²P, que abrange todo o ciclo de vida de desenvolvimento do produto, voltado para os sistemas da área espacial.

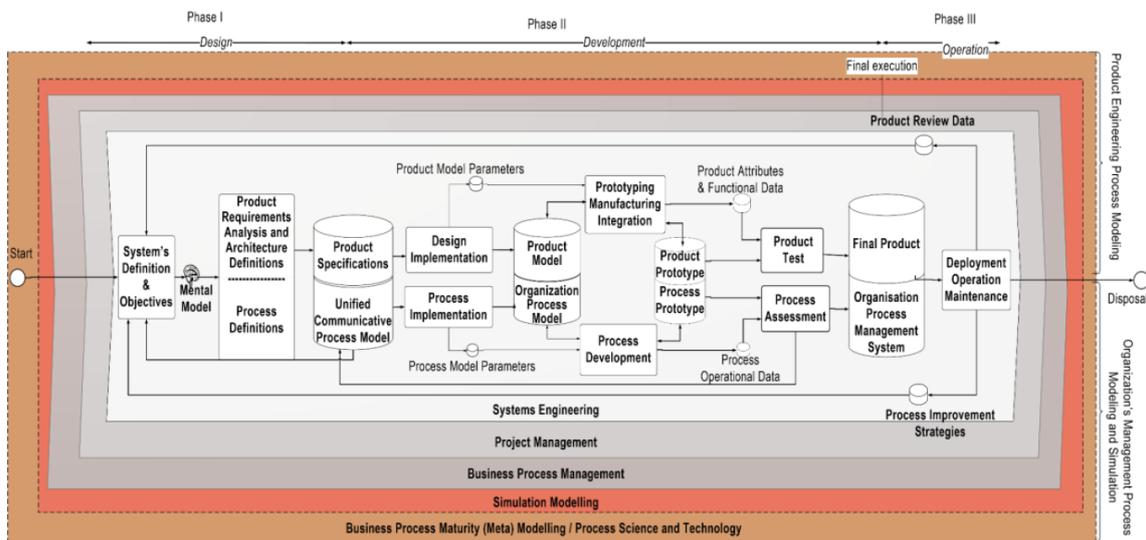


Figura 2.4: Arquitetura do conhecimento em CT²P.

Fonte: FERNANDEZ e KIENBAUM (2014)

A aplicação de ferramentas de software existentes provenientes de cada uma das áreas individuais de estudo (Engenharia de Sistemas baseada em Modelos, Gerenciamento de Projetos, Gestão de Processos de Negócios e Simulação de Sistemas) e a análise de seus resultados integrados na CT²P pode contribuir para a criação de um tipo de metodologia de modelagem genérica PLM, e para a construção de um ambiente de suporte geral, capaz de realizar Engenharia de Sistemas e a Modelagem da Gestão de Processos, além de análises em um contexto geral, melhorando de forma significativa a execução e a gestão das atividades do gerenciamento do ciclo de vida completo do projeto (FERNANDEZ, 2016).

2.10. Prospecção

Vários cenários de aplicação dos satélites devem ser previstos durante a execução dos projetos.

Fazer previsões sobre o futuro é uma profissão antiga. Para Schwartz (2000) citado por Grisi e Britto (2003), os primeiros estudiosos que buscaram padrões objetivos para prospecção do futuro teriam sido os egípcios, que empregavam sua experiência na avaliação das condições gerais do Rio Nilo, na sua cabeceira, em busca de perspectivas para cheias ou estiagens, fatores determinantes para as futuras colheitas e para toda a economia da nação.

Como publicado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2016), os exercícios de prospecção buscam entender as forças que orientam o futuro, promover transformações, negociar espaços e dar direção e foco às mudanças. Estes estudos são conduzidos de modo a “construir conhecimento”, ou seja, buscam agregar valor às informações do presente, de modo a transformá-las em conhecimento e subsidiar os tomadores de decisão e os formuladores de políticas destacando rumos e oportunidades para os diversos atores sociais.

Um estudo prospectivo envolve o uso de múltiplos métodos ou técnicas, quantitativos e qualitativos, de modo a se obter a complementaridade buscando compensar as possíveis deficiências trazidas pelo uso de técnicas ou métodos isolados. Uma vez que não faz sentido definir uma fórmula pronta para uma metodologia de prospecção, a escolha dos métodos e técnicas e seu uso dependem intrinsecamente de cada situação – considerados aspectos tais como especificidades da área de conhecimento, aplicação das tecnologias no contexto regional ou local, governamental ou empresarial, abrangência do exercício, horizonte temporal, custo, objetivos e condições subjacentes (CGEE, 2016).

A reflexão sobre as diferentes abordagens, métodos e técnicas precisa ser vista como um meio para aperfeiçoar a atividade prospectiva e seus resultados, ou seja, responder adequadamente às indagações quanto ao futuro, em seus diversos níveis e interesses.

Muitos métodos e técnicas atualmente em uso se originam de outros campos do conhecimento, tais como modelagens e simulações e se valem das facilidades aportadas pela tecnologia da informação coletando e tratando grandes quantidades de dados disponíveis de forma eletrônica para identificar tendências através de processos de "mineração de dados".

Uma classificação recente dos métodos e técnicas existentes e em uso nas atividades prospectivas é a combinação proposta por Porter et al. (1991 e 2004) e por Skumanich e Sibernagel (1997), citado por CGEE (2016), que divide os métodos de prospecção em famílias: Criatividade, Métodos Descritivos e Matrizes, Métodos Estatísticos, Opinião de Especialistas, Monitoramento e Sistemas de Inteligência, Modelagem e Simulação, Cenários, Análises de Tendências, e Sistemas de Avaliação e Decisão.

2.11. Modelagem

Segundo Lima et al. (2009) podemos entender um modelo como sendo uma representação simplificada da realidade.

O processo de modelar tem como pontos fundamentais:

- A escolha de um nível adequado de abstração, de forma a considerar informações relevantes ao objeto de estudo e desconsiderar aquelas que não são pertinentes;
- A linguagem utilizada para representação do modelo.

A tarefa de construir um modelo pressupõe um objetivo associado a este propósito, que permitirá definir quais informações são importantes e devem ser representadas e escolher a linguagem mais adequada para descrever tais representações. Um modelo é fruto da visão do mundo do modelador, a escolha das informações e a forma como estas serão representadas são reflexos da individualidade de quem está construindo o modelo, do seu conhecimento do objeto de estudo, de suas experiências pessoais, crenças, e motivações. A simulação de um modelo consiste na execução deste modelo.

Os modelos podem ser de vários tipos (Shimizu, 2010), a saber:

- Verbais: quando descritos e representados por palavras e sentenças (ex: questionários, sistemas especialistas);
- Físicos: quando representados por algum tipo de material ou hardware, alterando-se suas dimensões, formato e custo (ex: maquete, protótipos);
- Esquemáticos: quando representados por meio gráficos, tabelas, diagramas ou árvores de decisão;
- Matemáticos: quando representados por equações e valores numéricos ou valores da lógica simbólica.

Um modelo matemático pode ser visto como uma caixa preta que recebe as entradas (parâmetros, variáveis exógenas, e decisões), e processa essas informações para produzir as saídas (variáveis endógenas ou resultados da decisão) (Shimizu, 2010).

Segundo Ogata (1998), os modelos matemáticos podem assumir muitas formas diferentes. Dependendo do sistema que é alvo de interesse e das circunstâncias particulares, um modelo matemático pode ser mais adequado do que outros.

É possível melhorar a precisão de um modelo matemático aumentando sua complexidade. Em alguns casos, incluem-se centenas de equações para descrever um sistema completo. Na obtenção de um modelo matemático, no entanto, deve-se estabelecer um compromisso entre a simplicidade do modelo e a precisão dos resultados da análise. Portanto, quando não for necessária uma precisão extrema, é preferível obter apenas um modelo razoavelmente simplificado.

Ainda segundo Ogata (1998), em geral, na solução de um novo problema, considera-se desejável construir inicialmente um modelo simplificado de modo a se adquirir um conhecimento básico e geral para a solução. Posteriormente, um modelo matemático mais completo poderá ser então elaborado e utilizado para uma análise mais detalhada.

2.11.1. Modelagem de processos

Visando melhorar a descrição de processos, diversas pesquisas vêm apresentando formas de se modelar processos. Existem várias técnicas de modelagem de processos. Ketting et al. (1997), citado por Leal et al. (2007), listaram mais de 100 técnicas em seu trabalho.

O *Program for Integrated Computer Aided Manufacturing (ICAM)*, da Força Aérea Norte Americana, buscou aumentar a produtividade da manufatura através de aplicação sistemática de tecnologia de computação. O ICAM identificou a necessidade de uma melhor análise e técnicas de comunicação para as pessoas envolvidas em programas de melhoria de produtividade em manufatura. Como resultado, o ICAM desenvolveu uma série de técnicas conhecidas como IDEF (*Integrated Definition for Function Modelling*), dentre elas o IDEF0 (LEAL et al.,2007).

Uma forma de modelar processos é utilizando o IDEF0, onde a caixa de função representa uma atividade ou conjunto de atividades percebidas como um todo, que transforma entradas em saídas sob a influência de um controle, utilizando os

mecanismos previstos. A Figura 2.5 representa o diagrama IDEF0 (CARARA JUNIOR, 2014).

As entradas (I) são objetos para serem processados ou transformados pela função. Os controles (C) são definidos na forma de objetos de informação. Eles são utilizados para ativar, controlar, sincronizar a função. Os mecanismos (M) podem representar informações e / ou recursos físicos. As saídas (O) são objetos processados ou transformados pela função (CARARA JUNIOR, 2014).

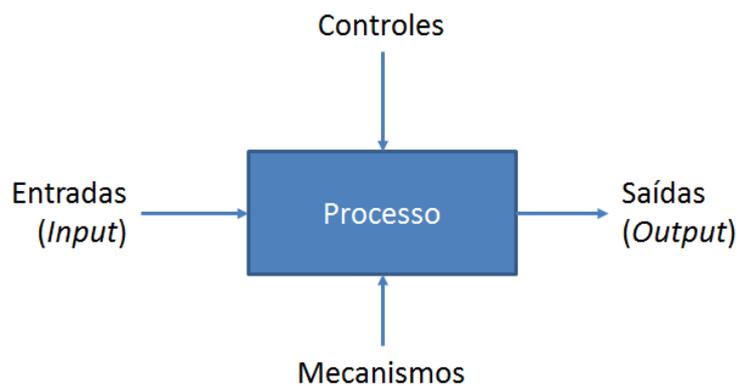


Figura 2.5: Exemplo de Diagrama IDEF0

Fonte: CARARA JUNIOR (2014)

Uma outra forma de modelar processos, é utilizando o *Business Process Diagrams* (BPD) que é uma representação gráfica que utiliza a notação a *Business Process Management Notation* (BPMN). Conforme apresentado por Fernandez (2016), a BPMN é largamente usada e apoiada por grandes comunidades.

2.12. Métodos e técnicas para avaliação da dependabilidade

2.12.1. Diagrama de Blocos de Confiabilidade

Diagramas de Blocos são amplamente utilizados em engenharia, e existem em muitas formas diferentes. O Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC) é usado com o objetivo de descrever a inter-relação entre as partes de um sistema (RELIASOFT, 2013).

O DBC é uma técnica que usa Lógica Booleana para ilustrar a configuração de um sistema onde é possível ver o caminho onde há dependência de certos elementos que compõem o sistema, dispostos em série, paralelo, ou configurações mistas, responsáveis pela execução de uma função. É uma análise lógica que pode se tornar

probabilística através do estabelecimento de uma probabilidade de sucesso de cada componente responsável pela função, e seus correspondentes efeitos na probabilidade geral de sucesso na execução daquela função (MACHADO, 2014).

Conforme apresentado por Machado (2014), o foco do DBC é na combinação de sucessos dos blocos (probabilidade de funcionamento). O DBC apresenta uma análise estática, onde as taxas de falha têm probabilidades fixas ou dependentes do tempo, mas sem cinemática ou dinâmica dos estados ou configurações.

2.12.2. FMEA/FMECA

Como citado por Freitas e Colosimo (1997), o objetivo de uma FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) é identificar todos os modos de falha em potencial dentro de um projeto (de produto ou de processo) e seus efeitos, de tal maneira que as falhas de maior severidade possam ser eliminadas ou minimizadas.

A utilidade da FMEA como uma ferramenta de análise de projeto e no processo de tomada de decisões é dependente de dois fatores (FREITAS E COLOSIMO, 1997):

- Qualidade das informações utilizadas para sua confecção e;
- Eficácia com a qual, o conhecimento gerado a respeito de um modo de falha com severidade maior, é comunicado logo no início do projeto, possibilitando assim que as ações corretivas sugeridas possam ser analisadas e implementadas.

Como apresentado pela ECSS-Q-ST-30-02C (ECSS, 2009c), a FMECA (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e Criticidade) é uma extensão da FMEA. Os modos de falha são identificados na FMEA, sendo que a FMECA adicionalmente considera a criticidade envolvida, que é a medida combinada da severidade do modo de falha e sua probabilidade de ocorrência.

Tradicionalmente as tabelas de FMECA apresentam as colunas referentes a **severidade** da falha (1ª coluna) e **probabilidade de ocorrência** da falha (2ª coluna) para avaliar a criticidade da falha. Frisk (1996) citado por Teixeira (2005) apresentou em seu trabalho que a detectabilidade e a tratabilidade da falha podem ser classificadas como fraca ou forte, o que nos motivou estender a tabela da FMECA e avaliar a **detectabilidade** da falha (3ª coluna) e a **tratabilidade** da falha (4ª coluna). Tudo isso acoplado ao Gerenciamento de projetos.

2.12.3. Diagrama de Markov

Muitos dos processos que ocorrem na natureza e na sociedade podem ser estudados (pelo menos em primeira aproximação) como se o fenômeno estudado passasse, a partir de um estado inicial, por uma sequência de estados, onde a transição de um determinado estado para o seguinte ocorreria segundo certa probabilidade. No caso em que esta probabilidade de transição depende apenas do estado em que o fenômeno se encontra e do estado a seguir, o processo será chamado Processo de Markov e uma sequência de estados seguindo este processo será denominada uma Cadeia de Markov. Evidentemente, ao se supor tal restrição estará sendo realizada uma simplificação, uma vez que as probabilidades podem se modificar com o tempo. Mas, assim mesmo a informação que obtivermos com este modelo já nos servirá de auxílio para a previsão do comportamento de certos fenômenos (BOLDRINI et al., 1980).

A técnica cinemática de Markov oferece vantagens significativas em relação as outras técnicas estáticas de modelagem de Confiabilidade, como o RBD, FMEA e FTA (FUQUA, 2003). Algumas dessas vantagens são:

- *Abordagem de modelagem simples mas útil:* Os modelos são simples de gerar embora exijam uma abordagem matemática mista (de máquinas de estados e probabilidade);
- *Técnica de gerenciamento de redundância:* Requisitos de reconfiguração do sistema por falhas são facilmente incorporados no modelo;
- *Cobertura:* Falhas cobertas e descobertas de componentes são eventos mutuamente exclusivos. Estas não são facilmente modeladas usando técnicas clássicas, mas são facilmente manipuladas pela matemática markoviana;
- *Sistemas complexos:* As técnicas de simplificação dos modelos markovianos permitem a realização de modelagem de sistemas complexos;
- *Eventos sequenciados:* Muitas vezes, o analista está interessado em calcular a probabilidade de um evento resultante da sequência de sub-eventos. Estes tipos de eventos não são tratados facilmente com outras técnicas clássicas, mas facilmente manipulados utilizando a modelagem markoviana.

O Modelo Oculto de Markov (Hidden Markov Models-HMM) é definido como modelo Markoviano onde a observação da evolução do sistema se dá de forma indireta, como função probabilística da transição entre os estados definidos num espaço de estados discreto e finito. Por mais que conheçamos todos os parâmetros do modelo, continua oculta a evolução da Cadeia de Markov que governa este processo (ESPINDOLA, 2009).

A literatura recente apresenta o Modelo Oculto/Modificado de Markov sendo aplicado ao Processamento Digital de Sinais como ao Reconhecimento de Sinais (JURAFSKY e

MARTIN, 2014). Esta aplicação tem em comum com projetos de satélites a necessidade de tomar decisões diante de uma sequência de estados parcialmente ocultos em um dado momento e que podem se modificar após este. Tanto influências internas como as externas atuam ao longo do Ciclo de Vida podendo alterar os estados previstos de um projeto e suas probabilidades. Isto justifica sua adoção pioneira a este contexto neste trabalho.

2.13. Ciclo de Vida de Projetos Espaciais

O modelo do ciclo de vida de projetos espaciais adotado pela Agência Espacial Europeia é tipicamente dividido em 7 fases, como apresentado a seguir (ECSS, 2009d) (ECSS-M-ST10C ver 1):

Fase 0 - Análise da missão / Identificação das necessidades

Fase A - Exequibilidade

Fase B – Definições preliminares

Fase C – Definições detalhadas

Fase D – Qualificação e Produção

Fase E – Operação

Fase F - Descarte

A Figura 2.6 relaciona as fases com as atividades dos projetos, apontando os marcos de avaliação, conforme descrito abaixo:

MDR – Revisão de Definição de Missão

PRR – Revisão Preliminar de Requisitos

SRR – Revisão de Requisitos de Sistema

PDR – Revisão Preliminar do Projeto (ou Revisão de Projeto Preliminar)

CDR – Revisão Crítica do Projeto (ou Revisão de Projeto Detalhado)

QR – Revisão de Qualificação

AR – Revisão de Aceitação

FRR – Revisão de Prontidão de Voo

LRR – Revisão de Prontidão de Lançamento

CRR – Revisão de Comissionamento de Resultados

ELR – Revisão de Final de Vida

MCR – Revisão de Encerramento da Missão

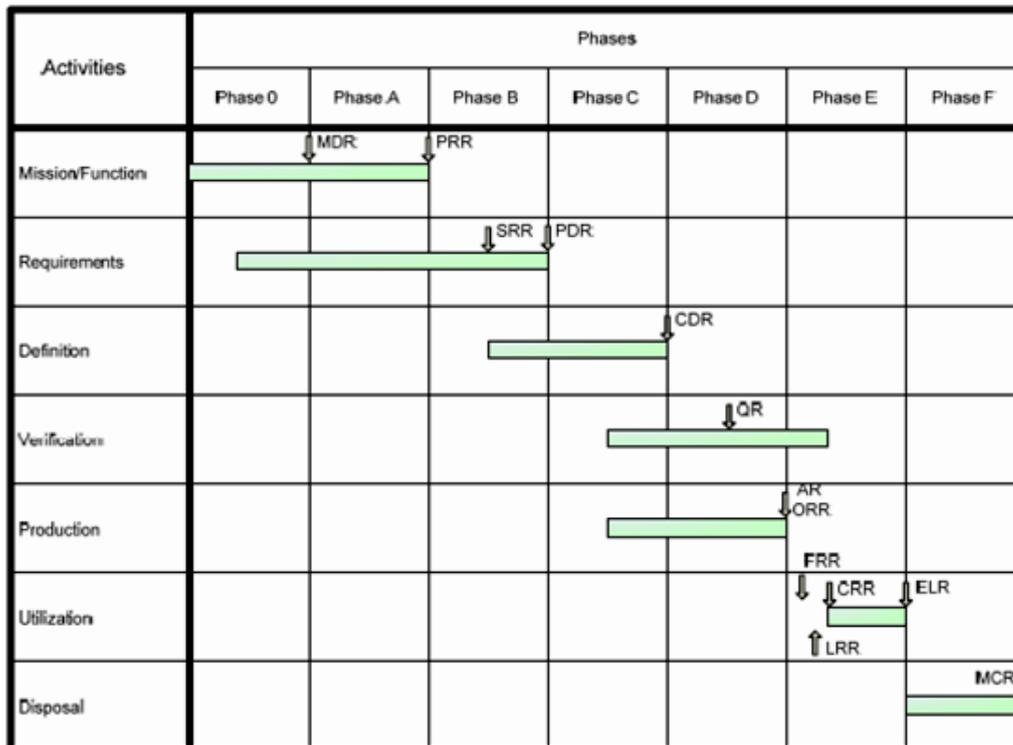


Figura 2.6: Ciclo de vida típico de projeto.

Fonte: ECSS (2009d).

Os objetivos por fases apresentados pela ECSS (2009d) (ECSS-M-ST10C ver 1), são:

- As Fases 0, A e B focam principalmente na:
 - Elaboração funcional do sistema e dos requisitos técnicos, e identificação dos conceitos do sistema para cumprir com a declaração da missão;
 - Identificação das atividades e recursos necessários para o desenvolvimento do projeto;
 - Avaliação inicial dos riscos técnicos e programáticos;
 - Início das atividades de pré-desenvolvimento.
- Fases C e D:
 - Incluem todas as atividades de desenvolvimento e qualificação do produto.
- Fase E:
 - Incluem todas as atividades de lançamento, comissionamento, operação e manutenção do produto.
- Fase F:
 - Incluem todas as atividades de descarte.

A Tabela 2.2 apresenta a correlação entre as fases de projeto apresentadas pela ECSS e as adotadas para este trabalho.

Tabela 2.2 Correlação entre as fases de projeto: ECSS e adotada para este trabalho.

Modelo ECSS Fases	Modelo adotado Fases
Fase 0 - Análise da missão / Identificação das necessidades	Planejamento do projeto
Fase A - Exequibilidade	
Fase B – Definições preliminares	Projeto preliminar
Fase C – Definições detalhadas	Projeto detalhado
Fase D – Qualificação e Produção	Fabricação, integração e teste
Fase E – Operação	Operação
Fase F - Descarte	Descarte

2.14. Classes de Satélites

De acordo com Kramer e Cracknell (2008), há várias formas de classificar os satélites como, por exemplo, por função, por tipo de órbita, custo, dimensões, massa, entre outros.

Neste trabalho a classificação de satélites de acordo com a massa, é baseada na adaptação realizada por Fernando Antonio Pessotta em sua Proposta de Tese em 04/08/2015 (Tese em andamento), conforme apresentada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Classificação de satélites de acordo com a massa.

Classificação	Massa (kg)
Satélites Grandes	> 1000
Satélites Médios	500 - 1000
Minisatélites / Satélites Pequenos	100 - 500
Microsatélites	10 - 100
Nanosatélites	1 - 10
Picosatélites	0,1 - 1
Fentosatélites	< 0,1

3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E ABORDAGEM PARA SUA SOLUÇÃO

3.1. Formulação do problema

O problema a ser tratado são ameaças, sobre as Fases de Planejamento, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado da Dependabilidade de um sistema, dos seguintes problemas:

1º problema: O *Reliability Information Analysis Center (RIAC)*, em uma de suas publicações (RIAC, 2010), menciona que uma suposição frequentemente feita quando se utiliza metodologias tradicionais para a predição da Confiabilidade, é que a taxa de falhas de um produto ou sistema é determinada principalmente pelos **componentes** eletrônicos, porém uma significativa porcentagem de causas de falhas é resultante de falhas de **projeto e fabricação**. Na Figura 3.1 é apresentado o percentual nominal de falhas de sistemas eletrônicos, relativo às categorias predominantes identificadas a partir de dados coletados pelo RIAC.

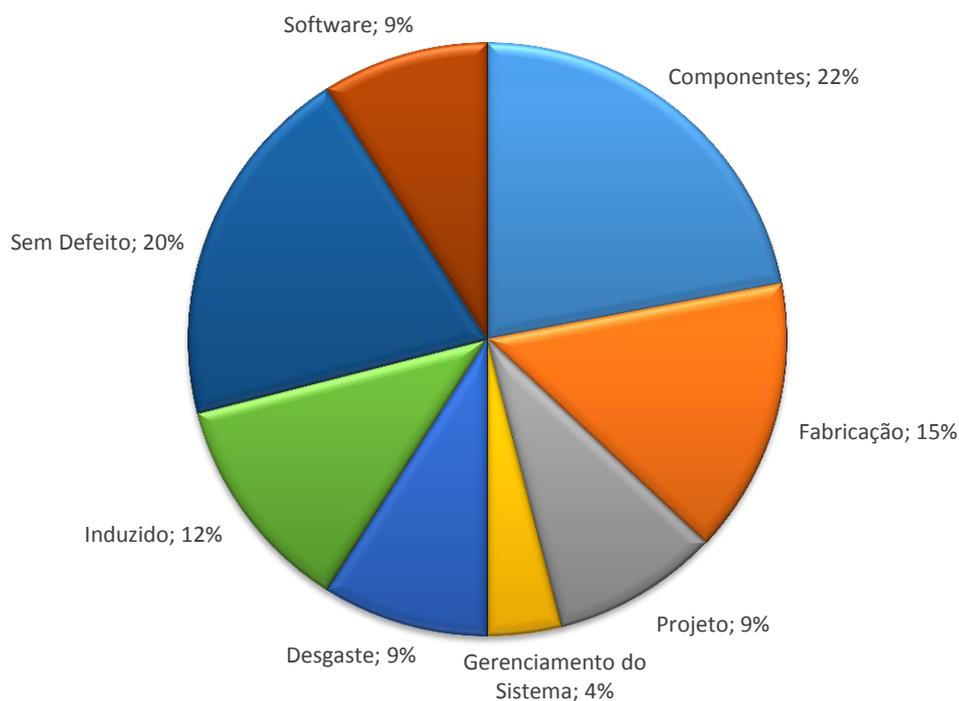


Figura 3.1: Distribuição das causas de falhas em sistemas eletrônicos.

Fonte: Adaptado de RIAC (2010).

O problema descrito acima (*1º problema*) justifica a motivação de atender a necessidade de avaliar a Dependabilidade em sistemas complexos e/ou altamente integrados (*1ª motivação*).

2º problema: Terribili Filho (2013) faz em seu trabalho uma análise crítica do *Benchmarking* em Gerenciamento de Projetos realizado em 2010 pelo PMI no Brasil, que teve a participação de 460 organizações públicas e privadas de seis setores distintos: Consultoria, Engenharia e EPC (*Engineering, Procurement and Construction*), Governo (administração direta e indireta), Indústria, Serviços, e Tecnologia da Informação.

Uma informação que merece destaque para a análise dos resultados deste *Benchmarking* é que 68% das organizações respondentes afirmaram que possuem “cultura estabelecida” em Gerenciamento de Projetos em toda a organização ou em áreas específicas; 30% das organizações se posicionaram como tendo uma “cultura embrionária” e apenas 2% da amostra afirmou que não há cultura em Gerenciamento de Projetos na organização.

A Tabela 3.1 apresenta as respostas dadas pelas empresas participantes do *Benchmarking 2010*, à pergunta "Quais os problemas que ocorrem com maior frequência em seus projetos?", devendo ser citado que mais de uma resposta pôde ser dada.

Tabela 3.1: Problemas que ocorreram com maior frequência nos projetos.

Item	Organizações que citaram o item
1 Não cumprimento dos prazos	60,2%
2 Mudanças de escopo constantes	43,0%
3 Problemas de comunicação	40,1%
4 Escopo não definido adequadamente	39,5%
5 Não cumprimento do orçamento	28,3%
6 Recursos humanos insuficientes	28,3%
7 Concorrência entre o dia a dia e o projeto na utilização de recursos	27,6%
8 Riscos não avaliados corretamente	22,9%
9 Mudanças de prioridades constantes ou falta de prioridade	19,8%
10 Problemas com fornecedores	17,7%
11 Estimativas incorretas ou sem fundamento	15,6%
12 Retrabalho em função de falta de qualidade do produto	11,7%
13 Falta de definição de responsabilidades	10,2%
14 Falta de uma metodologia de apoio	7,5%
15 Falta de apoio da alta administração / <i>sponsor</i> (patrocinador)	7,3%
16 Falta de competência para gerenciar projetos	6,9%
17 Falta de uma ferramenta de apoio	6,7%
18 Falta de conhecimento técnico sobre a área de negócio da organização	2,1%

Fonte: Terribili Filho (2013).

O problema descrito acima (2º problema) justifica a motivação de atender a necessidade de aumentar a interação entre Gerenciamento de Projetos e Engenharia de Sistemas (2ª motivação).

3º problema: Boeing, McDonnell Douglas, and Rockwell (CONDRA et al., 2000) iniciaram o trabalho para conviver com a **obsolescência**, uma vez que a indústria de componentes eletrônicos nos últimos anos criou um desafio para a indústria aeroespacial, quando deixou de investir na fabricação de circuitos integrados, diodos, resistores e transistores para aplicação aeroespacial e priorizaram o mercado de computadores, telecomunicações, e indústria de consumo.

As Figuras 3.2 e 3.3 apresentam as cadeias de fornecimento de componentes eletrônicos em 1984 e em 2000, através das quais é possível observar as transformações que motivaram as indústrias aeroespaciais comerciais e da defesa a se adaptarem, considerando em seus projetos:

- O escopo do problema de obsolescência dos componentes eletrônicos;
- Seleção e gestão de componentes eletrônicos;
- Operação, manutenção e suporte dos equipamentos eletrônicos;
- Qualificação e certificação de equipamentos eletrônicos.

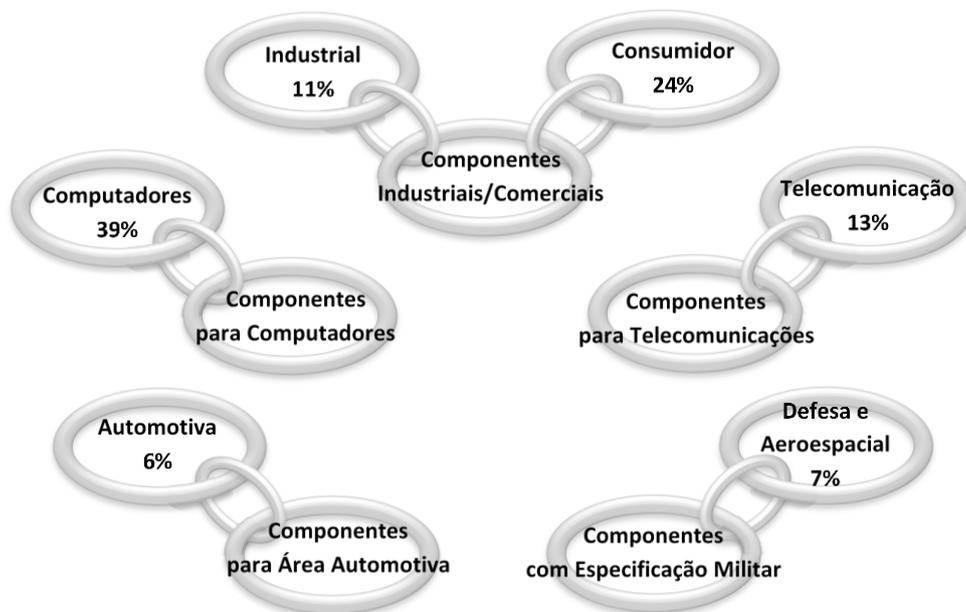


Figura 3.2: Cadeias de fornecimento para componentes eletrônicos em 1984.

Fonte: Adaptado de CONDRA et al. (2000).

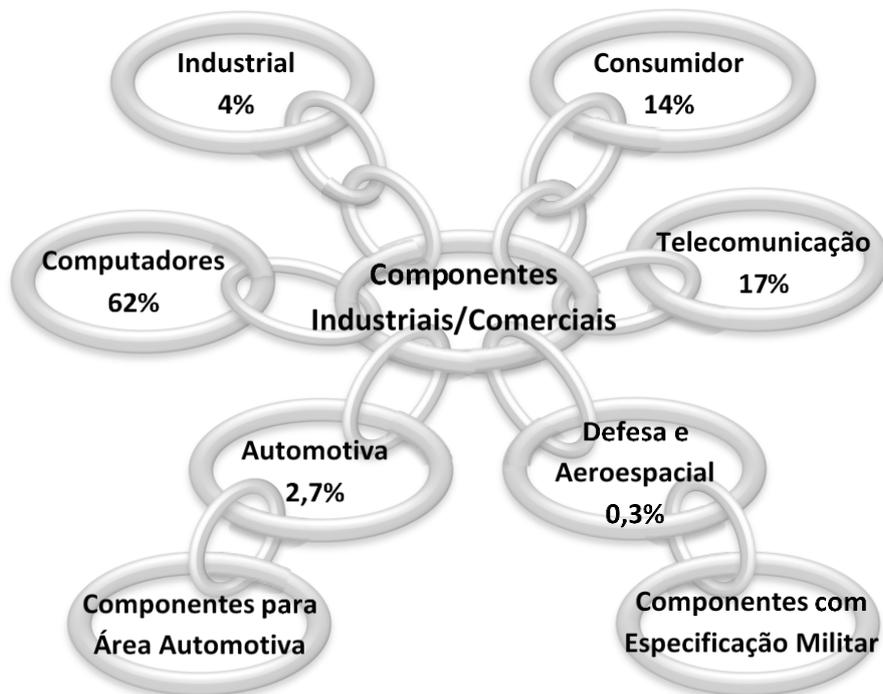


Figura 3.3: Cadeias de fornecimento para componentes eletrônicos em 2000.

Fonte: Adaptado de CONDRA et al. (2000).

O problema descrito acima (*3º problema*) justifica a motivação de atender a necessidade de antecipar as avaliações e análises para que alterações de projeto não ocorram nas fases mais avançadas (*3ª motivação*).

4º problema: Conforme apresentado por Chamon e Carvalho (2003), no Brasil, a atividade espacial é definida e executada por órgãos governamentais, que têm a responsabilidade de gerenciar todo o ciclo de vida de um projeto da área espacial.

No caso de projetos espaciais de um modo geral, uma lista de **fatores de risco** típica é a seguinte:

- Emprego de novas tecnologias;
- Não cumprimento de requisitos e especificações;
- Processos de fabricação;
- Processos de integração e testes;
- Experiência e disponibilidade da equipe;
- Planejamento;
- Fornecimento de partes e materiais;

- Aspectos legais de contratação;
- Custo;

No caso brasileiro, podem-se incluir alguns itens específicos:

- Pessoal especializado em quantidade insuficiente para os projetos;
- Uso de tecnologias e concepções já existentes no mercado, porém novas para a indústria brasileira e para as quais se tem pouca ou nenhuma experiência;
- Incertezas na disponibilidade orçamentária ao longo do ciclo de vida dos projetos;
- Dificuldades em cumprir os contratos a preço fixo como exige a legislação, entre outras.

Santos, Marshall e Daruiz (2013) avaliaram os **atrasos** dos contratos industriais dos programas de satélites do INPE, incluindo os contratos dos satélites CBERS 3 que serão objeto de estudo neste trabalho, tendo como parte dos resultados os dados da Tabela 3.2. Esta apresenta o tempo acrescentado para finalização dos subsistemas do CBERS 3; isto é, para obtenção desse tempo foram apurados somente os atrasos incorridos a partir da fase de qualificação, quando soluções alternativas para os embargos de componentes eletrônicos já haviam sido planejadas e ou implementadas, e todos os componentes eletrônicos necessários para a produção dos modelos de qualificação e de voo já haviam sido adquiridos pelo INPE e estavam à disposição das contratadas.

Tabela 3.2: Tempo acrescentado para finalização dos projetos a partir da fase de qualificação

Subsistema	Acréscimo de prazo (dias)
Câmera 1	510
Câmera 2	480
Transmissor de dados	570
Suprimento de energia	420
Gravador	450

Fonte: Adaptado de Santos, Marshall e Daruiz (2013).

Após avaliarem os resultados, Santos, Marshall e Daruiz (2013), concluíram que além dos atrasos devidos aos **embargos**, também houve atrasos devido às dificuldades inerentes às **tecnologias**; e, principalmente, dificuldades de **produção** encontradas pelas contratadas nas fases de qualificação e produção dos modelos de voo.

O problema descrito acima (*4º problema*) justifica a motivação de atender a necessidade do INPE de capacitar a indústria nacional em tecnologias estratégicas, como as empregadas em satélites (*4ª motivação*).

3.2. Abordagem para a solução

Para melhorar a Dependabilidade (Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade) proporemos um processo melhorado baseado nos seguintes fatos:

1º fato: Para o desenvolvimento de sistemas complexos e/ou altamente integrados é necessário um amplo esforço abrangendo as diversas equipes, disciplinas, processos e ferramentas. As equipes de Gerenciamento de Projetos e Engenharia de Sistemas precisam considerar uma extensa gama de requisitos muitas vezes conflitantes, prazos, custos e atendimento dos requisitos (qualidade).

Comumente nos programas de satélites do INPE, as métricas de Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade têm os seus requisitos verificados da seguinte forma:

1) Confiabilidade

- Através da Análise de Confiabilidade, que é composta pela Predição da Confiabilidade (*Reliability Prediction*) e a Análise de Redução de Esforços (*Derating Analysis*) dos subsistemas ou equipamentos que constituem o satélite. Com a predição da Confiabilidade avalia-se qual a probabilidade de o subsistema ou equipamento operar de maneira prevista durante um determinado período de tempo e num determinado ambiente. A Análise de Redução de Esforços é realizada para que a carga (elétrica, térmica, etc.) aplicada sobre os componentes seja inferior ao especificado pelo fabricante com a intenção de ampliar a vida útil, aumentando desta forma a Confiabilidade.
- Através da FMEA/FMECA, que tem como objetivo principal identificar todos os modos de falha e seus efeitos, de tal maneira que as falhas de maior severidade ou de maior criticidade possam ser eliminadas ou minimizadas.

2) Disponibilidade

- Através dos procedimentos de aquisição, uma vez que esta métrica não possui requisito e nem ferramenta de verificação, estabelecidos de maneira direta.

3) Manutenibilidade

- Através dos processos de desenvolvimento da engenharia, porém não possui uma ferramenta de verificação estabelecida.

Devido à dificuldade de melhoria das métricas relacionadas à Dependabilidade, depois do projeto já estabelecido, pretende-se com este trabalho propor maior interação entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas utilizando processos estabelecidos até o final da fase do projeto detalhado, onde são executadas as atividades relacionadas à missão, requisitos e definições. Espera-se que esta proposta comporte a influência dos vários fatores característicos de desenvolvimento de projetos de satélites além dos atualmente considerados (taxa de falhas de componentes eletrônicos considerando o ambiente de aplicação e nível de qualidade, e processos controlados), conforme apresentado na Equação 1 (RADC, 1985):

$$R_{\text{sistema}} = R_{\text{partes}} * R_{\text{ciclo de vida}} \quad (3.1)$$

onde:

R_{sistema} – Confiabilidade prevista do sistema

R_{partes} - Confiabilidade prevista das partes

$R_{\text{ciclo de vida}}$ – Confiabilidade do ciclo de vida

A Confiabilidade do ciclo de vida ($R_{\text{ciclo de vida}}$) deve refletir o impacto das várias ações tomadas referentes aos processos de dependabilidade, sendo que neste trabalho o enfoque será dado principalmente aos processos de Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade.

2º fato: Os problemas relacionados à Dependabilidade têm impactos temporais, financeiros e nos serviços operacionais. Se estes problemas são detectados e mitigados nas fases iniciais do projeto, tem-se:

- Maior facilidade para alterar a arquitetura; e
- Menor risco de perdas temporais e financeiras.

Uma vez que, por exemplo:

- Com a identificação e mitigação de todos os efeitos dos diversos modos de falha em potencial de um projeto (alta criticidade), as falhas com maior severidade podem ser eliminadas ou minimizadas;
- Os processos críticos podem ter um maior controle resultando na redução dos mecanismos de falha;

- Componentes com participação significativa na composição da taxa de falha total do sistema podem ter essa condição minimizada, através do controle da influência do ambiente.
- Componentes sensíveis ao ambiente, principalmente aos efeitos da radiação, podem ter sua aplicação validada em arquiteturas tolerantes a este efeito;
- A possível indisponibilidade de partes como componentes eletrônicos, nas fases de qualificação e fabricação dos modelos de voo devido a: falhas prematuras, falhas aleatórias, falhas por desgaste, descontinuidade de fabricação, embargos de comercialização, entre outras, pode ser controlada;
- O aumento da métrica Manutenibilidade, na fase de integração e testes, até o final da fase de lançamento, pode ser alcançado através de planos de intercambiabilidade.

Terribili Filho (2013) afirma que a vantagem de se diagnosticar precocemente e com segurança alguma anormalidade no projeto é que se pode corrigir tal situação, antes que o quadro se torne crítico, seguindo as seguintes etapas:

- 1) Identificar se há anormalidade no projeto;
- 2) Analisar a causa-raiz;
- 3) Avaliar as possíveis ações corretivas;
- 4) Decidir e implementar as ações selecionadas.

A etapa 1 que é a identificação da anormalidade deve utilizar indicadores para monitorar o projeto. A adoção de indicadores de Gerenciamento de Projetos possibilita que os gerentes de projetos e suas equipes identifiquem antecipadamente potenciais problemas em várias dimensões.

Um indicador apenas aponta um desvio em relação a um padrão previamente estabelecido, tornando-se imperativo que se faça uma análise de causa-raiz dos fatores causadores do desvio. A utilização contínua de indicadores na execução de um projeto não eliminará seus problemas, porém possibilitará a identificação de eventuais desvios em relação ao planejado para o projeto.

Analisando as informações da seção 3.1, apresentadas respectivamente pelo RIAC (2010), Terribili Filho (2013), Condra et al.(2000) e Santos, Marshall e Daruiz (2013), e avaliando as situações de projetos de satélites vividas pelo INPE, objetiva-se com esse trabalho reduzir as não conformidades em retrabalhos relacionados aos aspectos de Dependabilidade de um sistema, advindas de análises tardias ou inexistentes e da interação inexistente entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas, através de:

- Proposta de um novo processo para o Gerenciamento de Projetos, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade para as Fases de Planejamento do Projeto, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado, que incorpore o processo INPE atual, e o que há de melhor no PMI, INCOSE e padrões ECSS. Isto inclui:
 - Antecipar as análises;
 - Adaptar análises aos processos examinados;
 - Aumentar a colaboração entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas;
 - Conectar técnicas e exemplificar suporte com uma ferramenta computacional.

A Tabela 3.3 apresenta as correspondências mapeadas entre, os problemas detectados neste capítulo que justificam as motivações apresentadas no Capítulo 1, e as contribuições buscadas neste trabalho, tomando como base a Tabela 1.1.

Tabela 3.3: Correspondências entre problema, publicações e proposta.

Problema	O que não há nas publicações acadêmicas para a solução do problema	Contribuições buscadas
1 ^o . Significante porcentagem de causas de falhas é resultante de falhas de projeto e fabricação.	Aplicação de processos e técnicas para avaliação da Dependabilidade no desenvolvimento de Sistemas Espaciais.	Adicionar resultados de avaliações e análises que têm influência direta ou indireta nas métricas da Dependabilidade de partes EEE, como: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade em projetos de sistemas espaciais, através de proposta de processos. Adaptação de técnicas para avaliação de ameaças/falhas. São elas: Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos (FMEP) e Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP).

Problema	O que não há nas publicações acadêmicas para a solução do problema	Contribuições buscadas
<p>2^o. Empresas relataram que convivem com problemas de não cumprimento de prazos, mudanças de escopo, problemas de comunicação, entre outros (Tabela 3.1).</p>	<p>Tarefas estabelecidas dos gerentes de programa e dos engenheiros chefes, objetivando a diminuição dos custos e dos prazos para o desenvolvimento de um produto.</p>	<p>Aumentar a interação entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas sob a ótica da Dependabilidade adaptando processos para projetos de sistemas espaciais.</p> <p>Adaptar técnicas. São elas: Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos (FMEP) e Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP).</p>
<p>3^o. Obsolescência de componentes eletrônicos.</p>	<p>Processo de desenvolvimento de sistemas espaciais com foco na antecipação de resultados referentes à Dependabilidade.</p>	<p>Antecipar resultados de avaliações e análises que têm influência direta ou indireta nas métricas da Dependabilidade de partes EEE, como: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade em projetos de sistemas espaciais, através da proposta de um processo de desenvolvimento de projetos.</p>
<p>4^o. Em desenvolvimento de Sistemas Espaciais foram detectados atrasos devido: aos embargos, às dificuldades inerentes às tecnologias, as dificuldades de produção.</p>	<p>Processo de desenvolvimento de sistemas espaciais. baseado no PMBOK, INCOSE e ECSS.</p>	<p>Propor um novo processo para melhorar a Dependabilidade de sistemas espaciais baseado no PMBOK, INCOSE e ECSS.</p>

4 UMA VISÃO DA ESTRUTURA DOS PROJETOS DE SATÉLITES DO INPE

Este capítulo tem como objetivo apresentar de forma macro, a estruturação atual dos projetos de satélites conduzidos pelo INPE.

4.1. ATORES, MODELOS E DOCUMENTOS NO DESENVOLVIMENTO DE SATÉLITES DO INPE

Como apresentado por Oliveira (2014), o INPE vem atendendo às diretrizes de capacitação tecnológica constantes na Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) através da contratação de empresas nacionais para desenvolvimento e fornecimento de subsistemas e equipamentos para plataformas orbitais. Os primeiros projetos, conduzidos a partir dos anos 80, serviram, sobretudo, para capacitar o próprio Instituto nas tecnologias de satélites. Nos projetos seguintes, o conteúdo tecnológico aprendido vem gradativamente sendo repassado à indústria nacional.

Os modelos de contratações praticados para os subsistemas dos satélites do INPE possuem as seguintes características:

- Os requisitos funcionais do sistema demandado são definidos pelo INPE;
- A solução técnica e a fabricação ficam sob a responsabilidade das empresas selecionadas através de processo competitivo.

A Figura 4.1 descreve de maneira simplificada como comumente é a estrutura de desenvolvimento dos satélites do INPE.

Os contratos com a indústria normalmente preveem o desenvolvimento, fabricação e testes dos subsistemas e equipamentos do satélite a partir de especificações constantes em documentos denominados Descrição Detalhada de Trabalho (DDT) ou *Statement of Work* (SOW). Estes documentos são elaborados por engenheiros especialistas em cada subsistema e que ficam encarregados pelo acompanhamento técnico das atividades contratadas.

Além da DDT outros documentos acompanham o pacote de documentos na contratação. Como por exemplo:

- Especificação do Subsistema (*Subsystem Specification*)
- Especificação do Ambiente (*Environmental Specification*)
- Especificação do Projeto e Manufatura (*Design and Construction Specification*)

- Requisitos da Garantia do Produto (*Product Assurance Requirements*)

A filosofia de desenvolvimento dos subsistemas e equipamentos segue procedimentos usuais da área espacial. A fabricação do Modelo de Voo é precedida pela fabricação dos Modelos de Engenharia e de Qualificação.

O Modelo de Engenharia deve ser completo e representativo quanto à funcionalidade e desempenho.

O Modelo de Qualificação deve ser completo e representativo para demonstrar que o projeto e a fabricação propostos atendem com margem suficiente todas as especificações.

O Modelo de Voo deve ser fabricado utilizando exatamente os mesmos processos, ferramentas e sequência de operações utilizados na fabricação do Modelo de Qualificação.

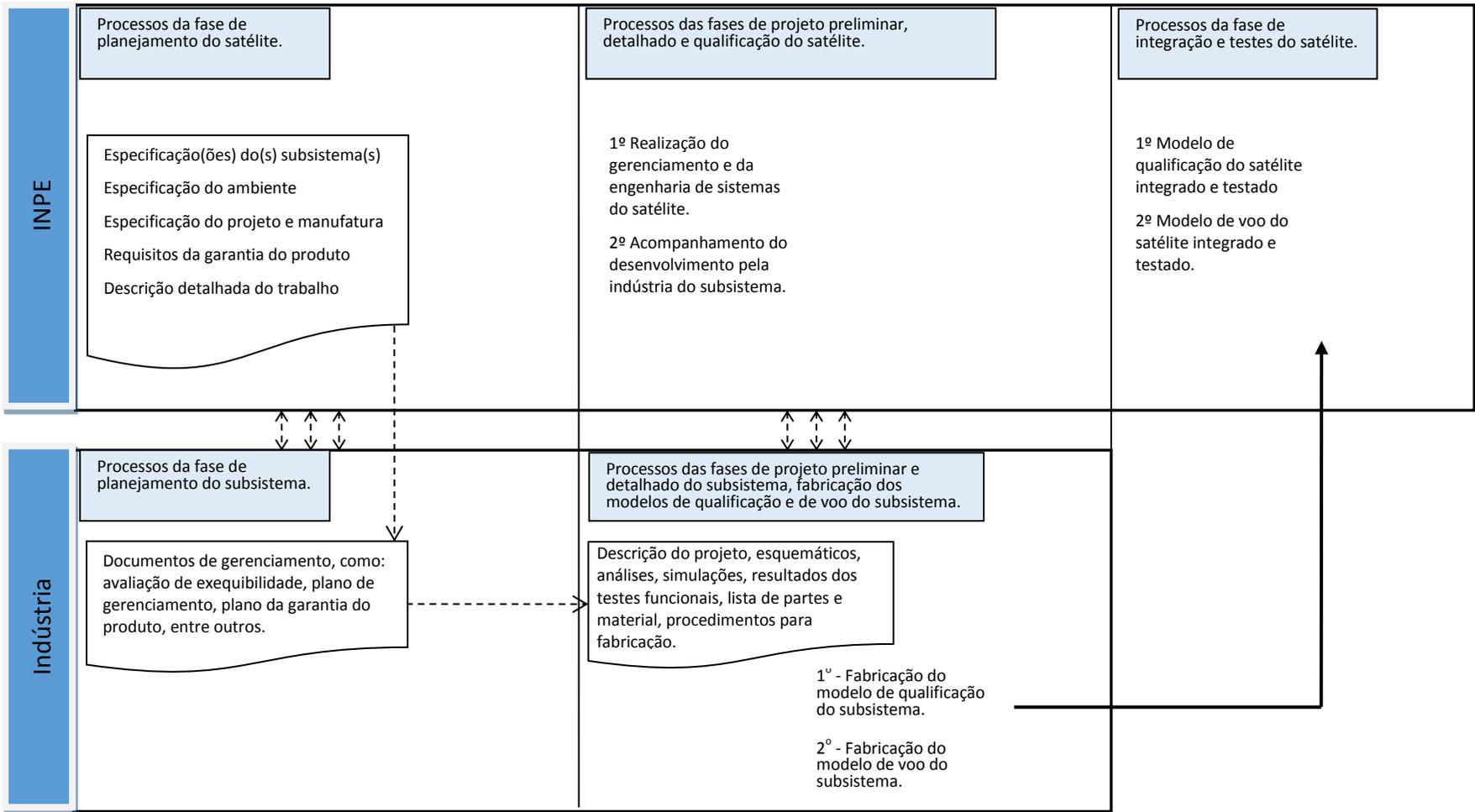


Figura 4.1: Modelo simplificado de desenvolvimento dos satélites do INPE.

4.2. Processos dos projetos de subsistemas e equipamentos dos satélites do INPE sob a ótica da Confiabilidade

O modelo de apresentação de cada processo de gerenciamento, engenharia e garantia do produto dos projetos de subsistemas e equipamentos, segue o seguinte padrão (Figura 4.2):

- Todos os processos apresentam os documentos necessários para sua inicialização e respectivamente em qual processo este documento é gerado (i);
- Todos os processos apresentam os documentos gerados durante sua execução e respectivamente qual o outro processo que irá utilizá-lo (ii);
- Os documentos gerados nas fases iniciais do ciclo de vida (Fase 0 e Fase A) são disponibilizados para o início do desenvolvimento dos projetos dos subsistemas. São eles (iii):
 - Especificação do subsistema;
 - Especificação do ambiente;
 - Especificação de projeto e manufatura;
 - Requisitos da garantia do produto;
 - Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema;
- Todos os processos apresentam os recursos aplicados para sua execução;
- Os projetos de satélites do INPE possuem normalmente como **controle e habilitação**:
 - Fatores ambientais;
 - Ativos de processos organizacionais;
 - Ciclo de vida do projeto;
 - Documentos aplicáveis do projeto;
 - Linha de base do cronograma;
 - Requisitos da Confiabilidade.

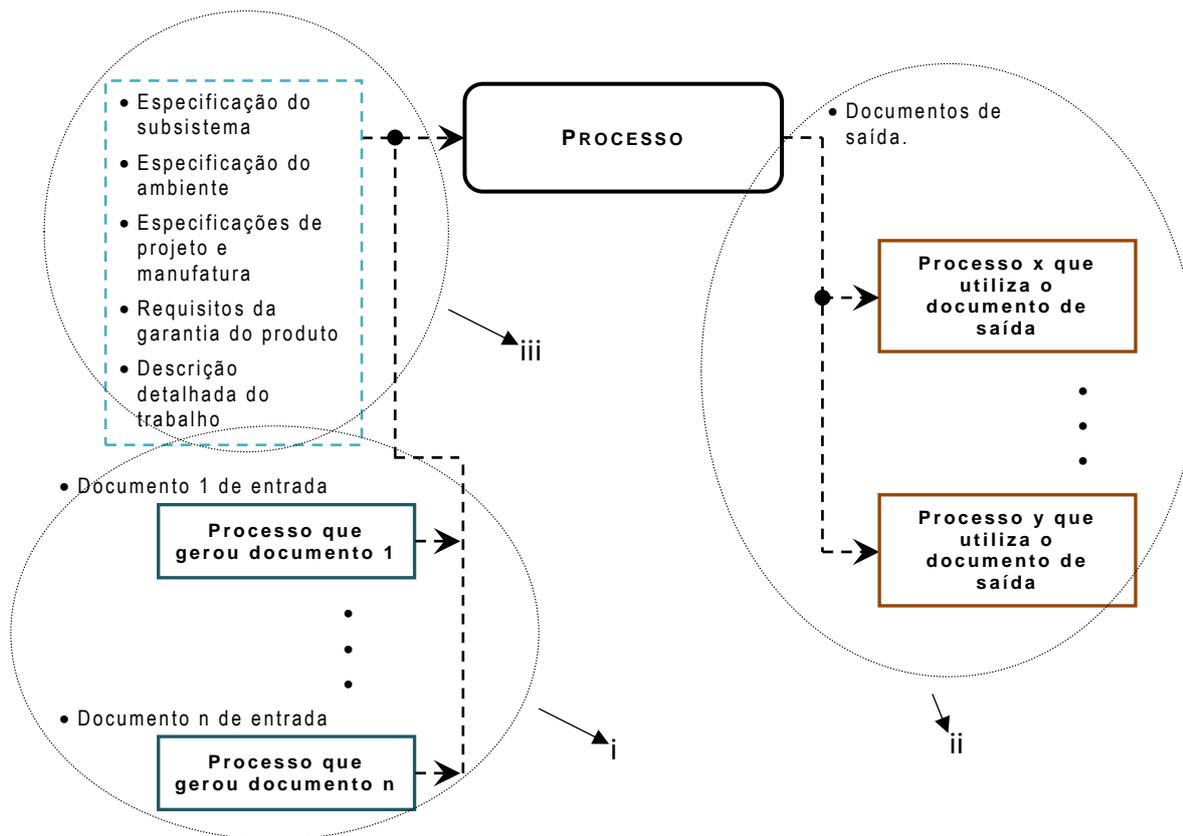


Figura 4.2: Diagrama padrão para mostrar o fluxo da informação.

O mapeamento dos processos de Gerenciamento, Engenharia e Garantia do produto, de projetos de subsistemas e equipamentos, apresentado nesta seção, está restrito aos processos, que de forma direta ou indireta, têm impacto no atendimento dos requisitos de Confiabilidade, como apresentado nos diagramas de fluxos de processos, elaborados utilizando a simbologia BPMN, apresentados nas Figuras 4.3 e 4.4.

Todo o conteúdo desta seção está baseado no documento referente à descrição detalhada do trabalho de um subsistema do CBERS 3&4 (INPE, 2004b) e no conhecimento profissional da autora, uma vez que não existem outros documentos base que possam ser usados abertamente.

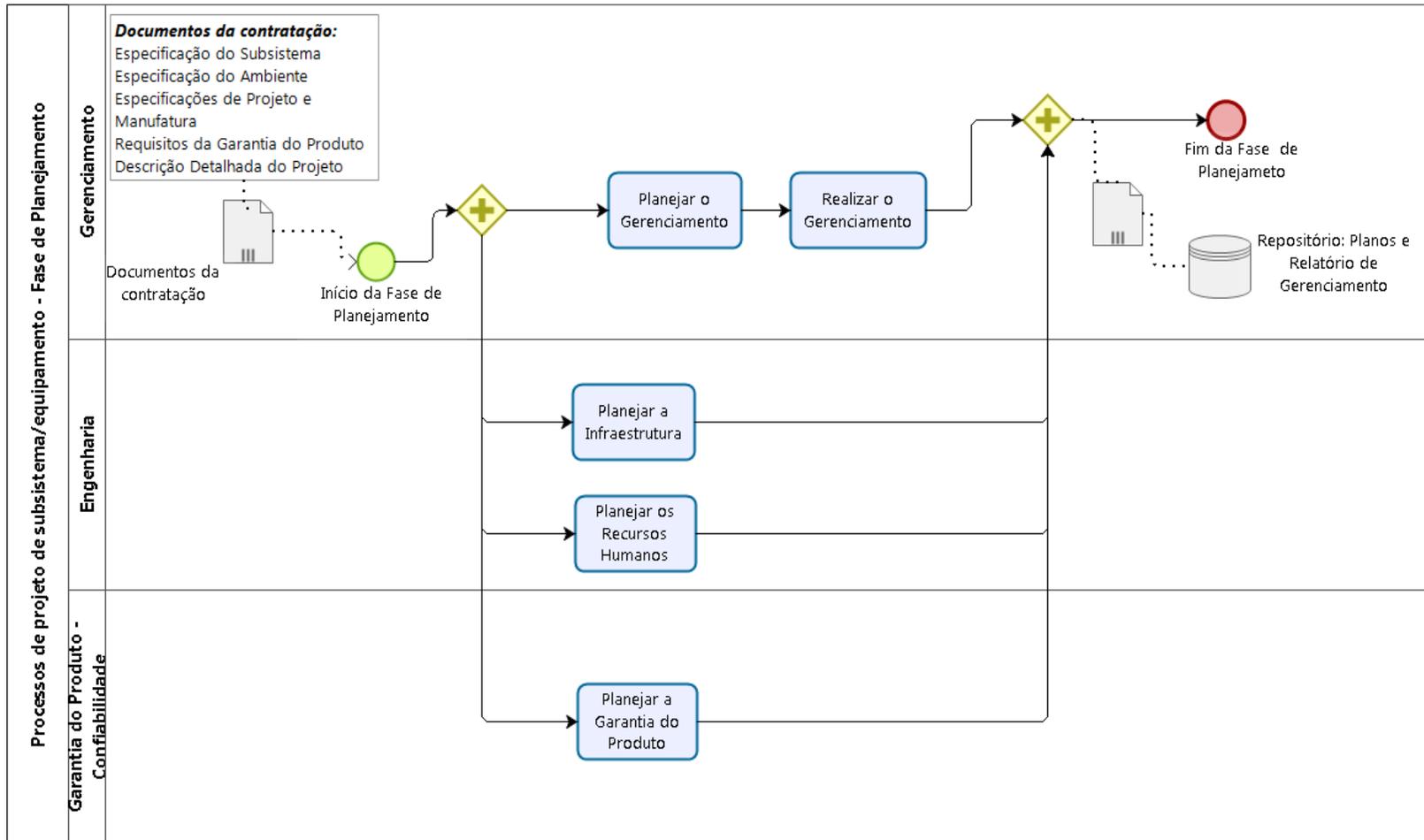


Figura 4.3: Fluxo dos processos de projeto de subsistema e equipamento sob a ótica da Confiabilidade para a Fase de Planejamento.

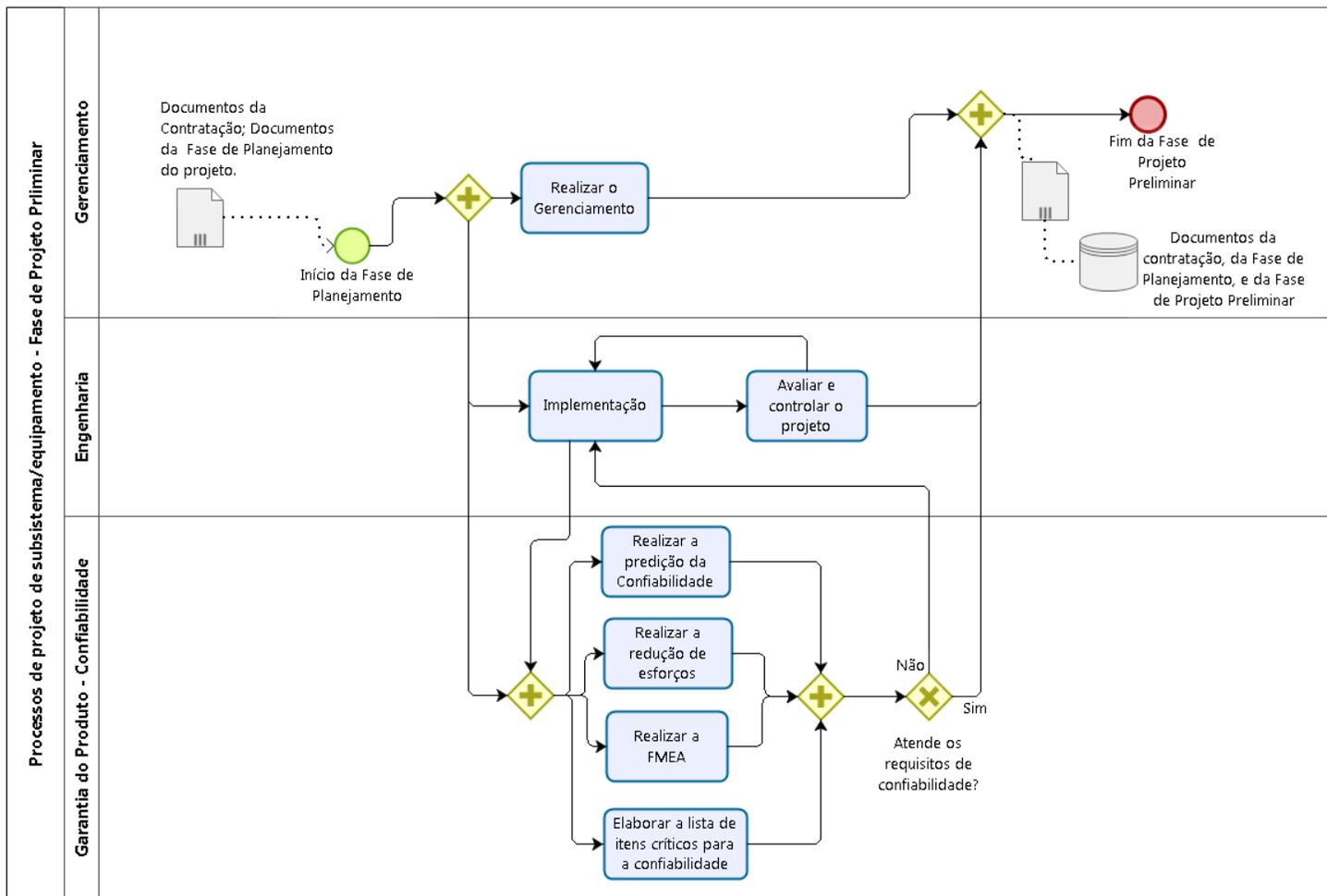


Figura 4.4: Fluxo dos processos de projeto de subsistema e equipamento sob a ótica da Confiabilidade para as Fases de Projeto Preliminar e Projeto Detalhado.

As seções que seguem apresentam o detalhamento de cada processo apresentado nas Figuras 4.2 e 4.3.

4.2.1. Planejar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade

O Plano de Gerenciamento tem como objetivo descrever a estrutura organizacional estabelecida para executar o contrato (projeto) e as interfaces com o contratante (INPE).

A Figura 4.5 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Gerenciamento sob a ótica da Confiabilidade.

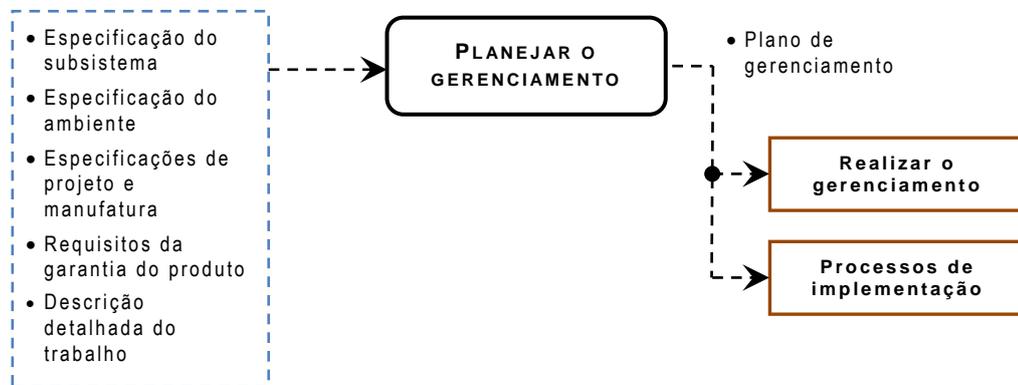


Figura 4.5: Diagrama de fluxo de informação: Processo Planejar o Gerenciamento sob a ótica da Confiabilidade.

4.2.1.1. Planejar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho.

4.2.1.2. Planejar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.1.3. Planejar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade: Saídas

- Plano de gerenciamento, que tem como objetivo apresentar como serão executadas as suas atividades, como por exemplo:
 - Organização do projeto;
 - Comunicação com o contratante;
 - Controle físico;
 - Controle financeiro;
 - Gerenciamento de riscos;
 - Suporte logístico;
- Documentos de acompanhamento da gestão.

4.2.2. Realizar o Gerenciamento

Realizar o Gerenciamento do projeto tem como objetivo acompanhar progresso do projeto tendo como norte o cumprimento dos requisitos previstos no plano de Gerenciamento do projeto.

A Figura 4.6 apresenta o diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar o Gerenciamento do projeto sob a ótica da Confiabilidade.

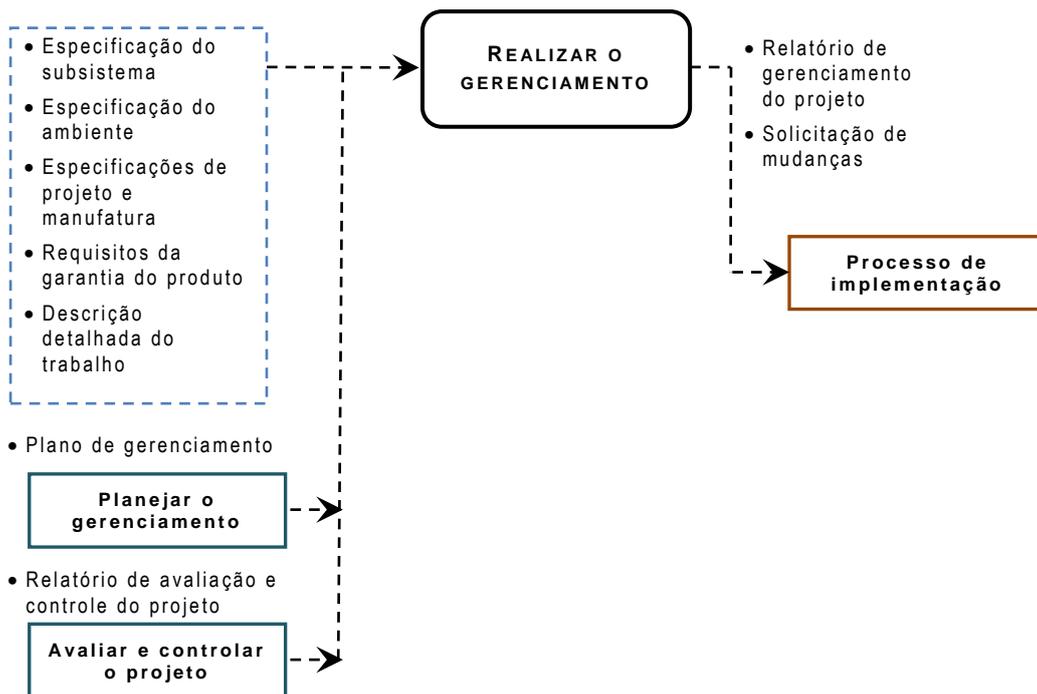


Figura 4.6: Diagrama de fluxo de informação: Processo Realizar o Gerenciamento sob a ótica da Confiabilidade.

4.2.2.1. Realizar o Gerenciamento: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho;
- Plano de gerenciamento do projeto;
- Relatório de avaliação e controle do projeto.

4.2.2.2. Realizar o Gerenciamento: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.2.3. Realizar o Gerenciamento: Saídas

- Relatório de gerenciamento do projeto;
- Solicitação de mudanças.

4.2.3. Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade

Este processo tem como objetivo planejar as instalações, salas limpas, ferramentas e todos demais itens e serviços necessários para a realização das atividades de projeto, desenvolvimento, fabricação, testes e garantia do produto.

A Figura 4.7 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade.

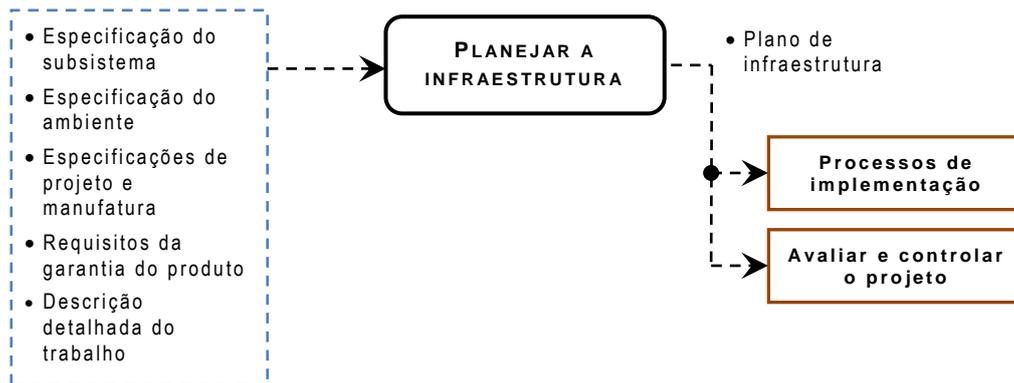


Figura 4.7: Diagrama de fluxo de informação: Processo Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade.

4.2.3.1. Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho.

4.2.3.2. Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.3.3. Planejar a Infraestrutura sob a ótica da Confiabilidade: Saídas

- Plano de infraestrutura, onde são apresentados:
 - Relação de infraestrutura necessária à consecução;
 - Descrição da infraestrutura disponível;
 - Planejamento das adaptações a serem realizadas;
 - Outras facilidades a utilizar.

4.2.4. Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade

Este processo tem como objetivo planejar a necessidade de pessoal técnico qualificado para a realização das atividades de projeto, fabricação, testes e garantia do produto.

A Figura 4.8 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade.



Figura 4.8: Diagrama de fluxo de informação: Processo Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade.

4.2.4.1. Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho.

4.2.4.2. Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.4.3. Planejar os Recursos Humanos sob a ótica da Confiabilidade: Saídas

- Plano de recursos humanos, onde são apresentados:
 - Relação dos recursos humanos necessários à consecução;

- Descrição da mão de obra disponível;
- Plano para treinamento e certificação de mão de obra.

4.2.5. Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade

Este processo tem como objetivo planejar como a contratada irá se organizar para cumprir com os requisitos de garantia do produto.

A Figura 4.9 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade.

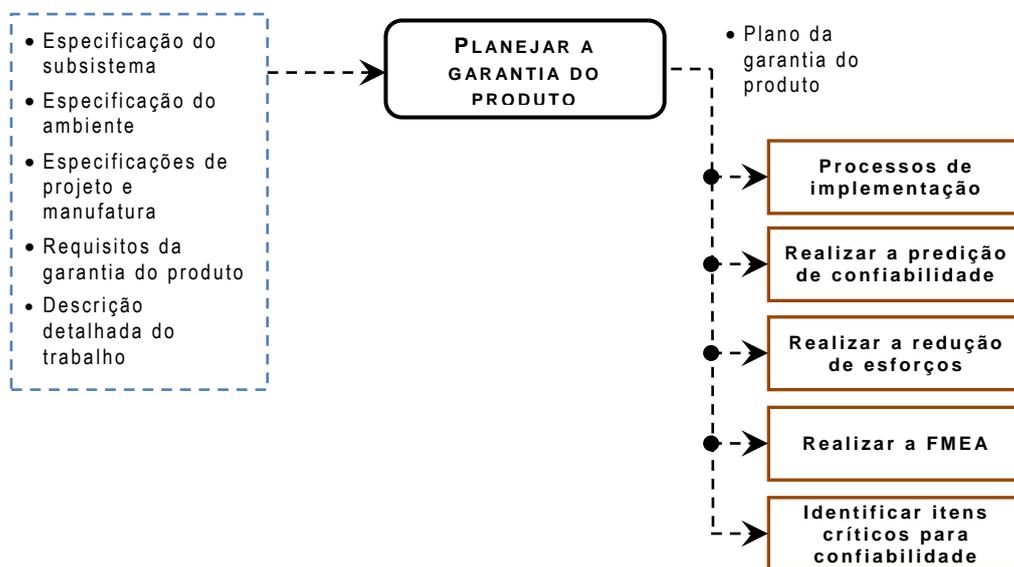


Figura 4.9: Diagrama de fluxo de informação do processo: Planejar a Garantia do Produto.

4.2.5.1. Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade:

Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho.

4.2.5.2. Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.5.3. Planejar a Garantia do Produto sob a ótica da Confiabilidade: Saídas

- Plano de garantia do produto, que tem como objetivo permitir uma avaliação sobre a organização e o gerenciamento da Garantia do Produto, principalmente nos aspectos que dizem respeito ao atendimento dos requisitos de:
 - Confiabilidade;
 - Segurança (*Safety*);
 - Manutenibilidade;
 - Garantia da qualidade;
 - Fabricação;
 - Inspeções;
 - Testes;
 - Qualificação de processos;
 - Qualidade de materiais e componentes.

4.2.6. Processo de Implementação sob a ótica da Confiabilidade

O Processo de Implementação é composto por vários sub processos, como:

- Processos de desenvolvimento de hardware;
- Processos de desenvolvimento de software;
- Processos de análise térmica;
- Processos de análise estrutural;
- Processos de teste ambiental;
- Processos de teste funcional; entre vários outros.

A Figura 4.10 apresenta o diagrama de fluxo de informação do: Processo de Implementação sob a ótica da Confiabilidade.

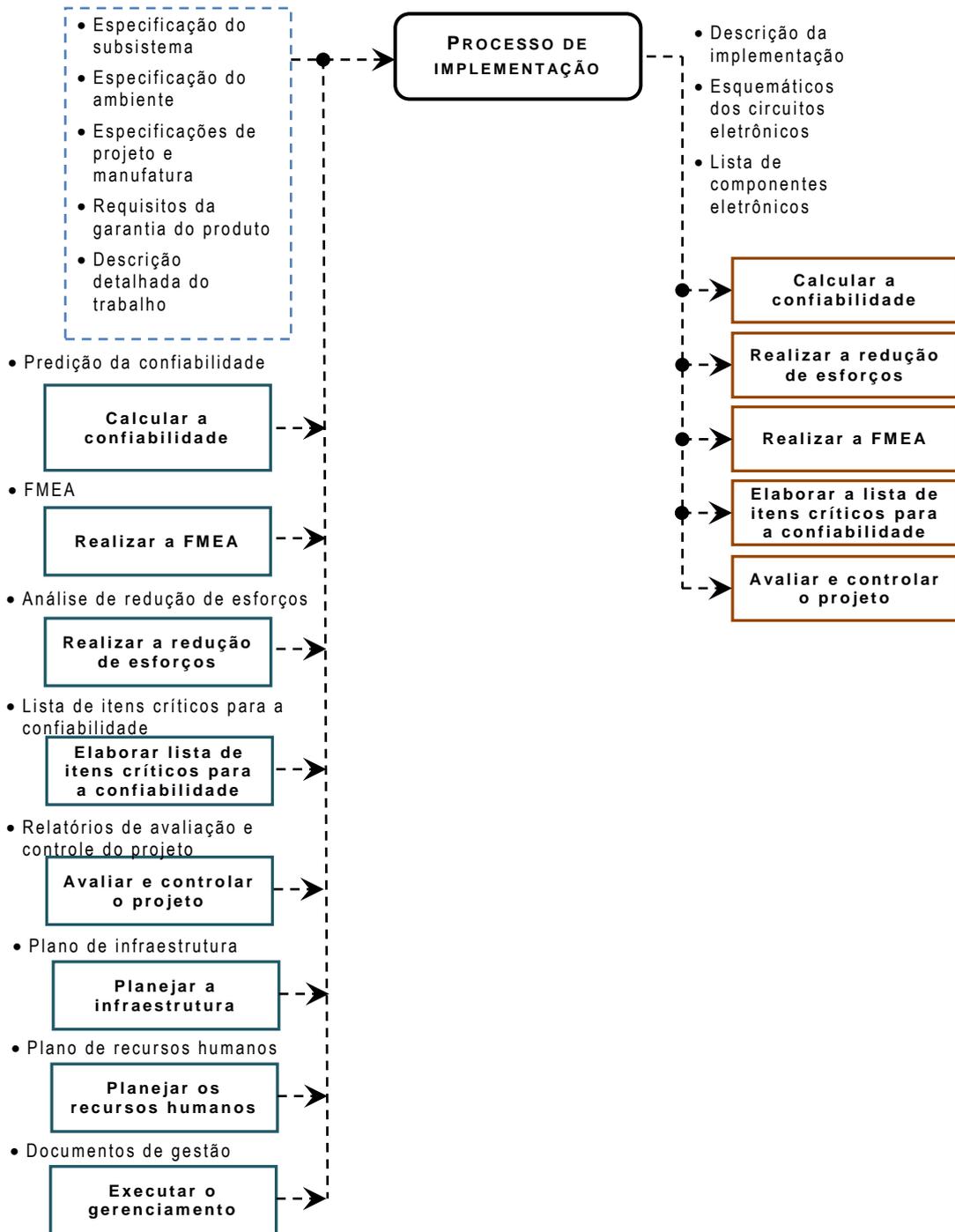


Figura 4.10: Diagrama de fluxo de informação: Processo de Implementação.

4.2.6.1. Realizar a Implementação sob a ótica da Confiabilidade: Entradas

- Especificação do subsistema;

- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho;
- Plano da infraestrutura;
- Plano dos recursos humanos;
- Plano da garantia do produto;
- Predição da Confiabilidade;
- Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA);
- Análise de redução de esforços (*Derating Analysis*);
- Lista de itens críticos para a Confiabilidade;
- Relatórios de acompanhamento que contemplam:
 - Itens de ação gerados pelo INPE;
 - Respostas aos itens de ação;
 - Acompanhamento do cronograma;
 - Acompanhamento das aquisições, entre outros.

4.2.6.2. Realizar a Implementação sob a ótica da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.6.3. Realizar a Implementação sob a ótica da Confiabilidade: Saídas

- Descrição da implementação que contempla:
 - Projeto do hardware (eletroeletrônico);
 - Análise térmica;
 - Esquemáticos dos circuitos eletrônicos;
 - Lista de componentes eletrônicos.

4.2.6.4. Processo Avaliar e Controlar o Projeto sob a ótica da Confiabilidade

Avaliar e Controlar o Projeto tem como objetivo acompanhar o progresso do projeto tendo como norte o cumprimento dos requisitos de custo, cronograma e qualidade.

A Figura 4.11 apresenta o diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e Controlar o Projeto sob a ótica da Confiabilidade.

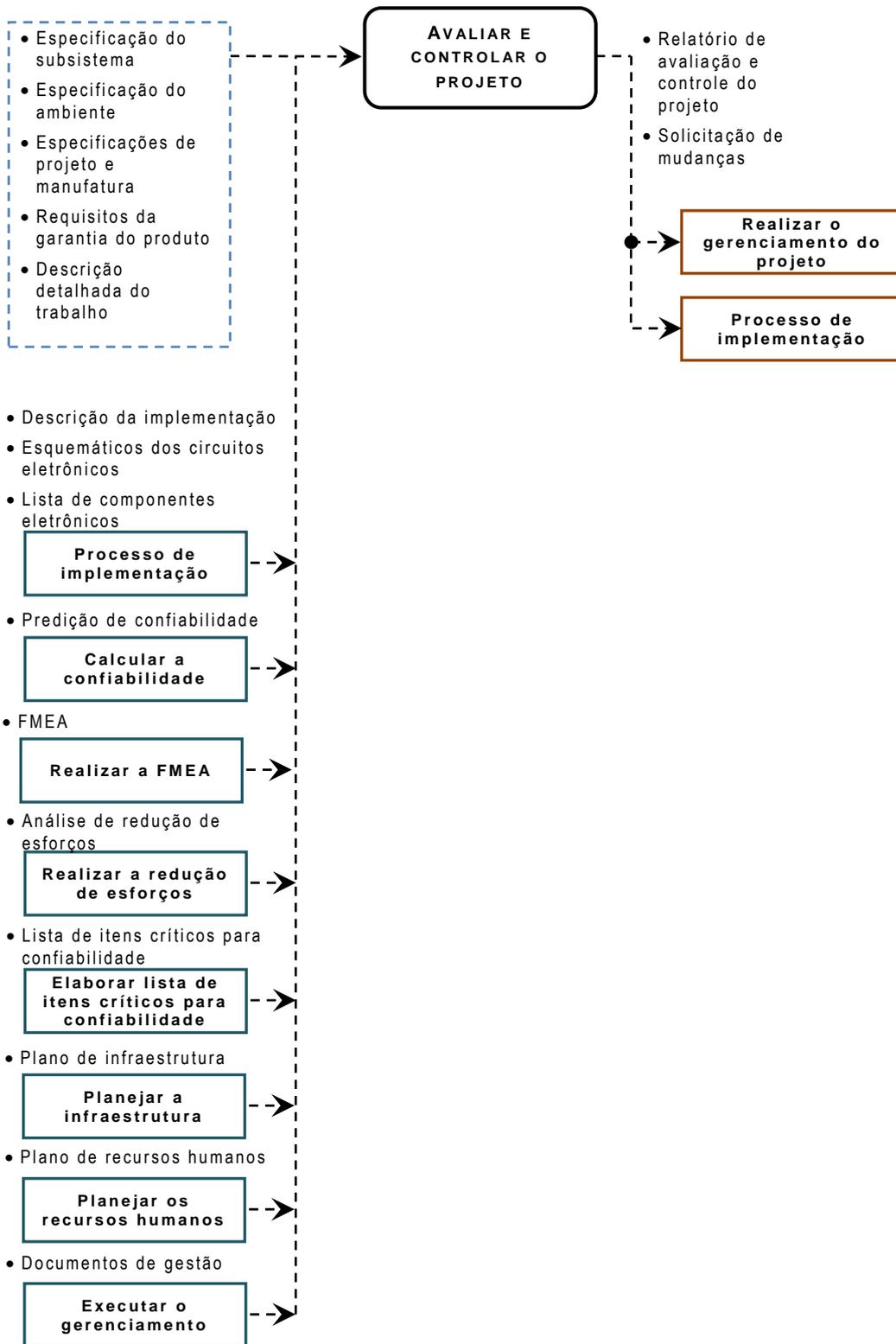


Figura 4.11: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e Controlar o Projeto sob a ótica da Confiabilidade.

4.2.6.5. Realizar a Avaliação e Controle do Projeto sob a ótica da Confiabilidade: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho;
- Plano da infraestrutura;
- Plano dos recursos humanos;
- Plano da garantia do produto;
- Projeto do hardware (eletroeletrônico);
- Análise térmica;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos;
- Lista de componentes eletrônicos;
- Predição da Confiabilidade;
- Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA);
- Análise de redução de esforços (*Derating Analysis*);
- Lista de itens críticos para a Confiabilidade.

4.2.6.6. Realizar a Avaliação e Controle do Projeto sob a ótica da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.6.7. Realizar a Avaliação e Controle do Projeto sob a ótica da Confiabilidade: Saídas

- Relatórios de avaliação e controle do projeto que contemplam:
 - Itens de ação gerados pelo INPE;
 - Respostas aos itens de ação;
 - Acompanhamento do cronograma;
 - Acompanhamento das aquisições, entre outros.

4.2.7. Realizar a Predição da Confiabilidade

Atividade que tem como objetivo mostrar o número de Confiabilidade do subsistema ou equipamento.

A Figura 4.12 apresenta o diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar a Predição da Confiabilidade.

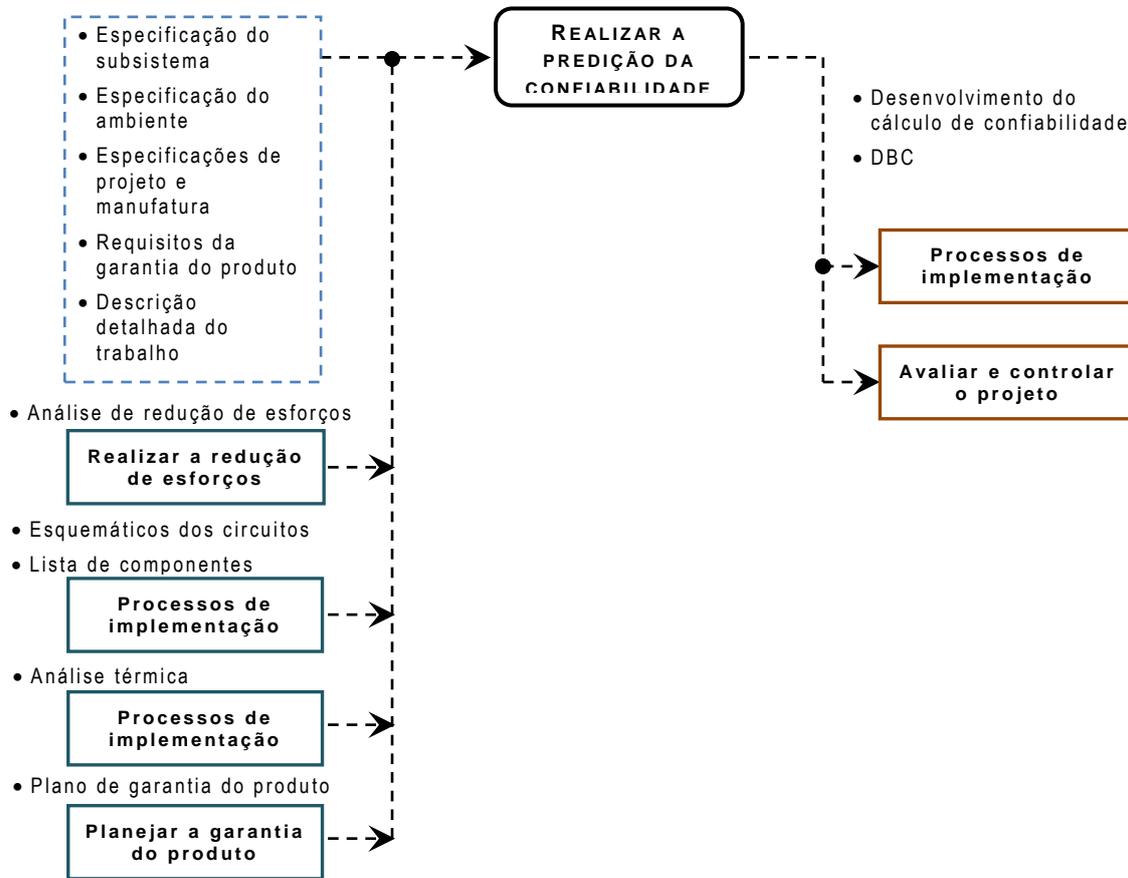


Figura 4.12: Diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar a Predição da Confiabilidade.

4.2.7.1. Realizar a Predição da Confiabilidade: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho;
- Plano da garantia do produto;
- Análise de redução de esforços (*Derating Analysis*);
- Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA);
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos;
- Lista de componentes eletrônicos;
- Análise térmica.

4.2.7.2. Realizar a Predição da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.7.3. Realizar a Predição da Confiabilidade: Saídas

- Desenvolvimento do cálculo de Confiabilidade;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC).

4.2.8. Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA)

Atividade que tem como objetivo realizar a Análise dos Modos e Efeitos da Falha (FMEA).

A Figura 4.13 apresenta o diagrama de fluxo da informação do processo: Realizar a FMEA.

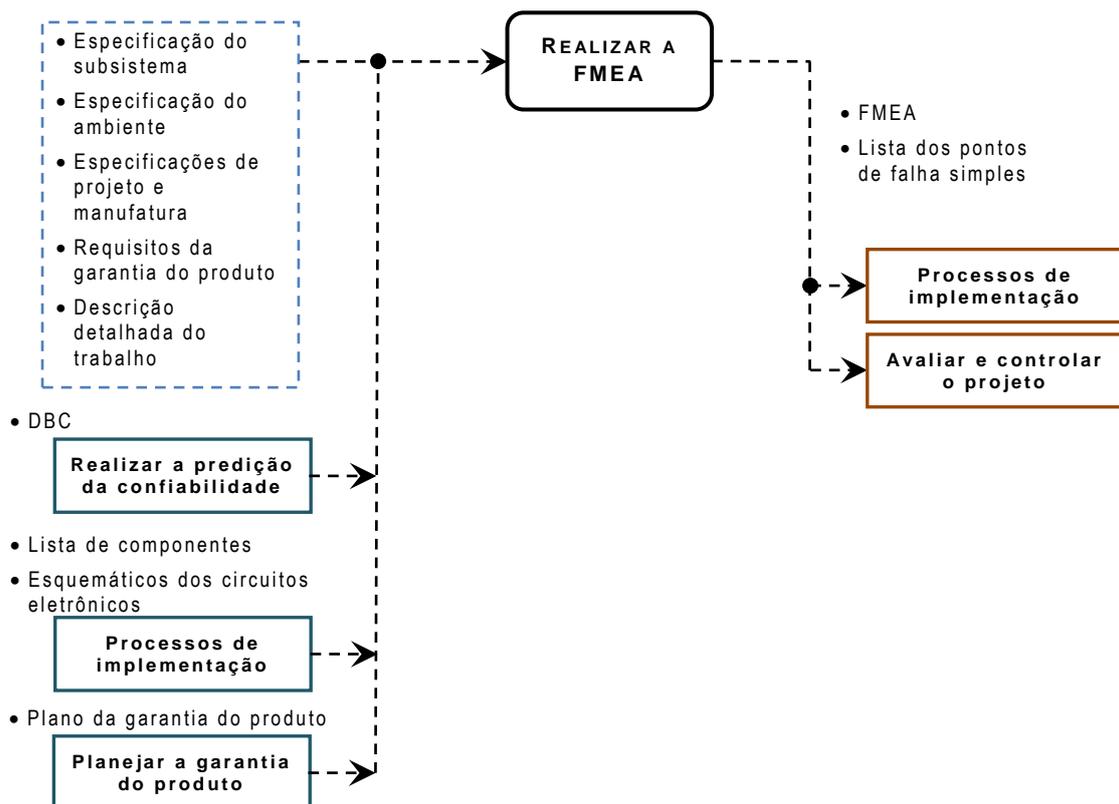


Figura 4.13: Diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar a FMEA.

4.2.8.1. Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho;
- Plano da garantia do produto;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
- Lista de componentes eletrônicos;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

4.2.8.2. Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.8.3. Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Saídas

- Análise dos Modos de Falha e seus efeitos (FMEA);
- Lista dos Pontos de Falha Simples (*Single Point Failure – SPF*).

4.2.9. Realizar a Redução de Esforços

Este processo tem como objetivo reduzir os valores dos parâmetros elétrico e térmico para reduzir os esforços dos componentes EEE.

A Figura 4.14 apresenta o diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar a Redução de Esforços (Derating) dos componentes EEE.

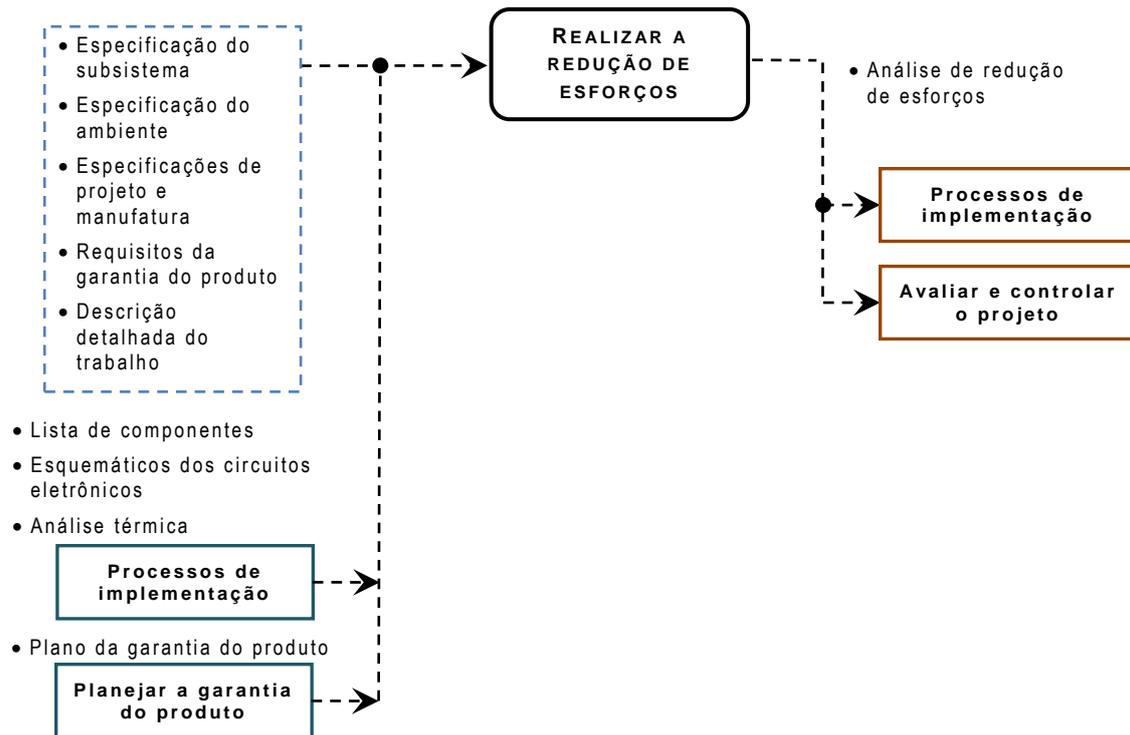


Figura 4.14: Diagrama de fluxo de informação do processo: Realizar a Redução de Esforços (*Derating*) dos componentes EEE.

4.2.10. Realizar a redução de esforços: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho;
- Plano da garantia do produto;
- Lista de componentes eletrônicos;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos;
- Análise térmica.

4.2.11. Realizar a redução de esforços: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.12. Realizar a redução de esforços: Saídas

- Análise de Redução de Esforços (*Derating Analysis*)

4.2.13. Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade

Este processo tem como objetivo mapear itens críticos para a Confiabilidade. A identificação destes itens críticos segue os critérios definidos no documento Requisitos da Garantia do Produto.

A Figura 4.15 apresenta o diagrama de fluxo da informação do processo: Identificar os Itens Críticos para Confiabilidade.

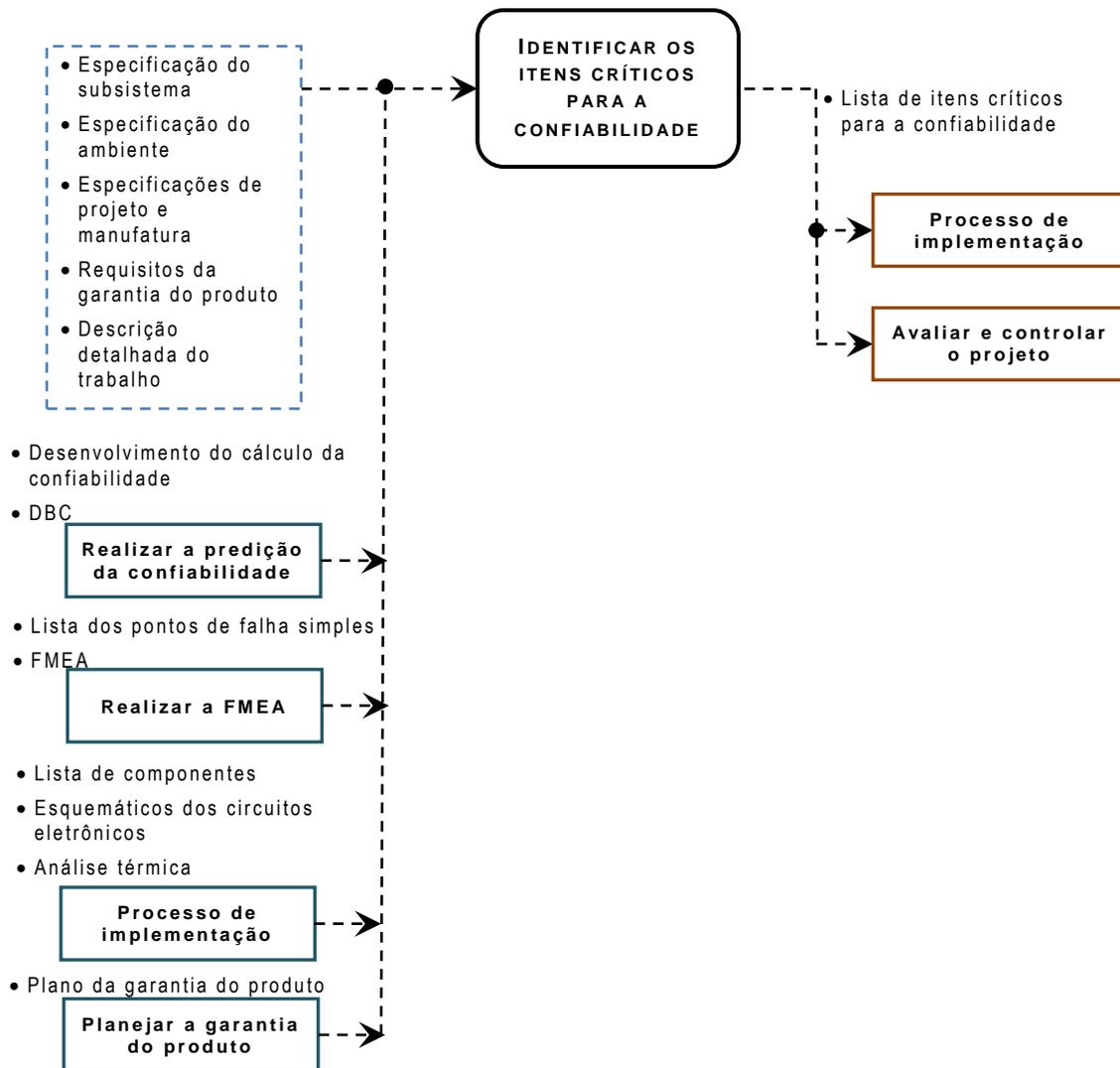


Figura 4.15: Diagrama de fluxo de informação do processo: Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade.

4.2.13.1. Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade: Entradas

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho;
- Plano da garantia do produto;
- Desenvolvimento do cálculo da confiabilidade;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
- Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA);
- Lista dos Pontos de Falha Simples (*Single Point Failure – SPF*);
- Lista de componentes eletrônicos;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos;
- Análise térmica.

4.2.13.2. Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

4.2.13.3. Identificar os Itens Críticos para a Confiabilidade: Saídas

- Lista de itens críticos para Confiabilidade.

4.3. Estrutura da Divisão do Trabalho dos subsistemas do programa CBERS – satélites CBERS 3&4

A Estrutura da Divisão do Trabalho (EDT) ou *Work Breakdown Structure* (WBS) dos satélites CBERS 3&4 segue a seguinte estrutura (2004a):

- Primeiro nível: Atividades relacionadas ao programa;
- Segundo nível: Atividades relacionadas aos segmentos: missão, espaço=satélite, controle, aplicação e solo, lançador e verificação;
- Terceiro nível: Atividades relacionadas aos subsistemas;
- Quarto nível: Atividades relacionadas aos equipamentos ou unidades.

As Figuras 4.16 e 4.17 apresentam a estrutura da divisão de trabalho para os satélites CBERS 3&4.

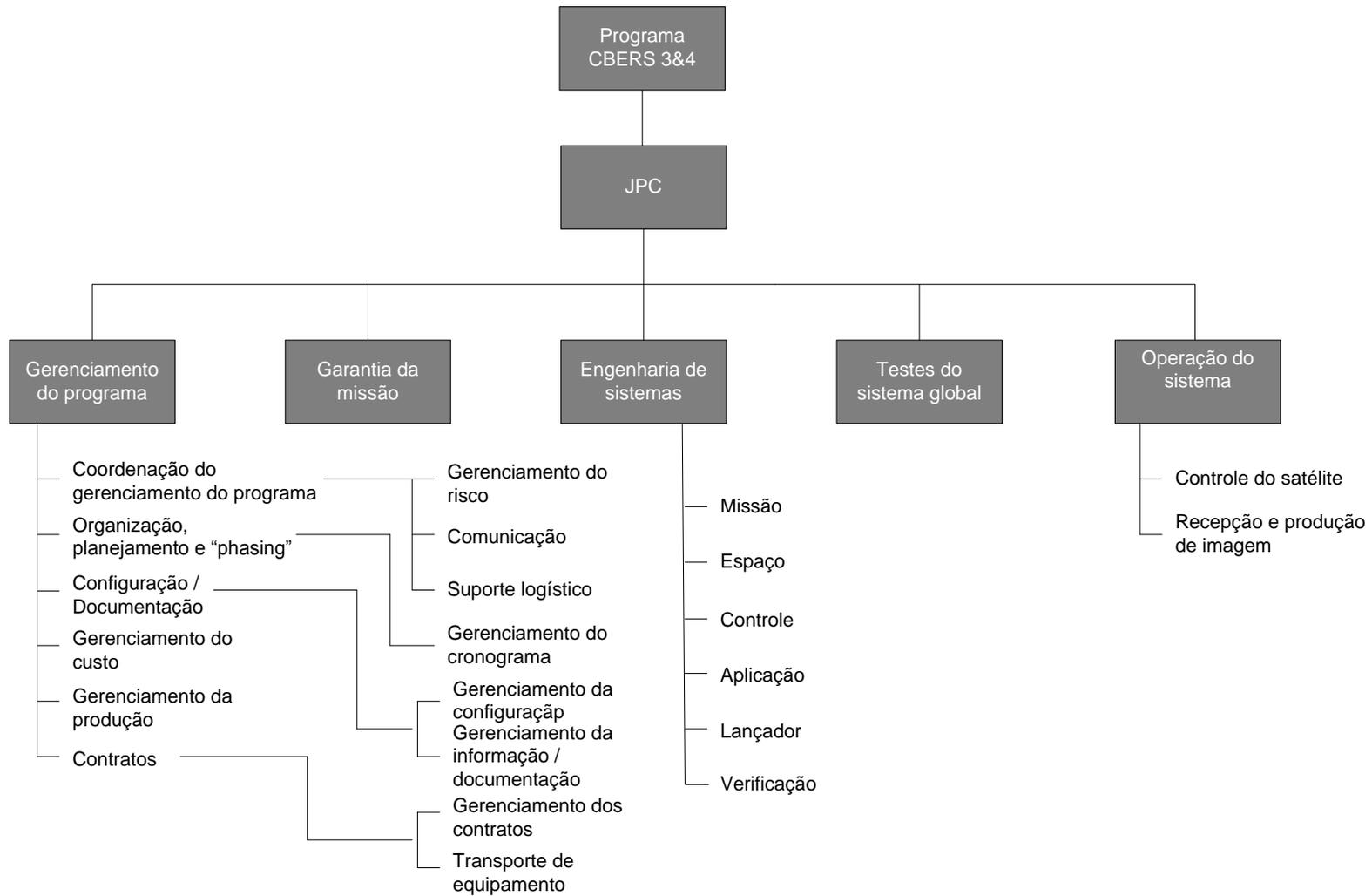


Figura 4.16: Estrutura da Divisão do Trabalho dos satélites CBERS 3&4.

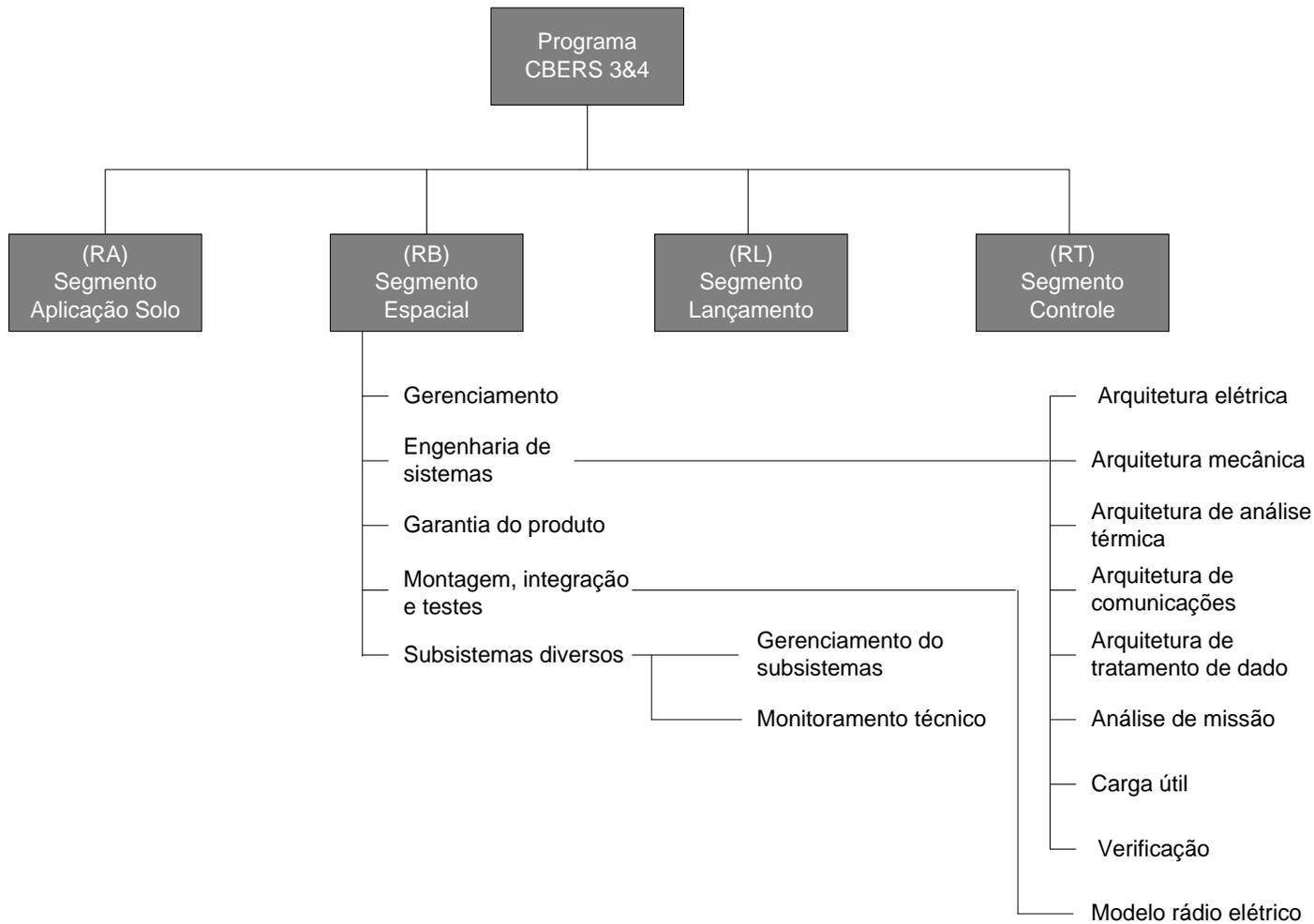


Figura 4.17: Estrutura da Divisão do Trabalho do programa CBERS 3&4 – Segmento Espacial.

4.4. Descrição detalhada do projeto dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4

Os projetos de satélites, de uma maneira geral, possuem um ciclo de vida semelhante entre si e aos da ECSS. Esse ciclo de vida pode ser dividido em fases distintas, que se encerram com as seguintes revisões:

REVISÃO DE DOCUMENTAÇÃO GERENCIAL (no INPE – MDR)

REVISÃO DE PROJETO PRELIMINAR (PDR)

REVISÃO CRÍTICA DE PROJETO (CDR)

REVISÃO DE QUALIFICAÇÃO (QR)

REVISÃO DE ACEITAÇÃO (AR)

Os principais objetivos das revisões de projeto são:

- Verificar se o trabalho realizado está em conformidade com os requisitos e demonstrar que o projeto atende às condições para passar para a fase seguinte;
- Detectar eventuais deficiências, erros ou omissões nos trabalhos e gerar recomendações para sua correção.

A lista típica de documentos para a Revisão Gerencial de Projetos (MDR) dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4 é composta por (INPE, 2004b):

1) DOCUMENTOS DE GERENCIAMENTO, conforme listados:

- PLANO DE GERENCIAMENTO, que tem como objetivo apresentar como serão executadas as suas atividades, como por exemplo:
 - Organização do projeto;
 - Comunicação com o contratante;
 - Controle físico;
 - Controle financeiro;
 - Gerenciamento de riscos;
 - Suporte logístico
- ÁRVORE DO PRODUTO
- ESTRUTURA DA DIVISÃO DE TRABALHO (*WBS – WORK BREAKDOWN STRUCTURE*), que é um documento que lista todos os pacotes de trabalho

planejados. Cada pacote de trabalho possui, no mínimo, as seguintes informações:

- Identificação do pacote;
 - Descrição do pacote;
 - Entradas do pacote;
 - Saídas do pacote;
 - Escopo;
 - Responsável;
 - Atividades incluídas.
- MATRIZ DE DOCUMENTAÇÃO
 - CRONOGRAMA DETALHADO
 - PLANO DE CONTROLE DA CONFIGURAÇÃO, abordando os seguintes tópicos:
 - Organização da gestão da configuração;
 - Procedimento para gerenciamento da documentação (preparação, codificação, guarda e modificações)
 - Regra para codificação dos produtos;
 - Procedimento para o Comitê de Avaliação de Modificações de Engenharia (CCB);
 - Procedimento para entrega do produto;
 - Procedimento para as revisões de projeto;
 - Procedimento para elaboração e controle do CIDL;
 - Procedimento para avaliação das configurações (*baselines*) do projeto;
 - Procedimento para Mudanças de Engenharia;
 - Procedimento para contabilização do estado da configuração (registro dos pedidos de modificação e estado atual de implementação);
 - Procedimento para auditoria da configuração.
 - PLANO DE DESENVOLVIMENTO E TESTES, abordando os seguintes tópicos:
 - Fases do projeto;
 - Revisões a serem realizadas;
 - Modelos dos equipamentos previstos;
 - Filosofia de testes funcionais e ambientais associados a cada modelo;
 - Testes para qualificação de partes e processos.
 - PLANO DE GARANTIA DO PRODUTO, que tem como objetivo permitir uma avaliação sobre a organização e o gerenciamento da Garantia do

Produto, principalmente nos aspectos que dizem respeito ao atendimento dos requisitos de:

- Confiabilidade;
 - Segurança (*Safety*);
 - Manutenibilidade;
 - Garantia da qualidade;
 - Fabricação;
 - Inspeções;
 - Testes;
 - Qualificação de processos;
 - Qualidade de materiais e componentes.
- PLANO DE INFRAESTRUTURA, onde são apresentados:
 - Relação de infraestrutura necessária à consecução;
 - Descrição da infraestrutura disponível;
 - Planejamento das adaptações a serem realizadas;
 - Outras facilidades a utilizar.
 - PLANO DE RECURSOS HUMANOS, onde são apresentados:
 - Relação dos recursos humanos necessários à consecução;
 - Descrição da mão de obra disponível;
 - Plano para treinamento e certificação de mão de obra.
 - DEMONSTRAÇÃO DE EXEQUIBILIDADE, quanto a prazos e tecnologias, apresentando:
 - Análise do cronograma;
 - Lista das tecnologias a desenvolver;
 - Infraestrutura e recursos humanos;
 - Itens críticos.

A lista típica de documentos para a Revisão do Projeto Preliminar (PDR) de projetos dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4 é composta por (INPE, 2004b):

- DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO DOS EQUIPAMENTOS, composta por:
 - Análises: Confiabilidade, FMEA, radiação, térmica, estrutural, etc.;
 - Desenhos;
 - Diagramas;
 - Especificações;
 - Simulações; entre outros.

- DOCUMENTAÇÃO DE FABRICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
- DOCUMENTAÇÃO DE VERIFICAÇÃO E TESTES
- DOCUMENTAÇÃO DE GERENCIAMENTO, apresentando os seguintes tópicos:
 - Demonstração de exequibilidade do projeto quanto a prazos e tecnologias;
 - Identificação de itens críticos e análise preliminar de riscos;
 - Descrição das tecnologias a serem utilizadas nos equipamentos;
 - Avaliação da disponibilidade das tecnologias e meios a serem utilizados no desenvolvimento;
 - Status de qualificação de todos os componentes e equipamentos;
 - Resultados obtidos no desenvolvimento de tecnologias e processos críticos;
 - Árvore do produto dos equipamentos;
 - Cronograma atualizado;
 - Análise do cronograma;
 - Estrutura de Divisão do Trabalho;
 - Relatório de implementação do plano de infraestrutura;
 - Relatório de implementação de recursos humanos;
 - Plano de mitigação de efeitos dos itens críticos;
 - Lista de itens críticos;
 - Relatório do status da procura e compra de componentes e materiais.
- GARANTIA DO PRODUTO apresentando os seguintes tópicos:
 - Plano de inspeção;
 - Relatório de implementação do plano de garantia do produto;
 - Relatório de implementação do plano de configuração.
- DOCUMENTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE SUPORTE ELÉTRICO, MECÂNICO E ÓPTICO (GSE)
- VERSÃO ATUALIZADA DOS DOCUMENTOS ENTREGUES NA REVISÃO ANTERIOR

A lista típica de documentos para a Revisão do Projeto Detalhado/Crítica (CDR) de projetos dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4 é composta por. (INPE, 2004b):

- **DOCUMENTOS DE PROJETO, FABRICAÇÃO E TESTES DOS EQUIPAMENTOS (QM),** conforme listados:
 - Descrição do projeto;
 - Análises mecânicas (estrutural e térmica) dos equipamentos;
 - Análise de Confiabilidade;
 - Análise de falhas (FMEA);
 - Análise de radiação;
 - Simulação e análises de circuitos;
 - Documentação As Design dos QM;
 - Documentação dos processos;
 - Documentação do ferramental de fabricação;
- **DOCUMENTOS DE FABRICAÇÃO E TESTES DOS EQUIPAMENTOS EM E STM,** conforme listados:
 - Relatório das atividades de qualificação dos processos;
 - Relatório de fabricação eletrônica;
 - Relatório de ajustes;
 - Relatório de testes de módulos;
 - Relatórios de montagem mecânica;
 - Relatórios de integração;
 - Resultados dos testes realizados no EM e no STM;
- **DOCUMENTOS DE VERIFICAÇÃO E TESTES,** conforme listados:
 - Matriz de verificação;
 - Documentos de controle de verificação;
 - Tabela de comparação entre todos os valores especificados e os obtidos em teste;
 - Demonstração de atendimento às especificações;
- **DOCUMENTAÇÃO DE GERENCIAMENTO,** conforme listados:
 - Cronograma atualizado;
 - Análise do cronograma;
 - Relatório de implementação do plano de infraestrutura;
 - Relatório de implementação do plano de recursos humanos;
 - Demonstração da disponibilidade de infraestrutura, ferramental, equipamentos, partes e materiais a serem utilizados na fabricação dos QM;
 - Fluxogramas de fabricação;

- Lista de itens críticos;
- DOCUMENTOS DE GARANTIA DO PRODUTO, conforme listados:
 - Relatório de implementação do plano de garantia do produto;
 - Relatório de implementação do plano de configuração;
- Documentação do GSE
- Lista de partes e materiais
 - Situação de compra de componentes eletroeletrônicos e materiais;
 - Lista de componentes;
 - Lista de materiais;
- Versão atualizada dos documentos entregues nas revisões anteriores

4.5. Verificação - visão da estrutura dos projetos de satélites do INPE

A verificação da estrutura dos projetos de satélites do INPE apresentada neste Capítulo foi realizada por membros da equipe técnica do Serviço da Engenharia da Qualidade (SEQ) da Coordenadoria de Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE) do INPE conforme apresentado no Apêndice B.

5 PROCESSOS PMBOK DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS E PROPOSTA DE SUA ADAPTAÇÃO AOS PROGRAMAS DE SATÉLITES DO INPE

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar os processos baseados no *Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos* (PMBOK, 2013), adaptados sob a ótica da Dependabilidade, propostos para serem aplicados nos projetos de satélites dos programas do INPE, desde a fase de concepção até o final da fase do projeto detalhado.

5.1. Processos PMBOK de gerenciamento de projetos

O Guia PMBOK (2013) é uma publicação de padrões e diretrizes do *Project Management Institute* (PMI). Nele consta que, para que um projeto seja bem sucedido, a equipe do projeto deve:

- Selecionar os processos apropriados para cumprir os objetivos do projeto;
- Usar uma abordagem definida que pode ser adaptada para cumprir os objetivos;
- Estabelecer e manter a comunicação e o engajamento apropriado com as partes interessadas;
- Cumprir os requisitos para atender às necessidades e expectativas das partes interessadas;
- Obter um equilíbrio entre as demandas concorrentes de escopo, organograma, orçamento, qualidade, recursos e riscos para criar o produto, serviço ou resultado especificado.

Os processos de gerenciamento de projetos são aplicados globalmente e nos mais variados setores econômicos e industriais. “Boa Prática” significa que existe um acordo geral de que a aplicação dos processos de gerenciamento de projetos pode aumentar as chances de sucesso em uma ampla gama de projetos. “Boa prática” não significa que os conhecimentos, habilidades e os processos descritos devam ser sempre aplicados de forma uniforme em todos os projetos (PMBOK, 2013).

Conforme apresentado no PMBOK (PMBOK, 2013), os projetos e seu gerenciamento são executados em um ambiente mais amplo que o do projeto propriamente dito. A compreensão deste contexto mais amplo ajuda a garantir que o trabalho seja conduzido em alinhamento com as metas gerenciais de acordo com as práticas estabelecidas pela organização.

O gerenciamento de projetos, baseado no PMBOK (2013), é realizado através da aplicação e integração apropriadas dos 47 processos de gerenciamento de projetos, logicamente agrupados em cinco grupos de processos (Figura 5.1).

Áreas de conhecimento	Grupos de de processos de gerenciamento de projetos				
	Grupo de processos de iniciação	Grupo de processos de planejamento	Grupo de processos de execução	Grupo de processos de monitoramento e controle	Grupo de processos de encerramento
4. Gerenciamento da integração do projeto	4.1 Desenvolver o termo de abertura do projeto	4.2 Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto	4.3 Orientar e gerenciar o trabalho do projeto	4.4 Monitorar e controlar o trabalho do projeto 4.5 Realizar o controle integrado de mudanças	4.6 Encerrar o projeto ou fase
5. Gerenciamento do escopo do projeto		5.1 Planejar o gerenciamento do escopo 5.2 Coletar os requisitos 5.3 Definir o escopo 5.4 Criar a estrutura analítica do projeto (EAP)		5.5 Validar o escopo 5.6 Controlar o escopo	
6. Gerenciamento do tempo do projeto		6.1 Planejar o gerenciamento do cronograma 6.2 Definir as atividades 6.3 Sequenciar as atividades 6.4 Estimar os recursos das atividades 6.5 Estimar as durações das atividades 6.6 Desenvolver o cronograma		6.7 Controlar o cronograma	
7. Gerenciamento dos custos do projeto		7.1 Planejar o gerenciamento dos custos 7.2 Estimar os custos 7.3 Determinar o orçamento		7.4 Controlar os custos	
8. Gerenciamento da qualidade do projeto		8.1 Planejar o gerenciamento da qualidade	8.2 Realizar a garantia da qualidade	8.3 Controlar a qualidade	
9. Gerenciamento dos recursos humanos do projeto		9.1 Planejar o gerenciamento dos recursos humanos	9.2 Mobilizar a equipe do projeto 9.3 Desenvolver a equipe do projeto 9.4 Gerenciar a equipe do projeto		
10. Gerenciamento dos recursos de comunicações do projeto		10.1 Planejar o gerenciamento das comunicações	10.2 Gerenciar as comunicações	10.3 Controlar as comunicações	
11. Gerenciamento dos riscos do projeto		11.1 Planejar o gerenciamento dos riscos 11.2 Identificar os riscos 11.3 Realizar a análise qualitativa dos riscos 11.4 Realizar a análise quantitativa dos riscos 11.5 Planejar as respostas aos riscos		11.6 Controlar os riscos	
12. Gerenciamento das aquisições do projeto		12.1 Planejar o gerenciamento das aquisições	12.2 Conduzir as aquisições	12.3 Controlar as aquisições	12.4 Encerrar as aquisições
13. Gerenciamento das partes interessadas no projeto	13.1 Identificar as partes interessadas	13.2 Planejar o gerenciamento das partes interessadas	13.3 Gerenciar o engajamento das partes interessadas	13.4 Controlar o engajamento das partes interessadas	

Figura 5.1: Processos de gerenciamento do PMBOK.

Fonte: PMBOK (2013).

5.2. Proposta de sua avaliação, seleção e adaptação aos programas de satélites do INPE

Após avaliação dos 47 processos apresentados no PMBOK (2013), foi realizada a seleção e a adaptação dos 15 processos que foram julgados mais apropriados para o gerenciamento de projetos dos programas de satélites do INPE sob a ótica da Dependabilidade. A Figura 5.1 apresenta destacado em vermelho esses processos.

A avaliação e seleção dos 47 processos apresentados no PMBOK (2013) seguiu os seguintes critérios (Figura 5.2):

- Todos os processos avaliados que possuem influência direta ou indireta nos processos que tratam a Dependabilidade (neste trabalho Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade) foram selecionados;
- Os processos parcialmente similares/repetidos foram alocados onde tinham mais afinidade na nossa proposta.

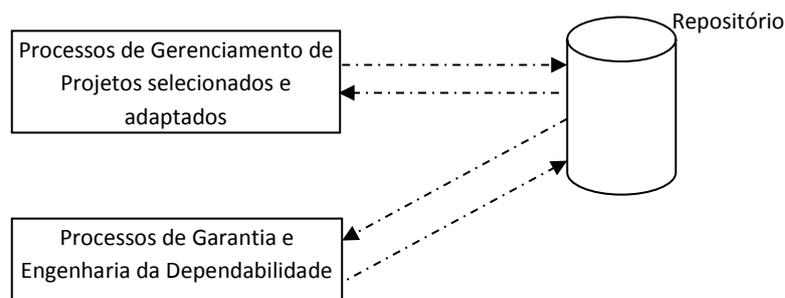


Figura 5.2: Interferência dos processos de Gerenciamento de Projeto nos processos de Garantia e Engenharia da Dependabilidade e vice-versa.

A adaptação dos 15 processos seguiu os seguintes critérios (Figura 5.3):

- Cada processo selecionado foi analisado e adaptado para os projetos de subsistemas dos satélites (médios e grandes) do INPE;
- As conexões dos processos selecionados foram alocadas onde tinham mais afinidade na nossa proposta.

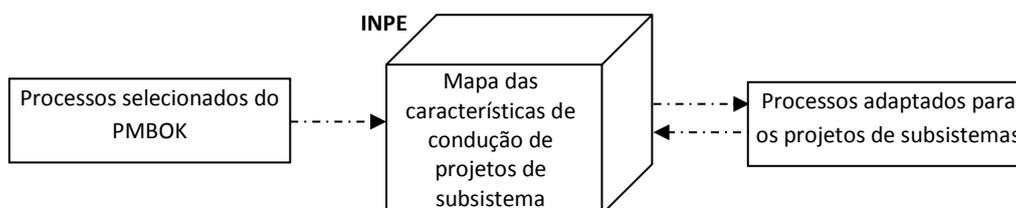


Figura 5.3: Interferência dos processos de gerenciamento nos processos de Garantia e Engenharia da Dependabilidade e vice-versa.

Nas seções seguintes, primeiramente são apresentadas as considerações iniciais para a apresentação dos processos adaptados, e em sequência a apresentação destes processos.

5.2.1. Considerações iniciais

O modelo de apresentação de cada processo de gerenciamento que é proposto neste capítulo segue o seguinte padrão (Figura 5.4):

- Todos os processos apresentam os documentos necessários para sua inicialização e respectivamente em qual processo este documento é gerado (i);
- Todos os processos apresentam os documentos gerados durante sua execução e respectivamente qual o outro processo que irá utilizá-lo (ii);
- Os documentos gerados nas fases iniciais do ciclo de vida (Fase 0 e Fase A) são disponibilizados para o início do desenvolvimento dos projetos dos subsistemas. São eles (iii):
 - Especificação do subsistema;
 - Especificação do ambiente;
 - Especificação de projeto e manufatura;
 - Requisitos da garantia do produto;
 - Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema;
- Todos os processos apresentam os recursos aplicados para sua execução;
- Os cenários e atores responsáveis pelo controle e habilitação dos processos propostos serão apresentados na seção 5.2.1.1.

5.2.1.1. Controle e habilitação para os processos de Gerenciamento de Projetos

Em geral, para os processos propostos de gerenciamento, o “Controle e Habilitação” para os projetos de satélites são:

- Fatores ambientais;
- Ativos de processos organizacionais;
- Ciclo de vida do projeto.

Sendo cada um deles definidos a seguir:

Fatores ambientais

Os fatores ambientais se referem às condições fora do controle da equipe do projeto que influenciam, restringem ou direcionam o projeto (PMBOK, 2013).

Os fatores ambientais para programas de satélites do INPE incluem pelo menos:

- Tipo de cultura, estrutura e governança organizacional;
- Distribuição geográfica de instalações e recursos;
- Normas governamentais;
- Infraestrutura física;
- Infraestrutura dos recursos humanos;
- Política internacional de fornecimento de itens para a área espacial;
- Canais de comunicação estabelecidos.

Ativos de processos organizacionais

Ativos de processos organizacionais são apresentados pelo PMBOK (PMBOK), como planos, processos, políticas, procedimentos e as bases de conhecimento específicas da organização e por ela usadas. Também incluem as bases de conhecimento da organização, como lições aprendidas e informações históricas.

Ciclo de vida do projeto

Conforme definido pelo PMBOK (2013) o ciclo de vida de um projeto é a série de fases pelas quais um projeto passa do início ao término.

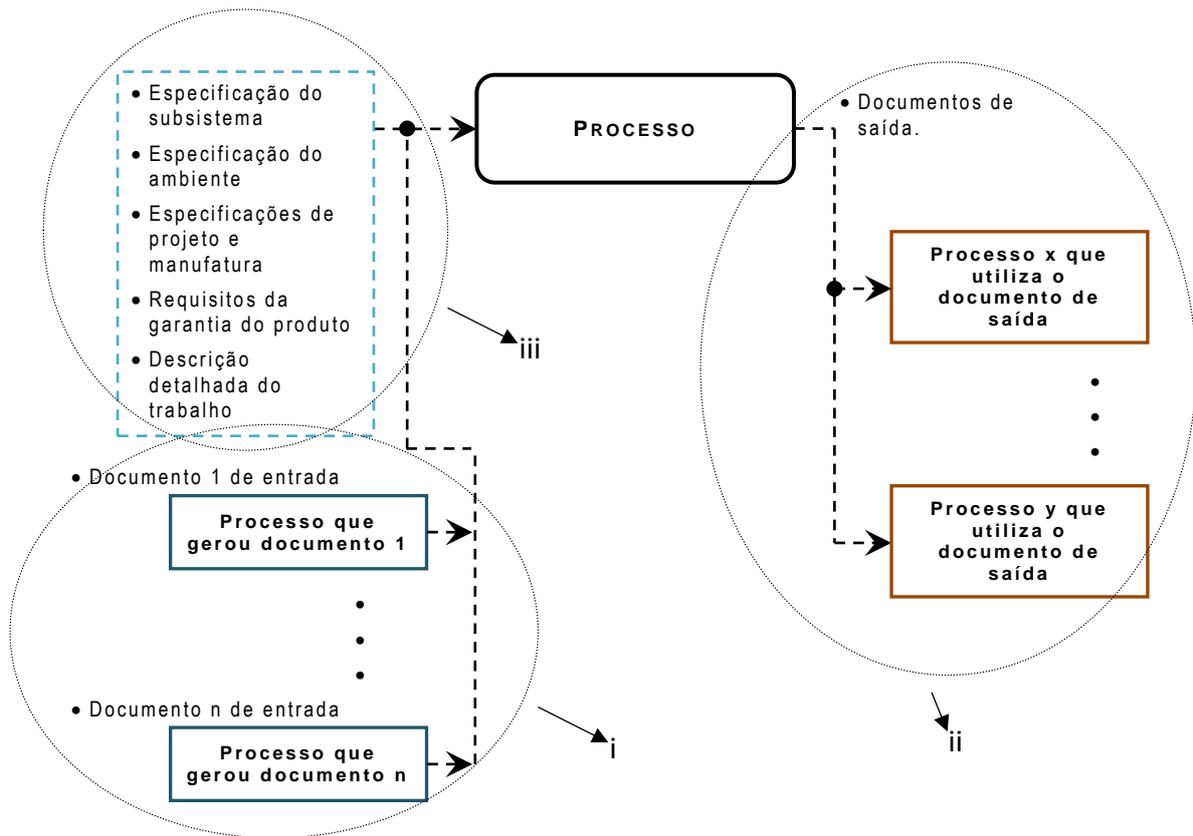


Figura 5.4: Diagrama padrão para mostrar o fluxo da informação.

Nas próximas seções serão apresentados os processos adaptados.

5.2.2. Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto

Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto é o processo de definir, preparar e coordenar todos os planos auxiliares e integrá-los a um plano de gerenciamento de projeto abrangente. O principal benefício deste processo é um documento central que define a base de todo trabalho do projeto. (PMBOK, 2013).

O processo *Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto* está apresentado na seção 4.2 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.5 apresenta o diagrama do fluxo de informação do processo adaptado:

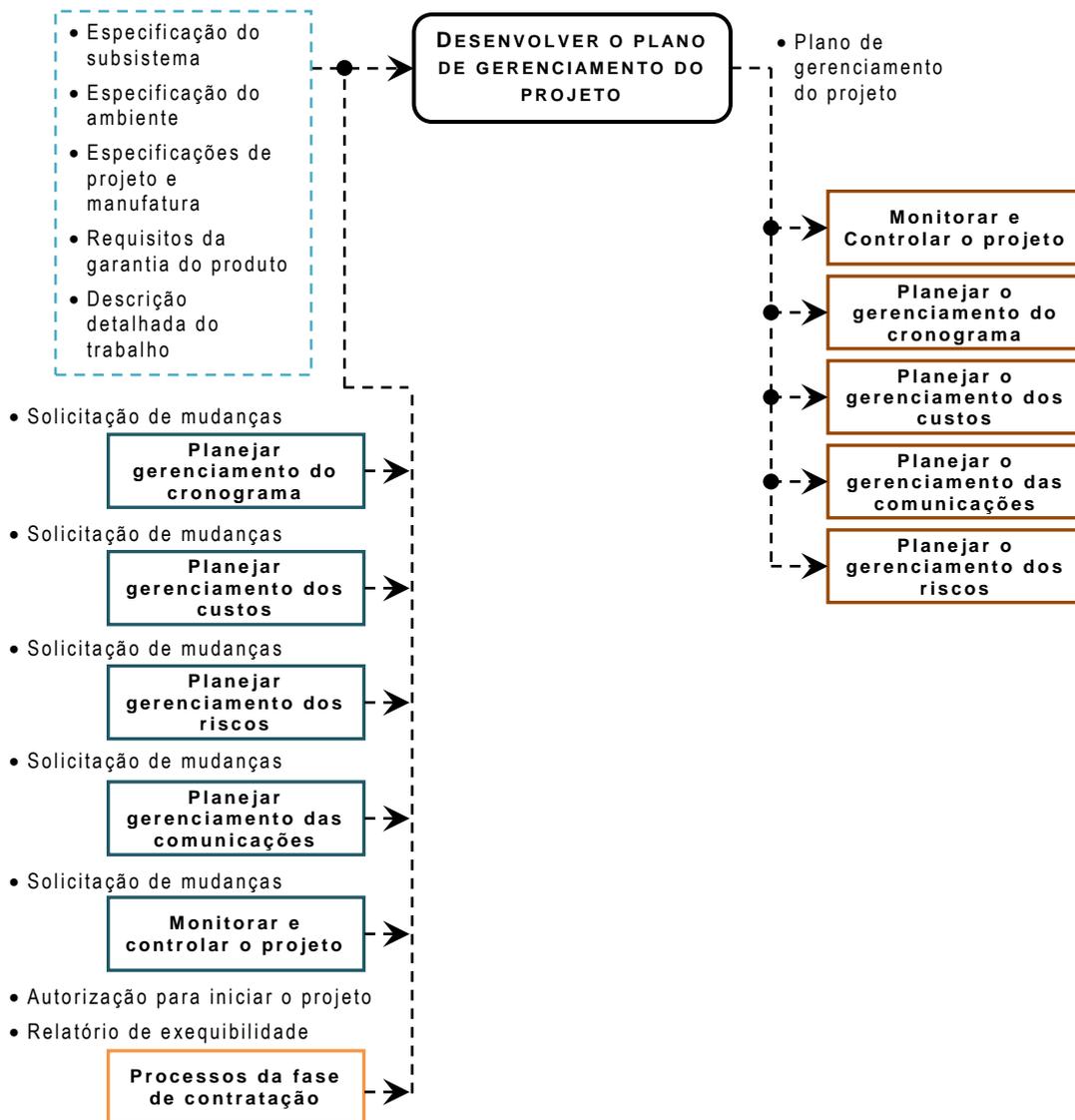


Figura 5.5: Diagrama do fluxo de informação do processo: Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.2.1. Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Autorização para iniciar o projeto;
- Pacote de documentos para a contratação do subsistema:
 - Descrição detalhada do trabalho;
 - Especificação do subsistema;
 - Especificação do ambiente;
 - Especificações de projeto e manufatura;
 - Requisitos da garantia do produto;

- Relatório de exequibilidade do projeto (resultado dos estudos iniciais do contratado);
- Solicitação de mudanças.

5.2.2.2. Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Opinião especializada, que tem como objetivo principal:
 - Adequar o processo para atender às necessidades do projeto;
 - Determinar os detalhes técnicos e de gerenciamento que devem ser incluídos no plano;
 - Determinar o nível de gerenciamento de configuração a ser usado no projeto;
- Técnicas de facilitação.

5.2.2.3. Desenvolver o Plano de Gerenciamento do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Plano de gerenciamento do projeto, onde são definidos:
 - Como o projeto será executado;
 - Como o projeto será monitorado;
 - Como o projeto será controlado;
 - A linha de base do escopo;
 - A linha de base do cronograma;
 - A linha de base dos custos.

5.2.3. Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto

Monitorar e controlar o trabalho do projeto é o processo de acompanhamento, análise e registro do progresso para atender aos objetivos de desempenho definidos no plano de gerenciamento do projeto...

O processo Monitorar e controlar o trabalho do projeto diz respeito à:

- Comparação do desempenho real do projeto com o plano de gerenciamento do projeto;
- Avaliação do desempenho para determinar se quaisquer ações corretivas ou preventivas são indicadas e então recomendá-las, se necessário;
- Identificação de novos riscos e a análise, acompanhamento e monitoramento dos riscos existentes, garantindo que sejam

identificados, que o seu status seja relatado e que os planos apropriados de resposta a riscos sejam implementados;

- Manutenção de uma base de informações precisas e oportunas a respeito do(s) produto(s) do projeto e suas relativas documentações do início ao término do projeto;
- Fornecimento de informações para dar suporte ao relatório de status, medição de progresso e previsão;
- Fornecimento de previsões para a atualização das informações atuais de custos e cronograma;
- Monitoramento da execução das mudanças aprovadas à medida que elas ocorrem; e
- Fornecimento do relatório apropriado sobre o progresso e situação do projeto ao gerenciamento do programa quando o projeto for parte de um programa (PMBOK, 2013).

O processo *Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto* está apresentado na seção 4.4 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.6 apresenta o diagrama do fluxo de informação do processo adaptado:

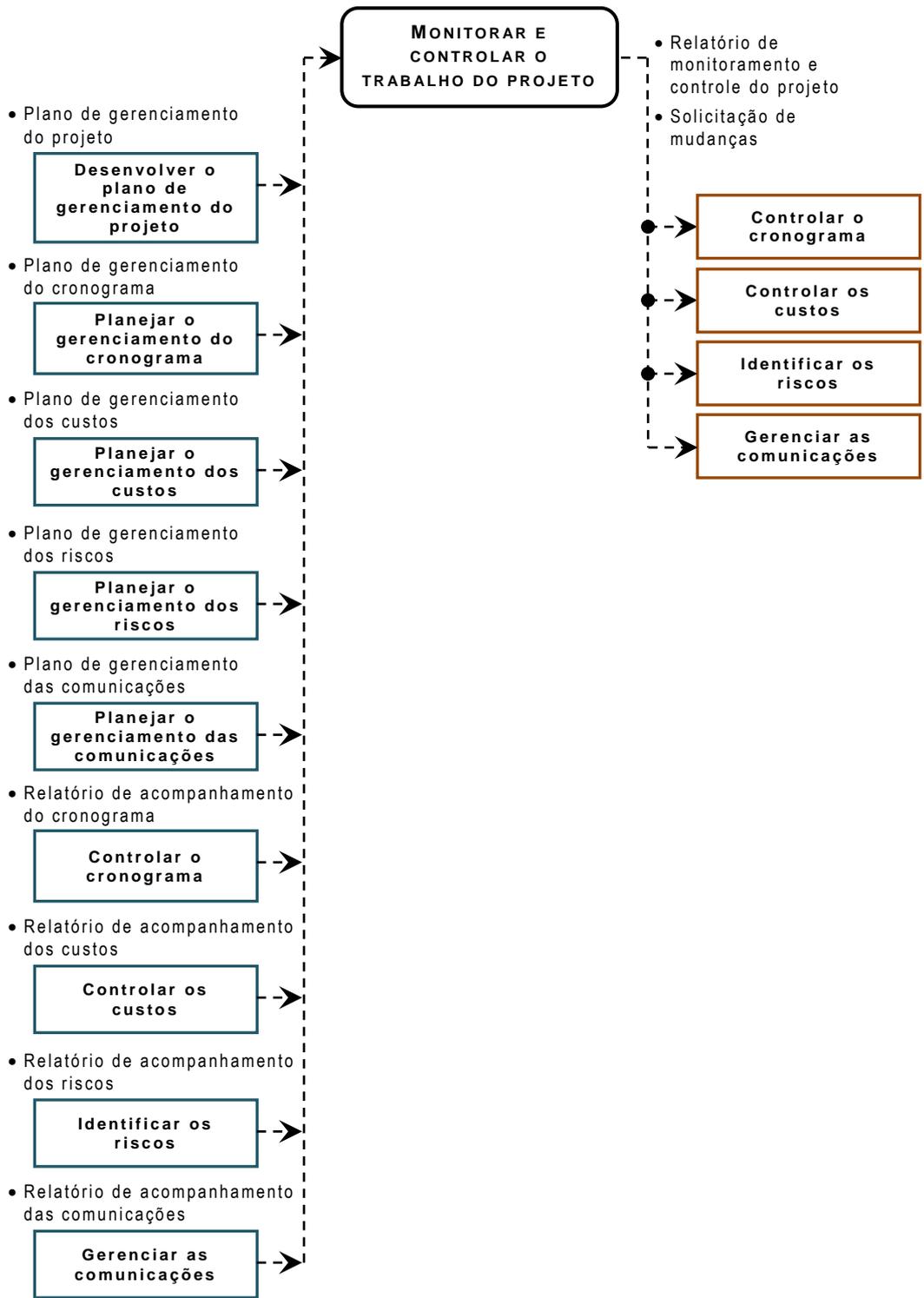


Figura 5.6: Diagrama do fluxo de informação do processo: Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.3.1. Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de gerenciamento do projeto;
- Plano de gerenciamento do cronograma;
- Plano de gerenciamento dos custos;
- Plano de gerenciamento dos riscos;
- Plano de gerenciamento das comunicações;
- Relatório de acompanhamento do cronograma;
- Relatório de acompanhamento dos custos;
- Relatório de acompanhamento dos riscos (identificação dos riscos e respostas aos riscos);
- Relatório de acompanhamento das comunicações.

5.2.3.2. Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Opinião especializada;
- Técnicas analíticas, como:
 - Análise de causa-raiz;
 - Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA);
 - Análise da árvore de falhas (FTA);
- Reuniões.

5.2.3.3. Monitorar e Controlar o Trabalho do Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Relatório de monitoramento e controle do projeto contemplando os seguintes itens:
 - Relatório de desempenho do trabalho;
 - Solicitações de mudanças, quando necessárias, que podem incluir:
 - Ação corretiva que tem como objetivo realinhar o desempenho dos trabalhos do projeto com o plano de gerenciamento do projeto;
 - Ação preventiva que tem como objetivo garantir que o desempenho futuro do trabalho do projeto esteja alinhado com plano de gerenciamento do projeto.

5.2.4. Planejar o Gerenciamento do Cronograma

Planejar o gerenciamento do cronograma é o processo de estabelecer as políticas, os procedimentos e documentação para o planejamento, desenvolvimento, gerenciamento, execução e controle do cronograma do projeto. O principal benefício deste processo é o fornecimento de orientação e instruções sobre como o cronograma do projeto será gerenciado ao longo de todo o projeto (PMBOK, 2013).

O processo *Planejar o Gerenciamento do Cronograma* está apresentado na seção 6.1 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.7 apresenta o diagrama de fluxo de informação do processo adaptado:

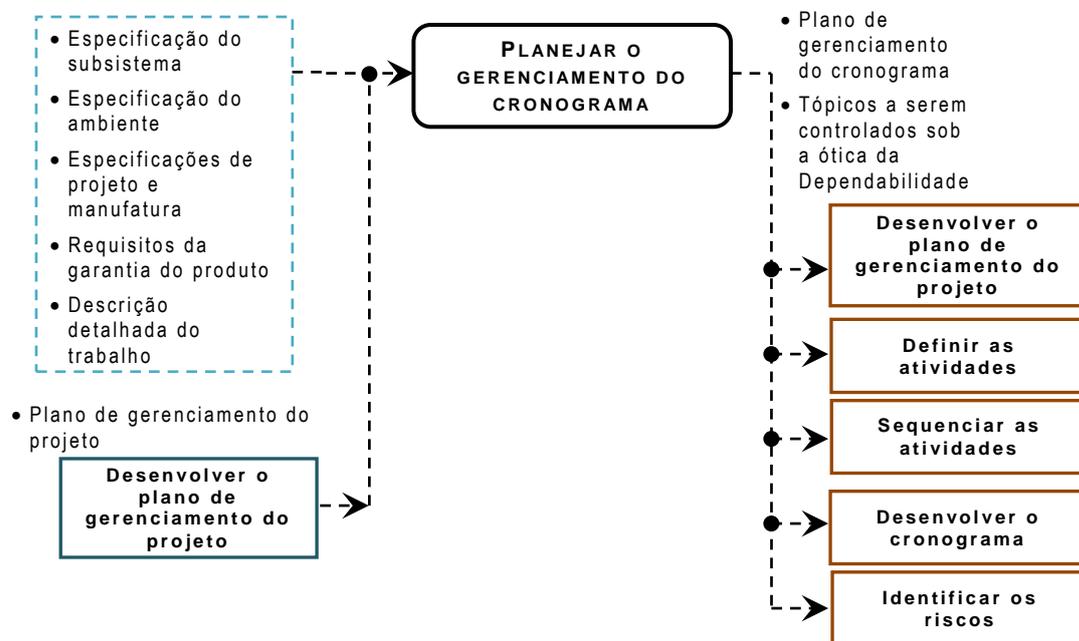


Figura 5.7: Diagrama de fluxo de informação do processo: Planejar o Gerenciamento do Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.4.1. Planejar o Gerenciamento do Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de gerenciamento do projeto;
- Pacote de documentos para a contratação do subsistema:
 - Descrição detalhada do trabalho;
 - Especificação do subsistema;

- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Solicitação de mudança.

5.2.4.2. Planejar o Gerenciamento do Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Opinião especializada;
- Técnicas analíticas;
- Reuniões.

5.2.4.3. Planejar o Gerenciamento do Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Plano de gerenciamento do cronograma, onde são definidos:
 - Metodologia e ferramenta de cronograma a serem usadas no projeto;
 - Nível de exatidão, isso é, a faixa aceitável usada na determinação das estimativas realistas de duração das atividades é especificada e pode incluir uma quantia de contingências;
 - Associações com procedimentos organizacionais;
 - Manutenção do modelo do cronograma do projeto;
 - Regras para medição do desempenho;
 - Formatos de relatório;
 - Tópicos a serem controlados sob a ótica da Dependabilidade:
 - Disponibilidade das partes EEE;
 - Disponibilidade da infraestrutura física;
 - Disponibilidade da infraestrutura de mão de obra especializada.

5.2.5. Definir as Atividades

Definir as atividades é o processo de identificação e documentação das ações específicas a serem realizadas para produzir as entregas do projeto. O principal benefício deste processo é a divisão dos pacotes de trabalho em atividades que fornecem uma base para estimar, programar, executar, monitorar e controlar os trabalhos do projeto (PMBOK, 2013).

O processo *Definir as Atividades* está apresentado na seção 6.2 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.8 apresenta o diagrama de fluxo de informação do processo adaptado:

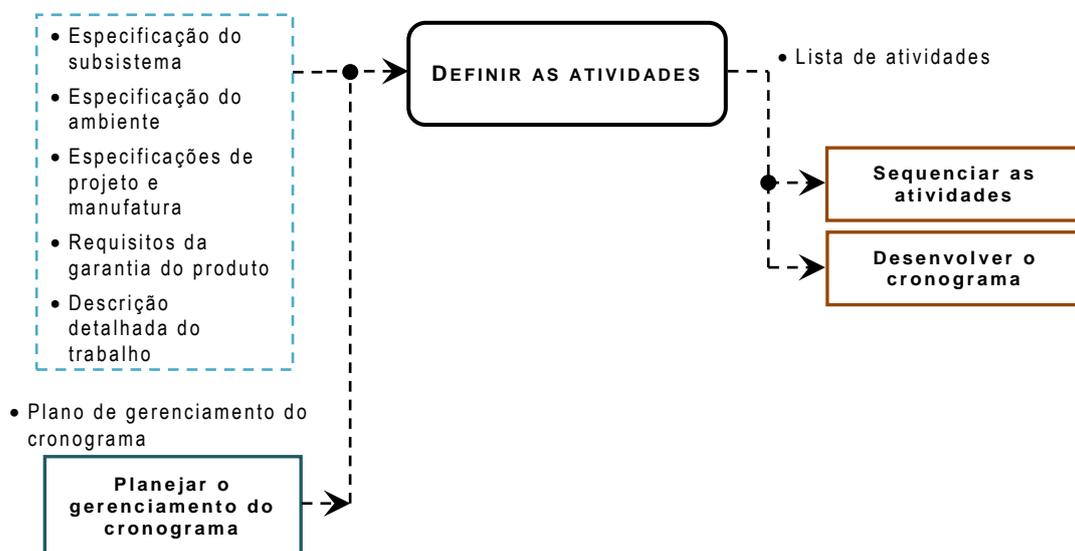


Figura 5.8: Diagrama do fluxo de informação do processo: Definir as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.5.1. Definir as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade:

Entradas

- Plano de gerenciamento do cronograma;
- Pacote de documentos para a contratação do subsistema:
 - Descrição detalhada do trabalho;
 - Especificação do subsistema;
 - Especificação do ambiente;
 - Especificações de projeto e manufatura;
 - Requisitos da garantia do produto;
- Solicitações de mudanças.

5.2.5.2. Definir as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Técnica da decomposição;
- Técnica do planejamento em ondas sucessivas;
- Opinião especializada.

5.2.5.3. Definir as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Lista de atividades com os seus atributos;
- Lista de marcos.

5.2.6. Sequenciar as Atividades

Sequenciar as atividades é o processo de identificação e documentação dos relacionamentos entre as atividades do projeto. O principal benefício deste processo é definir a sequência lógica do trabalho a fim de obter o mais alto nível de eficiência em face de todas as restrições do projeto (PMBOK, 2013).

O processo *Sequenciar as Atividades* está apresentado na seção 6.3 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.9 apresenta o diagrama de fluxo de informação do processo adaptado:

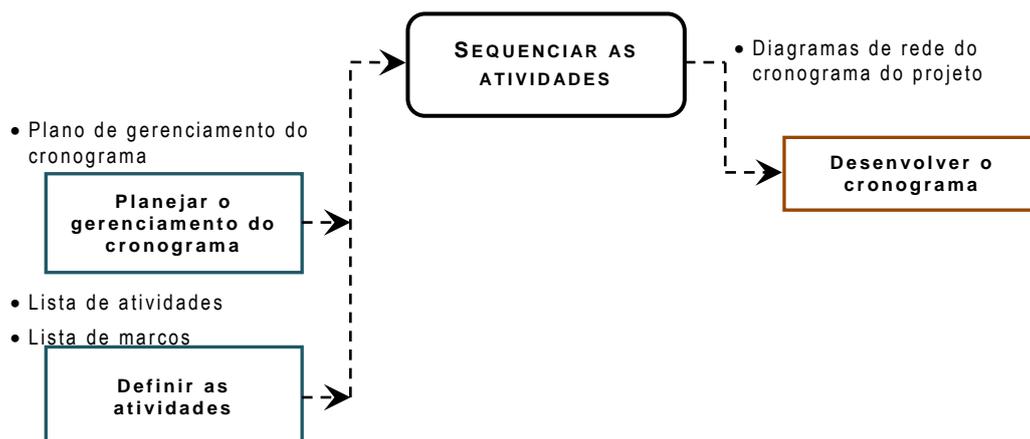


Figura 5.9: Diagrama do fluxo de informação do processo: Sequenciar as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.6.1. Sequenciar as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de gerenciamento do cronograma, onde é definido o método e a ferramenta de cronograma a serem usados no projeto;
- Lista de atividades;
- Lista de marcos.

5.2.6.2. Sequenciar as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Método do diagrama de procedência, que é uma técnica usada para construir um modelo de cronograma em que as atividades são representadas por nós e ligadas graficamente por um ou mais relacionamentos lógicos para mostrar a sequência em que as atividades devem ser executadas;
- Determinação de dependência;
- Antecipações e esperas.

5.2.6.3. Sequenciar as Atividades adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Diagramas de rede do cronograma do projeto, representando graficamente as relações lógicas, também chamadas de dependências, entre as atividades do cronograma do projeto;
- Atualizações nos documentos do projeto, que abordam:
 - Lista de atividades;
 - Atributos das atividades;
 - Lista de marcos.

5.2.7. Desenvolver o Cronograma

Desenvolver o cronograma é o processo de análise de sequências das atividades, suas durações, recursos necessários e restrições do cronograma visando criar o modelo do cronograma do projeto. O principal benefício deste processo é que a inserção das atividades do cronograma, suas durações, recursos, disponibilidades de recursos e relacionamentos lógicos na ferramenta de elaboração do cronograma gera um modelo de cronograma com datas planejadas para a conclusão das atividades do projeto (PMBOK, 2013).

O processo Desenvolver o Cronograma está apresentado na seção 6.6 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.10 apresenta o diagrama do fluxo de informação do processo adaptado:

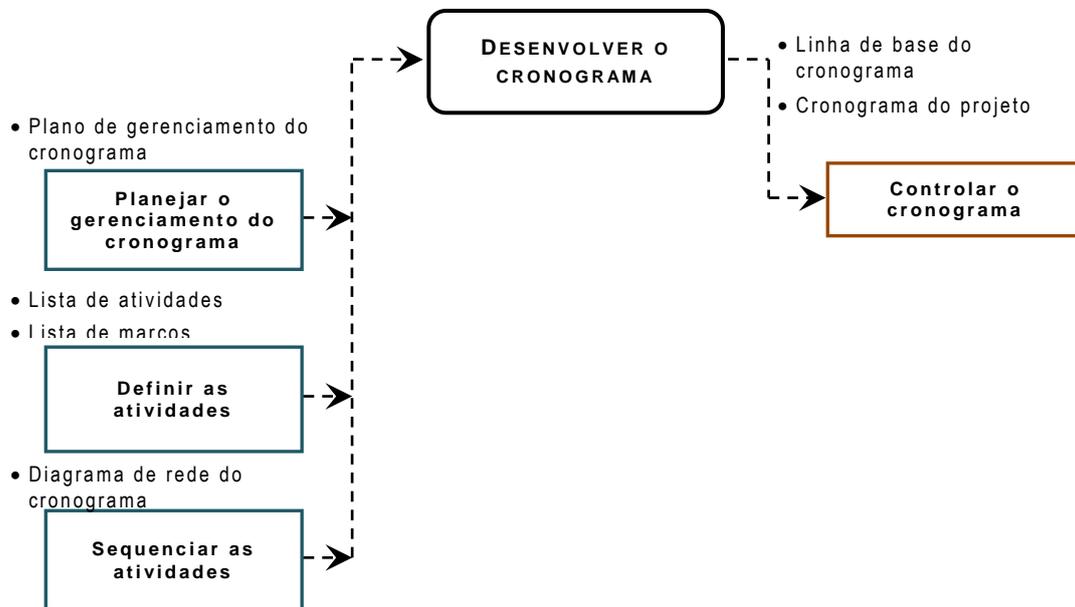


Figura 5.10: Diagrama do fluxo de informação do processo: Desenvolver o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.7.1. Desenvolver o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de gerenciamento do cronograma, onde é definido o método e a ferramenta de cronograma a serem usados no projeto;
- Lista de atividades com os seus atributos;
- Diagramas de rede do cronograma;
- Solicitações de mudanças.

5.2.7.2. Desenvolver o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Técnica de criação de modelos, como por exemplo, a análise de Cenário *E-Se*, que é um processo de formular e avaliar os cenários a fim de prever seus efeitos, positivos ou negativos, sobre os objetivos do projeto;

- Método do Caminho Crítico, usado para estimar a duração mínima do projeto e determinar o grau de flexibilidade nos caminhos lógicos da rede dentro do modelo do cronograma;
- Compressão de Cronograma, que é uma técnica usada para encurtar a duração do mesmo sem reduzir o escopo do projeto, a fim de cumprir as restrições do cronograma, as datas impostas, ou outros objetivos do cronograma.

5.2.7.3. Desenvolver o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Linha de base do cronograma, que é a versão aprovada de um modelo de cronograma que pode ser mudado somente mediante procedimentos de controle formais, e é usada como uma base para comparação com os resultados reais;
- Cronograma do projeto.

5.2.8. Controlar o Cronograma

Controlar o cronograma é o processo de monitoramento do andamento das atividades do projeto para atualização no seu progresso e gerenciamento das mudanças feitas na linha de base do cronograma para realizar o planejado. O principal benefício deste processo é fornecer os meios de se reconhecer o desvio do planejado e tomar medidas corretivas e preventivas, minimizando assim o risco (PMBOK, 2013).

O processo *Controlar o Cronograma* está apresentado na seção 6.7 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.11 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo adaptado:

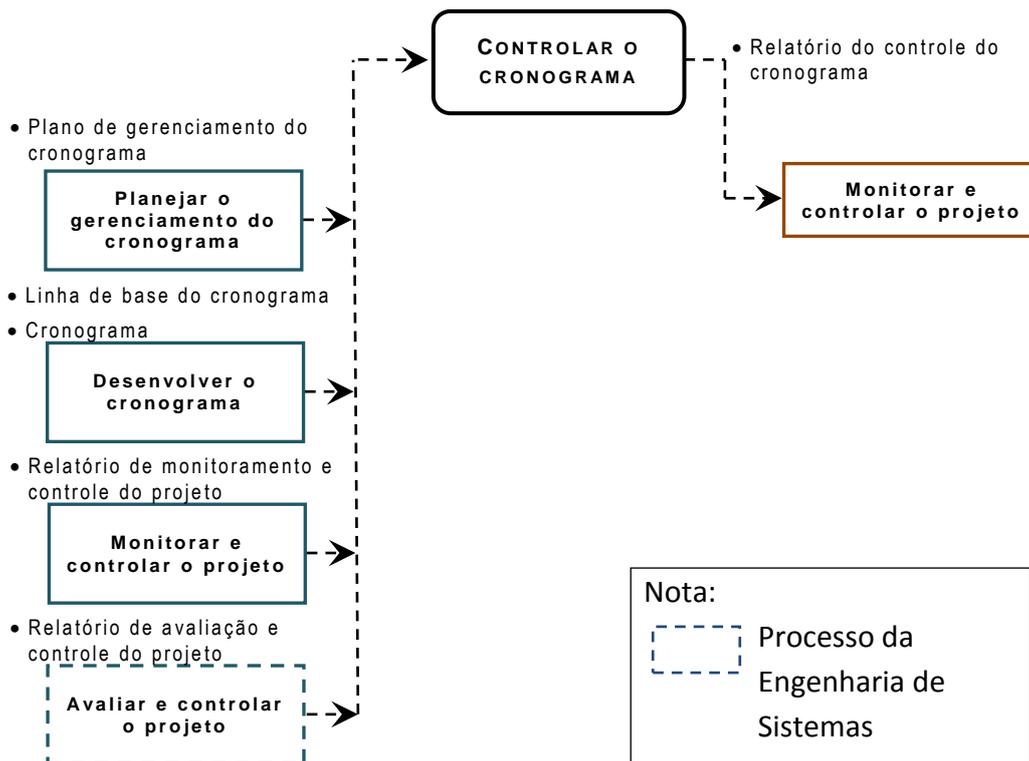


Figura 5.11: Diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.8.1. Controlar o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de gerenciamento do cronograma, onde é definido como o cronograma será gerenciado e controlado;
- Cronograma do projeto;
- Dados de desempenho do trabalho.

5.2.8.2. Controlar o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Análises de desempenho, que têm como objetivo medir, comparar e analisar o desempenho do cronograma. As seguintes técnicas podem ser utilizadas para a realização da análise de desempenho:
 - Análise das tendências;
 - Método do caminho crítico;
 - Método da corrente crítica.

5.2.8.3. Controlar o Cronograma adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Relatório do controle do cronograma abordando os seguintes tópicos:

- Informações sobre o desempenho do trabalho;
 - Previsões do cronograma;
 - Solicitações de mudanças;
 - Atualizações nos documentos do projeto;
- Informações sobre os tópicos a serem controlados sob a ótica da Dependabilidade:
 - Disponibilidade de componentes eletrônicos;
 - Disponibilidade da infraestrutura física;
 - Disponibilidade de recursos humanos.

5.2.9. Planejar o Gerenciamento dos Custos

Planejar o gerenciamento dos custos é o processo de estabelecer as políticas, os procedimentos e a documentação necessários para o planejamento, gerenciamento, despesas, e controle dos custos do projeto. O principal benefício deste processo é o fornecimento de orientação e instruções sobre como os custos do projeto serão gerenciados ao longo de todo o projeto (PMBOK, 2013).

O processo *Planejar o Gerenciamento dos Custos* está apresentado na seção 7.1 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.12 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo adaptado:

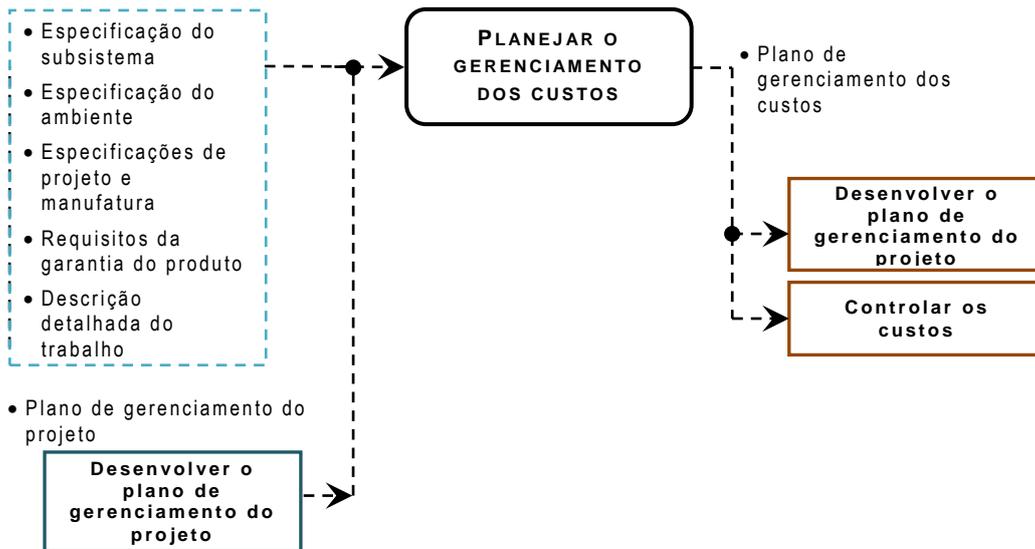


Figura 5.12: Diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Gerenciamento dos Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.9.1. Planejar o Gerenciamento dos Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de gerenciamento do projeto, onde constam as informações usadas para desenvolver o plano de gerenciamento de custos, como:
 - Linha de base do escopo, avaliando principalmente o escopo do projeto em relação à Dependabilidade;
 - Linha de base do cronograma;
- Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema;
- Solicitações de mudanças.

5.2.9.2. Planejar o Gerenciamento dos Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Opinião especializada;
- Técnicas analíticas;
- Reuniões.

5.2.9.3. Planejar o Gerenciamento dos Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Plano de Gerenciamento dos Custos, definindo como os custos do projeto serão planejados, estruturados, e controlados;
- Linha de base dos custos.

5.2.10. Controlar os Custos

Controlar os custos é o processo de monitoramento do andamento do projeto para atualização no seu orçamento e gerenciamento das mudanças feitas na linha de base de custos. O principal benefício deste processo é fornecer os meios de se reconhecer a variação do planejado a fim de tomar medidas corretivas e preventivas, minimizando assim o risco (PMBOK, 2013).

O processo *Controlar os Custos* está apresentado na seção 7.4 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.13 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo adaptado:

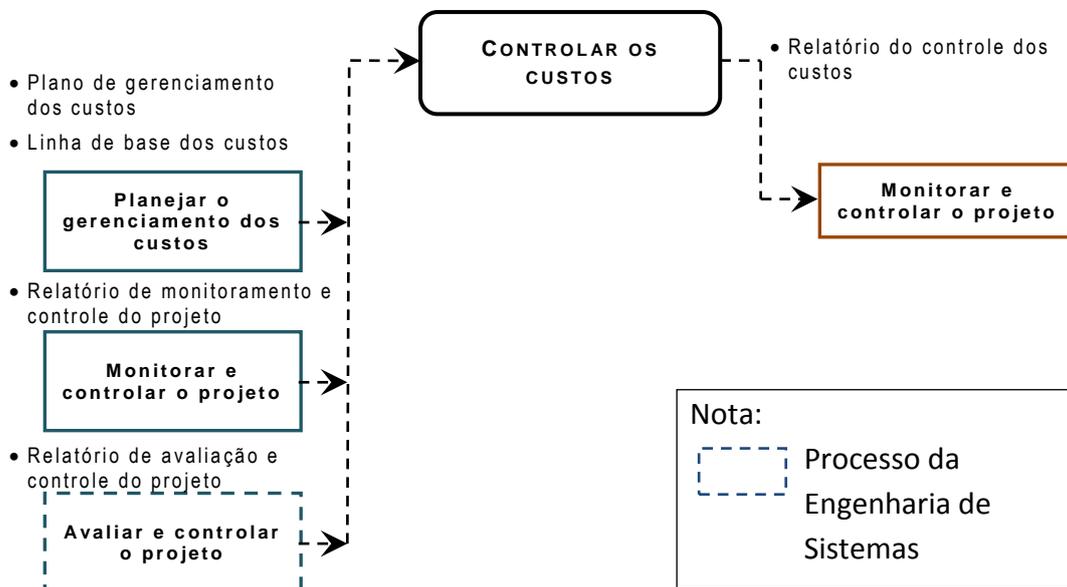


Figura 5.13: Diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar os Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.10.1. Controlar os Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de Gerenciamento dos Custos;
- Linha de base dos custos;
- Relatório de monitoramento e controle do projeto;
- Relatório de avaliação e controle do projeto.

5.2.10.2. Controlar os Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Análises de desempenho;
- Análise de reservas, que é usada para monitorar a situação das reservas de gerenciamento e contingência para o projeto a fim de determinar se tais reservas ainda são necessárias ou se reservas adicionais devem ser solicitadas.

5.2.10.3. Controlar os Custos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Relatório do controle dos custos abordando os seguintes tópicos:

- Informações sobre o desempenho do trabalho;
- Solicitações de mudanças.

5.2.11. Planejar o Gerenciamento das Comunicações

Planejar o gerenciamento das comunicações é o processo de desenvolver uma abordagem apropriada e um plano de comunicação do projeto com base nas necessidades de informação e requisitos das partes interessadas e nos ativos organizacionais disponíveis. O principal benefício deste processo é a identificação e a documentação da abordagem de comunicação mais eficaz e eficiente com as partes interessadas (PMBOK, 2013).

O processo *Planejar o Gerenciamento das Comunicações* está apresentado na seção 4.2 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.13 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo adaptado:

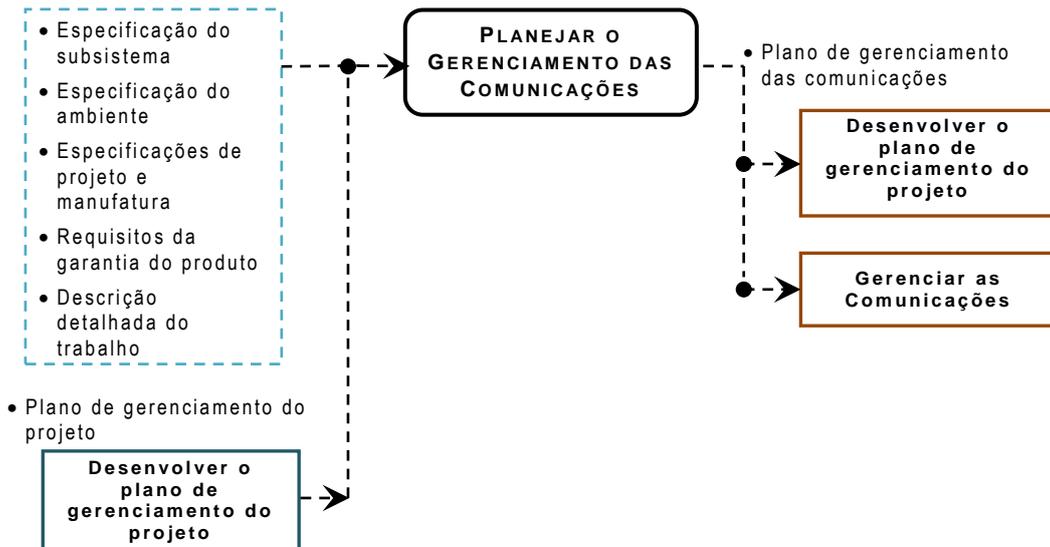


Figura 5.14: Diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Gerenciamento das Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.11.1. Planejar o Gerenciamento das Comunicações adaptado sob a ótica da dependabilidade: Entradas

- Plano de gerenciamento do projeto, onde devem constar:
 - Quem precisa de quais informações, e quem está autorizado a acessar tais informações;
 - Quando as informações serão necessárias;
 - Onde as informações devem ser armazenadas;
 - O formato em que as informações devem ser armazenadas;
 - Como as informações podem ser recuperadas; e
 - Se o fuso horário, as barreiras linguísticas e as considerações multiculturais devem ser levados em consideração;
- Solicitações de mudanças.

5.2.11.2. Planejar o Gerenciamento das Comunicações adaptado sob a ótica da dependabilidade: Recursos

- Análise dos requisitos de comunicação;
- Avaliação da tecnologia de comunicação;
- Avaliação de modelos de comunicação;
- Avaliação de métodos de comunicação.

5.2.11.3. Planejar o Gerenciamento das Comunicações adaptado sob a ótica da dependabilidade: Saídas

- Plano de Gerenciamento das Comunicações, que descreve como as comunicações do projeto serão planejadas, estruturadas, monitoradas e controladas. Ele fornece as seguintes informações:
 - Requisitos de comunicações das partes interessadas,
 - Motivo da distribuição da informação,
 - Intervalo de tempo e frequência para a distribuição das informações necessárias,
 - Indivíduo ou grupo responsável pela comunicação da informação, e
 - Indivíduo ou grupo que recebe a informação

5.2.12. Gerenciar as Comunicações

Gerenciar as comunicações é o processo de criar, coletar, distribuir, armazenar, recuperar, e de disposição final das informações do projeto de acordo com o plano de gerenciamento das comunicações. O principal benefício desse processo é possibilitar um fluxo de comunicação eficiente e eficaz entre as partes interessadas do projeto (PMBOK, 2013).

O processo *Gerenciar as Comunicações* está apresentado na seção 10.2 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.15 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo adaptado:

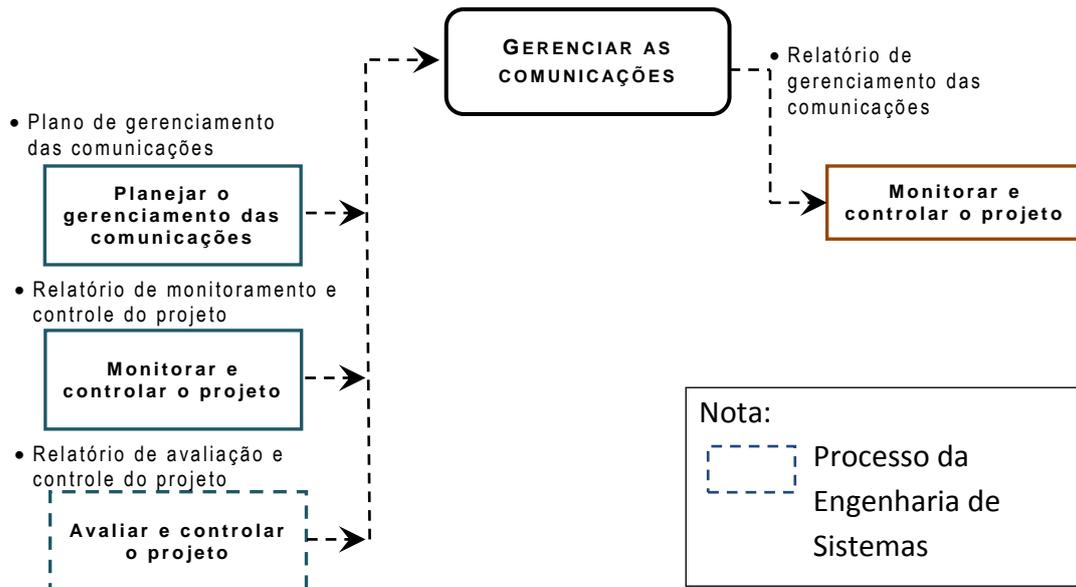


Figura 5.15: Diagrama do fluxo da informação do processo: Gerenciar as Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.12.1. Gerenciar as Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de Gerenciamento das Comunicações;
- Relatórios de monitoramento e controle do projeto;
- Relatório de avaliação e controle do projeto.

5.2.12.2. Gerenciar as Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Ferramentas padrão para que seja possível coletar, armazenar e distribuir as informações para as partes interessadas;
- Opinião especializada, que avalia o impacto das comunicações do projeto e a necessidade de ação ou intervenção;
- Reuniões.

5.2.12.3. Gerenciar as Comunicações adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Relatório de Gerenciamento das Comunicações.

5.2.13. Planejar o Gerenciamento dos Riscos para gestão

Planejar o gerenciamento dos riscos é o processo de definição de como conduzir as atividades de gerenciamento dos riscos de um projeto. O principal benefício deste processo é que ele garante que o grau, tipo, e visibilidade do gerenciamento dos riscos sejam proporcionais tanto aos riscos quanto à importância do projeto para a organização. O plano de gerenciamento dos riscos é vital na comunicação, obtenção de acordo e apoio das partes interessadas para garantir que o processo de gerenciamento dos riscos seja apoiado e executado de maneira efetiva (PMBOK, 2013).

O processo *Planejar o Gerenciamento dos Riscos* está apresentado na seção 11.1 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.16 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo adaptado:

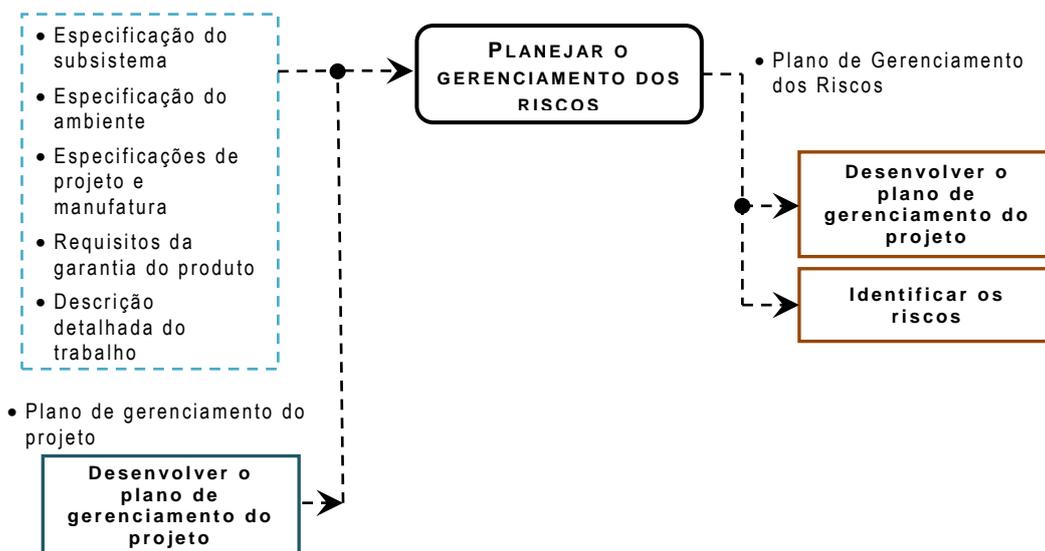


Figura 5.16: Diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Gerenciamento dos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.13.1. Planejar o Gerenciamento dos Riscos para gestão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de gerenciamento do projeto, que irá fornecer a linha base ou situação das áreas afetadas pelo risco;
- Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema;

- Solicitações de mudanças.

5.2.13.2. Planejar o Gerenciamento dos Riscos para gestão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Técnicas analíticas;
- Opinião especializada;
- Reuniões.

5.2.13.3. Planejar o Gerenciamento dos Riscos para gestão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Plano de gerenciamento dos riscos, que tem como objetivo descrever como as atividades de gerenciamento dos riscos serão estruturadas e executadas.

5.2.14. Identificar os Riscos

Identificar os riscos é o processo de determinação dos riscos que podem afetar o projeto e de documentação de suas características. O principal benefício desse processo é a documentação dos riscos existentes e o conhecimento e a capacidade que ele fornece à equipe do projeto de antecipar os eventos (PMBOK, 2013).

Identificar os riscos é um processo iterativo porque novos riscos podem surgir ou se tornar evidentes durante o ciclo de vida do projeto. A frequência da iteração e participação em cada ciclo variará de acordo com a situação (PMBOK, 2013).

O processo *Identificar os Riscos* está apresentado na seção 11.2 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.17 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Identificar os Riscos.

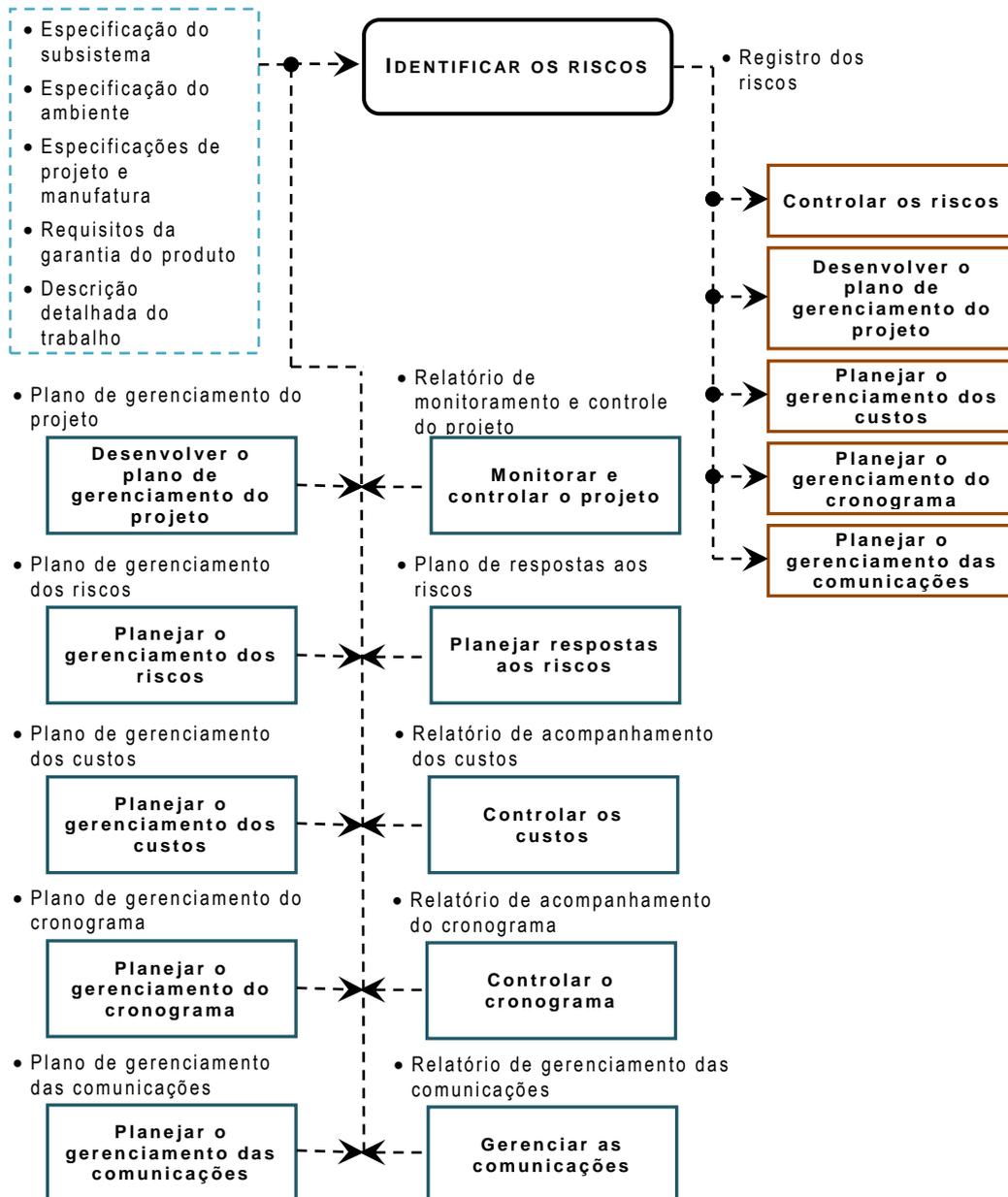


Figura 5.17: Diagrama do fluxo de informação do processo: Identificar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.14.1. Identificar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de Gerenciamento dos Riscos;
- Plano de Gerenciamento dos Custos;
- Plano de Gerenciamento do Cronograma;

- Plano de Gerenciamento das Comunicações;
- Relatório de monitoramento e controle do projeto;
- Plano de respostas aos riscos;
- Relatório de acompanhamento dos custos;
- Relatório de acompanhamento do cronograma;
- Relatório de acompanhamento das comunicações;
- Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes;
- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificação de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto.

5.2.14.2. Identificar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Revisões de documentação,
- Coleta de informações, aplicando técnicas, como:
 - *Brainstorming*,
 - Entrevistas com especialistas;
- Técnicas de diagramas, como por exemplo, diagrama de causa e efeito;
- Análise de premissas.

5.2.14.3. Identificar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Registro dos riscos, com as seguintes informações:
 - Lista dos riscos identificados;
 - Lista de respostas potenciais.

5.2.15. Planejar Respostas aos Riscos

Planejar as respostas aos riscos é o processo de desenvolvimento de opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto. O principal benefício deste processo é a abordagem dos riscos por prioridades, injetando recursos e atividades no orçamento, no cronograma e no plano de gerenciamento do projeto, conforme necessário (PMBOK, 2013).

O processo *Planejar Respostas aos Riscos* está apresentado na seção 11.5 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.18 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar Respostas aos Riscos.

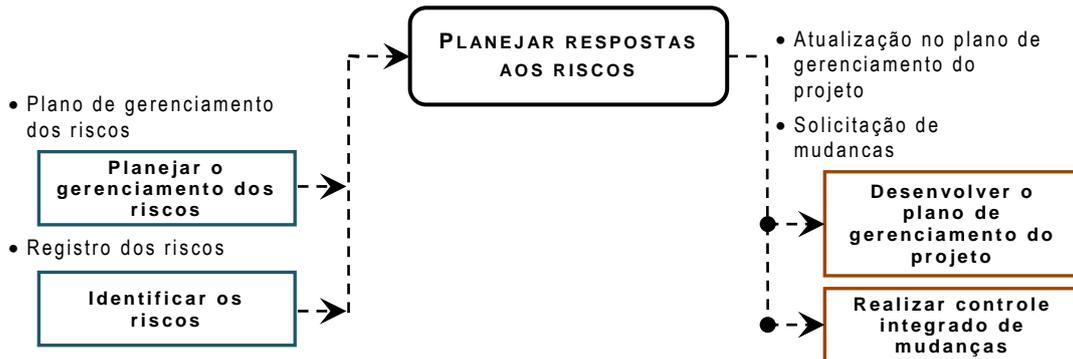


Figura 5.18: Diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar Respostas aos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.15.1. Planejar Respostas aos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Registro dos riscos, com as seguintes informações:
 - Lista dos riscos identificados;
 - Lista de respostas potenciais.
- Plano de gerenciamento dos riscos.

5.2.15.2. Planejar Respostas aos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Estratégias de respostas de contingência;
- Opinião especializada.

5.2.15.3. Planejar Respostas aos Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Atualizações no plano de gerenciamento do projeto, mas não está limitado;
- Solicitações de mudanças

5.2.16. Controlar os Riscos

Controlar os riscos é o processo de implementação de planos de respostas aos riscos, acompanhamento dos riscos identificados, monitoramento dos riscos residuais, identificação de novos riscos e avaliação da eficácia do processo de riscos durante todo o projeto. O principal benefício desse processo é a melhoria do grau de eficiência da abordagem dos riscos no decorrer de todo o ciclo de vida do projeto a fim de otimizar continuamente as respostas aos riscos (PMBOK, 2013).

As respostas planejadas aos riscos que estão incluídas no registro dos riscos são executadas durante o ciclo de vida do projeto, mas o trabalho do projeto deve ser continuamente monitorado em busca de riscos novos, modificados e desatualizados.

O processo Controlar os riscos utiliza técnicas, como análises de variações e tendências, que requerem o uso das informações de desempenho geradas durante a execução do projeto. Outras finalidades do processo Controlar os riscos determinam se:

- As premissas do projeto ainda são válidas,
- A análise mostra um risco avaliado que foi modificado ou que pode ser desativado,
- As políticas e os procedimentos de gerenciamento dos riscos estão sendo seguidos, e
- As reservas para contingências de custo ou cronograma devem ser modificadas de acordo com a avaliação atual dos riscos.

O processo Controlar os riscos pode envolver a escolha de estratégias alternativas, a execução de um plano de contingência ou alternativo, a adoção de ações corretivas e a modificação do plano de gerenciamento do projeto. O responsável pela resposta ao risco mantém o gerente de projetos periodicamente informado sobre a eficácia do plano, os efeitos imprevistos e qualquer correção necessária para tratar o risco adequadamente. O processo Controlar os riscos também engloba a atualização nos ativos de processos organizacionais, incluindo os bancos de dados de lições aprendidas e os modelos de gerenciamento dos riscos do projeto, para benefício de projetos futuros (PMBOK, 2013).

O processo *Controlar os Riscos* está apresentado na seção 11.6 do Guia PMBOK (2013). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 5.19 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar os riscos.

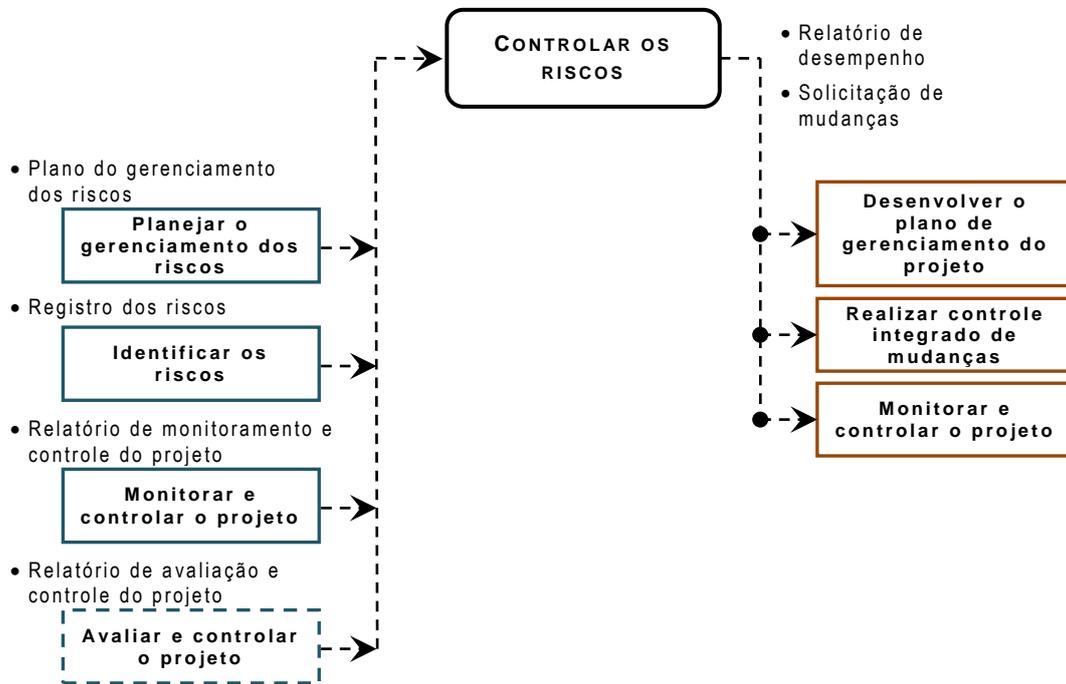


Figura 5.19: Diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

5.2.16.1. Controlar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Plano de Gerenciamento dos Riscos;
- Registro dos riscos, com as seguintes informações:
 - Lista dos riscos identificados;
 - Lista de respostas potenciais.
- Relatório monitoramento e controle;
- Relatório de avaliação e controle do projeto.

5.2.16.2. Controlar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Reavaliação de riscos;
- Auditoria de riscos;
- Análise de variação e tendência;

- Reuniões.

5.2.16.3. Controlar os Riscos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Relatório de desempenho do projeto após execução do processo controlar os riscos;
- Solicitações de mudanças.

6 PROCESSOS INCOSE DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E PROPOSTA DE SUA ADAPTAÇÃO AOS PROGRAMAS DE SATÉLITES DO INPE

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar os processos baseados no *International Council on Systems Engineering* (INCOSE, 2011) adaptados sob a ótica da Dependabilidade, propostos para serem aplicados nos programas de satélites do INPE, desde a fase de concepção até o final da fase de desenvolvimento.

6.1. Processos INCOSE de Engenharia de Sistemas

O *Hanbook* de Engenharia de Sistemas do INCOSE (*INCOSE Systems Engineering Handbook*) é consistente com a norma internacional ISO/IEC 15288:2008 – *Systems and software engineering – System life cycle processes*. Mas esta descreve processos genéricos, ao passo que o *Handbook* do INCOSE aprofunda nos processos e nas atividades para executá-los (INCOSE, 2011).

A ISO/IEC 15288:2008 identifica quatro grupos de processos para o suporte da Engenharia de Sistemas. Uma visão gráfica dos grupos de processos está apresentada na Figura 6.1.

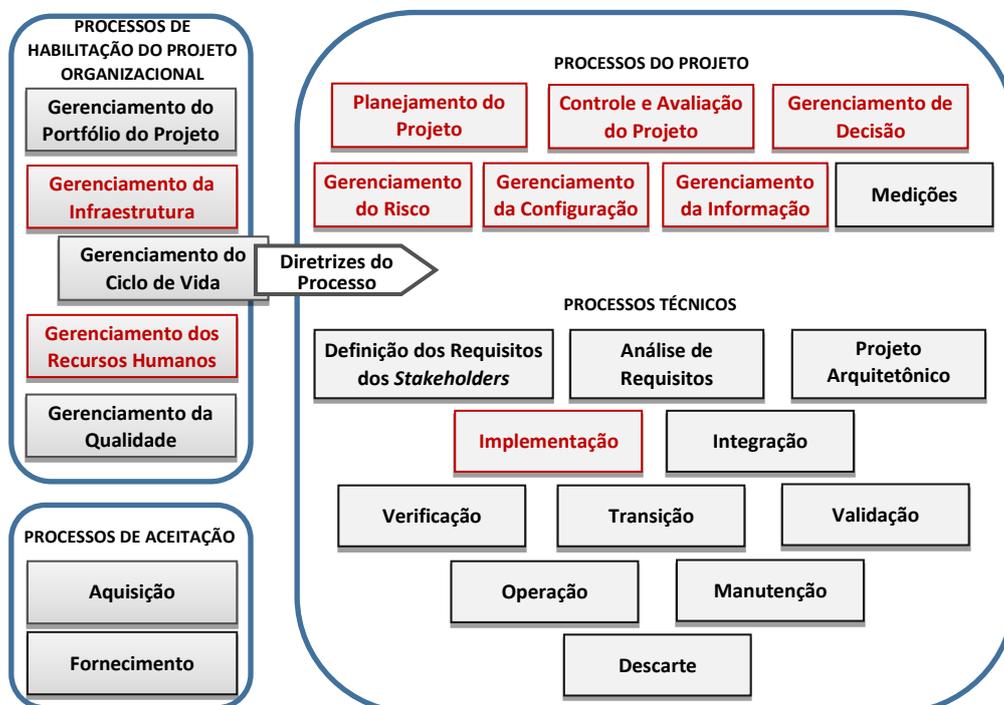


Figura 6.1: Processos do ciclo de vida de um sistema pela ISO/IEC 15288:2008.

Fonte: Adaptação INCOSE (2011).

Conforme definido pela ISO/IEC 15288:2008 (INCOSE, 2011):

- Os **Processos Técnicos** são utilizados com o objetivo de:
 - 1) Definir os requisitos para um sistema;
 - 2) Transformar esses requisitos em um produto efetivo que permita sua reprodução quando necessário;
 - 3) Usar este produto para fornecer os serviços requeridos;
 - 4) Manter o fornecimento destes serviços;
 - 5) Descartar o produto quando ele não fornecer mais os serviços.
- Os **Processos do Projeto** são utilizados com o objetivo de:
 - 1) Estabelecer e desenvolver os planos do projeto;
 - 2) Executar os planos do projeto;
 - 3) Avaliar o desenvolvimento efetivo do projeto e o seu progresso de acordo com os planos;
 - 4) Controlar o cumprimento da execução do projeto.
- Os **Processos de Aceitação** são utilizados com o objetivo de:

Definir as atividades necessárias para o estabelecimento de acordos para aquisições e fornecimento de produtos e serviços para o desenvolvimento do projeto.
- Os **Processos de Habilitação do projeto** são utilizados com o objetivo de:
 - 1) Garantir a capacidade da organização para adquirir e fornecer produtos ou serviços através da iniciação, suporte e controle do projeto;
 - 2) Providenciar recursos e infraestrutura necessárias para apoiar os projetos e garantir a satisfação dos objetivos organizacionais e dos acordos estabelecidos.

6.2. Proposta de sua avaliação, seleção e adaptação aos programas de satélites do INPE

Após avaliação dos 25 processos apresentados pelo INCOSE (2011), foi realizada a seleção e a adaptação dos 9 processos que foram julgados mais apropriados para a Engenharia de Sistemas dos projetos de satélites dos programas do INPE sob a ótica da Dependabilidade. A Figura 6.1 apresenta destacado em vermelho esses processos.

A avaliação e seleção dos 25 processos apresentados no INCOSE (2011) seguiram os seguintes critérios (Figura 6.2):

- Todos os processos avaliados que possuem influência direta ou indireta nos processos que tratam a Dependabilidade (neste trabalho Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade) foram selecionados;
- Os processos parcialmente similares/repetidos foram alocados onde tinham mais afinidade na nossa proposta.

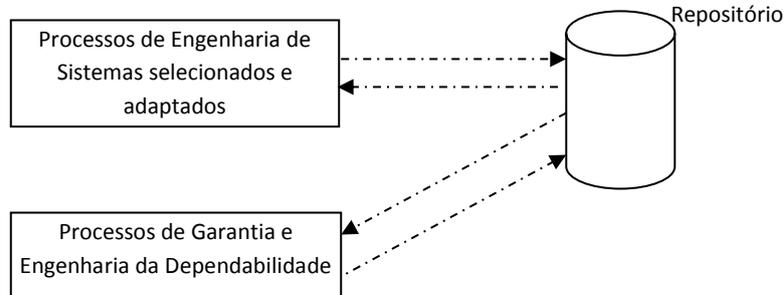


Figura 6.2: Interferência dos processos de Engenharia de Sistemas nos processos de Garantia e Engenharia da Dependabilidade e vice-versa.

A adaptação dos 9 processos seguiu os seguintes critérios (Figura 6.3):

- Cada processo selecionado foi analisado e adaptado para os projetos de subsistemas dos satélites (médios e grandes) do INPE;
- As conexões dos processos selecionados foram alocadas onde tinham mais afinidade na nossa proposta.

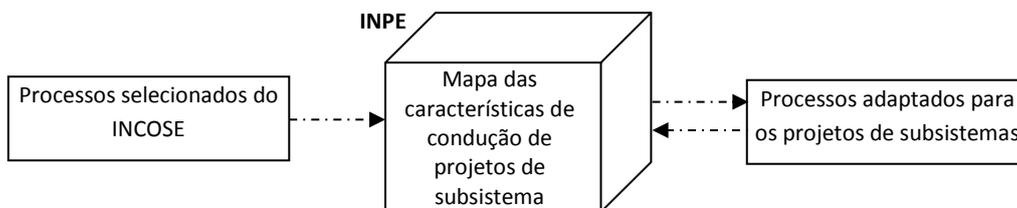


Figura 6.3: Interferência dos processos de gerenciamento nos processos de garantia e engenharia da Dependabilidade e vice-versa.

Nas seções seguintes, primeiramente são apresentadas as considerações iniciais para a apresentação dos processos adaptados, e em sequência a apresentação destes processos.

6.2.1. Considerações iniciais

Semelhante à apresentação realizada para os processos de Gerenciamento, os processos de Engenharia de Sistemas que são propostos neste capítulo, seguem o seguinte padrão (Figura 6.4):

- Todos os processos apresentam os documentos necessários para sua inicialização e respectivamente em qual processo este documento é gerado (i);
- Todos os processos apresentam os documentos gerados durante sua execução e respectivamente qual o outro processo que irá utilizá-lo (ii);
- Os documentos gerados nas fases iniciais do ciclo de vida (Fase 0 e Fase A) são disponibilizados para o início do desenvolvimento dos projetos dos subsistemas. São eles (iii):
 - Especificação do subsistema;
 - Especificação do ambiente;
 - Especificação de projeto e manufatura;
 - Requisitos da garantia do produto;
 - Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema;
- Todos os processos apresentam os recursos necessários para sua execução;
- Os cenários e atores responsáveis pelo controle e habilitação dos processos propostos serão apresentados na seção 6.2.1.1.

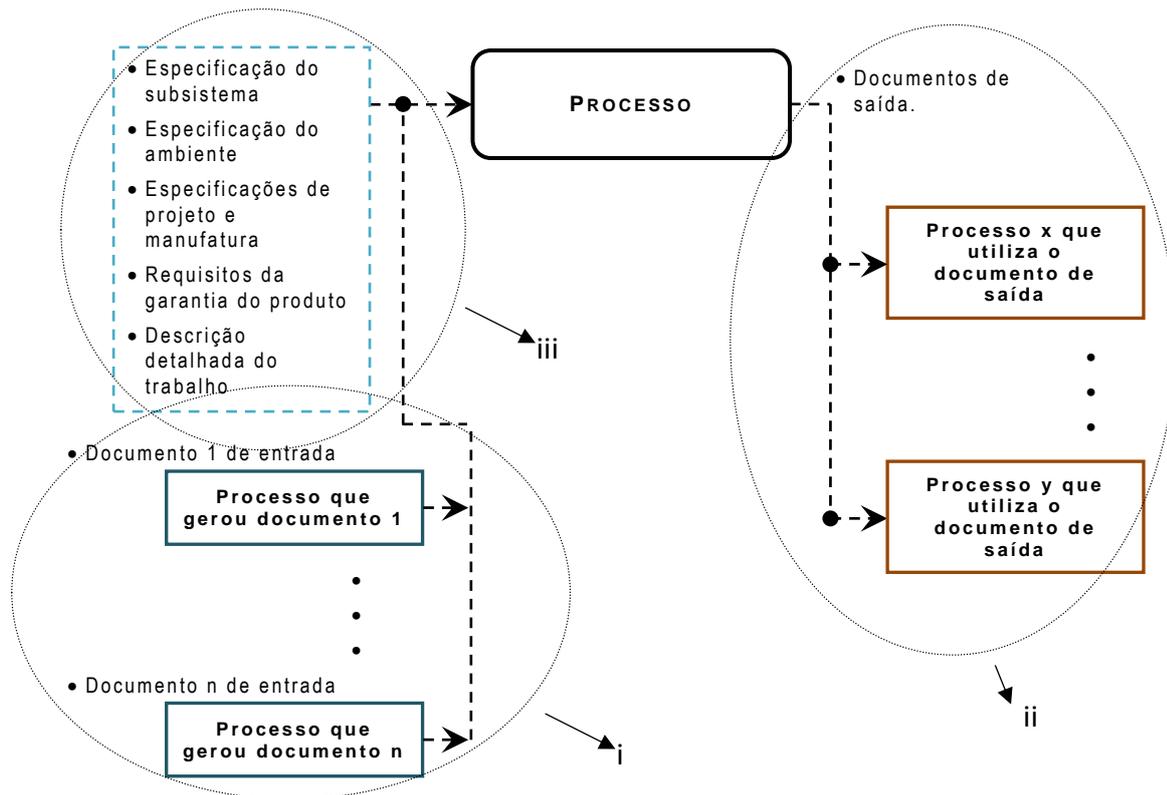


Figura 6.4: Diagrama padrão para mostrar o fluxo da informação.

6.2.1.1. Controle e Habilitação para os processos de engenharia de sistemas

Como o gerenciamento de projetos, a engenharia de sistemas deve ser conduzida em alinhamento com o contexto mais amplo do projeto estabelecido pela organização.

Em geral, para todos os processos propostos de engenharia de sistemas, o “Controle e Habilitação” para os projetos de satélites são:

- Documentos aplicáveis do projeto;
- Ciclo de vida do projeto;
- Linha de base do cronograma;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Fatores ambientais;
- Ativos de processos organizacionais.

Nas próximas seções serão apresentados os processos adaptados.

6.2.2. Processo de Implementação

Description:

During the Implementation Process, engineers follow the requirements allocated to the system element to design, fabricate, code, or build each individual element using specified materials, processes, physical or logical arrangements, standards, technologies, and/or information flows outlined in detailed drawings or other design documentation. Requirements are verified and stakeholder requirements are validated. If subsequent configuration audits reveal discrepancies, recursive interactions occur with predecessor activities or processes, as required, to correct them (INCOSE, October 2011).

O *Processo de Implementação* está apresentado na seção 4.4 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 6.5 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

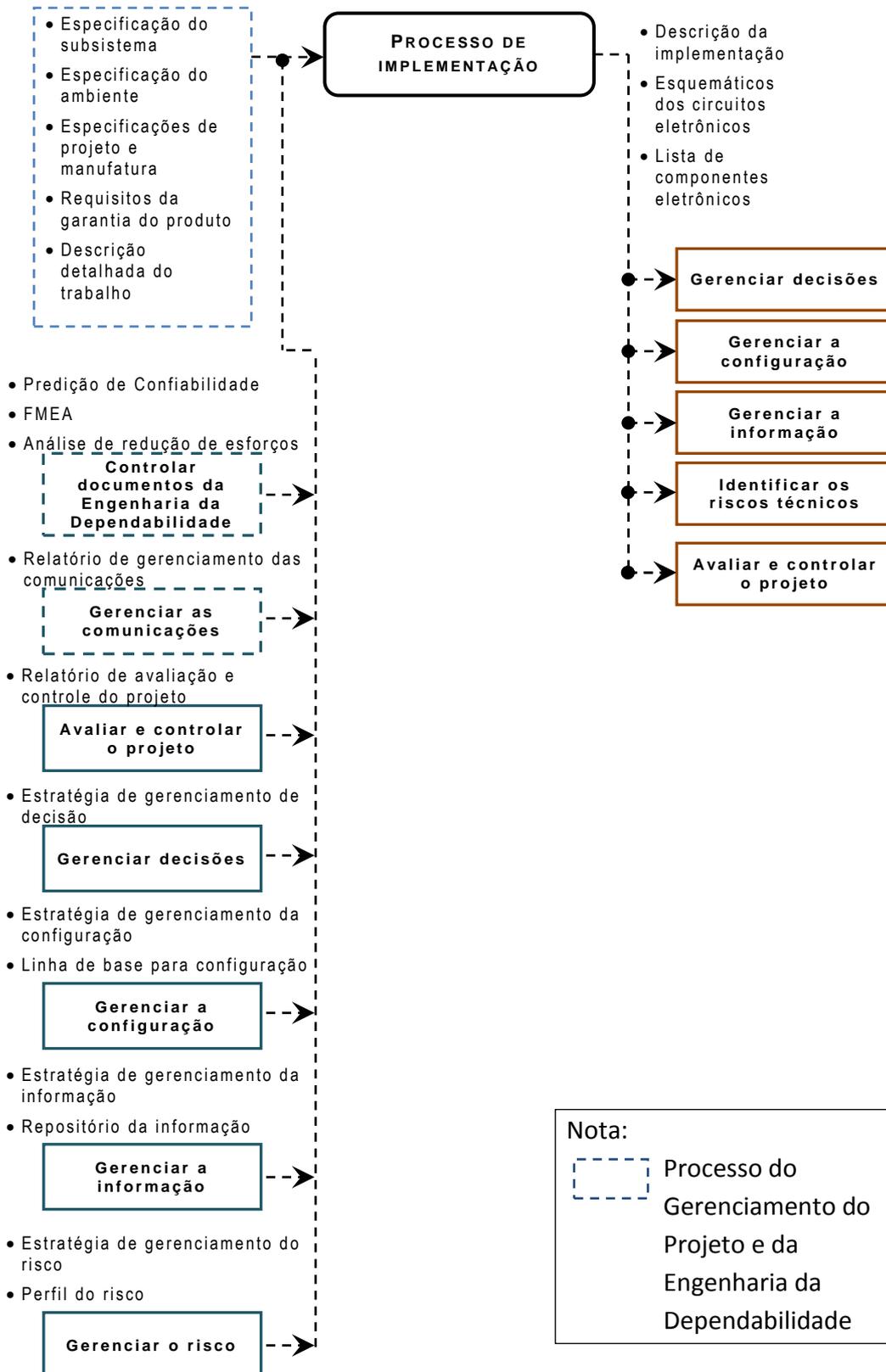


Figura 6.5: Diagrama do fluxo da informação do processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.2.1. Processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificação de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema;
- Plano do projeto;
- WBS;
- Plano de trabalho da Engenharia de Sistemas;
- Predição de confiabilidade;
- FMEA;
- Redução de esforços;
- Relatório de gerenciamento das comunicações;
- Relatório de avaliação e controle do projeto;
- Estratégia de gerenciamento de decisão;
- Estratégia de gerenciamento da configuração;
- Linha de base da configuração;
- Estratégia de gerenciamento da informação;
- Repositório da informação;
- Estratégia do gerenciamento do risco;
- Perfil do risco.

6.2.2.2. Processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

6.2.2.3. Processo de Implementação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes à (ao):

- Descrição da implementação sob a ótica da Dependabilidade, em relação à:

- Nível de qualidade e tolerância à radiação dos componentes eletrônicos;
- Diretivas para que os requisitos de Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade, sejam atendidos;
- Ações de verificação das estratégias de implementação sob a ótica da Dependabilidade;
- Lista dos processos de manuseio dos componentes EEE;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos;
- Lista de componentes eletrônicos.

6.2.3. Planejar o Projeto

Description:

Project planning starts with a statement of need, often expressed in a project proposal. The Project Planning Process is performed in the context of the organization. Life Cycle Model Management Processes establish and identify relevant policies and procedures for managing and executing a technical effort; identifying the technical tasks, their interdependencies, risks, and opportunities; and providing estimates of needed resources and budgets. This is also the point in the process to determine the need for specialized equipment or facilities and specialists during the project life cycle to improve efficiency and effectiveness and decrease cost over-runs. For example, during product design, various disciplines work together to evaluate parameters such as manufacturability, testability, operability, and sustainability against product performance. In some cases, project tasking is concurrent to achieve the best results. (INCOSE, October 2011).

O processo *Planejar o projeto* está apresentado na seção 5.1 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 6.6 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo: *Planejar o Projeto* adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

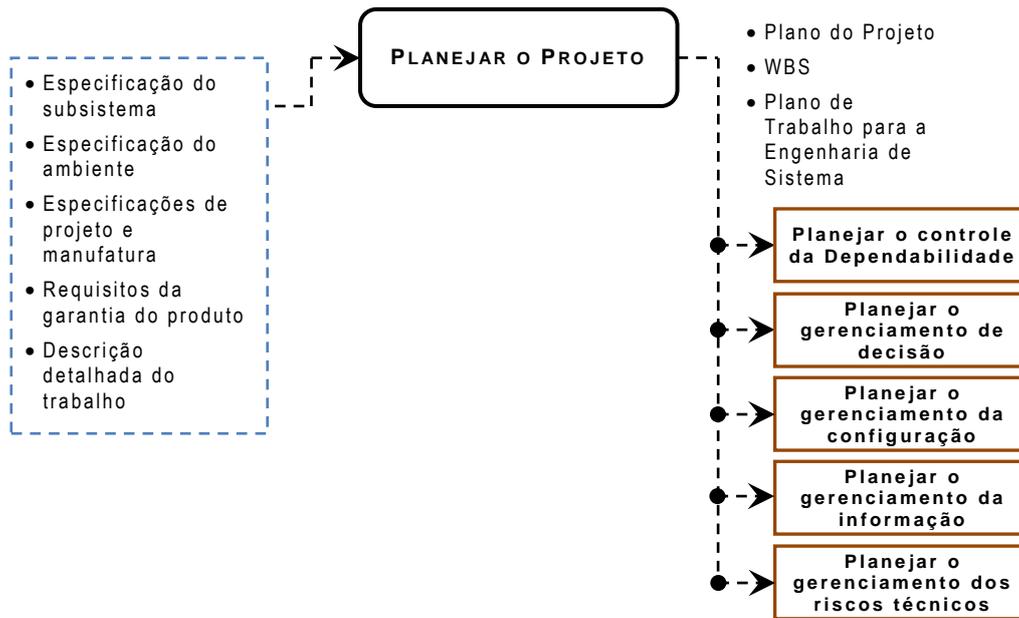


Figura 6.6: Diagrama de diagrama do fluxo da informação do processo: Planejar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.3.1. Processo Planejar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificação de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema.

6.2.3.2. Processo Planejar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

6.2.3.3. Processo Planejar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes à (ao):

- Plano do projeto abordando os seguintes tópicos:
 - Restrições do projeto;
 - Necessidade de aquisição;
 - Necessidade de infraestrutura física e de recursos humanos qualificados;
- Estrutura da Divisão do Trabalho (*Work Breakdown Structure – WBS*);
- Plano de trabalho para engenharia de sistemas.

6.2.4. Avaliar e Controlar o Projeto

Description:

The Project Planning Process identified details of the work effort and expected results. The Project Assessment and Control Process collects data to evaluate the adequacy of the project infrastructure, the availability of necessary resources, and compliance with project performance measures. Assessments also monitor the technical progress of the project, and may identify new risks or areas that require additional investigation.

The rigor of the Project Assessment and Control Process is directly dependent on the complexity of the system-of-interest. Project control involves both corrective and preventive actions taken to ensure that the project is performing according to plans and schedules and within projected budgets. The Project Assessment and Control Process may trigger activities within the other process areas in this chapter (INCOSE, October 2011).

O processo *Avaliar e Controlar o Projeto* está apresentado na seção 5.2 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 6.7 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar e controle do projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

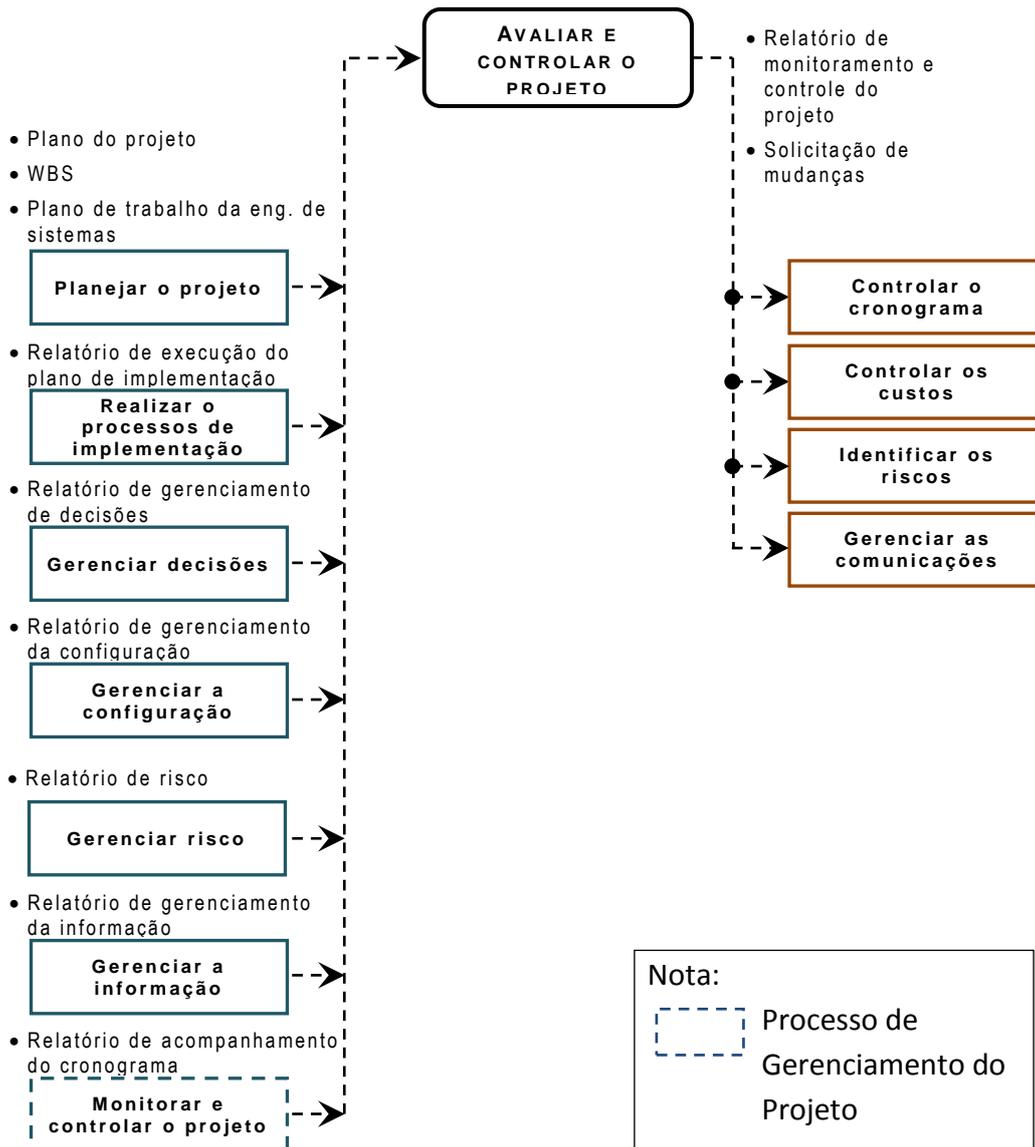


Figura 6.7: Diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar e Controlar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.4.1. Processo Avaliar e Controlar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano do projeto;
- Estrutura da divisão do trabalho (*Work Breakdown Structure – WBS*);
- Plano de trabalho Engenharia de Sistemas;
- Relatório de execução do plano de Implementação;

- Relatório de gerenciamento de decisões;
- Relatório de gerenciamento de configuração;
- Relatório de gerenciamento da informação;
- Relatório de identificação e mitigação dos riscos técnicos;
- Relatório de acompanhamento do cronograma.

6.2.4.2. Processo Avaliar e Controlar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado;
- Técnicas analíticas.

6.2.4.3. Processo Avaliar e Controlar o Projeto adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Relatório de avaliação e controle, que contempla os seguintes tópicos:

- Dados de medidas de desempenho do projeto como *status* das aquisições, cumprimento do cronograma, cumprimento de requisitos;
- Relatório de status do projeto;
- Relatório de acompanhamento dos riscos técnicos;
- Solicitações de mudanças;
- Aprovação para fechamento da fase do projeto.

6.2.5. Gerenciamento de Decisão - Planejar e Gerenciar

Description:

As the system progresses from early concept definition throughout sustainment, decisions are needed to direct the focus of all personnel toward the desired result. Every decision involves an analysis of alternative options, the selection of a course of action, and recording of the eventual decision with supporting documentation.

Decisions come from many sources and range from programmatic to highly technical, and different strategies are appropriate to each category of decision. All decisions are taken within the context of an organization. Some decisions are made within the context of other processes (INCOSE, October 2011).

O processo *Gerenciamento de decisão* está apresentado na seção 5.2 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 6.8 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo de Gerenciamento de Decisão do projeto adaptado para os projetos de satélites do INPE sob a ótica da Dependabilidade.

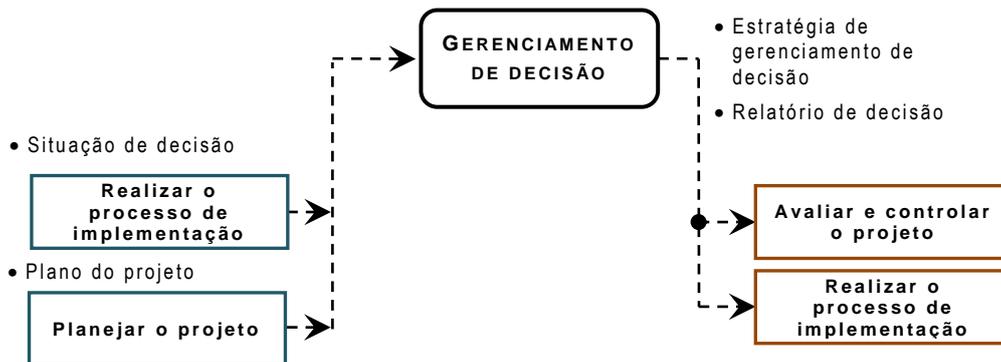


Figura 6.8: Diagrama do fluxo da informação do processo: Gerenciamento de Decisão adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.5.1. Processo de Gerenciamento de Decisão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Informações referentes à:

- Situação de decisão sob a ótica da Dependabilidade;
- Plano do projeto.

6.2.5.2. Processo de Gerenciamento de Decisão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado;
- Técnicas analíticas.

6.2.5.3. Processo de Gerenciamento de Decisão adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes à (ao):

- Estratégia de gerenciamento de decisão;

- Relatório de decisão – onde a decisão aprovada é documentada e comunicada juntamente com as razões, considerações, limitações e análises de suporte.

6.2.6. Gerenciamento do Risco Técnico - Planejar e Gerenciar

Description:

Risk (and opportunity) management is a disciplined approach to dealing with uncertainty that is present throughout the entire systems life cycle. The objective is to achieve a proper balance between risk and opportunity. This process is used to understand and avoid the potential cost, schedule, and performance (i.e., technical) risks to a system; to take a proactive and structured approach to anticipate negative outcomes and respond to them, if they occur; and to identify potential opportunities that may be hidden in the situation. Organizations manage many forms of risk, and the risk associated with system development is managed in a manner that is consistent with the organization strategy.

Every new system or modification of an existing system is based on pursuit of an opportunity. Risk is always present in the life cycle of systems, and the risk management actions are assessed in terms of the opportunity being pursued. The system may be intended for technical accomplishments near the limits of the state-of-the-art, thus creating technical risk. Risk can also be introduced during architectural design caused by the internal interfaces that exist between the system elements. System development may be rushed to deploy the system as soon as possible to exploit a marketing opportunity or meet an imminent threat, thus leading to schedule risk. All systems are funding-limited so that cost risk is always present. Risk can also develop within a project, since (for example) technical risk can create schedule risk, which in turn can create cost risk (INCOSE, October 2011).

O processo *Gerenciamento do Risco* está apresentado na seção 5.4 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 6.9 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo de gerenciamento de risco adaptado para os projetos de satélites do INPE sob a ótica da Dependabilidade.

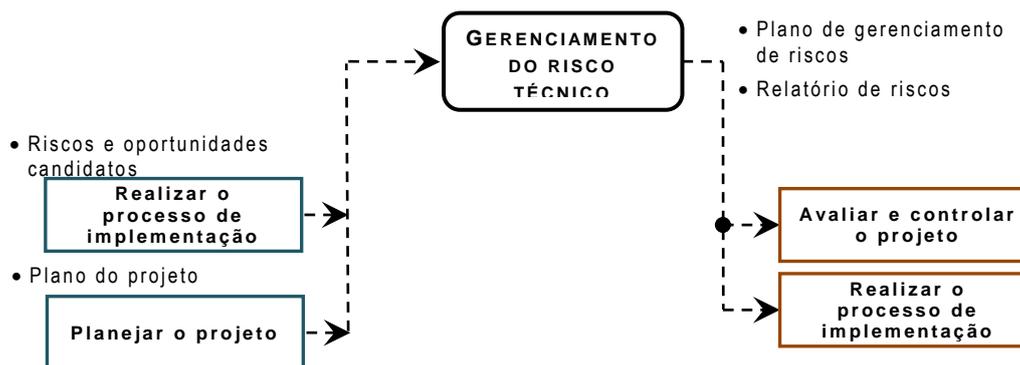


Figura 6.9: Diagrama do fluxo da informação do processo de gerenciamento de Risco técnico adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.6.1. Processo de gerenciamento do Risco Técnico adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Documento referente aos:

- Riscos e oportunidades candidatos;
- Plano do projeto.

6.2.6.2. Processo de gerenciamento do Risco Técnico adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado;
- Técnicas analíticas, como:
 - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA);
 - Diagrama de Bloco de Confiabilidade (DBC);
 - Análise de Markov;
 - Técnica dos Cenários; entre outras.

6.2.6.3. Processo de gerenciamento do Risco Técnico adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes ao:

- Plano de gerenciamento de riscos, onde são definidos os métodos para identificar, monitorar e tratar os riscos;

- Relatório de riscos, onde os riscos são documentados e comunicados juntamente com as razões, considerações e plano de ação.

6.2.7. Gerenciamento da Configuração - Planejar e Gerenciar

Description:

Evolving system requirements are a reality that must be addressed over the life of a system development effort, and throughout the Utilization and Support Stages of the system. Configuration Management ensures that product functional, performance, and physical characteristics are properly identified, documented, validated, and verified to establish product integrity; that changes to these product characteristics are properly identified, reviewed, approved, documented, and implemented; and that the products produced against a given set of documentation are known (INCOSE, October 2011).

O processo *Gerenciamento da Configuração* está apresentado na seção 5.5 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 6.10 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo de Gerenciamento da Configuração do projeto adaptado para os projetos de satélites do INPE sob a ótica da Dependabilidade.

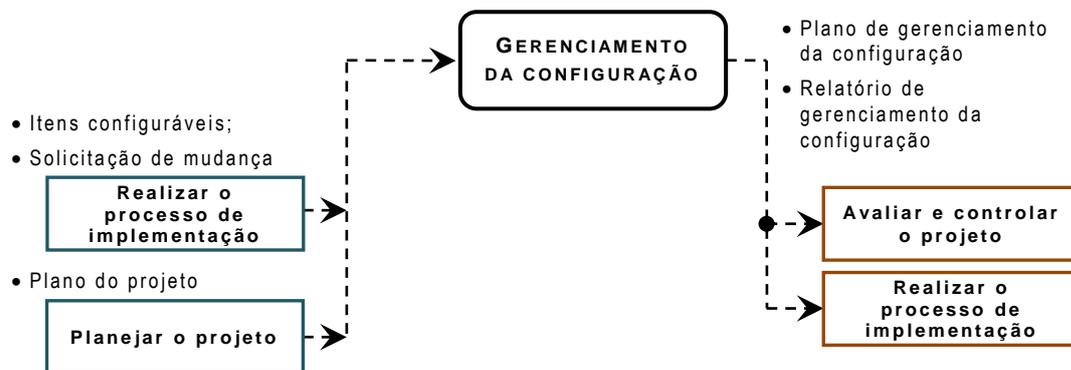


Figura 6.10: Diagrama do fluxo da informação do processo de Gerenciamento da Configuração adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.7.1. Processo de Gerenciamento de Configuração sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano do projeto;
- Itens configuráveis;
- Solicitações de mudanças.

6.2.7.2. Processo de Gerenciamento de Configuração adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

6.2.7.3. Processo de Gerenciamento de Configuração adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de gerenciamento da configuração abordando os seguintes itens:
 - Estratégia de gerenciamento da configuração;
 - Linha de base para configuração;
- Relatório de gerenciamento da configuração.

6.2.8. Gerenciamento da Informação - Planejar e Gerenciar

Description:

Information management provides the basis for the management of and access to information throughout the system life cycle, including after disposal if required. Designated information may include organization/enterprise, project, agreement, technical, and user information. The mechanisms for maintaining historical knowledge in the prior processes – decision-making, risk, and configuration management – are under the responsibility of information management (INCOSE, October 2011).

O processo *Gerenciamento da Informação* está apresentado na seção 5.6 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 6.11 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo de gerenciamento da informação adaptado para os projetos de satélites do INPE sob a ótica da Dependabilidade.

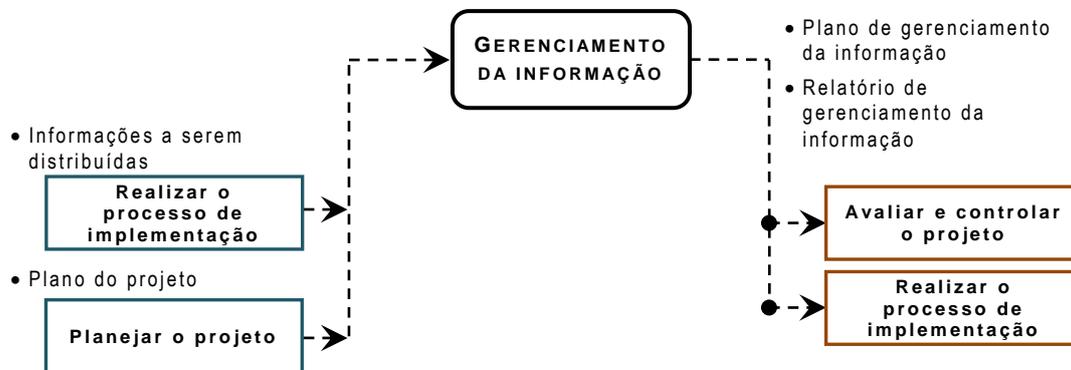


Figura 6.11: Diagrama do fluxo da informação do processo de gerenciamento da informação adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.8.1. Processo de Gerenciamento da Informação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

- Informações a serem distribuídas

6.2.8.2. Processo de Gerenciamento da Informação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Ferramenta computacional baseada no PLM/PDM, como, por exemplo, o *software Windchill* (Apêndice A);
- Conhecimento especializado.

6.2.8.3. Processo de Gerenciamento da Informação adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes ao:

- Plano de gerenciamento da informação abordando os seguintes itens:
 - Estratégia de gerenciamento da informação;
 - Repositório da informação;
- Relatório de gerenciamento da informação.

O plano de gerenciamento da informação sob a ótica da Dependabilidade, em relação ao repositório das informações deve definir quais informações devem ser

apresentadas e o padrão para o armazenamento em repositório (eletrônico), como exemplificado abaixo e detalhado no Âpendice A:

Sob a ótica da Confiabilidade:

- Para cada componente eletroeletrônico os valores dos parâmetros elétricos e térmicos, tanto os nominais como os reduzidos (redução de esforços) conforme demonstrado na Tabela 6.1.

Sob a ótica da Disponibilidade e Manutenibilidade:

- Para cada componente eletroeletrônico os dados de (Tabela 6.2):
 - Disponibilidade comercial;
 - Dados de armazenamento;
 - Intercambiabilidade.

Tabela 6.1: *Template 1* para a implementação do repositório.

Item	Descrição	Part Number Genérico	Part Number MIL/ESA	Fabricante	Temperatura máxima (fabricante)	Temperatura de projeto	...	Parâmetros solicitados pela norma de referência para a redução de esforços
							...	
							...	
							...	

Tabela 6.2: *Template 2* para implantação do repositório.

Item	Descrição	Part Number Genérico	Part Number MIL/ESA	Fabricante	Nível de radiação	Disponibilidade comercial	Armazenamento	Intercambiabilidade prevista

6.2.9. Gerenciamento da Infraestrutura - Planejar e Gerenciar

Description:

The work of the organization is accomplished through projects, which are conducted within the context of the infrastructure environment. This infrastructure needs to be defined and understood within the organization and the project to ensure alignment of the working units and achievement of overall organization strategic objectives. This process exists to establish, communicate, and continuously improve the system life-cycle process environment (INCOSE, October 2011).

O processo *Gerenciamento da Infraestrutura* está apresentado na seção 7.2 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A figura 6.12 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo de gerenciamento da infraestrutura adaptado para os projetos de satélites do INPE sob a ótica da Dependabilidade.

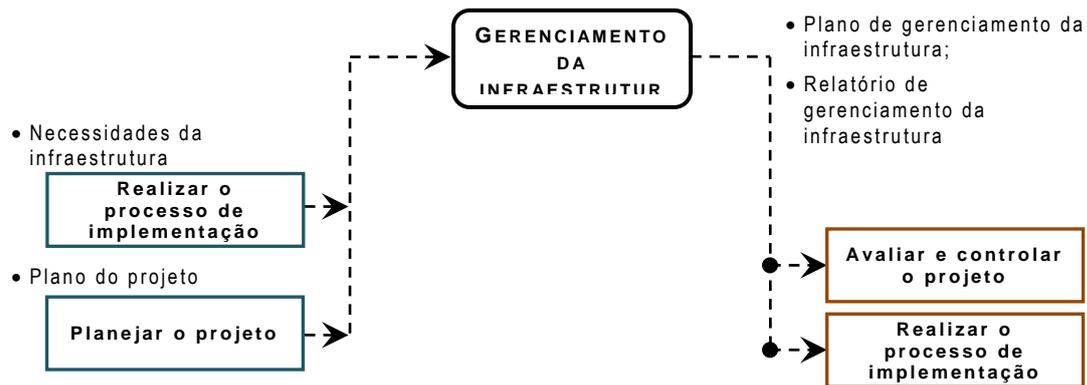


Figura 6.12: Diagrama do fluxo da informação do processo: Gerenciamento da Infraestrutura adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.9.1. Processo de gerenciamento da Infraestrutura adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes ao:

- Plano do projeto com o mapeamento das necessidades de:
 - Infraestrutura para o projeto;
 - Infraestrutura para a organização.
- Relatório indicando as necessidades da infraestrutura.

6.2.9.2. Processo de gerenciamento da Infraestrutura adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

6.2.9.3. Gerenciamento da Infraestrutura adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes ao:

- Plano do gerenciamento da infraestrutura abordando as seguintes necessidades:
 - Recursos e serviços para apoiar a infraestrutura da organização;
 - Recursos e serviços para apoiar a infraestrutura do projeto;
- Relatório de gerenciamento da infraestrutura.

6.2.10. Gerenciamento dos Recursos Humanos - Planejar e Gerenciar

Description:

Project planners determine the resources needed for the project by anticipating both current and future needs. The Human Resource Management Process provides the mechanisms whereby the organization management is made aware of project needs and personnel are scheduled to be in place when requested. While this can be simply stated, it is less simply executed. Conflicts must be resolved, personnel must be trained, and employees are entitled to vacations and time away from the job.

The human resource management organization collects the needs, negotiates to remove conflicts, and is responsible for providing the personnel without which nothing else can be accomplished. Since qualified personnel are not free, their costs are also factored into investment decisions (INCOSE, October 2011).

O processo *Gerenciamento dos Recursos Humanos* está apresentado na seção 7.4 do *INCOSE Systems Engineering Handbook* (2011). A adaptação deste processo para os projetos espaciais, como os de satélites do INPE, está descrita no decorrer desta seção.

A Figura 6.13 mostra o diagrama do fluxo da informação do processo de gerenciamento dos recursos humanos adaptado para os projetos de satélites do INPE sob a ótica da Dependabilidade.

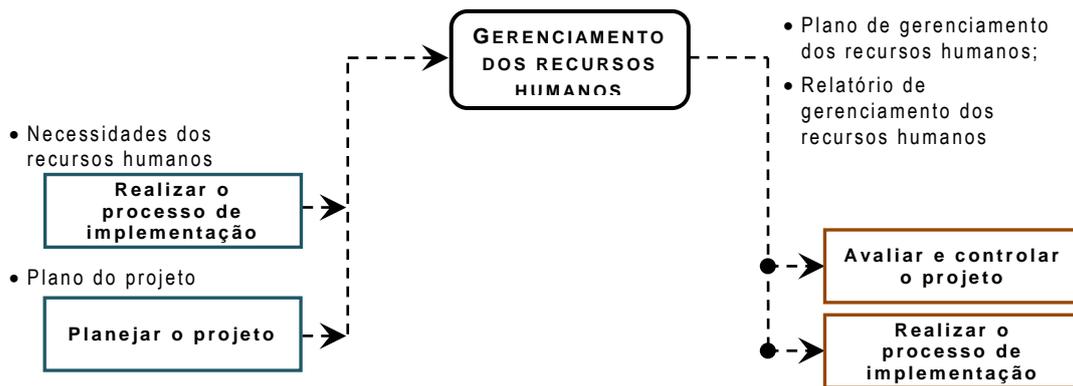


Figura 6.13: Diagrama do fluxo da informação do processo: Gerenciamento dos Recursos Humanos adaptado sob a ótica da Dependabilidade.

6.2.10.1. Processo de Gerenciamento dos Recursos Humanos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes ao:

- Plano do projeto com o mapeamento necessário de recursos humanos;
- Relatório identificando a necessidade de ampliação e ou qualificação de recursos humanos.

6.2.10.2. Processo de Gerenciamento dos Recursos Humanos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

6.2.10.3. Processo de Gerenciamento dos Recursos Humanos adaptado sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes ao:

- Plano do gerenciamento dos recursos humanos abordando os seguintes tópicos:
 - Mapeamento das qualificações necessárias dos recursos humanos;
 - Plano de desenvolvimento das qualificações dos recursos humanos;
- Relatório de gerenciamento dos recursos humanos apontando a situação de disponibilização de recursos humanos qualificados.

7 REQUISITOS ECSS DE ENGENHARIA DA DEPENDABILIDADE E GARANTIA DA DEPENDABILIDADE E PROPOSTA DE PROCESSOS NELES BASEADOS PARA PROGRAMAS DE SATÉLITES DO INPE

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar os processos propostos para os programas de satélites do INPE desde a fase de concepção até o final da fase de desenvolvimento com o objetivo de melhorar a Dependabilidade. Estes processos foram elaborados a partir dos requisitos de projeto que constam nos padrões ECSS.

7.1. Requisitos ECSS de Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade

A Cooperação Europeia para a Normalização Espacial (*European Cooperation for Space Standardization – ECSS*) constitui-se em uma iniciativa de países europeus, através da Agência Espacial Europeia (ESA), agências espaciais nacionais e associações empresariais para estabelecimento de normatização na área espacial. Os padrões ECSS são aplicáveis ao gerenciamento, à engenharia e a garantia do produto, conforme apresentado na Figura 7.1. (Yassuda, 2013a).

Yassuda et al. (2013b) concluíram que os requisitos estabelecidos nos padrões ECSS estão focados muito mais na definição “do que deve ser atingido” do que na definição do “como se organizar” para a realização do trabalho necessário. Esta filosofia permite que as estruturas organizacionais e os procedimentos (métodos) existentes transformem-se e desenvolvam-se conforme suas necessidades sem que os padrões tenham que ser rescritos.

Os padrões ECSS têm por objetivo cobrir os requisitos para a aquisição de um produto espacial genérico que podem ser adaptados a vários tipos de projetos. Diferentemente, o PMBOK (2013) e o INCOSE (2011), procuram descrever as boas práticas acumuladas respectivamente em Gerenciamento de Projetos e em Engenharia de Sistemas.

Os requisitos de Dependabilidade devem estar presentes em todos os níveis do projeto, em uma estrutura *top-down*, desde o nível de missão até o nível de subsistemas/equipamentos (ECSS, 2009b).

Então, conforme descrito acima, há a necessidade adicional de definir processos compatíveis com tais requisitos como feitos a seguir.

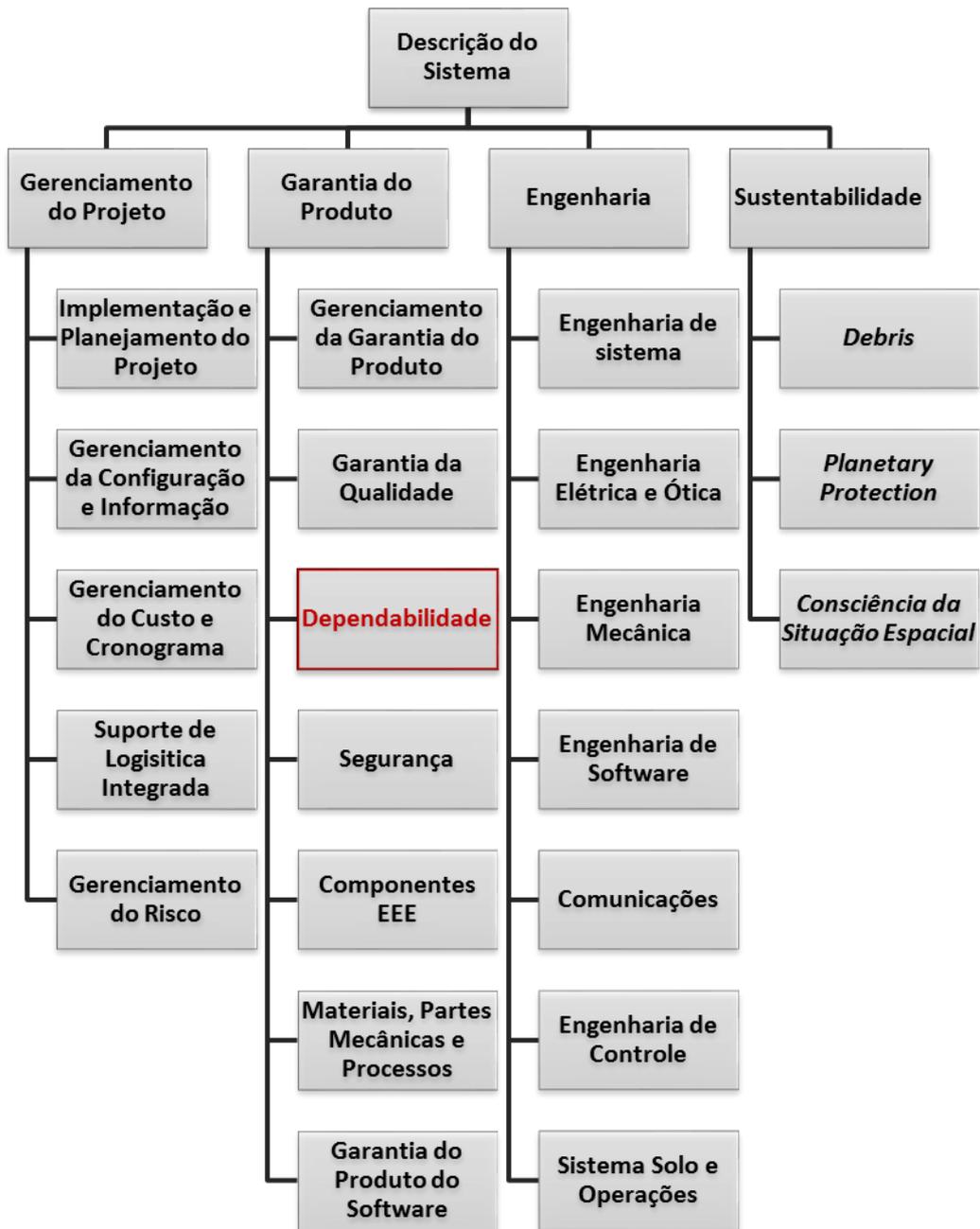


Figura 7.1: Estrutura do Padrão ECSS.

Fonte: Adaptado ECSS-DOC-001-ES (2014).

7.2. Proposta de processos baseados nos requisitos ECSS para programas de satélites do INPE

Conforme a referência ECSS-Q-ST-30C *Space Product Assurance – Dependability*, a Dependabilidade deve estar integrada aos processos de projeto. Durante os *tradeoffs*, os atributos da Dependabilidade também devem ser considerados, assim como, os atributos referentes à massa, dimensões, custo, performance, entre outros (ECSS, 2009b).

A seleção dos requisitos ECSS para a Dependabilidade seguiu os seguintes critérios (Figura 7.2):

- Todos os requisitos da Dependabilidade avaliados que possuem influência direta ou indireta no atendimento aos requisitos do projeto foram selecionados;
- Os requisitos foram atendidos por processos propostos afins.

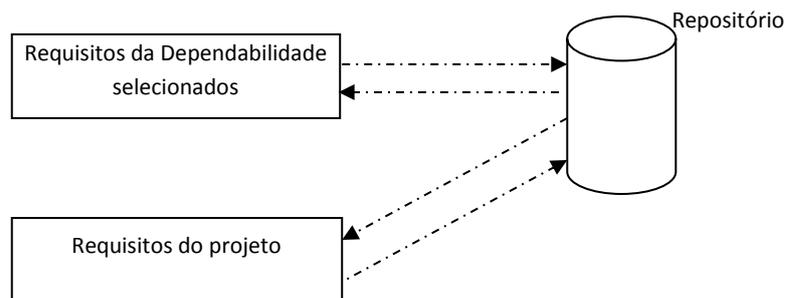


Figura 7.2: Interferência dos requisitos da Dependabilidade nos requisitos do projeto e vice-versa.

A proposta dos processos seguiu os seguintes critérios (Figura 7.3):

- Cada processo proposto foi adaptado para os projetos de subsistemas dos satélites (médios e grandes) do INPE;
- As conexões dos processos propostos foram alocadas na nossa proposta onde tinham mais afinidade.

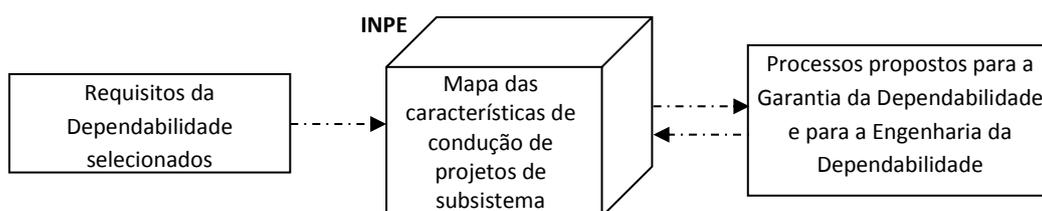


Figura 7.3: Proposta dos processos de Garantia da Dependabilidade e de Engenharia da Dependabilidade.

Nas seções seguintes, primeiramente são apresentadas as considerações iniciais para a apresentação dos processos propostos de Engenharia da Dependabilidade e da Garantia da Dependabilidade, e em sequência a apresentação destes processos.

7.2.1. Considerações iniciais

Assim, como nos capítulos 5 e 6, os processos propostos neste capítulo de Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade, seguem o seguinte padrão de apresentação (Figura 7.4):

- Todos os processos apresentam os documentos necessários para sua inicialização e respectivamente em qual processo este documento é gerado (i);
- Todos os processos apresentam os documentos gerados durante sua execução e respectivamente qual o outro processo que irá utilizá-lo (ii);
- Os documentos gerados nas fases iniciais do ciclo de vida (Fase 0 e Fase A) são disponibilizados para o início do desenvolvimento dos projetos dos subsistemas. São eles (iii):
 - Especificação do subsistema;
 - Especificação do ambiente;
 - Especificação de projeto e manufatura;
 - Requisitos da garantia do produto;
 - Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema;
- Os cenários e atores responsáveis pelo controle e habilitação dos processos propostos serão apresentados na seção 7.2.1.1;
- Todos os processos apresentam os recursos para a sua execução.

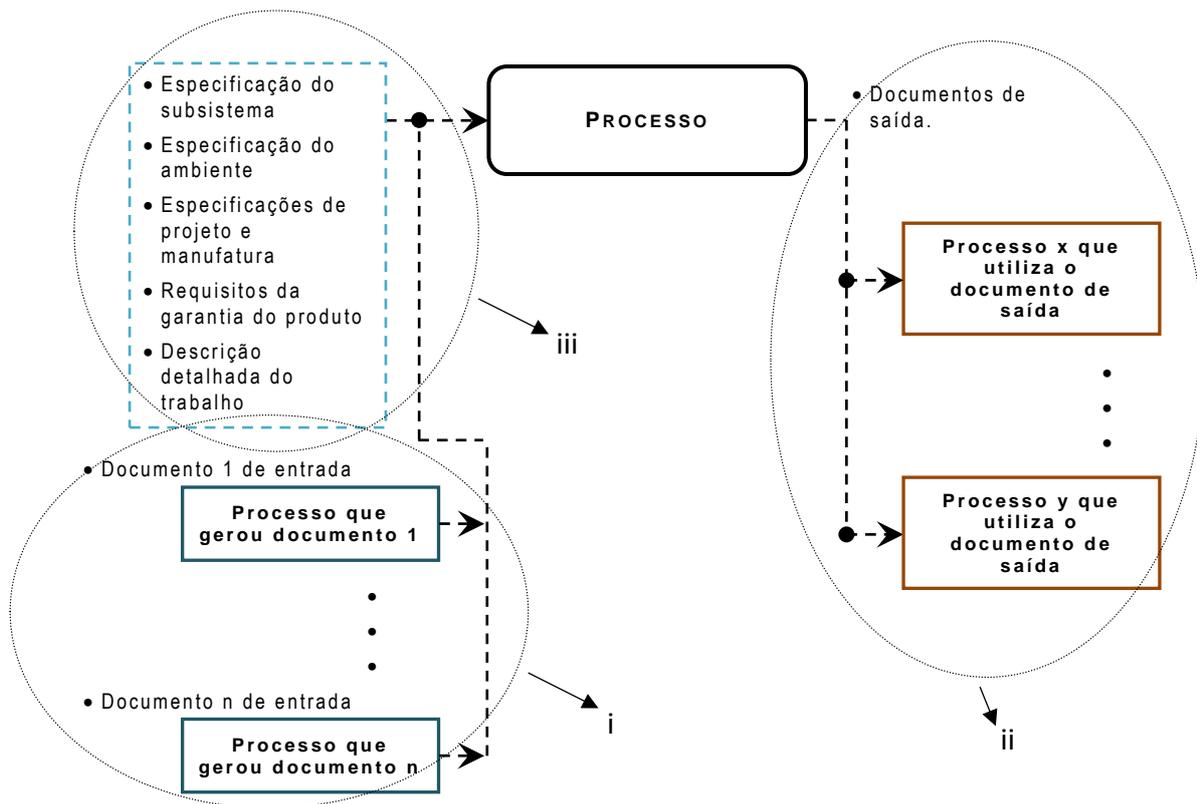


Figura 7.4: Diagrama padrão para mostrar o fluxo da informação.

7.2.1.1. Controle e habilitação para os processos de Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade

Os itens que controlam ou habilitam os processos de engenharia de sistema, engenharia da Dependabilidade e garantia da Dependabilidade são:

- Fatores ambientais;
- Ativos de processos organizacionais;
- Ciclo de vida do projeto;
- Documentos aplicáveis do projeto;
- Linha de base do cronograma.

Nas próximas seções serão apresentados os processos propostos.

7.3. Proposta de processos baseados nos requisitos ECSS para programas de satélites do INPE – Engenharia da Dependabilidade

7.3.1. Definir os Requisitos da Dependabilidade

Os Requisitos da Dependabilidade devem ser implementados por meio de um processo sistemático de especificação de requisitos e demonstração que estes requisitos serão alcançados. A especificação dos requisitos é realizada pela engenharia de sistemas e ou pelas engenharias especialistas (ECSS, 2009).

O documento de Requisitos para a Dependabilidade deve abranger ao menos os seguintes tópicos:

- Lista de requisitos de Dependabilidade, contemplando a engenharia e a garantia da Dependabilidade;
- Definição dos níveis de severidade das falhas;
- Critérios para a seleção de itens críticos para a Dependabilidade.

A Figura 7.5 mostra o diagrama do fluxo de informação do processo: Definir os Requisitos da Dependabilidade.

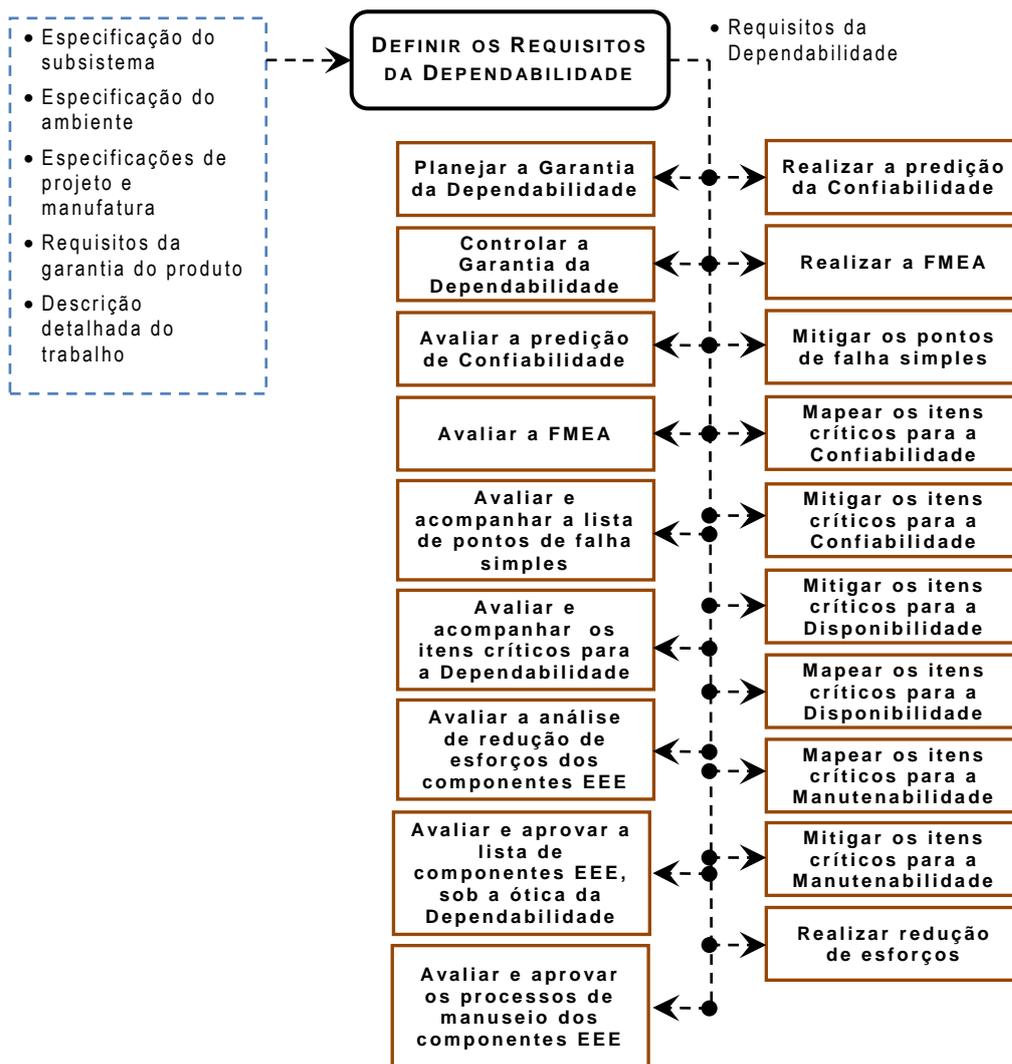


Figura 7.5: Diagrama do fluxo de informação do processo: Definir os Requisitos da Dependabilidade.

7.3.1.1. Definir os Requisitos da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da Garantia do Produto;

- Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema.

7.3.1.2. Definir os Requisitos da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado;
- Mapeamento dos requisitos iniciais do projeto que impactam no desdobramento dos requisitos da Dependabilidade conforme apresentado na Tabela 7.1.

Tabela 7.1: Questionário de avaliação das necessidades do projeto referentes à Dependabilidade.

Item	Questões a serem avaliadas
1	Número de Confiabilidade necessário para o sucesso da missão
2	Definição do sucesso da missão
3	Tempo de vida do satélite nas fases de: <ul style="list-style-type: none"> ○ Armazenamento; ○ Integração e testes; ○ Operação.
4	Requisito de manutenibilidade durante as fases de armazenamento, e integração e testes
5	Requisito de Disponibilidade ¹
6	Nível de qualidade dos componentes eletrônicos
7	Tecnologia de soldagem dos componentes eletrônicos

¹ – Período de tempo, após finalização da CDR, que os subsistemas, equipamentos e componentes eletrônicos devem se manter disponíveis para a fabricação e testes, e operação do satélite.

7.3.1.3. Definir os Requisitos da Dependabilidade: Saídas

Documento contemplando:

- Requisitos da Dependabilidade;
- Lista de documentos a serem gerados para demonstração do cumprimento dos requisitos de Dependabilidade, como por exemplo:

- Plano para a Engenharia da Dependabilidade;
- Plano para a Garantia da Dependabilidade;
- FMEA/FMECA;
- Predição de Confiabilidade;
- Análise de Manutenibilidade;
- Análise de Disponibilidade;
- Análise de redução de esforços (*Derating Analysis*);
- Lista de itens críticos para Confiabilidade;
- Lista de itens críticos para manutenibilidade;
- Lista de itens críticos para Disponibilidade;
- Relatório de identificação, avaliação, redução e controle de risco.

7.3.2. Planejar a Engenharia da Dependabilidade

Planejar a Engenharia da Dependabilidade é o processo de estabelecer as políticas, os procedimentos e documentação para a execução dos sub processos da engenharia da Dependabilidade.

A Figura 7.6 mostra o diagrama do fluxo de informação do processo: Planejar a engenharia da Dependabilidade.

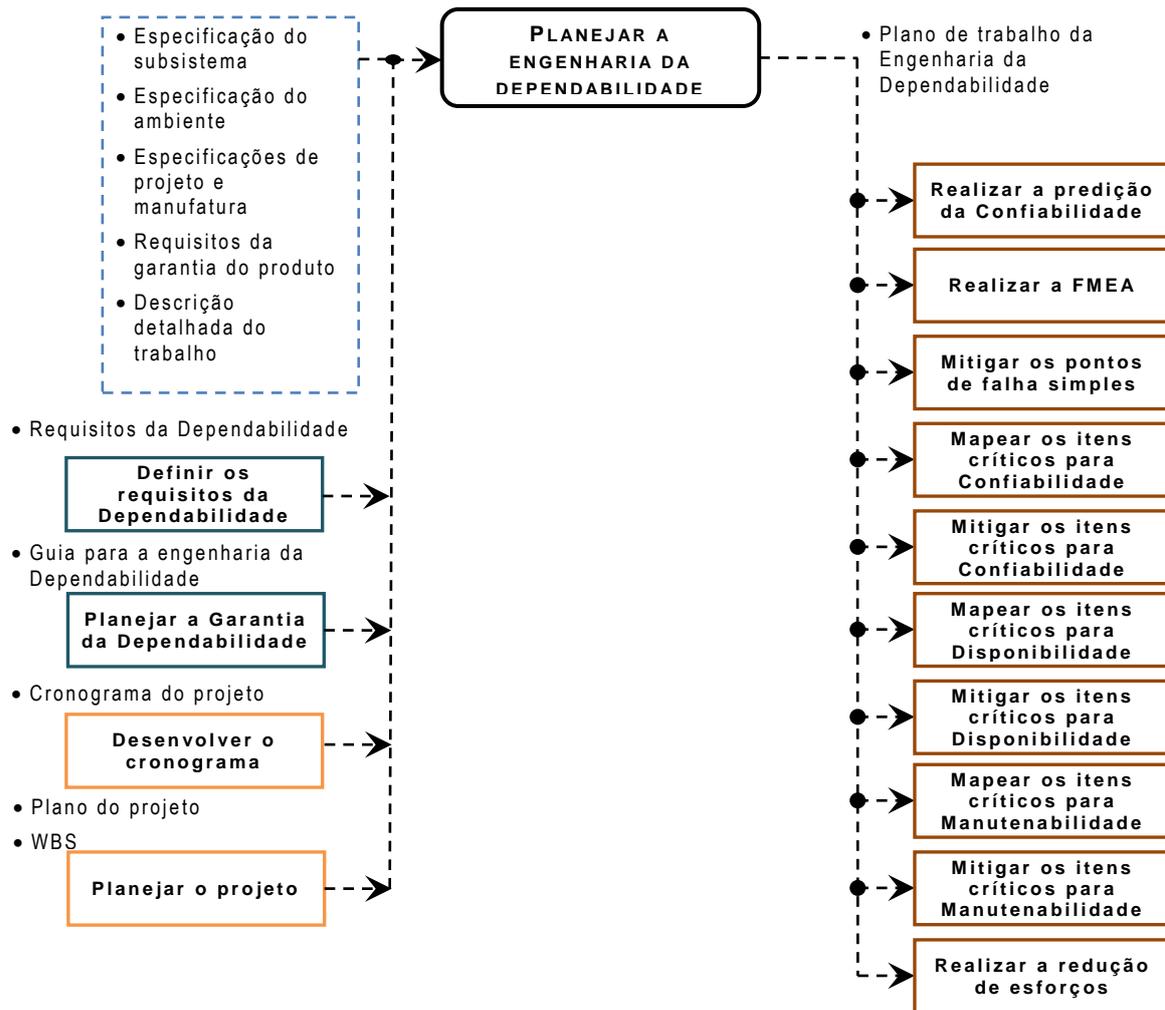


Figura 7.6: Diagrama do fluxo de informação do processo: Planejar a Engenharia da Dependabilidade.

7.3.2.1. Planejar a Engenharia da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Especificação do subsistema;
- Especificação do ambiente;
- Especificações de projeto e manufatura;
- Requisitos da garantia do produto;
- Descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema;

- Requisitos da Dependabilidade;
- Guia para Engenharia da Dependabilidade;
- Cronograma do projeto;
- Plano do projeto;
- WBS.

7.3.2.2. Planejar a Engenharia da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.3.2.3. Planejar a Engenharia da Dependabilidade: Saídas

Documento referente ao:

- Plano de trabalho da engenharia da Dependabilidade, descrevendo as atividades da engenharia da Dependabilidade necessárias para o cumprimento dos requisitos, definindo técnicas e ferramentas a serem utilizadas, e o conteúdo dos documentos.

7.3.3. Realizar a Predição da Confiabilidade

Atividade da engenharia da Dependabilidade que tem como objetivo mostrar o número de Confiabilidade.

A Figura 7.7 apresenta o diagrama do fluxo de informação do processo: Realizar a predição da Confiabilidade.

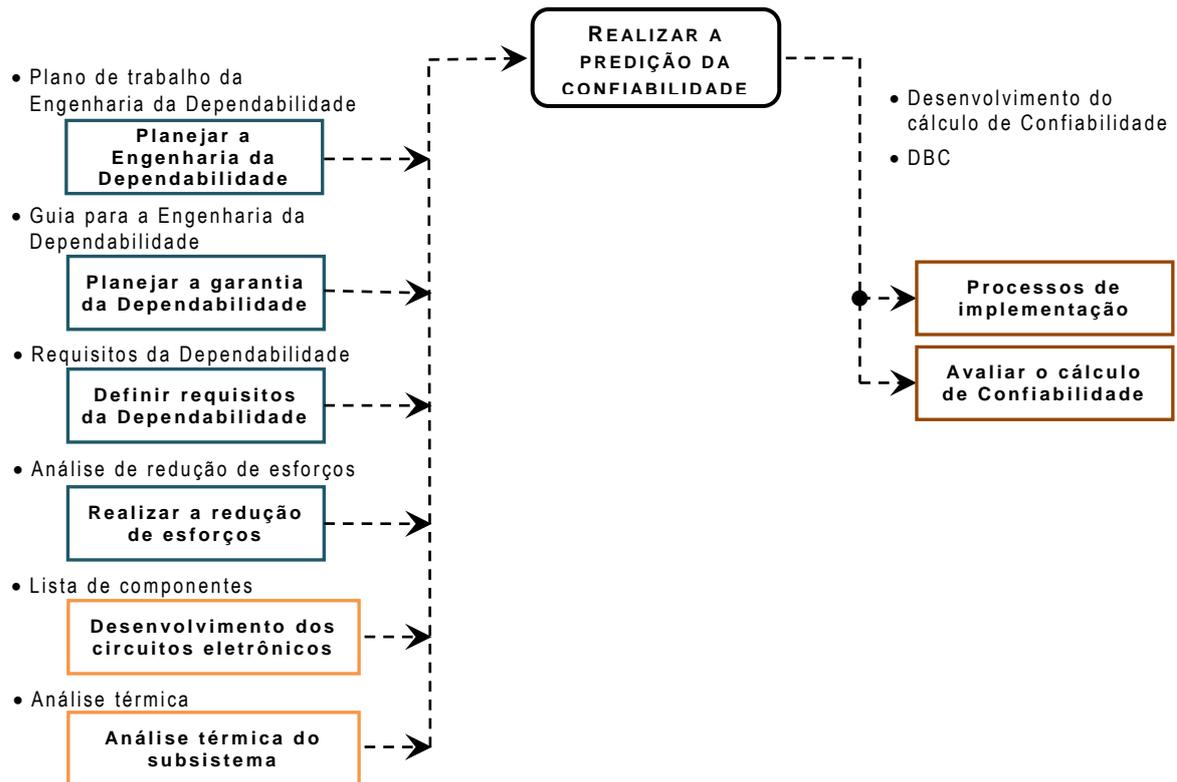


Figura 7.7: Diagrama do fluxo de informação do processo: Realizar a Predição da Confiabilidade.

7.3.3.1. Realizar a Predição da Confiabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de trabalho da engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Lista de componentes EEE;
- Análise térmica;
- Análise de redução de esforços (*Derating analysis*).

7.3.3.2. Realizar a predição da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.3.3.3. Realizar a Predição da Confiabilidade: Saídas

- Documento referente à predição de Confiabilidade, elaborado conforme previsto no plano da engenharia da Dependabilidade, contemplando conteúdo mínimo, como listado:
 - Apresentação do cálculo de Confiabilidade;
 - Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
 - Lista dos componentes EEE com suas respectivas taxas de falha.

7.3.4. Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA)

Atividade da engenharia da Dependabilidade que tem como objetivo realizar a análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA).

A Figura 7.8 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo realizar a análise dos modos e efeitos da falha.

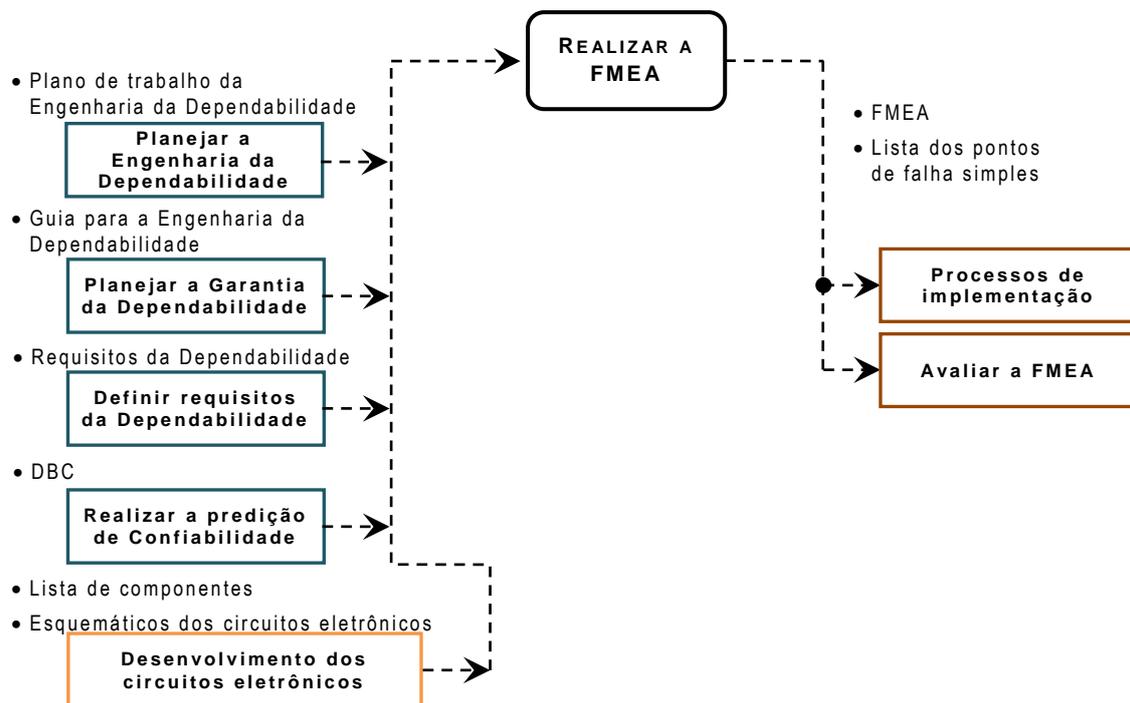


Figura 7.8: Diagrama do fluxo da informação do processo: Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos.

7.3.4.1. Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de trabalho para a engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
- Lista de componentes;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

7.3.4.2. Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.3.4.3. Realizar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Saídas

- Documento referente à análise dos modos da falha e seus efeitos da falha, elaborado conforme previsto no plano da engenharia da Dependabilidade, contemplando conteúdo mínimo, como listado :
 - Lista dos modos de falha dos componentes e seus efeitos;
 - Lista dos pontos de falha simples.

7.3.5. Mitigar os Pontos de Falha Simples

Este processo estabelece a atuação do engenheiro da Dependabilidade com a equipe de engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, com o objetivo de mitigar, e quando possível eliminar, os pontos de falha simples.

A figura 7.9 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os Pontos de Falha Simples.

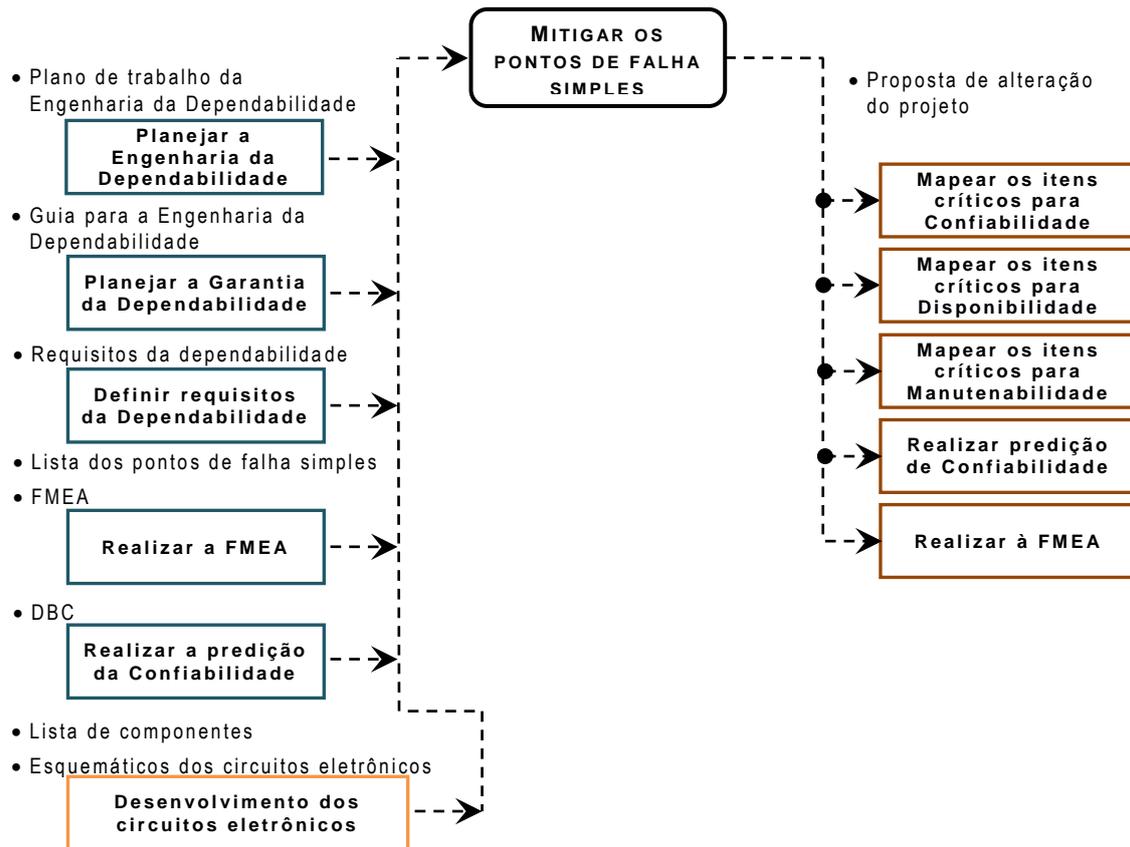


Figura 7.9: Diagrama do fluxo da informação: Mitigar os Pontos de Falha Simples.

7.3.5.1. Mitigar os Pontos de Falha Simples: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de trabalho para a engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Lista dos pontos de falha simples;
- Documento de desenvolvimento das análises dos modos e efeitos da falha;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
- Lista de componentes EEE;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

7.3.5.2. Mitigar os Pontos de Falha Simples: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.3.5.3. Mitigar os Pontos de Falha Simples: Saídas

- Documento de proposta, quando possível, de alteração de projeto para eliminação do ponto de falha simples.

7.3.6. Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade

Este processo estabelece a atuação do engenheiro da Dependabilidade com a equipe de engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, com o objetivo de mapear os itens críticos para Confiabilidade.

A Figura 7.10 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os itens críticos para Confiabilidade.

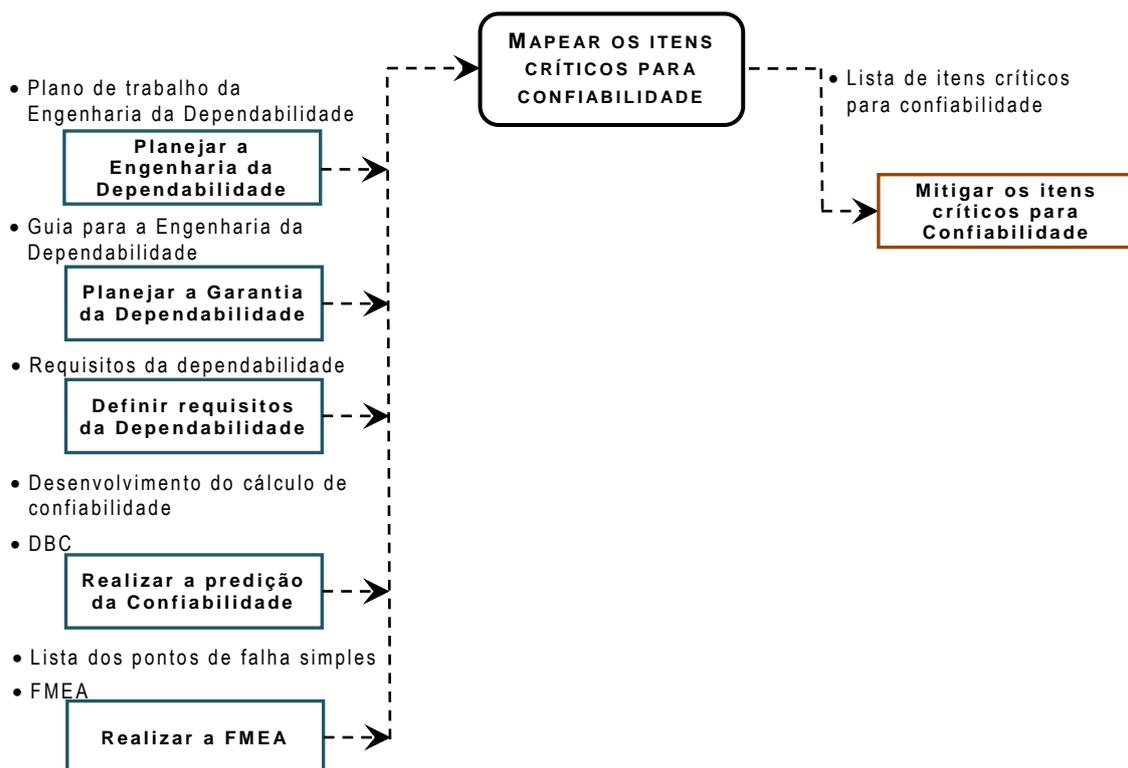


Figura 7.10: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade

7.3.6.1. Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de trabalho da Engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a Engenharia da Dependabilidade (onde constam os critérios de seleção e classificação para os itens críticos);
- Requisitos da Dependabilidade;
- Documento de desenvolvimento do cálculo de Confiabilidade;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
- Documento de desenvolvimento das análises dos modos e efeitos da falha;
- Lista dos pontos de falha simples.

7.3.6.2. Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.3.6.3. Mapear os Itens Críticos para Confiabilidade: Saídas

- Documento com a lista de itens críticos para Confiabilidade cumprindo com os critérios de classificação apresentados no documento referente aos requisitos da Dependabilidade.

7.3.7. Mitigar Itens Críticos para Confiabilidade

Este processo estabelece a atuação do engenheiro de Dependabilidade com a equipe de engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, com o objetivo de mitigar, e quando possível eliminar, os itens críticos para Confiabilidade.

A Figura 7.11 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os itens críticos para Confiabilidade.

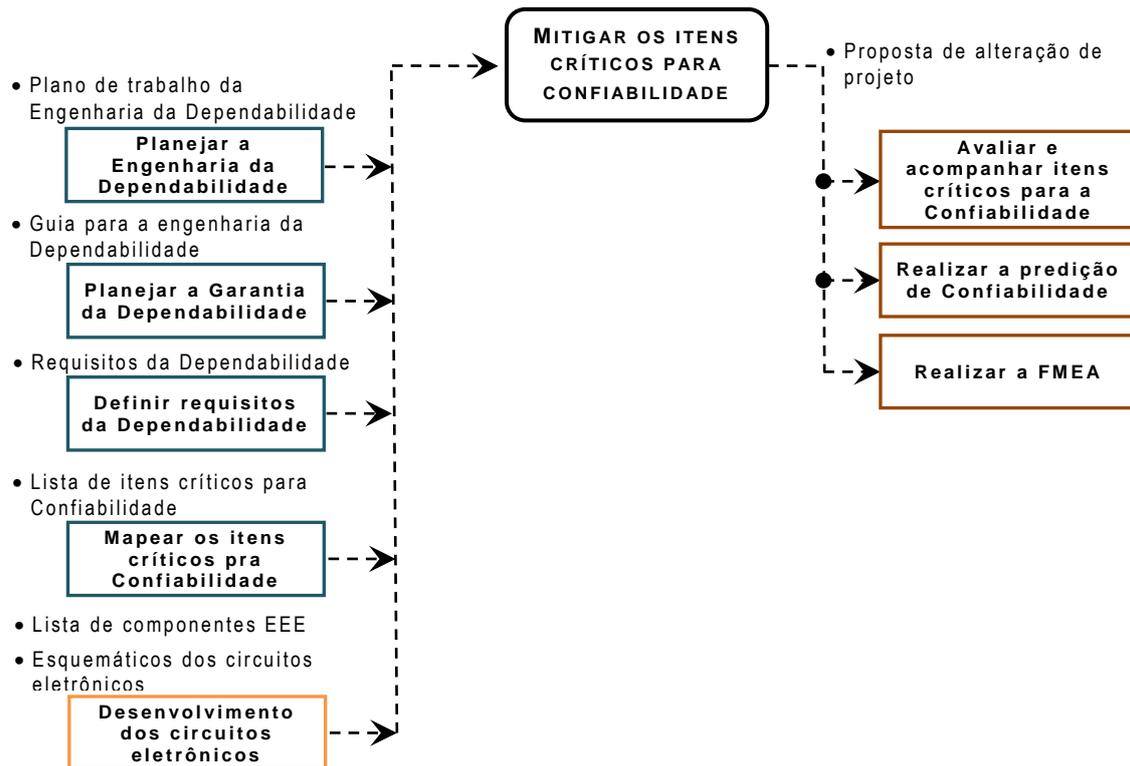


Figura 7.11: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os itens críticos para a Confiabilidade.

7.3.7.1. Mitigar os Itens Críticos para Confiabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Lista de itens críticos para a Confiabilidade identificados;
- Plano de trabalho para Engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Lista de componentes EEE;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

7.3.7.2. Mitigar os Itens Críticos para Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.3.7.3. Mitigar os Itens Críticos para Confiabilidade: Saídas

- Proposta, quando possível, de alteração de projeto para eliminação de itens críticos para a Confiabilidade.

7.3.8. Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade

Este processo estabelece a atuação do engenheiro da Dependabilidade com a equipe de engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, com o objetivo de mapear os itens críticos para a Disponibilidade.

A Figura 7.12 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade.

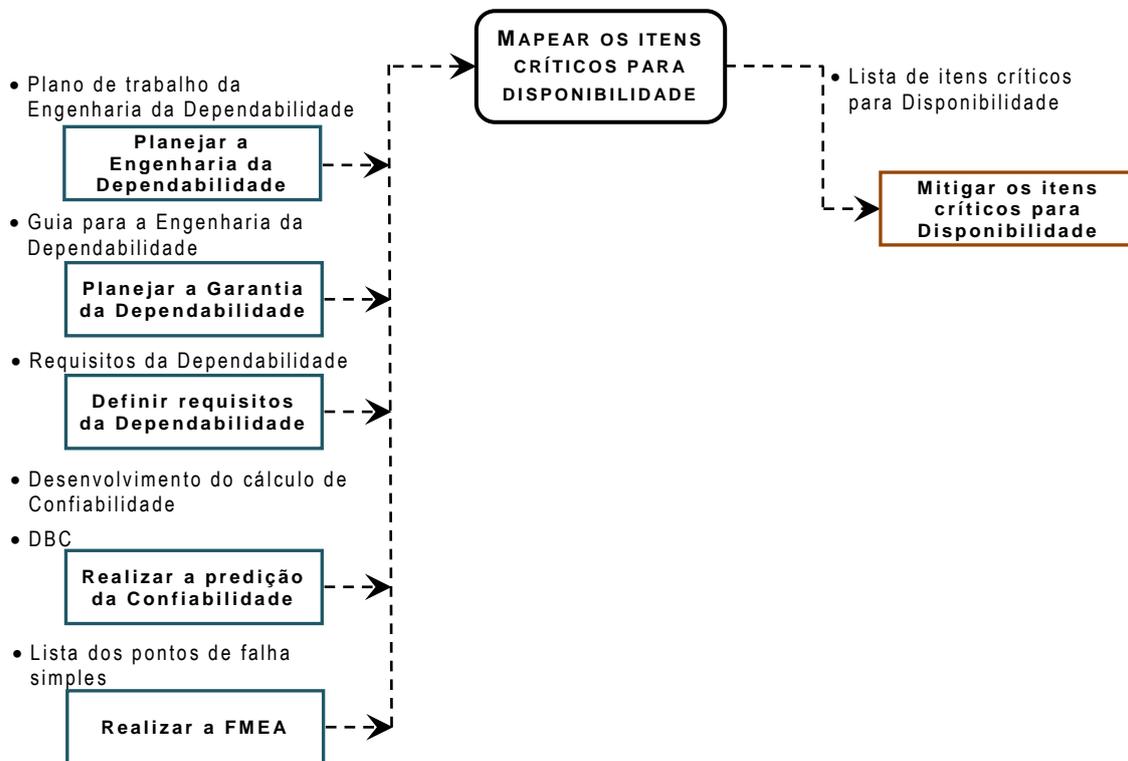


Figura 7.12: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade.

7.3.8.1. Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de trabalho para a Engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a engenharia da Dependabilidade (onde constam os critérios de seleção e classificação para os itens críticos);
- Requisitos da Dependabilidade;
- Desenvolvimento do cálculo de Confiabilidade;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
- Desenvolvimento das análises dos modos e efeitos da falha;
- Lista dos pontos de falha simples.

7.3.8.2. Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.3.8.3. Mapear os Itens Críticos para a Disponibilidade: Saídas

- Documento com a lista de itens críticos para a Disponibilidade cumprindo com os critérios de classificação apresentados no documento referente aos requisitos da Dependabilidade.

7.3.9. Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade

Este processo estabelece a atuação do engenheiro da Dependabilidade com a equipe de engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, com o objetivo de mitigar, e quando possível eliminar, os itens críticos para a Disponibilidade.

A Figura 7.13 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade.

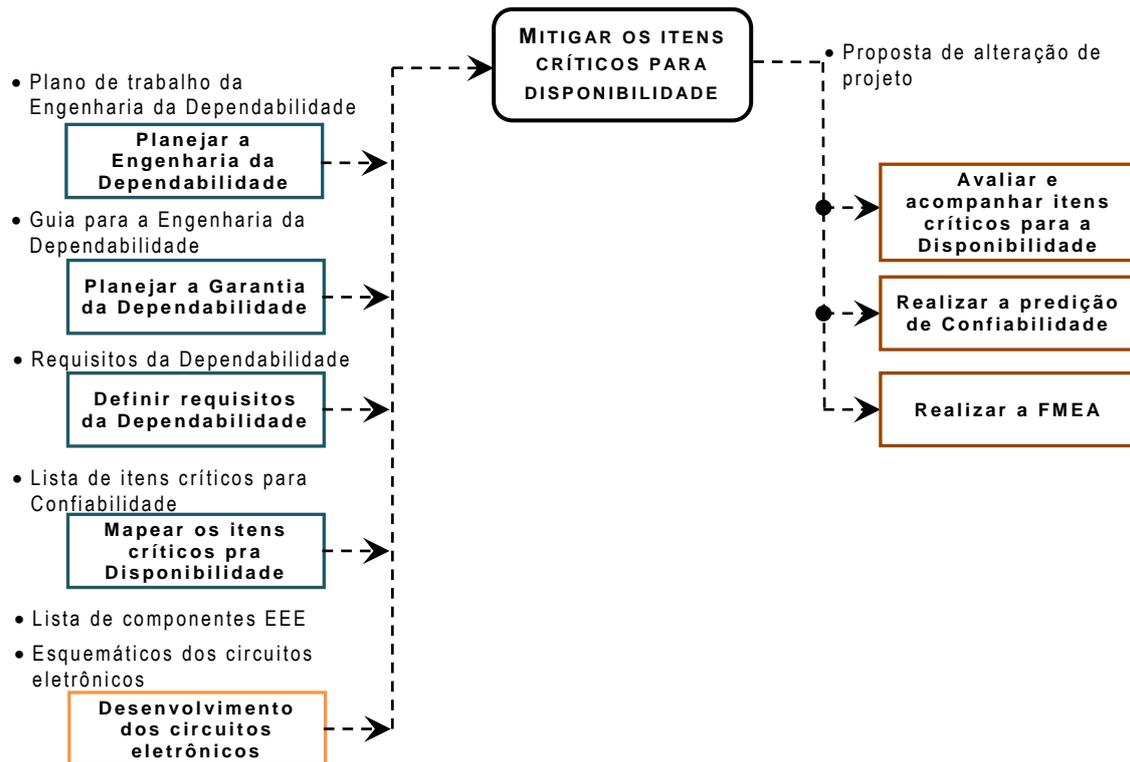


Figura 7.13: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade.

7.3.9.1. Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Lista de itens críticos para a Disponibilidade identificados;
- Plano de trabalho para Engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade.
- Lista de componentes EEE;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

7.3.9.2. Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade: Recursos

- Opinião especializada.

7.3.9.3. Mitigar os Itens Críticos para a Disponibilidade: Saídas

- Proposta, quando possível, de alteração de projeto para eliminação de itens críticos para a Disponibilidade.

7.3.10. Mapear os Itens Críticos para a Manutenibilidade

Este processo, através da análise das topologias dos circuitos, Diagrama de Blocos de Confiabilidade, avaliação dos modos de falha e seus efeitos, lista de componentes, lista de itens críticos para Confiabilidade e Disponibilidade, tem como objetivo mapear os itens críticos para a manutenibilidade para as fases de integração e testes, e lançamento.

A Figura 7.14 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os Itens Críticos para a Manutenibilidade.

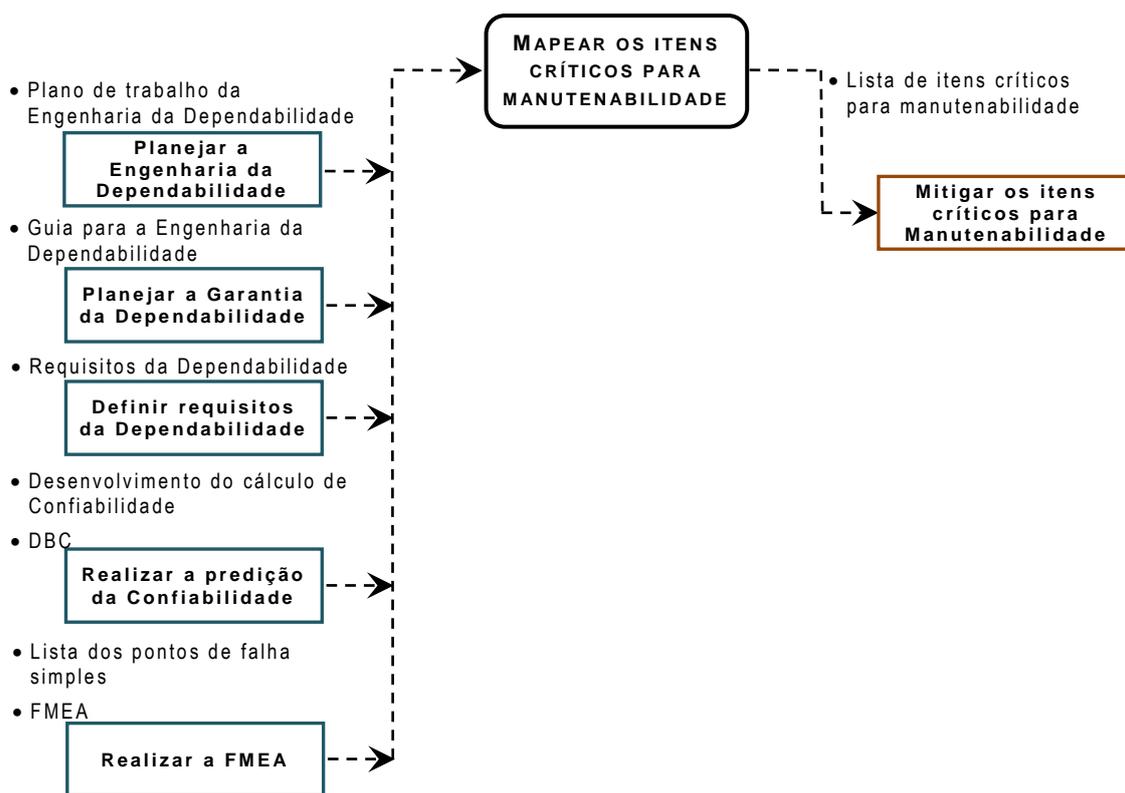


Figura 7.14: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mapear os Itens Críticos para a Manutenibilidade.

7.3.10.1. Mapear os Itens Críticos para a Manutenibilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de trabalho para a engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a Engenharia da Dependabilidade (onde constam os critérios de seleção e classificação para os itens críticos);
- Requisitos da Dependabilidade;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade;
- Avaliação dos modos de falha e seus efeitos;
- Lista de componentes EEE;
- Lista de itens críticos para Confiabilidade;
- Lista de itens críticos para a Disponibilidade.

7.3.10.2. Mapear os Itens Críticos para a Manutenibilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.3.10.3. Mapear os Itens Críticos para a Manutenibilidade: Saídas

- Documento com a lista de itens críticos para manutenibilidade cumprindo com os critérios de classificação apresentados no documento referente aos requisitos da Dependabilidade.

7.3.11. Mitigar os Itens Críticos para a Manutenibilidade

Este processo estabelece a atuação do engenheiro da Dependabilidade com a equipe de engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, com o objetivo de mitigar, e quando possível eliminar, os itens críticos para a manutenibilidade.

A Figura 7.15 apresenta o fluxo da informação do processo: Mitigar os Itens Críticos para Manutenibilidade.

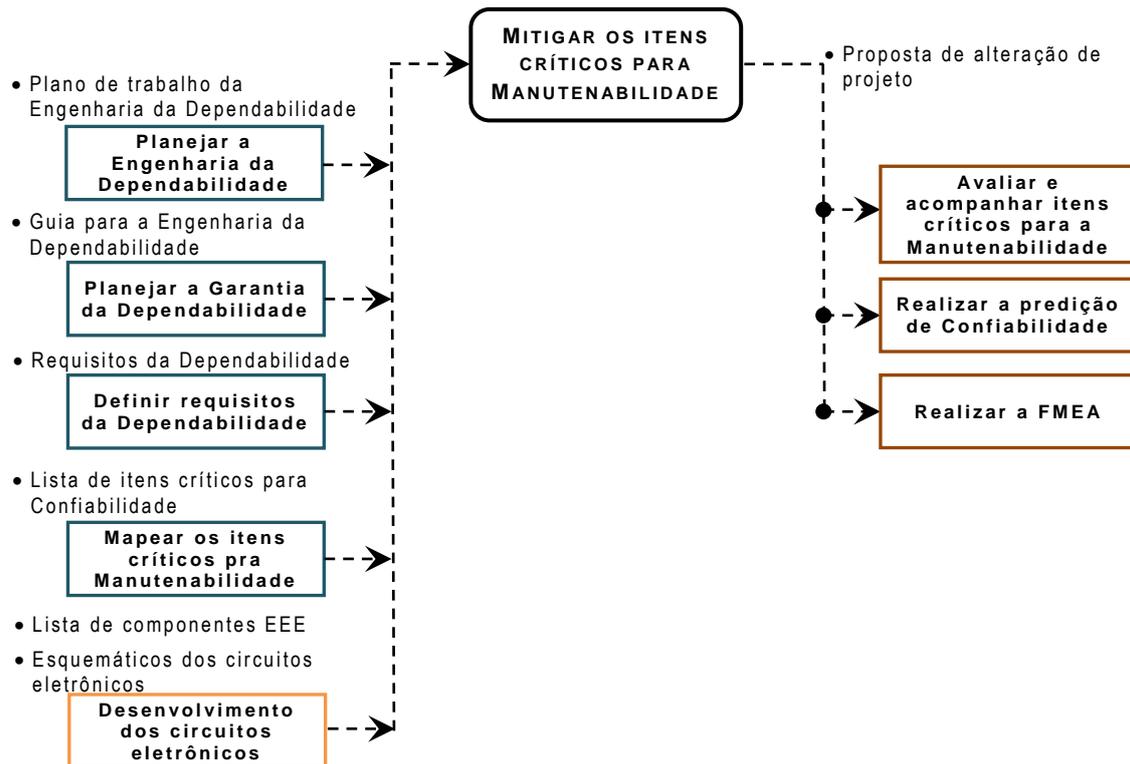


Figura 7.15: Diagrama do fluxo da informação do processo: Mitigar os Itens Críticos para Manutenabilidade.

7.3.11.1. Mitigar os Itens Críticos para a Manutenabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Lista de itens críticos para a manutenção identificados;
- Plano de trabalho para Engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Lista de componentes eletrônicos;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

7.3.11.2. Mitigar os Itens Críticos para a Manutenabilidade: Recursos

- Opinião especializada.

7.3.11.3. Mitigar os Itens Críticos para a Manutenibilidade: Saídas

- Proposta, quando possível, de alteração de projeto para eliminação de itens críticos para a manutenibilidade.

7.3.12. Realizar a Redução de Esforços (*Derating*) dos componentes EEE

Este processo estabelece a atuação do engenheiro da Dependabilidade com a equipe de engenheiros responsáveis para realização da redução de esforços dos componentes EEE.

A Figura 7.16 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Realizar a redução de esforços (*derating*) dos componentes EEE.

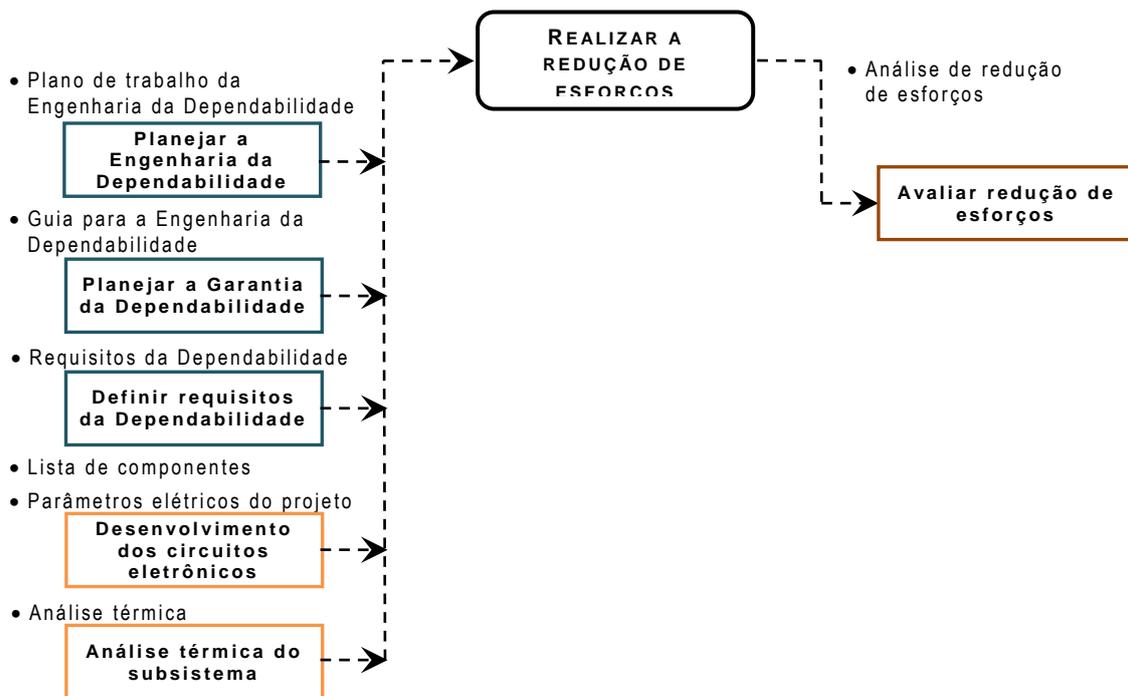


Figura 7.16: Diagrama do fluxo da informação do processo: Realizar a Redução de Esforços (*Derating*) dos componentes EEE.

7.3.12.1. Realizar a Redução de Esforços (*Derating*) dos componentes EEE: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de trabalho para a Engenharia da Dependabilidade;
- Guia para a Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos;
- Cálculo dos parâmetros elétricos dos componentes EEE;
- Lista de componentes EEE.

7.3.12.2. Realizar a Redução de Esforços (*Derating*) dos componentes EEE: Recursos

- Metodologia de redução de parâmetros conforme apresentado no documento referente aos requisitos da Dependabilidade.

7.3.12.3. Realizar a Redução de Esforços (*Derating*) dos componentes EEE: Saídas

- Documento com o registro da aplicação dos fatores para redução dos esforços (*derating*) em todos os componentes EEE.

7.4. Proposta de processos baseados nos requisitos ECSS para os programas de satélites do INPE – Garantia da Dependabilidade

7.4.1. Planejar a Garantia da Dependabilidade

O plano da garantia da Dependabilidade é um componente do plano da garantia da qualidade.

Garantir a qualidade de projetos espaciais é garantir que a combinação de características e desempenhos resulte na excelência de resultados. Por excelência de resultados entende-se que os projetos espaciais devem (CAVALCANTE; MOTA; FERREIRA, 2003):

- Garantir o desempenho pelo tempo especificado (Confiabilidade);
- Estar disponível quando solicitado (Disponibilidade);
- Ser reparado facilmente em caso de defeito (Manutenabilidade);

- Ser utilizados em condições seguras (segurança);
- Ser realizado levando-se em consideração as restrições de custo e cronograma (gerenciamento de risco).

A Garantia da Dependabilidade deve verificar e avaliar se os requisitos de Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade estão sendo cumpridos.

A Figura 7.17 mostra o fluxo de informação do processo planejar a garantia da Dependabilidade adaptado para os projetos de satélites do INPE.

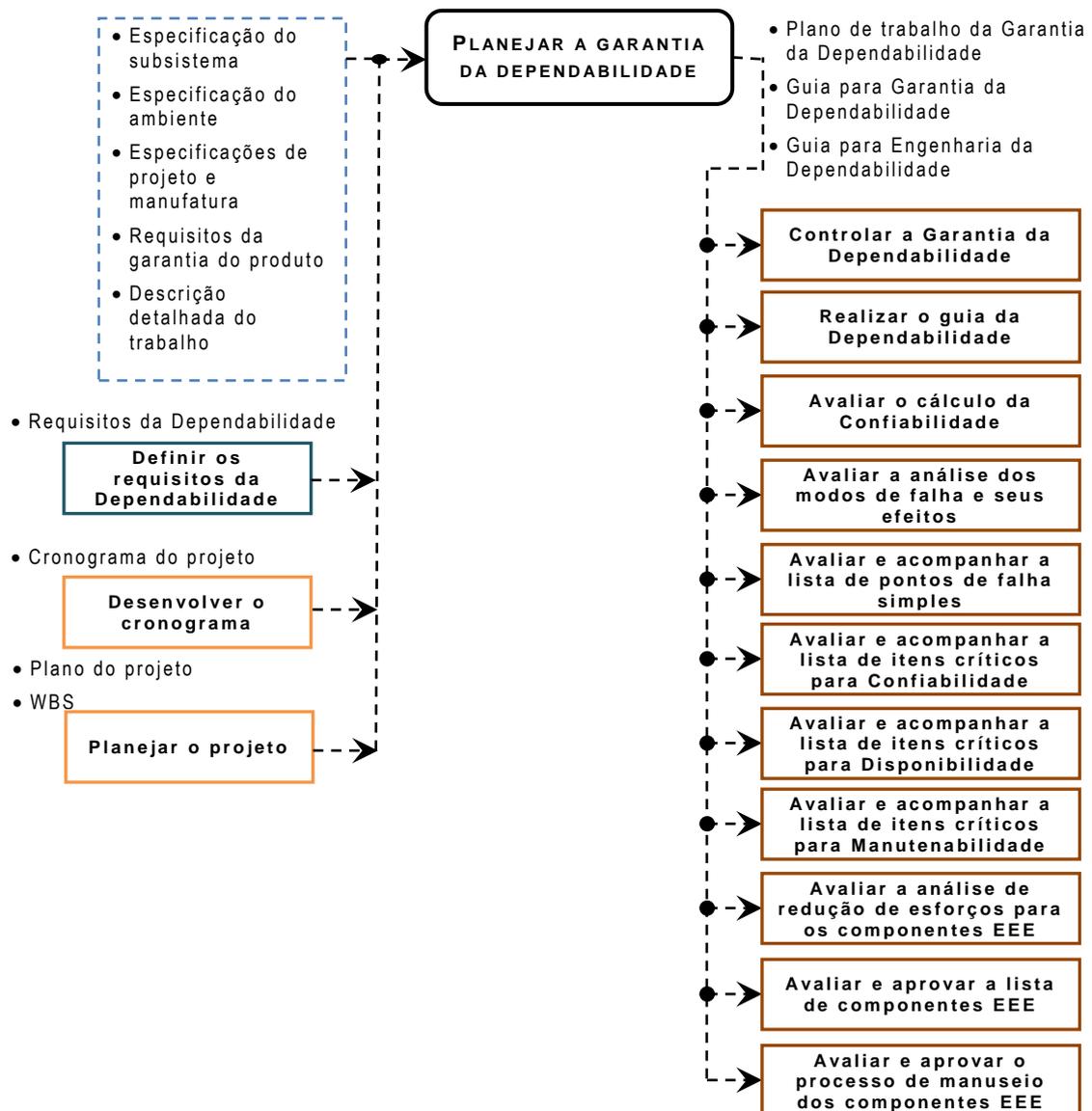


Figura 7.17: Diagrama de fluxo da informação do processo: Planejar a Garantia da Dependabilidade

7.4.1.1. Planejar a Garantia da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Plano de Gerenciamento da Qualidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Proposta e resultados técnicos da etapa inicial de exploração conceitual (etapas de análise de missão, identificação das necessidades, e avaliação de exequibilidade);
- Plano estratégico da organização, incluindo estratégias para implementação, aquisição, integração, operação entre outros.

7.4.1.2. Planejar a Garantia da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.4.1.3. Planejar a Garantia da Dependabilidade: Saídas

Documentos referentes ao:

- Plano de trabalho da garantia da Dependabilidade;
- Guia para a garantia da Dependabilidade, onde devem constar:
 - Documentos aplicáveis e de referência necessários para cumprir com os requisitos de garantia da Dependabilidade;
 - Metodologia de avaliação da Dependabilidade, a ser adotada, para equipamentos/subsistemas herdados;
 - Metodologia de avaliação da Dependabilidade, a ser adotada, para equipamentos/subsistemas que serão desenvolvidos (projeto+fabricação);
 - Metodologia de avaliação da Dependabilidade, a ser adotada, para equipamentos/subsistemas que serão fabricados;
 - Entre outras necessidades identificadas.
- Guia para a engenharia da Dependabilidade, onde deve constar:
 - Definição dos documentos aplicáveis e de referência necessários para cumprir com os requisitos de engenharia da Dependabilidade;

- Ferramenta para identificação e controle dos itens críticos para a Dependabilidade;
- Ferramenta e metodologia para calcular as taxas de falha dos componentes;
- Ferramenta e metodologia para elaboração da FMEA/FMECA do produto;
- Ferramenta e metodologia para elaboração da FMEA dos processos;
- Ferramenta e metodologia para aplicar e controlar os níveis de redução de esforços;
- Entre outras necessidades identificadas.

7.4.2. Controlar a Garantia da Dependabilidade

Controlar a Garantia da Dependabilidade é o processo de monitoramento dos resultados de avaliação do cumprimento dos requisitos de Dependabilidade.

A Figura 7.18 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar a Garantia da Dependabilidade.

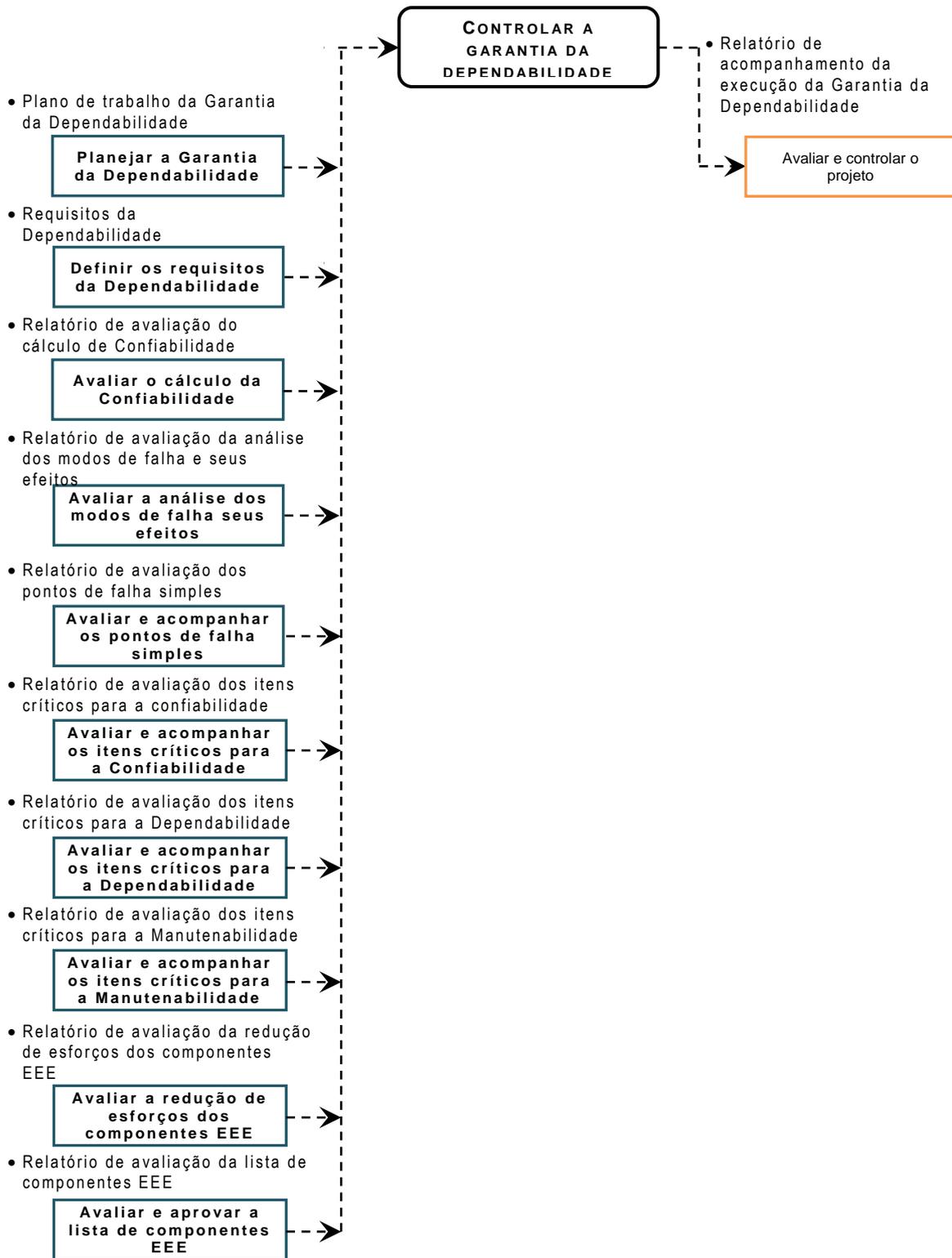


Figura 7.18: Diagrama do fluxo da informação do processo: Controlar a Garantia da Dependabilidade.

7.4.2.1. Controlar a Garantia da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes ao(s):

- Plano de trabalho da Garantia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade.

7.4.2.2. Controlar a Garantia da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado;
- Controlar as atividades da garantia da Dependabilidade, como apresentado na Tabela 7.2.

Tabela 7.2: Atividades da garantia da Dependabilidade.

Atividade	Tópicos verificados
Avaliar a predição da Confiabilidade	O DBC reflete o projeto? A predição segue os critérios de elaboração que constam no guia para a engenharia da Dependabilidade? O número de Confiabilidade atende ao requisito? As mitigações previstas para eliminar ou minimizar os efeitos dos itens críticos para Confiabilidade foram implementadas?
Avaliar a FMEA	A FMEA segue os critérios de elaboração que constam no guia para a engenharia da Dependabilidade? Aplica corretamente a classificação das severidades de falha?
Avaliar os pontos de falha simples	O projeto atendeu as mitigações propostas para a eliminação ou minimização dos efeitos dos pontos de falha simples?
Avaliar a redução dos esforços dos componentes EEE	Atende os níveis de redução de esforços previstos no guia para a engenharia da Dependabilidade?
Avaliar e acompanhar a lista de itens críticos para Confiabilidade	O projeto atendeu as mitigações propostas para a eliminação ou minimização dos efeitos dos itens críticos para Confiabilidade?
Avaliar e acompanhar a lista de itens críticos para Disponibilidade	O projeto atendeu as mitigações propostas para a eliminação ou minimização dos efeitos dos itens críticos para Disponibilidade?
Avaliar e acompanhar a lista de itens críticos para manutenabilidade	O projeto atendeu as mitigações propostas para a eliminação ou minimização dos efeitos dos itens críticos para manutenabilidade?

Atividade	Tópicos verificados
Avaliar e aprovar a lista de componentes EEE	A lista de componentes atende os requisitos que constam no guia para a engenharia da Dependabilidade?

Nota: Esta tabela apresenta uma listagem mínima de tópicos que devem ser verificados.

7.4.2.3. Controlar a Garantia da Dependabilidade: Saídas

- Relatório de acompanhamento da execução da garantia da Dependabilidade.

7.4.3. Avaliar a Predição da Confiabilidade

Este processo tem como objetivo avaliar o cumprimento dos requisitos de Confiabilidade através da verificação do emprego do guia de Dependabilidade para a engenharia.

A Figura 7.19 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar a Predição da Confiabilidade.

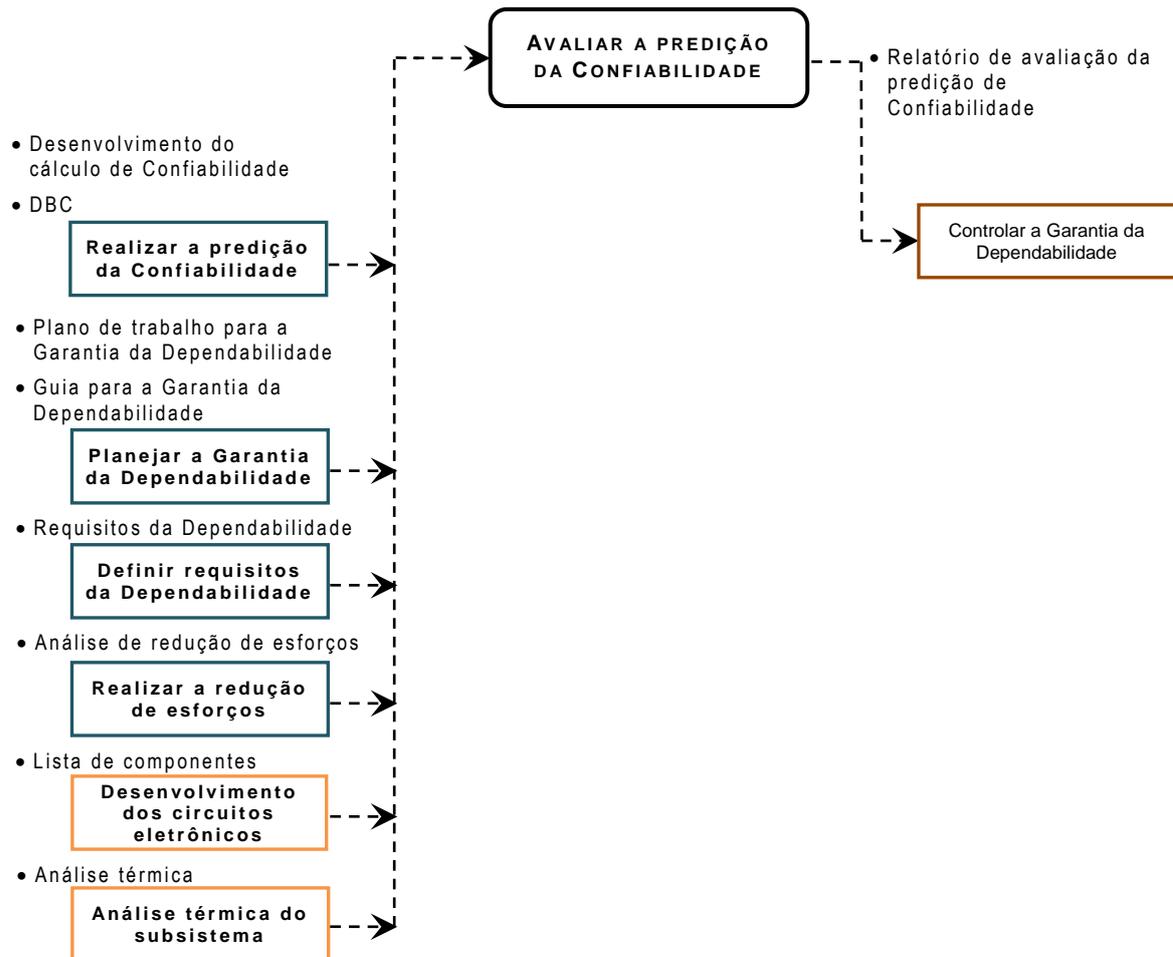


Figura 7.19: Diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar a Predição da Confiabilidade.

7.4.3.1. Avaliar a Predição da Confiabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Desenvolvimento do cálculo de Confiabilidade;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC)
- Plano de trabalho para a garantia da Dependabilidade;
- Guia para a Garantia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Análise de redução de esforços;
- Lista de componentes EEE;
- Análise térmica.

7.4.3.2. Avaliar a Predição da Confiabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.4.3.3. Avaliar a Predição da Confiabilidade: Saídas

- Relatório de Avaliação da Predição de Confiabilidade.

7.4.4. Avaliar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA)

Este processo tem como objetivo avaliar o cumprimento dos requisitos para elaboração e avaliação da análise dos modos de falha e seus efeitos através da verificação do emprego do Guia de Dependabilidade para a Engenharia.

A Figura 7.20 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar a FMEA.

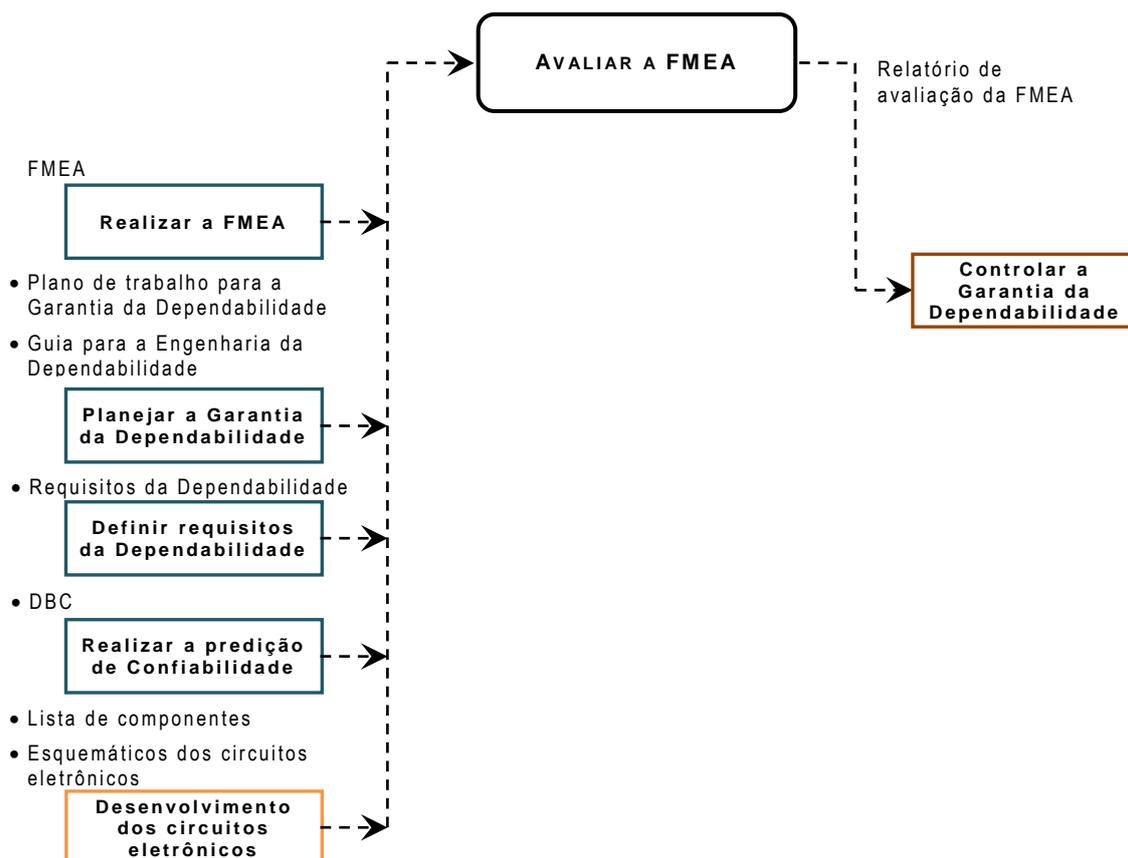


Figura 7.20: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar a FMEA.

7.4.4.1. Avaliar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Entradas

Documentos referentes à (ao):

- Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA);
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
- Requisitos da Dependabilidade;
- Plano de trabalho da garantia da Dependabilidade;
- Guia para Engenharia da Dependabilidade;
- Lista de componentes EEE;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

7.4.4.2. Avaliar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.4.4.3. Avaliar a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos: Saídas

- Relatório de avaliação da análise dos modos de falha e seus efeitos.

7.4.5. Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples

Este processo tem como objetivo avaliar e acompanhar a lista de pontos de falha simples, gerando dados atualizados de identificação e mitigação, que devem constar no relatório de avaliação da garantia da Dependabilidade.

A Figura 7.21 apresenta o diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples.

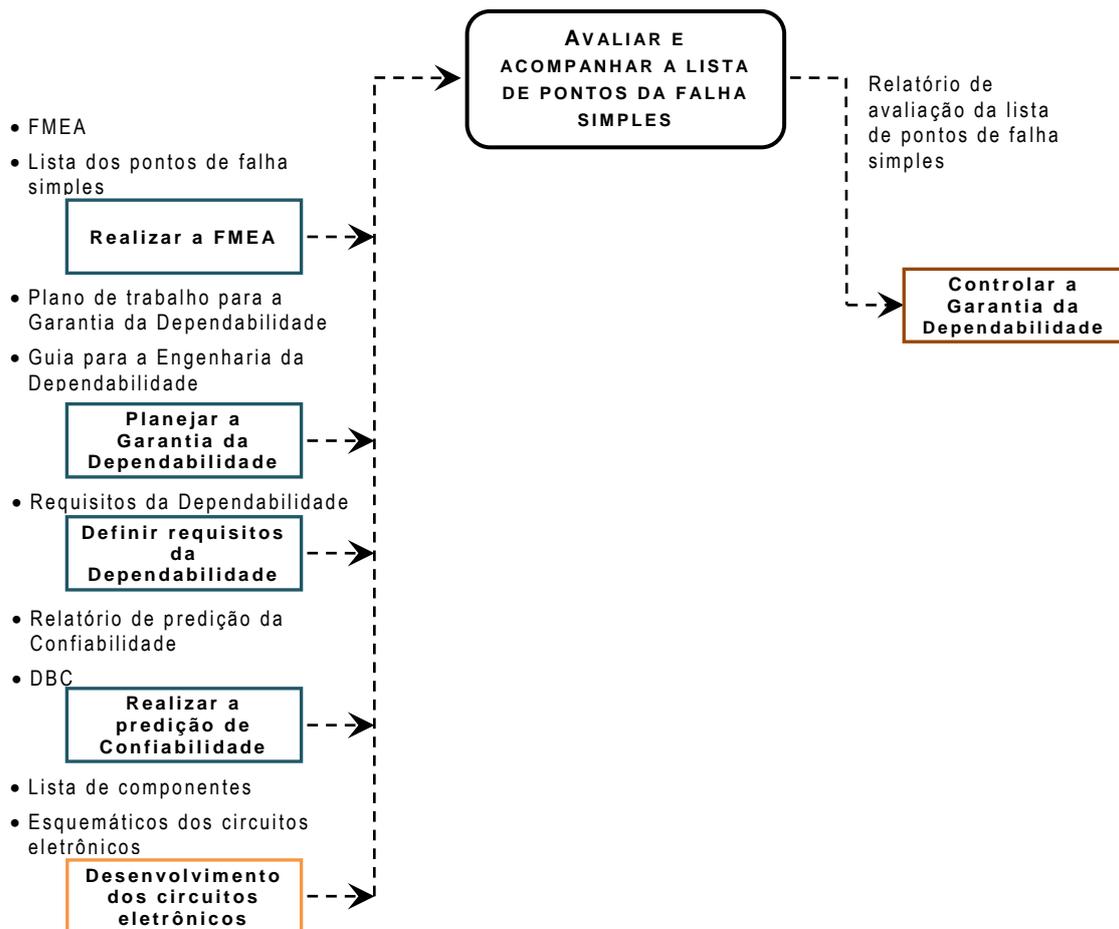


Figura 7.21: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples.

7.4.5.1. Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples: Entradas

Documentos referentes à (ao) (s):

- Lista dos pontos de falha simples;
- Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA);
- Plano de trabalho da garantia da Dependabilidade;
- Guia para Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Relatório da predição de Confiabilidade;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);

- Lista de componentes EEE;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

7.4.5.2. Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.4.5.3. Avaliar e Acompanhar a Lista de Pontos de Falha Simples: Saídas

- Relatório e avaliação da lista de pontos de falha simples

7.4.6. Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade

Este processo tem como objetivo avaliar e acompanhar os itens críticos para a Dependabilidade, gerando dados atualizados de identificação e mitigação, que devem constar no relatório de avaliação da garantia da Dependabilidade.

A Figura 7.22 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade.

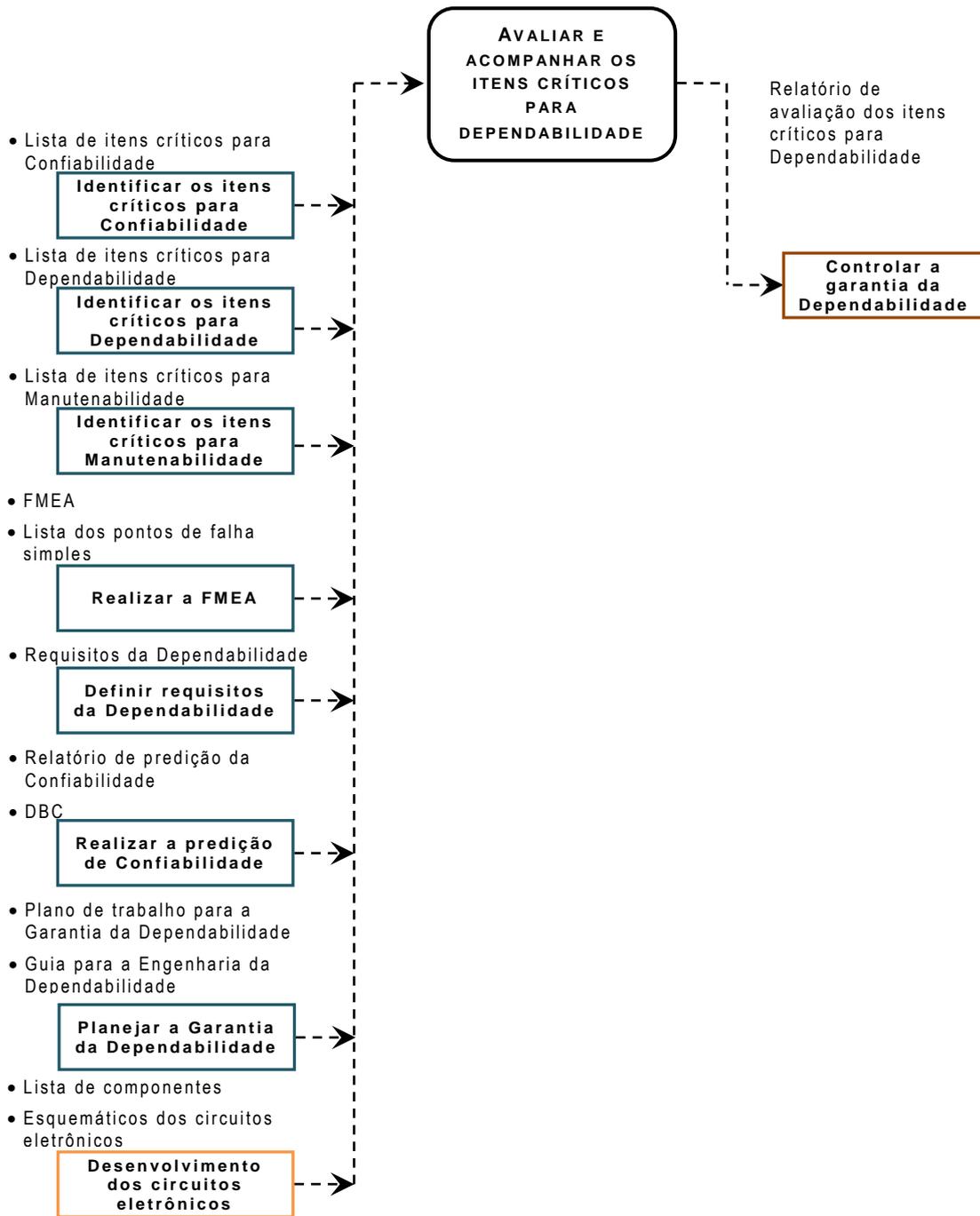


Figura 7.22: Diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade.

7.4.6.1. Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao) (s):

- Lista de itens críticos para Confiabilidade;
- Lista de itens críticos para Disponibilidade;
- Lista de itens críticos para Manutenibilidade;
- Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA);
- Lista dos pontos de falha simples;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC);
- Relatório da previsão de Confiabilidade;
- Plano de trabalho da garantia da Dependabilidade;
- Guia para engenharia da Dependabilidade;
- Lista de componentes;
- Esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

7.4.6.2. Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.4.6.3. Avaliar e Acompanhar os Itens Críticos para a Dependabilidade: Saídas

- Relatório de avaliação dos itens críticos para a Dependabilidade.

7.4.7. Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE

Este processo tem como objetivo avaliar e acompanhar o documento referente à análise de redução de esforços, gerando dados atualizados que devem constar no relatório de avaliação da Garantia da Dependabilidade.

A Figura 7.23 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE.

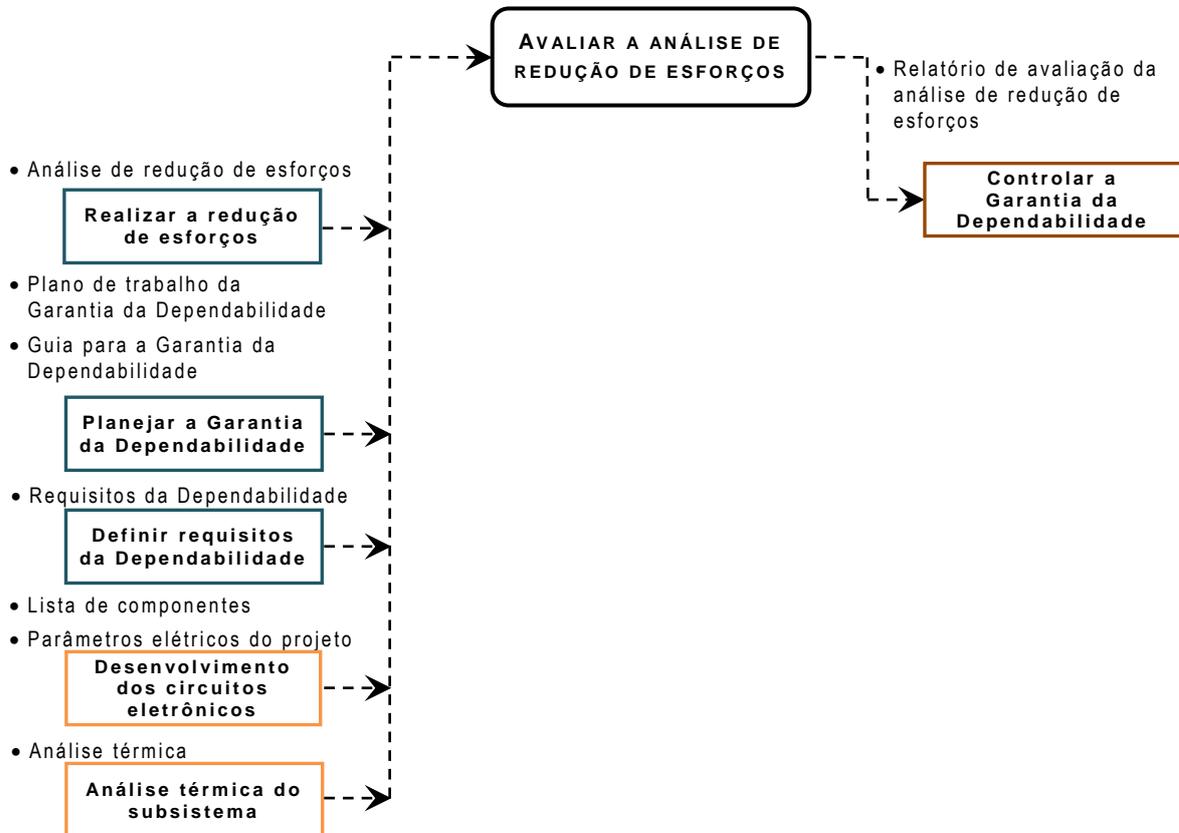


Figura 7.23: Diagrama do fluxo da informação do processo: Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE.

7.4.7.1. Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE: Entradas

Documentos referentes à (ao) (s):

- Análise de Redução de Esforços;
- Plano de trabalho da Garantia da Dependabilidade;
- Guia para Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Lista de componentes EEE;
- Parâmetros elétricos do projeto;

- Análise térmica.

7.4.7.2. Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.4.7.3. Avaliar a Análise de Redução de Esforços dos componentes EEE: Saídas

- Relatório de avaliação da análise de redução de esforços.

7.4.8. Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE sob a ótica da Dependabilidade

Este processo tem como objetivo avaliar e aprovar a lista de componentes EEE, gerando dados atualizados que devem constar no relatório de avaliação da garantia da Dependabilidade.

A Figura 7.24 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE.

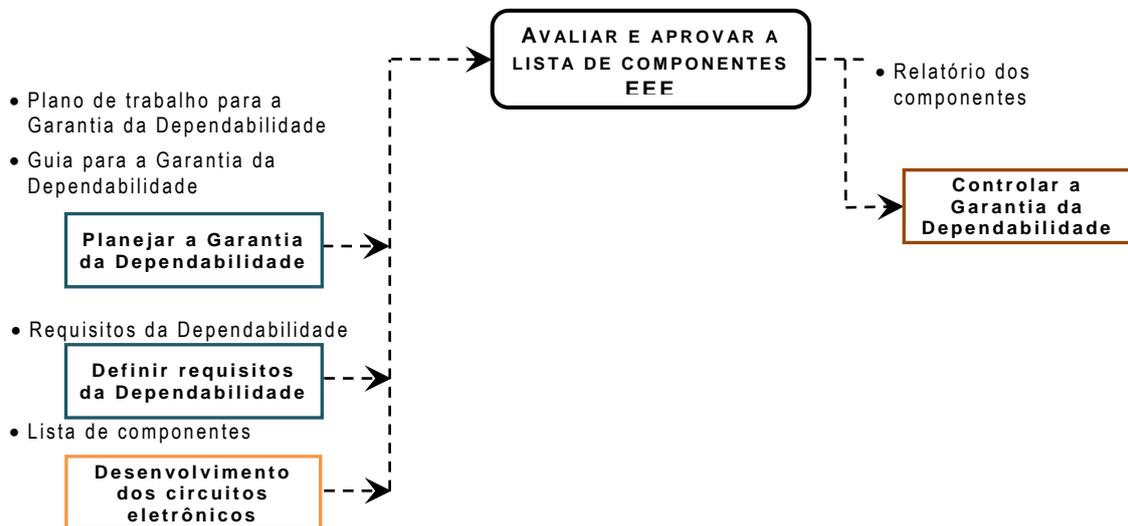


Figura 7.24: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e Aprovar a Lista de componentes EEE.

7.4.8.1. Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE sob a ótica da Dependabilidade: Entradas

Documentos referentes à (ao) (s):

- Plano de trabalho da Garantia da Dependabilidade;
- Guia para Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Lista de componentes EEE.

7.4.8.2. Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE sob a ótica da Dependabilidade: Recursos

- Conhecimento especializado;
- Mapeamento dos dados dos componentes EEE para subsidiar a avaliação e aprovação da lista de componentes, como apresentado na Tabela 7.3.

Tabela 7.3: Mapeamento dos componentes EEE.

Tópico	Dados para mapeamento dos componentes EEE
1	O componente tem histórico de voo? Em quantas missões voou? Em quantos satélites do INPE voou?
2	Qual o nível de qualificação do componente?
3	Pode estar obsoleto antes da data esperada?
4	Este componente é intercambiável?

7.4.8.3. Avaliar e Aprovar a Lista de Componentes EEE sob a ótica da Dependabilidade: Saídas

- Relatório dos componentes, onde estarão apresentados, para cada componente, os dados de:
 - Maturidade;
 - Qualificação;
 - Obsolescência;

- Intercambiabilidade;
- Fornecedores.

7.4.9. Avaliar e Aprovar os Processos de Manuseio dos Componentes EEE

Este processo tem como objetivo avaliar e aprovar os processos de manuseio dos componentes EEE, gerando dados atualizados que devem constar no relatório de avaliação da garantia da Dependabilidade.

A Figura 7.25 apresenta o diagrama do fluxo da informação do processo avaliar e aprovar a lista de componentes EEE.

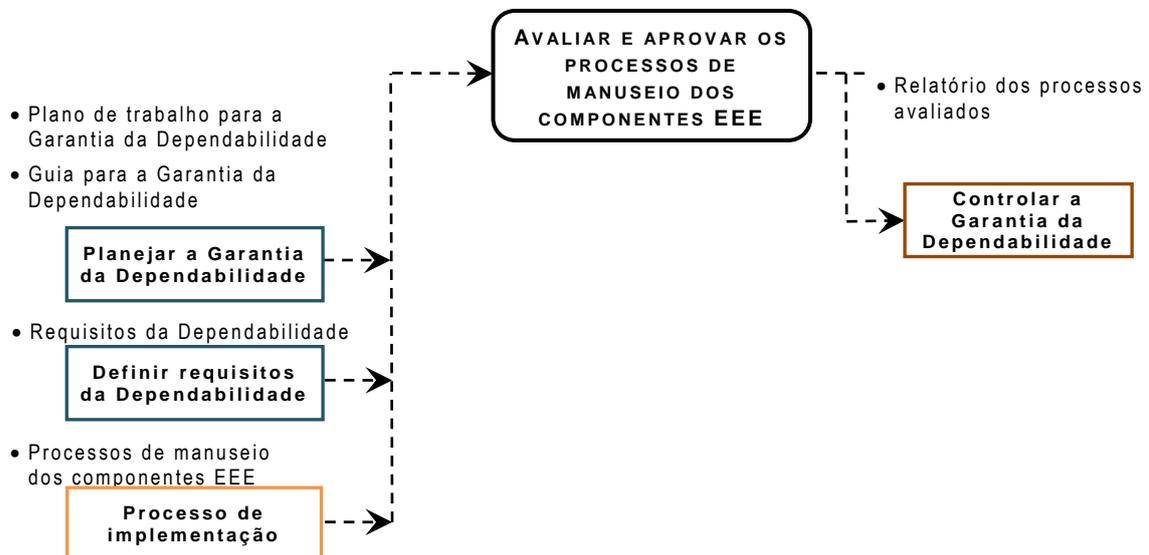


Figura 7.25: Diagrama de fluxo de informação do processo: Avaliar e aprovar os processos de manuseio dos componentes EEE.

7.4.9.1. Avaliar e aprovar os processos de manuseio dos componentes EEE: Entradas

Documentos referentes à (ao) (s):

- Plano de trabalho da Garantia da Dependabilidade;
- Guia para Engenharia da Dependabilidade;
- Requisitos da Dependabilidade;
- Processos de manuseio dos componentes EEE.

7.4.9.2. Avaliar e Aprovar os Processos de Manuseio dos Componentes

EEE: Recursos

- Conhecimento especializado.

7.4.9.3. Avaliar e Aprovar os Processos de Manuseio dos Componentes

EEE: Saídas

- Relatório dos processos avaliados.

8 PROPOSTA DO NOVO PROCESSO E EXTENSÃO DE TÉCNICAS

Neste capítulo é apresentada: 1) a proposta do novo processo, com: os fluxos de processos de Gerenciamento, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade para as fases de planejamento, projeto preliminar e projeto detalhado, para os projetos de subsistemas de satélites do INPE sob a ótica da Dependabilidade.

Também são apresentadas: 2) a proposta de extensão do Diagrama de Markov Estendida a Projetos (DMEP); e 3) a proposta de extensão da Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos (FMEP), como alternativas de tratamento de possíveis riscos (ameaças, "modos de falha") detectadas através do emprego do novo processo proposto.

8.1. Fluxo de processos para projetos de subsistemas

Para a melhoria da Dependabilidade em projetos de satélites, é proposto neste trabalho atividades de Engenharia de Sistemas, Gerenciamento do Projeto, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade (Figura 8.1).

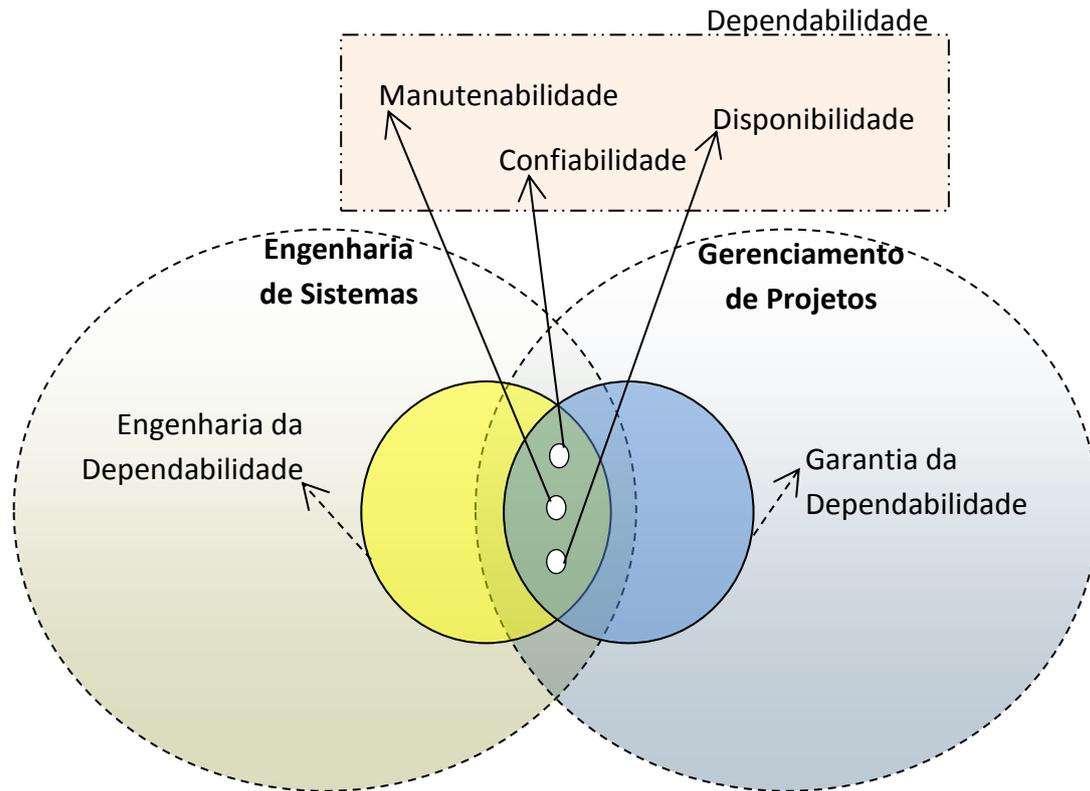


Figura 8.1: Representação das atividades de Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos de satélites.

Nas seções seguintes deste capítulo serão apresentados os fluxos de processos propostos por fase de projeto, utilizando a simbologia BPMN (Figura 8.2).



Figura 8.2: Fluxo de processos entre as fases de Planejamento do Projeto e Projeto Detalhado.

8.1.1. Fase de Planejamento

Esta fase tem início imediatamente após a assinatura do contrato de fornecimento do subsistema ou equipamento (INPE, 2004b).

Nesta fase a contratada, elabora os documentos gerenciais e os documentos de planejamento, onde se define a organização do projeto. Estes documentos são avaliados na MDR.

As Figuras 8.3, 8.4 e 8.5 apresentam os processos de Gerenciamento de Projetos, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade para a Fase de Planejamento.

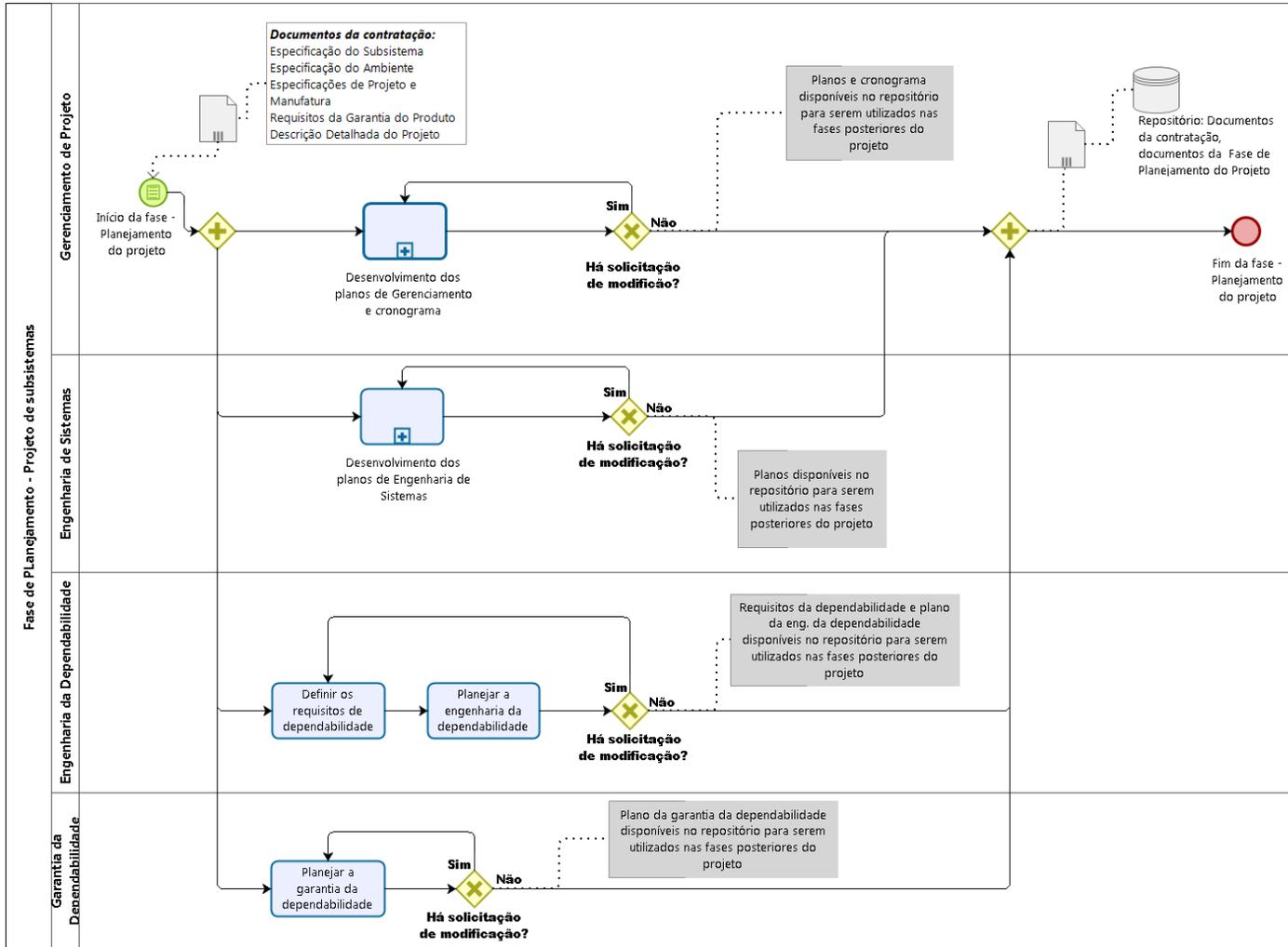


Figura 8.3: Processos propostos para a Fase de Planejamento.

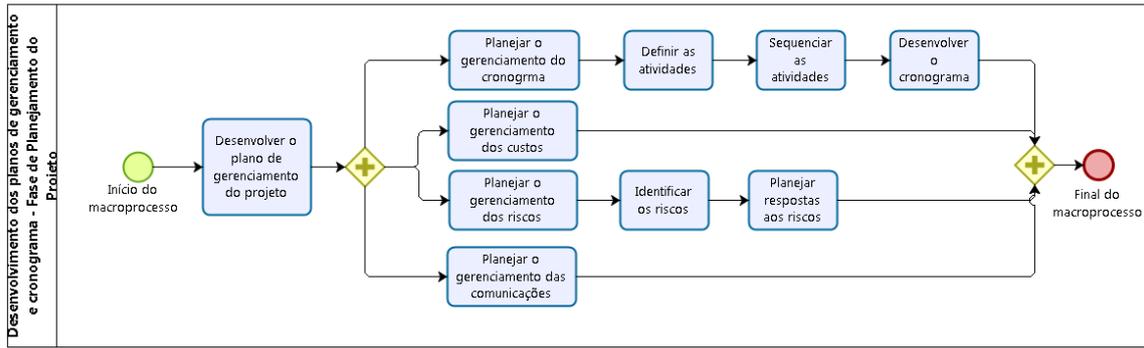


Figura 8.4: Detalhamento do macroprocesso: Desenvolvimento dos planos de gerenciamento e cronograma – Fase de Planejamento.

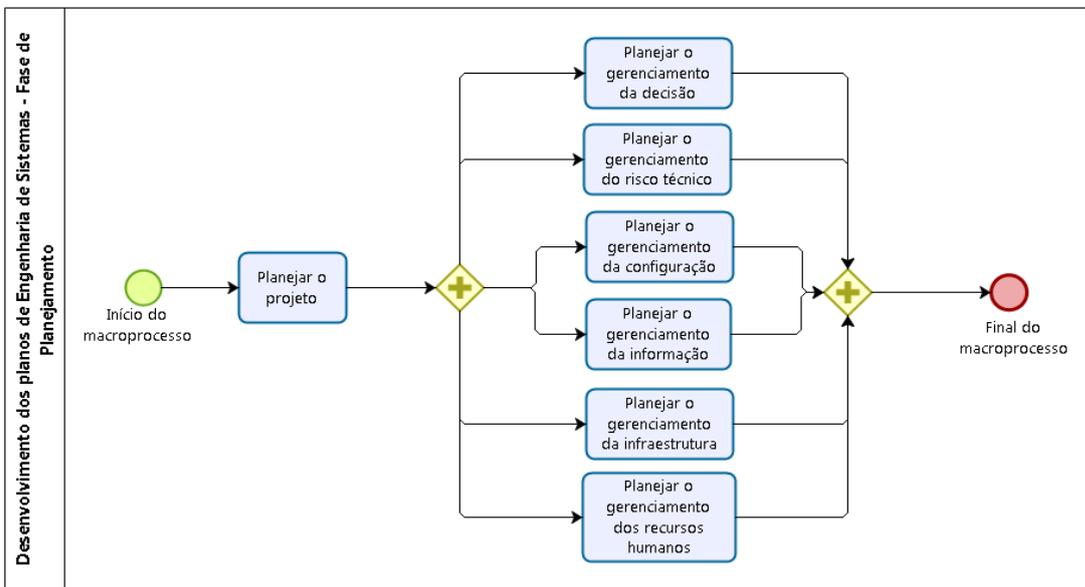


Figura 8.5: Detalhamento do macroprocesso: Desenvolvimento dos planos de Engenharia de Sistemas – Fase de Planejamento.

8.1.2. Fase Preliminar

Nesta fase, com uma visão geral, são desenvolvidos estudos e trabalhos que contemplam os seguintes resultados (INPE, 2004b):

- i. Projetos preliminares: elétrico, mecânico, entre outros mais específicos (óptica, telecomunicações, etc.)
- ii. Definição da lista de partes e materiais preliminar;
- iii. Definição do plano de fabricação preliminar;
- iv. Fabricação de protótipos;
- v. Testes dos protótipos;
- vi. Documentação para fabricação do modelo de engenharia;
- vii. Plano de verificação;
- viii. Plano de testes do modelo de engenharia.

A Figura 8.6 apresenta os processos de Gerenciamento de Projetos, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade para a Fase de Projeto Preliminar.

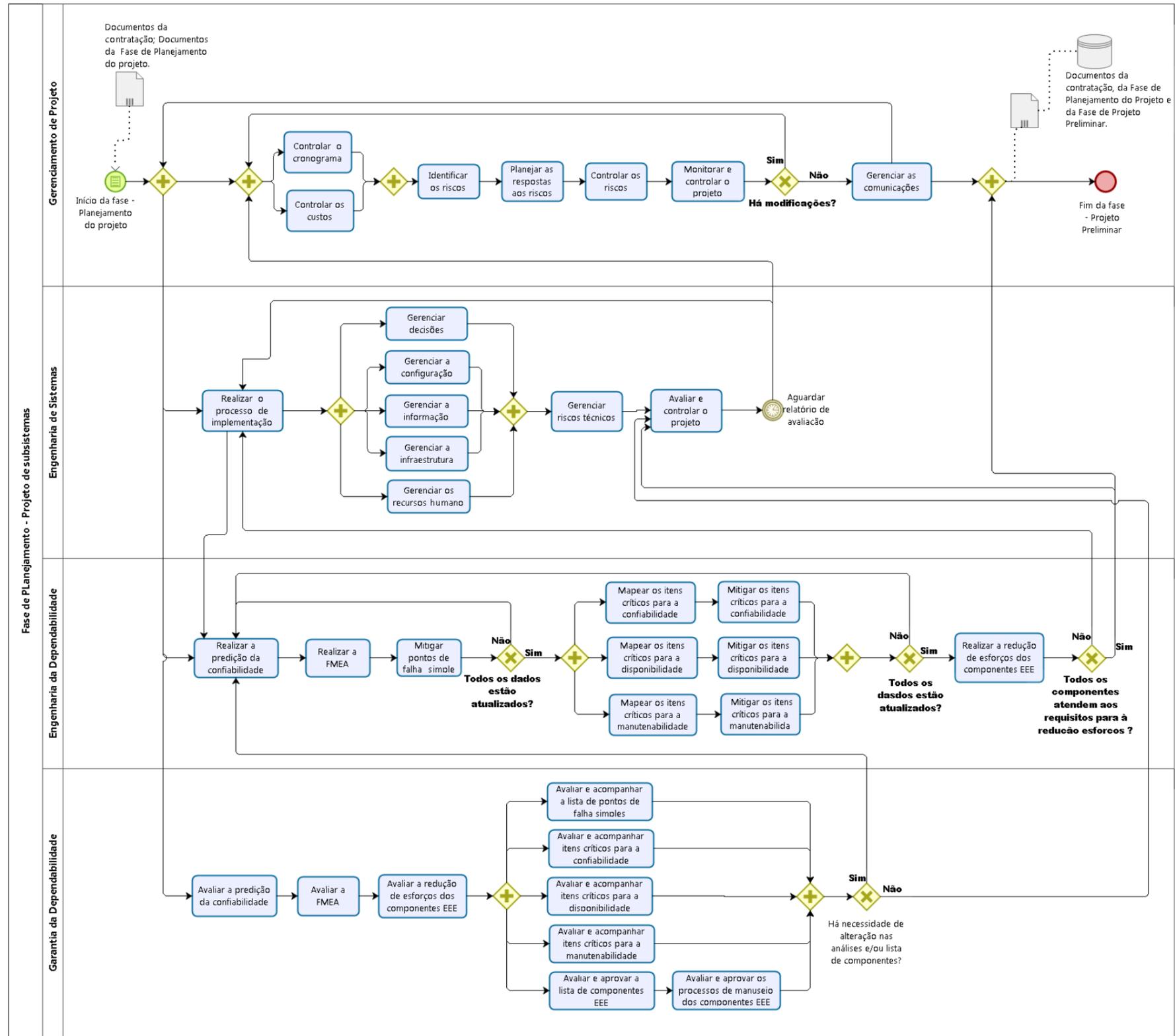


Figura 8.6: Processos propostos para a Fase de Projeto Preliminar.

8.1.3. Fase de Projeto Detalhado

Nesta fase, são desenvolvidas, as seguintes atividades (INPE, 2004b):

- i. Fabricação do modelo de engenharia;
- ii. Testes do modelo de engenharia;
- iii. Consolidação da lista de partes e materiais;
- iv. Consolidação do plano de fabricação;
- v. Consolidação do plano de garantia do produto;
- vi. Documentação para fabricação do modelo de qualificação;
- vii. Plano de testes do modelo de qualificação.

Os processos de Gerenciamento de Projetos, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade propostos para esta fase, são os mesmos propostos para a fase anterior (Figura 8.6).

8.2. Identificação e avaliação das ameaças

Considerando que os projetos possuem riscos de diversas naturezas, a Tabela 8.1 é apresentada com exemplos de possíveis ameaças. Este mapeamento tem como objetivo auxiliar a escolha do momento e o tipo de ferramenta que deve ser empregada para suportar as tomadas de decisões, tanto as de escopo gerencial como as de engenharia.

Tabela 8.1: Exemplos de ameaças.

Ameaça	Processo gerador da informação
Infraestrutura física indisponível	Gerenciamento da infraestrutura
Recursos humanos indisponíveis	Gerenciamento dos recursos humanos
Efeitos da radiação (Sol, etc.)	Processo de implementação
Embargos comerciais (ITAR, etc.)	Gerenciar riscos técnicos
Obsolescência	Gerenciar riscos técnicos
Dificuldades no estado da arte	Processo de implementação

Ameaça	Processo gerador da informação
Contingenciamentos de orçamento	Controlar os custos
Custos adicionais	Controlar os custos

As Figuras 8.7 e 8.8 ilustram as ameaças exemplificadas na Tabela 8.1 durante a execução dos processos propostos.

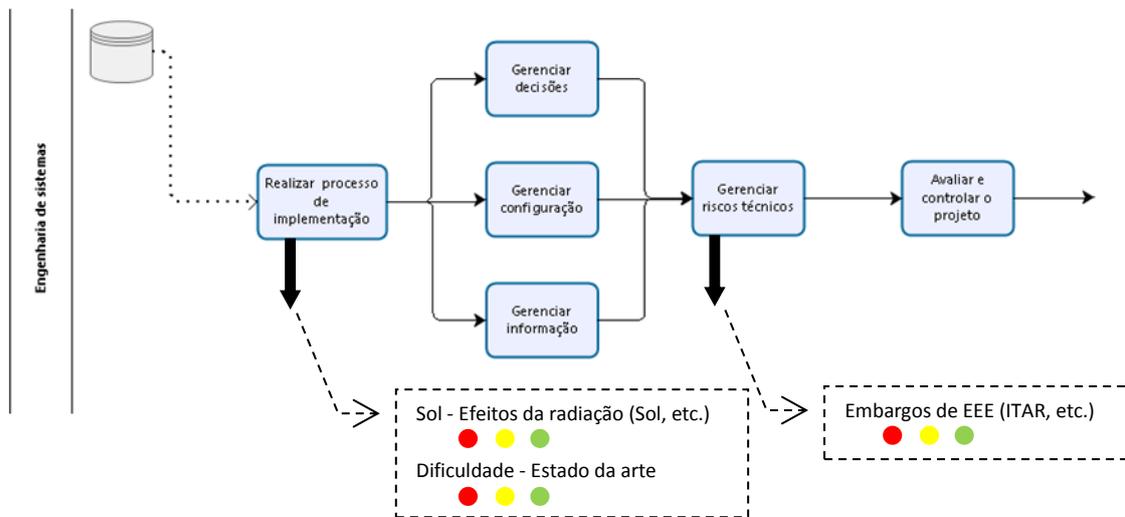


Figura 8.7: Exemplo de avaliação de ameaças – Engenharia de Sistemas

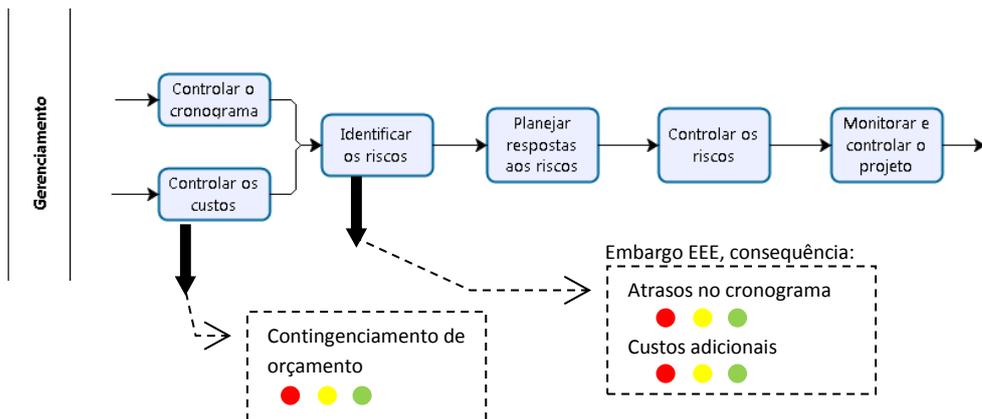


Figura 8.8: Exemplo de avaliação de ameaças – Engenharia de Sistemas

Para a avaliação das ameaças, técnicas analíticas devem ser utilizadas para apoiar as tomadas de decisões, como por exemplo:

- **Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC):** tem como objetivo avaliar, de forma estática, os critérios para o sucesso, mostrando as interdependências entre todos os elementos ou grupos funcionais de um objeto (sistema, subsistema e ou equipamento);
- **Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e Criticidade (FMECA):** tem como objetivo avaliar, de forma estática, os efeitos das possíveis falhas: severidade, probabilidade de ocorrência, e criticidade;
- **Diagrama de Markov** tem como objetivo avaliar, de forma cinemática, a severidade, a probabilidade de ocorrência e criticidade das possíveis ameaças nos estados alcançados do projeto;
- **Técnica dos Cenários (parcial):** tem como objetivo avaliar, de forma cinemática, os possíveis cenários futuros do projeto a partir de conhecimento adquirido anteriormente.

Como apresentado por FUQUA (2003), em muitas situações, o emprego combinado de técnicas é adequado. Um exemplo são os modelos markovianos que podem ser usados para analisar partes menores de um sistema com dependências fortes que exigem avaliação precisa, com outras técnicas clássicas, como a FMEA/FMECA, que podem ser utilizadas para avaliar sistemas maiores usando cálculo probabilístico mais simples.

Para obter resultados precisos do processo sugerido, das análises adicionais sugeridas, incluindo a aplicação as técnicas como a FMECA e o diagrama de Markov são necessários dados obtidos através de fontes fidedignas. Esta condição é a ideal mas nem sempre possível. Por esta razão, propomos adotar a experiência prática de Antunes (2016) que, para mapeamento de riscos na área da saúde, adota as seguintes fontes de dados em ordem de prioridade conforme apresentadas na Tabela 8.2.

Tabela 8.2: Fontes de dados para o mapeamento de riscos na área de saúde.

Ordem	Origem das Fontes
1	Dados históricos relevantes
2	Estimativas de probabilidade resultantes de aplicação de técnicas analíticas ou simulações
3	Dados experimentais
4	Estimação de Confiabilidade, como por exemplo, os resultantes de ensaios de ciclo de vida acelerado
5	Dados de produção

Ordem	Origem das Fontes
6	Dados pós produção
7	Julgamento de especialistas

Supondo que isso foi adotado, neste trabalho está sendo proposto a adaptação para viabilizar a aplicação das técnicas como a FMECA e o diagrama de Markov, mesmo quando as informações de repositórios e banco de dados não são suficientes ou estão indisponíveis, considerando principalmente o conhecimento dos especialistas (ANTUNES, 2016). A proposta de extensão da 1ª. (FMEP) e da extensão da 2ª.(DMEP), para a utilização dessas técnicas, é através de códigos de cores substituindo as probabilidades e simbologia conforme apresentado nas seções 8.2.1 e 8.2.2.

Dentre as várias etapas de aplicação da técnica dos cenários para mapear as possíveis configurações do futuro no desenvolvimento do projeto, é proposto neste trabalho considerar o cenário que converge para a visão de futuro desejada, considerando:

- Trajetória mais provável do projeto;
- Trajetória otimista do projeto;
- Trajetória pessimista do projeto.

O mapeamento dos possíveis cenários estarão refletidos na elaboração da FMECA e do Diagrama de Makov elaborados para a avaliação de ameaças.

8.2.1. Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos (FMEP)

O objetivo da FMECA estendida a projetos é proporcionar a avaliação das ameaças ("modos de falha") detectadas durante a execução dos processos propostos para as fases de planejamento do projeto, projeto preliminar e projeto detalhado, de forma qualitativa, através da determinação da severidade, probabilidade de ocorrência, detectabilidade, tratabilidade, criticidade e criticidade estendida (HAAPANEN et al., 2002; RELEX, 2008a; RELEX, 2008b; RELEX, 2008c; TOLEDO et al.,?). Para tal adaptação é necessário:

- Definir a classificação da severidade do efeito do modo de falha utilizando, pelo menos, uma representação gráfica (Tabela 8.3), com o que se sabe dela (Tabela 8.2);

- Definir intervalos, pelo menos, qualitativos e até quantitativos que caracterizam as probabilidades de ocorrência do modo de falha (Tabela 8.4), com o que se sabe dele (Tabela 8.2);
- Definir a classificação da detectabilidade do modo de falha utilizando, pelo menos, uma representação gráfica (Tabela 8.5), com o que se sabe dela (Tabela 8.2);
- Definir a classificação da tratabilidade do modo de falha utilizando, pelo menos, uma representação gráfica (Tabela 8.6), com o que se sabe dela (Tabela 8.2).

Tabela 8.3: Código de cores referente à severidade da falha.

Severidade alta	Severidade média	Severidade baixa
		

Tabela 8.4: Código referente à probabilidade de ocorrência.

Probabilidade baixa de ocorrência	Probabilidade média de ocorrência	Probabilidade alta de ocorrência
Exemplo: $0 < Probabilidade \leq 1/3$	Exemplo: $1/3 < Probabilidade \leq 2/3$	Exemplo: $2/3 < Probabilidade \leq 1$
Pb	Pm	Pa

Tabela 8.5: Código referente à probabilidade de detecção.

Detectabilidade baixa	Detectabilidade média	Detectabilidade alta
		

Tabela 8.6: Código de cores referente à tratabilidade da falha.

Tratabilidade baixa	Tratabilidade média	Tratabilidade alta
		

Na literatura, a avaliação da criticidade de cada modo de falha pode ser obtida através do produto entre a probabilidade de ocorrência do modo de falha em avaliação e sua severidade. Para obtenção da matriz de criticidade é considerado, por exemplo, que a:

- Severidade alta assume: $2/3 < Valor\ numérico \leq 1$ de um máximo conhecido ou estimado

- Severidade média assume: $1/3 < \text{Valor numérico} \leq 2/3$ de um máximo conhecido ou estimado
- Severidade baixa assume: $0 < \text{Valor numérico} \leq 1/3$ de um máximo conhecido ou estimado

O mapeamento da criticidade obtido considerando as convenções apresentadas nas Tabelas 8.2 e 8.3 está apresentado na Figura 8.9.

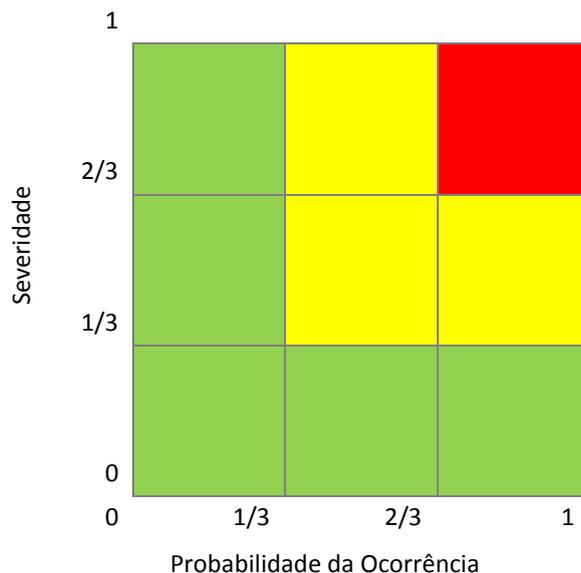


Figura 8.9: Matriz de criticidade da falha (S*PO).

Buscando o refinamento da avaliação da falha, é possível considerar:

- o quão provável é a detecção da falha (detectabilidade);
- o quão provável é o tratamento da falha (tratabilidade); e
- a obtenção de uma criticidade corrigida resultante da composição da severidade, probabilidade de ocorrência, detectabilidade e tratabilidade.

Para obtenção da **criticidade estendida** da falha, nos casos de estudo considerados neste trabalho, é proposto considerar:

- matriz de produto entre a detectabilidade e a tratabilidade (Figura 8.10) considerando, por exemplo, que a:
 - Detectabilidade baixa assume: $2/3 < \text{Valor numérico} \leq 1$
 - Detectabilidade média assume: $1/3 < \text{Valor numérico} \leq 2/3$
 - Detectabilidade alta assume: $0 < \text{Valor numérico} \leq 1/3$

- Tratabilidade baixa assume: $\frac{2}{3} < \text{Valor numérico} \leq 1$
 - Tratabilidade média assume: $\frac{1}{3} < \text{Valor numérico} \leq \frac{2}{3}$
 - Tratabilidade alta assume: $0 < \text{Valor numérico} \leq \frac{1}{3}$
- matriz de produto do produto (Severidade*Probabilidade de ocorrência) pelo produto (Detectabilidade*Tratabilidade) (Figura 8.11).

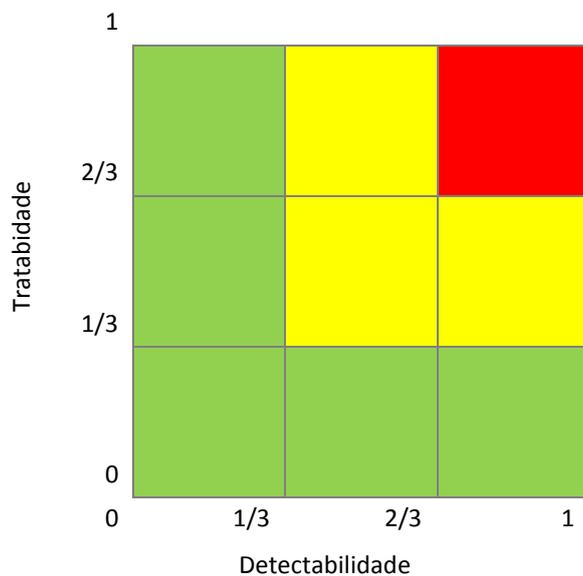


Figura 8.10: Matriz de produto entre a detectabilidade e a tratabilidade (D*T).

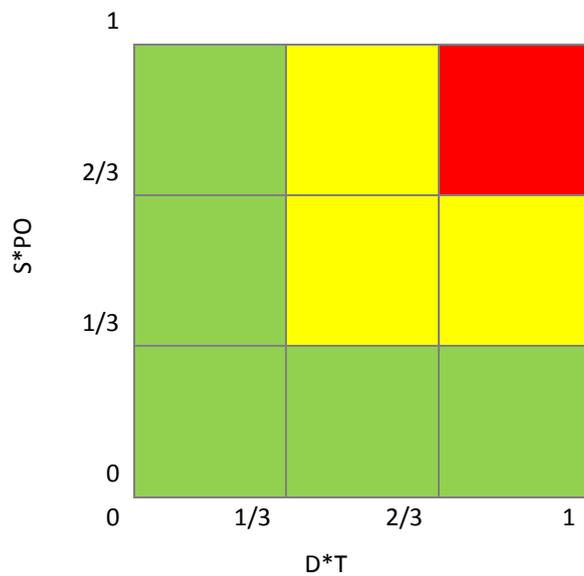


Figura 8.11: Matriz de produto entre (S*PO) e o (D*T).

8.2.2. Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP)

A extensão do Diagrama de Markov para avaliar as ameaças detectadas durante a execução dos processos propostos para as fases de planejamento do projeto, projeto preliminar e projeto detalhado, tem como objetivo avaliar de forma qualitativa as ameaças, através da determinação da severidade, probabilidade de ocorrência e criticidade dos estados constituintes do modo avaliado; e sua evolução, através da atualização do diagrama com estados e transições. Para tal adaptação é necessário:

- Definir intervalos, pelo menos qualitativos ou até quantitativos, que caracterizam as probabilidades de transição dos estados (Tabela 8.7), com o que se sabe dela (Tabela 8.2);
- Definir a classificação dos estados utilizando, pelo menos, a representação gráfica (Tabela 8.8), segundo sua criticidade estendida pela FMEP.
- Atualizar por tempo (por ex.: periodicamente) ou por eventos (por ex.: diante de um estado indesejado) o Diagrama de Markov, adicionando ou eliminando estados e transições do projeto e baseado no que sabemos dele, cf. itens 1 e 2.

Tabela 8.7: Código referente à probabilidade de transição de estados.

Probabilidade baixa de transição Exemplo: $0 < \text{Probabilidade} \leq 1/3$	Probabilidade média de transição Exemplo: $1/3 < \text{Probabilidade} \leq 2/3$	Probabilidade alta de transição Exemplo: $2/3 < \text{Probabilidade} \leq 1$
Pb	Pm	Pa

Tabela 8.8: Código de cores referente aos estados.

Estado indesejado	Estado controlado	Estado desejado
		

Nota: (○) projeto cancelado.

Para a construção do Diagrama de Markov é necessário cumprir com as combinações de somatório das probabilidades de transição de saída dos estados conforme apresentado na Tabela 8.9.

Tabela 8.9: Código de cores referente aos estados.

Somatória das probabilidades de transição	
$\exists(Pb+Pm) \in R \geq 1 (Pb+Pm)=1$	$\exists(Pb+Pa) \in R \geq 1 (Pb+Pa)=1$
$\nexists(Pb+Pb) \in R \geq 1 (Pb+Pb)=1$	$\exists(Pm+Pm) \in R \geq 1 (Pm+Pm)=1$
Somatória das probabilidades de transição	
$\exists(Pm+Pa) \in R \geq 1 (Pm+Pa)=1$	$\nexists(Pa+Pa) \in R \geq 1 (Pa+Pa)=1$
$\nexists(Pb+Pm+Pa) \in R \geq 1 (Pb+Pm+Pa)=1$	$\exists(Pb+Pb+Pa) \in R \geq 1 (Pb+Pb+Pa)=1$
$\nexists(Pm+Pm+Pa) \in R \geq 1 (Pm+Pm+Pa)=1$	$\exists(Pb+Pb+Pm) \in R \geq 1 (Pb+Pb+Pm)=1$
$\exists(Pm+Pm+Pm) \in R \geq 1 (Pm+Pm+Pm)=1$	

A matriz de criticidade para avaliar os estados constituintes do Diagrama de Markov segue a mesma formação apresentada na Figura 8.9.

Por fim, propomos que no processo proposto os riscos (ameaças, "modos de falha") possam ser mapeados pela aplicação do DMEP, e a classificados pela aplicação da FMEP.

9 APLICAÇÃO DA FMEP E DMEP

Neste capítulo serão apresentados exemplos de aplicação da Análise dos Modos de Falhas e sua Criticidade Estendida a Projetos (FMEP) e do Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP), para avaliação de possíveis riscos (ameaças) que podem ocorrer em projetos de subsistemas de satélites.

9.1. Aplicação da FMECA Estendida a Projetos (FMEP)

A FMEP apresentada na Tabela 9.1 exemplifica a avaliação dos modos e efeitos da falha da função “fornecer o tempo de bordo” de um computador de bordo de satélites, empregando os códigos de cores e simbologia definidos no Capítulo 8.

Um outro exemplo de FMEP é apresentado na Tabela 9.2, onde é exemplificado a avaliação da função no projeto "adquirir componente", também empregando os códigos de cores e simbologia definidos no Capítulo 8.

Tabela 9.1: FMEP da função “fornecer tempo de bordo”.

Função	Modo de falha	Causa da falha	Efeito da falha	Severidade (S)	Probabilidade de ocorrência (PO)	Detectabilidade (D)	Tratabilidade (T)	Criticidade (S*PO)	Criticidade estendida
Fornecer tempo de bordo	Não fornece tempo de bordo	Perda capacidade de processamento (HW e/ou SW) Perda do canal de comunicação	Perda da capacidade de fornecer efemérides; perda da capacidade comandos temporizados; perda da capacidade de telemetria armazenada; perda da capacidade de fornecimento do tempo de bordo para os equipamentos e subsistemas;		Pb				
	Fornecer tempo de bordo de forma intermitente	Processamento intermitente (HW e/ou SW) Canal de comunicação intermitente	Fornecimento intermitente de efemérides; execução intermitente de comandos temporizados; telemetria armazenada com tempo intermitente; fornecimento intermitente do tempo de bordo incorreto para os equipamentos e subsistemas;		Pb				

Função	Modo de falha	Causa da falha	Efeito da falha	Severidade (S)	Probabilidade de ocorrência (PO)	Detectabilidade (D)	Tratabilidade (T)	Criticidade (S*PO)	Criticidade estendida
Fornecer tempo de bordo	Fornecer tempo de bordo errado	<p>Erro no processamento (HW e/ou SW)</p> <p>Erro no canal de comunicação</p> <p>Perda de referência do tempo</p>	<p>Erro nas efemérides; erro na execução de comandos temporizados; erro no tempo da telemetria armazenada; fornecimento do tempo de bordo incorreto para os equipamentos e subsistemas;</p>		Pa				

Tabela 9.2: FMEP da função:ameça “componente indisponível”.

Função no projeto	Modo de falha	Causa da falha	Efeito da falha	Severidade (S)	Probabilidade de ocorrência (PO)	Detectabilidade (D)	Tratabilidade (T)	Criticidade (S*PO)	Criticidade estendida
Adquirir partes EEE e equipamentos	Atraso na definição da lista de partes EEE e equipamentos para aquisição	Cronograma não adequado	Partes EEE e equipamentos indisponível Atraso no cronograma Custo adicional		Pm				
	Alteração na lista de partes EEE e equipamentos para aquisição	Embargos comerciais	Partes EEE e equipamentos indisponível Atraso no cronograma Custo adicional		Pm				
	Falta de equipe qualificada para realizar a aquisição	Planejamento de recursos humanos não adequado	Partes EEE e equipamentos indisponível Atraso no cronograma Custo adicional		Pb				
	Atraso na liberação de recursos financeiros para a aquisição	Alteração nas diretrizes do governo	Partes EEE e equipamentos indisponível Atraso no cronograma Custo adicional		Pa				

9.2. Aplicação do Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP)

Os DMEPs apresentados nas Figuras 9.1 a 9.4 exemplificam as avaliações de ameaças dos modos e efeitos da falha em função de ameaças identificadas durante o desenvolvimento do projeto, empregando os códigos de cores e simbologia definidos no Capítulo 8.

A Figura 9.1 apresenta a aplicação do DMEP para a avaliação da ameaça: **infraestrutura física indisponível**.

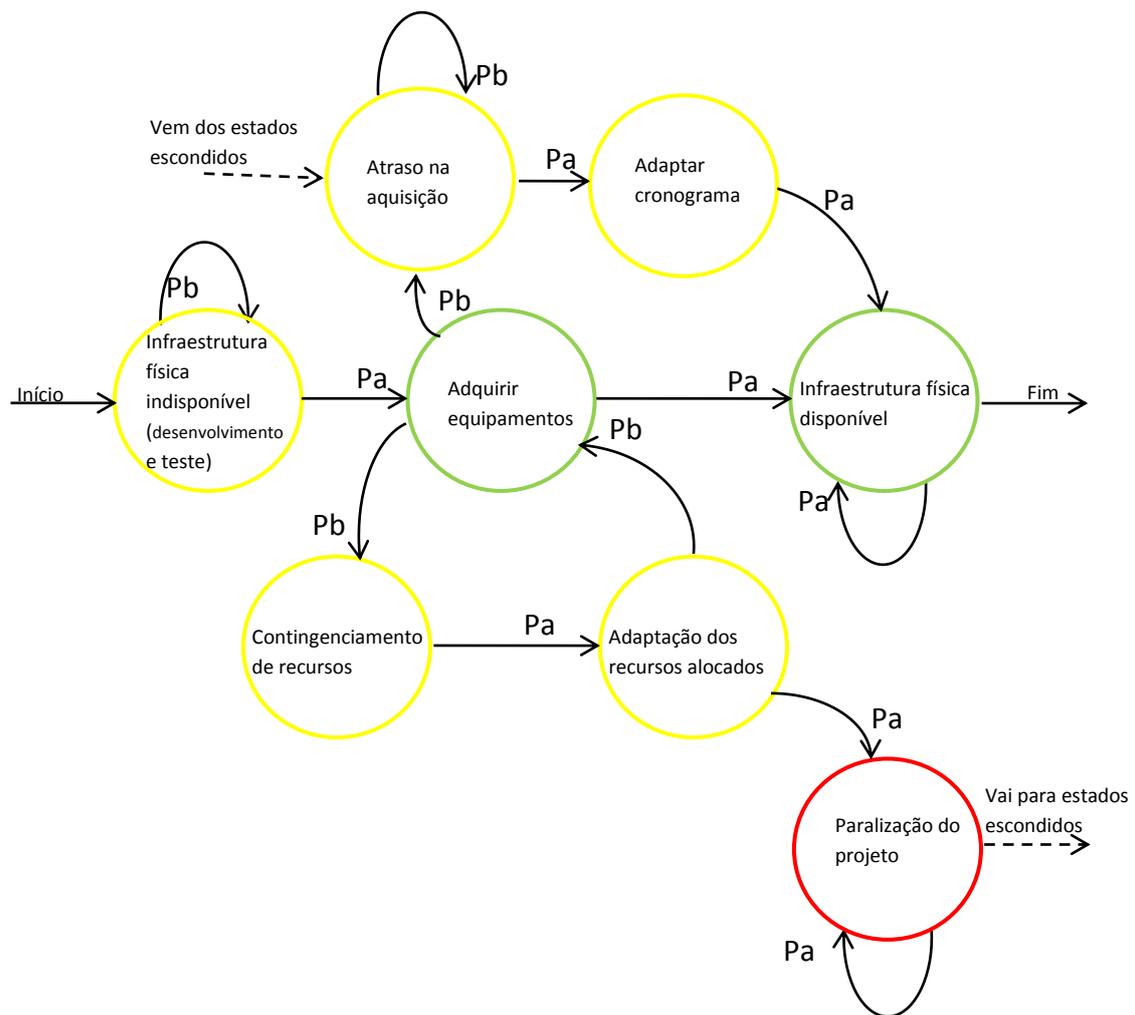


Figura 9.1a: Exemplo de avaliação de ameaças – Gerenciamento de Projetos.

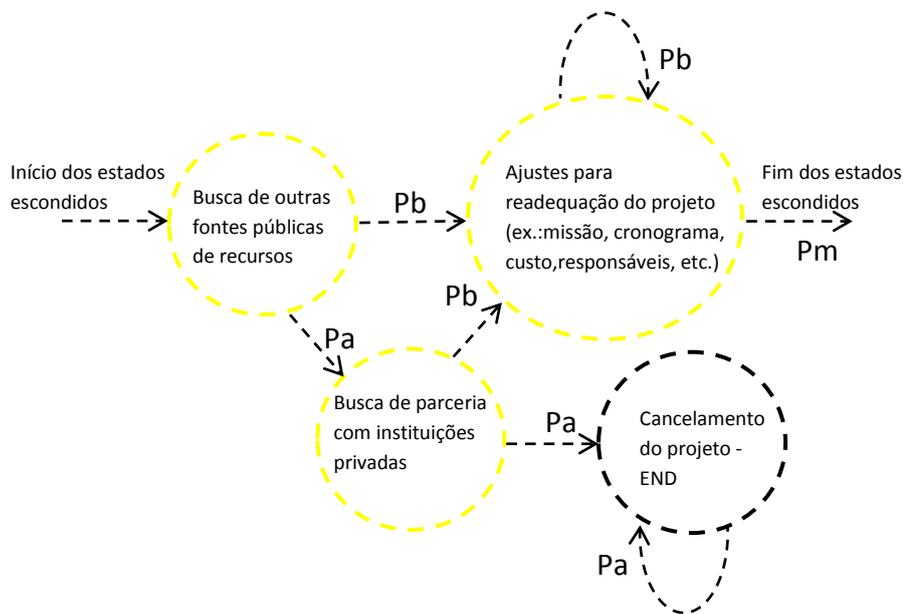


Figura 9.1b: Estados escondidos da avaliação de ameaças – Gerenciamento de Projetos.

Os estados do projeto referentes ao tratamento da ameaça “Infraestrutura física indisponível” (Figura 9.1) devem ser avaliados seguindo as seguintes etapas:

- 1º. Identificar todas as possíveis sequências de combinações de estados;
- 2º. Acompanhar a evolução dos estados.

Sendo, assim, possível observar:

1. Se o estado “Adquirir equipamentos” for sucedido pelo estado “Infraestrutura física disponível”:
 - Então, a mitigação seguirá caminho menos oneroso;
 - Senão, a mitigação necessitará de avaliações adicionais.
2. Avaliações adicionais, por exemplo:
 - i. Existem quantas outras possíveis combinações de sequências de estados?
 - ii. Existe sequência de estados com estado(s) indesejado(s)? Se sim, será necessário planejar o tratamento adequado para cada estado que seja controlado (○) ou indesejado (○).
3. Podendo ser concluído que:

- i. Na ocorrência do estado “Adaptação dos recursos alocados”, este deve possuir monitoramento adicional para que seu estado sucessor seja o estado “Adquirir equipamentos”;
- ii. Na ocorrência do estado “Paralisação temporária do projeto”, este vai ser sucedido de estados que não são esperados, ou que são escondidos, em condições de ambiente considerado conhecido.

Outros exemplos de avaliação de ameaças através do DMAP estão apresentados nas Figuras 9.2, 9.3 e 9.4.

A Figura 9.2 apresenta a aplicação do DMEP para a avaliação da ameaça: **componente indisponível**.

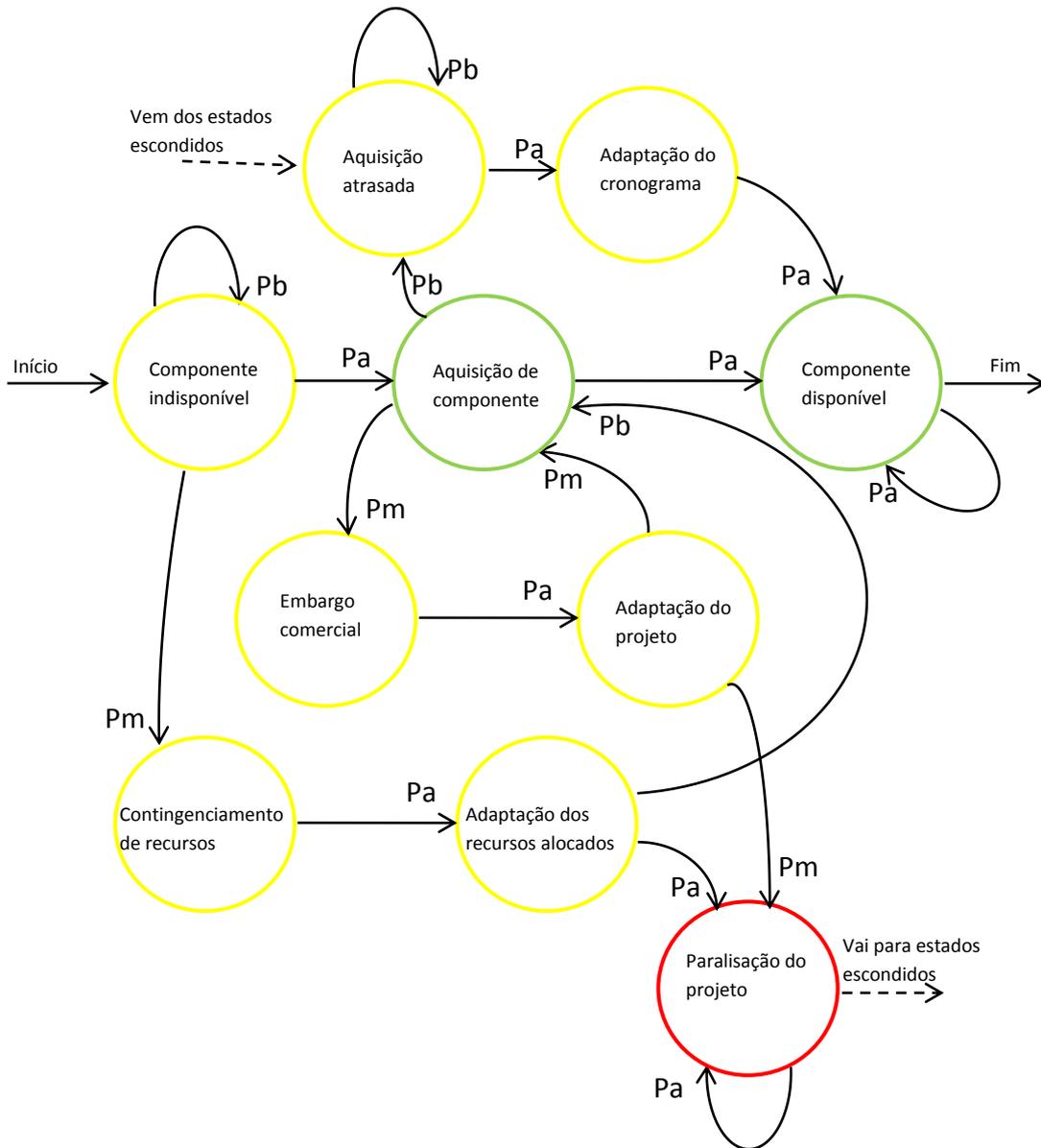


Figura 9.2a: Exemplo de avaliação de ameaças – Engenharia de sistemas

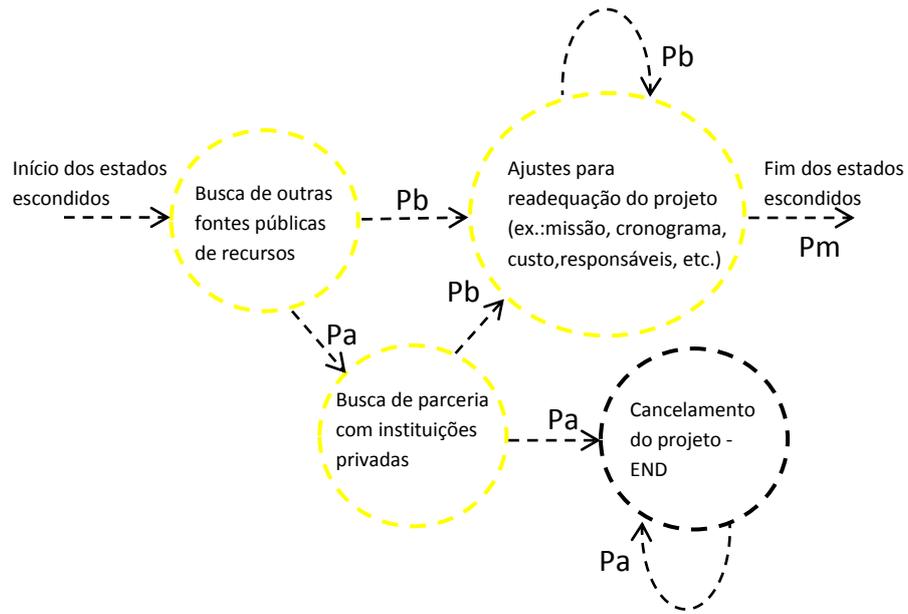


Figura 9.2b: Estados escondidos da avaliação de ameaças – Engenharia de Sistemas.

A Figura 9.3 apresenta a aplicação do DMEP para a avaliação da ameaça: **atraso no projeto**.

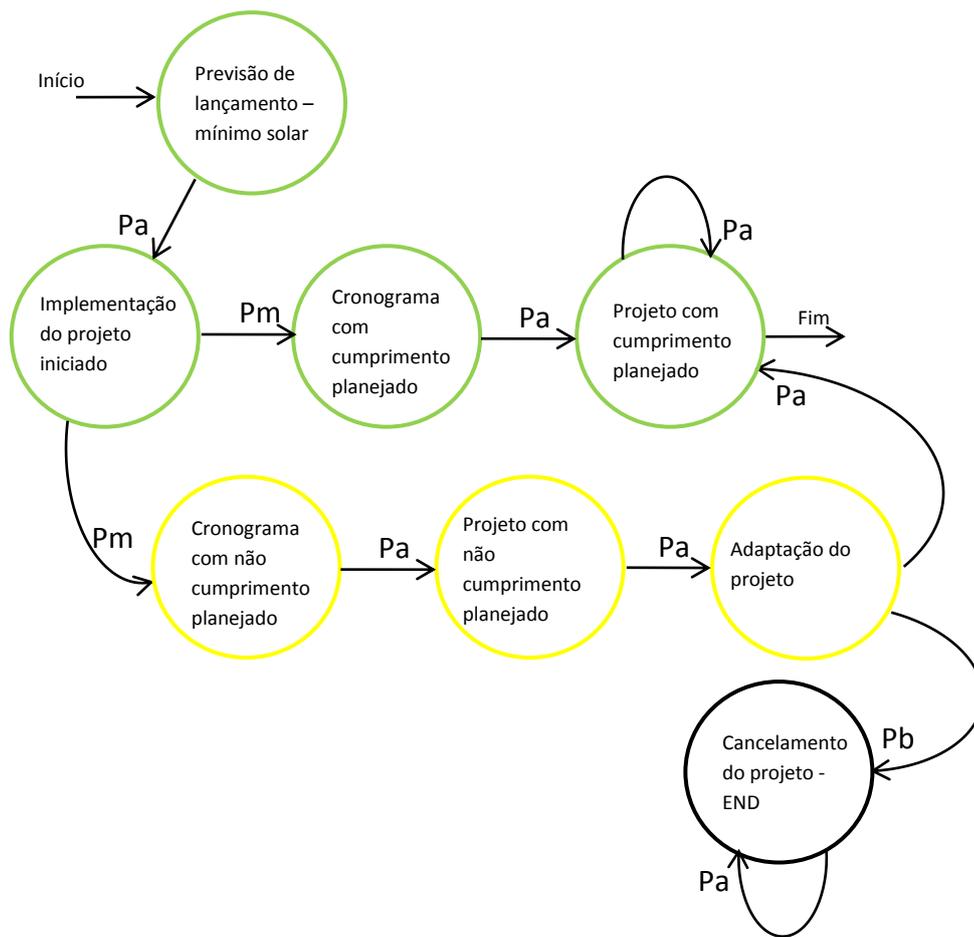


Figura 9.3: Exemplo de avaliação de ameaças – Engenharia de sistemas

A Figura 9.4 apresenta a aplicação do DMEP para a avaliação da ameaça: **tempo de bordo falhado**.

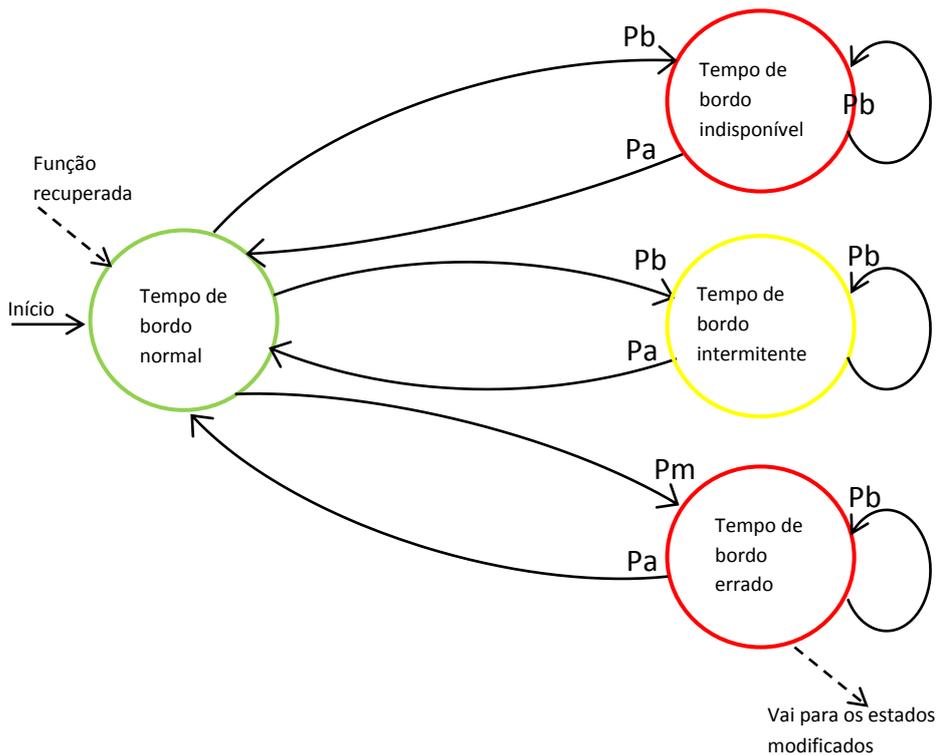


Figura 9.4a: Diagrama de Markov da função "Tempo de Bordo".

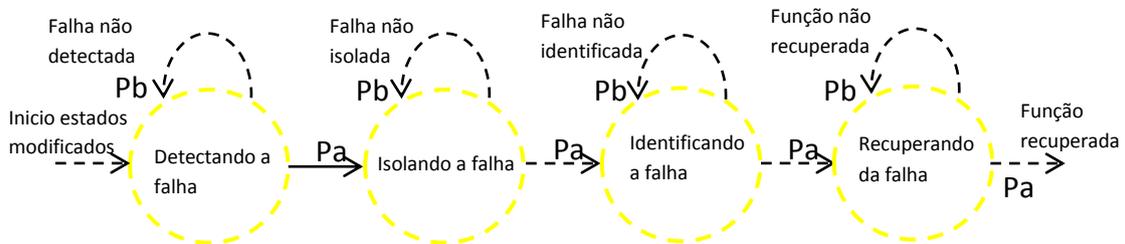


Figura 9.4b: Diagrama de Markov dos estados da detecção, isolamento, identificação e tratamento da falha da função "Tempo de bordo".

O DMEP apresentado na Figura 9.4a, mostra os estados possíveis da função "Tempo de Bordo" desde o estado de operação normal até os estados de operações anormais (indesejados) resultantes dos modos de falha. Aplicando o conceito de detecção, isolamento, identificação e tratamento da falha (FDIR) da função, é possível mapear outros estados de operação do computador de bordo modificando o diagrama original (Figura 9.4b).

10 APLICAÇÃO DO PROCESSO, FMEP E DMEP PROPOSTOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da aplicação do processo, FMEP e DMEP propostos, a um projeto de subsistema dos satélites CBERS 3&4.

10.1. Escolha do caso de estudo

Em 2003 foram iniciadas as contratações na indústria nacional dos equipamentos e subsistemas que deveriam ser fornecidos pelo INPE para o desenvolvimento dos satélites CBERS 3&4.

Os contratos previam modelos de voo tanto para o CBERS 3 quanto para o CBERS 4, porém houve **atrasos** no desenvolvimento dos subsistemas/equipamentos devido principalmente ao **embargo** dos EUA em relação ao fornecimento de componentes eletrônicos para o programa CBERS, como apresentado na Tabela 10.1, que exemplifica os **componentes embargados na fase inicial** do programa.

Tabela 10.1: Componentes embargados pelos EUA e a solução inicial adotada.

Item	Description	Supplier	Solution
1	Low Frequency Filters	Interpoint	Upscreening pelo fornecedor
2	RF Filter	K&L Microwave	Alterado fornecedor europeu
3	Oscillators	Vectron International	Alterado fornecedor europeu
4	Oscillators	Sirenza	Alterado fornecedor europeu
5	Transistors de RF	Eudyna Devices USA	Modificação no projeto
6	Converters DC/DC	Interpoint	Alterado fornecedor
7	Converters DC/DC	Int. Rectifier Incorporation	Alterado fornecedor
8	Converters DC/DC	Delta VPT	Alterado fornecedor
9	Transistors MOSFET	Int. Rectifier Incorporation	Upscreening pelo fornecedor
10	IC digital memory PROM	Intersil Inc.	Alterados projeto e fornecedor
11	IC digital communication 1553	Data Device Corporation	Upscreening pelo fornecedor
12	High frequency Device	Teledyne Cougar	Alterado fornecedor europeu
13	IC digital LVDS 031 Line driver	Aeroflex Colorado Springs	Alterado fornecedor europeu
14	IC digital LVDS 032 line receiver	Aeroflex Colorado Springs	Alterado fornecedor europeu
15	IC digital LVDM crosspoint	Aeroflex Colorado Springs	Alterado fornecedor europeu
16	Microcontroller 196	Aeroflex Colorado Springs	Alterado fornecedor europeu

Fonte: Muraoka (2010).

Conforme apresentado no Capítulo 3, Santos, Marshall e Daruiz (2013), concluíram que além dos atrasos devidos aos embargos, também houve **atrasos** devido às **dificuldades inerentes à tecnologia** e principalmente **dificuldades de produção**.

Complementando os dados apresentados através do mapeamento de eventos realizado pela equipe de gerenciamento de contratos dos subsistemas (sob responsabilidade do INPE) para os satélites CBERS 3&4, é possível observar que os **atrasos** para a finalização do **projeto preliminar** foram pequenos; mas que os atrasos foram grandes na finalização da fase de **projeto detalhado** e na **fase de qualificação do projeto**, conforme exposto na Tabela 10.2.

Tabela 10.2: Mapeamento de eventos dos projetos de subsistemas do CBERS 3&4.

Subsistema	Atraso da fase de projeto preliminar (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto preliminar e data de conclusão	Atraso da fase de projeto detalhado (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto detalhado e data de conclusão	Atraso da fase de qualificação do projeto (dias)	Motivo do atraso da fase de qualificação do projeto e data de conclusão
Câmera 1	61	<p>Impossibilidade de cumprimento dos prazos originalmente estabelecidos na fase da PDR, devido ao volume de trabalho e complexidade do projeto.</p> <p><u>Data da conclusão:</u> <u>17/01/2006</u></p>	1066	<p>=>Atraso na aquisição dos filtros ópticos e CCDs, sob responsabilidade do INPE; Dificuldades na compra de componentes por parte da contratada e consequente atraso na entrega do GSE; Necessidade de estudos adicionais, c/ objetivo de cobrir aspectos técnicos inéditos.</p> <p>=>Dificuldades relacionadas à compra e desembaraço de componentes e instrumentos essenciais p/ a depuração óptica e funcional do protótipo; Embargo do Governo Americano dos conversores DC/DC e atrasos na construção da sala limpa nas instalações da contratada.</p> <p>=>Embargos sofridos pelo programa CBERS levou a necessidade de fabricação</p>	381	<p>=> Negativa do Governo Americano em fornecer o dispositivo Pin-Puller, de responsabilidade do INPE, gerando a necessidade de modificar o projeto.</p> <p>=> Atrasos por parte do INPE no fornecimento de componentes qualificados.</p> <p>=> Dificuldades da Contratada em qualificar certos processos críticos p/ a fabricação dos modelos de qualificação, como a soldagem SMT.</p> <p>=> Membros da Banca/INPE estavam envolvidos na campanha de testes de lançamento do CBERS 2B e procedimentos de aceitação demoraram mais que o previsto inicialmente.</p> <p>=> Necessidade de estender o escopo de testes, visando o</p>

Subsistema	Atraso da fase de projeto preliminar (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto preliminar e data de conclusão	Atraso da fase de projeto detalhado (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto detalhado e data de conclusão	Atraso da fase de qualificação do projeto (dias)	Motivo do atraso da fase de qualificação do projeto e data de conclusão
				de um novo ME, <i>ITAR-Free</i> . <u>Data da conclusão:</u> <u>17/09/2009</u>		aprimoramento do QM. => Implantação e qualificação de Infraestrutura de Testes Termo vácuo na empresa. <u>Data da conclusão:</u> <u>03/08/2011</u>
Câmera2	4	Não há justificativa. <u>Data da conclusão:</u> <u>22/11/2006</u>	765	=>Atraso na construção da infraestrutura. =>Dificuldades técnicas da empresa (integrar CGSE, implementar funções do software, justificar opção pelo colimador aberto, automatizar ajuste da posição focal do colimador, entregar simulador de cena, demonstrar atendimento aos requisitos da eletrônica SPE). => Fabricação do ME2 (modelo de engenharia 2). => Atraso no fornecimento dos filtros ópticos.	560	=>Dificuldades técnicas da empresa na elaboração da documentação e qualificação de processos de fabricação. =>Troca do relé e correção de problemas técnicos encontrados pela empresa no equipamento SPE. => Atraso no fornecimento de componentes. <u>Data da conclusão:</u> <u>01/12/2011</u>

Subsistema	Atraso da fase de projeto preliminar (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto preliminar e data de conclusão	Atraso da fase de projeto detalhado (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto detalhado e data de conclusão	Atraso da fase de qualificação do projeto (dias)	Motivo do atraso da fase de qualificação do projeto e data de conclusão
				=> Embargos comerciais. <u>Data da conclusão:</u> <u>22/09/2009</u>		
Transmissor de dados	186	Embargo de componentes gerou a necessidade de substituir equipamentos <u>Data da conclusão:</u> <u>27/04/2007</u>	782	=> Embargo de componentes, de responsabilidade do INPE, gerou a necessidade de desenvolver um novo ME (Modelo de Engenharia 2) do equipamento DI. => Greve dos auditores fiscais da Receita Federal. => Necessidade de mudanças durante a integração e testes do ME do satélite na China. <u>Data da conclusão:</u> <u>15/01/2010</u>	336	=> Atraso na disponibilização dos componentes, por parte do INPE. => Problema no equipamento QPSK-TX1 durante os testes de vibração, problemas de Projeto e Fabricação, que ocasionaram novos projetos, especificações de componentes. => Atraso na entrega do equipamento QPSK-TX2 por parte da Contratada. <u>Data da conclusão:</u> <u>18/10/2010</u>
Suprimento de energia	466	=>Constatação de problemas ocorridos c/ o CBERS-2 (sobrecarga de potência, de origem desconhecida, no	-221		1347	=> Dificuldade do INPE em fornecer componentes qualificados; posteriormente, o INPE recebeu a notificação de embargo do Governo

Subsistema	Atraso da fase de projeto preliminar (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto preliminar e data de conclusão	Atraso da fase de projeto detalhado (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto detalhado e data de conclusão	Atraso da fase de qualificação do projeto (dias)	Motivo do atraso da fase de qualificação do projeto e data de conclusão
		<p>barramento de 28 V, comprometendo a missão), necessidade de aumento da potência condicionada inicialmente especificada, necessidade de correções técnicas referentes ao projeto de malha de aterramento dos satélites CBERS 3&4 devido a uma limitação do número de canais de retorno do OBDH, e necessidade de inclusão da tecnologia SMD.</p> <p><u>Data da conclusão:</u> <u>26/09/2006</u></p>		<p>-</p> <p><u>Data da conclusão:</u> <u>19/04/2007</u></p>		<p>Americano p/ compra dos MOSFETs da IR.</p> <p>=> Necessidade de alterar o projeto elétrico e o layout das placas de circuito impresso do equipamento BCHC.</p> <p>=> Problemas de superaquecimento nas baterias do satélite CBERS 2 levaram à necessidade de readequação do projeto da eletrônica de controle de carga das baterias do CBERS 3&4; necessidade de incluir novas telemetrias no subsistema EPSS. Falhas no subsistema de suprimento de energia (equipamento BDR) do satélite CBERS-2B, gerou a necessidade de melhorar a robustez e a confiabilidade do subsistema do CBERS 3&4. Problemas encontrados na fase de qualificação relacionados c/ as modificações de projeto realizadas no BDR e problemas de fabricação e testes dos equipamentos Conversores</p>

Subsistema	Atraso da fase de projeto preliminar (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto preliminar e data de conclusão	Atraso da fase de projeto detalhado (dias)	Motivo do atraso da fase de projeto detalhado e data de conclusão	Atraso da fase de qualificação do projeto (dias)	Motivo do atraso da fase de qualificação do projeto e data de conclusão
						DC/DC e BHC. <u>Data da conclusão:</u> <u>28/06/2011</u>
Gravador de dados	123	Recusa da Actel em fornecer os componentes FPGAs <u>Data da conclusão:</u> <u>27/12/2007</u>	911	=>Dificuldades da contratada em obter componentes qualificados, gerou a necessidade de reprojeter os equipamentos SSR e DSS. =>Negativa da licença de exportação dos componentes que seriam utilizados nos equipamentos SSR e DSS. Problemas da contratada em importar componentes. <u>Data da conclusão:</u> <u>23/12/2009</u>	510	Atraso decorrente dos eventos E e F e atraso na disponibilização pelo INPE do último conjunto de componentes para o DDR DSS e SSR. <u>Data da conclusão:</u> <u>17/11/2011</u>

Nota: Todos os subsistemas finalizaram a Fase de Planejamento do Projeto sem atraso.

10.1.1. Síntese dos dados e escolha do estudo de caso

Algumas conclusões referentes aos dados apresentados na seção anterior são listadas:

- 1) Houve atraso devido a embargos;
- 2) Houve atraso devido a dificuldades inerentes à tecnologia;
- 3) Houve atraso devido a dificuldades de produção;
- 4) Não houve atraso para a finalização do planejamento do projeto em nenhum dos subsistemas apresentados na Tabela 10.2;
- 5) Houve atraso para a finalização do projeto detalhado e para a qualificação do projeto de todos os subsistemas apresentados na Tabela 10.2;

Para avaliação e comparação dos resultados do processo proposto, o projeto da câmera 1 será utilizado como objeto de estudo de caso. Os dados de projeto da câmera 1 não se limitam aos apresentados na Tabela 10.2.

10.2. Aplicação do processo proposto e análise dos resultados

Neste trabalho a comparação entre o atual processo de desenvolvimento dos projetos de subsistemas dos satélites do INPE e o processo proposto para melhoria da Dependabilidade, será realizada através da comparação da quantidade e completude das informações geradas durante as fases de planejamento, projeto preliminar e projeto detalhado.

10.2.1. Aplicação do processo proposto – Fase de Planejamento

❖ PROCESSO ATUAL

Do documento referente à descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes da câmera 1 (INPE, 2004b), tem-se que os documentos que devem ser entregues no final da Fase de Planejamento para serem avaliados na Revisão de Documentos Gerencias (MDR) pelo processo atual, são os listados na Tabela 10.3.

Tabela 10.3: Lista de documentos entregues à MDR pelo processo atual.

Documentos elaborados até o final da Fase de Planejamento sob a ótica da Dependabilidade (resultado do processo atual)		
Gerenciamento	Engenharia	Garantia do Produto
Plano de Gerenciamento	-	Plano de Garantia do Produto
Plano de Controle da Configuração	-	-
Plano de Desenvolvimento e Testes	-	-
Plano de Infraestrutura	-	-
Plano de Recursos Humanos	-	-
Demonstração de Exequibilidade	-	-

Fonte: Adaptado de INPE (2004b).

Do documento referente à Demonstração de Exequibilidade de desenvolvimento da câmera 1 apresentado na MDR (INPE, 2004c), destacam-se as seguintes considerações realizadas na etapa de Planejamento do Projeto:

1) "Avaliação da infraestrutura de recursos humanos

- Equipe de desenvolvimento disponível desde o início do projeto, composta por: doutores em óptica, mestres, engenheiros e, técnicos;
- Equipe de desenvolvimento e montagem deve ser ampliada para suprir a demanda do projeto.

2) Avaliação da infraestrutura física

- Laboratório, softwares de simulação e projeto, equipamentos para o desenvolvimento do projeto óptico e eletroeletrônico disponíveis na empresa, porém sendo utilizados para o desenvolvimento de outros produtos;
- Sala limpa para montagem e testes, planejada para estar disponível oito meses após o início da fase seguinte do projeto (Fase de Projeto Preliminar).

3) Avaliação do cronograma

- Risco de atrasar a finalização da Fase de Projeto Preliminar, mas podendo ser compensada nas fases posteriores.

4) Avaliação da tecnologia óptica

- A equipe não tem experiência no desenho de sistemas ópticos destinados a operar sob radiação ionizante intensa.

5) Avaliação da tecnologia eletrônica

- A equipe não tem experiência em projetos de aplicação espacial, no entanto se considera capaz de estudar as soluções e técnicas empregadas usualmente na área.

6) Avaliação do controle da configuração

- O sistema de gestão da configuração deve ser expandido;

7) Avaliação dos itens críticos

- Componentes eletrônicos são itens críticos, porém serão fornecidos pelo INPE;
- Vidros ópticos resistentes à radiação podem sofrer embargos, porém outras estratégias alternativas podem ser adotadas."

❖ **PROCESSO PROPOSTO**

Como resultado da aplicação do processo proposto para a melhoria da Dependabilidade, a Tabela 10.4 apresenta os documentos gerados na Fase de Planejamento e avaliados na Revisão de Documentos Gerencias (MDR).

Tabela 10.4: Documentos gerados na Fase de Planejamento pelo processo proposto.

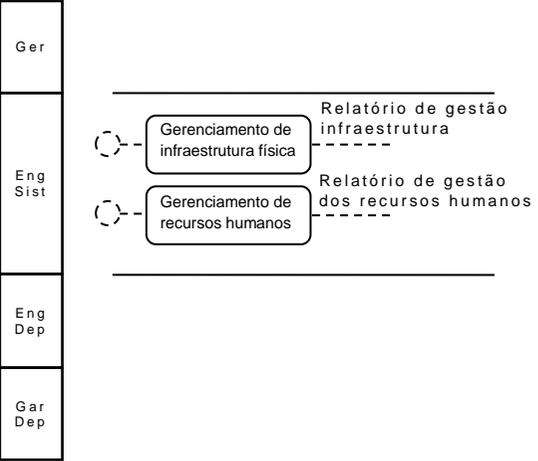
Documentos elaborados até o final da fase de planejamento sob a ótica da Dependabilidade (resultado do processo proposto)			
Gerenciamento	Engenharia de Sistemas	Engenharia da Dependabilidade	Garantia da Dependabilidade
Plano de Gerenciamento do Projeto	Requisitos da Dependabilidade	Plano de Gerenciamento dos Requisitos da Dependabilidade (~verificação)	Plano de Trabalho da Garantia da Dependabilidade
Plano de Gerenciamento do Cronograma	Plano de Implementação	Plano de Trabalho para a Engenharia da Dependabilidade	Guia para Garantia da Dependabilidade
Plano de Gerenciamento dos Custos	Plano de Integração	-	Guia para Engenharia da Dependabilidade
Plano de Gerenciamento dos Riscos	Plano do Projeto	-	-
Identificação e Reposta aos Riscos	WBS	-	-
-	Plano de Gerenciamento de Decisão	-	-
-	Plano de Gerenciamento da Configuração	-	-
-	Plano de Gerenciamento da Informação	-	-

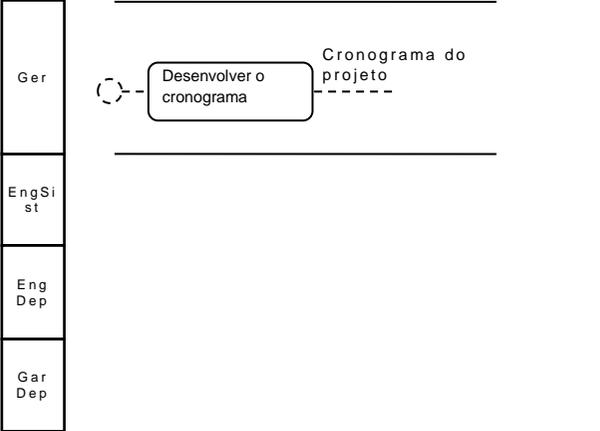
Executando os processos propostos, e considerando os cenários referentes à época de desenvolvimento do projeto da câmera 1, as informações mais relevantes que deveriam ser encontradas a partir dos documentos avaliados na (MDR) (Tabela 10.4), estão apresentadas na Tabela 10.5.

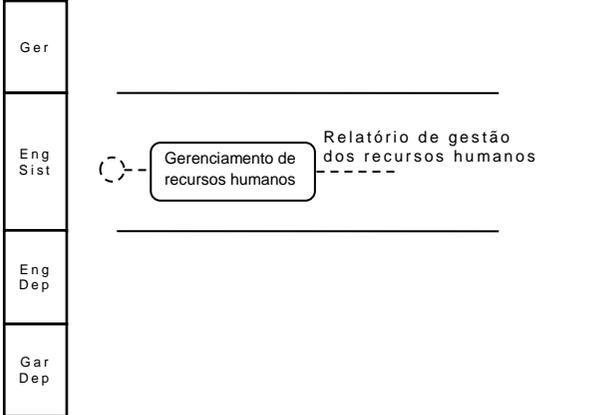
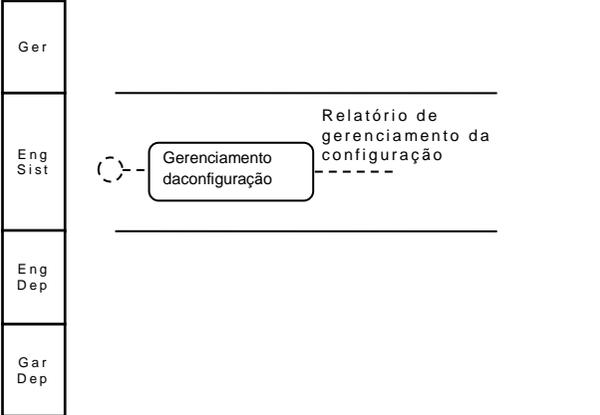
Na Tabela 10.5 a penúltima coluna é referente aos riscos (ameaças, "modos de falha") que são mapeados pelo DMEP, e a última coluna é referente a classificação desses riscos pela aplicação do FMEP.

Tabela 10.5: Resultados da aplicação dos processos propostos na Fase de Planejamento.

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
Infraestrutura de recursos humanos		<ul style="list-style-type: none"> ○ Equipe de desenvolvimento disponível desde o início do projeto: doutores em óptica, mestres, engenheiros e, técnicos; ○ Equipe deve ser ampliada e as atividades distribuídas, considerando as seguintes funções: <ul style="list-style-type: none"> ○ Chefe do Gerenciamento do Projeto ○ Chefe da Engenharia de Sistemas; ○ Engenheiros responsáveis pela: implementação, integração, configuração; ○ Engenheiro da Dependabilidade; ○ Engenheiro da Garantia do Produto com ênfase em Dependabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Equipe não estar ampliada no tempo adequado para suprir as necessidades do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
Infraestrutura física		<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Laboratório, softwares de simulação e projeto, equipamentos para o desenvolvimento do projeto óptico e eletroeletrônico disponíveis na empresa, porém sendo utilizados para o desenvolvimento de outros produtos, podendo ser eventualmente utilizadas para o desenvolvimento da câmera;</i> ○ <i>Ampliação, quando necessário, da infraestrutura física com a construção de salas limpas para a implementação das partes ópticas e eletroeletrônica;</i> ○ <i>Aquisição, quando necessário, de ferramentas computacionais para o desenvolvimento e testes das partes ópticas e eletroeletrônicas;</i> ○ <i>Aquisição de equipamentos, quando necessário, para a implementação e testes das partes ópticas e eletroeletrônicas.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Não identificar a necessidade de ampliação da infraestrutura física no tempo adequado para cumprir o cronograma;</i> ○ <i>Não identificar a necessidade de aquisição de ferramentas computacionais no tempo adequado para cumprir o cronograma;</i> ○ <i>Não identificar a necessidade de aquisição de equipamentos no tempo adequado para cumprir o cronograma.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa ● Alta ● Média ● Baixa ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Críticidade estendida
Análise do cronograma		<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Cronograma justo da fase de projeto preliminar, que deve ser monitorado de forma rigorosa. O INPE deverá avaliar o relatório de controle do cronograma em dois eventos pré PDR.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Não cumprimento do cronograma.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa
Tecnologia óptica		<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>A equipe não tem experiência no desenho de sistemas ópticos tolerantes à radiação ionizante.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Não atingir os objetivos esperados do projeto.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
Tecnologia eletrônica		<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>A equipe não tem experiência em projetos de aplicação espacial, no entanto se considera capaz de estudar as soluções e as técnicas empregadas usualmente na área.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Não atingir os objetivos esperados do projeto.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa
Controle da configuração		<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Ampliação do sistema de gestão da configuração;</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Não atingir os objetivos esperados de controle da configuração.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
Itens críticos	<p>The diagram illustrates the 'Planejar o projeto' process. It features a central box labeled 'Planejar o projeto' with a dashed arrow pointing to 'Plano do projeto'. This process is supported by four roles listed in a vertical stack on the left: Ger, Eng Sist, Eng Dep, and Gar Dep. Horizontal lines are drawn above and below the process box.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Componentes eletrônicos (para ME fornecidos pela contratada, para o MQ e MV fornecidos pelo INPE); ○ Vidros ópticos resistentes à radiação podem sofrer embargo; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dificuldades de informações de fornecimento de cada componente; ○ Não alcançar soluções alternativas de substituição; ○ Não encontrar estratégias alternativas de fornecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa <ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa <ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

10.2.2. Aplicação do processo proposto – Fase de Projeto Preliminar

❖ PROCESSO ATUAL

A Tabela 10.6 apresenta os documentos que devem ser entregues à PDR durante Fase de Projeto Preliminar pelo processo atual (INPE, 2004b).

Tabela 10.6: Lista de documentos entregues à PDR pelo processo atual.

Documentos elaborados até o final da Fase de Projeto Preliminar sob a ótica da Dependabilidade (resultado processo atual)		
Gerenciamento	Engenharia	Garantia do Produto
Documento de Gerenciamento abordando os seguintes itens: exequibilidade, análise preliminar de risco, descrição das tecnologias a serem utilizadas, avaliação da disponibilidade das tecnologias a serem empregada, status de qualificação.	Documentação de Projeto dos Equipamentos / Subsistemas, como análises (confiabilidade, FMEA, radiação, térmica, estrutural, etc.), lista de componentes, lista de itens críticos, desenhos, diagramas, especificações, simulações, entre outros.	Plano de Inspeção
Cronograma atualizado	Documentação de Fabricação dos Equipamentos / Subsistemas	Relatório de Implementação do Plano de Garantia do Produto
Relatório de Implementação dos planos de infraestrutura e recursos humanos	Documentação de Verificação e Testes	Relatório de Implementação do Plano de Configuração
Lista de Itens Críticos	-	-
Plano de Mitigação de Efeitos dos Itens Críticos	-	-
Relatório do Status da Procura e Compra de Componentes e Materiais	-	-

Fonte: Adaptado de INPE (2004b).

Do documento referente à demonstração de exequibilidade de desenvolvimento da câmera 1 apresentada na PDR (INPE, 2004c) destacam-se as seguintes considerações realizadas na etapa de Projeto Preliminar:

1) "Infraestrutura física

- Tecnologia de manufatura necessária à fabricação das partes da câmera irão exigir um aumento na infraestrutura física, salas limpas especiais e instrumentos industriais.

2) Recursos humanos

- Equipe de engenharia aumentada, porém o plano de contratação está em andamento.

3) Tecnologia óptica

- Dificuldades crescentes na aquisição de vidros.

4) Tecnologia Eletrônica

- Os resultados das análises de influência de radiação nos componentes eletrônicos causaram mudanças nas escolhas de fornecedores e arquiteturas."

❖ PROCESSO PROPOSTO

Como resultado da aplicação do processo proposto para a melhoria da Dependabilidade, a Tabela 10.7 apresenta os documentos gerados e avaliados na Fase de Projeto Preliminar.

Tabela 10.7: Documentos gerados durante a Fase de Projeto Preliminar pelo processo proposto.

Documentos elaborados até o final da fase de Projeto Preliminar sob a ótica da Dependabilidade (resultado do processo proposto)			
Gerenciamento	Engenharia de Sistemas	Engenharia da Dependabilidade	Garantia da Dependabilidade
Relatório de Monitoração e Controle do Projeto	Verificação da Estratégia de Implementação sob a Ótica da Dependabilidade	Relatório de Acompanhamento dos Requisitos da Dependabilidade	Relatório de Acompanhamento da Execução da Garantia da Dependabilidade
Relatório do Controle do Cronograma	Relatório de Avaliação e Controle do Projeto	Análise de Confiabilidade (predição e DBC)	Relatório de Avaliação da Predição da Confiabilidade
Relatório do Controle dos Custos	Relatório de Gerenciamento de Decisão	FMEA	Relatório de Avaliação da FMEA
Relatório do Controle dos Riscos	Relatório de Gerenciamento de Riscos Técnicos	Relatório de Identificação e Mitigação dos Pontos de Falha Simples	Relatório de Avaliação e Acompanhamento da Lista de Pontos de Falha Simples
Relatório de Gerenciamento das Comunicações	Relatório de Gerenciamento da Configuração	Relatório de Identificação e Mitigação dos Itens Críticos para Confiabilidade	Relatório de Avaliação e Acompanhamento dos Itens Críticos para Confiabilidade
-	Relatório de Gerenciamento da Informação	Relatório de Identificação e Mitigação dos Itens Críticos para Disponibilidade	Relatório de Avaliação e Acompanhamento dos Itens Críticos para Disponibilidade

Documentos elaborados até o final da fase de Projeto Preliminar sob a ótica da Dependabilidade (resultado do processo proposto)			
-	Relatório de Gerenciamento da Infraestrutura	Relatório de Identificação e Mitigação dos Itens Críticos para Manutenibilidade	Relatório de Avaliação e Acompanhamento dos Itens Críticos para Manutenibilidade
-	Relatório de Gerenciamento dos Recursos Humanos	Relatório com o registro das Reduções de Esforços	Relatório de Avaliação e Aprovação dos Processos de Manuseio dos Componentes
-	-	-	Relatório de Avaliação e Aprovação do Nível de Qualidade dos Componentes EEE
-	-	-	Relatório de Avaliação e Acompanhamento da Análise de Redução de Esforços dos Componentes EEE

Executando os processos propostos, e considerando os cenários referentes à época de desenvolvimento do projeto da câmera 1, as informações mais relevantes que deveriam ser encontradas a partir dos documentos avaliados durante a Fase de Projeto Preliminar (Tabela 10.7), estão apresentadas na Tabela 10.8, sendo importante observar que são propostos três momentos de entrega de documentos (pacotes de dados) para acompanhamento e avaliação do projeto.

Na Tabela 10.8 a penúltima coluna é referente aos riscos (ameaças, "modos de falha") que são mapeados pelo DMEP, e a última coluna é referente a classificação desses riscos pela aplicação do FMEP.

A Figura 10.1 e a Tabela 10.9 exemplificam a aplicação da DMEP e FMEP para avaliação da ameaça **infraestrutura física indisponível**.

Tabela 10.8: Resultados da aplicação dos processos propostos na Fase de Projeto Preliminar.

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
Infraestrutura de recursos humanos		<ul style="list-style-type: none"> ○ 1º pacote de dados: <ul style="list-style-type: none"> ● Equipe de engenharia aumentada e atividades redistribuídas; ○ 2º pacote de dados: <ul style="list-style-type: none"> ● Avaliação da necessidade da ampliação da equipe de engenharia e avaliação da distribuição das atividades; ○ 3º pacote de dados (pacote PDR): <ul style="list-style-type: none"> ● Conclusão da ampliação da equipe de engenharia e dos treinamentos. ● Conclusão do mapeamento das atividades previstas para a próxima fase; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Equipe não estar ampliada adequadamente para suprir as necessidades do projeto. ○ Equipe não estar ampliada e distribuída adequadamente para suprir as necessidades do projeto. ○ Equipe não estar ampliada e distribuída adequadamente para suprir as necessidades do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa ● Alta ● Média ● Baixa ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
Infraestrutura física		<ul style="list-style-type: none"> ○ 1º pacote de dados: <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da necessidade de ampliação da infraestrutura física com a construção de salas limpas para a implementação das partes ópticas e eletroeletrônicas; • Avaliação da necessidade de aquisição de ferramentas computacionais para o desenvolvimento e testes das partes ópticas e eletroeletrônicas; • Avaliação da necessidade de aquisição de equipamentos para a implementação e testes das partes ópticas e eletroeletrônicas; • Início da implementação das necessidades detectadas até o momento; ○ 2º pacote de dados: <ul style="list-style-type: none"> • Conclusão ou avaliação na fase final da necessidade de ampliação da infraestrutura física com a construção de salas limpas para a implementação das partes ópticas e eletroeletrônicas; • Conclusão ou avaliação na fase final da necessidade de aquisição 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Infraestrutura não estar ampliada adequadamente para suprir as necessidades do projeto.</i> ○ <i>Infraestrutura não estar ampliada e distribuída adequadamente para suprir as necessidades do projeto.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
		<p><i>de ferramentas computacionais para o desenvolvimento e testes das partes ópticas e eletroeletrônicas;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Conclusão ou avaliação na fase final da necessidade de aquisição de equipamentos para a implementação e testes das partes ópticas e eletroeletrônicas;</i> • <i>Continuidade da implementação das necessidades detectadas até o momento;</i> <p>○ <i>3º pacote de dados (pacote PDR):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Conclusão da avaliação na fase final da necessidade de ampliação da infraestrutura física com a construção de salas limpas para a implementação das partes ópticas e eletroeletrônicas;</i> • <i>Conclusão da avaliação na fase final da necessidade de aquisição de ferramentas computacionais para o desenvolvimento e testes das partes ópticas e eletroeletrônicas;</i> • <i>Conclusão da avaliação na fase final da necessidade de aquisição de equipamentos para a implementação e testes das partes</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Infraestrutura não estar ampliada e distribuída adequadamente para suprir as necessidades do projeto.</i> 	<p>● Alta</p> <p>● Média</p> <p>● Baixa</p>

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
		<p><i>ópticas e eletroeletrônicas;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Conclusão da implementação das necessidades detectadas até o momento.</i> 		
<p>Análise de cronograma</p>		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cronograma controlado de forma rigorosa.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Não cumprimento do cronograma.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
Tecnologia óptica	<p> Ger Eng Sist Eng Dep Gar Dep </p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1º pacote de dados <ul style="list-style-type: none"> ● Início do planejamento de aquisições de vidros; ○ 2º pacote de dados <ul style="list-style-type: none"> ● Detecção de dificuldades crescentes para aquisição de vidros; ○ 3º pacote de dados (pacote PDR) <ul style="list-style-type: none"> ● Dificuldades para aquisição de vidros e soluções de contorno; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Não adquirir o vidro especificado 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
Tecnologia Eletrônica		<ul style="list-style-type: none"> ○ 1º relatório <ul style="list-style-type: none"> ● Estudo preliminar das topologias e tecnologias de partes eletroeletrônicas; ○ 2º relatório <ul style="list-style-type: none"> ● Continuidade do estudo preliminar das topologias e tecnologias de partes eletroeletrônicas; ○ 3º relatório (pacote PDR) <ul style="list-style-type: none"> ● Definição preliminar das topologias e partes eletroeletrônicas, contemplando os aspectos de custo, cronograma, e Dependabilidade; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Não cumprir os requisitos do cronograma, custo e Dependabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

Tabela 10.9: FMEP para avaliar a ameaça *infraestrutura física indisponível*.

Função no projeto	Modo de falha	Causa da falha	Efeito da falha	Severidade (S)	Probabilidade de ocorrência (PO)	Detectabilidade (D)	Tratabilidade (T)	Criticidade (S*PO)	Criticidade estendida
Adquirir equipamentos	Atraso na definição da lista de equipamentos para aquisição	Cronograma não adequado	Equipamentos indisponível Atraso no cronograma Custo adicional		Pm				
	Alteração na lista de equipamentos para aquisição	Embargos comerciais	Equipamentos indisponível Atraso no cronograma Custo adicional		Pm				
	Falta de equipe qualificada realizar a aquisição	Planejamento de recursos humanos não adequado	Equipamentos indisponível Atraso no cronograma Custo adicional		Pb				
	Atraso na liberação de recursos financeiros para a aquisição	Alteração nas diretrizes do governo	Equipamentos indisponível Atraso no cronograma Custo adicional		Pa				

❖ PROCESSO ATUAL

Os documentos denominados *Análise Preliminar de Confiabilidade* (INPE, 2005a) e *Análise dos Modos e Efeitos da Falha, e Lista de Itens Críticos* (2005b), também elaborados durante a Fase de Projeto Preliminar, apresentam as seguintes informações:

- 1) "Foi utilizado para a predição das taxas de falhas o método *Parts Count*, componente da referência MIL-HDBK-217F;
- 2) Foi considerado o diagrama de blocos simplificado (elementos em série), com exceção das redundâncias referentes ao sistema de alimentação (*power*) e controle térmico;
- 3) Algumas modificações no projeto eletrônico foram realizadas decorrentes dos resultados da primeira avaliação;
- 4) Foram utilizadas algumas taxas de falhas fornecidas pelos fabricantes;
- 5) Foi obtido o valor predito da Confiabilidade igual à 0,929, não alcançando o valor de requisito que é $\geq 0,955$;
- 6) Foi realizada a FMEA em nível de componentes eletroeletrônicos e identificados e mitigados os itens críticos para a Confiabilidade."

❖ PROCESSO PROPOSTO

Executando os processos propostos, e considerando os cenários referentes à época de desenvolvimento do projeto da câmera 1, as informações mais relevantes que deveriam ser encontradas a partir dos documentos avaliados durante a fase de projeto preliminar (Tabela 10.8), estão apresentadas na Tabela 10.10, sendo importante observar que são propostos três momentos de entrega de documentos (pacotes de dados) para acompanhamento e avaliação do projeto:

Na Tabela 10.10 a penúltima coluna é referente aos riscos (ameaças, "modos de falha") que são mapeados pelo DMEP, e a última coluna é referente a classificação desses riscos pela aplicação do FMEP.

Tabela 10.10: Resultados da aplicação dos processos propostos na Fase de Projeto Preliminar.

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
<p>Requisitos da Dependabilidade</p>	<p>Ger</p>	<p>1º pacote de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Acompanhamento dos requisitos de Dependabilidade: <ul style="list-style-type: none"> • Identificação dos itens críticos para a Confiabilidade, sendo possível iniciar a mitigação com o emprego das técnicas de prevenção e tolerância à falhas; • Identificação dos itens críticos para a Disponibilidade sendo possível iniciar a mitigação com escolhas de topologias que permitam a intercambiabilidade de componentes ou de blocos funcionais, previsão de “lead time”; • Identificação dos itens críticos para a manutenibilidade, sendo possível iniciar a mitigação com a escolha de topologias que permitam a manutenção conforme requisitos do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Não cumprir com os requisitos de Confiabilidade; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa
	<p>Eng Sist</p>		<ul style="list-style-type: none"> ○ Não cumprir com os requisitos de Disponibilidade; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa
	<p>Eng Dep</p>		<ul style="list-style-type: none"> ○ Não cumprir com os requisitos de manutenibilidade; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa
	<p>Gar Dep</p>		<ul style="list-style-type: none"> ○ Necessidade de alteração de requisitos e ou especificações. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
		<p><i>2º pacote de dados:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Acompanhamento dos requisitos de Dependabilidade:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Identificação dos itens críticos para a Confiabilidade, sendo possível iniciar a mitigação com o emprego das técnicas de prevenção e tolerância à falhas;</i> • <i>Identificação dos itens críticos para a Disponibilidade sendo possível iniciar a mitigação com escolhas de topologias que permitam a intercambiabilidade de componentes ou de blocos funcionais, previsão de “lead time”;</i> • <i>Identificação dos itens críticos para a manutenibilidade, sendo possível iniciar a mitigação com a escolha de topologias que permitam a manutenção conforme requisitos do projeto.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Não cumprir com os requisitos de Confiabilidade;</i> ○ <i>Não cumprir com os requisitos de Disponibilidade;</i> ○ <i>Não cumprir com os requisitos de manutenibilidade;</i> ○ <i>Necessidade de alteração de requisitos e ou especificações</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa ● Alta ● Média ● Baixa ● Alta ● Média ● Baixa

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
		<p><i>3º pacote de dados (pacote PDR):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Acompanhamento dos requisitos de Dependabilidade:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Identificação dos itens críticos para a Confiabilidade, sendo possível iniciar a mitigação com o emprego das técnicas de prevenção e tolerância à falhas;</i> • <i>Identificação dos itens críticos para a Disponibilidade sendo possível iniciar a mitigação com escolhas de topologias que permitam a intercambiabilidade de componentes ou de blocos funcionais, previsão de “lead time”;</i> • <i>Identificação dos itens críticos para a manutenibilidade, sendo possível iniciar a mitigação com a escolha de topologias que permitam a manutenção conforme requisitos do projeto.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Não cumprir com os requisitos de Confiabilidade;</i> ○ <i>Não cumprir com os requisitos de Disponibilidade;</i> ○ <i>Não cumprir com os requisitos de manutenibilidade;</i> ○ <i>Necessidade de alteração de requisitos e ou especificações</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta ● Média ● Baixa

10.2.3. Aplicação do processo proposto – Fase de Projeto Detalhado

❖ Processo Atual

A Tabela 10.11 apresenta os documentos que devem ser entregues à CDR durante a Fase de Projeto Detalhado pelo processo atual (INPE, 2004b).

Tabela 10.11: Lista de documentos entregues à CDR pelo processo atual.

Documentos elaborados até o final da Fase de Projeto Detalhado sob a ótica da Dependabilidade (resultado processo atual)		
Gerenciamento	Engenharia	Garantia do produto
Análise do Cronograma Atualizado	Documentação de Projeto dos Equipamentos / Subsistemas, como análises (confiabilidade, FMEA, radiação, térmica, estrutural, etc.), simulações, documentos As Design dos QMs, documentação dos processos, documentação do ferramental de fabricação.	Relatório de Implementação do Plano de Garantia do Produto
Relatório de implementação dos planos de infraestrutura	Documentação de Fabricação e Testes dos Equipamentos/Subsistemas EM e STM.	Relatório de Implementação do Plano de Configuração
Relatório de Implementação do Plano de Recursos Humanos	Documentação de Verificação e Testes	-
Demonstração da Disponibilidade de infraestrutura, ferramental, equipamentos, partes e materiais a serem utilizados na fabricação do QM.	Lista de Componentes	-
Lista de Itens Críticos	Lista de Materiais	-
Situação de Compra de componentes eletroeletrônicos e materiais.	-	-

Do documento referente Relatório de Andamento Mensal (RBN-PRP-8058/00) de desenvolvimento da câmera 1 apresentado em janeiro de 2010 quando o projeto estava na etapa de Qualificação, destaca-se o seguinte ponto:

- "Item de ação pendente da revisão CDR, onde foi registrado:
Documentos referentes às Análises de Confiabilidade, Derating e FMECA devem ser atualizados para contemplar as modificações que ocorrerão no desenvolvimento do Modelo de Qualificação."

❖ Processo Proposto

Como resultado da aplicação do processo proposto para a melhoria da Dependabilidade, a Tabela 10.12 apresenta os documentos gerados e avaliados na fase de Projeto Detalhado pelo processo proposto.

Tabela 10.12: Documentos gerados durante a Fase de Projeto Detalhado pelo processo proposto.

Documentos elaborados até o final da Fase de Projeto Detalhado sob a ótica da Dependabilidade (resultado do processo proposto)			
Gerenciamento	Engenharia de Sistemas	Engenharia da Dependabilidade	Garantia da Dependabilidade
Relatório de Controle do Cronograma	Relatório de Avaliação do Projeto	Relatório de Gerenciamentos dos Requisitos da Dependabilidade	Relatório de Acompanhamento da Execução da Garantia da Dependabilidade
Relatório de Controle do Custo	Relatório de Avaliação da Dependabilidade	Documento referente à Predição da Confiabilidade	-
Relatório de Controle do Risco	Relatório de Controle e Mitigação dos Riscos Técnicos	Documento referente à FMEA	-
-	Relatório de Gerenciamento da Informação	Documento referente ao Mapeamento e Mitigação de Itens Críticos para a Dependabilidade	-
-	Relatório de Gerenciamento da Infraestrutura	Documento referente à Redução de Esforços dos Componentes EEE	-
-	Relatório de Gerenciamento dos Recursos Humanos	-	-

Executando os processos propostos, e considerando os cenários referentes à época de desenvolvimento do projeto da câmara 1, as informações mais relevantes que deveriam ser encontradas a partir dos documentos avaliados durante a Fase de Projeto Detalhado (Tabela 10.12), estão apresentadas na Tabela 10.13.

Na Tabela 10.13 a penúltima coluna é referente aos riscos (ameaças, "modos de falha") que são mapeados pelo DMEP, e a última coluna é referente a classificação desses riscos pela aplicação do FMEP.

A Figura 10.2 e a Tabela 10.14 exemplificam a aplicação da DMEP e FMEP para avaliação da ameaça **documentos da revisão de projeto detalhado abertos**.

Tabela 10.13: Resultados da aplicação dos processos propostos na Fase de Projeto Detalhado.

Tópico	Processos executados	Informações extraídas dos processos executados	Risco	Criticidade estendida
<p>Requisitos da Dependabilidade</p>	<p>The diagram illustrates the execution of project processes across four roles:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ger (Gerente): <ul style="list-style-type: none"> Monitorar e controlar o projeto (linked to 'Relatório de monitoramento e controle do projeto') Controlar o cronograma (linked to 'Relatório de controle do cronograma') Eng Sist (Engenheiro de Sistemas): <ul style="list-style-type: none"> Avaliar e controlar o projeto (linked to 'Realizar o processo de implementação') Eng Dep (Engenheiro de Dependabilidade): <ul style="list-style-type: none"> Two diamond-shaped decision points leading to 'Todos os dados estão atualizados'. Gar Dep (Garantia de Dependabilidade): <ul style="list-style-type: none"> Controlar a garantia da dependabilidade. <p>Flow arrows indicate dependencies and data flow between these processes.</p>	<p><i>Pacote de dados para CDR:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Identificação de documentos abertos referentes à demonstração dos requisitos Dependabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar a fase de qualificação e detectar necessidades de mudanças devido ao não atendimento dos requisitos da Dependabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> Alta (Red circle) Média (Yellow circle) Baixa (Green circle)

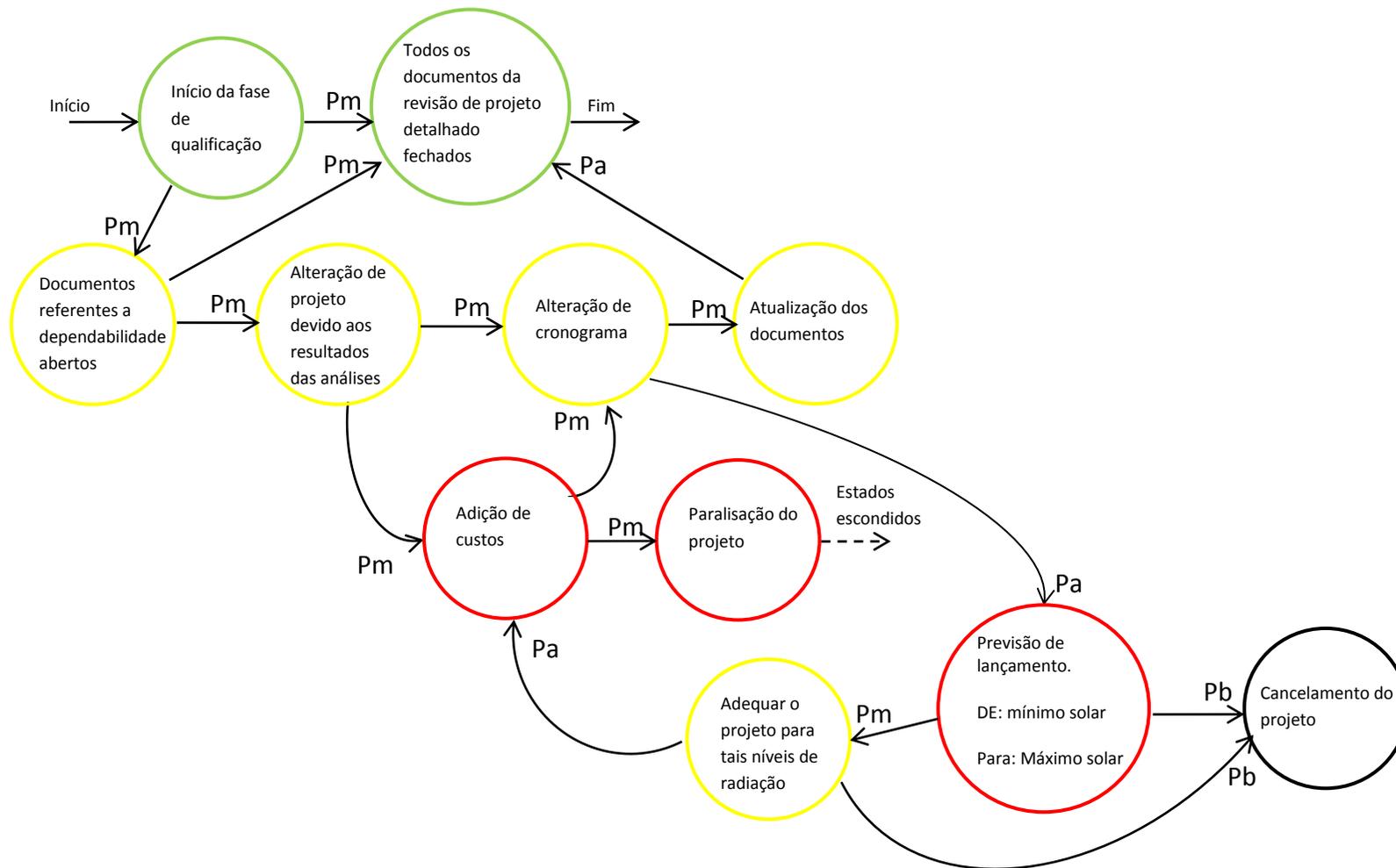


Figura 10.2: DMEP para avaliar a ameaça documentos da revisão de projeto detalhado abertos.

Tabela 10.14: FMEP para avaliar a ameaça *documentos da revisão de projeto detalhado abertos*.

Função no projeto	Modo de falha	Causa da falha	Efeito da falha	Severidade (S)	Probabilidade de ocorrência (PO)	Detectabilidade (D)	Tratabilidade (T)	Criticidade (S*PO)	Criticidade estendida
Elaborar documentos referentes à Dependabilidade para o encerramento da Fase de Projeto Detalhado	Atraso na finalização dos documentos	Cronograma não adequado	Requisitos para fechamento da fase de projeto detalhado não verificados		Pa				
		Cronograma não cumprido	Alteração do projeto na fase de qualificação						
	Documentos não refletindo o projeto detalhado	Recursos humanos especializados insuficientes							
		Fluxo da informação não adequado	Verificação dos requisitos para fechamento da fase de projeto detalhado inválida		Pa				
		Cronograma não adequado	Alteração do projeto na fase de qualificação						
	Cronograma não cumprido								

10.3. Avaliação do processo – atual e proposto

Em relação à avaliação do processo proposto é possível apresentar o seguinte:

- 1) São propostos processos estabelecidos de Gerenciamento de Projetos, Engenharia de Sistemas, Engenharia e Garantia da Dependabilidade;
- 2) Para aplicar os processos propostos é necessário aumentar as Fases de Planejamento do Projeto, de Projeto Preliminar e de Projeto Detalhado;
- 3) Os processos propostos irão gerar mais detalhamento do projeto nas fases iniciais, suportando as tomadas de decisões;
- 4) O encerramento da Fase de Projeto Detalhado é condicionado ao cumprimento dos requisitos de projeto.

A condição imposta pelo processo proposto de “Atender todos os requisitos de projeto para conclusão da Fase de Projeto Detalhado”, é justificada pelo custo adicional gerado para realizar modificações de projeto nas fases posteriores (ex: Fase de Qualificação).

Oliveira (OLIVEIRA; 2011) em sua dissertação de mestrado aborda os aspectos relacionados ao custo da qualidade do programa CBERS, com enfoque na não qualidade (ou não conformidade) e, falhas e modificações corretivas de projeto, registradas ao longo do desenvolvimento dos satélites CBERS1&2.

A Figura 10.3 apresenta o ciclo de desenvolvimento dos satélites do Programa CBERS e suas fases associadas às categorias de custos da qualidade.

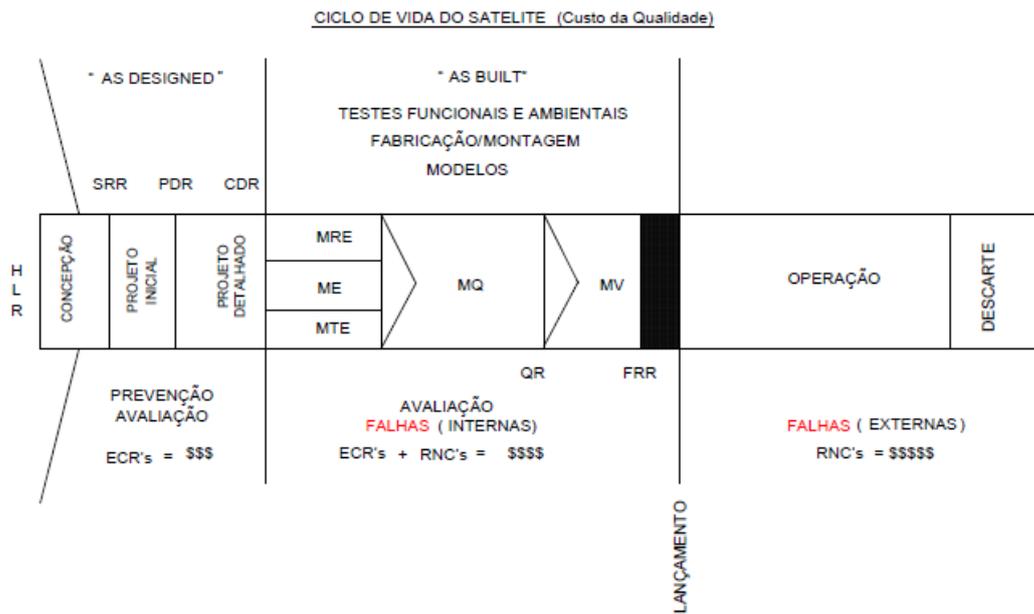


Figura 10.3: Ciclo de vida dos satélites CBERS *versus* custo da qualidade.

Fonte: Oliveira (2011).

Observa-se, através da Figura 10.3, que até o final da Fase do Projeto Detalhado, somente acontece a Solicitação de Modificação de Engenharia (ECR) para registrar as solicitações de mudança de documentos que norteiam o projeto como: especificações, requisitos e planos. A partir da Fase de Qualificação de projeto acontecem as ECR's e os Tratamentos de Não Conformidades (NRB's), pois qualquer alteração de projeto deve ser tratada como não conformidade, e deve ter avaliação de um *board* de especialistas, uma vez que após o término da fase de detalhamento o projeto deve ser congelado.

Para avaliar o custo para o tratamento de Solicitações de Modificação de Engenharia (ECR's) e Relatórios de Não Conformidade (NCR's), Oliveira (OLIVEIRA, 2011) apresenta quais os elementos que devem ser considerados e suas estimativas, conforme Tabelas 10.15 e 10.16.

Tabela 10.15: Elementos de custo para cálculo de uma ECR.

Tipo ECR	ELEMENTOS DE CUSTO									
	Custo Indireto				Custo Direto					
	Gerenciamento				Eng. e Tec. (Hh)	Lab. Teste		Mat. (US\$)	Custo Total	
	Plan.	Sist.	GP	Misc. (US\$)		Func. e Amb.(h)				
CL	10(Hh)	10(Hh)	20(Hh)	250	40	20	10	10	250	(3.3)
CC	n/a	n/a	6(Hh)	50	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	(3.4)

Nota: O número de Hh indicado na tabela referente à GP nas ECR's de Ciclo Longo e Curto é sempre composto de Hh_{NM} mais Hh_{NS}.

Fonte: Oliveira (2011).

onde:

$$CECR_{CL} = \Delta t(Ch_{NS}) + \Delta t(Ch_{NM}) + \Delta t(Ch_{TF}) + \Delta t(Ch_{TA}) + CF_1$$

$$CECR_{CC} = \Delta t(Ch_{NS}) + \Delta t(Ch_{NM}) + CF_3 \quad (8.1)$$

sendo:

Ciclo Curto (CC): correções de texto, formatações e verificação dos códigos da árvore do produto.

Ciclo Longo (CL): modificações de requisitos/especificações.

Tabela 10.16: Elementos de custo para cálculo de uma NCR.

Tipo NCR	ELEMENTOS DE CUSTO									
	Custo Indireto				Custo Direto					
	Gerenciamento				Eng. e Tec. (Hh)	Lab. Teste		Mat. (US\$)	Custo Total	
	Plan.	Sist.	GP	Misc. (US\$)		Func. e Amb.(h)				
Maior	10(Hh)	10(Hh)	20(Hh)	250	40	20	10	10	250	(3.1)
Menor	5(Hh)	5(Hh)	10(Hh)	50	20	10	5	n/a	50	(3.2)

Nota 1: O número de Hh indicado na tabela referente à GP nas NCR's Maior e Menor é sempre composto de Hh_{NM} mais Hh_{NS}.

Nota 2: O n/a que aparece nos testes ambientais para as NCR's menores, foi verificado segundo a amostra de NCR's analisadas, pode haver casos em que tenha sido necessário passar por testes ambientais, mas são exceções.

Fonte: Oliveira (2011).

onde:

$$\begin{aligned}
 \text{CNC}_{\text{MAIOR}} &= \Delta t(\text{Ch}_{\text{NS}}) + \Delta t(\text{Ch}_{\text{NM}}) + \Delta t(\text{Ch}_{\text{TF}}) + \Delta t(\text{Ch}_{\text{TA}}) + \text{CF}_1 \\
 \text{CNC}_{\text{MENOR}} &= \Delta t(\text{Ch}_{\text{NS}}) + \Delta t(\text{Ch}_{\text{NM}}) + \Delta t(\text{Ch}_{\text{TF}}) + \text{CF}_2
 \end{aligned}
 \tag{8.2}$$

A legenda da simbologia adota nas Equações 8.1 e 8.2, é apresentada a seguir:

CNC_{MAIOR} = Custo de uma Não-Conformidade Maior

CNC_{MENOR} = Custo de uma Não-Conformidade Menor

CECR_{CL} = Custo de uma ECR Ciclo Longo

CECR_{CC} = Custo de uma ECR Ciclo Curto

Δt(Ch_{NS}) = Tempo gasto para correção do problema vezes o custo/hora Nível Superior

Δt(Ch_{NM}) = Tempo gasto para correção do problema vezes o custo/hora Nível Médio

Δt(Ch_{TF}) = Tempo gasto de teste vezes o custo/hora de teste funcional

Δt(Ch_{TA}) = Tempo gasto de teste Ambiental vezes o custo/hora de Teste Ambiental

CF₁ = Custo Fixo dos insumos (Miscelânea/Material) necessários para a correção de uma ECR_{CL} ou NCR_{MAIOR}

CF₂ = Custo Fixo dos insumos (Miscelânea/Material) necessários para a correção de uma NCR_{MENOR}

CF₃ = Custo Fixo dos insumos (Miscelânea/Material) necessários para a correção de uma ECR_{CC}

As Tabelas 10.17 a 10.21 foram elaboradas utilizando como referência o trabalho de Oliveira (2011), com o objetivo de demonstrar os custos mínimos adicionais resultantes de modificações de projeto após a Fase de Projeto Detalhado. Para isso foram considerados:

- 1) Ocorrências iguais às que aconteceram durante o desenvolvimento dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4;
- 2) Avaliação de documentos resultantes do processo proposto, afetados de forma direta ou indireta pela ocorrência em análise;

- 3) Custos mínimos adicionais considerando somente um ciclo de avaliação de NCR's e ECR's. Quando as NCR's e ECR's são rejeitadas, os ciclos de emissão, avaliação e aprovação, devem ser repetidos até que os requisitos sejam atendidos.

Tabela 10.17: Estimativa de custo adicional devido ao embargo de componentes EEE na Fase de Qualificação do Projeto.

Ocorrência durante o projeto	Etapa do desenvolvimento	Documento diretamente afetado pela ocorrência	Documento indiretamente afetado pela ocorrência
Embargo dos componentes eletrônicos levando a alterações do projeto eletrônico.	Qualificação do projeto	1. Documentos do projeto eletrônico 2. Lista de componentes consolidada 3. Documentos para a preparação da fabricação 4. Análise térmica 5. Análise de radiação 6. Análise de Confiabilidade 7. FMEA 8. Análise de redução de esforços 9. Lista de itens críticos para Dependabilidade 10. Linha de base do cronograma	1. Linha de base dos custos
Total de ECR's emitidas sob a ótica da Dependabilidade	UMA NCR	Mínimo de DEZ ECR's	UMA ECR
Custo adicional estimado (US\$)	2902	≥29020	2902

Nota: Para elaboração desta tabela foi considerado que não houve necessidade de alteração de especificações, requisitos e planos.

Tabela 10.18: Estimativa de custo adicional devido à problemas no projeto e na fabricação na Fase de Qualificação do Projeto.

Ocorrência durante o projeto	Etapa do desenvolvimento	Documento diretamente afetado pela ocorrência	Documento indiretamente afetado pela ocorrência
Problemas no projeto e na fabricação, que resultou em um novo projeto.	Qualificação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documentos do projeto eletrônico 2. Lista de componentes consolidada 3. Documentos para a preparação da fabricação 4. Análise térmica 5. Análise de radiação 6. Análise de Confiabilidade 7. FMEA 8. Análise de redução de esforços 9. Lista de itens críticos para Dependabilidade 10. Linha de base do cronograma 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análise estrutural 2. Linha de base dos custos
TOTAL de ECR e NCR emitidas sob a ótica da Dependabilidade	Mínimo de UMA NCR	Mínimo de DEZ ECR's	Mínimo de DUAS ECR's
Custo adicional estimado (US\$)	2902	≥29020	≥5804

Nota: Para elaboração desta tabela foi considerado que não houve necessidade de alteração de especificação, requisitos e planos.

Tabela 10.19: Estimativa de custo adicional devido ao atraso na disponibilização de componentes EEE na Fase de Qualificação do Projeto.

Ocorrência durante o desenvolvimento de subsistema	Etapa do desenvolvimento	Documento diretamente afetado pela ocorrência	Documento indiretamente afetado pela ocorrência
Atraso na disponibilização de componentes para fabricação do modelo de qualificação, resultando em modificação do projeto.	Qualificação	1. Lista de componentes para a fabricação do MQ 2. Documentos para fabricação 3. Cronograma	1. Análise térmica 2. Análise estrutural 3. Planejamento dos custos
TOTAL de ECR e NCR emitidas sob a ótica da Dependabilidade	Mínimo de UMA NCR	Mínimo de TRÊS ECR's	Mínimo de TRÊS ECR's
Custo adicional estimado (US\$)	≥2902	≥8706	≥2902

Nota: Para elaboração desta tabela foi considerado que não houve necessidade de alteração de especificações, requisitos e planos.

Tabela 10.20: Estimativa de custo adicional devido à processos não aprovados na Fase de Qualificação do Projeto.

Ocorrência durante o desenvolvimento de subsistema	Etapa do desenvolvimento	Documento diretamente afetado pela ocorrência	Documento indiretamente afetado pela ocorrência
Processos de fabricação não aprovados.	Qualificação	Cronograma	Planejamento do custo
TOTAL de ECR e NCR emitidas sob a ótica da Dependabilidade	Mínimo de UMA NCR	Mínimo de UMA ECR	Mínimo de UMA ECR
Custo adicional estimado (US\$)	≥2902	≥2902	≥2902

Nota: Para elaboração desta tabela foi considerado que não houve necessidade de alteração de especificações, requisitos e planos.

Tabela 10.21: Estimativa de custo adicional devido à indisponibilidade da infraestrutura de testes na Fase de Qualificação do Projeto.

Ocorrência durante o desenvolvimento de subsistema	Etapa do desenvolvimento	Documento diretamente afetado pela ocorrência	Documento indiretamente afetado pela ocorrência
Indisponibilidade da infraestrutura de testes.	Qualificação	Cronograma	Planejamento do custo
TOTAL de ECR e NCR emitidas sob a ótica da Dependabilidade	Mínimo de UMA NCR	Mínimo de UMA ECR	Mínimo de UMA ECR
Custo adicional estimado (US\$)	≥2902	≥2902	≥2902

Nota: Para elaboração desta tabela foi considerado que não houve necessidade de alteração de especificações, requisitos e planos.

Existem outros custos adicionais que podem ser evitados após a conclusão da Fase de Projeto Detalhado. Um exemplo são os devidos à alteração das listas de componentes, que levam a custos adicionais referentes à:

- 1) Compra de novos componentes;
- 2) “Descarte” de componentes adquiridos (não utilização no projeto conforme previsto).

Para demonstração deste tipo de custo adicional, a Tabela 10.22 apresenta as alterações nas listas de componentes na Fase de Qualificação do projeto da câmera 2 dos satélites CBERS 3 &4. O mapeamento das alterações foi obtido através de consulta à ECR’s emitidas. Essas alterações das listas de componentes tiveram como um dos objetivos cancelar ou incluir *part numbers*. A Tabela 10.22 não contempla as quantidades totais modificadas de componentes.

Tabela 10.22: Alterações na lista de componentes da câmara 2 na fase de Qualificação do Projeto.

Mapeamento das alterações	Número de <i>part numbers</i> cancelados na lista	Número de <i>part numbers</i> incluídos na lista
1ª alteração	18	2
2ª alteração	19	12
3ª alteração	-	4
4ª alteração	17	5
5ª alteração	2	1
6ª alteração	8	-
7ª alteração	10	-
Total de <i>part number</i>	74	23

Para comparar de forma qualitativa as métricas referentes ao tempo e ao custo do processo atual e do processo proposto, é apresentada a Tabela 10.23.

Tabela 10.23: Comparação qualitativa das métricas tempo e custo.

Fases	Processo Atual	Processo Proposto	Características: Processo Proposto
Planejamento	Tempo: T1 meses Custo: \$ X ₁	Tempo: ↑ T1 meses Custo: ↑ \$ X ₁	Planejamento mais detalhado. Maior número de documentos gerados.
Projeto Preliminar	Tempo: T2 meses Custo: \$ X ₂	Tempo: ↑ T2 meses Custo: ↑ \$ X ₂	Projeto Preliminar mais detalhado. Maior número de documentos gerados.
Fases	Processo Atual	Processo Proposto	Características: Processo Proposto
Projeto Detalhado	Tempo: T3 meses Custo: \$ X ₃	Tempo: ↑ T3 meses Custo: ↑ \$ X ₃	Projeto detalhado mais detalhado. Maior número de documentos gerados. Autorização de encerramento da fase com todos os requisitos de projeto cumpridos.
Fase de Qualificação	Custo adicional: \$ X _{CA1}	Custo adicional: ↓ \$ X _{CA1}	Não há alterações de projeto devido a não cumprimento de requisitos de projeto.
Fase de Fabricação do Modelo de Voo	Custo adicional: \$ X _{CA2}	Custo adicional: ↓ \$ X _{CA2}	Não há alterações de projeto devido a não cumprimento de requisitos de projeto.

Como pôde ser observado durante o desenvolvimento desta seção:

- 1) O processo proposto necessita de tempo e custo maiores nas fases iniciais (Fases de Planejamento, Projeto Preliminar e Detalhado), mas compensa nas fases posteriores (Fabricação); *o que é esperado e intencional.*
- 2) O processo proposto evita retrabalhos nas Fases de Fabricação (o que ocorreu com o processo atual), diminuindo a probabilidade de ocorrência de modificações de projeto, conseqüentemente diminuindo a duração das fases e os custos adicionais; *o que é benéfico e desejável.*

10.4. Verificação e Validação do processo proposto

A verificação da aplicação dos processos propostos no projeto da câmera 1 foi realizada por membro da equipe técnica da Divisão de Eletrônica Aeroespacial (DEA) da Coordenadoria de Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE) do INPE conforme apresentado no Apêndice C. Em resumo, ele a considerou correta e vantajosa.

11 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo propor 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 (FMPEP) a projetos. Isto atendeu às 4 motivações deste trabalho e incluiu a antecipação dos resultados de avaliações e análises que tem influência direta ou indireta nas métricas da Dependabilidade de partes EEE (elétrico, eletrônico e eletromecânico), como: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade.

As quatro motivações que justificaram o esforço empregado para o desenvolvimento deste trabalho, foram:

1ª motivação: atender à necessidade de avaliar a Dependabilidade em sistemas complexos e/ou altamente integrados;

2ª motivação: atender à necessidade de aumentar a interação entre Gerenciamento de Projetos e Engenharia de Sistemas;

3ª motivação: atender à necessidade de antecipar as avaliações e análises para que alterações de projeto não ocorram nas fases mais avançadas;

4ª motivação: atender à necessidade do INPE de capacitar a indústria nacional em tecnologias estratégicas, como as empregadas em satélites.

A antecipação, dos resultados de avaliações e análises, também buscada para cumprir com o objetivo deste trabalho através do novo processo proposto, garantiu que as maiores mudanças dos projetos de satélites sejam realizadas nas fases iniciais do projeto, onde os custos são menores e os impactos no cronograma são mais facilmente ajustados.

Considerando os projetos de subsistemas de satélites médios e grandes do INPE, o novo processo proposto considerou as atividades de Gerenciamento do Projeto, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade nas fases de planejamento do projeto, projeto preliminar e projeto detalhado. O novo processo incorporou o processo INPE atual, e o que há de melhor nos processos PMI, INCOSE e nos padrões ECSS. Isto incluiu:

- Antecipar as análises;
- Adaptar análises aos processos examinados;
- Aumentar a colaboração entre o Gerenciamento de Projetos e a Engenharia de Sistemas;

- Conectar técnicas e exemplificar suporte com uma ferramenta computacional (Apêndice A).

Os resultados encontrados através da aplicação do processo proposto em um projeto de um subsistema (câmera 1) de um satélite (CBERS 3&4) sinalizaram que vários aspectos do projeto que tinham influência no atendimento dos requisitos da Dependabilidade (neste trabalho: Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade) poderiam ter sido suportados (Apêndice C). São eles:

- Definição de topologias dos circuitos eletrônicos para contemplar o cumprimento dos requisitos da Confiabilidade, como por exemplo: emprego de técnicas de prevenção e tolerância a falhas, intercambiabilidade de componentes ou blocos funcionais;
- Definição de topologias para contemplar o cumprimento dos requisitos da Manutenibilidade (principalmente nas fases de integração e testes);
- Definição da lista de componentes avaliando: nível de qualidade, fornecedores e disponibilidade;
- Adequação e disponibilidade da infraestrutura;
- Adequação e disponibilidade dos recursos humanos.

Pode ser concluído em relação ao processo proposto, que:

- O processo proposto necessita de tempo e custo maiores nas fases iniciais (fase de planejamento, projeto preliminar e detalhado), mas compensa nas fases posteriores (fabricação); *o que é esperado e intencional.*
- O processo proposto evita retrabalhos nas fases de fabricação, diminuindo a probabilidade de ocorrência de modificações de projeto, conseqüentemente diminuindo a duração das fases e o custo adicional; *o que é benéfico e desejável.*

Do exposto acima pode ser concluído que os objetivos maiores desta tese de doutorado, conforme apresentados nas Tabelas 1.1 e 3.3, foram alcançados. São eles:

- **Originalidade:** foi cumprida baseada no fato de que os resultados encontrados são novos em relação ao estado da arte disponível na literatura;
- **Generalidade:** foi cumprida baseada no fato de que os resultados encontrados poderão ser aplicados em outros projetos de satélites, ou de áreas afins, como aviões, automóveis e controles de tráfego aéreo;

- **Utilidade:** foi cumprida baseada no fato de que os resultados encontrados poderão ser aplicados nos programas de satélites do INPE, melhorando os processos de análise e tomada de decisões já utilizados.

11.1. Sugestões e recomendações para trabalhos futuros

Para a continuidade da busca do conhecimento para melhorar a Dependabilidade de sistemas espaciais, ainda é necessário:

- Validar outras partes do novo processo não testadas aqui com outros casos de estudo;
- Implementar e apoiar o processo proposto em uma ferramenta computacional, e aprofundar as análises que ele demanda e que a ferramenta permite em outros casos de estudo;
- Prosseguir o desenvolvimento do Diagrama de Markov Estendido a Projetos (DMEP) e da FMECA Estendida a Projetos (FMEP) acoplados ao Gerenciamento de Projetos e a Técnica dos Cenários;
- Expandir a métrica Dependabilidade que é uma métrica vetorial, considerando outras métricas escalares, como *Safety and Security*, e também os atributos de avaliação da falha/ameaça, como a, Severidade (S), Probabilidade de Ocorrência (PO), Detectabilidade (D) e Tratabilidade (T) , estes mapeados pela FMEP.
- Expandir o processo proposto para cobrir outros aspectos, como por exemplo: a Qualidade do Produto, a Configuração do Produto, a Confiabilidade de Software, entre outras disciplinas que tratam diretamente dos requisitos de sistemas espaciais;
- Reunir tais extensões a outros aspectos e assim propor um novo processo abrangente para projetos de satélites;
- Comparar o processo proposto com outros processos similares com o mesmo objetivo e nas mesmas condições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNAUT, B. M.; SOUZA, M. L. O.; FERRARI, D. B. Avaliação da efetividade de um processo de gerenciamento e engenharia de requisitos para a fase de concepção do ciclo de vida de sistemas. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAIS DE TECNOLOGIA DA MOBILIDADE (SAE), 2016, São Paulo, Brasil. **Proceedings...** São Paulo: SAE, 2016.
- ARNOLD, E. P. Systems engineering and project management intersects and confusion. **INCOSE International Symposium**, v. 22, n. 1, p. 1207–1232, 2012.
- AVIZIENIS, A. et al. Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing. **IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing**, v. 1, n. 1, January-March 2004.
- AZEVEDO, I.A. **Confiabilidade de componentes e sistemas**, São José dos Campos: ITA, 2003. Notas de aula
- BATTAGLIA, M. **Design for supportability**. Disponível em: <https://c3.nasa.gov/dashlink/static/media/other/Design4Supportability.pdf>. Acesso em: 17/05/2013.
- BKCASE Editorial Board. **The guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)**, v.1.3. R.D. Adcock (EIC) Hoboken, NJ: The Trustees of the Stevens Institute of Technology, 2014.
- BOLDRINI, J. L. et al. **Álgebra linear**. 3 ed Editora Harbra Ltda, 1996.
- BRITO, A.C.; BARBOSA, J.I.M.; FERREIRA, U. O conceito e a obtenção da qualidade em projetos espaciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL (XXXV SBPO), 34., 2003Natal-RN. **Anais...** São Paulo: Tecart Editora, 2003.
- CARARA JUNIOR, J. E. **Método para levantamento de indicadores em sistemas de gestão do conhecimento**. 2014. 227 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/04.10.16.33-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3G52KKL>>. Acesso em: 17 out. 2016.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (CGEE). **Prospecção em CT&I**. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/prospeccao/index.php?operacao=Exibir&serv=textos/texto_exib&tex_id=1>. Acesso em 08/05/2016.
- CHAMON, M. A.; CARVALHO, T. R. Gerenciamento de risco em projetos espaciais. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS, 4.,. 2003 , São Paulo. **Anais...** São Paulo: PMI, 2003. p. 10. (INPE-10122-PRE/5655).

CONDRA, L. et al. Minimizing the effects of electronic component obsolescence. **Aero Magazine**, v. 10, 2000. Boeing Commercial Airplanes Group. March 2000. Disponível em: <http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_10/elect.html>. Acesso em: 25/04/2016.

CONFORTO, E. et al. Survey report: improving integration of program management and systems engineering. In: INCOSE ANNUAL INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 23, 2013, Philadelphia, June 2013. **Proceedings...** Philadelphia, 2013. ISBN: 9781629933054.

CRESENT, R. et al. Mastering safety and reliability in a model based process. In: ANNUAL RELIABILITY AND MAINTAINABILITY SYMPOSIUM, 57., 2011, Lake Buena Vista, FL, United States. **Proceedings...** IEEE, 2011.

DALLOSTA, P. M.; SIMCIK, T. A. **Supportability analysis**, tutorial notes, annual reliability and maintainability symposium, 2012a.

DALLOSTA, P. M.; SIMCIK, T. A. Designing for Supportability **Defense AT&L: Product Support Issue**, p. 34-38, March-April 2012, 2012b.

DENNEHY, C. J; FESQ, L. M. The development of NASA's fault management handbook. **8th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes**, Volume 45, Issue 20, August 29-31, 2012, pages 295-300, Mexico City, Mexico <http://dx.doi.org/10.3182/20120829-3-MX-2028.00250>

ESPINDOLA, L. S. **Um estudo sobre modelos ocultos de Markov HMM - Hidden Markov Model - Introdução à Pesquisa I**, Pós-Graduação em Ciência da Computação, PUC-RS, 2009

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS-DOC-001/ES-Issue 7.1**. ECSS – ECSS Document Tree and Status (ST, HB, TM) – Overview, Noordwijk, Holanda, 2014.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS-E-ST-10C** Space Product Engineering – System engineering general requirements, Noordwijk, Holanda, 2009a.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS-Q-ST-30C** Space Product Assurance – Dependability, Noordwijk, Holanda, 2009b.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS-Q-ST-30-02C** Space Product Assurance – Failure modes, effects (and criticality) analysis (FMEA/FMECA), Noordwijk, Holanda, 2009c.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS-M-ST-10C Rev 1** Space Project Management – Project planning and implementation, Noordwijk, Holanda, 2009d.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Dependability**. Disponível em: <http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Dependability>. Acesso em: 13/06/2013.

FERRARO, E. O. **Lições aprendidas em implantações de PLM**. 2010. 53p. Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, 2010.

FERNANDES, E. **Uma estruturação lógica para a gestão de projetos espaciais**. 1987. 209 p. (INPE-4435-TDL/310). Dissertação (Mestrado em Análise de Sistemas e Aplicações) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1987. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/35SAF85>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

FERNANDEZ, R. **ENGESIS - um framework transdisciplinar orientado a processos para apoio à fase de design da engenharia concorrente em missões espaciais**. 2016. 226 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/08.12.23.58-TDI). Tese (Doutorado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3M944JH>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

FERNANDEZ, R.; KIENBAUM, G. S. Um modelo para maturidade da gestão dos processos de engenharia e gerenciamento realizados no ciclo de vida de produtos em missões espaciais. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 2014. (WETE)., 2014, São José dos Campos. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2014. On-line. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3HE9UPE>>. Acesso em: 18 out. 2016.

FERNANDEZ, R.; KIENBAUM, G. S. Um framework transdisciplinar para a melhoria dos processos de gestão da fase de projeto do ciclo de vida de sistemas em missões espaciais. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 6. (WETE), São José dos Campos. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos: INPE, 2015. On-line. ISSN 2177-3114. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3L8HB9S>>. Acesso em: 18 out. 2016.

FREITAS, M.A.; COLOSIMO, E.A. **Confiabilidade**: análise de tempo de falha e testes de vida acelerados. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, 1997.

FRISK, E. **Model-based fault diagnosis applied to an SI-Engine**.1996. Disponível em: <https://www.fs.isy.liu.se/Publications/MSc/96_EX_1679_EF.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2017.

FUQUA, N. B. The Applicability of Markov analysis methods to reliability, maintainability, and safety. **Selected Topics in Assurance Related Technologies – START**, v 10, n 2, Reliability Analysis Center, Rome, NY, 2003.

GARRO, A. AND TUNDIS A. Modeling and simulation for system reliability analysis: the ramsas method. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS OF SYSTEMS ENGINEERING (SoSE), 7., 2012, Genoa, Italy. **Proceedings...** IEEE, 2012a. p. 155-160., ISBN: 978-1-4673-2974-3.

GARRO, A. et al. Experimenting the RAMSAS method in the reliability analysis of an Attitude Determination and Control System (ADCS). In: BRUZZONE, A. G.; BUCK, W.; CAYIRCI, E.; LONGO, F. (eds.). **International Workshop on Applied Modeling and Simulation (WAMS)**, jointly held with the NATO CAX FORUM 2012, Rome, Italy, September 24–27, 2012b.

GRISI, C.C.H.; BRITTO, R.P. Técnica de cenários e o método delphi: uma aplicação para o ambiente brasileiro. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO FEA-USP, SEME AD, 2003. Disponível em: <<http://sistema.semead.com.br/6semead/MKT/045Mkt%20-%20T%E9cnica%20de%20Cen%E1rios%20M%E9todo%20Delphi.doc>> Acesso em: 09/05/2016.

HAAPANEN, P.; HELMINEN, A. **Failure mode and effects analysis of software-based automation systems**. Helsinki: STUK, 2002. 35 p + Appendices 2 p. (STUK-YTO-TR 190).

HARDEVELD, T. V. **Practical Application of Dependability Engineering**. ASME Press, 2012 ISBN 978-0-7918-6001-4

INCOSE SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK v.3.2.2 – **A guide for system life cycle processes and activities**. San Diego, CA, 2011. 386p

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **CBERS 3&4 program work breakdown structure** – R-MNG-0004. São José dos Campos, 2004a. Documentação interna Projeto CBERS.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **CBERS 3&4 projeto básico** – descrição detalhada do trabalho de desenvolvimento, fabricação e testes do subsistema multispectral câmera dos satélites CBERS 3&4 – RBN-SOW-1007. São José dos Campos, 2004b. Documentação interna Projeto CBERS.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **CBERS 3&4 revisão de documentação gerencial** – demonstração de exequibilidade – RB-MNG-1007. São José dos Campos, 2004c. Documentação interna Projeto CBERS.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **CBERS 3&4 análise preliminar de confiabilidade** – RBN-TRP-8011. São José dos Campos, 2005a. Documentação interna Projeto CBERS.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **CBERS 3&4 relatório de modos de falha, análise de efeitos e lista de itens críticos** – RBN-TRP-8026. São José dos Campos, 2005b. Documentação interna Projeto CBERS.

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. **Speech and language processing** Chapter 8 Hidden Markov Models, Draft of September 1, 2014.

KIENBAUM, G. S. **A framework for process science and technology and its application to systems concurrent engineering**. Leicestershire: Loughborough University, 2015. 61 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/11.24.12.22-Relatório Técnico). Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3KLCSES>>. Acesso em: 26 jul. 2016.

KIENBAUM, G. S. **A ciência e tecnologia transdisciplinares de processos**. São José dos Campos: INPE, 2016. 64 p. Escola de Verão do Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC).

KRAMER, H. J.; CRACKNEL, A. P. An overview of small satellites in remote sensing. In: **International Journal of Remote Sensing**. v. 29, n. 15, August 2008, p. 4285–4337. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01431160801914952>>. Acesso em: 06/01/2017.

KWAKERNAAK, H.;SIVAN, R. **Linear optimal control systems** Wiley-Interscience, Jhon Wiley & Sons. 1972.

LEAL, F. et al. Elaboração de modelos conceituais em simulação computacional através de adaptações na técnica IDEF0: uma aplicação prática. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu, PR, **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2007

LIMA, T. F. M. et al. modelagem de sistemas baseada em agentes: alguns conceitos e ferramentas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5279-5286. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.15.46>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

MACHADO, S. R. F. **Estudo de um processo de garantia da confiabilidade de sistemas eletrônicos embarcados a single event upsets causados por partículas ionizantes**. 2014. 220 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/02.28.17.33-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3FRBRB2>>. Acesso em: 17 out. 2016.

MURAOKA, I., Componentes eletrônicos para uso espacial In: **III Workshop sobre os efeitos da radiação ionizantes em componentes eletrônicos de uso aeroespacial**, Instituto de Estudos Avançados (IEAv), São José dos Campos, 29/11/2010.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **MSFC Technical Standard – project management and systems engineering handbook**. MSFC-HDBK-3173. Revision B. Marshall Space Flight Center, Alabama, 2012.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **NASA Technical Handbook – fault management handbook**. NASA-HDBK-1002. DRAFT 2 - APRIL 2, 2012.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1998.

OLIVEIRA, J. C. **Método de avaliação de custos da não qualidade em projetos espaciais – caso do programa CBERS**. 2011. 172 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/09.06.12.37-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3AD3278>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

OLIVEIRA, M. E. R. **A política de compras do Programa Espacial Brasileiro como instrumento de capacitação industrial**. 2014. 348 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2014/02.03.19.36-TDI). Tese (Doutorado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3FMAFFB>>. Acesso em: 06 abr. 2016

ORTIZ, A.; PIZZOLATO, N.D. **O uso de medidas de extensão e intensidade no intercâmbio de informações na cadeia de suprimentos do setor farmacêutico brasileiro**. 2003. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2003. Disponível em: http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0124963_03_Indice.html

PORTO, R. C. F.; SOUZA, M. L. O The fault correction and the fault prediction approaches for improving the reliability of aerospace and automotive systems. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAIS DE TECNOLOGIA DA MOBILIDADE (SAE), 2016, São Paulo, Brasil. **Proceedings...** São Paulo: SAE, 2016.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 5 ed. 2013. 595p

RABELLO, A. P. S. S. **Proposta de requisitos para elaboração das análises de confiabilidade e FMEA/FMECA (failure mode and effect analysis / failure mode, effect and criticality analysis) dos Satélites CBERS 5&6**. São José dos Campos: INPE, 2009. Relatório Final de Atividades, Programa de Capacitação Institucional – PCI/MCT/INPE, 2009.

RABELLO, A. P. S.; SOUZA, M. L. O. **A Proposal for Improving the Results of the Reliability Analysis and FMEA/FMECA of the CBERS Satellite Program**. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAIS DE TECNOLOGIA DA MOBILIDADE (SAE), 19., São Paulo, Brasil. **Proceedings...** 2010. doi: <[10.4271/2010-36-0324](https://doi.org/10.4271/2010-36-0324)>.

RELEX SOFTWARE CORPORATION **A FMEA Primer** Reliability Articles. 2008a [mensagem pessoal]. Mensagem recebida de <marcelosouzabr@ig.com.br> em 05 de nov. 2016 por <anapaula.sasantosrabello@gmail.com>.

RELEX SOFTWARE CORPORATION **FMEAs promote improved product reliability** Reliability Articles. 2008b [mensagem pessoal]. Mensagem recebida de <marcelosouzabr@ig.com.br> em 05 de nov. 2016 por <anapaula.sasantosrabello@gmail.com>.

RELEX SOFTWARE CORPORATION **Using FMEAs (Failure Modes and Effects Analyses) to Assess Risk** Reliability Articles. 2008c [mensagem pessoal]. Mensagem recebida de <marcelosouzabr@ig.com.br> em 05 de nov. 2016 por <anapaula.sasantosrabello@gmail.com>.

RELIABILITY INFORMATION ANALYSIS CENTER (RIAC). **Reliability modeling** – the RIAC guide to reliability prediction, assessment and estimation. Utica, NY, 2010. 432 p.

ReliaSoft **Reliability engineering and textbook library** – system analysis (RBDs or Fault Trees), disponível em:
<[http://reliawiki.com/index.php/Introduction to Repairable Systems#Availability](http://reliawiki.com/index.php/Introduction_to_Repairable_Systems#Availability)>
Acesso em: 26/05/2013.

ROME AIR DEVELOPMENT CENTER (RADC). **RADC-TR-85-229 reliability prediction for spacecraft**. New York, 1985. Final Technical Report.

SANTOS, B. V.; MARSHALL, P. M.; DARUIZ, V. T. Avaliação dos atrasos dos contratos industriais dos programas cbers e amazonia e os graus de maturidade tecnológica (TRL) e de fabricação (MRL). In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 4. (WETE)., 2013, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. On-line. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3F4BGEP>>.
Acesso em: 05 abr. 2016.

SANTOS, D. C. **Análise Crítica da Implantação de um Sistema PLM** (Product Lifecycle Management). 2014. Monografia (Curso de Pós-graduação em Tecnologia da Informação) - UNIP, 2014.

SANTOS, M. T. **O PLM** - gerenciamento do ciclo de vida do produto transformando negócios em empresas classe mundial 201? Disponível em:
<https://www.softexpert.com.br/catalogos/PLM-ciclo-de-vida-produto.pdf>. Acesso em: 03/11/2016

SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

TEIXEIRA, A. J. **Detecção identificação e reconfiguração de falhas múltiplas em sensores de sistemas lineares invariantes no tempo**. 2005. 312 p. (INPE-14487-TDI/1168). Tese (Doutorado em Mecânica Espacial e Controle) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005. Disponível em:
<<http://urlib.net/6qtX3pFwXQZGivnJSY/KaHQU>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

TERRIBILI FILHO, A. Os cinco problemas mais frequentes nos projetos das organizações no Brasil: uma análise crítica. **Revista de Gestão e Projetos – GeP**, São Paulo, v. 4, n. 2, p 213-237, 2013, e-ISSN: 2236-0972

TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. C. FMEA - **Análise do Tipo e Efeito de Falha**. Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade, UFSCar, ?. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida de <marcelosouzabr@ig.com.br> em 05 de nov. 2016 por <anapaula.sasantosrabello@gmail.com>.

YASSUDA, I. S. **Artefatos de categorização de projetos espaciais e seleção de metodologias de gestão**. 2013. 146 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/08.13.04.48-TDI). Tese (Doutorado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3EKT272>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

YASSUDA, I. S.; CHAGAS JUNIOR, M. F.; PERONDI, L. F. Estudo comparativo entre a metodologia de gestão proposta pelo PMI e pelo ECSS. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 4. (WETE)., 2013, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. On-line. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3F48GQ2>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

XUE, R.; BARON, C.; ESTEBAN, P; PRUN, D. Integrating systems engineering with project management: a current challenge!. **INCOSE International Symposium**, v. 24, p. 693–704. doi:10.1002/j.2334-5837.2014.tb03176.x

APÊNDICE A – SOFTWARE WINDCHILL NO INPE

A.1 Uma visão do Windchill

O Windchill é um sistema que pode ser considerado como uma família de soluções baseada na plataforma web para gerenciar informações relacionadas ao ciclo de vida do produto, ou seja, um PLM. O fato de ser uma solução via web implica que o acesso à ferramenta pode ser feito remotamente, sem a necessidade de nenhuma instalação física nos pontos de acesso. Dessa maneira, o sistema fica centralizado em um servidor que suporta o acesso via internet de vários usuários (PAGOTTO, 2011).

O Windchill é uma solução PLM que gerencia todo o conteúdo de produtos e processos de negócios, através de todo o ciclo de vida dos produtos e serviços. Os principais recursos disponibilizados pelo o Windchill são (SANTOS, 2014):

- Gestão de dados;
- Gestão de mudanças;
- Gestão dos processos;
- Gestão de projetos.

A.2 Utilização do Windchill no INPE

O Windchill é uma ferramenta disponível na Coordenadoria de Engenharia Espacial do INPE (ETE/INPE), sendo utilizada com vários propósitos, mas principalmente para o gerenciamento da documentação. Uma das possibilidades de implementação no Windchill é a criação e execução dos processos referentes às várias atividades realizadas durante o projeto, sendo essencial a vinculação da documentação relacionada com estes processos, além de seu controle de status.

As Figuras A.1 e A.2 mostram duas das telas visualizadas pelo o executor da tarefa de avaliação da “solicitação de mudança”. Estas figuras trazem informações do fluxo de trabalho (*workflow*) planejado para a execução da tarefa, profissionais envolvidos e suas responsabilidades, documentos necessários, comentários do grupo de trabalho, entre outras informações que podem ser customizadas conforme necessidade do projeto.

Produtos > teste > Tarefas

Ações Tarefa - Change Request Workflow_00001-Analyze Change Request

Detalhes Impactos

Atributos | Atributos do assunto | Anexos | Conclusão da tarefa

Atributos

Assunto: Solicitação de Mudança - 00001,modificação do documento

Instruções: A change request has been submitted that requires analysis to determine if further action is required.

- To complete the analysis:
 - Read the **Special Instructions** below, if any.
 - Review the information page of the change request in the subject.
 - Coordinate the technical analysis and generation of recommended solution.
- To complete this assignment:
 - (Optional) Enter comments in the **Comments** field below.
 - (Optional) Enter specific directions for the next task in the **Special Instructions** field.
 - Determine the routing of the change request. Click **Fast Track**, **Full Track**, **Clarify**, **Reassign**, **Reject**, or **Review**.
 - Click **Complete Task** below to advance the change request or click **Save** to advance it at a later time.

Instruções Especiais:

Designado: david

Função: Administrador I de Mudança

Prazo:

Prioridade: Mais alta

Status: Potencial

Processo: Change Request Workflow_00001-modificação do documento

Atributos do assunto

Nome: modificação do documento

Categoria: Redução de Custos

Necessário para a Data:

Descrição:

Figura A1: Visualização do executor da tarefa referente à avaliação da “solicitação de mudança”.

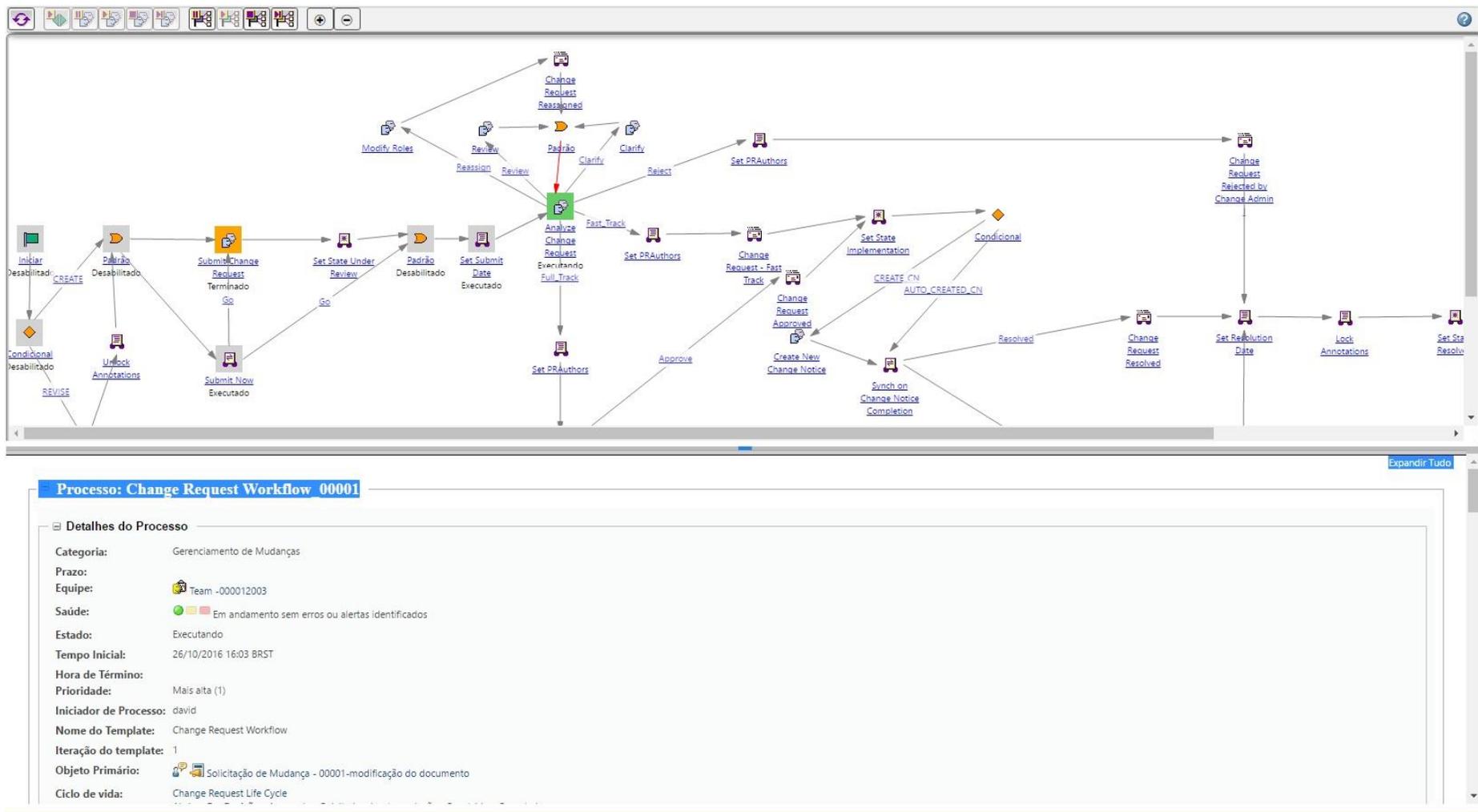


Figura A2: Visualização do executor do workflow da tarefa referente à avaliação da “solicitação de mudança”.

A.3 Organização do Windchill para a gestão dos processos propostos

A organização do Windchill para a gestão dos processos propostos foi inicializada com o objetivo de verificar se os recursos disponíveis pela ferramenta viabilizarão tal função.

As Figuras A.3 a A.10 representam os fluxos de processos propostos para os projetos de subsistemas do INPE. São eles:

- Gerenciamento do projeto, para a fase de planejamento (Figura A3);
- Gerenciamento do projeto, para as fases de projeto preliminar e detalhado (Figura A4);
- Engenharia de sistemas, para a fase de planejamento (Figura A5);
- Engenharia de sistemas, para as fases de projeto preliminar e detalhado (Figura A6);
- Engenharia da Dependabilidade, para a fase de planejamento (Figura A7);
- Engenharia da Dependabilidade, para as fases de projeto preliminar e detalhado (Figura A8);
- Garantia da Dependabilidade, para a fase de planejamento (Figura A9);
- Garantia da Dependabilidade, para as fases de projeto preliminar e detalhado (Figura A10);

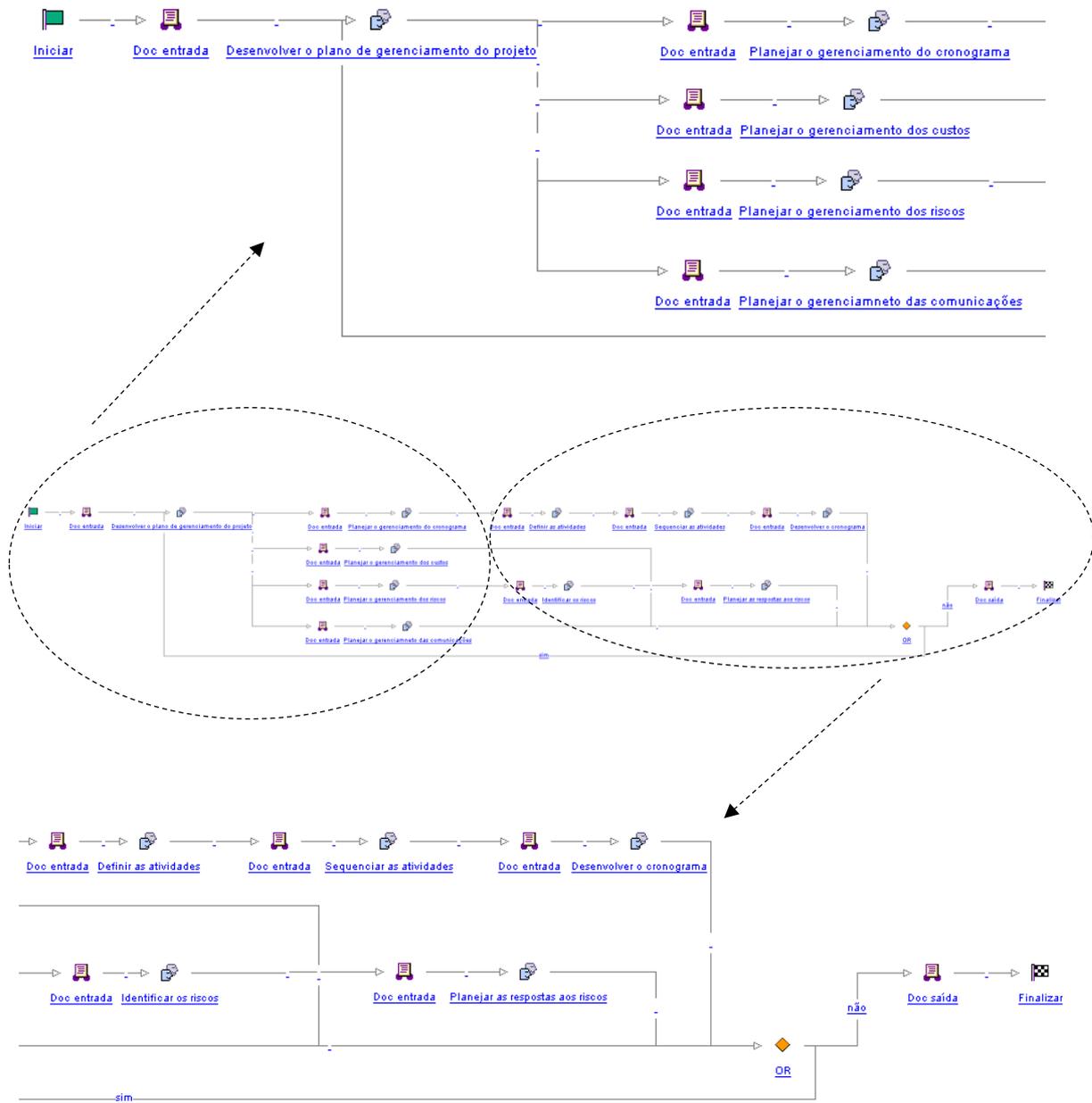


Figura A3: Gerenciamento do projeto – Fase de planejamento.

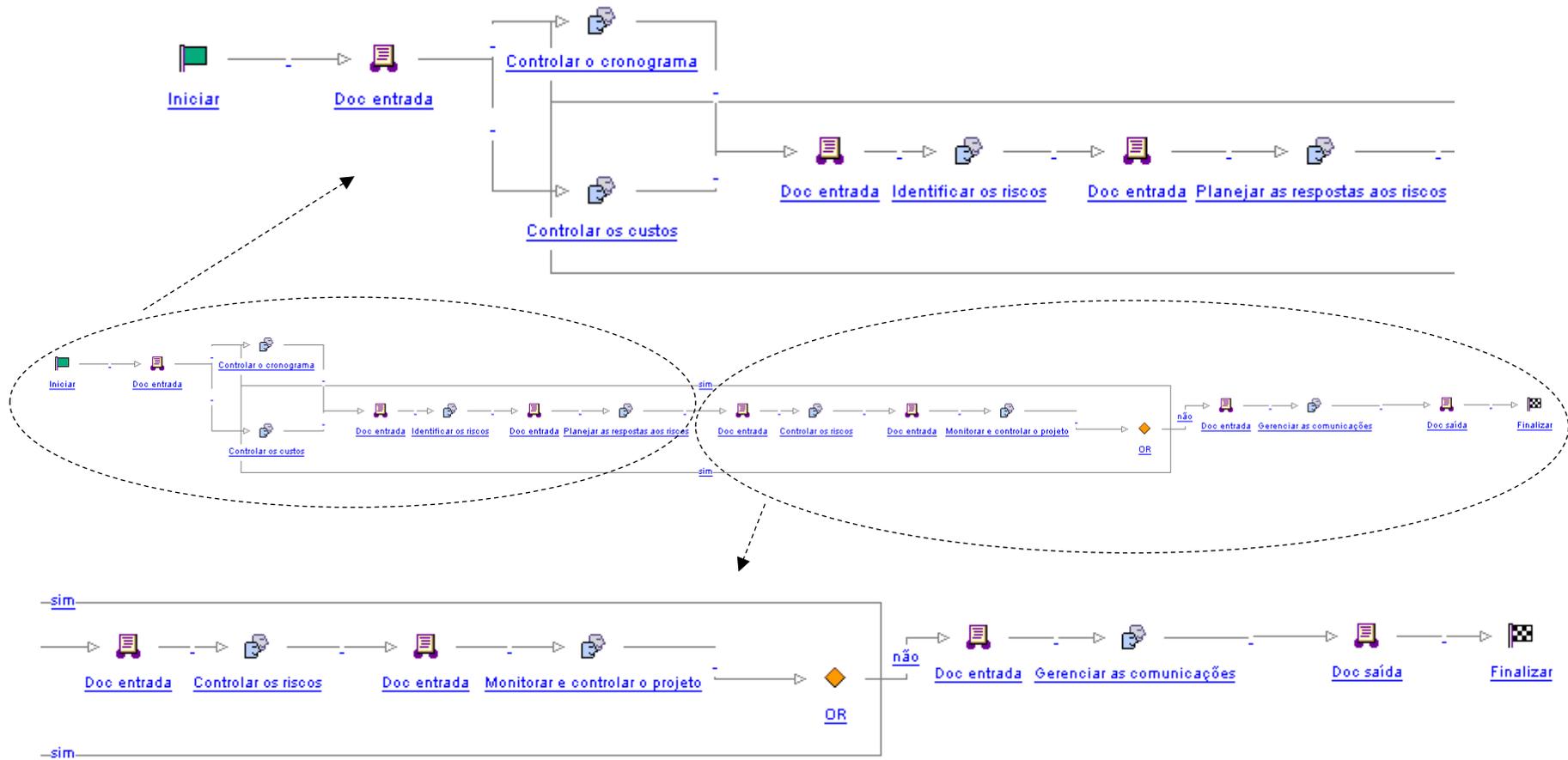


Figura A4: Gerenciamento do projeto – Fase de projeto preliminar e detalhado.



Figura A5: Engenharia de sistemas – Fase de planejamento.

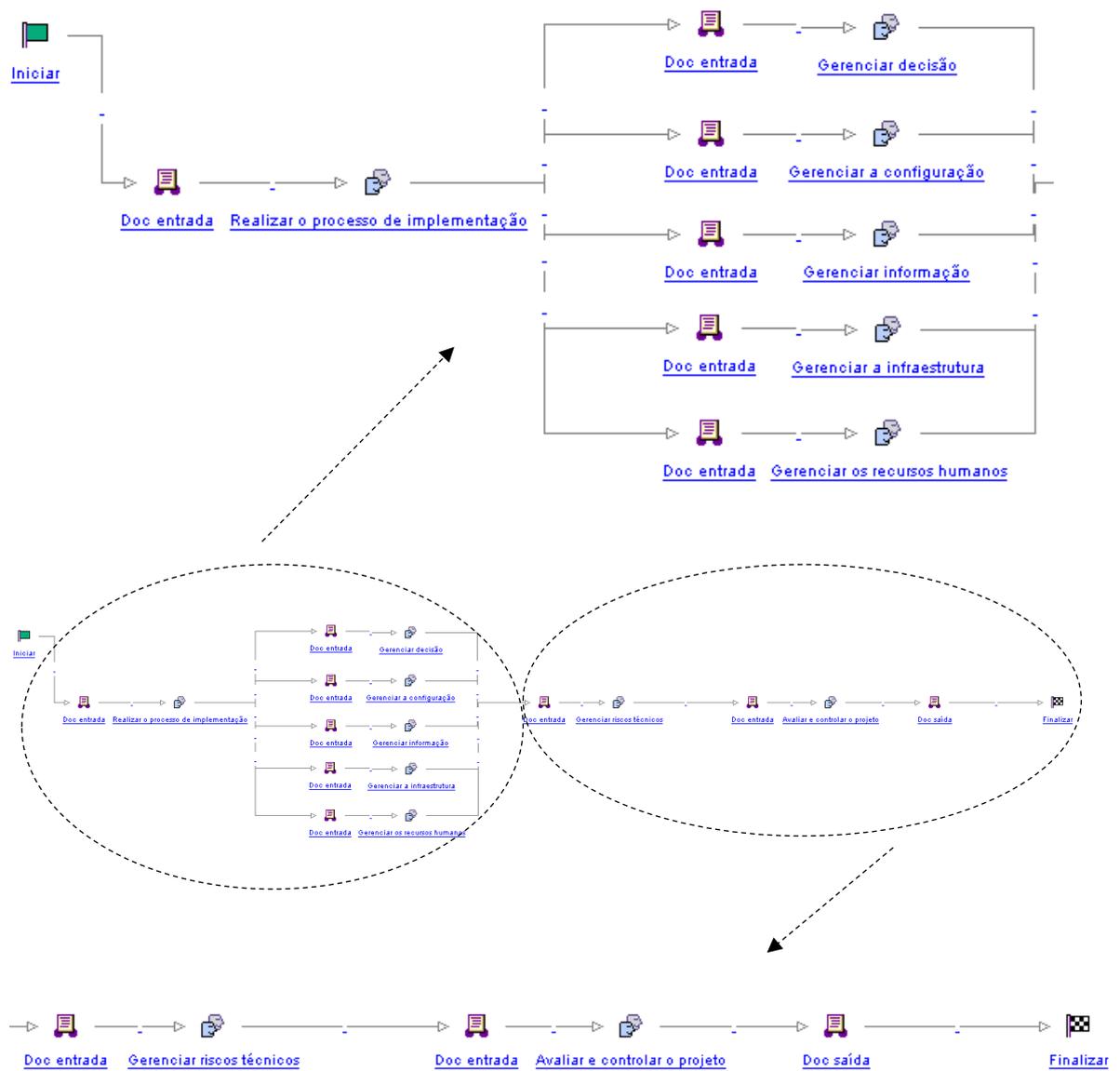


Figura A6: Engenharia de sistemas – Fase de projeto preliminar e detalhado.



Figura A7: Engenharia da Dependabilidade – Fase de planejamento

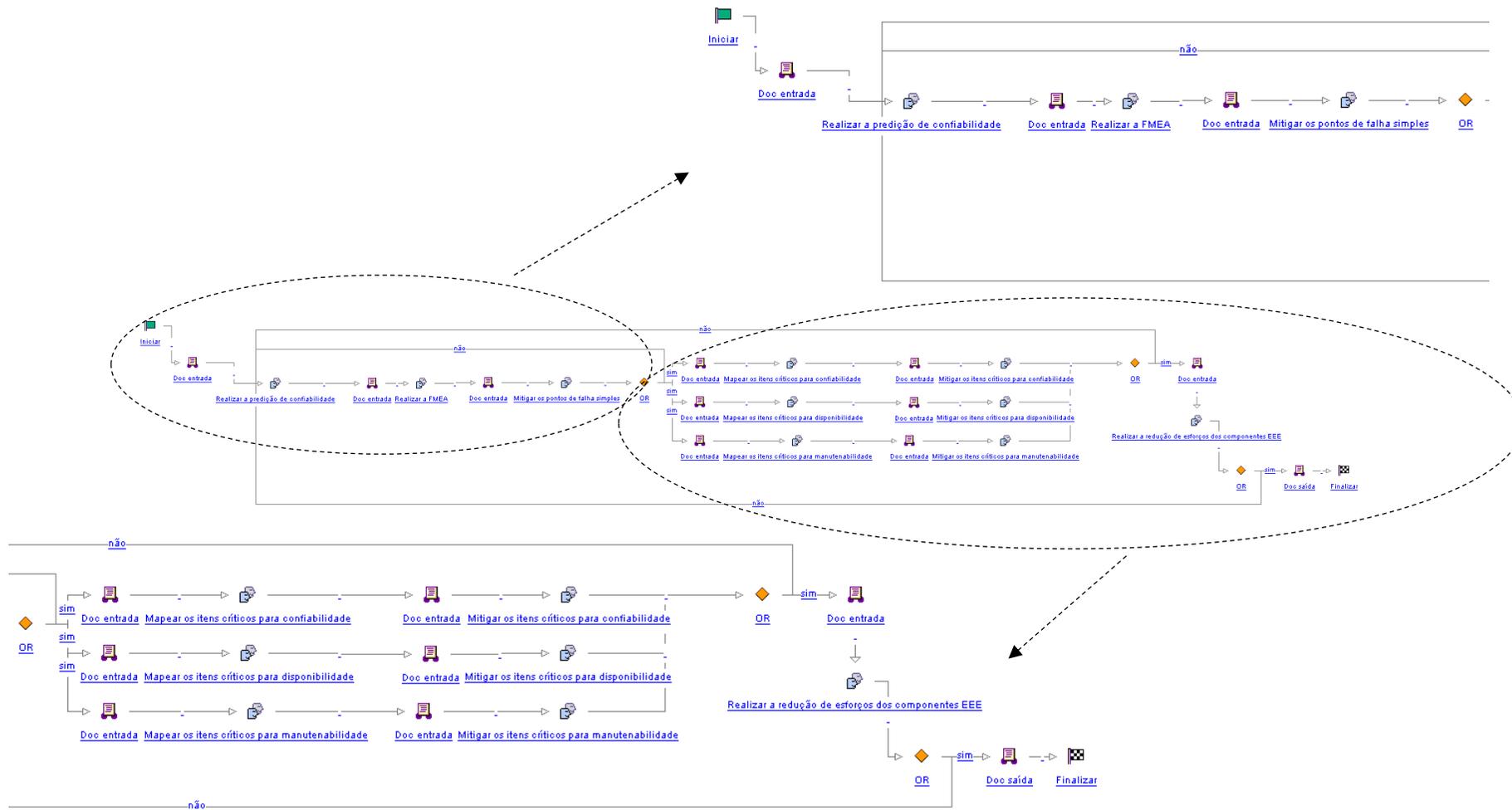


Figura A8: Engenharia da Dependabilidade – Fase de projeto preliminar e detalhado.



Figura A9: Garantia da Dependabilidade – Fase de planejamento.

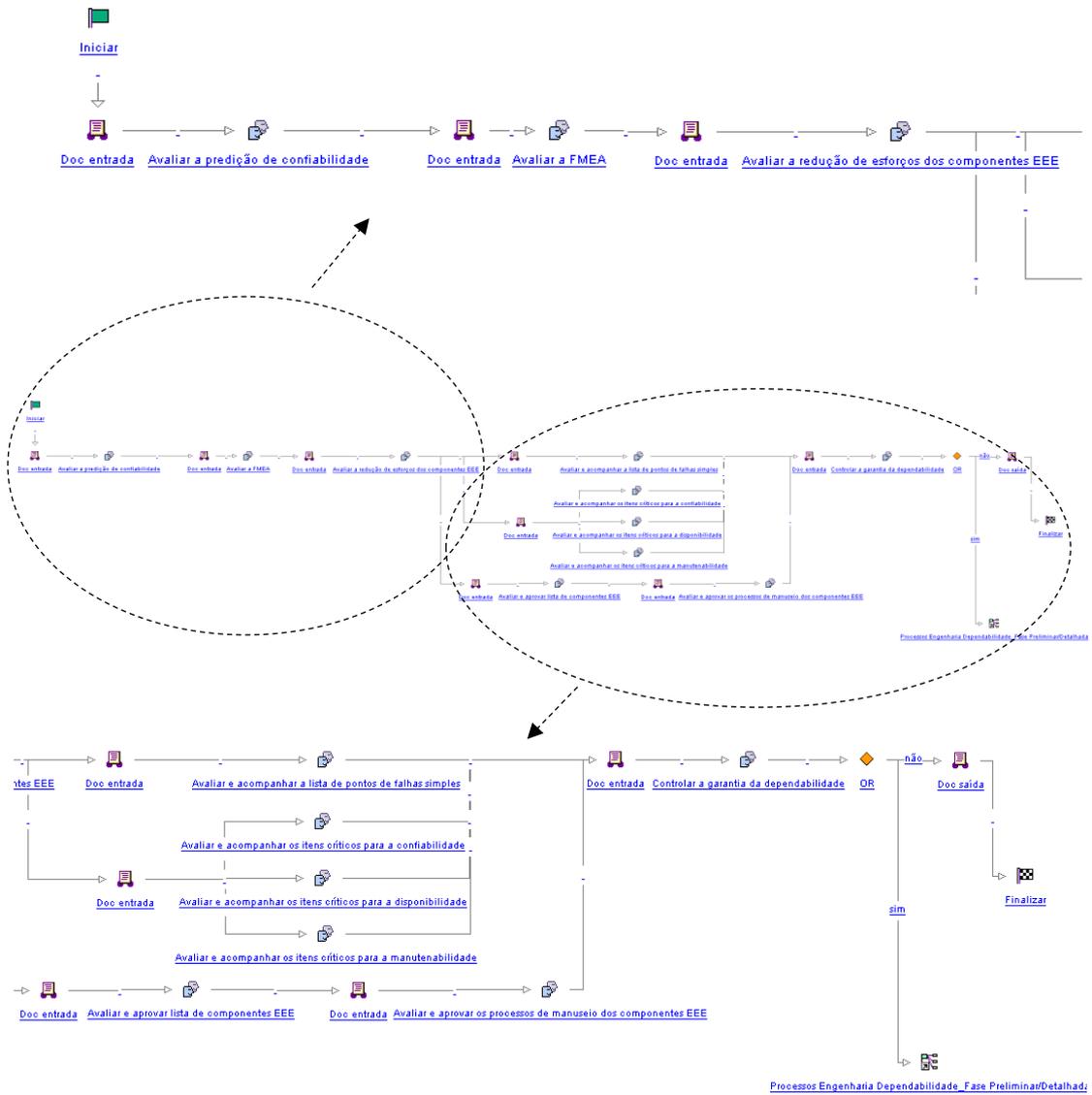


Figura A10: Garantia da Dependabilidade – Fase de projeto preliminar e detalhado.

A Figura A.11 exemplifica a visualização proposta para cada processo proposto, onde a lista de documentos de entrada e saída são listados para o usuário (executor ou não da tarefa, dependente do nível de permissão de acesso).

Conforme customização adotada para o fluxo das diversas tarefas, é possível criar critérios para o fluxo conforme necessidade do projeto, como por exemplo as condições para inicialização de um determinado processo, ser um documento disponível e aprovado (no Windchill), sendo esta condição o ponto de partida para que o processo avance. Esta customização pode proporcionar um melhor controle no andamento do processo.

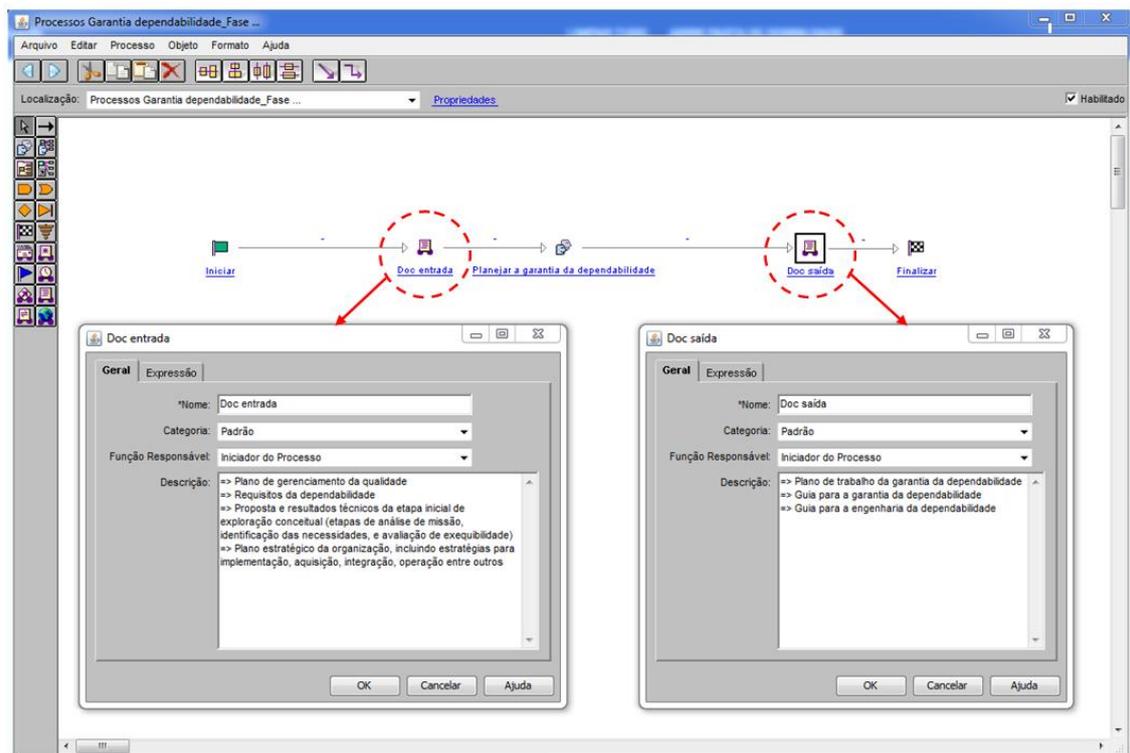


Figura A.11: Exemplo de interface do Windchill utilizando o Java para a programação dos processos.

A.4 Organização do Windchill para implementação proposta de repositório de dados

O plano de gerenciamento da informação sob a ótica da Dependabilidade deve apresentar quais informações devem ser apresentadas para armazenamento em repositório (eletrônico), como exemplificado abaixo:

Sob a ótica da Confiabilidade:

- Para cada componente eletroeletrônico os valores dos parâmetros elétricos e térmicos, tanto os nominais como os reduzidos (redução de esforços).

Sob a ótica da Disponibilidade e Manutenibilidade:

- Para cada componente eletroeletrônico os dados de:
 - Disponibilidade comercial;
 - Armazenamento;
 - Intercambiabilidade.

As Tabelas A1 e A2 exemplificam os *templates* que devem acompanhar os documentos referentes à Engenharia e Garantia da Dependabilidade, como por exemplo: Avaliação da redução de esforços (*Derating analysis*), Lista de componentes, entre outros.

O Windchill permite importar dados de planilha Excel, possibilitando desta forma planejar, controlar e atualizar o repositório de dados de partes EEE.

Tabela A1: *Template 1* de planilha Excel para exportar para o Windchill.

Item	Descrição	Part Number Genérico	Part Number MIL/ESA	Fabricante	Temperatura máxima (fabricante)	Temperatura de projeto	...	Parâmetros solicitados pela norma de referência para a redução de esforços
							...	
							...	
							...	

Tabela A2: *Template 2* de planilha Excel para exportar para o Windchill.

Item	Descrição	Part Number Genérico	Part Number MIL/ESA	Fabricante	Nível de radiação	Disponibilidade comercial	Armazenamento	Intercambiabilidade prevista

As figuras apresentadas a seguir (Figura A12 a A16) tem como objetivo exemplificar como as estruturas de produto e informação são apresentadas pelo Windchill ao usuário. Segue descrição destas figuras:

- Figura A12: apresenta um exemplo de imagem de visualização do usuário de um produto e suas respectivas partes;

- Figura A13: apresenta um exemplo de imagem de visualização do usuário de uma parte do produto;
- Figura A14: Exemplo de visualização dos atributos de uma parte do produto. Esses atributos podem conter aqueles planejados para ser importado de planilha Excel.
- Figura A15: Exemplo de visualização dos atributos de uma parte que podem ser exportados do Windchill. Os arquivos de exportação podem possuir os seguintes formatos: CSV, HTML, PDF, Text, XLS, XLSX, XLS report, XML;
- Figura A16: Exemplo de arquivo em formato PDF com os dados exportados de um produto.

Products > teste Ana Paula, INPE

Part - 000001254, Painel 1, INPE, A.3 (Design)

Recently Accessed

In Work

Actions

Details Structure Related Objects Changes History Where Used Traceability Relationship Explorer

Editing: Insert Existing, Remove, Insert New, Edit

Check Out/In: Check Out, Revise, Check In, My Checkouts

Clipboard: Paste, Copy

Viewing: Show, Views, Hide, Display

New/Add To: New, Add to

Filter: Current Filter, Edit Filter, Saved Filters

Tools: Compare, Open in

Reports: Reports, Export

Find in Structure

Name	Number	Part Nu...	Fornece...	Tempera...	Te
Panel 1	000001254				
Relatório de Montagem	000001				
Relatório de teste	000002				
Conector 2	000001253	3401020...	ITTCANN...	80	60
Conector 3	000001263	3401020...	ITTCANN...	80	60
Equipamento A	000001257				
Relatório de Inspeção	000003				
Relatório de Montagem	000005				
relatório de processos	000004				
d15p_connector	000001258	3401020...	ITTCANN...	80	50
d15s_connector	000001246	3401020...	ITTCANN...	80	50
d25p_connector	000001280	3401020...	ITTCANN...	80	50
d25s_connector	000001278	3401020...	ITTCANN...	80	60
d26p_connector	000001256	3401020...	ITTCANN...	80	55
d26s_connector	000001274	3401020...	ITTCANN...	80	50
d44s_connector	000001251	3401020...	ITTCANN...	80	60
d50p_connector	000001277	3401020...	ITTCANN...	80	60
d50s_connector	000001270	3401020...	ITTCANN...	80	50
Montagem 2	000001281				
Estrutura painel	000001252				
Montagem 1	000001265				
Suporte 1	000001248	3401022...	ITTCANN...	80	55
Suporte 10	000001268	3401022...	ITTCANN...	80	50
Suporte 12	000001243	3401022...	ITTCANN...	80	55
Suporte 2	000001266	3401022...	ITTCANN...	80	50
Suporte 5	000001244	3401022...	ITTCANN...	80	50

Attributes Visualization Uses Occurrences Supersedes

Navigator

(26 objects)

Figura A12: Exemplo de visualização de um produto e suas partes.

Products > teste

Part - 000001254, Painel 1, INPE, A.2 (Design)

Details Structure Related Objects Changes History Where Used Traceability Relationship Explorer

Editing: Insert Existing, Remove, Check Out, Revise, Insert New, Edit, My Checkouts

Check Out/In: Check Out, Revise, Check In

Clipboard: Paste, Copy

Viewing: Show, Views, Hide, Display

New/Add To: New, Add to

Filter: Edit Filter, Current Filter, Saved Filters

Tools: Compare, Open in

Reports: Reports, Export

Find in Structure

Name	Number	Part Nu...	Fornece...	Tempera...	Tempera...	Nív
▲ Painel 1	000001254					
▶ Equipamento A	000001257					
▲ Equipamento C	000001253					
d25p_connector	000001280	3401020...	ITTCANN...	80	50	
d25s_cap	000001271	3401020...	ITTCANN...	80	55	
d50p_cap	000001261	3401020...	ITTCANN...	80	60	
d50s_connector	000001270	3401020...	ITTCANN...	80	50	
Suporte 3	000001272	3401022...	ITTCANN...	80	55	
▶ Equipamento D	000001263					
Estrutura painel	000001252		ITTCANN...	80	55	
▶ Montagem 1	000001265					
Suporte 1	000001248	3401022...	ITTCANN...	80	55	
▲ Suporte 10	000001268	3401022...	ITTCANN...	80	50	
30523_5	000001255					
30562_5	000001259					
30563_3	000001249	3401022...	ITTCANN...	80	55	
Suporte 11	000001269	3401022...	ITTCANN...	80	50	
Suporte 13	000001279	3401022...	ITTCANN...	80	60	
Suporte 14	000001260	3401022...	ITTCANN...	80	55	
Suporte 6	000001250	3401022...	ITTCANN...	80	50	
Suporte 7	000001275	3401022...	ITTCANN...	80	50	
Suporte 8	000001247	3401022...	ITTCANN...	80	55	
Suporte 12	000001243	3401022...	ITTCANN...	80	55	
▲ Suporte 2	000001266	3401022...	ITTCANN...	80	50	
30523_5	000001255					
30562_5	000001259					
30563_3	000001249	3401022...	ITTCANN...	80	55	

Attributes Visualization Uses Occurrences Supersedes

(34 objects)

Figura A13: Exemplo de visualização de uma parte do produto.

Part - 000001254, Painel 1

Details Structure Related Objects Changes History Where Used Traceability Relationship Explorer

Editing: Insert Existing, Remove, Insert New, Edit
 Check Out/In: Check Out, Check In, My Checkouts, Revise
 Clipboard: Paste, Copy
 Viewing: Show, Hide, Views, Display
 New/Add To: New, Add to
 Filter: Edit Filter, Current Filter, Saved Filters
 Tools: Compare, Open in
 Reports: Reports, Export

Find in Structure

Name	Number	Part Nu...	Fornece...	Tempera...	Tempera...	Niv
Painel 1	0000001254					
↳ Equipamento A	0000001257					
↳ Equipamento C	0000001253	3401020...	ITTCANN...	80	60	50
↳ d25p_connector	0000001280	3401020...	ITTCANN...	80	50	60
↳ d25s_cap	0000001274	3401020...	ITTCANN...	80	55	60
↳ d50p_cap	0000001261	3401020...	ITTCANN...	80	60	50
↳ d50s_connector	0000001270	3401020...	ITTCANN...	80	50	50
↳ Suporte 3	0000001272	3401022...	ITTCANN...	80	55	60
↳ Equipamento D	0000001263	3401020...	ITTCANN...	80	60	50
↳ Estrutura painel	0000001252		ITTCANN...	80	55	60
↳ Montagem 1	0000001265					
↳ Suporte 1	0000001248	3401022...	ITTCANN...	80	55	60
↳ Suporte 10	0000001268	3401022...	ITTCANN...	80	50	55
↳ Suporte 12	0000001243	3401022...	ITTCANN...	80	55	60
↳ Suporte 2	0000001266	3401022...	ITTCANN...	80	50	60
↳ Suporte 5	0000001244	3401022...	ITTCANN...	80	50	50

Attributes Visualization Uses Occurrences Supersedes

Part Attributes

Number: 0000001280
 Organization Name: INPE
 Name: d25p_connector
 Version: A.2 (Design)
 State: In Work - Released - Canceled
 Status: Checked in
 Modified By: David Cristiano dos Santos
 Last Modified: 2016-10-26 11:27 BRST
 Part Number MIL/ESA: 340102001BDABMA-25P-NMB
 Fornecedor: ITTCANNON
 Temperatura Máxima (°C): 80
 Temperatura de Projeto (°C): 50
 Nível de Radiação (Krad): 60
 Disponibilidade Comercial (Meses): 120
 Intercambialidade Prevista: NAO
 Armazenamento: 2020-12-20

Usage Attributes

Quantity: 1
 Unit: each
 Trace Code: Untraced
 Line Number:
 Find Number:
 Reference Designator: [d25p_connector-1]

(16 objects)

Figura A14: Exemplo de visualização dos atributos de uma parte do produto.

Part

Details Structure Related Objects Changes History Where Used Traceability Relationship Explorer

Editing: Insert Existing, Remove, Insert New, Edit
 Check Out/In: Check Out, Revise, Check In, My Checkouts
 Clipboard: Paste, Copy
 Viewing: Show, Views, Hide, Display
 New/Add To: New, Add to
 Filter: Current Filter, Edit Filter, Saved Filters
 Tools: Compare, Open in
 Reports: Reports, Export

Find in Structure

Name	Number	Part Nu...	Fornece...	Tempera...	Tempera...	Niv
Panel 1	0000001254					
↳ Equipamento A	0000001257					
↳ Equipamento C	0000001253	3401020...	ITTCANN...	80	60	50
↳ d25p_connector	0000001280	3401020...	ITTCANN...	80	50	60
↳ d25s_cap	0000001271	3401020...	ITTCANN...	80	55	60
↳ d50p_cap	0000001261	3401020...	ITTCANN...	80	60	50
↳ d50s_connector	0000001270	3401020...	ITTCANN...	80	50	50
↳ Suporte 3	0000001272	3401022...	ITTCANN...	80	55	60
↳ Equipamento D	0000001263	3401020...	ITTCANN...	80	60	50
↳ Estrutura painel	0000001252		ITTCANN...	80	55	60
↳ Montagem 1	0000001265					
↳ Suporte 1	0000001248	3401022...	ITTCANN...	80	55	60
↳ Suporte 10	0000001268	3401022...	ITTCANN...	80	50	55
↳ Suporte 12	0000001243	3401022...	ITTCANN...	80	55	60
↳ Suporte 2	0000001266	3401022...	ITTCANN...	80	50	60
↳ Suporte 5	0000001244	3401022...	ITTCANN...	80	50	50

Attributes Visualization Uses Occurrences Supersedes

Part Attributes

Number: 0000001253
 Organization Name: INPE
 Name: Equipamento C
 Version: A.2 (Design)
 State: In Work - Released - Canceled
 Status: Checked in
 Modified By: David Cristiano dos Santos
 Last Modified: 2016-10-26 11:27 BRST
 Part Number MIL/ESA: 340102001BDABMA-15P-NMB
 Fornecedor: ITTCANNON
 Temperatura Máxima (°C): 80
 Temperatura de Projeto (°C): 60
 Nivel de Radiação (Krad): 50
 Disponibilidade Comercial (Meses): 60
 Intercambialidade Prevista: SIM
 Armazenamento: 2020-12-20

Usage Attributes

Quantity: 1
 Unit: each
 Trace Code: Untraced
 Line Number:
 Find Number:
 Reference Designator: [822102_13_02_01-1]

Export List to CSV
 Export List to HTML
 Export List to PDF
 Export List to Text
 Export List to XLS
 Export List to XLSX
 Export List to XLS Report
 Export List to XML
 Export Importable Spreadsheet

Figura A15: Exemplo de visualização dos atributos de uma parte que podem ser exportados do Windchill.

Name	Number		Part Number ML/ESA	Fornecedor	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura de Projeto (°C)	Nível de Radiação (Krad)	Disponibilidade Comercial (Meses)	Intercambiabilidade Prevista	Version
Panel 1	0000001254	View Information								A.2 (Design)
Equipamento A	0000001257	View Information								A.2 (Design)
Equipamento C	0000001253	View Information	340102001BDABM A-15P-NMB	ITTCANN ON	80	60	50	60	SIM	A.2 (Design)
d25p_connector	0000001280	View Information	340102001BDABM A-25P-NMB	ITTCANN ON	80	50	60	120	NAO	A.2 (Design)
d25s_cap	0000001271	View Information	340102001BDABM A-25S-NMB	ITTCANN ON	80	55	60	120	NAO	A.2 (Design)
d50p_cap	0000001261	View Information	340102001BDABM A-50P-NMB	ITTCANN ON	80	60	50	60	SIM	A.2 (Design)
d50s_connector	0000001270	View Information	340102001BDABM A-50S-NMB	ITTCANN ON	80	50	50	60	SIM	A.2 (Design)
Suporte 3	0000001272	View Information	340102207B	ITTCANN ON	80	55	60	36	SIM	A.2 (Design)
Equipamento D	0000001263	View Information	340102001BDABM A-15P-NMB	ITTCANN ON	80	60	50	60	SIM	A.2 (Design)
Estrutura painel	0000001252	View Information		ITTCANN ON	80	55	60	120	NAO	A.4 (Design)
Montagem 1	0000001265	View Information								A.2 (Design)
Suporte 1	0000001248	View Information	340102206B	ITTCANN ON	80	55	60	120	SIM	A.3 (Design)
Suporte 10	0000001268	View Information	340102203B	ITTCANN ON	80	50	55	60	SIM	A.2 (Design)
30523_5	0000001255	View Information								A.1 (Design)
30562_5	0000001259	View Information								A.1 (Design)
30563_3	0000001249	View Information	340102219B	ITTCANN ON	80	55	60	120	NAO	A.2 (Design)
Suporte 11	0000001269	View Information	340102205B	ITTCANN ON	80	50	55	60	SIM	A.2 (Design)
Suporte 13	0000001279	View Information	340102215B	ITTCANN ON	80	60	50	60	SIM	A.2 (Design)
Suporte 14	0000001260	View Information	340102208B	ITTCANN ON	80	55	60	36	SIM	A.2 (Design)
Suporte 6	0000001250	View Information	340102218B	ITTCANN ON	80	50	60	120	NAO	A.2 (Design)

Figura A16: Exemplo de arquivo em formato PDF com os dados exportados de um produto.

APÊNDICE B – VERIFICAÇÃO DOS PROCESSOS ATUAIS DO INPE

B.1 – Objetivo

Verificar, sob a ótica da Confiabilidade, os processos referentes aos projetos de subsistemas do INPE apresentados no Capítulo 4.

B.2 – Metodologia

A metodologia empregada para a verificação dos processos apresentados sob a ótica da Confiabilidade estabeleceu as seguintes etapas:

- 1º. Apresentação da motivação para a realização da verificação dos processos apresentados no Capítulo 4;
- 2º. Entrega do Capítulo 4 para os membros da equipe do Serviço da Engenharia da Qualidade do INPE (SEQ), para que fosse avaliado;
- 3º. Entrega do questionário (Tabela B1) para que fosse preenchido no final da avaliação.

Tabela B1: Avaliação, sob a ótica da confiabilidade, dos processos referentes aos subsistemas do INPE.

Cargo:	
Função:	
Tempo de experiência na área:	
1. Fidelidade	Em relação à fidelidade dos processos apresentados de Gerenciamento do Projeto, Engenharia de Sistemas e Garantia do Produto com ênfase na confiabilidade, estes, sob a ótica da confiabilidade, podem ser considerados: () completos () satisfatórios () pouco satisfatórios () insatisfatórios
2. Visão global	Em relação a uma visão global dos processos e fluxogramas apresentados, estes podem ser considerados: () completos () satisfatórios () pouco satisfatórios () insatisfatórios
3. Observações adicionais	(...) Não tenho observações adicionais. (...) Tenho observações adicionais: <hr/>

B.2 - Resultado

Avaliador 1

Avaliação, sob a ótica da confiabilidade, dos processos referentes aos subsistemas do INPE.

Cargo:	Tecnologista
Função:	Servidora do Serviço da Engenharia da Qualidade e responsável pelo Grupo de Garantia do Produto de Software.
Tempo de experiência na área:	<p><u>Formação:</u> Mestrando do curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais em Gerenciamento de Sistemas Espaciais – INPE; Especialista em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada – ITA; Engenheira Mecânica – UNESP; Inspetora de Soldagem Nível 1 - FBTS e Técnica em Informática – ETE.</p> <p><u>Experiência:</u> 3 anos no Serviço de Engenharia da Qualidade ETE do INPE; 1 ano na Garantia do Produto de Software da ETE do INPE, atuação em atividades da GP nos programas CBERS 3&4, EQUARS, PMM e AMZ , comissionamento do satélite CBERS 4 e acompanhamento das atividades de controle dos satélites CBERS 4, SCD1 e 2; 4 anos na FAB como Tenente Engenheira no IFI / DCTA atuando na Certificação Aeronáutica Militar, 2 anos na Coordenação da Certificação Militar do KC 390 EMBRAER; 2 anos na Engenharia de Serviços da Petrobras como Engenheira e Examinadora dos Inspectores de Soldagem; e 1 ano na COMGAS como analista de rede de gás para geração de modelos computacionais para simulação da rede de gás do estado de São Paulo.</p>
1. Fidelidade	<p>Em relação à fidelidade dos processos apresentados de Gerenciamento do Projeto, Engenharia de Sistemas e Garantia do Produto com ênfase na confiabilidade, estes, sob a ótica da confiabilidade, podem ser considerados:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> completos <input type="checkbox"/> satisfatórios <input type="checkbox"/> pouco satisfatórios <input type="checkbox"/> insatisfatórios</p>
2. Visão global	<p>Em relação a uma visão global dos processos e fluxogramas apresentados, estes podem ser considerados:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> completos <input type="checkbox"/> satisfatórios <input type="checkbox"/> pouco satisfatórios <input type="checkbox"/> insatisfatórios</p>
3. Observações adicionais	<p><input checked="" type="checkbox"/> Não tenho observações adicionais. <input type="checkbox"/> Tenho observações adicionais:</p> <p>As observações adicionais foram enviadas diretamente para a autora.</p>


Cristiane Mariano Zavati Silva

24/10/2016

Avaliador 2

avaliação, sob a ótica da confiabilidade, dos processos referentes aos subsistemas do INPE.

Cargo:	Tecnologista Júnior III
Função:	Engenheiro GP - Especialista em Confiabilidade
Tempo de experiência na área:	(3 anos) Especialista em Confiabilidade no Serviço de Garantia da Qualidade (SEQ/ETE – INPE); (3 anos) Pesquisa de Mestrado em Engenharia de Sistemas de Nanosatélites – CSE/ETE e parte da equipe de Engenharia de Sistemas do satélite AESP-14 (CubeSat ITA - INPE); (2 anos) Bolsista do Laboratório de Engenharia de Sistemas do LIT – LSIS no Projeto Piloto para aplicação de processos de Engenharia de Sistemas em pequenos satélites; (4 anos) Projetos de pesquisa de Iniciação Científica em projetos de Nanosatélites: NANOSATC-BR1 e NANOSATC-BR2 (CubeSats INPE - UFSM) em Controle Térmico, Engenharia de Sistemas e Gerenciamento.
1. Fidelidade	Em relação à fidelidade dos processos apresentados de Gerenciamento do Projeto, Engenharia de Sistemas e Garantia do Produto com ênfase na confiabilidade, estes, sob a ótica da confiabilidade, podem ser considerados: (X) completos () satisfatórios () pouco satisfatórios () insatisfatórios
2. Visão global	Em relação a uma visão global dos processos e fluxogramas apresentados, estes podem ser considerados: (X) completos () satisfatórios () pouco satisfatórios () insatisfatórios
3. Observações adicionais	() Não tenho observações adicionais. (X) Tenho observações adicionais: Os processos identificados no Capítulo 4 deste documento refletem os processos atualmente executados nos Projetos de Satélites conduzidos pelo INPE. O desconhecimento da existência de processos de referência padrão documentados para o Gerenciamento de Projetos, Engenharia de Sistemas e Garantia do Produto, adotados pela organização, somente permite a interpretação individual apoiada na experiência vivenciada e em documentos dos projetos. Atualmente atuando como especialista de confiabilidade nos projetos CBERS 04A e Amazônia1, em atividades ligadas ao desenvolvimento de subsistemas e equipamentos e, ainda, considerando aqueles cujo formato de desenvolvimento inclui a realização do projeto, o modelo de processos atualmente praticado e que apresenta impacto para confiabilidade é representativo ao apresentado no Capítulo 4 deste documento.

Lucas Lopes Costa

Lucas Lopes Costa

11/10/2016

APÊNDICE C – VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DOS PROCESSOS PROPOSTOS

C.1 - Objetivo

Verificar a aplicação dos processos propostos de Gerenciamento de Projeto, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade, através dos resultados apresentados no Capítulo 9.

C.2 - Metodologia

A metodologia empregada para a verificação dos processos propostos de Gerenciamento de Projeto, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade, estabeleceu as seguintes etapas:

- 1º. Apresentação da motivação para a realização da verificação dos processos apresentados no Capítulo 9;
- 2º. Entrega da cópia da Tese (em andamento) para um especialista em óptica e gerente de projeto de subsistema óptico da Divisão de Engenharia Aeroespacial do INPE (DEA), para que fosse avaliada;
- 3º. Entrega do questionário (Tabela D1) para que fosse preenchido no final da avaliação.

Tabela C1: Avaliação dos resultados da aplicação dos processos propostos em um projeto de subsistema do INPE.

Cargo:	
Função:	
Tempo de experiência na área:	
1. Eficácia	Em relação à eficácia dos processos apresentados de Gerenciamento de Projeto, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade aplicados ao projeto da câmera 1, estes podem ser considerados: <input type="checkbox"/> completos <input type="checkbox"/> satisfatórios <input type="checkbox"/> pouco satisfatórios <input type="checkbox"/> insatisfatórios
2. Abrangência	Em relação à abrangência das informações geradas, estas podem ser consideradas: <input type="checkbox"/> completas <input type="checkbox"/> satisfatórias

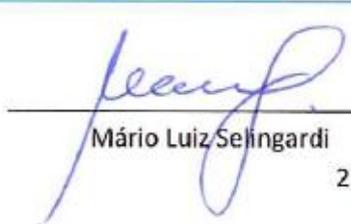
3. Apresentação	<input type="checkbox"/> pouco satisfatórias <input type="checkbox"/> insatisfatórias Em relação à apresentação dos processos e fluxogramas propostos, estes podem ser considerados: <input type="checkbox"/> completos <input type="checkbox"/> satisfatórios <input type="checkbox"/> pouco satisfatórios <input type="checkbox"/> insatisfatórios
4. Observações adicionais	(...) Não tenho observações adicionais. (...) Tenho observações adicionais: <hr/> <hr/>

C.3 - Resultado

Avaliador 1

Avaliação dos resultados da aplicação dos processos propostos em um projeto de subsistema do INPE.

Cargo:	Tecnologista Sênior
Função:	Engenheiro Especialista em Sistemas Eletro-Ópticos
Tempo de experiência na área:	36 anos de experiência no desenvolvimento de sistemas imageadores e sensores eletro-ópticos para satélites.
1. Eficácia	Em relação à eficácia dos processos apresentados de Gerenciamento de Projeto, Engenharia de Sistemas, Engenharia da Dependabilidade e Garantia da Dependabilidade aplicados ao projeto da câmera 1, estes podem ser considerados: <input checked="" type="checkbox"/> completos <input type="checkbox"/> satisfatórios <input type="checkbox"/> pouco satisfatórios <input type="checkbox"/> insatisfatórios
2. Abrangência	Em relação à abrangência das informações geradas, estas podem ser consideradas: <input checked="" type="checkbox"/> completas <input type="checkbox"/> satisfatórias <input type="checkbox"/> pouco satisfatórias <input type="checkbox"/> insatisfatórias
3. Apresentação	Em relação à apresentação dos processos e fluxogramas propostos, estes podem ser considerados: <input checked="" type="checkbox"/> completos <input type="checkbox"/> satisfatórios <input type="checkbox"/> pouco satisfatórios <input type="checkbox"/> insatisfatórios
4. Observações adicionais	<input type="checkbox"/> Não tenho observações adicionais. <input checked="" type="checkbox"/> Tenho observações adicionais: Considerando que a abordagem do trabalho relativa às métricas da Dependabilidade está limitada às partes EEE (elétrico, eletrônico e eletromecânico), pode-se observar que os processos propostos consideram a existência de requisitos específicos para os atributos de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade, o que não é o caso para o processo atual, onde apenas os requisitos de Confiabilidade estão claramente explicitados. A experiência no desenvolvimento dos subsistemas para os programas de satélites do INPE mostra que um maior detalhamento dos processos nas fases iniciais do projeto poderia ter contribuído para minimizar os riscos (ameaças) de reprojeto nas fases mais avançadas.


Mário Luiz Selingardi

21/10/2016

APÊNDICE D – CONCEITOS COMPLEMENTARES

Com o objetivo de complementar o Capítulo 2 e suas referências, são apresentados a seguir alguns conceitos:

D.1) Kwakernaak e Sivan (1972) apresenta na página 77, a definição 1.20 e 1.21 de Detectabilidade para a Área de Controle Ótimo de Sistemas Lineares.

Frisk (1993) apresenta na página 12, a definição 3.2 de Detectabilidade para a Área de Detecção, Isolamento, Identificação, e Reconfiguração de Falhas (FDIR).

Adaptando-as para as Áreas do Gerenciamento de Projetos e da Engenharia de Sistemas, neste trabalho é adotada a seguinte definição:

Detectabilidade: é a habilidade/capacidade de detectar uma ameaça/falha através da manipulação de informações disponíveis no projeto/sistema e sensíveis à ocorrência da ameaça/falha, sob condições determinadas e num intervalo de tempo determinado. No caso aleatório, ela seria medida por sua probabilidade de sucesso.

Ainda segundo Frisk (1993), a detectabilidade pode ser fraca (se ela ocorre em alguns instantes do intervalo de tempo determinado) ou forte (se ela ocorre em todos os instantes do intervalo de tempo determinado). Neste trabalho são adotadas as mesmas definições.

D.2) Kwakernaak e Sivan (1972) apresenta nas páginas 62 e 63, a definição 1.14 e 1.15 de Estabilizabilidade para a Área de Controle Ótimo de Sistemas Lineares.

Adaptando-a para as Áreas do Gerenciamento de Projetos e da Engenharia de Sistemas, neste trabalho é adotada a seguinte definição:

Tratabilidade: é a habilidade/capacidade de tratar uma ameaça/falha através da manipulação de itens de ação/providências disponíveis no projeto/sistema para minorar/corrigir a ocorrência da ameaça/falha, sob condições determinadas e num intervalo de tempo determinado. No caso aleatório, ela seria medida por sua probabilidade de sucesso.

D.3) Definição adotada neste trabalho para Processo:

Process - set of interrelated or interacting activities which transforms inputs into outputs (INCOSE, October 2011).

Nossa tradução deste texto: Processo - Conjunto de atividades, que são inter-relacionadas ou que possuem interações, que transformam entradas em saídas.

D.4) Definição adotada neste trabalho para Projeto:

Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo (PMBOK, 2013).