

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pós-Graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica e Computação, Área de Informática.

**Everton Moreira Machado**

**ME-MPS: UM MODELO DE EXTENSÃO DO MPS.BR  
PARA SOFTWARE CRÍTICOS EM AMBIENTES  
REGULADOS**

Dissertação aprovada em sua versão final pelos abaixo assinados:

  
Prof. Dr. Johnny Cardoso Marques

Orientador

Prof. Dra. Emília Villani  
Pró-Reitora de Pós-Graduação

Campo Montenegro  
São José dos Campos, SP - Brasil  
2022

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Divisão de Informação e Documentação**

Machado, Everton Moreira  
ME-MPS: Um modelo de extensão do MPS.br para software críticos em ambientes regulados /  
Everton Moreira Machado.  
São José dos Campos, 2022.  
127f.

Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica e  
Computação. Área de Informática – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2022. Orientador:  
Prof. Dr. Johnny Cardoso Marques.

1. MPS.br. 2. Software Crítico. 3. DO-178C. 4. Processo de Software. I. Instituto Tecnológico  
de Aeronáutica. II. Título.

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

MACHADO, Everton Moreira. **ME-MPS: Um modelo de extensão do MPS.br para software críticos em ambientes regulados**. 2022. 127f. Dissertação de Mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2022.

**CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Everton Moreira Machado

TÍTULO DO TRABALHO: ME-MPS: Um modelo de extensão do MPS.br para software críticos em ambientes regulados.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2022

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

---

Everton Moreira Machado  
Rua Bárbara K. Loureiro, 53  
12.243-040 – São José dos Campos–SP

# ME-MPS: UM MODELO DE EXTENSÃO DO MPS.BR PARA SOFTWARE CRÍTICOS EM AMBIENTES REGULADOS

**Everton Moreira Machado**

Composição da Banca Examinadora:

Prof. Dr.	Luiz Alberto Vieira Dias	Presidente	-	ITA
Prof. Dr.	Johnny Cardoso Marques	Orientador	-	ITA
Profa. Dra.	Karla Donato Fook	Membro Interno	-	ITA
Prof. Dra.	Jéssyka Flavyanne Ferreira Vilela	Membro Externo	-	UFPE

**ITA**

A minha filha Luísa. A minha esposa Suelen e minha irmã Elisa, por todo o apoio dessa dupla. Ao meu pai, suboficial reformado da Força Aérea Brasileira, A. Machado, pelo exemplo, incentivo e entusiasmo.

# Agradecimentos

Ao professor e doutor Johnny Cardoso Marques por suas orientações seguras e por todo apoio acadêmico, técnico, administrativo e psicológico. Pela solicitude e fidalguia no tratamento.

Ao professor e doutor Adilson Marques da Cunha por ter me admitido no programa e por todo apoio que me prestou durante o curso.

À minha queridíssima irmã Elisa por toda sua torcida e motivação.

À minha amada esposa Suelen pelo apoio consistente.

Ao meu queridíssimo pai pelo exemplo, motivação e apoio.

Ao Sr. CMG(RM1-IM) Veloso um grande amigo e entusiasta.

Ao Sr. CMG(RM1-T) Machado pela carta de recomendação.

Aos amigos Alisson, Fábio “Linux” Henrique e Barreto, por toda ajuda que este trio me forneceu.

Ao Sr. TCel QOAV Guilherme Michelli Bedini MOREIRA por ser corajoso e leal na obtenção das autorizações para eu cursar.

À equipe de projeto IFFM4BR que tanto me apoiou.

*“O primeiro dever da inteligência é desconfiar dela mesma”*

— ALBERT EINSTEIN

# Resumo

Software Críticos quanto à segurança são aqueles cuja falha põe em risco vidas humanas ou podem causar grandes perdas financeiras. O sucesso na construção deste tipo de software depende do nível de segurança que seu processo de construção pode assegurar. Ambientes regulados por normas de segurança (*Safety Standards*) impõe às organizações de desenvolvimento de software crítico requisitos que visam a guiá-las em um processo seguro de construção. Por outro lado, o Modelo de Referência MPS.br para software (MR-MPS-SW) tem por objetivo ampliar a qualidade do processo de software de um amplo conjunto de empresas brasileiras, de pequeno e médio porte, de nichos variados, sendo então um modelo generalista de alta aplicabilidade e baixa especificidade de domínio de aplicação. Neste estudo é proposto o ME-MPS, um Modelo de Extensão ao MR-MPS-SW que adiciona Processos e Resultados Esperados para orientar entidades com interesses no estudo, adaptação ou aplicação do modelo nacional em projetos de software críticos, sendo o modelo a principal contribuição. Por meio do ME-MPS é possível derivar um processo de verificação e adaptação do MR-MPS-SW para atender aos requisitos de uma determinada norma de segurança (norma-alvo). Além do ME-MPS, este estudo apresenta, como contribuição secundária, um processo de adaptação definido para atingir os Resultados Esperados estabelecidos pelo modelo de extensão. A fim de verificar uma hipótese de pesquisa que considerava existir uma distância de conformidade entre o MR-MPS-SW e a norma RTCA DO-178C — amplamente utilizada no desenvolvimento de software crítico na aviação — e provar o conceito do modelo proposto, uma simulação de implementação foi executada. Nesta, foi definido um ciclo de vida completo (processos, tarefas, atividades, artefatos, etc.) para verificação e adaptação do MR-MPS-SW, com o objetivo de conformá-lo com um subconjunto de aspectos da norma RTCA DO-178C.

# Abstract

Critical software's failure puts human life at risk or could cause significant financial losses. The success of this kind of software depends on the safety level assured by its development process. In regulated environments, using safety standards imposes specific requirements on critical software development organizations to guide them into a safety development process. On the other hand, the MPS.br Software Reference Model (MR-MPS-SW) aims to improve the software process quality of small or medium companies, being a highly applicable generalist model. The study proposes the ME-MPS, an Extension Model to MR-MPS-SW, that adds processes and Expected Results to guide entities interested in the study, adaptation, or application of the Brazilian model in critical software projects. Through the ME-MPS it is possible to derive a verification and adaptation process to the original MR-MPS-SW to comply with the requirements of a specific safety standard (target standard). In addition to the ME-MPS, this study presents, as a secondary contribution, an adaptation process defined to aim for the expected results established by Extension Model. In order to verify a research hypothesis that considered the existence of a distance-to-comply between MRMPS-SW and RTCA DO-178C standard (widely used for critical software development in aviation) and to prove the concept of the proposed model, an implementation simulation was executed. This simulation set a complete life cycle (processes, tasks, activities, artifacts, Etc.) to verify and adapt the MR-MPS-SW for compliance with a subset of aspects of the RTCA DO-178C standard.



# Lista de Figuras

FIGURA 2.1 – Visão do autor da estrutura funcional do MPS.Br . . . . .	22
FIGURA 2.2 – Localização do estudo na estrutura de modelos do MPS.Br . . . . .	23
FIGURA 2.3 – Estrutura de níveis e processos MR-MPS-SW (SOFTEX, 2021) . . . . .	25
FIGURA 2.4 – Visão do autor da dinâmica de evolução dos Resultados Esperados . . . . .	26
FIGURA 2.5 – Integração das normas na aviação (adaptado) . . . . .	32
FIGURA 2.6 – Ciclo de vida definido pela RTCA DO-178C . . . . .	33
FIGURA 3.1 – Extensão do modelo de referência . . . . .	38
FIGURA 3.2 – Diagrama de classes envolvidas na extensão. . . . .	39
FIGURA 3.3 – Fluxo de aplicação do modelo . . . . .	40
FIGURA 3.4 – Aspectos de normas-alvo sendo mapeados para adaptações ao MR-MPS-SW . . . . .	42
FIGURA 3.5 – Visão da intenção do autor em relação aos RE propostos . . . . .	43
FIGURA 3.6 – Visão geral da necessidade de um PSC, aplicação do modelo e atuação do metaprocesso GES . . . . .	47
FIGURA 3.7 – Distribuição, por meio do metaprocesso, de resultados adaptados ou adicionados. . . . .	47
FIGURA 4.1 – Ciclo de vida da simulação do processo ESP . . . . .	52
FIGURA 4.2 – Modelo entidade-relacionamento dos dados da simulação . . . . .	59
FIGURA 4.3 – Fluxograma para composição do GF . . . . .	78
FIGURA 4.4 – Ciclo de vida da avaliação do modelo . . . . .	79
FIGURA 6.1 – Mapeamento das correlações encontradas . . . . .	91
FIGURA E.1 – <i>Pool</i> de instâncias do modelo . . . . .	127

# Lista de Tabelas

TABELA 2.1 – Estrutura de processos MR-MPS-SW . . . . .	25
TABELA 2.2 – Descrição dos processos de projeto MPS, seus níveis iniciais e evoluções. . . . .	28
TABELA 2.3 – Descrição dos processos organizacionais MPS, seus níveis iniciais e evoluções. . . . .	29
TABELA 2.4 – Resumo dos níveis de capacidade . . . . .	30
TABELA 2.5 – Níveis de capacidade de processo e seus atributos . . . . .	31
TABELA 2.6 – Classificação de riscos e níveis de garantias do desenvolvimento . . . . .	32
TABELA 2.7 – Tabela de objetivos RTCA DO-178C . . . . .	34
TABELA 3.1 – Estrutura de processo MR-MPS-SW com o modelo de extensão . . . . .	38
TABELA 4.1 – Classificações de aspectos . . . . .	54
TABELA 4.2 – Definição da tarefa TF-001 . . . . .	54
TABELA 4.3 – Definição da tarefa TF-002 . . . . .	55
TABELA 4.4 – Definição da tarefa TF-003 . . . . .	56
TABELA 4.5 – Definição da tarefa TF-004 . . . . .	56
TABELA 4.6 – Definição da tarefa TF-005 . . . . .	57
TABELA 4.7 – Definição da tarefa TF-006 . . . . .	58
TABELA 4.8 – Definição da tarefa TF-007 . . . . .	58
TABELA 4.9 – Modelo de DEF . . . . .	60
TABELA 4.10 – Modelo de FA . . . . .	61
TABELA 4.11 – Modelo de FAM . . . . .	62
TABELA 4.12 – Modelo de FMM . . . . .	62

---

TABELA 4.13 –Modelo de MAD . . . . .	63
TABELA 4.14 –Modelo de CMO . . . . .	63
TABELA 4.15 –Modelo de ficha de correção de adaptação. . . . .	64
TABELA 4.16 – <i>DEF preenchida com dados da simulação</i> . . . . .	65
TABELA 4.17 –Visão externa da TA . . . . .	66
TABELA 4.18 –Visão externa da PD para classificação de compatibilidade . . . . .	70
TABELA 4.19 –Visão Externa da PD - consolidação do RE ESP 3 . . . . .	71
TABELA 4.20 –Percentual de aspectos classificados por tipo de classificação . . . . .	71
TABELA 4.21 –Ficha de análise do aspecto A2/8 . . . . .	72
TABELA 4.22 –FAM A2/8 . . . . .	72
TABELA 4.23 –Visão externa da PD dos níveis de maturidade de RE correlatos . . . . .	73
TABELA 4.24 –Simulação da FMM 001 . . . . .	74
TABELA 4.25 –Mapeamento das adaptações dos aspectos não endereçados . . . . .	75
TABELA 4.26 –Consolidação do modelo adaptado e definição do metaprocesso GES . . . . .	77
TABELA 5.1 –Consolidação de avaliações das adaptações . . . . .	86
TABELA 5.2 –Ficha de correção de adaptação A2/5 . . . . .	87
TABELA 5.3 –Ficha de correção de adaptação A2/10 . . . . .	88
TABELA 5.4 –Consolidação da avaliação das adaptações . . . . .	88
TABELA A.1 –Lista de artefatos . . . . .	99
TABELA B.1 –Ficha de análise do aspecto A2/1 . . . . .	101
TABELA B.2 –Ficha de análise do aspecto A2/2 . . . . .	102
TABELA B.3 –Ficha de análise do aspecto A2/3 . . . . .	103
TABELA B.4 –Ficha de análise do aspecto A2/4 . . . . .	104
TABELA B.5 –Ficha de análise do aspecto A2/5 . . . . .	105
TABELA B.6 –Ficha de análise do aspecto A2/6 . . . . .	105
TABELA B.7 –Ficha de análise do aspecto A2/7 . . . . .	106
TABELA B.8 –Ficha de análise do aspecto A2/8 . . . . .	107
TABELA B.9 –Ficha de análise do aspecto A2/9 . . . . .	107

---

TABELA B.10 –Ficha de análise do aspecto A2/10 . . . . .	108
TABELA B.11 –FAM A2/5 . . . . .	109
TABELA B.12 –FAM A2/6 . . . . .	109
TABELA B.13 –FAM A2/7 . . . . .	110
TABELA B.14 –FAM A2/8 . . . . .	111
TABELA B.15 –FAM A2/9 . . . . .	112
TABELA B.16 –FAM A2/10 . . . . .	113
TABELA B.17 –Descrição da planilha de dados . . . . .	114
TABELA C.1 –Distribuição dos objetivos . . . . .	115
TABELA D.1 –Avaliação textual do AV1 . . . . .	119
TABELA D.2 –Avaliação textual do AV2 . . . . .	122
TABELA D.3 –Avaliação textual do AV3 . . . . .	126

# Lista de Abreviaturas e Siglas

BID/FUMIN	Banco Interamericano de Desenvolvimento
COL	Classificação de Aspecto Colaborativamente Endereçado
DEF	Ficha de Definição de Finalidade
DIR	Classificação de Aspecto Diretamente Endereçado
DO	RTCA Norma DO-178C
ESP	Processo de Especializado do Modelo de Extensão
ETM	Equipe Técnica do Modelo
EUROCAE	<i>European Organization for Civil Aviation Equipment</i>
FA	Ficha de Análise
FAA	Federal Aviation Administration
FAM	Ficha de Adaptação do Modelo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FMM	Ficha de Definição de Maturidade Mínima
FCC	Fórum de Credenciamento e Controle
FCA	Ficha de Correção de Adaptação
GES	Metaprocesso de Gestão de Resultados Especializados do Modelo de Extensão
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
ME	Modelo de Extensão
mPME	Micro, Pequenas e Médias Empresas
MR	Modelo de Referência
MR-MPS-SW	Modelo de Referência do MPS.br para Software
NED	Classificação de Aspecto Não Endereçado
PAR	Classificação de Aspecto Parcialmente Endereçado
PCD	Processo Certificado de Desenvolvimento
PSC	Processo de Software Certificado
PP	Próposito de um Processo MPS
RE	Resultados Esperados de um Processo MPS

---

RFA	Repositório de Fichas de Análise
SCS	Sistemas Críticos quanto à Segurança ( <i>Safety</i> )
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SGBDR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional
SPEM	<i>Software Process Engineering Meta-model</i>
TA	Tabela de Aspectos identificados, mesmo que repositório de aspectos
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
WAMPS	<i>Workshop</i> Anual do MPS

# Sumário

1	INTRODUÇÃO . . . . .	18
1.1	Contextualização . . . . .	18
1.2	Definição do Problema e da Hipótese de Pesquisa . . . . .	19
1.3	Objetivo . . . . .	20
1.4	Redução de Escopo . . . . .	20
1.5	Organização . . . . .	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .	22
2.1	MPS.Br . . . . .	22
2.1.1	Modelo de Referência para Software (MR-MPS-SW) . . . . .	23
2.1.2	Modelo de Capacidades . . . . .	24
2.1.3	Níveis de Maturidade . . . . .	25
2.1.4	Processos MPS . . . . .	27
2.1.5	Capacidades dos Processos . . . . .	27
2.2	Software Crítico na aviação . . . . .	29
2.2.1	ARP 4754A . . . . .	29
2.2.2	RTCA DO-178C . . . . .	33
2.3	Trabalhos Correlatos . . . . .	35
3	MODELO DE EXTENSÃO DO MPS.Br . . . . .	37
3.1	Definição . . . . .	37
3.1.1	Análise dinâmica do modelo . . . . .	40
3.1.2	Orientação a aspectos . . . . .	41
3.2	O Processo de Especialização - ESP . . . . .	41

---

3.2.1	Propósito . . . . .	42
3.2.2	Resultados Esperados . . . . .	42
<b>3.3</b>	<b>O Metaprocesso de Gestão de Resultados Especializados - GES . . . . .</b>	<b>46</b>
3.3.1	Propósito . . . . .	47
3.3.2	Resultados Esperados . . . . .	48
<b>4</b>	<b>SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO DO MODELO DE EXTENSÃO ME-MPS . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>4.1</b>	<b>Características da Simulação . . . . .</b>	<b>49</b>
4.1.1	Cenário . . . . .	49
4.1.2	Finalidade . . . . .	50
<b>4.2</b>	<b>Definição do Processo . . . . .</b>	<b>51</b>
4.2.1	Ciclo de Vida . . . . .	51
4.2.2	Padronização de codificação . . . . .	51
4.2.3	Classificação de Correlações . . . . .	52
4.2.4	Classificação de Aspecto . . . . .	53
4.2.5	Descrição de Tarefas e Atividades . . . . .	53
4.2.6	Modelagem de Dados de Artefatos . . . . .	58
<b>4.3</b>	<b>Ficha de Correção de Adaptação . . . . .</b>	<b>63</b>
<b>4.4</b>	<b>Definição do metaprocesso de Gestão de Resultados Especializados (GES) . . . . .</b>	<b>64</b>
<b>4.5</b>	<b>Evidências dos RE . . . . .</b>	<b>64</b>
4.5.1	Evidência do RE ESP 1 . . . . .	65
4.5.2	Evidência do RE ESP 2 . . . . .	65
4.5.3	Evidência do RE ESP 3 . . . . .	65
4.5.4	Evidência do RE ESP 4 . . . . .	71
4.5.5	Evidência do RE ESP 5 . . . . .	72
4.5.6	Evidência do RE ESP 6 . . . . .	73
4.5.7	Evidência do RE ESP 7 . . . . .	77
<b>5</b>	<b>AVALIAÇÃO DA SIMULAÇÃO . . . . .</b>	<b>81</b>
<b>5.1</b>	<b>Fichas de Correção de Adaptação Produzidas . . . . .</b>	<b>86</b>



---

5.2	<b>Avaliação do Modelo</b> . . . . .	88
5.3	<b>Avaliações sobre questões subjetivas</b> . . . . .	89
6	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	90
6.1	<b>Ameaças à Validade</b> . . . . .	92
6.2	<b>Trabalhos Futuros</b> . . . . .	93
6.2.1	Instância completa do modelo/processo . . . . .	93
6.2.2	Oportunidades de melhorias do ME . . . . .	93
6.2.3	Sistema de Informação (SI) para apoiar processos de adaptação . . . . .	93
6.2.4	Concepção de modelos de análise de metadados . . . . .	93
6.2.5	Utilização de IA para análise de correlações . . . . .	94
6.2.6	Catálogo de instâncias do modelo de extensão . . . . .	94
6.3	<b>Publicações em andamento</b> . . . . .	95
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	96
	<b>APÊNDICE A – LISTA DE ARTEFATOS</b> . . . . .	99
	<b>APÊNDICE B – REPOSITÓRIO DE FICHAS DE ANÁLISE (RFA)</b> . . . . .	100
	<b>APÊNDICE C – TABELAS DA NORMA RTCA DO-178C</b> . . . . .	115
	<b>APÊNDICE D – <i>Feedbacks</i> DE AVALIADORES ESPECIALISTAS</b> . . . . .	116
	<b>D.1 Respostas do Avaliador 1</b> . . . . .	117
	<b>D.2 Respostas do Avaliador 2</b> . . . . .	119
	<b>D.3 Respostas do Avaliador 3</b> . . . . .	122
	<b>APÊNDICE E – POOL DE INSTÂNCIAS</b> . . . . .	127

# 1 Introdução

Este capítulo apresenta uma introdução desta pesquisa realizada, envolvendo uma contextualização, uma definição do problema e da hipótese de pesquisa, o objetivo, o escopo e a organização da apresentação deste documento.

## 1.1 Contextualização

Segundo Pressman (2014), a Engenharia de Software é a área responsável pelo estabelecimento de técnicas e práticas para o desenvolvimento de Software, cobrindo uma ampla quantidade de aplicações e diferentes tipos de dispositivos. Este termo, criado na década de 1960, surgiu numa tentativa de se contornar, o que se chamou na época de crise do Software e dar um tratamento de engenharia, mais sistemático e controlado, ao desenvolvimento de produtos de Software complexos. Em linhas gerais, a intenção foi levar disciplina ao desenvolvimento de Software.

O MPS.BR, Melhoria do Processo de Software Brasileiro, é um programa da Softex com apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Com o início em dezembro de 2003, o programa cogita melhorar a capacidade de desenvolvimento de software, serviços e as práticas de gestão de RH na indústria de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (SOFTEX, 2021). O MPS.br para software (MR-MPS-SW) é um Modelo Referência<sup>1</sup>, formalizado em uma guia do MPS, generalista, concebido para ampliar a qualidade do processo do software nacional.

Um processo de software compreende uma coleção de tarefas, atividades e ações que são feitas quando um produto de trabalho é gerado. Cada uma dessas atividades, ações e tarefas residem em um modelo, o qual define seus relacionamentos com o processo e umas com as outras (PRESSMAN, 2014).

Em alguns domínios críticos e regulamentados de aplicação, como aviação, indústria automotiva, e nuclear, Software Críticos quanto à Segurança — *Safety Critical Software* (SCS) — devem ser certificados. Na obtenção da certificação, a organização deve provar

---

<sup>1</sup>Modelos baseados em Processos e Resultados Esperados (ISO; IEC, 2015)

que o sistema é seguro. A prova é fornecida por meio de uma estrutura de argumentos que correlaciona evidências aos requisitos. No desenvolvimento de software, tipicamente, esses requisitos advêm de Normas de Segurança (*Safety Standards*) as quais definem o processo que deve ser seguido para desenvolver este tipo de Software (GALLINA *et al.*, 2012). Portanto, para fins deste trabalho, define-se que Processo Certificado de Desenvolvimento (PCD) é um processo de desenvolvimento de um SCS que atende às reivindicações de uma determinada norma de segurança.

As questões sobre conformidade e customização de um Modelo de Referência (MR) visando ao atendimento às normas de certificação não são inéditas (GALLINA *et al.*, 2012)(HOU *et al.*, 2021)(LEDINOT *et al.*, 2012). Como exemplo, em seu estudo, Ferreiros e Dias (2015) quantificaram percentualmente a conformidade dos processos definidos pelo Modelo CMMI-DEV (SEI, 2010) em relação aos objetivos estabelecidos pela RTCA DO-178C (RTCA, 2011) — norma amplamente utilizada para desenvolvimento de SCS embarcado na aviação. Os autores deste trabalho concluem não haver conformidade total do modelo em relação aos processos definidos pela norma.

Entretanto, pouco se investigou sobre o MR brasileiro MR-MPS-SW e suas aplicações no desenvolvimento de SCS. Este fato coloca o modelo nacional em uma evidente posição de desvantagem em relação aos modelos internacionais porque pouco se sabe sobre sua adequabilidade quando empregado nesses tipos de desenvolvimentos, ou ainda, das possibilidades e formas de adaptá-lo para esses casos. Dessa forma, surge o questionamento quanto ao distanciamento do MR-MPS-SW em relação aos aspectos específicos das normas.

Além disso, ao adaptar o MR-MPS-Sw para aplicações em software crítico, os implementadores são beneficiados porque podem contar com uma ferramenta que facilita as adaptações de seus processos, possivelmente requeridas, para a entrada neste mercado de software crítico.

## 1.2 Definição do Problema e da Hipótese de Pesquisa

Se por um lado existe o MPS.br para software (MR-MPS-SW), um Modelo Referência brasileiro, generalista, concebido para ampliar a qualidade do processo do software nacional, do outro lado, existe uma categoria de Software Críticos cujo desenvolvimento deve ser certificado quanto ao atendimento às reivindicações específicas de certas Normas de Segurança.

O problema abordado nesta pesquisa relaciona-se com a adequabilidade de um processo de desenvolvimento orientado pelo MR-MPS-SW quando aplicado na construção de SCS, cujo o processo de software requer certificação de conformidade com uma determinada

norma-alvo. Assim, o problema endereçado nesta pesquisa consiste em **“Como adaptar o MR-MPS-SW para apresentar conformidade com uma norma de SCS?”**, considerando a falta de investigação desta possibilidade em trabalhos existentes na literatura.

O MR-MPS-SW foi concebido baseado no modelo *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) (SOFTEX, 2021). Assim, a partir do problema anteriormente enunciado, elaborou-se a seguinte hipótese a ser comprovada ou refutada durante este trabalho de pesquisa: **“O modelo MR-MPS-SW não é completamente aderente à RTCA DO-178C”**.

Visando a comprovação ou refutação desta hipótese, o autor acredita na necessidade de se estudar as capacidades do modelo para construção de SCS. Assim, considerando uma grande possibilidade de ausência de aderência completa à RTCA DO-178C, este trabalho se justifica no sentido de propor um Modelo de Extensão (ME) da guia padrão do Modelo de Referência MPS.br (MR-MPS-SW), que oriente os trabalhos relativos a identificar, analisar e mapear as adaptações necessárias para que o modelo nacional atenda a um desenvolvimento regulado por norma.

### 1.3 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho de pesquisa é propor um Modelo de Extensão (ME) para o MR-MPS-SW, genérico, que oriente a sistematização de atividades de análise e adaptação de seus Resultados Esperados originais, para conformidade com Normas de Segurança. Sendo esta, a principal contribuição.

Como um objetivo secundário, este trabalho também simulará a aplicação deste ME, em nível de prova de conceito, em um processo de análise e adaptação do MR-MPS-SW ao objetivo 1 (*Highlevel Level Requirement are Developed*), da Tabela A-2 (*Software Development Process*), da norma RTCA DO-178C.

### 1.4 Redução de Escopo

Este trabalho de pesquisa não propõe um ciclo de vida completo para um processo de análise e a adaptação do MR-MPS-SW para aderência com uma norma-alvo. Ao invés disso, seu escopo está limitado a propor um MR, genérico, estruturado similarmente ao MR-MPS-SW para software — baseado em Processos e Resultados Esperados — orientado a aspectos, que fornece orientação para entidades, de tamanhos e propósitos diferentes, interessadas em analisar e, quando necessário, adaptar os RE do MR-MPS-SW para atender as especificidades do desenvolvimento de um SCS.

Por isso, esta simulação abrangerá apenas o objetivo 1, da Tabela A-2, da norma-alvo.

A finalidade é provar o conceito do ME apresentado e sugerir uma forma de implementação que evidencie os resultados obtidos.

## 1.5 Organização

Este capítulo descreveu as características iniciais desta pesquisa, apresentando as questões identificadas, as intenções do autor, a contribuição prevista e o objetivo. O trabalho será complementado por mais 6 capítulos.

O capítulo 2 apresenta uma fundamentação teórica onde as características do MR-MPS-SW e da norma RTCA DO-178C são brevemente apresentadas. Por fim, uma relação de trabalhos correlatos é exposta.

O capítulo 3 apresenta uma proposta de Modelo de Referência para extensão do MR-MPS-SW que orienta a implementação de um processo de especialização. Este processo orientado visa a analisar e, se necessário, adaptar os RE do MR-MPS-SW para aderir às necessidades impostas por uma determinada Norma de Segurança.

O capítulo 4 apresenta uma simulação de execução do modelo aplicado na análise e adaptação do MR-MPS-SW às especificidades de um subconjunto de aspectos da norma RTCA DO-178C.

O Capítulo 5 apresenta uma discussão sobre o modelo proposto e os resultados obtidos com a simulação.

O capítulo 6 sumariza as principais conclusões e contribuições da pesquisa, e, finalmente, apresenta as seções de trabalhos futuros e publicações.

## 2 Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que suporta o desenvolvimento desta pesquisa, constituindo sua fundamentação conceitual e técnica, apresentando uma visão geral sobre: MPS.Br; ARP 4754A; RTCA DO-178C; e uma síntese dos trabalhos correlatos.

### 2.1 MPS.Br

O MPS.Br é um programa mobilizador, de longo prazo, criado em dezembro de 2003, coordenado pela Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (SOFT-TEX), que tem o apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID/FUMIN) (SOFTTEX, 2021).

O programa possui uma meta técnica e uma meta de negócio. A primeira visa ao aprimoramento contínuo do modelo. A segunda visa à disseminação e viabilização do modelo para a melhoria da competitividade das empresas de desenvolvimento de software. A Figura 2.1 mostra a estrutura de funcionamento do MPS.br.

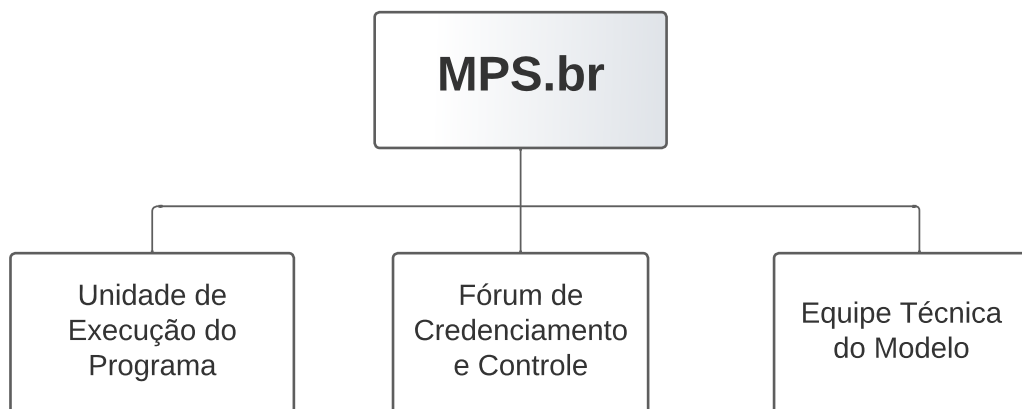


FIGURA 2.1 – Visão do autor da estrutura funcional do MPS.Br

O Fórum de Credenciamento e Controle (FCC) é responsável por emitir pareceres que subsidiam a SOFTEX no credenciamento/descredenciamento de instituições e consultores. A Equipe Técnica do Modelo (ETM) apoia a SOFTEX nas questões estratégicas relacionadas ao programa e aos modelos.

O MPS.br é composto por 4 modelos: de Software, de Serviços, de Gestão de Pessoal e de Avaliação. Esses modelos são descritos por meio de guias e, para finalidade deste estudo, a guia de interesse é a Guia Geral de Software. Esta guia detalha o Modelo de Referência do MPS.br para Software (MR-MPS-SW), seus componentes e as definições comuns necessárias para seu entendimento e aplicação (SOFTEX, 2021). A Figura 2.2 materializa e identifica a alocação exata da aplicação deste estudo na estrutura de modelos do MPS.br. Percebe-se que, embora haja outros modelos no MPS.br, apenas itens do modelo para software (tracejado em vermelho) são endereçados e afetados pelo estudo.

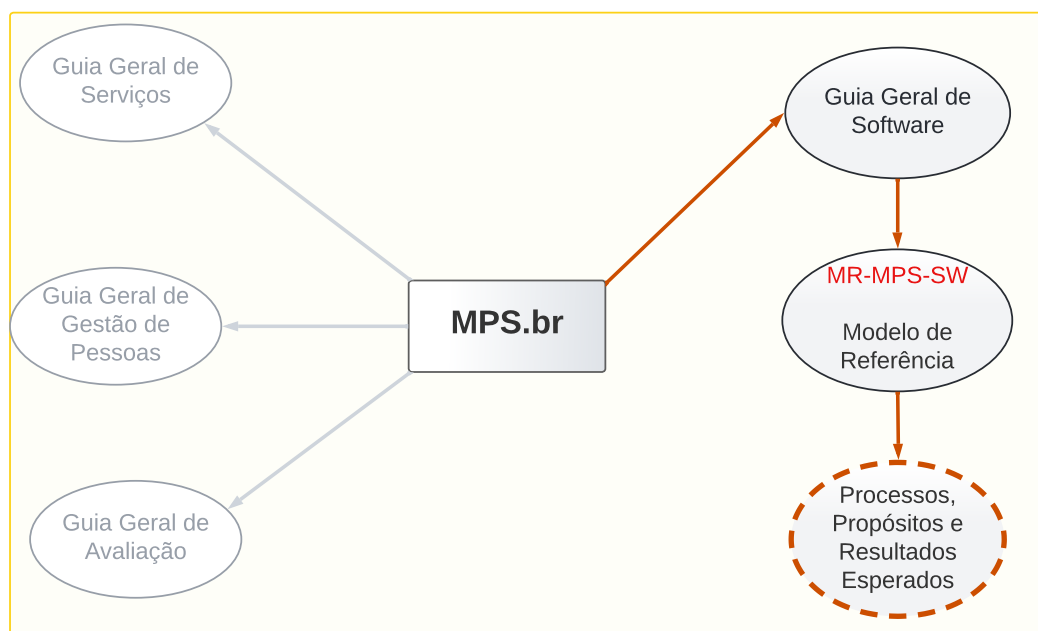


FIGURA 2.2 – Localização do estudo na estrutura de modelos do MPS.Br

### 2.1.1 Modelo de Referência para Software (MR-MPS-SW)

O MR-MPS-SW tem como base os requisitos de processos definidos nos modelos de melhoria de processo e atende a necessidade de implantar os princípios de engenharia de software adequadamente ao contexto das empresas, estando consoante às principais abordagens internacionais para definição, avaliação e melhoria de processos de software (SOFTEX, 2021).

Atualmente, 818 (oitocentos e dezoito) organizações no Brasil e 7 (sete) no exterior submeteram-se ao processo de avaliação de seus PS para certificação MPS.Br. O dado foi

retirado do site oficial do programa MPS.br em agosto de 2022 e demonstra a aderência de empresas públicas e privadas.

O MR-MPS-SW possui em sua base técnica normas e modelos internacionais amplamente reconhecidos e utilizados pela indústria de Software:

1. A Norma Internacional ISO/IEC/IEEE 12207:2017 (ISO/IEC/IEEE..., 2017);
2. O CMMI v2.0 (SEI, 2010);
3. NBR ISO 9001:2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015);
4. O Prêmio Nacional da Qualidade® (FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE, 2022); e
5. A norma MoProSoft NMX-I-059/2-NYCE-2011 (ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, 2011).

Além da série de normas que corresponde à ISO/IEC 20000 e a família de normas ISO/IEC 330xx.

### 2.1.2 Modelo de Capacidades

O MR-MPS-SW define níveis de maturidade que são uma combinação entre processos e suas capacidades (SOFTEX, 2021). Os processos no MR-MPS-SW estão divididos em dois grandes grupos: Processos de Projeto e Processos Organizacionais.

Os Processos de Projeto são aqueles executados para os projetos de software. Estes projetos podem ser de desenvolvimento de um novo produto, manutenção ou evolução de produto.

Os Processos Organizacionais são os processos concebidos para fornecer os recursos necessários para que o projeto/serviço atenda às expectativas e necessidades das partes interessadas (SOFTEX, 2021). A Tabela 2.1 foi adaptada da Guia Geral do MPS.br para software e mostra a organização dos processos e seus agrupamentos.

A definição dos processos segue os requisitos para um modelo de referência de processo apresentados na ISO/IEC 33002 (ISO; IEC, 2015), declarando o propósito e os resultados esperados de sua execução (SOFTEX, 2021).

Percebe-se pela Figura 2.3 que no nível inicial G (*Processo Parcialmente Gerenciado*), um usuário do guia <sup>1</sup> precisa conseguir demonstrar a execução de apenas 2 (dois) Processos de Projeto: Gerência de Projeto e Engenharia de Requisitos. Por outro lado,

---

<sup>1</sup>implementador MPS



Processos de Projeto	Processos Organizacionais
Gerência de Projeto Engenharia de Requisitos Projeto e Construção do Produto Integração do Produto Verificação de Validação	Gerência de Recursos Humanos Gerência de Configuração Gerência Organizacional Gerência de Processos Medição Aquisição Gerência de Decisões

TABELA 2.1 – Estrutura de processos MR-MPS-SW

no nível F (*Processo Gerenciado*), além dos processos previstos no nível G, é necessário demonstrar a implementação de outros 5 (cinco) processos: Gerência de Configuração, Medição, Aquisição, Gerência de Processos e Gerência de organização. Dessa forma, se define o conceito de maturidade do MR-MPS-SW, quanto maior o nível pretendido, mais processos o usuário adota corretamente<sup>2</sup>, mais rigorosos alguns resultados se tornam, mais maduro é o PS e, conseqüentemente, sua graduação no Modelo.



FIGURA 2.3 – Estrutura de níveis e processos MR-MPS-SW (SOFTEX, 2021)

### 2.1.3 Níveis de Maturidade

A definição dos processos segue os requisitos para um modelo de referência de processo apresentados na ISO/IEC 33002 (ISO; IEC, 2015). Sendo assim, declarando o propósito (PRO) e os Resultados Esperados (RE) de sua execução (SOFTEX, 2021).

Os RE dos processos estão adequados a cada nível de maturidade pretendido, ou seja, nem todos os resultados estão presentes nos níveis iniciais para um determinado processo, como Gerência de Projeto, que se inicia já no nível G. Ao invés disso, eles vão evoluindo à

<sup>2</sup>o termo “corretamente” presume que os resultados previstos para um processo correspondem com o nível de maturidade pretendido.

medida que evolui a maturidade da organização, como mostra a Figura 2.3. Os resultados são acumulativos, por isso, os RE que aparecem no nível G deverão estar presentes, com as mesmas características ou com evoluções, no nível F e superiores.

A Figura 2.3 ilustra apenas a evolução dos níveis de maturidade e os processos envolvidos. Entretanto, não demonstra a dinâmica de evoluções dos RE para cada evolução dos processos. Portanto, de modo a contribuir com o entendimento, a Figura 2.4 apresenta a dinâmica de evolução de 2 (dois) RE do processo Gerência de Projeto (GPR), a medida que o nível de maturidade aumenta.

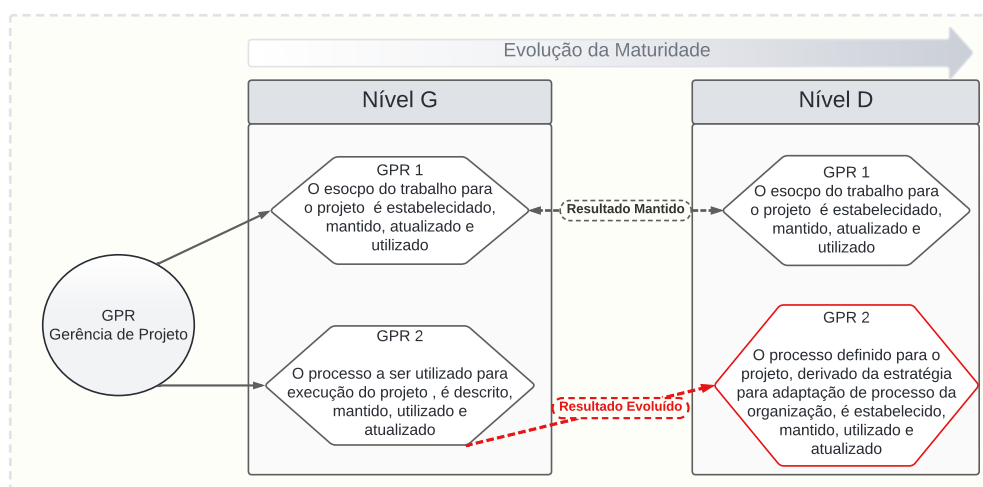


FIGURA 2.4 – Visão do autor da dinâmica de evolução dos Resultados Esperados

Pela Figura 2.4, nota-se que o processo GPR define (no nível G), entre outros RE, os resultados denominados GPR 1 e GPR 2. No entanto, para um implementador do MR-MPS-SW alcançar o *nível D* de maturidade é necessário refinar o tratamento dado ao GPR 2, que fica mais rigoroso.

Como apresenta o exemplo da Figura 2.4, o RE GPR2 define que o “*O Processo a ser utilizado para execução do projeto é descrito, mantido, atualizado e utilizado*”. Não obstante, a evolução de GPR2 para GPR2+ é definido da seguinte maneira: “*O processo (...) derivado da estratégia de adaptação do processo da organização (...)*”. Conclui-se que, para alcançar o *nível D*, um dos requisitos é que uma estratégia de adaptação do processo da organização deve estar definida, para que então o processo utilizado na execução do projeto derive dela. Neste caso, o MR-MPS-SW impõe a institucionalização do processo de adaptação de processos.

Sendo assim, compreende-se que o MR demanda que o processo utilizado no projeto deva ser adaptado a partir de uma estratégia organizacional, ou seja, definir o processo para um projeto deixa de depender apenas do projeto e depende de estratégias organizacionais, tornando o próprio PS mais robusto do que em níveis inferiores.

### 2.1.4 Processos MPS

O arcabouço descritivo do modelo MR-MPS-SW é composto por uma tríade: Processo, Propósito do Processo e Resultados Esperados (RE). Uma vez que se entenda o propósito dos processos e se definam tarefas e atividades que alcancem todos os RE estabelecidos para um processo em determinado nível de maturidade pretendido, pode-se dizer que um processo do MR-MPS-SW foi implementado com esse nível.

Conforme já mencionado, os processos são agrupados em Processos de Projeto e Processos Organizacionais. Tendo finalidades, aplicações e intenções distintas e cooperativas. Os Processos de Projeto visam à execução de atividades e tarefas que produzam, de fato, um novo produto de software ou a manutenção de um produto de software. Estes processos contemplam áreas consagradas da Engenharia de Software, adequadas para os níveis de maturidade pretendido por cada organização.

Os Processos Organizacionais apoiam os Processos de Projeto, fornecendo pessoal, e toda uma infraestrutura de suporte para que o produto seja produzido. Estes processos não objetivam as soluções de Engenharia para o produto, mas sim a fornecer subsídios de pessoal, processuais e tecnológicos para que os Processos de Projeto sejam executados.

As Tabelas 2.2 e 2.3 resumizam os Processos do MR-MPS-SW (de Projeto e Organizacionais), seus propósitos definidos na guia de referência, os níveis iniciais de maturidade onde estes devem ser implementados e os níveis onde seus RE são expandidos através de uma evolução.

### 2.1.5 Capacidades dos Processos

O MR também define capacidades de processos em relação aos níveis de maturidade. Esta classificação é determinada pelo grau de refinamento e institucionalização com que o processo é executado na organização/unidade organizacional (SOFTEX, 2021). A Tabela 2.4 apresenta a sumarização das capacidades dos processos implementados em cada nível.

Como resultado da correta implementação dos processos, o PS da organização apresentará atributos intrínsecos. A Tabela 2.5 resume estes atributos e como acontece o relacionamento destes com cada nível de maturidade alcançado. Assim, uma vez que a organização desenvolva as atividades e tarefas necessárias para produzirem um conjunto de evidências que comprovam os resultados estabelecidos, o modelo garante qualidades presumidas.

Por fim, conforme esclarecido na guia geral do MPS.br para software (SOFTEX, 2021), as atividades e tarefas necessárias para atender ao Propósito e aos Resultados Esperados não são definidas.

Processo	Propósito	Nível inicial	Expansões
Gerência de Projetos (GPR)	Estabelecer e manter atualizados planos que definam as atividades, recursos, riscos, prazos e responsabilidades do projeto. Também é propósito deste processo prover informações sobre o andamento do projeto que permitam a realização de correções quando houver desvios significativos no desempenho do projeto, incluindo análise de causa-raiz.	G	D, B e A
Engenharia de Requisitos (REQ)	Definir, gerenciar e manter atualizados os requisitos das partes interessadas e do produto, garantindo que inconsistências entre os requisitos, os planos e os produtos de trabalho sejam identificadas e tratadas. Resultados	G	D
Projeto e Construção do Produto (PCP)	Projetar, desenvolver e implementar soluções para atender aos requisitos.	D	-
Integração do Produto (ITP)	Montar os componentes do produto conforme a estratégia definida, produzindo um produto integrado consistente com seu projeto (design) e seus requisitos.	D	-
Verificação e Validação (VV)	Confirmar que os produtos de trabalho selecionados atendem aos requisitos especificados, pela execução de testes e revisão por pares, e que um produto ou componente do produto atenderá a seu uso pretendido quando colocado no ambiente operacional.	D	-

TABELA 2.2 – Descrição dos processos de projeto MPS, seus níveis iniciais e evoluções.

Essas definições são feitas pelos implementadores, segundo as características específicas de cada organização. Logo, conclui-se que o modelo não determina um processo tal qual a definição de Pressman (2014), exposta durante a introdução, no capítulo 1 — tendo tarefas e atividades determinadas —. Ao invés disso, o modelo se mantém em um nível de abstração, o qual permite a organização estabelecer, determinar, definir, implementar e executar seu próprio processo (atividades, tarefas, ferramentas, técnicas, etc.) para evidenciar que alcança os Resultados Esperados conforme definidos pelo modelo.

Processo	Propósito	Nível inicial	Expansões
Gerência de Configuração (GCO)	Estabelecer e manter a integridade de produtos de trabalho e disponibilizá-los a todos os envolvidos.	F	-
Aquisição (AQU)	Gerenciar a aquisição de produtos que satisfaçam às necessidades expressas pelo adquirente.	F	C e B
Medição (MED)	Coletar, armazenar, analisar e relatar dados objetivos relacionados aos produtos desenvolvidos e aos processos implementados, para apoiar os objetivos organizacionais.	F	C, B e A
Gerência de Decisões (GDE)	analisar possíveis decisões críticas usando um processo formal, com critérios estabelecidos, para avaliação das alternativas identificadas.	C	-
Gerência de Recursos Humanos (GRH)	Prover a organização com recursos humanos necessários e manter suas competências adequadas às necessidades do negócio	E	-
Gerência de Processos (GP)	estabelecer, manter atualizado, identificar e realizar melhorias em um conjunto de processo da organização e padrões do ambiente de trabalho usáveis e aplicáveis às necessidades de negócio da organização. Também é propósito deste processo definir as estratégias para a garantia da qualidade e gerência de riscos e a infraestrutura para realização de medições	F	E e B

TABELA 2.3 – Descrição dos processos organizacionais MPS, seus níveis iniciais e evoluções.

## 2.2 Software Crítico na aviação

### 2.2.1 ARP 4754A

Para aviação civil, desenvolvedores são encorajados a seguir a norma SAE *Aerospace Recommended Practice* (ARP) 4754 revisão A, ARP4754A (S-18 Aircraft and Sys Dev and Safety Assessment Committee, 2010), conhecida como *Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems*. (RIERSON, 2013).

Nível	Descrição
G	A execução do processo é gerenciada.
F	A execução do processo e produtos de trabalho são gerenciados.
E/D/C	O processo é definido. Neste nível de capacidade, o processo que era gerenciado passa a ser implementado como um processo padrão definido e adaptável. Este nível de capacidade inclui o nível de capacidade anterior e seus resultados esperados.
B	O processo é previsível. Neste nível de capacidade, processos selecionados que eram executados como um processo definido e adaptável, passam a ser executados de forma previsível, isto é, dentro de limites definidos de forma a atingir seus resultados. Este nível de capacidade inclui os níveis de capacidade anteriores e seus resultados esperados.
A	O processo é melhorado continuamente. Neste nível de capacidade, processos selecionados e previsíveis são continuamente objeto de melhorias e estão alinhados aos objetivos organizacionais. Este nível de capacidade inclui os níveis de capacidade anteriores e seus resultados esperados.

TABELA 2.4 – Resumo dos níveis de capacidade

A ARP 4754 (S-18 Aircraft and Sys Dev and Safety Assessment Committee, 2010) foi publicada pela SAE - *Society of Automotive Engineers* em 1996 e desenvolvida por um time de construtores de aeronaves e aviônicos. Tendo sido publicado um documento equivalente pela EUROCAE (*European Organization for Civil Aviation Equipment*) como ED-79. Em 2010 ambas organizações publicaram uma atualização de suas recomendações: ARP4754A e ED-79A. A seguir, em setembro de 2011, a *Federal Aviation Administration* (FAA) — órgão responsável pela aviação americana — publicou uma circular reconhecendo a ARP 4754A como: “Um método aceito para estabelecer um processo garantido de desenvolvimento” (RIERSON, 2013).

A estrutura da ARP 4754A está fora do escopo desse trabalho, entretanto, uma breve apresentação do DAL deve ser realizada, em razão de ser necessário para compreensão de alguns aspectos da norma RTCA DO-178C (RTCA, 2011).

### 2.2.1.1 Nível de Garantia do Desenvolvimento (*Development Assurance Level - DAL*)

No contexto de segurança (*safety*), o software é apenas um fator que influencia na segurança de todo o sistema. Por isso, para desenvolver um software compatível com a

Atributos	Capacidades dos Processos (CP)				
	G	F	D/E/F	B	A
O processo produz os resultados definidos.	●	●	●	●	●
A execução do processo é planejada e monitorada.	●	●	●	●	●
As pessoas estão preparadas para executar suas responsabilidades no processo.	●	●	●	●	●
A verificação objetiva de que o processo é seguido é realizada.	○	●	●	●	●
Os produtos de trabalho selecionados são avaliados objetivamente em relação ao processo e padrões aplicáveis, os resultados são registrados, comunicados e a resolução de não conformidades é assegurada.	○	●	●	●	●
A verificação objetiva de que o processo é seguido e de que é efetivo, é realizada.	○	○	●	●	●
O processo padrão e as diretrizes para adaptação são usados para planejar, executar e monitorar o trabalho. O planejamento inclui identificação de papéis, responsabilidades, cronograma, recursos e infraestrutura.	○	○	●	●	●
Oportunidades de melhoria no processo são identificadas durante as atividades de garantia da qualidade.	○	○	●	●	●
Informações relacionadas ao processo ou ativos de processo são disponibilizadas para a organização.	○	○	●	●	●
Técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas são utilizadas para determinar ou prever o alcance de objetivos de qualidade e de desempenho dos processos.	○	○	○	●	●
Propostas de melhoria são selecionadas e implementadas com base em análise estatística e quantitativa realizada sobre os efeitos esperados das propostas de melhoria para o alcance dos objetivos de negócio, qualidade e desempenho do processo.	○	○	○	○	●

TABELA 2.5 – Níveis de capacidade de processo e seus atributos

segurança do sistema, é preciso compreender o sistema em que ele está inserido (RIERSON, 2013).

No processo denominado *System Safety Assessment*, acontece uma avaliação dos riscos referentes à aeronavegabilidade, orientada pela norma ARP 4761 (SAE, ), quanto a falha de um determinado *Item* endereçado por software. O software é categorizado quanto

Gravidade das condições de falha	DAL	Objetivos DO-178C
Catastrófico	A	71
Perigoso/Severo	B	69
Maior	C	62
Menor	D	24
Sem efeitos	E	Nenhum

TABELA 2.6 – Classificação de riscos e níveis de garantias do desenvolvimento

ao Nível de Garantias do Desenvolvimento (DAL) em detrimento do tipo de risco. A Tabela 2.6, adaptada de Marques e Cunha (2018), mostra a classificação de riscos e o DAL requerido pela norma RTCA DO-178C.

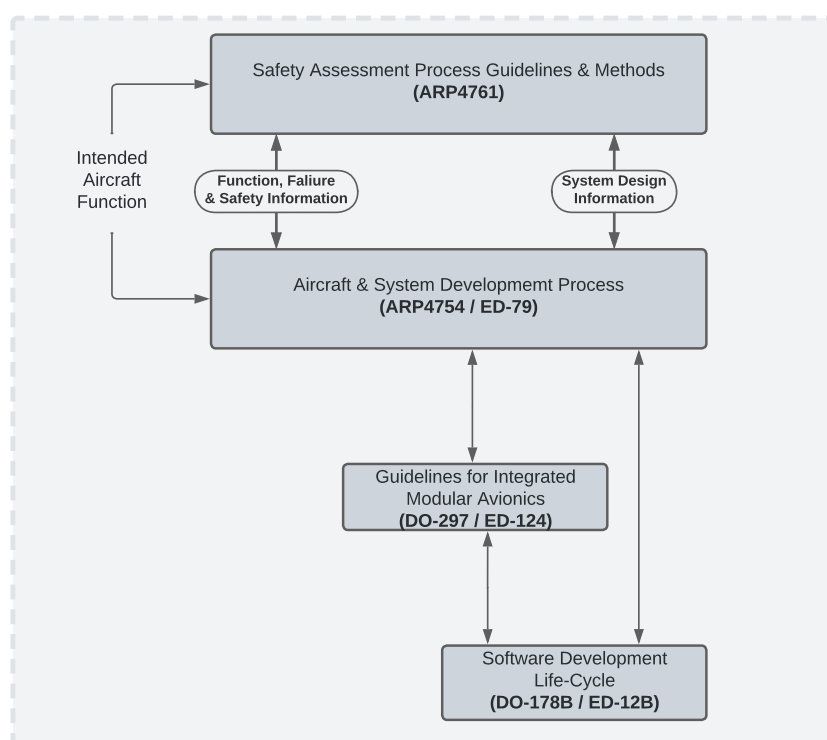


FIGURA 2.5 – Integração das normas na aviação (adaptado)

A Figura 2.5 é uma adaptação da Figura 1 da norma ARP 4754A (S-18 Aircraft and Sys Dev and Safety Assessment Committee, 2010) e mostra um subconjunto de normas aplicadas a processos de desenvolvimento de aeronaves civis. Portanto, a adaptação apresentada permite também compreender a integração entre os processos de Desenvolvimento do Sistema (*Aircraft & System Development Process*), Avaliação de Segurança (*Safety Assessment Process*) e o Ciclo de Vida de Desenvolvimento do Software (*Software Development Life-Cycle*).

Observando a Figura 2.5, compreende-se que o desenvolvimento de um software na aviação, utilizando-se as referidas normas, não é feito isoladamente. Pelo contrário, aspectos do desenvolvimento do software são informados a outros processos externos ao



próprio desenvolvimento, assim como, fatores externos são informados ao processo de desenvolvimento do software.

### 2.2.2 RTCA DO-178C

O rápido crescimento do uso de software em sistemas e equipamentos na aviação nos idos dos anos 1980 resultou na necessidade de se estabelecer um guia para satisfazer os requisitos de segurança e aeronavegabilidade (MARQUES; CUNHA, 2018). A norma RTCA DO-178C foi escrita para satisfazer essa necessidade (RTCA, 2011).

O propósito da norma é fornecer orientações para produção de software para sistemas e equipamentos embarcados em aeronaves cujo nível de confiabilidade satisfaça requisitos de aeronavegabilidade (RTCA, 2011).

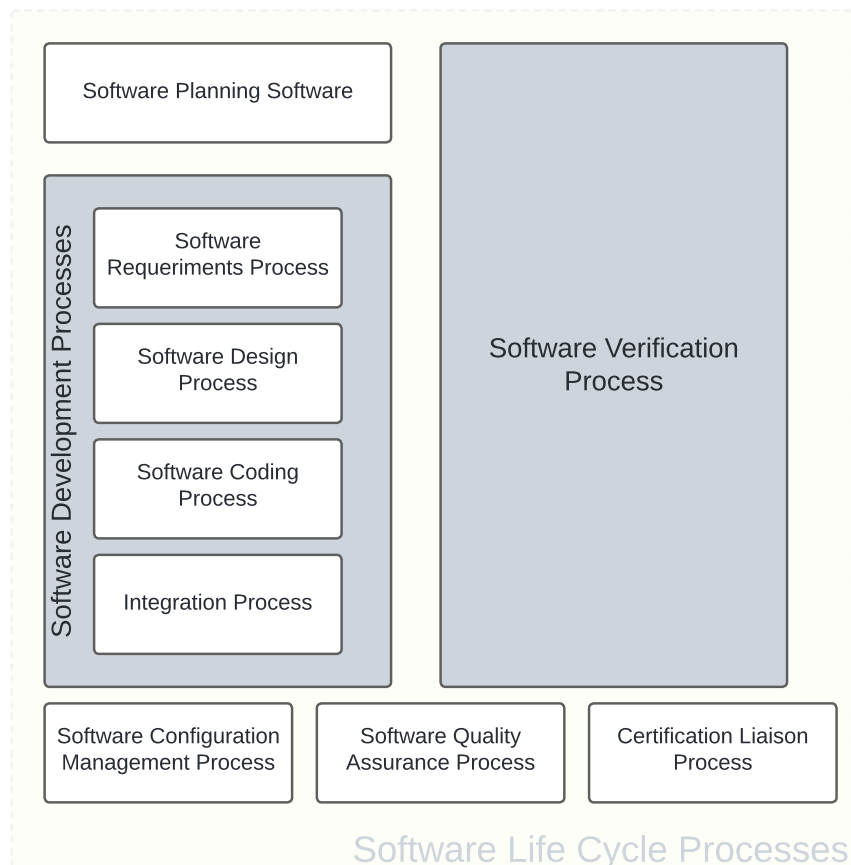


FIGURA 2.6 – Ciclo de vida definido pela RTCA DO-178C

Para cumprir seu propósito, a norma estabelece o ciclo de vida do processo de software e indica *Tarefas, Atividades e Artefatos* necessários para atingir objetivos pré-definidos. Além de descrever evidências que indicam que os objetivos foram alcançados, dentre outras orientações que permitem às autoridades de certificação, auditarem e certificarem que o desenvolvimento seguiu um processo de software aceito como seguro.

A Figura 2.6 é um extrato da Figura 2-1 da norma RTCA DO-178C (RTCA, 2011). Nela podemos visualizar todos os processos definidos pela norma, desde o processo de planejamento, passando pelos processos de desenvolvimento, o processo de verificação destes processos e, por fim, os processos de apoio, da gerência de configuração, garantia de qualidade e o processo de ligação com a autoridade certificadora.

Para cada um desses processos, a norma estipula objetivos a ser alcançados. Os objetivos são alcançados à medida que as tarefas e atividades são executadas e os artefatos são produzidos. A rigidez, em termos de quantidade de objetivos a alcançar, requerida para um desenvolvimento, depende do nível de garantia exigido para *Item*, estabelecido durante o *Safety Assessment Process*, conforme apresentado na seção 2.2.1.1.

Os objetivos da norma RTCA DO-178C são registrados em Tabelas numeradas de A-1 à A-10. Cada Tabela contém um conjunto de objetivos relacionados a atividades, aplicáveis a um nível de garantia de desenvolvimento (DAL), que possui uma saída esperada e deve atender a requisitos de controle de configuração.

A Tabela 2.7 sumariza a quantidade de objetivos relacionados às Tabelas da norma para cada nível de garantia (DAL). A totalização na linha final permite perceber a distância existente entre o rigor de um processo de software *DAL-A* — 71 (setenta e um) objetivos — e de um processo *DAL-D* — 26 (vinte e seis) objetivos —.

		Quantidade de objetivos por DAL			
Tabela	Processo	A	B	C	D
A-1	<i>Software Planning Process</i>	7	7	7	2
A-2	<i>Software Development Process</i>	7	7	7	4
A-3	<i>Verification of output of Software Requirements Process</i>	7	7	6	3
A-4	<i>Verification of Outputs of Software Design Process</i>	13	13	9	1
A-5	<i>Verification of Outputs of Software Coding &amp; Integration Processes</i>	9	9	8	1
A-6	<i>Testing of Outputs of Integration Process</i>	5	5	5	3
A-7	<i>Verification of Verification Process Results</i>	9	7	6	1
A-8	<i>Software Configuration Management Process</i>	6	6	6	6
A-9	<i>Software Quality Assurance Process</i>	5	5	5	2
A-10	<i>Certification Liaison Process</i>	3	3	3	3
		71	69	62	26

TABELA 2.7 – Tabela de objetivos RTCA DO-178C

A norma RTCA DO-178C também traz diversas informações que ampliam o entendi-

mento e contextualização do desenvolvimento de um software em um ambiente de projeto de um sistema na aviação. Dentre outros, o fluxo de trocas de informações entre o sistema e o software desenvolvido, a utilização de arquivos de parâmetros que modificam o comportamento do software, ferramentas de desenvolvimento, reaproveitamento de códigos, compiladores e diversos outros aspectos são discutidos nesta norma. Entretanto, extrapolam o escopo deste trabalho e por isso, não serão apresentados ou discutidos.

## 2.3 Trabalhos Correlatos

Ferreiros e Dias (2015) estudaram o nível de aderência do CMMI 1.3 (SEI, 2010) em relação aos objetivos estabelecidos pela norma de segurança RTCA DO-178C (RTCA, 2011). Na seção de trabalhos futuros, os autores indicam que uma metodologia para alcançar cada atividade não atendida pelo CMMI 1.3 seria um complemento ao estudo apresentado.

Kalinowski *et al.* (2011) abordaram a importância das pesquisas desenvolvidas à cerca dos processos de software e da qualidade derivada da melhoria destes processos. Explicaram que no exterior as pesquisas estão avançadas e que o programa MPS.br é um programa estratégico do ponto de vista do Governo Brasileiro e, por fim, apresenta o papel da academia de Engenharia de Software na criação e transferência de conhecimento.

Colenci Neto e Cazarini (2011) propuseram um Modelo de Referência para auxiliar pequenas empresas a instituir seus processos de software, baseado no MPS.br. Utilizando-se das orientações contidas na guia de referência MR-MPS-SW, eles estabeleceram fases de projeto como: *Pré-Desenvolvimento*, *Desenvolvimento* e *Pós-Desenvolvimento*. Por fim, definiram áreas de concentrações que iam desde o *Planejamento Estratégico* até *Descontinuar Produto*.

Furtado e Oliveira (2012) apresentaram um arcabouço de processo baseado na guia MPS.br para processos de aquisição e no CMMI-ACQ.

Gallina *et al.* (2012) utilizaram o padrão SPEM (*Software Process Engineering Meta-model*) 2.0 para modelar um processo de identificação de semelhanças e diferenças entre processos definidos por normas de segurança. A finalidade foi generalizar semelhanças e isolar diferenças para ampliar a reusabilidade dos processos quando organizações necessitarem transitar de um domínio de aplicação para outros.

Ledinot *et al.* (2012) estabeleceram uma análise entre normas de segurança de seis segmentos diferentes: *Aeronáutica*, *Nuclear*, *Automotiva*, *Veículos sobre trilhos*, *Automação* e *Aerospacial*. O estudo procura compreender os aspectos de semelhança e diferenças entres as abordagens das normas destes domínios.

Samih *et al.* (2014) abordaram a abundância de esforço e custo aplicado pela indústria de software aeroespacial para testar produtos simples. Adicionalmente, abordaram que normas de segurança como a RTCA DO-178C requerem grandes esforços para testar estes produtos. Então, propuseram um processo intercambiável de testes baseado em um modelo, *Model-Based Test (MBT) for Product Line*.

Oliveira e Castro (2015) apresentaram um arcabouço de práticas ágeis para apoio aos modelos de qualidade CMMI e MPS.BR, especificamente para a área de processo de Solução Técnica, constante no CMMI, e o processo de Projeto e Construção do Produto (PCP) do MPS.BR.

Marques e Cunha (2018) propuseram a customização de diversos modelos de existentes de ciclo de vida para o desenvolvimento de software aeronáutico, visando garantir conformidade com a norma RTCA DO-178C.

Hou *et al.* (2021) identificaram que, embora o CMMI tenha melhorado a qualidade de software ao longo de sua história, a partir do nível 3, o custo para implementação é muito dispendioso e por isso países em desenvolvimento não conseguem implementá-lo. Sendo assim, apresentaram uma otimização do CMMI empregando metodologias ágeis e prototipação rápida.

## 3 Modelo de Extensão do MPS.Br

Este capítulo contém uma definição do modelo de extensão proposto composto pelo Processo de Especificação (ESP) e um Metaprocesso de Gestão de Resultados Especializados (GES).

### 3.1 Definição

O Modelo da Extensão (ME), aqui descrito, é baseado na definição de um Processo de Especialização (ESP) e um metaprocesso de Gestão de Resultados Especializados (GES) a ser adicionados à estrutura original do MR-MPS-SW.

Os processos foram concebidos para sugerir uma abordagem metodológica, orientada a aspectos, com elevado nível de abstração de detalhes — ausência da definição de atividades ou tarefas —, essencial para distinguir um modelo de um processo definido.

O modelo visa ainda a aumentar sua aplicabilidade abrangendo um elevado número de entidades <sup>1</sup>, de tamanhos e domínios diferentes. Portanto, ambos, ESP e GES, foram modelados utilizando-se da mesma estrutura do MR-MPS-SW, ou seja, compostos por: processo, o propósito para o processo e as descrições textuais dos RE. A Figura 3.1 apresenta a inserção destes processos no arcabouço de processos do MR.

É uma meta do programa MPS.br que os modelos MPS sejam adequados ao perfil de empresas com diferentes tamanhos e características, privadas e governamentais, embora com especial atenção às micro, pequenas e médias empresas (mPME). Também é meta do programa que os modelos do MPS.br sejam compatíveis com os padrões de qualidade aceitos internacionalmente e que tenha como pressuposto o aproveitamento das boas práticas representadas nos padrões e modelos de melhoria de processo já disponíveis (SOFTTEX, 2021).

O modelo descrito na guia geral de software do MPS.br é propositalmente generalista. A generalização tem papel crucial na aplicabilidade já que permite que o modelo seja

---

<sup>1</sup>no sentido de abarcar estudantes, organizações, empresas, etc. interessados em estudar a aplicação do MR-MPS-SW no desenvolvimento de software crítico

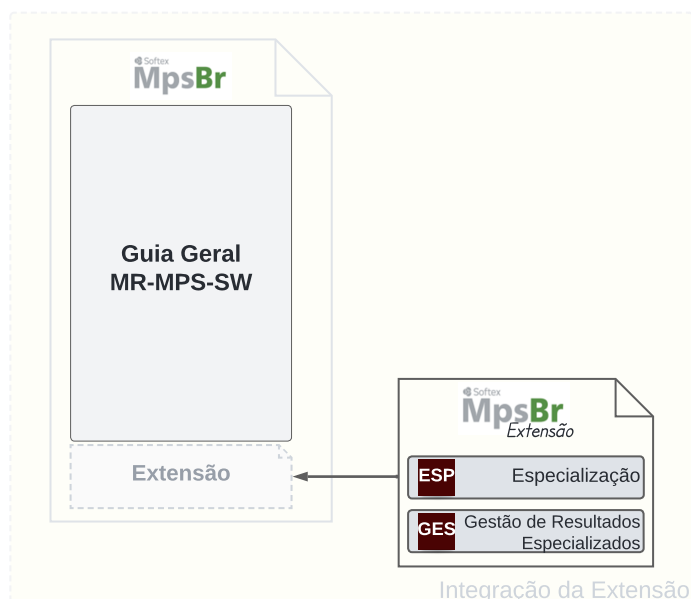


FIGURA 3.1 – Extensão do modelo de referência

aplicável a um amplo espectro de tipos de projetos de software e empresas. Se por um lado a generalização amplia a aplicabilidade, por outro, a falta de especialização dificulta a predição de conformidade dos resultados obtidos em relação às especificidades de normas afetas aos processos especializados de software, como aquele definido na RTCA DO-178C (RTCA, 2011), por exemplo.

A Tabela 2.1, apresentada anteriormente, é modificada pela adição do Processo ESP e do Metaprocessos GES. Consequentemente, tendo a seguinte versão expandida apresentada na Tabela 3.1.

Processos de Projeto	Processos Organizacionais
Gerência de Projeto	Gerência de Recursos Humanos
Engenharia de Requisitos	Gerência de Configuração
Projeto e Construção do Produto	Gerência organizacional
Integração do Produto	Gerência de Processos
Verificação de Validação	Medição
	Aquisição
	Gerência de Decisões
	Especialização
	Gestão de Resultados Especializados

TABELA 3.1 – Estrutura de processo MR-MPS-SW com o modelo de extensão

A acomodação da extensão em Processos Organizacionais parece racional, pois a intenção destes processos é subsidiar os Processos de Projeto, os quais são responsáveis por produzir, de fato, o produto durante o desenvolvimento de um software crítico. Esta decisão abstrai do Processo de Projeto e, portanto, da equipe que os implementa, as impli-

cações e complexidades atinentes ao processo de especialização do modelo MR-MPS-SW original.

A motivação é entregar ao implementador, objetivamente, subsídios, em termos de resultados adicionados ou adaptados, de forma tal que, seja abstraído do implementador da extensão preocupações relativas a “*o que fazer*” e mantenha foco em “*como fazer*”.

A Figura 3.2 foi modelada utilizando-se a notação da *Unified Modeling Language* (UML) (FLOWER, 2007) e tem por objetivo identificar as classes e relacionamentos envolvidos no ME. Em tom escuro, as classes padrão do MR-MPS-SW, em tom mais claro, as classes propostas pela especialização. O Diagrama de Classes identifica os elementos adicionados ao modelo MR-MPS-SW e a semântica de seus relacionamentos estáticos.

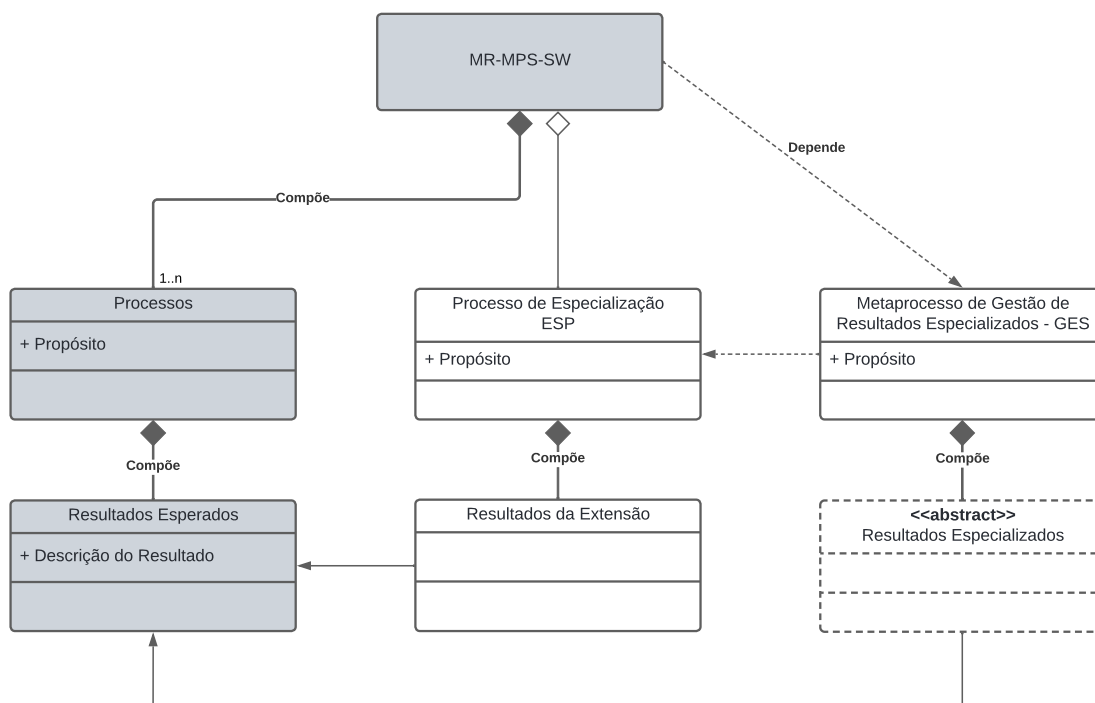


FIGURA 3.2 – Diagrama de classes envolvidas na extensão.

O Processo de Especialização (ESP) está contido, como uma agregação, no MR-MPS-SW sendo composto pelos Resultados Esperados da extensão. No que lhe concerne, o Metaproc. de Gestão de Resultados Especializados (GES) não possui Resultados Esperados definidos, sendo então composto de Resultados Especializados derivados do Processo de Especialização ESP. Por isso, foi estereotipado como *<< abstract >>*, pois essa classe de resultados só pode ser definida posteriormente, ou seja, após a execução do processo ESP.

Por fim, o modelo original do MPS.br é especializado pelos Resultados Especializados que irão compor o metaproc. GES sob o ponto de vista de dependência. As adaptações necessárias para tornar o MR-MPS-SW especializado não estão contidas no processo ESP,

elas surgem como resultado da execução deste processo, que, finalmente alimenta o GES. Logo, o GES, uma vez definido, é o próprio **Modelo MPS adaptado** para atender à norma-alvo, pois nele estão identificadas as operações, adições e adaptações necessárias, para customizar o MR-MPS-SW original de modo a atender às reivindicações de normas.

### 3.1.1 Análise dinâmica do modelo

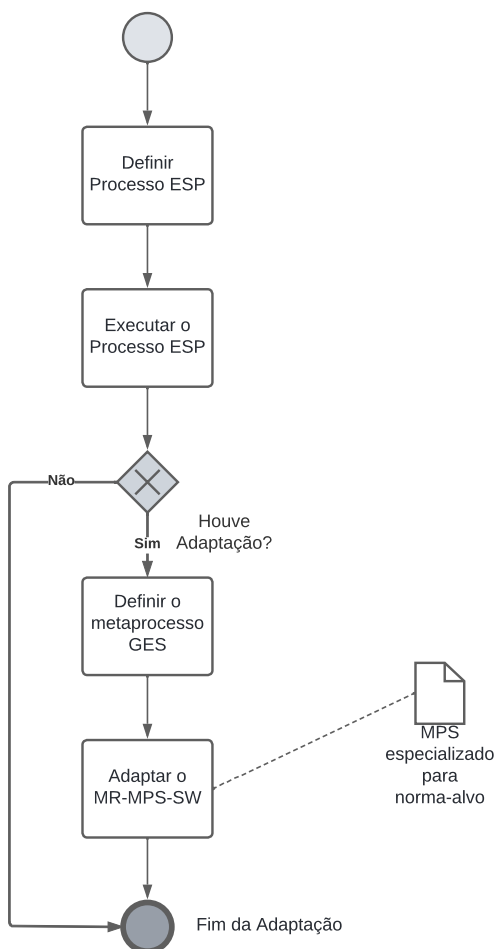


FIGURA 3.3 – Fluxo de aplicação do modelo

A aplicação do modelo é iniciada com a definição de um processo capaz de gerar os artefatos necessários para evidenciar que os RE, propostos pelo ME, foram alcançados. A própria execução, ciclo de vida, artefatos, atividades e tarefas, não fazem parte do modelo aqui proposto. Estes devem ser definidos pelo implementador. Essa abordagem é consistente com os ideais do MPS.br, uma vez que delega ao implementador a definição e execução desses processos, devendo ser customizados para a realidade de cada organização e de cada aplicação.

Encontradas adaptações a serem feitas no MR-MPS-SW, elas devem ser mapeadas para



o metaproceto GES, este, responsável por acomodar, comunicar, harmonizar conflitos entre as alterações e, por fim, consolidar a adaptação do modelo original. O metaproceto GES existe para resolver conflitos gerados pela adição de novos Resultados Especializados.

Isso é necessário devido à possibilidade do processo ESP demandar a adição de um ou mais novos Resultado Especializados que não possuam um processo correlato no MR-MPS-SW original. Esse fato levaria a um estado de indefinição de responsabilidades e alocação no modelo. Nestes casos, caberá então ao metaproceto GES, e aos responsáveis por sua execução, tratar através de uma harmonização.

### 3.1.2 Orientação a aspectos

A concepção do ME baseia-se na necessidade de identificação de aspectos fundamentais reivindicados pelas normas. Estes aspectos compreendem requisitos, em termos de processos, tarefas, atividades, artefatos ou qualquer demanda, explícita ou implícita, que provenha da análise da norma-alvo.

Percebe-se que o esforço inicial para se mapear estes aspectos é inevitável. Entretanto, a proposta sistematiza o processo, garantindo reusabilidade de metadados obtidos durante a execução do processo de adaptação, podendo as soluções adaptativas serem reaproveitadas para aspectos correlatos identificados em outras instâncias de adaptação, utilizando-se o modelo para normas de domínios diferentes através de uma análise *cross-domain*). Gallina *et al.* (2012) aborda a temática de análises *inter-domain*, *intra-domain* e *cross-domain*.

## 3.2 O Processo de Especialização - ESP

O objetivo da concepção do Processo de Especialização é sugerir uma orientação que auxilie o implementador à estabelecer seu processo de análise e adaptação do MR-MPS-SW. O processo é estruturado em termos de Propósito e Resultados Esperados.

A implementação desse processo visa a dotar a organização das seguintes capacidades:

1. Estabelecer um processo para compreender reivindicações de normas de segurança;
2. Compreender os relacionamentos dos aspectos da norma com os Resultados Esperados do MR-MPS-SW; e
3. Adaptar o MR-MPS-SW para atender às reivindicações da norma-alvo.

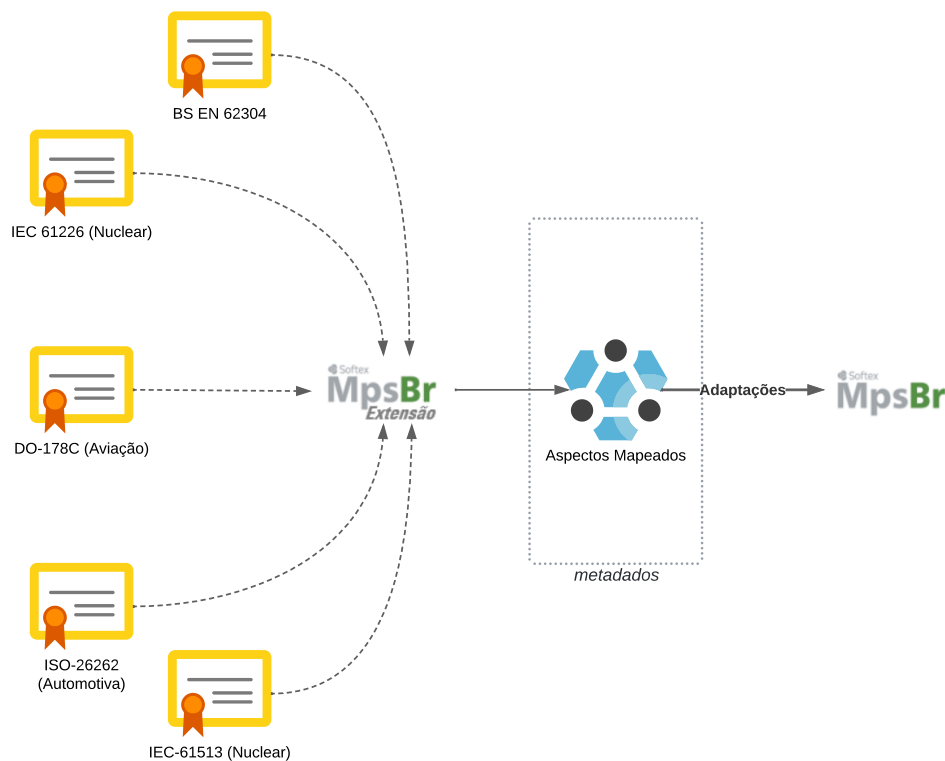


FIGURA 3.4 – Aspectos de normas-alvo sendo mapeados para adaptações ao MR-MPS-SW

### 3.2.1 Propósito

O propósito do **Processo de Especialização** é definido no modelo de extensão como: *“Conhecer e analisar os aspectos relevantes da norma-alvo a fim de estabelecer a correlação entre esses aspectos e os Resultados Esperados definidos no Modelo de Referência do MPS.br para software (MR-MPS-SW). Também é propósito do processo verificar a conformidade das adaptações propostas com o rigor exigido pela norma-alvo”*.

Sem definir atividades, tarefas, ferramentas, técnicas ou artefatos, o propósito deixa claro para o implementador a que o processo deve atender. Essa abstração — no sentido da ausência de definições — permite que o modelo seja aplicado a um amplo espectro de realidades organizacionais, propósitos e interesses variados. Servindo, inclusive, ao ambiente acadêmico, para pesquisas no campo de desenvolvimento de software crítico com o modelo MPS.Br.

### 3.2.2 Resultados Esperados

A estrutura do processo é composta de Resultados Esperados que possuem uma dinâmica de relacionamentos entre si. Ao alcançar os resultados, acredita-se que o implementador terá conseguido também definir as adaptações necessárias para que o modelo

genérico do MR-MPS-SW tenha sido adequado a uma determinada norma-alvo.

Assim como acontece no MR-MPS-SW, as tarefas e atividades necessárias para, de fato, adaptar o modelo, não são estabelecidas. Cabe, portanto, ao implementador, conceber seu próprio processo e gerar os produtos de trabalhos necessários para evidenciar os resultados obtidos. Por isso, não é definido um ciclo de vida, prescritivo, incremental, evolutivo, etc. Embora haja um sequenciamento lógico implícito, provocado pelas necessidades tácitas dos resultados definidos.

A sistematização natural advinda das necessidades definidas pelos Resultados Esperados sugerem orientações a que o implementador deve compreender e seguir para atingir o ponto de adaptação. As atividades e tarefas necessárias devem ser inferidas pelos implementadores, sendo estas, respostas para “*como fazer?*” e não para o “*o quê fazer?*”. Os RE, apontam os resultados dos produtos de trabalho a ser produzidos, entretanto, o conjunto de ferramentas, e a própria forma de fazer, deve ser definida pelo implementador, conforme a realidade da instituição, do propósito da adaptação, ou das necessidades do projeto.

A estrutura do processo foi concebida para serializar os resultados, sendo o produto de trabalho de um RE entrada para o próximo resultado a ser desenvolvido. Essa sistematização, independe da solução de engenharia utilizada para produzir o resultado, sendo o próprio resultado evidenciado, o artefato que permite o processo avançar.

Esse modelo de sequenciamento pode remeter, equivocadamente, à imposição de um processo cujo ciclo de vida lembra o Modelo Clássico (cascata). Entretanto, é possível, com essa estrutura, implementar também um ciclo de vida incremental, no qual o implementador produzirá todos os RE para apenas um subconjunto de aspectos mapeados, caracterizando assim a entrega de incrementos de adaptação, permitindo em outro momento iniciar uma nova instância do processo para o subconjunto de aspectos restantes.

A Figura 3.5 apresenta uma linha do tempo dos relacionamentos esperados e o sequenciamento lógico do racional utilizado para definição dos RE propostos no modelo extensão.

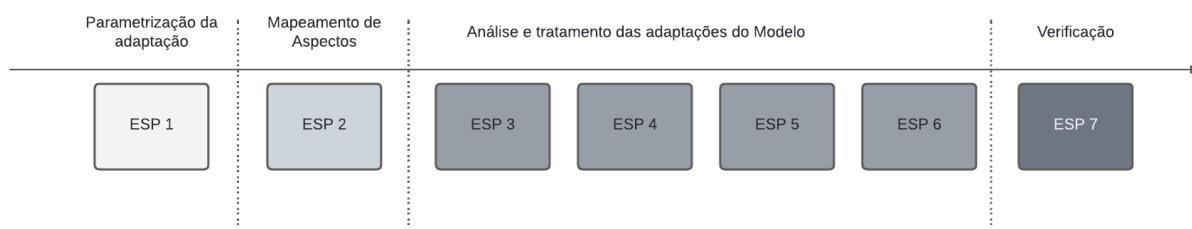


FIGURA 3.5 – Visão da intenção do autor em relação aos RE propostos

Os seguintes pontos-chave foram identificados:

- Parametrização da Adaptação — Permite identificar inequivocamente o objetivo da especialização, evitando inconsistências e ambiguidades no entendimento do implementador do modelo de extensão.
- Mapeamento de Aspectos — Atividade inicial do processo de análise, permite a prospecção de requisitos fundamentais para conformidade com a norma-alvo.
- Tratamento de aspectos e adaptações — Por meios dos ESP 3 ao 6, os aspectos prospectados são tratados e, então, as alterações dos RE do MR-MPS-SW são propostas a fim de adequá-lo às especificidades encontradas.
- Verificação — O RE ESP7 guia o implementador a instituir um grupo de pessoas capazes de verificar os resultados do processo ESP e os produtos produzidos por ele no que tange o atendimento das adaptações definidas.

### 3.2.2.1 RE ESP 1

A definição do arcabouço de RE do ME inicia pela constituição de um resultado que formalize, de forma clara e não ambígua, a finalidade da adaptação a ser feita. Por isso o ESP 1 foi definido da seguinte maneira: “*A finalidade da adaptação é estabelecida. Um documento registra os objetivos, entendimentos e, todos os documentos necessários à adaptação são conhecidos e estão disponíveis*”.

A motivação desse RE é dar consistência, desambiguar entendimentos e evitar que um esforço seja envidado para um objetivo que não se pretende. O RE instiga o implementador a refletir sobre o trabalho de adaptação a ser desenvolvido e o orienta a formalizar as decisões para que todos os produtos de trabalho subsequentes possam ser validados quanto à conformidade com a finalidade da adaptação em execução.

### 3.2.2.2 RE ESP 2

O autor acredita que, uma vez que já se tenha definido a finalidade da adaptação, o trabalho de adaptação deva analisar a norma-alvo a fim de obter as reivindicações que contenham relação direta com a finalidade do trabalho. Por isso, o RE ESP 2 é definido como: “*Um documento de análise de aspectos fundamentais é estabelecido e identifica a existência ou não de características especializadas da norma-alvo relacionados com o cumprimento da finalidade estabelecida.*”.

Levantar os aspectos determinantes da norma-alvo é fundamental para todo o processo restante. Por isso, este é o objetivo mais crítico da adaptação, devido à dependência existente relativa à capacidade do analista de identificar todos os aspectos elementares

expostos pela norma-alvo. A falha ao atender esse RE, implica em um processo de adaptação incompleto. Espera-se que o processo de Recursos Humanos consiga prover pessoal capacitado para execução de tarefas que cumpram e evidenciem esse RE.

### 3.2.2.3 RE ESP 3

Uma vez que um aspecto esteja devidamente identificado (RE ESP2), cabe estudar o relacionamento entre este e os RE do MR-MPS-SW, de modo a identificar Processos e Resultados Esperados que enderecem a mesma questão de Engenharia, ou expor a ausência dessas correlações. Portanto, o RE ESP 3 é definido como: *“Uma análise de aderência/compatibilidade entre os resultados do Modelo de Referência e as necessidades impostas pela norma-alvo é feita e mantida.”*

### 3.2.2.4 RE ESP 4

O mapeamento é possível devido às evidências produzidas em RE ESP 2 e RE ESP 3. Cabendo ao implementador decidir as ações que serão tomadas para adaptar o modelo MR-MPS-SW original. As ações podem seguir no sentido de estender(modificar) RE originais do MR-MPS-SW ou propor novos RE Especializados. Sendo assim, o RE ESP 4 é definido como: *“Um mapeamento de adaptações, em termos de Resultados Esperados Adaptados ou Adicionados, está disponível.”*

### 3.2.2.5 RE ESP 5

Após serem sugeridas as modificações e, principalmente, os novos RE que serão acomodados em processos MR-MPS-SW ou no próprio metaprocessos GES, é possível definir o nível mínimo de maturidade necessária para atingir os RE adaptados que, por fim, atendem ao rigor dos aspectos identificados na norma-alvo. Desta forma, o RE ESP 5 é definido como: *“Uma análise de capacidade mínima é estabelecida.”*

### 3.2.2.6 RE ESP 6

O trabalho de definir adaptações, por si só, não garante a correta acomodação das alterações no MR-MPS-SW. Seu propósito é verificar e adaptar o modelo em termos de resultados estendidos (alterados) e adicionados.

Por isso, para harmonizar, eliminar conflitos e, finalmente, consolidar uma nova versão do MR-MPS-SW Especializado é necessário definir o metaprocessos. Portanto, o RE ESP 6, trata justamente desta necessidade, definido da seguinte forma: *“O metaprocessos é definido e mostra as operações de adaptação propostas e a estrutura de RE estabelecida”*.

### 3.2.2.7 RE ESP 7

O objetivo desse RE é verificar a assertividade das alterações propostas no contexto da aplicação do MR-MPS-SW adaptado em um ambiente regulado pela norma-alvo. O trabalho de análise e adaptação, por si só, não garantem sua eficácia quanto a resolução de reivindicações da norma-alvo — devido à abundante subjetividade envolvida nas análises —. Por isso, entende-se como necessário definir o RE ESP 7 da seguinte maneira: “*Um board de análise é formado e possui habilidades/competências suficientes para validar as extensões propostas para o Modelo de Referência original em relação ao objetivo definido pelo ESP 1.*”.

## 3.3 O Metaprocesso de Gestão de Resultados Especializados - GES

O modelo proposto possui uma estrutura de Resultados Esperados indefinida para o metaprocessos de Gestão de Resultados Especializados (GES). Isso acontece devido os resultados especializados, os quais compõe a estrutura de RE do GES, serem derivados do Processo ESP. Sendo assim, para cada instância de adaptação orientada pelo modelo, aplicado a uma norma-alvo, espera-se que uma estrutura de Resultados Esperados do GES seja especificada conforme as necessidades impostas pelos aspectos identificados.

Observa-se pela Figura 3.6 o fluxo de interações que demonstram a atuação do ME quando um PSC é demandado por um *stakeholder* para atender às reivindicações de uma norma-alvo de segurança (*safety standard*). Desta feita, a organização implementadora, utilizando-se do ME proposto, define e executa o seu próprio processo ESP. A estrutura do metaprocessos é então definida, em termos de Resultados Adaptados e Resultados Adicionados. Sendo estes, denominados de Resultados Especializados.

O metaprocessos é necessário no sentido de gerir a distribuição desses novos Resultados Especializados aos processos existentes no MR-MPS-SW e também para harmonizar casos em que não se consiga correlacionar um processo MR-MPS-SW a um Resultado Adicionado.

Percebe-se pela Figura 3.7 que ocorre uma situação hipotética onde se propõe a adição de 1(um) Resultado Especializado — em vermelho — que não encontra um processo do MR-MPS-SW para produzi-lo. Neste caso hipotético, caberia ao GES produzir a evidência do resultado especificado ou, em acordo com os demais processos, transferir a responsabilidade para um processo do MR-MPS-SW. De qualquer forma, a gestão e harmonização dos resultados cabe ao metaprocessos.

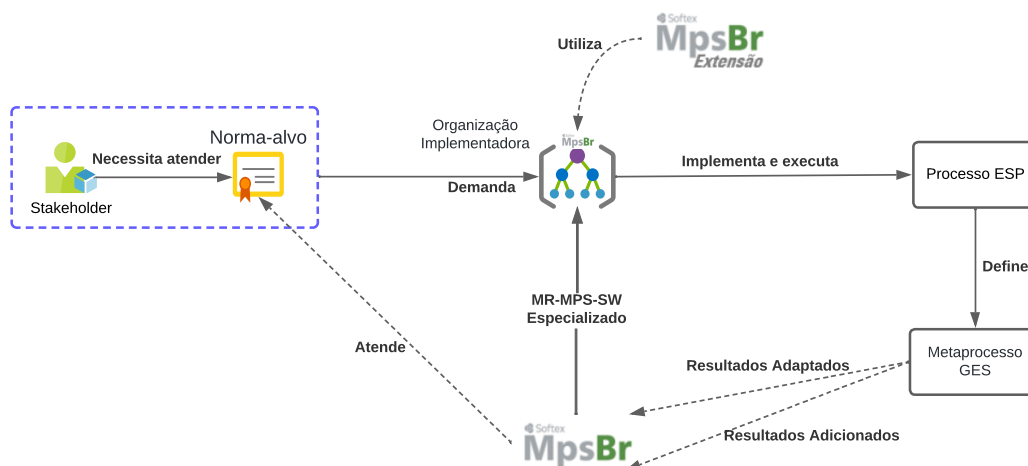


FIGURA 3.6 – Visão geral da necessidade de um PSC, aplicação do modelo e atuação do metaproc. GES

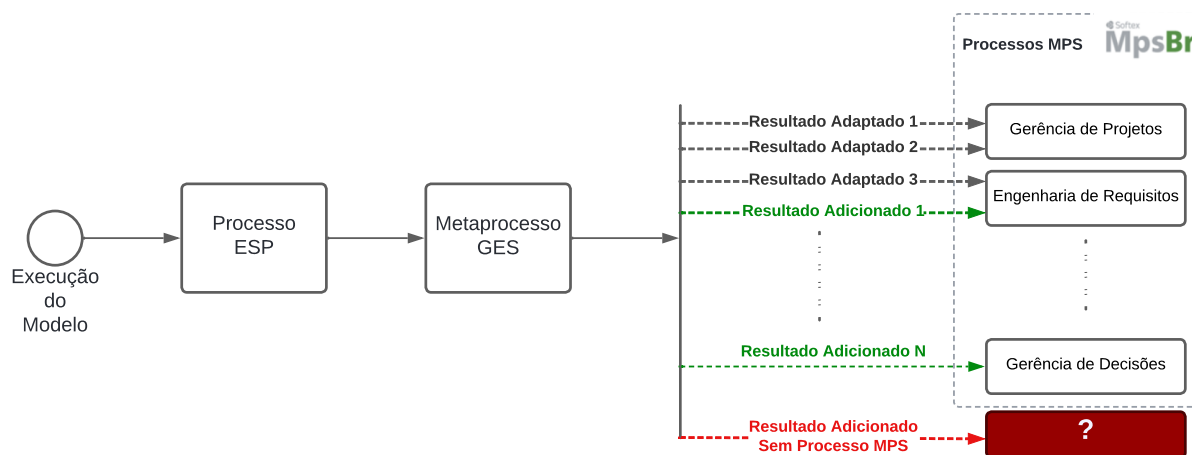


FIGURA 3.7 – Distribuição, por meio do metaproc. GES, de resultados adaptados ou adicionados.

### 3.3.1 Propósito

Este metaproc. de gestão tem seu propósito definido como: *“O propósito do Metaproc. de Gestão de Resultados Especializados é distribuir aos demais processos do Modelo de Referência todas as adaptações necessárias ao Modelo de Referência original, em termos de Resultados Adaptados e Resultados Adicionados, bem como harmonizar conflitos referentes aos Resultados Adicionados que não possuem processo correlato no MR-MPS-SW.”*

### **3.3.2 Resultados Esperados**

Os Resultados Esperados não são definidos diretamente neste Modelo de Extensão, quando necessários, estes emergem dos resultados obtidos pela implementação e execução do Processo de Especialização (ESP).



# 4 Simulação de Aplicação do Modelo de Extensão ME-MPS

Este capítulo apresenta o resultado da simulação de implementação do Modelo de Extensão apresentado no capítulo 3. Conseqüentemente, é um modelo MR-MPS-SW especializado, realimentado por Resultados Esperados adaptados ou adicionados, definidos no Metaprocessamento de Gestão de Resultados Especializados (GES).

## 4.1 Características da Simulação

Nesta subseção são apresentadas definições que caracterizam a simulação do ponto de vista de ambiente, aplicabilidade, finalidade e completude.

### 4.1.1 Cenário

O cenário hipotético da simulação é a aplicação do modelo de extensão em um ambiente de desenvolvimento militar orientado pelo MPS.br, cujo PCD deverá apresentar aderência com o Objetivo 1 da Tabela 2 da norma de segurança RTCA DO-178C (norma-alvo).

O que justifica a escolha da Tabela A-2 (*Software Development Process*), objetivo 1 (*High-level Requirements are Developed*) é que neste objetivo são tratados Requisitos. É de conhecimento que a definição de requisitos é um ponto comum de início para desenvolvimento de qualquer software, sendo então uma questão de engenharia comumente tratada por qualquer modelo ou processo de desenvolvimento.

Este fato, em tese, favorece a convergência do MR-MPS-SW com o processo definido pela norma RTCA DO-178C e desfavorece a prova da hipótese proposta na seção 1.2. Em contrapartida, entende-se que, em tese, haveria um favorecimento na comprovação da hipótese caso fosse tomado como meta da simulação qualquer objetivo da Tabela A-10 (*Certification Liaison Process*) cuja finalidade é tratar da ligação entre a organização desenvolvedora e a autoridade certificadora do software, justamente devido à especificidade

---

dos aspectos tratados pelos objetivos desta Tabela.

### 4.1.2 Finalidade

É importante destacar que os propósitos são distintos devido às diferentes perspectivas adotadas pelo autor desse estudo. Ocorre que neste trabalho há a definição do Modelo de Extensão e também a instanciação de um processo orientado ao modelo. Por isso, o autor se coloca em duas posições distintas. A primeira em que propõe o Modelo de Extensão e a segunda na qual implementa e executa o próprio modelo. Sendo necessário então contextualizar segregadamente as múltiplas intenções. Do ponto de vista de definição do modelo, a simulação possui as seguintes finalidades:

1. Verificar a capacidade do modelo proposto no sentido de orientar a definição de um processo de análise de especialização do MR-MPS-SW para um restrito subconjunto de aspectos da norma-alvo;
2. Evidenciar a dinâmica entre os Resultados Esperados definidos na guia de extensão;
3. Avaliar o sequenciamento lógico implícito nos Resultados Esperados;
4. Exemplificar um processo orientado pelo Modelo de Extensão para uma instância de especialização;
5. Encontrar pontos fortes e pontos fracos do modelo; e
6. Obter *feedback*.

Entretanto, a partir da implementação do modelo e execução do processo definido seguindo orientações do modelo, as finalidades são:

1. Confirmar ou refutar a hipótese de pesquisa;
2. Adaptar o MPS.br para atender aos objetivos estabelecidos pelo cenário hipotético;
3. Evidenciar o atingimento dos Resultados Esperados;
4. Propor as adaptações ao MR-MPS-SW;
5. Compreender o comportamento do *board* formado para atender o RE ESP 7; e
6. Avaliar a assertividade do processo de adaptação;

## 4.2 Definição do Processo

Para atender aos Resultados Esperados definidos no ME, foi definido um processo composto por:

- Ciclo de vida;
- Tarefas;
- Atividades; e
- Artefatos (Tabelas, Classificações e Fichas).

### 4.2.1 Ciclo de Vida

Um ciclo de vida foi instituído e nele definida a dinâmica das tarefas, atividades e o momento de produção dos artefatos que irão evidenciar o atingimento dos RE definidos no modelo proposto. O ciclo determina quando o processo inicia e quando termina. Por fim, um conjunto de produtos de trabalho e seus propósitos também são definidos.

Na Figura 4.1 pode-se visualizar as tarefas projetadas a partir da compreensão dos RE definidos pelo ME (correlacionados na figura). Também é possível materializar a proposta de dinâmica dos relacionamentos inter-tarefas, bem como, o momento da criação dos artefatos gerados para evidenciar o alcance dos RE.

Percebe-se, por exemplo, que a tarefa TF-003 se relaciona com a Ficha de Compatibilidade e Aderência (FCA). As FCA, por conseguinte, relacionam-se com o Repositório de Fichas. Esta estrutura de Tarefas, Fichas e Repositório são soluções concebidas exclusivamente para esta instância do modelo, visando atender ao RE ESP 3, definido no ME.

Ainda na Figura 4.1, a adoção de Eventos Intermediários, identificados por círculos brancos contornados por bordas mais espessas, deixam claro o cascadeamento das Tarefas, definindo, então, um ciclo de vida clássico, no qual uma tarefa acontece após o término da outra. Entretanto, é necessário frisar que o ME não impõe este ciclo. A decisão é de implementação e se justifica por conta da invariabilidade da finalidade da simulação definida por demanda do RE ESP 1.

### 4.2.2 Padronização de codificação

O processo define um padrão de codificação para seus ativos (Tarefas, Tabelas, Fichas, etc.). O padrão é composto por um prefixo de 2 (dois) não mais que 3 (três) letras e um sufixo de 3 (três) números com preenchimento de zeros à esquerda (*padding*).

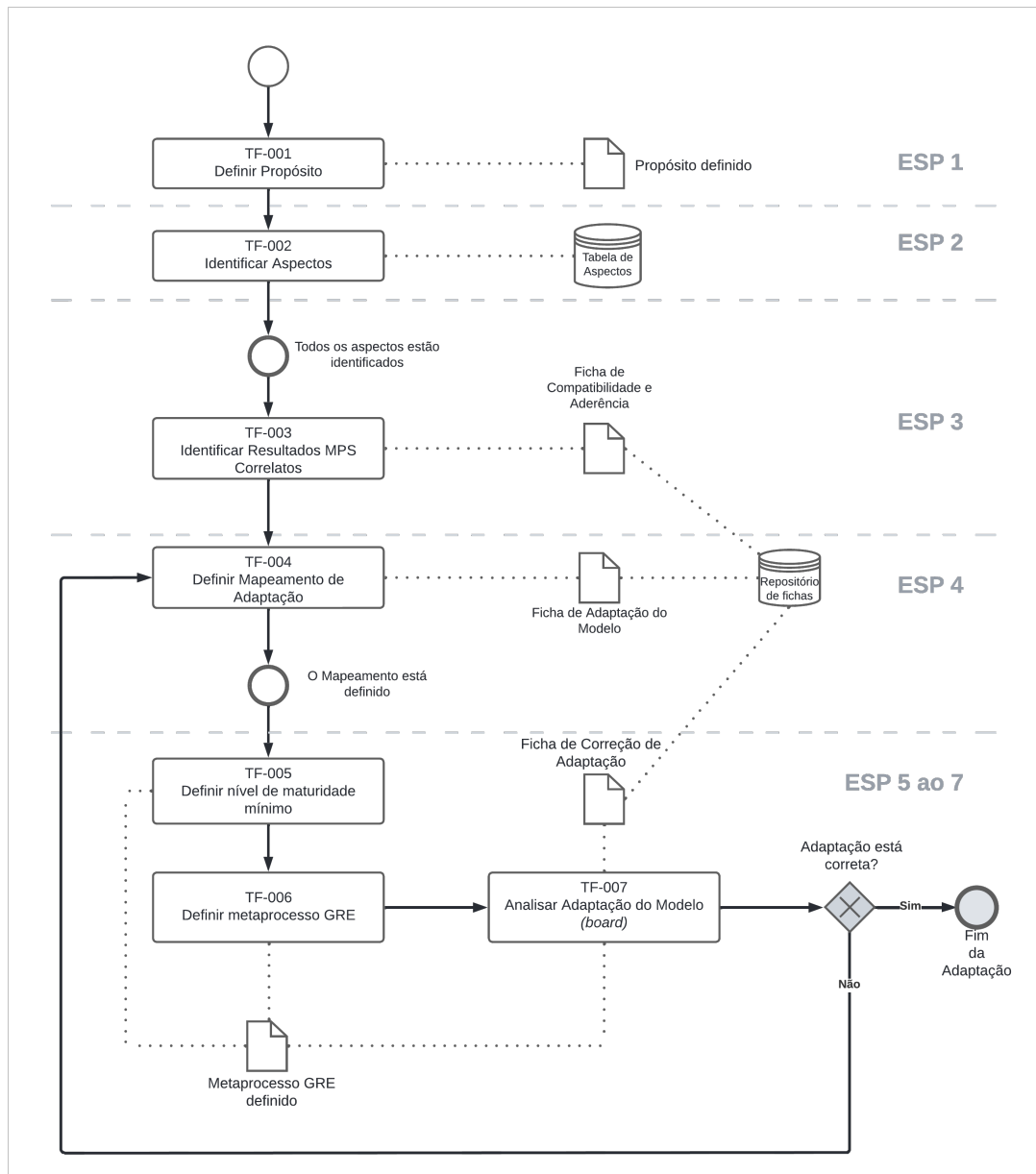


FIGURA 4.1 – Ciclo de vida da simulação do processo ESP

### 4.2.3 Classificação de Correlações

A TF-002 tem por objetivo identificar os aspectos fundamentais da norma-alvo que devem ser atendidos segundo a finalidade da adaptação. Já a tarefa TF-003 visa a correlacionar RE do MR-MPS-SW com estes aspectos. Os indícios de correlação entre o Aspecto em análise e um RE do MR-MPS-SW são classificados quanto ao nível de relevância da correlação conforme as seguintes classificações:

- **Relevante** — Utilizada quando algum nível de compatibilidade foi identificado, não ficando óbvia a aderência apenas pela leitura do propósito do resultado de processo MPS.br e do aspecto da norma em análise.

- **Aderente** — Utilizada quando há uma percepção inequívoca de que o propósito do resultado de processo do MPS.br e os aspectos da norma em análise endereçam, com algum nível de aderência, a mesma questão de engenharia.

#### 4.2.3.1 Subclassificação de Aderência

A intensidade percebida pelo analista é classificada por meio de subcategorias dos níveis de aderência, definidos da seguinte forma:

- **Parcial** — Quando há evidência de compatibilidade, mas não há possibilidade de adaptar o propósito sem descaracterizar a definição inicial. A aderência completa deverá ser alcançada pela união de outros resultados, do modelo de referência ou de algum resultado proposto.
- **Adaptável** — Quando há evidência de que é possível modificar o propósito do resultado sem descaracterizar ou limitar a definição do Modelo de Referência.
- **Total** — Quando há evidência clara de que o propósito do resultado atende totalmente a uma restrição imposta pela norma.

#### 4.2.4 Classificação de Aspecto

As atividades que precedem o mapeamento, juntas, permitem estabelecer uma Classificação do Aspecto em relação ao Modelo do MPS. Diferentemente do exposto na seção 4.2.3.1, onde a intensidade da aderência acontecia para cada Resultado do MR-MPS-SW correlato, as Classificações de Aspectos visam a classificar globalmente o aspecto em análise, utilizando-se das subclassificações de aderência. E são definidas na Tabela 4.1.

#### 4.2.5 Descrição de Tarefas e Atividades

Nesta subseção são descritas as definições das Tarefas e as Atividades que as compõe. Cabe recapitular que as Tarefas são mapeadas e concebidas para produzir os RE especificados no ME, conforme explicado na subseção 4.2.1. Entretanto, precisa ficar claro que, diferentes Tarefas ou Atividades podem ser especificadas para outras instâncias de execução do modelo. Essas definições ficam a cargo do implementador e não do modelo.

##### 4.2.5.1 TF-001 — *Definir objetivamente o propósito da adaptação*

Em sua definição, O RE ESP 1 do ME orienta que seja estabelecida a finalidade da adaptação. Logo, a TF-001 possui atividades para produzir um artefato que evidencie

Abrev	Classificação	Descrição
DIR	<i>Diretamente Endereçado</i>	Há o entendimento de que o aspecto em análise encontra-se totalmente endereçado por um único resultado do MR-MPS-SW, sem necessidade de adaptações ou adições.
COL	<i>Colaborativamente Endereçado</i>	Há o entendimento de que o aspecto em análise encontra-se totalmente endereçado por um conjunto não unitário de resultados do MR-MPS-SW, sem necessidade de adaptações ou adições.
PAR	<i>Parcialmente Endereçado</i>	Há o entendimento de que não há evidência clara ou convicção de que, ao alcançar um ou mais resultados correlatos do MPS.br, o aspecto em análise também estará completamente endereçado.
NED	<i>Não Endereçado</i>	Quando não se encontra no MR-MPS-SW resultados correlatos ao aspecto em análise.

TABELA 4.1 – Classificações de aspectos

o cumprimento deste Resultado. Os termos *objetivamente*, *desambiguo* e *texto claro* são qualificadores do RE proposto no Modelo. A Tabela 4.2 apresenta as atividades definidas.

Atividades	Resultado Esperado Vinculado	Propósito
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escrever um texto claro e desambiguo que explique a adequação necessária.</li> <li>• Disponibilizar todas as normas necessárias para a análise.</li> <li>• Produzir a Ficha de Definição de Finalidades (DEF).</li> </ul>	ESP 1	Dar publicidade, de forma inequívoca, ao objetivo da instância.

TABELA 4.2 – Definição da tarefa TF-001

#### 4.2.5.2 TF-002 — *Identificar aspectos da norma-alvo*

O RE ESP 2 do ME orienta que um documento de análise de aspectos fundamentais seja estabelecido e identifique a existência ou não de características especializadas. A TF-002 faz o mapeamento das orientações e estabelece a criação de uma Tabela de Aspectos (TA). Este artefato é a solução projetada para evidenciar o estabelecimento de um documento de análise com as características requeridas pelo RE. As atividades relacionadas para cumprimento da tarefa são definidas pela Tabela 4.3.

Atividades	Resultado Esperado Vinculado	Propósito
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura de descoberta de aspectos determinantes para os objetivos da adaptação à norma-alvo.</li> <li>• Cadastramento, na Tabela de Aspectos (TA), de requisitos determinantes, identificados na norma-alvo, correlatos aos objetivos da adaptação.</li> </ul>	ESP 2	Alimentar a TA para servir de evidência do cumprimento do RE e também de repositório de aspectos a ser analisados por outros processos.

TABELA 4.3 – Definição da tarefa TF-002

#### 4.2.5.3 TF-003 — *Identificar resultados correlatos no MR-MPS-SW*

Os aspectos encontrados no ESP 2, persistidos na TA, um a um são postos em análise. O objetivo reside em encontrar indícios de que os RE definidos no MR-MPS-SW possuem compatibilidade com a questão de engenharia endereçada pelo Aspecto em análise.

Uma estratégia de classificação em duas etapas (Classificação e subclassificação) é definida e tem por objetivo normalizar os metadados oriundos das análises subjetivas executadas por analistas. O racional empregado para atribuição das classificações também deve ser registrado. As Fichas de Análise são os artefatos que evidenciam alcance do RE ESP 3 do ME. A Tabela 4.4 relaciona as atividades.

#### 4.2.5.4 TF-004 — *Definir o Mapeamento de Adaptações*

A tarefa tem objetivo de atender ao RE 4 do ME. Deve evidenciar que os Aspectos, correlacionados ou não com o MR-MPS-SW, receberam tratamento e adaptações foram propostas, quando necessário. A Tabela 4.5 contém as definições de atividades.

#### 4.2.5.5 TF-005 — *Definir nível de maturidade mínimo*

Espera-se que, durante as atividades TF-003, sejam identificados RE do MR-MPS-SW correlatos relevantes para um determinado aspecto da norma-alvo em processos e níveis variados. Logo, um aspecto poderá ser classificado como COL (4.2.4) por resultados espalhados pelo MR-MPS-SW. Por isso, é necessário analisar qual o nível mínimo de maturidade do implementador para atender a finalidade da especialização definida pela TF-001. A Tabela 4.6 define as atividades.

O documento Ficha de Maturidade Mínima (FMM) é estabelecido e dessa forma,

Atividades	Resultado Esperado Vinculado	Propósito
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar um aspecto do repositório (TA).</li> <li>• Identificar Resultados Esperados do MR-MPS-SW que sejam Correlatos.</li> <li>• Classificar o grau da relação entre o Aspecto e o RE MR-MPS-SW, registrando um racional, quando as correlações existirem.</li> <li>• Subclassificar o grau de aderência, quando a classificação do grau da relação indicar Aderência.</li> <li>• Atribuir classificação do aspecto.</li> <li>• Produzir Ficha de Análise (FA).</li> </ul>	ESP 3	A partir do repositório de aspectos — a TA —, os aspectos identificados são postos em análise de modo a se encontrar Resultados Esperados no MR-MPS-SW que enderecem questões de engenharia similares ou idênticas as do aspecto em análise. A intensidade da relação deve ser estabelecida conforme definidos na subseção 4.2.3.

TABELA 4.4 – Definição da tarefa TF-003

Atividades	Resultado Esperado Vinculado	Propósito
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar as classificações e subclassificações dos resultados correlatos registrados nas Fichas de Análise (FA).</li> <li>• Classificar o Aspecto quanto ao endecamento pelo MR-MPS-SW.</li> <li>• Propor adaptações dos textos de Resultados Esperados do MR-MPS-SW ou adições de novos resultados para satisfazer às reivindicações do aspecto analisado cuja Classificação tenha sido PAR ou NE.</li> <li>• Produzir Ficha de Adaptação do Modelo (FAM)</li> </ul>	ESP 4	A partir do Repositório de Fichas de Análise (RFA), as Fichas de Análise são analisadas e o Aspecto é classificado. São propostas adaptações ao MR-MPS-SW para atender aos aspectos que recebem classificação PAR ou NE. As adaptações propostas são registradas em Fichas de Adaptação do Modelo (FAM).

TABELA 4.5 – Definição da tarefa TF-004



Atividades	Resultado Esperado Vinculado	Propósito
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar todas as Fichas do RFA.</li> <li>• Identificar o nível mais alto de maturidade definido por uma FA ou uma FAM.</li> <li>• Estabelecer o nível mínimo de maturidade.</li> <li>• Registrar o resultado da análise na FMM e a tornar pública.</li> </ul>	ESP 5	Identificar o nível mínimo de maturidade necessário para atender à norma-alvo em face das adaptações propostas.

TABELA 4.6 – Definição da tarefa TF-005

formaliza a indicação do nível de maturidade mínimo necessário para implementação do modelo adaptado (especializado). O documento deve conter o racional empregado.

#### 4.2.5.6 TF-006 — *Definir o metaprocesso GES*

Um documento de distribuição dos resultados é estabelecido para atender ao RE 6. Nesse documento estão contidas as codificações de novos resultados adicionados, adaptações de resultados do MR-MPS-SW, os processos responsáveis por produzir os novos resultados e os níveis de maturidade requerido para cada Resultado Especializado.

As FAM vinculadas a cada adaptação garantem a rastreabilidade do trabalho de análise até o nível mais elementar, os aspectos mapeados. Essa marca de rastreio permite o trabalho de verificação das adaptações reconstruir todos os passos e consultar os artefatos gerados durante o trabalho de especialização.

#### 4.2.5.7 TF-007 — *Analisar Adaptações do Modelo*

Nesse processo ocorre uma avaliação independente. Sendo assim, analistas que participaram da adaptação não devem participar dessa tarefa porque isso evita o enviesamento. Presume-se que a execução dessa tarefa seja conduzida por pessoal que tenha profundo conhecimento da norma-alvo. A finalidade é verificar os resultados obtidos quanto ao atingimento das reivindicações estabelecidas pela norma-alvo. O foco não deve ser no processo MPS, mas sim, no produto gerado por ele. As atividades estão definidas na Tabela 4.8.

Atividades	Resultado Esperado Vinculado	Propósito
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar todas as Fichas do RFA.</li> <li>• Estabelecer códigos para os novos resultados adicionados, quando houver.</li> <li>• Identificar necessidades de gestão quanto a Resultados Adicionados que não possuem processo definidos no MR-MPS-SW.</li> <li>• Consolidar no Mapeamento de Adaptações (MAD) a definição do metaproceto GRE, indicando os Resultados adicionados ou adaptados e seus códigos, processos, níveis de maturidade e FAM que motivou a alteração do modelo.</li> </ul>	ESP 6	Definir, em termos de Resultados adaptados e adicionados, o metaproceto GRE.

TABELA 4.7 – Definição da tarefa TF-006

Atividades	Resultado Esperado Vinculado	Propósito
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir um <i>board</i> de analistas.</li> <li>• Definir um método de análise.</li> <li>• Consolidar os resultados das análises.</li> <li>• Notificar os desvios identificados pelo <i>board</i>.</li> </ul>	ESP 7	Avaliar a qualidade da adaptação produzida.

TABELA 4.8 – Definição da tarefa TF-007

#### 4.2.6 Modelagem de Dados de Artefatos

Os artefatos são evidências necessárias para atestar que os RE definidos pelo ME foram alcançados. Cada modelo cumpre um propósito, conforme explicado anteriormente.

A concepção do modelo de dados, apresentado na Figura 3.1, utiliza conceitos de modelagem de banco de dados relacional(ELMASRI; NAVATHE, 2005)(DATE, 2004), entretanto, não há implementação em um SGBDR. Ao invés disso, a implementação acontece

por meio de uma única planilha eletrônica com dados não normalizados.

O racional por trás da adoção de uma única tabela de dados, cuja a estrutura completa encontra-se no Apêndice B.17, partiu da análise do *trade-off* existente entre, o emprego de um SGBDR, mesmo com baixa complexidade, e o irrisório volume de dados da simulação. Portanto, a decisão é gerenciar uma única planilha eletrônica desnormalizada — Planilha de Dados (PD) —, apesar dos inconvenientes <sup>1</sup> resolvidos pelos processos de normalização e pela adoção de um software apropriado para gerenciamento de bancos de dados relacionais.

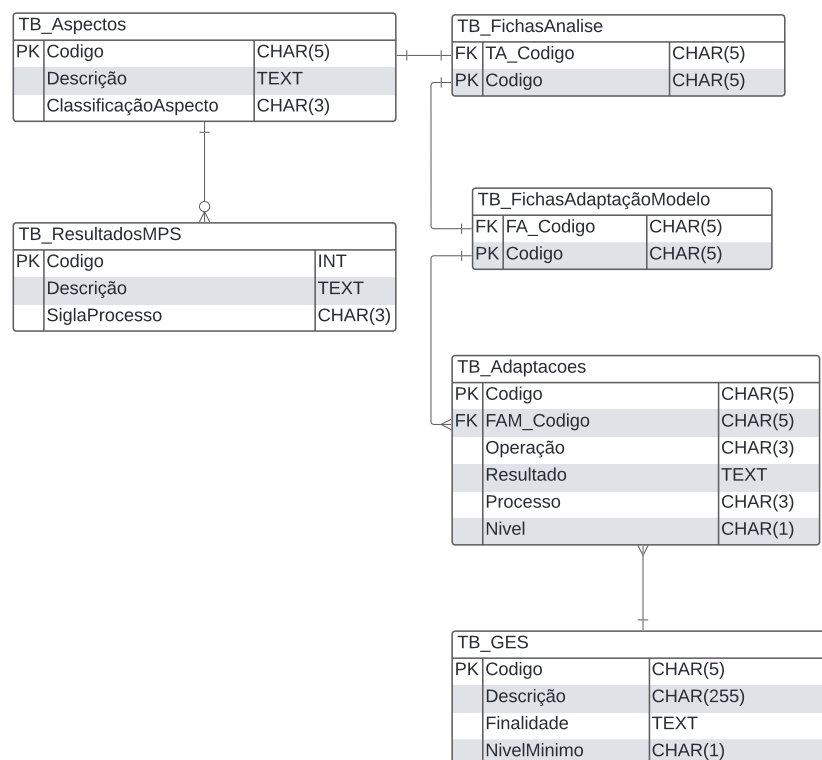


FIGURA 4.2 – Modelo entidade-relacionamento dos dados da simulação

A PD foi utilizada para persistência e extração dos dados que consubstanciaram as Tabelas e Fichas. Conseqüentemente, a Figura 4.2 é apenas um modelo conceitual e não reflete, de fato, a estrutura de dados implementada, embora a implementação atenda ao modelo apresentado na figura. A Tabela A.1 sumariza os artefatos e suas descrições.

#### 4.2.6.1 Tabela de Aspectos (TA)

O ME é orientado aos aspectos fundamentais para adaptação identificados durante a execução do processo ESP definido. Os dados da TA estão persistidos na planilha de dados B.17. Esta Tabela identifica os campos que compõe uma TA por meio da marcação “TA” na coluna *Estrutura*.

<sup>1</sup>Redundância de dados, inconsistência, anomalias de atualizações, etc.

#### 4.2.6.2 Repositório de Fichas de Análise (RFA)

O RFA é um conceito desta simulação utilizado para definir uma porção da PD que contém todos os dados necessários para confecção de:

- Ficha de Definição de Finalidade (DEF);
- Ficha de Análise (FA);
- Ficha de Adaptação do Modelo (FAM);
- Ficha de Maturidade Mínima(FMM);
- Mapeamento de Adaptações (MAD);
- Ficha de Consolidação do Modelo (CMO); e
- Ficha de Correção de Adaptação (FCA).

Essa fração da PD persiste os dados relacionados às análises de correlação, adaptações do modelo, distribuição de resultados e maturidade mínima.

#### 4.2.6.3 Ficha de Definição de Finalidade (DEF)

A DEF é utilizada para evidenciar que o Resultado ESP 1 foi atendido. Seu conteúdo é identificado por um código, os documentos necessários para adaptação e um texto que define inequivocamente a adaptação a ser feita. A Tabela 4.9 apresenta o modelo da DEF.

<b>FICHA DE DEFINIÇÃO DE FINALIDADE (DEF)</b>	
<b>Identificação</b>	<i>[Codigo do Adaptação]</i>
<b>FINALIDADE DA ADAPTAÇÃO</b>	
<i>[Texto que define a finalidade da adaptação]</i>	
<b>LISTA DE DOCUMENTOS</b>	
<b>Documento</b>	<b>Localização</b>
<i>[descrição documento 1]</i>	<i>[indicar localização]</i>
<i>[descrição documento 2]</i>	<i>[indicar localização]</i>
<i>[descrição documento N]</i>	<i>[indicar localização]</i>

TABELA 4.9 – Modelo de DEF

**4.2.6.4 Ficha de Análise (FA)**

As FA possuem um papel fundamental no processo, visto que nelas estão contidas descrições dos aspectos fundamentais identificados, as quais são utilizadas como entradas para processos de análise de compatibilidade de correlações.

Nas FA, o aspecto registrado possui um código que permite o rastreo completo do desenvolvimento da verificação e da adaptação proposta para endereçar o aspecto. Dados de referência do aspecto na norma também são alocados, facilitando ao revisor rastrear o respaldo em que o aspecto se apoia.

Finalizando com a classificação do aspecto e os resultados do MR-MPS-SW relacionados, uma FA é a evidência de que um aspecto foi tratado durante o processo ESP. Um modelo de FA é apresentado na Tabela 4.10.

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>	
<b>Identificação</b>	<i>[Código do Aspecto]</i>
<b>Tabela DO-178C</b>	<i>[Processo da Norma]</i>
<b>Objetivo:</b>	<i>[Objetivo a que o aspecto se relaciona na norma]</i>
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>[Texto livre]</i>
<b>Referência:</b>	<i>[Dados necessários localizar o respaldo na norma]</i>
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	
<b>Classificação</b>	<i>[Classificação do Aspecto]</i>
<b>Racional</b>	<i>[Racional empregado para justificar a classificação]</i>
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>	
<i>[Lista de Resultados do MR-MPS-SW relacionados ao aspecto em análise]</i>	

TABELA 4.10 – Modelo de FA

**4.2.6.5 Ficha de Adaptação do Modelo (FAM)**

As FAM consolidam as adaptações propostas para o MR-MPS-SW. Além de um código próprio, elas possuem um Código de Rastreo que as vincula a uma FA, portanto, direta ou indiretamente, elas consolidam os racionais envolvidos em cada classificação e, por isso, consubstanciam o MAD.

Essas fichas possuem uma seção para registro de Resultados Adicionados e Resultados Adaptados, na qual são registradas as modificações de texto, adições de nota e o nível de maturidade mínimo onde a adaptação será alocada no MR-MPS-SW. A Tabela 4.11 mostra a estrutura padrão de uma FAM.

<b>FICHA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO</b>	
<b>Identificação</b>	<i>[Código da FAM]</i>
<b>Fichas de Análise</b>	<i>[Código da FA vinculada]</i>
<b>Resultados MPS.br Adaptados</b>	<i>[Sigla dos RE adaptados]</i>
<b>Novos Resultados Adicionados</b>	<i>[Quantidade de Resultados adicionados]</i>
<b>RESULTADOS ADICIONADOS</b>	
<i>[Código do RE adicionado]</i>	<i>[Definição do RE]</i>
<b>Aplicado em que nível</b>	<i>[Descrição do Nível de Mínimo de Maturidade]</i>
<b>Processo MPS.br Realimentado</b>	<i>[Sugestão de processo do MR-MPS-SW que acomodará o novo resultado]</i>
<b>Racional</b>	<i>[Racional que justifica as definições]</i>
<b>RESULTADOS ADAPTADOS</b>	
<i>[Código do RE adaptado]</i>	<i>[Código original do RE na guia MR-MPS-SW]</i>
<b>Modificação de Texto:</b>	<i>[Nova redação do RE].</i>
<b>Adição de Nota</b>	<i>[Redação da nota adicionada]</i>
<b>Racional</b>	<i>[Racional que justifica as definições]</i>

TABELA 4.11 – Modelo de FAM

#### 4.2.6.6 Ficha de Definição de Maturidade Mínima (FMM)

O processo define uma única FMM que formaliza o resultado das análises de maturidade mínima da adaptação. A ficha é identificada por um código, o código da DEF a que se aplica, o nível mínimo e o racional aplicado para justificar a resultado. A Tabela 4.12 mostra um modelo do artefato.

<b>FICHA DE MATURIDADE MÍNIMA</b>	
<b>Identificação</b>	<i>[Código da FMM]</i>
<b>DEF</b>	<i>[Código da DEF vinculada]</i>
<b>Nível de Maturidade Mínimo</b>	<i>[Sigla do Nível Mínimo de Maturidade]</i>
<b>RACIONAL</b>	
<i>[Racional que justifica as definições]</i>	

TABELA 4.12 – Modelo de FMM

#### 4.2.6.7 Mapeamento de Adaptações - MAD

O MAD é uma ficha composta de duas seções, uma para identificação da ficha e outra cujo o objetivo é relacionar as operações necessárias para alterar o MR-MPS-SW. A ficha é identificada por um código e vinculada a uma FMM. Na seção de Operações, cada linha da ficha identifica as ações de adição e adaptação com novas redações para os RE.

Um campo de rastreamento identifica as FAM que originaram as modificações, permitindo,

assim, rastreabilidade até ao aspecto que ensejou as alterações e todos os racionais envolvidas na análise. A Tabela 4.13 apresenta a estrutura da MAD.

MAPEAMENTO DE ADAPTAÇÕES			
<b>Identificação</b>	[Código da MAD]		
<b>FMM</b>	[Código da FMM vinculada]		
OPERAÇÕES			
Código	Resultado Esperado	Operação	Motivação
[código do RE]	[Redação do RE]	[Adição, Adição de Nota, Adaptação]	[Código da FAM vinculada]

TABELA 4.13 – Modelo de MAD

#### 4.2.6.8 Ficha de Consolidação do Modelo (CMO)

O artefato Ficha de Consolidação do Modelo (CMO), conforme mostrado na Tabela 4.14, formaliza a evidência da execução do metaprocessos GES e o consequente atingimento do RE definido. O CMO está dividido em uma seção de identificação e uma seção para cada processo do MR-MPS-SW cujo MAD indicou alterações em seus RE.

CONSOLIDAÇÃO DO MODELO		
<b>Identificação</b>	[Código da CMO]	
<b>MAD</b>	[Código da MAD vinculada]	
<b>Processo</b>	[Identificação do Processo MPS] ([Sigla do Processo])	
Código	RE MR-MPS-SW	RE MAD
[código do RE]	[Redação original do RE no MR-MPS-SW]	[Nova redação do RE no MAD]

TABELA 4.14 – Modelo de CMO

### 4.3 Ficha de Correção de Adaptação

Este artefato formaliza as correções apontadas pelos especialistas que irão avaliar a efetividade das adaptações produzidas. As FCA serão a consolidação das correções propostas pelos analistas e realimentarão o processo de Mapeamento de Adaptações, conforme definido no ciclo de vida, previamente apresentado na Figura 4.1.

<b>FICHA DE CORREÇÃO DE ADAPTAÇÃO</b>		
<b>Identificação</b>	<i>[Código de identificação da FCA]</i>	
<b>FAM</b>	<i>Código da FAM a que a FCA pretende corrigir</i>	
<b>CONSOLIDAÇÃO DAS CORREÇÕES PROPOSTAS</b>		
<b>RE</b>	<b>Adaptação Original</b>	<b>Correção Proposta</b>
<i>[Código do RE]</i>	<i>[Redação da adaptação]</i>	<i>[Nova redação com as sugestões dos analistas]</i>

TABELA 4.15 – Modelo de ficha de correção de adaptação.

#### 4.4 Definição do metaprocessamento de Gestão de Resultados Especializados (GES)

O arcabouço do GES deriva exclusivamente do MAD. As operações comandadas pela adaptação do modelo neste artefato implicam alterações do MR-MPS-SW e por isso são utilizadas para definir os RE do GES.

Para a simulação de implementação aqui apresentada o metaprocessamento não possui atividades significativas, pois inexistem a necessidade de comunicação de adaptações de RE ou mesmo da resolução de conflitos atinentes à adição de novos RE sem processo correlato no MR-MPS-SW. Sendo, portanto, apenas instituído um único RE definido da seguinte forma: “*Deve ser estabelecido um único artefato que consolide as adaptações ao MR-MPS-SW, demonstrando o RE original e seu formato após a adaptação*”.

#### 4.5 Evidências dos RE

Nas seções anteriores deste capítulo foi apresentada a definição de um processo de especialização orientado pelo ME, diversas tarefas, atividades e artefatos foram modelados para atender aos RE definidos no ME.

Nesta seção são apresentadas as evidências dos resultados obtidos por meio da execução do processo ESP. As fichas e demais artefatos modelados, são preenchidos com dados reais da análise feita em caráter de simulação. Espera-se que os artefatos produzidos forneçam a evidência necessária para confirmar ou refutar a hipótese de pesquisa do trabalho.



### 4.5.1 Evidência do RE ESP 1

A Tabela 4.16 apresenta a DEF produzida durante a simulação, sendo, então, a evidência de que o RE ESP 1 foi atingido.

<b>FICHA DE DEFINIÇÃO DE FINALIDADE (DEF)</b>	
<b>Identificação</b>	DEF 001
<b>FINALIDADE DA ADAPTAÇÃO</b>	
<i>A finalidade da especialização é verificar se o Modelo de Referência MPS.br para Software (MR-MPS-SW) apresenta aderência com os aspectos definidos na Tabela A-2, objetivo 1, da norma RTCA DO-178C. Além de propor as adaptações dos RE, caso sejam necessárias.</i>	
<b>LISTA DE DOCUMENTOS</b>	
Documento	Localização
<i>Guia Geral MPS.br para Software</i>	(SOFTEX, 2021)
<i>RTCA DO-178C</i>	(RTCA, 2011)

TABELA 4.16 – DEF preenchida com dados da simulação

### 4.5.2 Evidência do RE ESP 2

A TA é a saída da TF-002. Este artefato é a evidência de que o RE ESP 2 foi atendido. Durante a simulação a PD foi alimentada com os aspectos relevantes para o objetivo.

A Tabela 4.17 relaciona os aspectos identificados como fundamentais para atender à finalidade da adaptação e apresenta uma visão externa da TA, consubstanciada por dados da PD. A Tabela contém 10 registros de aspectos que devem ser analisados por tarefas subsequentes do processo ESP definido.

Nessa visão externa são apresentados 3 colunas (campos da TA):

- CodAspecto — código para identificação do aspecto registrado;
- descAspecto — para a descrição original do aspecto identificado; e
- REF DO-178C — para referência ao item da norma-alvo em que se baseia o aspecto.

Dessa forma, as atividades executadas para identificação de aspectos se encerra e o processo pode transicionar para atividade TF-003.

### 4.5.3 Evidência do RE ESP 3

O resultado ESP 3 foi endereçado, no processo ESP definido, pela TF-003. Todos os aspectos registrados na TA, Tabela 4.17, foram examinados quanto a possibilidade de

CodAspecto	DescAspecto	Ref RTCA DO-178C
A2/1	<i>The system functional and interface requirements that are allocated to software should be analyzed for ambiguities, inconsistencies and undefined conditions</i>	5.1.2.a
A2/2	<i>Inputs to the software requirements process detected as inadequate or incorrect should be reported as feedback to the input source processes for clarification or correction.</i>	5.1.2.b
A2/3	<i>Each system requirement that is allocated to software should be specified in the highlevel requirements</i>	5.1.2.c
A2/4	<i>High-level requirements that address system requirements allocated to software to preclude system hazards should be defined</i>	5.1.2.d
A2/5	<i>The high-level requirements should conform to the Software Requirements Standards, and be verifiable and consistent.</i>	5.1.2.e
A2/6	<i>The high-level requirements should be stated in quantitative terms with tolerances where applicable.</i>	5.1.2.f
A2/7	<i>The high-level requirements should not describe design or verification detail except for specified and justified design constraints.</i>	5.1.2.g
A2/8	<i>Derived high-level requirements and the reason for their existence should be defined. Derived high-level requirements should be provided to the system processes, including the system safety assessment process.</i>	5.1.2.h 5.1.2.i
A2/9	<i>If parameter data items are planned, the high-level requirements should describe how any parameter data item is used by the software. The high-level requirements should also specify their structure, the attributes for each of their data elements, and, when applicable, the value of each element. The values of the parameter data item elements should be consistent with the structure of the parameter data item and the attributes of its data elements.</i>	5.1.2.j
A2/10	<i>Software development process traceability activities include trace Data, showing the bi-directional association between system requirements allocated to software and high-level requirements, is developed. The purpose of this Trace Data is to enable verification of the complete implementation of the system requirements allocated to software and to give visibility to those derived high-level requirements that are not directly traceable to system requirements.</i>	5.5.a

TABELA 4.17 – Visão externa da TA

correlação (aderência) com RE do MR-MPS-SW.

O sistema de dupla classificação, definido anteriormente na subseção 4.2.3 foi aplicado para cada correlação encontrada. Existe um alto teor de subjetividade em relação ao estabelecimento dessas classificações, devido a isso, racionais em forma de texto, empregados para justificar a classificação também foram registrados permitindo a verificação futura.

Na PD foram registradas as correlações encontradas, as classificações atribuídas e o racional para cada linha de associação de aspecto a um RE. A Tabela 4.18 mostra uma visão externa da PD para um subconjunto de 4 (quatro) aspectos (A2/1, A2/2, A2/8 e A2/10) dos 10 analisados e classificados. Os aspectos relacionados nesta Tabela foram selecionados porque exemplificam todos os tipos de classificações previstas.

Cód. Aspecto	RE	Classif.	Subclassif.	Racional
A2/1	REQ 1 (A partir do nível G) As necessidades, expectativas e restrições das partes interessadas, tanto em relação ao produto quanto a suas interfaces, são identificadas.	Relevante	N/a	As partes interessadas podem ser interpretadas pelos requisitos de sistema ( <i>System Requirements</i> ), sendo passo inicial para a atividade de análise.
	REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces.	Aderente	Adaptável	É passível de adaptação para atender às questões de ambiguidade, inconsistência e condições não definidas.
Continua...				

Continuação da Tabela 4.18				
Cod. Aspecto	RE	Classif.	Subclassif.	Racional
	REQ 3 (Até nível E) Os requisitos são entendidos e analisados junto aos fornecedores de requisitos.	Aderente	Parcial	Parece racional que, estando os requisitos entendidos e analisados junto aos fornecedores, problemas endereçados pela norma, tais como: ambiguidade, inconsistência e condições não definidas, estão a caminho de resolução, entretanto, não se tem convicção de ausência de destes problemas.
	REQ 7 (a partir do Nível G) Os planos, atividades e produtos de trabalho relacionados são revisados visando identificar e tratar inconsistência em relação aos requisitos.	Aderente	Total	o MR-MPS-SW define um resultado que parece justamente tratar de aspectos da qualidade dos requisitos, impondo uma revisão de qualidade, a aderência parece total ao objetivo da norma.
Continua...				

Continuação da Tabela 4.18				
Cod. Aspecto	RE	Classif.	Subclassif.	Racional
A2/2	REQ 4 (Até Nível E) Os requisitos são aprovados pelos fornecedores de requisitos. NOTA: (item informativo) O objetivo deste resultado é assegurar que a equipe do projeto e os fornecedores de requisitos tenham um entendimento comum sobre os requisitos.	Aderente	Total	O entendimento é que, uma vez aprovado os requisitos pelos fornecedores, todos os requisitos identificados como inadequados ou incorretos foram tratados, esclarecidos e corrigidos.
A2/8	Não Identificado.	N/a	N/a	A DO-178C é rígida quanto ao surgimento de requisitos derivados e determina que se defina a razão da existência do requisito e também que eles sejam fornecidos a outras partes interessadas. Não foi observado algo similar nos resultados do MR do MPS.
Continua...				

Continuação da Tabela 4.18				
Cod. Aspecto	RE	Classif.	Subclassif.	Racional
A2/10	REQ 6 (A partir do nível G) A rastreabilidade bidirecional entre requisitos, atividades e produtos de trabalho do projeto é estabelecida e mantida.	Aderente	Adaptável	Parece que a intenção do MR-MPS-SW e da DO-178C convergem para o mesmo ponto. Entretanto, a DO-178C requer que os Requisitos Derivados sejam rastreados até partes interessadas (System Requirements). Por isso, parece razoável adicionar uma nota que explicita a necessidade de endereçar requisitos derivados.

TABELA 4.18 – Visão externa da PD para classificação de compatibilidade

Fim da Tabela
---------------

As correlações, suas classificações e subclassificações, quando estabelecidas, permitem a atribuição da classificação de compatibilidade do aspecto — conforme definida na subseção 4.2.4 —. Uma vez que essas classificações sejam registradas na PD, é possível extrair dados que subsidiem a análise de conformidade do modelo com a norma.

A Tabela 4.19 apresenta uma visão externa da PD que consolida essas classificações para cada aspecto analisado, um metadado importante para verificação de aderência da norma em relação ao MR-MPS-SW.

Cod. Aspecto	Resultado Correlatos	Classificação Aspecto
A2/1	4	COL
A2/2	1	DIR
A2/3	1	DIR
A2/4	3	PAR
Continua. . .		

Continuação da Tabela 4.19		
codAspecto	Resultado Correlatos	Classificação Aspecto
A2/5	0	NE
A2/6	1	PAR
A2/7	1	PAR
A2/8	0	NE
A2/9	0	NE
A2/10	1	PAR

TABELA 4.19 – Visão Externa da PD - consolidação do RE ESP 3

Percebe-se pela Tabela 4.20 que dos 10 (dez) aspectos analisados, 3 (três) foram direta ou colaborativamente endereçados por RE do modelo brasileiro e, 7 (sete) deles não encontram respaldo pleno no modelo. Sendo assim, 70% dos 10 (dez) aspectos identificados resultarão em adaptações ao MR-MPS-SW.

Classificação do Aspecto	Quantidade de Aspectos	Percentual
<i>Colaborativamente Endereçado (COL)</i>	1	10%
<i>Diretamente Endereçado (DIR)</i>	2	20%
<i>Parcialmente Endereçado (PAR)</i>	4	40%
<i>Não Endereçado (NE)</i>	3	30%
	10	100%

TABELA 4.20 – Percentual de aspectos classificados por tipo de classificação

A Tabela 4.21 apresenta a FA produzida para o aspecto identificado pelo código A2/8. As FA produzidas para os demais aspectos analisados são apresentadas no apêndice B.

#### 4.5.4 Evidência do RE ESP 4

A TF-004 foi executada e tinha a finalidade de satisfazer o propósito do resultado ESP4. Nela as informações de todas as FA cujo o aspecto em análise tenha sido classificado nas categorias *Parcialmente Endereçado* ou *Não Endereçado*, foram analisadas.

O objetivo dessa análise é compreender as ausências identificadas e sugerir modificações no MR-MPS-SW. Estas modificações podem ser adaptações na redação de um RE ou a inclusão de um novo RE para cobrir a questão de engenharia endereçada pelo aspecto. As FAM são a evidência formal do RE ESP 4. A Tabela 4.22 apresenta um exemplo de FAM completa. As FAM produzidas para os demais aspectos não completamente endereçados podem ser consultadas no RFA, apresentado no apêndice B.

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>	
<b>Identificação</b>	FA A2/8
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>Derived high-level requirements and the reason for their existence should be defined. Derived high-level requirements should be provided to the system processes, including the system safety assessment process.</i>
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.h e 5.1.2.i
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	
<b>Classificação</b>	<b>NÃO ENDEREÇADO</b>
<b>Racional</b>	A DO-178C é rígida quanto ao surgimento de requisitos derivados e determina que se defina a razão da existência do requisito e também que eles sejam fornecidos a outras partes interessadas. Não foi observado algo similar nos resultados do MR do MPS.
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>	
Não Identificados.	

TABELA 4.21 – Ficha de análise do aspecto A2/8

<b>FICHA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO</b>	
<b>Identificação</b>	FAM A2/8
<b>Fichas de Análise</b>	FA A2/8
<b>Resultados MPS.br Expandidos</b>	-
<b>Novos Resultados Adicionados</b>	1
<b>RESULTADOS ADICIONADOS</b>	
<b>ESP</b>	<i>(Até Nível E) Requisitos Derivados devem apresentar uma razão para existir e devem ser fornecidos para partes interessadas.</i>
<b>Adição de Nota</b>	<i>São partes interessadas o System Process e System Safety Assessment Process</i>
<b>Aplicado em que nível</b>	A partir do nível G
<b>Processo MPS.br Realimentado</b>	Engenharia de Requisitos
<b>Racional</b>	Uma vez que não foi observado um RE que trate de questão similar, é proposta a adição de um resultado especializado.
<b>RESULTADOS ADAPTADOS</b>	
Não houve.	

TABELA 4.22 – FAM A2/8

#### 4.5.5 Evidência do RE ESP 5

As FA e FAM registram diversas informações sobre o trabalho de adaptação, dentre outras, o nível de maturidade para cada RE correlacionado, adicionado e adaptado. Este



conjunto de informações permite ao analista estabelecer o nível de maturidade mínimo que o implementador do MR-MPS-SW precisa atingir para atender os RE adaptados.

Uma visão externa da PD, conforme apresentada na Tabela 4.23, permite observar que, para o caso desta simulação, o nível mais profundo de um RE MR-MPS-SW correlacionado, ou, um novo RE proposto, foi o nível G, portanto, há convicção de que uma organização desenvolvedora com nível G de maturidade conseguiria endereçar o subconjunto de aspectos da norma RTCA DO-178C definidos na DEF (Tabela 4.16). Os RE correlatos marcados por uma tralha (#) foram adicionados pelo processo ESP. Por outro lado, os identificados por asterisco (\*) foram adaptados.

Cod. Aspecto	RE Correlato	Nível de Maturidade
A2/1	REQ 1	A partir do nível G
	REQ 2	Até o nível E
	REQ 3	Até o nível E
	REQ 7	A partir do nível G
A2/2	REQ 4	Até o nível E
A2/3	REQ 2	Até o nível E
A2/4	REQ 1	A partir do nível G
	REQ 2	Até o nível E
	REQ 3	Até o nível E
A2/5	REQ 8#	A partir do nível G
A2/6	REQ 2*	Até o nível E
A2/7	REQ 7*	A partir do nível G
A2/8	REQ 9#	A partir do nível G
A2/9	REQ 10#	A partir do nível G
	REQ 7*	A partir do nível G
A2/10	REQ 3	Até o nível G

TABELA 4.23 – Visão externa da PD dos níveis de maturidade de RE correlatos

Portanto, para evidenciar RE ESP 5, conforme definido no ciclo de vida do Processo ESP, apresentado na seção 4.1, uma FMM é produzida e apresentada na Tabela 4.24.

#### 4.5.6 Evidência do RE ESP 6

A ficha MAD, apresentada na seção 4.13, foi estabelecida e nela são compiladas as adições e adaptações necessárias propostas para tornar o MR-MPS-SW aderente a finalidade da adaptação. Este artefato, apresentado na Tabela 4.25, é a primeira evidência de que o resultado ESP 6 foi obtido. As operações, conforme definidas pelo processo ESP na seção

<b>FICHA DE MATURIDADE MÍNIMA</b>	
<b>Identificação</b>	FMM 001
<b>DEF</b>	DEF 001
<b>Nível de Maturidade Mínimo</b>	G
<b>RACIONAL</b>	
<p>Os RE REQ 1, 2, 3, 4 e 7 do MR-MPS, correlacionados com os aspectos da norma-alvo, iniciam no nível de maturidade G, sendo que os RE REQ 2, 3 e 4 terão evoluções, a partir do nível D.</p> <p>Além disso, entende-se que os RE adicionados são bem suportados para organizações que implementam o processo com nível G.</p>	

TABELA 4.24 – Simulação da FMM 001

4.2.5.6 e na Tabela 4.13, são estabelecidas. Nesta Tabela, são sugeridos os textos finais para cada propósito que sofreram alguma alteração ou que foram adicionados. Sendo então as justificativas (racionais), rastreáveis por meio das FAM. Esta tabela e a CMO, apresentada na Tabela 4.26, são, enfim, a definição do metaprocessos GES.

<b>MAPEAMENTO DE ADAPTAÇÕES</b>			
<b>Identificação</b>	MAD 001		
<b>FMM</b>	FMM 001		
<b>OPERAÇÕES</b>			
Código	Resultado Esperado	Operação	Motivação
REQ 8#	<i>(a partir do Nível G) Os requisitos são consistentes quanto sua conformidade em relação aos padrões estabelecidos.</i>	Adicionar	FAM A2/5
REQ 9#	<i>(Até Nível E) Requisitos Derivados devem apresentar uma razão para existir e devem ser fornecidos para partes interessadas..</i> <i>NOTA 1: São partes interessadas DO-178C o System Process e System Safety Assessment Process</i>	Adicionar	FAM A2/8
REQ 10#	<i>(a partir do Nível G) Um documento de especificação de Itens de Parâmetros de Dados deve ser estabelecido em termos de estruturas, atributos e valores para os itens da estrutura, sempre que aplicável.</i>	Adicionar	FAM A2/9
Continua. . .			

Continuação da Tabela 4.25			
OPERAÇÕES			
Código	Resultado Esperado	Operação	Motivação
REQ 2	<i>REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados, declarados em termos quantitativos, com tolerância, quando for aplicável e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces. .</i>	Adaptar	FAM A2/6
REQ 6	<i>REQ 6 (A partir do nível G) NOTA 1: Os requisitos derivados devem possuir rastreabilidades até as partes interessadas (System Requiriments).</i>	Adaptar	FAM A2/10
REQ 7	<i>REQ 7 (a partir do Nível G) Os planos, atividades e produtos de trabalho relacionados são revisados visando identificar e tratar inconsistência em relação aos requisitos.</i>	Adaptar	FAM A2/7
	<i>NOTA 1: São considerados inconsistentes requisitos que descrevem soluções de projeto ou detalhes de verificação, exceto quando para restrições de projeto específicas e justificadas</i>	Adicionar	FAM A2/7
	<i>NOTA 2: Os valores e estruturas especificadas no documento de Itens de Parâmetros de Dados devem ser revisados quanto a consistência entre os valores e os atributos de cada item.</i>	Adicionar	FAM A2/9

TABELA 4.25 – Mapeamento das adaptações dos aspectos não endereçados

Os mapeamentos permitem o estabelecimento, enfim, da CMO, na qual são correlacionados os resultados do MR-MPS-SW originais e as propostas de adequações para atender a finalidade da especialização. A CMO é o instrumento que contém a própria definição do metaprocesso GES — cuja responsabilidade é distribuir, acomodar e harmonizar as modificações necessárias—. A CMO obtida pela simulação é apresentada a seguir na Tabela 4.26.

<b>CONSOLIDAÇÃO DO MODELO</b>		
<b>Identificação</b>	CMO 001	
<b>MAD</b>	MAD 001	
<b>PROCESSO <i>Engenharia de Requisitos (GRE)</i></b>		
<b>Código</b>	<b>RE MPS.br</b>	<b>RE Adaptado</b>
REQ 8#	—	<i>(a partir do Nível G) Os requisitos são consistentes quanto sua conformidade em relação aos padrões estabelecidos.</i>
REQ 9#	—	<i>(Até Nível E) Requisitos Derivados devem apresentar uma razão para existir e devem ser fornecidos para partes interessadas..</i>
REQ 10#	—	<i>(a partir do Nível G) Um documento de especificação de Itens de Parâmetros de Dados deve ser estabelecido em termos de estruturas, atributos e valores para os itens da estrutura, sempre que aplicável.</i>
REQ 2	REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces.	<i>REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados, declarados em termos quantitativos, com tolerância, quando for aplicável e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces. .</i>
REQ 6	REQ 6 (A partir do nível G) A rastreabilidade bidirecional entre requisitos, atividades e produtos de trabalho do projeto é estabelecida e mantida.	<i>REQ 6 (A partir do nível G) NOTA 1: Os requisitos derivados devem possuir rastreabilidade até as partes interessadas (System Requirements).</i>
Continua...		

Continuação da Tabela 4.25		
<b>PROCESSO <i>Engenharia de Requisitos (GRE)</i></b>		
<b>Código</b>	<b>RE MPS.br</b>	<b>RE Adaptado</b>
REQ 7	REQ 7 (a partir do Nível G) Os planos, atividades e produtos de trabalho relacionados são revisados visando identificar e tratar inconsistência em relação aos requisitos.	<i>REQ 7 (a partir do Nível G) Os planos, atividades e produtos de trabalho relacionados são revisados visando identificar e tratar inconsistência em relação aos requisitos.</i>  <i>NOTA 1: São considerados inconsistentes requisitos que descrevem soluções de projeto ou detalhes de verificação, exceto quando para restrições de projeto específicas e justificadas</i>  <i>NOTA 2: Os valores e estruturas especificadas no documento de Itens de Parâmetros de Dados devem ser revisados quanto a consistência entre os valores e os atributos de cada item.</i>

TABELA 4.26 – Consolidação do modelo adaptado e definição do metaprocessos GES

#### 4.5.7 Evidência do RE ESP 7

Uma avaliação de qualidade das adaptações é necessária para certificar que o modelo especializado — produto do processo ESP, definido no metaprocessos — cumpre a finalidade para que foi concebido, sendo esta uma evidência forte de que o ME atende seu propósito de concepção.

Para alcançar o RE, um Grupo Focal (GF), independente<sup>2</sup>, foi reunido e um método de avaliação foi estabelecido. A Figura 4.3 mostra um diagrama de raias em notação BPMN (WHITE; MIERS, 2008) que define um fluxo de atividades entre as entidades envolvidas: autor, orientador e especialistas da norma RTCA DO-178C.

O fluxo inicia com a necessidade, identificada pelo Orientado, de uma avaliação independente à cerca das adaptações. Então, uma atividade de *Criação das Fichas de Adaptação do Modelo* gera um *evento intermediário* que insta o Orientador à *Identificar os membros de interesse* e leva o Autor a iniciar os trabalhos de *Criar uma Apresentação*. Uma vez que haja notificações de interesse por parte de especialistas na RTCA DO-178C e o quórum mínimo está estabelecido pelo Orientador, ocorre enfim a convocação para reunião de validação. O GF é composto por profissionais da indústria que

<sup>2</sup>Especialistas que não possuem relação direta com o autor e com o estudo

possuem experiência com processos orientados pela norma ou estudantes com área de pesquisa vinculadas.

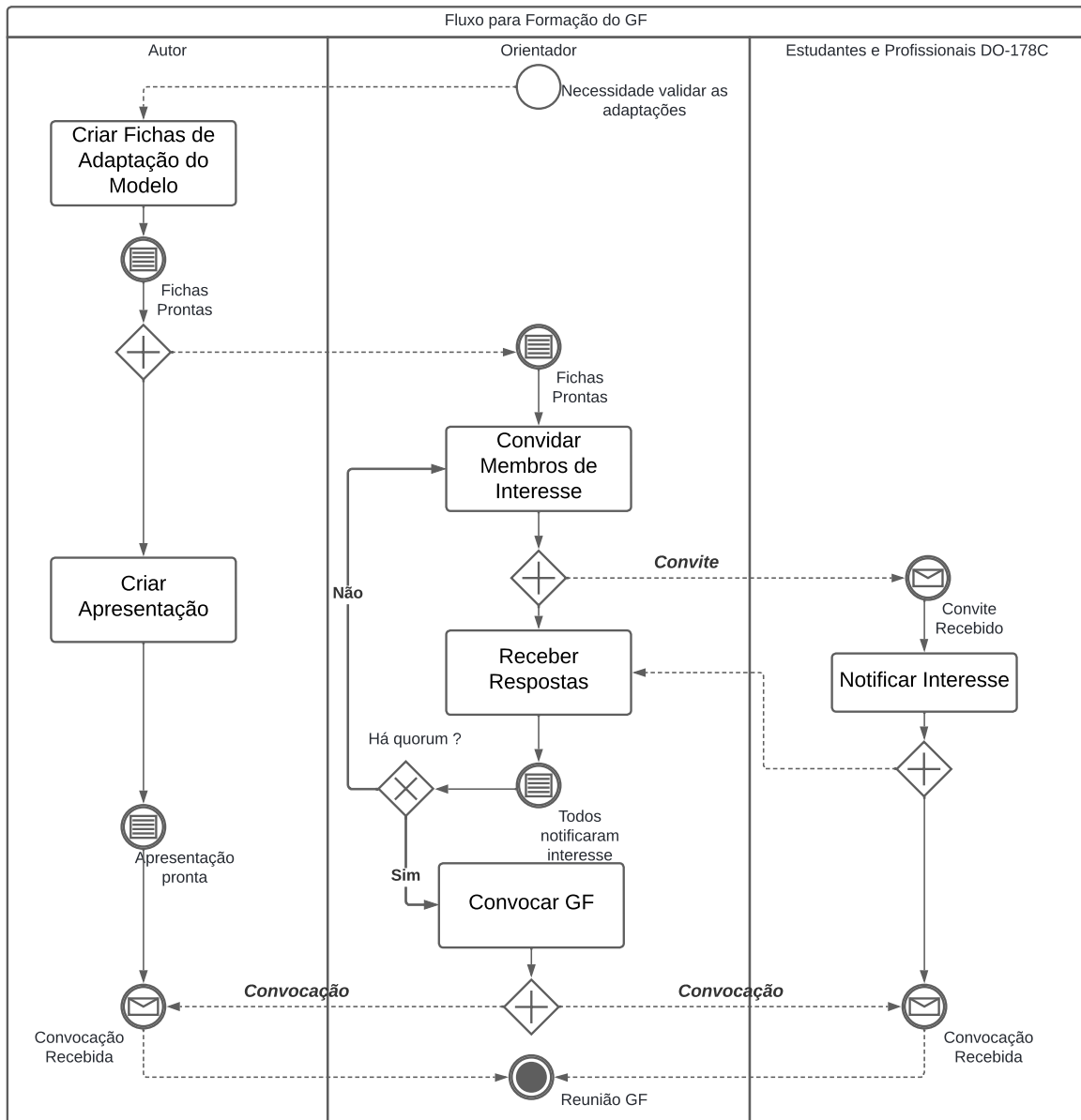


FIGURA 4.3 – Fluxograma para composição do GF

O Método de avaliação foi definido previamente utilizando-se as seguintes técnicas:

1. *Análise de Artefatos produzidos* — Apresentação das FA, FAM e propósito finalidade da adaptação;
2. *Arguição do autor* — Dirimir dúvidas ocorridas durante a apresentação das Fichas; e
3. *Questionário de avaliação* — *Google Form* utilizado para obter *feedback* sobre aspectos da avaliação de interesse do autor.

O ciclo de vida da avaliação, apresentado na Figura 4.4, permite entender a dinâmica da reunião de avaliação. Primeiramente, há a apresentação das FA e FAM, seguida de uma dinâmica de arguição sobre as fichas apresentadas. Em seguida, os Especialistas preenchem um questionário.

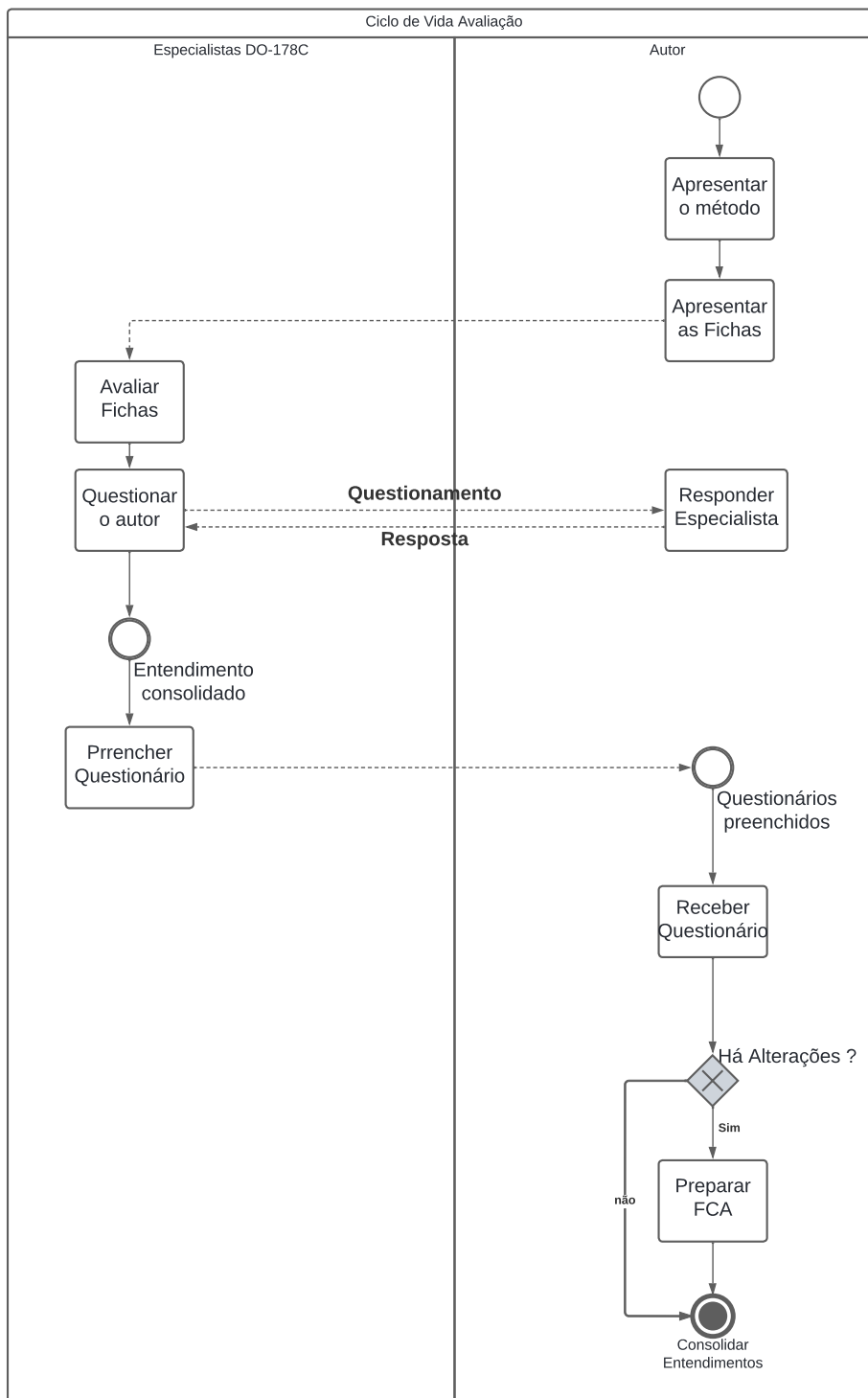


FIGURA 4.4 – Ciclo de vida da avaliação do modelo

O questionário visa a obter *feedback* relacionados aos racionais desenvolvidos pelo

analista da simulação (autor do estudo) para justificar as decisões sobre alterações do modelo. Para cada Ficha (FA ou FAM) apresentada, os especialistas, após dirimir suas dúvidas, responderam questões por meio de múltiplas escolhas, baseadas na escala de *Likert* (JÚNIOR; COSTA, 2014), parametrizadas para 5 tipo de respostas:

1. Concordo Fortemente (CF);
2. Concordo (C);
3. Neutro (N);
4. Discordo (D); e
5. Discordo Fortemente (DF).

A escala utilizada impõe ao avaliador a necessidade de verificar o trabalho de adaptação em 2 (dois) eixos diferentes: o conteúdo dos racionais envolvidos e a intensidade de concordância ou discordância. Embora Júnior e Costa (2014) discutam que esta escala amplia a complexidade da avaliação, optou-se por este método devidos os avaliadores serem especialistas com experiência da norma-alvo.

Os avaliadores são apresentados aos 10 (dez) aspectos identificados e, em seguida, questionados quanto a concordância ou discordância em relação às análises estabelecidas para geração das FA e FAM. Sendo também orientados a fundamentar suas respostas sempre que responderem Neutro, Discordo ou Discordo Fortemente. O conteúdo das questões elaboradas visam a obter *feedback* sobre os seguintes pontos do trabalho de adaptação:

- Classificação dos aspectos;
- Completude dos racionais envolvidos; e
- Completude e correção das adaptações propostas.

Para cada pergunta, os avaliadores possuem campo de texto livre para registrar apontamentos da forma que julgar conveniente. Esses dados são registrados e, posteriormente, realimentam o trabalho de análise por meio de Fichas de Correção de Adaptação (FCA), cujo o Modelo está definido na Tabela 4.15.

A reunião do GF é gravada, as avaliações escritas, salvas no repositório e, com as FCA produzidas, constituem as evidências de que o RE ESP 7 foi alcançado.



## 5 Avaliação da Simulação

Na seção 4.5.7 foi apresentada a estratégia para atingir o RE ESP7 do ME durante a simulação de implementação. Um Grupo Focal (GF) composto por 03 (três) especialistas na norma RTCA DO-178C avaliou as justificativas envolvidas na construção dos artefatos gerados no processo de Especialização ESP, simulado, em nível de prova de conceito.

A Tabela 5.1 consolida as respostas dos avaliadores seguindo a escala conforme definida anteriormente. Para cada um dos avaliadores foi atribuído uma sigla:

- *Av1* Avaliador 1;
- *Av2* Avaliador 2; e
- *Av3* Avaliador 3.

Cada avaliador analisou todos os aspectos, seguindo a seguinte escala:

- Concordo Fortemente (CF);
- Concordo (C);
- Neutro (N);
- Discordo (D); e
- Discordo Fortemente (DF).

Os avaliadores *Av1* e *Av3* possuem mais de 10 anos de experiência na norma-alvo, enquanto o *Av2* possui mais de 7 (sete) e menos de 10 (dez) anos de experiência. Todos possuem conhecimento superficial sobre o MR-MPS-SW.

Na Tabela 5.1, o posicionamento da sigla indica as respostas dos avaliadores para cada pergunta feita. Desta forma, permite identificar, visualmente, a intensidade da convergência/divergência entre o *Analista da Simulação*(autor) e os 3 (três) *Avaliadores*, para cada aspecto. Além das respostas induzidas — expressas por meio da escala —, os *Avaliadores* foram instigados a dar *feedbacks* em texto livre, apresentados no apêndice D.

Aspecto	Pergunta	CF	C	N	D	F
A2/1	<i>O analista entende que a junção de todas as tarefas executadas para atingir os Resultados MR-MPS-SW correlacionados, colaborativamente, irão atender às reivindicações do aspecto em relação à ambiguidade e inconsistência. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MR-MPS-SW atende (colaborativamente) à reivindicação da norma. Quanto você concorda com o analista?</i>	Av1	Av2	Av3		
A2/2	<i>O analista entende que o MR-MPS-SW prevê um evento de aprovação dos requisitos pelos próprios fornecedores de requisitos. Neste momento requisitos classificados como inadequados ou incorretos pela equipe de software serão tratados. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MR-MPS-SW atende diretamente à reivindicação da norma. Quanto você concorda com o analista?</i>	Av1	Av2	Av3		
A2/3	<i>O analista entende que o MR-MPS-SW, no REQ 2, fará a especificação dos requisitos a partir das necessidades, expectativas e restrições. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MR-MPS-SW atende diretamente à reivindicação da norma, não necessitando de adaptações. Quanto você concorda com o analista?</i>	Av1		Av2 e Av3		
Continua...						

Continuação da Tabela 5.1						
Aspecto	Pergunta	CF	C	N	D	F
A2/4	<i>O analista entende que o MR-MPS-SW, por meio dos REQ1, REQ2 e REQ3, fará a identificação e especificação dos requisitos a partir das necessidades, expectativas e restrições do fornecedor de requisitos. Há o entendimento de que os requisitos são fornecidos por System Requirements, portanto, requisitos que impedem perigos ao sistema serão tratados. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MR-MPS-SW atende, colaborativamente (a partir da união dos REQ 1, REQ 2 e REQ3), à reivindicação da norma, não necessitando de adaptações. Quanto você concorda com o analista?</i>	Av1	Av2 e Av3			
A2/5	<i>O analista entende que é necessário adicionar um Resultado ao MR-MPS-SW que garanta a consistência quanto a conformidade em relação aos padrões estabelecidos. Quanto você concorda que a adição deste resultado, com o texto definido pelo analista, apresenta aderência com o aspecto da norma?</i>		Av2 e Av3		Av1	
Continua...						

Continuação da Tabela 5.1						
Aspecto	Pergunta	CF	C	N	D	F
A2/6	<i>O analista entende que uma pequena modificação (em negrito) do texto do Resultado é suficiente para orientar a organização que utiliza o MR-MPS-SW de que, determinados requisitos devem ser especificados em termos quantitativos, com suas tolerâncias, quando isso for aplicável. Quanto você concorda que essa modificação no texto é suficiente para uma organização implementadora MR-MPS-SW comprovar aderência com o aspecto da norma abordado?</i>	Av1	Av2	Av3		
A2/7	<i>O analista entende que ao adicionar uma nota ao Resultado REQ 7, que define como inconsistentes requisitos que detalham soluções de projeto (design), é suficiente para atender ao aspecto abordado. Baseado nos racionais das FA e FAM, quanto você concorda com o analista?</i>	Av1	Av2	Av3		
A2/8	<i>O analista não encontrou Resultados MR-MPS-SW que enderecem diretamente esta questão específica de razão de existência e fornecimento de requisitos derivados. Por isso, ele propõe a adição de um Resultado Especializado e uma nota que explicitam a necessidade deste tipo de requisito ser fornecidos ao System Process e ao Safety Assessment Process. Você concorda que a adição deste Resultado Especializado é suficiente para garantir conformidade com a norma em relação a este aspecto específico de Requisitos Derivados?</i>	Av1 e Av3	Av2			
Continua...						

Continuação da Tabela 5.1						
Aspecto	Pergunta	CF	C	N	D	F
A2/9	<i>O analista não encontrou Resultados MR-MPS-SW que enderecem diretamente esta questão específica de Dados de Parâmetros. Por isso, ele propõe a adição de um Resultado Especializado e a adição de uma NOTA ao Resultado MR-MPS-SW REQ 7. Dessa forma é explicitada a necessidade de estabelecer documentos que definam a estrutura deste tipo de arquivos de parâmetros, como eles são utilizados pelo software e os aspectos que devem ser revistos dos mesmos. Você concorda que a adição deste Resultado Especializado e da NOTA são suficientes para garantir conformidade com a norma em relação a este aspecto específico de Parameter Data Items?</i>		Av1 e Av2		Av3	
A2/10	<i>a. O aspecto da norma DO-178C estabelece que requisitos derivados devem estar visíveis nos System Requirements. O analista entende que o REQ 6 trata da mesma questão de engenharia e por isso o correlaciona ao aspecto da norma. Entretanto, ele entende que o aspecto identificado no item 5.5.a da DO-178C exige algo mais do que o MR-MPS-SW define. Quanto você concorda com o analista?</i>		Av2		Av1	Av3
A2/10	<i>b. Você concorda que a adição dessa NOTA, somada ao texto padrão do REQ 6, mostrado na FA, tornaria claro para uma organização que utiliza o MR-MPS-SW a reivindicação imposta pela DO-178C nesta questão?</i>		Av2		Av1 e Av3	
Continua...						

Continuação da Tabela 5.1						
Aspecto	Pergunta	CF	C	N	D	F

TABELA 5.1 – Consolidação de avaliações das adaptações

Em relação aos dados apresentados na Tabela 5.4 percebe-se que para os aspectos A2/1, A2/2, A2/3, A2/4, A2/6, A2/7, A2/8 houve convergência de entendimento entre os avaliadores e o analista. Ainda que a intensidade dessa convergência não seja a máxima possível, não houve pontos de discordância.

Todos os avaliadores registraram informações a respeito de possíveis melhorias nos racionais ou textos propostos. Para estes aspectos, os avaliadores forneceram orientações cujo objetivo era oferecer ao implementador do MR-MPS-SW adaptado orientações mais claras ou evitar erros motivados por abstração de detalhes. Estas informações de *feedback* textual são apresentadas nos apêndices D.1 (Avaliador 1), D.2 (Avaliador 2) e D.3 (Avaliador 3).

No que diz respeito ao aspecto A2/9, apenas o *Avaliador 3* discordou da adaptação. O especialista entende que a revisão, orientada pelo REQ 7, é muito tardia para abordar a questão. Foi feita uma segunda rodada de avaliação, específica com este avaliador, na qual foi reapresentada a FAM proposta pelo Analista (autor). Desta vez, foi intensificado o foco na adição do novo Resultado Esperado específico para tratamento da questão abordada pelo aspecto. Nesta segunda rodada, o *Av3* mudou sua compreensão da FAM proposta, portanto concordou que a adaptação está adequada. A FAM proposta pelo autor pode ser consultada na Tabela B.15.

Os avaliadores discordaram, com elevado grau de intensidade, das análises estabelecidas para os aspectos A2/5 e A2/10. O analista avaliou as justificativas e concordou com as sugestões propostas, que consubstanciaram as FCA. Cabe destacar que, na análise do aspecto A2/10, ocorreu um erro do autor deste trabalho referente à interpretação da norma em relação ao entendimento de requisitos derivados e sua visibilidade, percebido por todos os especialistas.

## 5.1 Fichas de Correção de Adaptação Produzidas

Para esta instância simulada, foram produzidas Fichas de Correção de Adaptação apenas para os aspectos onde houve discordância por parte dos especialistas. Ou seja, para os aspectos A2/5 e A2/10. A Tabela 5.2 e 5.3 apresentam as correções adotadas.

Por meio da FCA apresentada na Tabela 5.2 foi adicionado o texto que explicita a necessidade de que, além de consistentes, os requisitos devem ser verificáveis quanto à

conformidade com padrões. Os 3 (três) analistas apontaram a ausência e importância do termo *verificável*. Por isso, a sugestão foi acatada e implicou a produção da FCA.

<b>FICHA DE CORREÇÃO DE ADAPTAÇÃO</b>		
<b>Identificação</b>	FCA A2/5	
<b>FAM</b>	FAM A2/5	
<b>CONSOLIDAÇÃO DAS CORREÇÕES PROPOSTAS</b>		
<b>RE</b>	<b>Adaptação Original</b>	<b>Correção Proposta</b>
<i>ESP 1</i>	<i>ESP 1* (Até Nível E) Os requisitos são consistentes quanto sua conformidade em relação aos padrões estabelecidos</i>	<i>ESP 1* (Até Nível E) Os requisitos são consistentes e <b>verificáveis</b> quanto sua conformidade em relação aos padrões estabelecidos</i>

TABELA 5.2 – Ficha de correção de adaptação A2/5

Na FCA A2/10, apresentada na Tabela 5.3, o texto *rastreabilidade* foi considerado impróprio quando se trata de Requisitos Derivados. Segundo entendimento unânime dos especialistas, o termo *Requisito Derivado*, definido na norma RTCA DO-178C, refere-se a requisitos de software que foram escritos e não encontram correlação com Requisitos de Sistemas — Vindos de *System Requirements*, fornecedores de requisitos —, sendo então, a rastreabilidade impossível de se estabelecer. Nestes casos a norma estabelece que, quando criados, estes requisitos de software, derivados, devem estar visíveis para outras partes interessadas relevantes, de forma tal que, sejam feitas avaliações de seus impactos em outras partes do sistema.

Para corrigir a adaptação, foram adicionadas duas notas ao REQ 6. A primeira para explicitar o que é um Requisito Derivado à luz da norma-alvo e a segunda para estabelecer seu critério de visibilidade para outras partes envolvidas.

<b>FICHA DE CORREÇÃO DE ADAPTAÇÃO</b>		
<b>Identificação</b>	FCA A2/10	
<b>FAM</b>	FAM A2/10	
<b>CONSOLIDAÇÃO DAS CORREÇÕES PROPOSTAS</b>		
<b>RE</b>	<b>Adaptação Original</b>	<b>Correção Proposta</b>
<i>REQ 6</i>	<i>NOTA: Os requisitos derivados devem possuir rastreabilidade até as partes interessadas (System Requirements)</i>	<i>NOTA 1: Requisitos que surjam por necessidade de projeto e não possuam rastreabilidade até um requisito de alto nível são considerados Requisitos Derivados.</i>
Continua...		

Continuação da Tabela 5.2		
<b>CONSOLIDAÇÃO DAS CORREÇÕES PROPOSTAS</b>		
<b>RE</b>	<b>Adaptação Original</b>	<b>Correção Proposta</b>
		<i>NOTA 2: Requisitos Derivados devem estar visíveis para outras partes interessadas relevantes.</i>

TABELA 5.3 – Ficha de correção de adaptação A2/10

As FCA foram apresentadas ao grupo focal como forma de solução para as discordâncias apresentadas na Tabela 5.1. Após uma nova rodada de avaliação, desta vez, das correções, todos os avaliadores concordaram que a adição das 2 (duas) NOTAS endereçava adequadamente o aspecto tratado.

Para os 10 aspectos analisados foram geradas 2 FCA e as demais adaptações foram aceitas sem alterações. A Tabela 5.4 sumariza as correlações entre as FAM e as FCA.

FAM	Classificação	FCA
A2/1	COL	Não
A2/2	DIR	Não
A2/3	DIR	Não
A2/4	PAR	Não
A2/5	NE	Sim
A2/6	PAR	Não
A2/7	PAR	Não
A2/8	NE	Não
A2/9	NE	Não
A2/10	PAR	Sim

TABELA 5.4 – Consolidação da avaliação das adaptações

## 5.2 Avaliação do Modelo

O processo definido, por meio da orientação do ME, mostrou-se adequado. Os resultados obtidos por meio das interações com os *Avaliadores* foram satisfatórios. Durante as atividades executadas para atender o RE ESP 7 do ME foram obtidos *feedback* especializado e correções sobre as adaptações propostas.

Por outro lado, percebeu-se que o envolvimento dos especialistas apenas em atividades de revisão possui desvantagens. Por exemplo, a identificação de erros de interpretação da



norma feitas apenas durante a revisão (RE ESP 7), pode gerar retrabalhos consideráveis durante uma aplicação real do modelo.

Esse fato ficou bastante evidenciado pela avaliação do aspecto A2/10 — sobre requisitos derivados —, cujo erro foi detectado apenas durante a revisão. Neste sentido, cogitou-se alterar o RE ESP3 para sugerir envolvimento de especialistas ainda na análise de compatibilidade. No entanto, decidiu-se por delegar (omitir orientação explícita) esta decisão, sobre o envolvimento de especialistas da norma-alvo ainda na análise, ao próprio implementador. A justificativa repousa sobre questões de aplicabilidade, tais como, peculiaridades de recursos e estruturas disponíveis para a entidade implementadora da adaptação.

Uma observação sobre a simulação foi percebida já que, estando o processo de especialização adequadamente formalizado por meio de artefatos, é possível a verificação *a posteriori*. O modelo se mostrou adequado para garantir que entidades possam aplicá-lo e propor adaptações ao MR-MPS-SW, independentemente de prévia especialização na norma-alvo.

O modelo proposto permite que estudantes, professores, profissionais de certificação, grupos de interesse em processos de software ou qualquer tipo de interessados, possam adaptar o MR-MPS-SW apenas seguindo um processo e estudando os aspectos da norma-alvo. Sendo a garantia de qualidade da adaptação verificada posteriormente por profissionais especialistas na norma-alvo, durante a revisão, onde os resultados são avaliados, verificados, melhorados e, por fim, se necessário, corrigidos.

### 5.3 Avaliações sobre questões subjetivas

Os especialistas não tinham experiência ou conhecimento teórico profundo do MR-MPS-SW. Percebeu-se, em relação aos *Avaliadores 2 e 3*, que estes tiveram dúvida sobre a dinâmica de implementação do MR-MPS-SW. A percepção é que a ausência de detalhamento da implementação, natural do MR-MPS-SW, gerou algum tipo de insegurança, por parte dos especialistas, em relação à cobertura do aspecto analisado.

## 6 Conclusão

Conforme enunciado na seção 1.3, o objetivo deste trabalho de pesquisa foi propor um Modelo de Extensão (ME) para o MR-MPS-SW, genérico, que oriente a sistematização de atividades de análise e adaptação dos Resultados Esperados originais do modelo de referência brasileiro, para conformidade com Normas de Segurança.

O capítulo 2 apresentou uma breve fundamentação teórica com foco em prover uma visão geral do MPS.Br e da norma RTCA DO-178C. A fundamentação teórica propiciou um melhor entendimento tanto dos detalhes previstos no MPS.Br quanto na norma utilizada na simulação do ME.

O ME proposto neste trabalho, apresentado no capítulo 3, forneceu orientações para a concepção de um processo de adaptação e verificação do MR-MPS-SW para conformidade com aspectos de normas de segurança (*safety standards*). Este ME foi concebido com base nos elementos definidos na ISO e IEC (2015), com sugestões de Processo, Propósitos e RE, sendo então um MR com alto nível de abstração e versatilidade de implementação.

A validação do modelo ocorreu por meio da simulação de sua aplicação, apresentada no capítulo 4, para concepção de um Processo de Especialização cuja norma-alvo era a norma de desenvolvimento de software na aviação, RTCA DO-178C.

Com base no modelo proposto, foi estabelecido e simulado um ciclo de vida completo para atender aos RE do ME proposto. Como consequência da simulação de implementação, dezenas de artefatos foram produzidos e estão disponíveis nos apêndices, estes, formalizaram a evidência de que o trabalho organizado por meio do processo constituído para atender aos RE do ME, de fato, realiza tarefas cuja finalidade é a verificação e adaptação do MR-MPS-SW para atender a aspectos de normas de segurança. Portanto, evidencia que o MR proposto funciona para o propósito a que visa atender. Sendo esta, a contribuição primária do trabalho.

A Figura 6.1 identifica as correlações encontradas durante a simulação apresentada anteriormente. Percebem-se aspectos sendo correlacionados à RE, múltiplos RE atendendo um único aspectos, aspectos sendo atendidos por adaptações e por fim, aspectos que não obtiveram correlação. O significado destas correlações, neste estudo de pesquisa, limitam-se à percepção de que esforços de adaptação são necessários.

Ainda na Figura 6.1, é apresentando uma evidência do distanciamento entre o MR-MPS-SW e um conjunto de 10 aspectos inerentes à norma RTCA DO-178C. Evidenciando a necessidade de que o MR-MPS-SW demanda de ações adaptativas, marcadas pelas setas verdes, para atender aos RE REQ 2, 3 e 7. E também ações de extensão demonstradas pela ausência de grafos dirigidos ao modelo original (MR-MPS-SW) partindo dos aspectos A2/5 e A2/8, sendo um achado importante porque fundamenta a **comprovação da hipótese de pesquisa**, o MR-MPS-SW não atende à norma RTCA DO-178C (RTCA, 2011), ainda que aplicado a um subconjunto limitado de aspectos identificados da norma-alvo, definidos na Tabela A-2, objetivo 1.

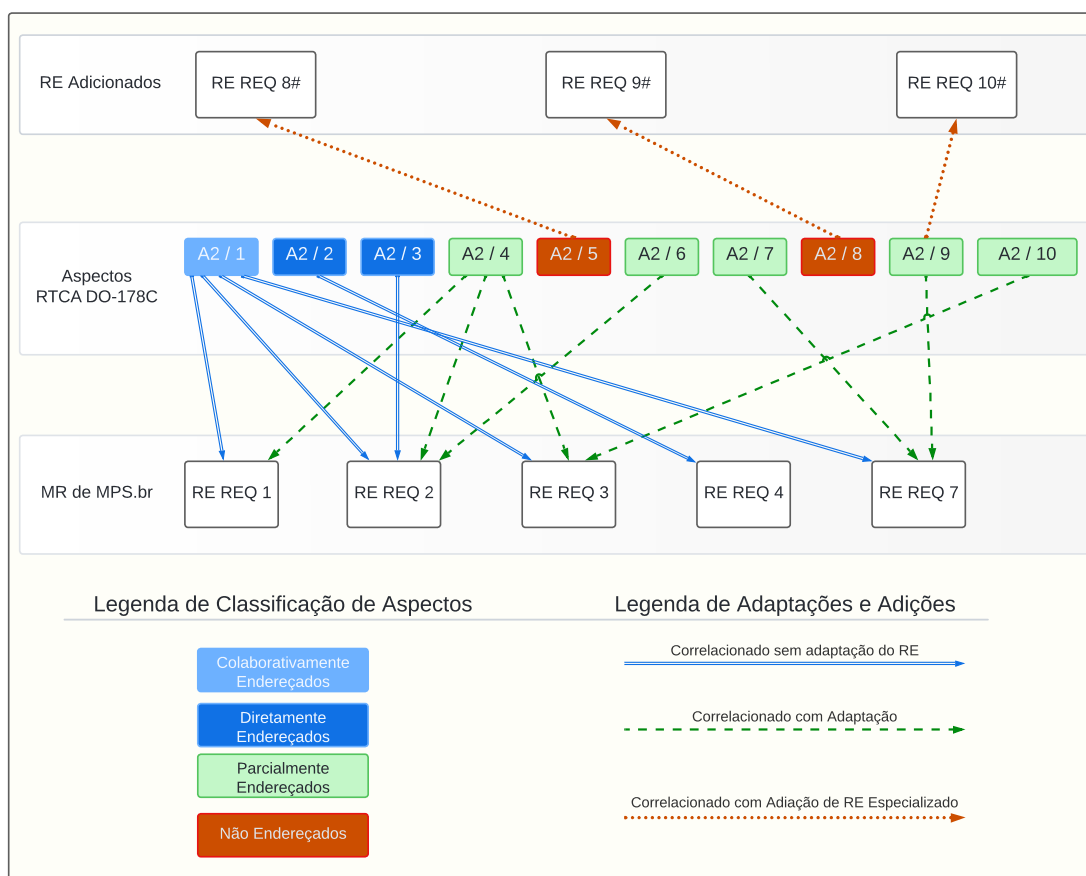


FIGURA 6.1 – Mapeamento das correlações encontradas

Por isso, fica evidenciado, que o Modelo de Referência nacional que compõe o programa MPS.br, conforme estabelecido atualmente, se distancia desse pequeno subconjunto de aspectos da norma RTCA DO-178C. Porém, consegue endereçar cerca de 70% dos aspectos identificados (Tabela 4.20).

Uma segunda contribuição é o próprio processo estabelecido durante a simulação, que detalhadamente e assim, auditável e repetível, demonstra as tarefas, atividades, artefatos e ferramentas utilizadas para atender aos RE do ME.

A hipótese de pesquisa enunciada e justificada na subseção 1.2, considerava a possibili-

dade do MR-MPS-SW não possui aderência completa com a norma RTCA DO-178C pelo fato deste modelo ter sido baseado no CMMI que, Ferreiros e Dias (2015) comprovaram a não conformidade com esta norma.

Após modelar o ME e executar a simulação, aplicada a um pequeno subconjunto de aspectos da norma RTCA DO-178C, fica **confirmada a hipótese** já que existe um distanciamento entre as especificidades da norma-alvo e o modelo de referência.

A Tabela 4.20 mostra, em termos percentuais, este distanciamento. Sendo que 30% dos aspectos identificados não encontraram correlação com os RE originais do MR-MPS-SW, 40% dos aspectos da norma só conseguem correlação após adaptação dos textos de RE originais do MR-MPS-SW e, por fim, 30% dos aspectos foram correlacionados sem necessidade de modificação do modelo.

Em termos absolutos, 7 (sete) dos 10 (dez) aspectos identificados e tratados na simulação, só conseguem a aderência total por meio de adaptações e extensões dos RE originais do MR-MPS-SW, em que pese a Tabela A-2, objetivo 1, tratar de requisitos, uma dos processos mais importantes de engenharia de software.

Os apêndices mostram todos os artefatos produzidos e a rastreabilidade permite a verificação completa do trabalho aqui descrito e os resultados encontrados que fundamentam essa afirmação.

## 6.1 Ameaças à Validade

Há de se destacar que, de forma alguma, esse percentual se traduz em algum tipo de tendência porque o escopo limitado da simulação reduz o espaço amostral. Nada se pode inferir sobre tendências de conformidade até que uma implementação completa seja executada. Por fim, como descrito anteriormente, reitera-se que o objetivo do ensaio era verificar a capacidade do ME quanto a capacidade de orientar um processo de verificação e adaptação.

Cabe ainda ressaltar que existe um grau de subjetividade na simulação de implementação aqui apresentada, principalmente no que tange as análises estabelecidas e as correlações identificadas. Como tentativa de mitigar as inseguranças científicas acarretadas por este fato, um processo de validação independente, das adaptações, foi instituído, entretanto, por si só, este também contém análises altamente subjetivas. Embora haja convergência dos envolvidos quanto a correção da adaptação gerada pela simulação, há de se perceber que este apuro não era o escopo desse trabalho, mas sim a precisão de um modelo que orienta a definição de um processo para tal. Com relação a este aspecto, o ME concebido se mostrou eficaz.

## 6.2 Trabalhos Futuros

Esta seção enumera possíveis trabalhos futuros identificados pelo autor como possibilidades de extensão do presente trabalho.

### 6.2.1 Instância completa do modelo/processo

A implementação apresentada neste estudo abrangeu apenas um subconjunto de aspectos da norma RTCA DO-178C. Seria interessante instanciar o modelo — podendo inclusive se aproveitar do processo aqui instituído — para adaptações completas em relação a normas. Por exemplo, uma instância de adaptação íntegra para qualquer um dos níveis da RTCA DO-178C.

### 6.2.2 Oportunidades de melhorias do ME

O Modelo concebido neste estudo ainda é incipiente, ao se estudar este trabalho com outra perspectiva, pode-se encontrar pontos de melhorias e com isso, fazer o modelo amadurecer em termos de adequabilidade, adaptabilidade, eficiência, etc. Ao ser exposto à inteligência coletiva, oportunidades de aprimoramento podem ser encontradas, pontos de retificação ou até mesmo a eficiência da aplicabilidade do mesmo, tal como foi concebido, pode ser ratificada.

### 6.2.3 Sistema de Informação (SI) para apoiar processos de adaptação

Conceber, modelar, projetar, implementar e testar um software que consiga assistir o processo de adaptação auxiliando a persistir os dados, emitir os artefatos gerados pela adaptação, correlacionar os RE adaptados, os RE adicionados, identificar os RE não adaptados, registrar os aspectos da norma-alvo de forma normalizada — retirando as redundâncias que a solução aqui descrita implementou —, etc. Um software com essas capacidades muito provavelmente facilitaria a execução das futuras instâncias de adaptação do modelo MR-MPS-SW.

### 6.2.4 Concepção de modelos de análise de metadados

À medida que múltiplas instâncias do modelo fossem sendo executadas, um interessante conjunto de dados sobre os dados de adaptação (metadados) se formaria, observe os metadados na Figura 3.4.

A análise desses metadados possivelmente resultaria em informações valiosas para empresas que implementam o MPS.br, à medida que as adaptações fossem executadas e, sendo o MR-MPS-SW um modelo central, seria possível perceber os pontos (RE) onde o modelo comumente adere a normas — semelhanças —, os pontos onde ele recebe mais adaptações e os pontos onde ele é esporadicamente correlacionado. O que estes dados significam, como eles gerariam facilidade para o implementador precisa ser estudado.

### 6.2.5 Utilização de IA para análise de correlações

A subjetividade das análises e racionais empregados para executar esse tipo de adaptação poderia ser auxiliado por modelos de inteligência artificial. Termos como: *requisitos*, *rastreabilidade*, *ambiguidade*, *inconsistência*, podem aparecer em múltiplas normas-alvos. Sendo assim, um modelo treinado, talvez, consiga identificar correlações imediatas por meio de computação. Cabe o estudo.

### 6.2.6 Catálogo de instâncias do modelo de extensão

O fato das adaptações ocorrer nos RE e não nos processos que produzem o trabalho, torna possível a criação de um repositório de instâncias do MR-MPS-SW com Resultados Esperados já adaptados para diferentes normas, de domínios, complexidades e rigores diferentes. Possibilitando assim a criação de um catálogo.

O catálogo seria um de repositório de adaptações já produzidas que podem ser reaproveitadas por candidatos a implementadores, ou mesmo implementadores do MR-MPS-SW. Essas organizações utilizariam-no para compreender as modificações necessárias e, consequentemente, adaptar suas implementações para atender a uma determinada norma-alvo.

Essa ferramenta, possivelmente, auxiliaria organizações implementadoras do MR-MPS-SW a migrarem de um domínio de aplicação para outro, à medida de suas necessidades de negócio. Há indícios inegáveis de que essa afirmação é verdadeira devido às inevitáveis semelhanças entre os modelos especializados originados de um mesmo modelo raiz (*root*), o MR-MPS-SW. Os metadados gerados pelas análises produzidas para diferentes normas, ao longo do tempo, fornecerão facilidades no sentido de que as semelhanças de aspectos mapeados — ESP 2, apresentado na seção 4.3 — implicará em reaproveitamento de adaptações anteriores.

### 6.3 Publicações em andamento

O resumo deste trabalho foi aceito e apresentado no *Workshop* Anual do MPS (WAMPS) 2022, que ocorreu na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) em dia 11 de novembro de 2022 em Curitiba-PR.

Duas publicações estão sendo produzidas e serão submetidas:

- *How to adapt MR-MPS-SW to comply with safety standards, a generic model* — Artigo no qual será apresentado o modelo de extensão.
- *Achieved results in an adaptation simulation of MR-MPS-SW to comply with DO-178C subset aspects* — Artigo onde serão expostos os resultados obtidos com a simulação do modelo e que comprovam que o MR-MPS-SW é capaz de atender 70% dos aspectos identificados, com alterações na redação dos RE.

# Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2015 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos**. Rio de Janeiro, Brasil, 2015.

COLENCI NETO, A.; CAZARINI, E. W. A referencial model for small companies of development software. **IEEE Latin America Transactions**, v. 9, n. 1, p. 89–95, 2011.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Bancos de Dados**. 8<sup>a</sup> edição. ed. [S.l.: s.n.], 2004. ISBN 8535212736.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Tradução autorizada a partir da edição original em inglês, Fundamentals of Database Systems**. 4<sup>a</sup> edição. ed. [S.l.: s.n.], 2005. ISBN 9788588639171.

FERREIROS, A.; DIAS, L. A. V. Evaluation of accomplishment of do-178c objectives by cmmi-dev 1.3. **Proceedings - 12th International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG 2015**, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., p. 759–760, 5 2015.

FLOWER, M. **UML Essencial Um breve guia para a linguagem-padrão de modelagem de objetos**. 3<sup>a</sup> edição. ed. [S.l.: s.n.], 2007. ISBN 9788560031382. Available at: <http://martinfowler.com>.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE. **Prêmio Nacional da Qualidade**. 2022. <https://fnq.org.br/melhores-em-gestao/>. Acesso: 2022-11-07.

FURTADO, J. C.; OLIVEIRA, S. R. B. A process framework for the software and related services acquisition based on the CMMI-ACQ and the MPS.BR acquisition guide. **IEEE Latin America Transactions**, v. 10, n. 6, p. 2256–2262, 2012.

GALLINA, B.; SLJIVO, I.; JARADAT, O. Towards a safety-oriented process line for enabling reuse in safety critical systems development and certification. *In: 2012 35th Annual IEEE Software Engineering Workshop. Proceedings [...]*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 148–157.

HOU, L.; LIU, Q.; SAEED, K.; Ali Haidery, S.; UDDIN, M. I.; KHATTAK, H. Enhancement of the Capability Maturity Model for Improving the Quality of Software Projects in Developing Countries. **Scientific Programming**, v. 2021, 2021. ISSN 10589244.



ISO; IEC. **ISO/IEC 33002:2015 Information Technology -Process Assessment –Requirements for performing process assessment**. [S.l.], 2015.

ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering – Software life cycle processes. **ISO/IEC/IEEE 12207:2017(E) First edition 2017-11**, p. 1–157, 2017.

JÚNIOR, S. D. d. S.; COSTA, F. J. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de likert e phrase completion. **PMKT–Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**, v. 15, n. 1-16, p. 61, 2014.

KALINOWSKI, M.; SANTOS, G.; PRIKLADNICKI, R.; ROCHA, A. R.; WEBER, K. C.; ANTONIONI, J. A. From software engineering research to Brazilian software quality improvement. *In: Proceedings - 25th Brazilian Symposium on Software Engineering, SBES 2011. Proceedings [...]*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 120–125. ISBN 9780769546032.

LEDINOT, E.; ASTRUC, J.-M.; BLANQUART, J.-P.; BAUFRETON, P.; BOULANGER, J.-L.; DELSENY, H.; GASSINO, J.; LADIER, G.; LEEMAN, M.; MACHROUH, J. *et al.* A cross-domain comparison of software development assurance standards. **Proc. of ERTS2**, 2012.

MARQUES, J.; CUNHA, A. M. D. Tailoring traditional software life cycles to ensure compliance of rtca do-178c and do-331 with model-driven design. **AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings**, IEEE, v. 2018-Septe, p. 1–8, 2018. ISSN 21557209.

OLIVEIRA, S. R. B.; CASTRO, V. D. S. Um Framework de Práticas Ágeis para Apoio à Implementação do Processo de Projeto e Construção do Produto. **iSys - Brazilian Journal of Information Systems**, v. 8, n. 2, p. 78–97, 2015.

ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **Tecnología de la Información - Software - Modelos de Procesos y Evaluación para el Desarrollo y Mantenimiento de Software - Parte 02, Requisitos de Procesos (MoProSoft)**. México, 2011.

PRESSMAN, R. S. **Software Engineering**. [S.l.: s.n.], 2014.

RIERSON, L. **Developing Safety-Critical Software:: A practical guide for aviation software and DO-178C compliance**. [S.l.]: CRC Press, 2013. 610 p. ISBN 978-1-4398-1369-0.

RTCA. **RTCA DO -178C Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification**. [S.l.], 2011.

S-18 Aircraft and Sys Dev and Safety Assessment Committee. **Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems**. [S.l.], dec 2010.

SAE, S. A. [S.l.].

SAMIH, H.; GUEN, H. L.; BOGUSCH, R.; ACHER, M.; BAUDRY, B. Deriving usage model variants for model-based testing: An industrial case study. *In: Proceedings of*

the **IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, ICECCS. Proceedings** [...]. [S.l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014. p. 77–80. ISBN 9781479954827.

SEI. **CMMI for Development, Version 1.3**. Pittsburgh, PA, 2010. Available at: <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?AssetID=9661>.

SOFTEX. **MPS . BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro Guia Geral Sumário**. 2021. Available at: <https://softex.br/mpsbr/>. Accessed on: 05/09/2021.

WHITE, S. A.; MIERS, D. **BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN**. [S.l.]: Future Strategies Inc., Book Division, 2008. ISBN 9780977752720.

## Apêndice A - Lista de Artefatos

Nome	Tipo	Descrição
Tabela de Aspectos	Planilha eletrônica	Armazenamento de dados de aspectos da norma-alvo, dados de correlação com RE MR-MPS-SW, classificações estabelecidas e racionais.
Repositório de Fichas de Análise	Pasta do Sistema	Indexação dos produtos de trabalhos produzidos.
Ficha de Definição de Finalidade	Ficha	Evidenciar a formalização da finalidade da adaptação, conforme definido pelo ESP 1.
Ficha de Análise	Ficha	Documentar informações sobre a análise de cada aspecto da norma-alvo.
Ficha de Adaptação do Modelo	Ficha	Documentar informações sobre as adaptações estabelecidas.
Ficha de Definição de Maturidade Mínima	Ficha	Documentar o nível e o racional da análise de nível de maturidade mínima.
Mapeamento de Adaptações	Ficha	Documentar as distribuições de resultados adaptados e novos resultados, ou seja, a estrutura do metaprocessos GRE.

TABELA A.1 – Lista de artefatos

## **Apêndice B - Repositório de Fichas de Análise (RFA)**

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>			
<b>Identificação</b>	FA A2/1		
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )		
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>		
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>The system functional and interface requeriments that are allocated to software should be analyzed for ambiguities, inconsistencies and undefined conditions</i>		
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.a		
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>			
<b>Classificação</b>	<b>COLABORATIVAMENTE ENDEREÇADO</b>		
<b>Racional</b>	Ao atender os Resultados Esperados correlacionados, parece nítido que questões relacionadas à qualidade dos requisitos terão sido tratadas. Principalmente o preconizado no REQ 7.		
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>			
Resultado	Compatibilidade	Aderência	Racional
REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces.	Aderente	Adaptável	Passível de adaptação para atender às questões de ambiguidade, inconsistência e condições não definidas.
REQ 3 (Até nível E) Os requisitos são entendidos e analisados junto aos fornecedores de requisitos.	Aderente	Parcial	Parece racional que, estando os requisitos <b>entendidos</b> e analisados junto aos fornecedores, problemas endereçados pela norma, tais como: ambiguidade, inconsistência e condições não definidas, estão a caminho de resolução, mas não se pode, ainda, ter certeza.
REQ 7 (a partir do Nível G) Os planos, atividades e produtos de trabalho relacionados são revisados visando identificar e tratar inconsistência em relação aos requisitos	Aderente	Total	Nesse ponto o MPS define um resultado que parece justamente tratar de aspectos da qualidade dos requisitos, impondo uma revisão de qualidade que irá observar dentre outras características a ambiguidade, inconsistências e condições não definidas. A aderência parece total ao objetivo da norma.

TABELA B.1 – Ficha de análise do aspecto A2/1

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>	
<b>Identificação</b>	FA A2/2
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>Inputs to the software requirements process detected as inadequate or incorrect should be reported as feedback to the input source processes for clarification or correction.</i>
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.b
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	
<b>Classificação</b>	<b><i>DIRETAMENTE ENDEREÇADO</i></b>
<b>Racional</b>	Uma vez aprovados os requisitos, pelos fornecedores, entende-se que requisitos identificados como inadequados ou incorretos foram tratados, esclarecidos e corrigidos.
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>	
Resultado	Compatibilidade    Aderência    Racional
REQ 4 (Até Nível E) Os requisitos são aprovados pelos fornecedores de requisitos. NOTA: (item informativo) O objetivo deste resultado é assegurar que a equipe do projeto e os fornecedores de requisitos tenham um entendimento comum sobre os requisitos	Aderente                      Total
	O entendimento é que, uma vez aprovado os requisitos pelos fornecedores, todos os requisitos identificados como inadequados ou incorretos foram esclarecidos, e/ou tratados e corrigidos.

TABELA B.2 – Ficha de análise do aspecto A2/2

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>			
<b>Identificação</b>	FA A2/3		
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )		
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>		
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>Each system requirement that is allocated to software should be specified in the highlevel requeriments</i>		
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.C		
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>			
<b>Classificação</b>	<b><i>DIRETAMENTE ENDEREÇADO</i></b>		
<b>Racional</b>	A DO-178C determina que cada requisito alocado para software seja especificado nos requisitos de alto nível. O REQ 2 trata justamente da especificação de requisitos.		
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>			
Resultado	Compatibilidade	Aderência	Racional
REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces.	Aderente	Total	Trata exatamente da especificação dos requisitos

TABELA B.3 – Ficha de análise do aspecto A2/3

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>			
<b>Identificação</b>	FA A2/4		
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )		
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>		
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>High-level requirements that address system requirements allocated to software to preclude system hazards should be defined</i>		
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.d		
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>			
<b>Classificação</b>	<b><i>COLABORATIVAMENTE ENDEREÇADO</i></b>		
<b>Racional</b>	Percebe-se que trata da definição de requisitos que impedem perigos ao sistema. Existe a percepção de que o conjunto dos três resultados MPS correlacionados, que passam pela identificação dos requisitos até sua aprovação, irão identificar e definir perigos e como impedi-los. Não apenas aqueles definidos por <i>System Requirements</i> mas também outras partes interessadas.		
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>			
Resultado	Compatibilidade	Aderência	Racional
REQ 1 (A partir do nível G) As necessidades, expectativas e restrições das partes interessadas, tanto em relação ao produto quanto a suas interfaces, são identificadas.	Relevante	N/a	Os requisitos ligados a redução de perigos são identificados se condearmos <i>System Requirements</i> como fornecedores de requisitos.
REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces.	Aderente	Parcial	Ao atingir esses resultados REQ 2 e REQ 3, os requisitos identificados em REQ 1, sendo ligados a perigos ou não, estarão definidos
REQ 3 (Até nível E) Os requisitos são entendidos e analisados junto aos fornecedores de requisitos.	Aderente	Parcial	

TABELA B.4 – Ficha de análise do aspecto A2/4



<b>FICHA DE ANÁLISE</b>	
<b>Identificação</b>	FA A2/5
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>The high-level requirements should conform to the Software Requirements Standards, and be verifiable and consistent.</i>
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.E
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	
<b>Classificação</b>	<b>NÃO ENDEREÇADO</b>
<b>Racional</b>	Não foi encontrado nenhum Resultado MPS que trate de padronização de requisitos.
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>	
Não identificados.	

TABELA B.5 – Ficha de análise do aspecto A2/5

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>	
<b>Identificação</b>	FA A2/6
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>The high-level requirements should be stated in quantitative terms with tolerances where applicable.</i>
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.f
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	
<b>Classificação</b>	<b>PARCIALMENTE ENDEREÇADO</b>
<b>Racional</b>	A norma determina que, quando cabível, os requisitos devem ser definidos em termos quantitativos, especificando suas tolerâncias. O MPS não impõe, explicitamente, essa orientação para definição de requisitos. Entende-se como necessário tornar explícito.
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>	
Resultado	Compatibilidade    Aderência    Racional
REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces.	Aderente                      Adaptável
	Não foi encontrado no MPS resultados que enderecem requisitos em termos quantitativos. Por isso, indica-se uma adaptação do REQ 2 para explicitar a necessidade

TABELA B.6 – Ficha de análise do aspecto A2/6

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>			
<b>Identificação</b>	FA A2/7		
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )		
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>		
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>The high-level requirements should not describe design or verification detail except for specified and justified design constraints.</i>		
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.G		
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>			
<b>Classificação</b>	<b><i>PARCIALMENTE ENDEREÇADO</i></b>		
<b>Racional</b>	Embora o MPS oriente uma revisão de produtos de trabalho, a norma impõe, explicitamente, uma restrição sobre as especificações de requisitos. As revisões citadas no MPS, por si só, não garantem que a restrição será verificada.		
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>			
Resultado	Compatibilidade	Aderência	Racional
REQ 7 (a partir do Nível G) Os planos, atividades e produtos de trabalho relacionados são revisados visando identificar e tratar inconsistência em relação aos requisitos.	Aderente	Adaptável	O aspecto encontrado na DO-178C impõe uma restrição específica sobre não detalhamento de soluções de projeto em requisitos. Parece, então, pertinente, que durante a verificação de inconsistência, verifiquem-se esses aspectos. Por isso, é sugerida a adição de uma NOTA sobre o resultado REQ 7

TABELA B.7 – Ficha de análise do aspecto A2/7

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>	
<b>Identificação</b>	FA A2/8
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>Derived high-level requirements and the reason for their existence should be defined. Derived high-level requirements should be provided to the system processes, including the system safety assessment process.</i>
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.h e 5.1.2.i
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	
<b>Classificação</b>	<b>NÃO ENDEREÇADO</b>
<b>Racional</b>	A DO-178C é rígida quanto ao surgimento de requisitos derivados e determina que se defina a razão da existência do requisito e também que eles sejam fornecidos a outras partes interessadas. Não foi observado algo similar nos resultados do MR do MPS.
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>	
Não Identificados.	

TABELA B.8 – Ficha de análise do aspecto A2/8

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>	
<b>Identificação</b>	FA A2/9
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>
<b>Aspecto Analisado:</b>	<i>If parameter data items are planned, the high-level requirements should describe how any parameter data item is used by the software. The high-level requirements should also specify their structure, the attributes for each of their data elements, and, when applicable, the value of each element. The values of the parameter data item elements should be consistent with the structure of the parameter data item and the attributes of its data elements.</i>
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.1.2.j
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	
<b>Classificação</b>	<b>NÃO ENDEREÇADO</b>
<b>Racional</b>	Não foi encontrado nenhum Resultado para uma questão tão específica, possivelmente pelo nível de abstração do Modelo de Referência.
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>	
Não identificados.	

TABELA B.9 – Ficha de análise do aspecto A2/9

<b>FICHA DE ANÁLISE</b>			
<b>Identificação</b>	FA A2/10		
<b>Tabela DO-178C</b>	A-2 ( <i>Software Development Process</i> )		
<b>Objetivo:</b>	<i>High Level Requirements are Developed</i>		
<b>Aspecto Analisado:</b>	<p><i>Software development process traceability activities include:</i></p> <p><i>a. Trace Data, showing the bi-directional association between system requirements allocated to software and high-level requirements, is developed. The purpose of this Trace Data is to:</i></p> <p><i>1. Enable verification of the complete implementation of the system requirements allocated to software. 2. Give visibility to those derived high-level requirements that are not directly traceable to system requirements.</i></p>		
<b>Referência:</b>	DO-178C, 5.5.a		
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>			
<b>Classificação</b>	<b><i>PARCIALMENTE ENDEREÇADO</i></b>		
<b>Racional</b>	O termo rastreabilidade bidirecional não torna exatamente claro que partes devem ser informadas sobre requisito derivado. Por isso, parece razoável adicionar uma nota que explicita a necessidade de endereçar requisitos derivados.		
<b>RESULTADOS CORRELATOS MPS.BR</b>			
Resultado	Compatibilidade	Aderência	Racional
REQ 6 (A partir do nível G) A rastreabilidade bidirecional entre requisitos, atividades e produtos de trabalho do projeto é estabelecida e mantida.	Aderente	Adaptável	Parece que a intenção do MPS e da DO-178C convergem para o mesmo ponto. Entretanto, a DO-178C requer que os Requisitos Derivados sejam rastreados até partes interessadas (System Requirements).

TABELA B.10 – Ficha de análise do aspecto A2/10

<b>FICHA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO</b>	
<b>Identificação</b>	FAM A2/5
<b>Fichas de Análise</b>	FA A2/5
<b>Resultados MPS.br Expandidos</b>	-
<b>Novos Resultados Adicionados</b>	1
<b>RESULTADOS ADICIONADOS</b>	
<b>ESP</b>	<i>ESP 1* (Até Nível E) Os requisitos são consistentes quanto sua conformidade em relação aos padrões estabelecidos</i>
<b>Aplicado em que nível</b>	A partir do nível G
<b>Processo MPS.br Realimentado</b>	Engenharia de Requisitos
<b>Racional</b>	Embora pareça pertinente associar as restrições citadas no REQ2 do MPS.br e a definição de <i>Software Requirements Standards</i> constante na DO-178C (p. 74, 11.6), não fica claro que há uma atividade de processo MPS que garanta a conformidade e a consistência dos requisitos com os padrões estabelecidos.
<b>RESULTADOS ADAPTADOS</b>	
Não há	

TABELA B.11 – FAM A2/5

<b>FICHA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO</b>	
<b>Identificação</b>	FAM A2/6
<b>Fichas de Análise</b>	FA A2/6
<b>Resultados MPS.br Expandidos</b>	REQ 2
<b>Novos Resultados Adicionados</b>	-
<b>RESULTADOS ADICIONADOS</b>	
Não há	
<b>RESULTADOS ADAPTADOS</b>	
<b>Código do REQ Adaptado</b>	REQ 2
<b>Modificação de Texto:</b>	REQ 2 (Até Nível E) Os requisitos são especificados, priorizados, <b>declarados em termos quantitativos, com tolerância, quando for aplicável</b> e mantidos atualizados a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas para o produto e suas interfaces.
<b>Adição de Nota</b>	-
<b>Racional</b>	Não foi encontrado no MPS resultados que enderecem requisitos em termos quantitativos. Por isso, indica-se uma adaptação do REQ 2 para explicitar a necessidade.

TABELA B.12 – FAM A2/6

<b>FICHA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO</b>	
<b>Identificação</b>	FAM A2/7
<b>Fichas de Análise</b>	FA A2/7
<b>Resultados MPS.br Expandidos</b>	-
<b>Novos Resultados Adicionados</b>	1
<b>RESULTADOS ADICIONADOS</b>	
Não há.	
<b>RESULTADOS ADAPTADOS</b>	
<b>Código do REQ Adaptado</b>	REQ 7
<b>Modificação de Texto:</b>	-
<b>Adição de Nota</b>	<p>NOTA 1: São considerados inconsistentes requisitos que descrevem soluções de projeto ou detalhes de verificação, exceto quando para restrições de projeto específicas e justificadas.</p> <p>O aspecto encontrado na DO-178C impõe uma restrição específica sobre não detalhamento de soluções de projeto em requisitos. Parece, então, pertinente, que durante a verificação de inconsistência, verifiquem-se esses aspectos. Por isso, é sugerida a adição de uma NOTA sobre o resultado REQ 7</p>
<b>Racional</b>	

TABELA B.13 – FAM A2/7

<b>FICHA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO</b>	
<b>Identificação</b>	FAM A2/8
<b>Fichas de Análise</b>	FA A2/8
<b>Resultados MPS.br Expandidos</b>	-
<b>Novos Resultados Adicionados</b>	1
<b>RESULTADOS ADICIONADOS</b>	
<b>ESP</b>	<i>ESP 2* Requisitos Derivados devem apresentar uma razão para existir e devem ser fornecidos para partes interessadas. NOTA: São partes interessadas DO-178C o System Process e System Safety Assessment Process</i>
<b>Aplicado em que nível</b>	A partir do nível G
<b>Processo MPS.br Realimentado</b>	Engenharia de Requisitos A DO-178C é rígida quanto ao surgimento de requisitos derivados e determina que se defina a razão da existência do requisito e também que eles sejam fornecidos a outras partes interessadas. Não foi observado algo similar nos resultados do MR do MPS
<b>Racional</b>	
<b>RESULTADOS ADAPTADOS</b>	
	Não há

TABELA B.14 – FAM A2/8

<b>FICHA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO</b>	
<b>Identificação</b>	FAM A2/9
<b>Fichas de Análise</b>	FA A2/9
<b>Resultados MPS.br Expandidos</b>	REQ 7
<b>Novos Resultados Adicionados</b>	1
<b>RESULTADOS ADICIONADOS</b>	
<b>ESP</b>	<i>ESP Um documento de especificação de Itens de Dados de Parâmetros deve ser estabelecido em termos de estruturas, atributos e valores para os itens da estrutura, sempre que aplicável.</i>
<b>Aplicado em que nível</b>	A partir do nível G
<b>Processo MPS.br Realimentado</b>	Engenharia de Requisitos
<b>Racional</b>	Parece racional que se tenha um documento que descreva a utilização de arquivos de parâmetros e como eles são consumidos pelo software.
<b>RESULTADOS ADAPTADOS</b>	
<b>REQ 7</b>	<i>REQ 7 (a partir do Nível G) Os planos, atividades e produtos de trabalho relacionados são revisados visando identificar e tratar inconsistência em relação aos requisitos.</i>
<b>Modificação de Texto:</b>	Não há.
<b>Adição de Nota</b>	<i>Os valores e estruturas especificadas no documento de Itens de Dados de Parâmetros devem ser revisados quanto a consistência entre os valores e os atributos de cada item.</i>
<b>Racional</b>	Uma vez que se tenha estabelecido um documento para especificação de Itens de Dados de Parâmetros, parece viável fazer uma nova adaptação no REQ 7 para indicar inconsistências nos arquivos de estruturas. A junção dessa expansão com o resultado proposto para adição, parece satisfazer completamente o rigor da DO-178C

TABELA B.15 – FAM A2/9



<b>FICHA DE ADAPTAÇÃO DO MODELO</b>	
<b>Identificação</b>	FAM A2/10
<b>Fichas de Análise</b>	FA A2/10
<b>Resultados MPS.br Expandidos</b>	-
<b>Novos Resultados Adicionados</b>	1
<b>RESULTADOS ADICIONADOS</b>	
Não há.	
<b>RESULTADOS ADAPTADOS</b>	
<b>Código do REQ Adaptado</b>	REQ 6
<b>Modificação de Texto:</b>	-
<b>Adição de Nota</b>	NOTA: Os requisitos derivados devem possuir rastreabilidades até as partes interessadas ( <i>System Requirements</i> )
<b>Racional</b>	A adição da nota torna explícita a necessidade imposta pela norma, evitando a omissão por parte do implementador MPS

TABELA B.16 – FAM A2/10

Nome do Campo	Tipo	Descrição/Propósito	Estrutura
CodAspecto	CHAR(5)	Identificação única do aspecto mapeado.	TA
DescrAspecto	TEXT	Texto do aspecto identificado.	TA
ClassAspecto	CHAR(3)	Código de classificação de um aspecto. 4.2.4	TA
RaciClassAspecto	TEXT	Racional empregado para justificar a classificação final do aspecto	TA
CodResMPS	CHAR(3)	Código de um resultado MPS relacionado ao aspecto mapeado. 4.2.4	RFA
ClassCorrelacao	CHAR(3)	Código de classificação de uma relação estabelecida entre o aspecto e um resultado MPS. 4.2.3	RFA
SubclassCorrelacao	CHAR(3)	Código de classificação do nível de compatibilidade de uma relação estabelecida entre o aspecto e um resultado MPS. 4.2.3.1	RFA
RaciClass	TEXT	Racional empregado para justificar as classificações de correlações registradas	RFA
CodigoFA	CHAR(5)	Código da FA de análise gerada	RFA
CodigoFAM	CHAR(5)	Registra o código da FA de análise gerada	RFA
MatMinCorrelacao	CHAR(1)	Identifica em qual nível de maturidade o resultado relacionado acontece no MPS	RFA
CodOperAdaptacao	CHAR(3)	ADI para adicionar um novo resultado ADP para uma alteração de um resultado MPS	RFA
TextoAdaptacao	TEXT	Redação do Resultado Esperado adicionado ou substituído	RFA
CodResAdaptado	CHAR(3)	Identifica qual resultado MPS tem seu texto substituído quando há operação de Adaptação (ADP)	RFA
MatMinAspecto	CHAR(1)	Identifica qual o nível de maturidade mínimo para implementação do Modelo Adaptado ( ESP 5 )	RFA

TABELA B.17 – Descrição da planilha de dados

# Apêndice C - Tabelas da norma RTCA DO-178C

Processo	Objetivos
<i>Software Planning Process</i>	2
<i>Software Development Process</i>	4
<i>Verification of Outputs of Software Requeriments Process</i>	3
<i>Verification of Outputs of Software Design Process</i>	1
<i>Verification of Outputs of Software Coding and Integration Process</i>	1
<i>Testing of Outputs of Integration Process</i>	3
<i>Verification of Verification Process Results</i>	1
<i>Software Configuration Management Process</i>	6
<i>Software Quality Assurance Process</i>	<b>2</b>
<i>Certification Liaison Process</i>	3

TABELA C.1 – Distribuição dos objetivos

# **Apêndice D - *Feedbacks* de Avaliadores Especialistas**

## D.1 Respostas do Avaliador 1

Aspecto	Pergunta	Feedback
A2/1	<i>O analista entende que a junção de todas as tarefas executadas para atingir os Resultados MPS correlacionados, colaborativamente, irão atender às reivindicações do aspecto em relação à ambiguidade e inconsistência. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende (colaborativamente) à reivindicação da norma. Quanto você concorda com o analista?</i>	REQ 3 – Racional – Eu entendi a linha de raciocínio do analista ao escrever a justificativa para o REQ 3, porém, sem conhecer os meandros do MPS.Br, mas à luz do conhecimento da DO-178C, me parece que o racional estaria muito mais voltado para o entendimento das condições não definidas e inconsistências do que exatamente para a ambiguidade. Esse último aspecto me remete muito mais a uma análise (revisão) feita pelo time em si do conjunto de requisitos do que uma análise feita junto ao fornecedor de requisitos. REQ 7 – Racional – O racional ficou bom, mas se ele for apresentado como parte da sua tese, eu recomendaria reforçar que os aspectos de qualidade levam a uma cobertura da preocupação com ambiguidade, inconsistências e condições não definidas.
A2/2	<i>O analista entende que o MPS prevê um evento de aprovação dos requisitos pelos próprios fornecedores de requisitos. Neste momento requisitos classificados como inadequados ou incorretos pela equipe de software serão tratados. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende diretamente à reivindicação da norma. Quanto você concorda com o analista?</i>	REQ 4 – Racional – Apenas recomendaria deixar o texto do racional mais alinhado ao objetivo da DO-178 escrevendo da seguinte maneira: (...) todos os requisitos identificados como inadequados ou incorretos foram esclarecidos, e/ou tratados e corrigidos.
A2/3	<i>O analista entende que o MPS, no REQ 2, fará a especificação dos requisitos a partir das necessidades, expectativas e restrições. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende diretamente à reivindicação da norma, não necessitando de adaptações. Quanto você concorda com o analista?</i>	-
A2/4	<i>O analista entende que o MPS, por meio dos REQ1, REQ2 e REQ3, fará a identificação e especificação dos requisitos a partir das necessidades, expectativas e restrições do fornecedor de requisitos. Há o entendimento de que os requisitos são fornecidos por System Requirements e, portanto, requisitos que impedem perigos ao sistema serão tratados. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende, colaborativamente (a partir da união dos REQ 1, REQ 2 e REQ3), à reivindicação da norma, não necessitando de adaptações. Quanto você concorda com o analista?</i>	REQ 1 – Aderência e Racional – Com base no meu entendimento do processo do formulário até o momento, eu diria que esse requisito tem aderência Parcial com o aspecto analisado da DO-178C. Entendo que ao pedir para estabelecer as restrições das partes interessadas, isso leva a também a identificar e definir os perigos que ao sistema e como impedi-los. Eu recomendaria expandir o racional para levar em consideração o meu comentário acima, pois os requisitos ligados a redução de perigos seriam identificados por meio do entendimento das necessidades, expectativas e restrições das partes interessadas e não apenas se for considerado os fornecedores de requisitos como os <i>System Requirements</i> .
Continua...		

Continuação da tabela D.1	
Aspecto	Pergunta
A2/5	<i>O analista entende que é necessário adicionar um Resultado ao MPS que garanta a consistência quanto a conformidade em relação aos padrões estabelecidos. Quanto você concorda que a adição deste resultado, com o texto que foi definido pelo analista, apresenta aderência com o aspecto da norma?</i>
A2/6	<i>O analista entende que uma pequena modificação (em negrito) do texto do Resultado é suficiente para orientar a organização que utiliza o MPS de que, determinados requisitos devem ser especificados em termos quantitativos, com suas tolerâncias, quando isso for aplicável. Quanto você concorda que essa modificação no texto é suficiente para uma organização implementadora MPS apresentar aderência com o aspecto da norma abordado?</i>
A2/7	<i>O analista entende que ao adicionar uma nota ao Resultado REQ 7, que defina como inconsistentes requisitos que detalham soluções de projeto (design), é suficiente para atender ao aspecto abordado. Baseado nos raciocínios das FA e FAM, quanto você concorda com o analista?</i>
A2/8	<i>O analista não encontrou Resultados MPS que enderecem diretamente esta questão específica de razão de existência e fornecimento de requisitos derivados. Por isso, ele propõe a adição de um Resultado Especializado e uma NOTA que explicitam a necessidade deste tipo de requisito ser fornecidos ao System Process e ao Safety Assessment Process. Você concorda que a adição deste Resultado Especializado é suficiente para garantir conformidade com a norma em relação a este aspecto específico de Requisitos Derivados ?</i>
Continua...	

*Feedback*

A maneira como o ESP 1 foi proposto, me pareceu que endereça apenas o aspecto de conformidade com o *Software Requirements Standards*, mas não versa sobre os aspectos de serem verificáveis e consistentes entre si. Eu recomendaria incrementar o ESP 1 de maneira a tratar os aspectos que entendi que estão faltantes na proposta. Minha avaliação foi feita exclusivamente com base no proposto e não fui verificar se o MPS.Br teria de alguma maneira algum requisito que poderia fazer a cobertura, ainda que parcial.

Acho que a maneira como foi endereçado está adequada. Durante o processo de análise desse item pensei na possibilidade de que um *Software Requirements Standard* possa trazer algum tipo de regra que faça essa restrição de não descrever design ou verificação, com exceção de casos específicos que acredito que devam estar detalhados. Contudo, eu não sei se o MPS.Br considera a existência desse tipo de *standard*, e por isso deixo apenas como um texto para o autor refletir, mas não sei dizer se de fato pode ser uma melhoria para a NOTA 1 ou o racional proposto.

ESP – ESP 2\* - Sugestão de melhoria de texto: (...) e devem ser fornecidos para as partes interessadas. NOTA: Pela DO-178C as partes interessadas são o (...)

Continuação da tabela D.1	
Aspecto	Pergunta
A2/9	<p>O analista não encontrou Resultados MPS que enderecem diretamente esta questão específica de Dados de Parâmetros. Por isso, ele propõe a adição de um Resultado Especializado e a adição de uma NOTA ao Resultado MPS REQ 7. Dessa forma é explicitada a necessidade de estabelecer documentos que definam a estrutura deste tipo de arquivos de parâmetros, como eles são utilizados pelo software e os aspectos que devem ser revisados dos mesmos. Você concorda que a adição deste Resultado Especializado e da NOTA são suficientes para garantir conformidade com a norma em relação a este aspecto específico de Parameter Data Items?</p>
A2/10	<p>a. O aspecto da norma DO-178C estabelece que requisitos derivados devem estar visíveis nos System Requirements. O analista entende que o REQ 6 trata da mesma questão de engenharia e por isso o correlaciona ao aspecto da norma. Entretanto, ele entende que o aspecto identificado no item 5.5.a da DO-178C exige algo mais do que o MPS define. Quanto você concorda com o analista?</p>
A2/10	<p>b. Você concorda que a adição dessa NOTA, somada ao texto padrão do REQ 6, mostrado na FA, tornaria claro para uma organização que utiliza o MPS a reivindicação imposta pela DO-178C nesta questão ?</p>

*Feedback*

ESP – ESP – Sugiro para uma melhoria nesse texto para que também fique claro a preocupação com o como o *parameter data item* será utilizado pelo software.

Concordo que ambas as normas convergem para o mesmo ponto, no entanto, me parece incorreto afirmar que a DO-178C requer que os requisitos derivados sejam rastreados até as partes interessadas (*System Requirements*). Se fosse possível realizar esse tipo de rastreio, eles não seriam derivados, pois seria possível associá-los a um requisito pai no nível de sistemas. Minha interpretação do item da DO-178C que versa sobre requisitos derivados é: uma vez que é feita toda a rastreabilidade para os requisitos pai (*System Requirements*), fica claro quais são os requisitos que não puderam ser rastreados e consequentemente sua necessidade de ser associado a um racional que justifique a sua existência. Recomendando rever o texto indicado como Racional do REQ 6. Não deveríamos fazer a análise da Ficha de Análise junto com a Ficha de Adaptação? De qualquer forma, segui o formulário e respondi individualmente.

Os requisitos derivados precisam possuir rastreabilidade até os seus racionais e não até as partes interessadas (*System Requirements*). Vide justificativa do item anterior.

TABELA D.1 – Avaliação textual do AV1

## D.2 Respostas do Avaliador 2

Aspecto	Pergunta	Feedback
A2/1	<p><i>O analista entende que a junção de todas as tarefas executadas para atingir os Resultados MPS correlacionados, colaborativamente, irão atender às reivindicações do aspecto em relação à ambiguidade e inconsistência. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende (colaborativamente) à reivindicação da norma. Quanto você concorda com o analista?</i></p>	<p>No meu entendimento, os REQs 2 e 3 estão ok. Mas para o REQ 7, fiquei na dúvida se ele também não seria adaptável como o REQ 2, com o intuito de adaptar para considerar ambiguidade e condições não definidas na revisão citada. Além disto, não foi encontrada a adaptação citada para REQ 2.</p>
A2/2	<p><i>O analista entende que o MPS prevê um evento de aprovação dos requisitos pelos próprios fornecedores de requisitos. Neste momento requisitos classificados como inadequados ou incorretos pela equipe de software serão tratados. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende diretamente à reivindicação da norma. Quanto você concorda com o analista?</i></p>	<p>De acordo com a DO-178C (5.1.2), inputs para o processo de requisitos de software inclui requisitos de sistemas, interface de hardware, arquitetura de sistemas (quando não incluído nos requisitos) além de documentos da fase de planos de software. Considerando isto, concordo que o REQ 4 cobre um dos inputs: requisitos de sistemas. Mas não ficou claro se os outros inputs também estão sendo cobertos. Talvez seja um caso adaptável para considerar os demais inputs.</p>
A2/3	<p><i>O analista entende que o MPS, no REQ 2, fará a especificação dos requisitos a partir das necessidades, expectativas e restrições. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende diretamente à reivindicação da norma, não necessitando de adaptações. Quanto você concorda com o analista?</i></p>	<p>Percebi que o REQ 2 foi utilizado no aspecto A2/1 referindo-se a requisitos de sistemas. Já aqui no aspecto A2/3, a necessidade é a especificação de requisitos no nível de software (alto nível) e não de sistemas. Confesso que fiquei na dúvida se realmente cobre o que a DO-178C exige que é cada requisito no nível de sistemas que se desdobre para software, necessita ter requisito de alto nível de software especificado. Como não conheço o MPS.BR, posso estar com uma percepção incorreta. Mas na minha visão, o REQ 2 parece tratar apenas requisitos ao nível de sistemas.</p>
A2/4	<p><i>O analista entende que o MPS, por meio dos REQ1, REQ2 e REQ3, fará a identificação e especificação dos requisitos a partir das necessidades, expectativas e restrições do fornecedor de requisitos. Há o entendimento de que os requisitos são fornecidos por System Requirements e, portanto, requisitos que impedem perigos ao sistema serão tratados. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende, colaborativamente (a partir da união dos REQ 1, REQ 2 e REQ3), à reivindicação da norma, não necessitando de adaptações. Quanto você concorda com o analista?</i></p>	<p>Se entendi corretamente, sugiro que deixe claro que o REQ 1 está relacionado a requisitos de sistemas e que os REQs 2 e 3 estão relacionados aos requisitos de alto nível de software.</p>
A2/5	<p><i>O analista entende que é necessário adicionar um Resultado ao MPS que garanta a consistência quanto a conformidade em relação aos padrões estabelecidos. Quanto você concorda que a adição deste resultado, com o texto definido pelo analista, apresenta aderência com o aspecto da norma?</i></p>	<p>Entendo que falta complementar o resultado adicionado para incluir algo sobre o requisito de alto nível ser verificável.</p>
<p>Continua...</p>		



Continuação da tabela D.1	
Aspecto	Pergunta
A2/6	<p>O analista entende que uma pequena modificação (em negrito) do texto do Resultado é suficiente para orientar a organização que utiliza o MPS de que, determinados requisitos devem ser especificados em termos quantitativos, com suas tolerâncias, quando isso for aplicável. Quanto você concorda que essa modificação no texto é suficiente para uma organização implementadora MPS apresentar aderência com o aspecto da norma abordado?</p>
A2/7	<p>O analista entende que ao adicionar uma nota ao Resultado REQ 7, que defina como inconsistentes requisitos que detalham soluções de projeto (design), é suficiente para atender ao aspecto abordado. Baseado nos raciocínios das FA e FAM, quanto você concorda com o analista?</p>
A2/8	<p>O analista não encontrou Resultados MPS que enderecem diretamente esta questão específica de razão de existência e fornecimento de requisitos derivados. Por isso, ele propõe a adição de um Resultado Especializado e uma NOTA que explicitam a necessidade deste tipo de requisito ser fornecidos ao System Process e ao Safety Assessment Process. Você concorda que a adição deste Resultado Especializado é suficiente para garantir conformidade com a norma em relação a este aspecto específico de Requisitos Derivados?</p>
A2/9	<p>O analista não encontrou Resultados MPS que enderecem diretamente esta questão específica de Dados de Parâmetros. Por isso, ele propõe a adição de um Resultado Especializado e a adição de uma NOTA ao Resultado MPS REQ 7. Dessa forma é explicitada a necessidade de estabelecer documentos que definam a estrutura deste tipo de arquivos de parâmetros, como eles são utilizados pelo software e os aspectos que devem ser revisados dos mesmos. Você concorda que a adição deste Resultado Especializado e da NOTA são suficientes para garantir conformidade com a norma em relação a este aspecto específico de Parameter Data Items?</p>
	<p>Continua...</p>

*Feedback*

Sugiro que seja utilizado o (;) na adaptação para ficar claro que o trecho “com tolerância quando for aplicável” é relativo apenas a parte “declarados em termos quantitativos”.

Do jeito que a nota foi escrita, dá a entender que ela define o que seria inconsistência em requisito de maneira geral e não é o caso. Entendi que o objetivo da adaptação é considerar de maneira explícita um determinado caso como inconsistente. Portanto, a nota deveria deixar clara esta intenção específica.

Esta atividade não se refere apenas a apresentar a razão de existência de requisitos derivados, mas também em definir o próprio requisito derivado na camada de requisitos de alto nível de software. Por isto, entendo que o resultado adicionado deveria ser atualizado para considerar a definição dos requisitos derivados em si. Além disto, não entendi a DO-178C ser parte interessada, entendo que o feedback seria apenas para processos de sistemas (incluindo processo de análise de safety).

Para o resultado adicionado, entendo que o aplicável ou não fica apenas para valores, pois se tratando de um parameter data item, no mínimo, se tem a estrutura e os atributos. Por isto, sugiro rephrasing para deixar claro que aspecto poderia não ser aplicável na especificação de PDI. Sobre o resultado adaptado, fiquei um pouco confusa com a escrita da nota, já que é necessário verificar a consistência dos valores dos elementos com a estrutura e o parâmetro destes elementos, mas não entendi que ficou descrito assim.

Continuação da tabela D.1	
Aspecto	Pergunta
A2/10	<p>a. O aspecto da norma DO-178C estabelece que requisitos derivados devem estar visíveis nos System Requirements. O analista entende que o REQ 6 trata da mesma questão de engenharia e por isso o correlaciona ao aspecto da norma. Entretanto, ele entende que o aspecto identificado no item 5.5.a da DO-178C exige algo mais do que o MPS define. Quanto você concorda com o analista?</p>
A2/10	<p>b. Você concorda que a adição dessa NOTA, somada ao texto padrão do REQ 6, mostrado na FA, tornaria claro para uma organização que utiliza o MPS a reivindicação imposta pela DO-178C nesta questão ?</p>

*Feedback*

A DO-178C não requer o rastreo dos requisitos derivados a requisitos de sistemas e sim, dar uma visibilidade justamente para estes casos que não tem rastreo direto para *system requirements*. Considerando o que está descrito no racional, dá a entender, que o rastreo entre *system requirement* e requisitos derivados de alto nível é exigido. No entanto, se esta rastreo existir, então não seria requisito derivado.

A DO-178C não requer o rastreo dos requisitos derivados a requisitos de sistemas e sim, dar uma visibilidade justamente para estes casos que não tem rastreo direto para *system requirements*. Considerando o que está descrito na nota, dá a entender, que o rastreo entre *system requirement* e requisitos derivados de alto nível é exigido. No entanto, se esta rastreo existir, então não seria requisito derivado.

TABELA D.2 – Avaliação textual do AV2

### D.3 Respostas do Avaliador 3

Aspecto	Pergunta	<i>Feedback</i>
A2/1	<p><i>O analista entende que a junção de todas as tarefas executadas para atingir os Resultados MPS correlacionados, colaborativamente, irão atender às reivindicações do aspecto em relação à ambiguidade e inconsistência. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende (colaborativamente) à reivindicação da norma. Quanto você concorda com o analista?</i></p>	<p>Sob o aspecto da DO-178, este item 5.2.1.a é o momento onde se avalia criticamente os requisitos de sistemas. Neste sentido, me parece que o [REQ 1] é necessário para a realização deste FA A2/1, pois será preciso ter mapeado/identificado quais são as informações (necessidades, expectativas, restrições, etc) para então analisá-las. Importante colocar ênfase na preocupação de encontrar os problemas nos requisitos de sistemas ainda na fase de especificação [REQ 2] e entendimento [REQ3], de modo que impactos nas atividades posteriores sejam minimizados. A atividade [REQ 7], que se trata de uma atividade de revisão após a especificação, poderia ser usada para confirmar que estes aspectos foram avaliados nas atividades anteriores e que o desenvolvimento pode seguir.</p>
A2/2	<p><i>O analista entende que o MPS prevê um evento de aprovação dos requisitos pelos próprios fornecedores de requisitos. Neste momento requisitos classificados como inadequados ou incorretos pela equipe de software serão tratados. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende diretamente à reivindicação da norma. Quanto você concorda com o analista?</i></p>	<p>Sob o aspecto da DO-178, este item 5.2.1.b é o momento de se dar feedback sobre os requisitos de sistemas. Neste sentido, me parece que o [REQ 4] é bem tardio para esta finalidade, pois considero importante ter o <i>feedback</i> dado e a resposta do nível de sistemas para estes, fornecida e adaptada nos requisitos de SW, antes de preparar a base de requisitos de SW e submetê-la para uma aprovação. Portanto, entendo que o feedback seria melhor endereçado nas atividades [REQ2] e [REQ3].</p>
A2/3	<p><i>O analista entende que o MPS, no REQ 2, fará a especificação dos requisitos à partir das necessidades, expectativas e restrições. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende diretamente à reivindicação da norma não necessitando de adaptações. Quanto você concorda com o analista ?</i></p>	<p>Sob o aspecto da DO-178, este item 5.2.1.c é o momento de se desdobrar os requisitos de sistemas. Uma característica da DO-178 para esta atividade é que os requisitos de SW são especificados a partir de requisitos de sistemas, ou seja, existe um rigor em especificar requisitos a partir destes de sistemas sem muita margem para definições que não sejam para atendê-los explicitamente. Assim, considero importante esclarecer que esta atividade é um desdobramento dos requisitos identificados no [REQ 1]. A engenharia de SW muitas vezes propõe esta fase como de elaboração de requisitos a partir de elicitación e expectativas não explicitadas em requisitos, inclusive com um razoável grau de liberdade para propor soluções, funcionalidades e recursos não pensados. Isto é muito crítico para a DO-178 e deve estar claro na definição da atividade de uma norma fora do contexto aeronáutico adaptada para esta finalidade. Importante considerar que o RE desta atividade inclui a criação dos requisitos derivados (necessidades identificadas durante o desdobramento dos requisitos) com todo o rigor requerido para estes.</p>
<p>Continua...</p>		

Continuação da tabela D.1	
Aspecto	Pergunta
A2/4	<p><i>O analista entende que o MPS, por meio dos REQ1, REQ2 e REQ3, fará a identificação e especificação dos requisitos a partir das necessidades, expectativas e restrições do fornecedor de requisitos. Há o entendimento de que os requisitos são fornecidos por System Requirements e, portanto, requisitos que impedem perigos ao sistema serão tratados. Por isso, para este aspecto, ele entende que o MPS atende, colaborativamente (a partir da união dos REQ 1, REQ 2 e REQ3), à reivindicação da norma, não necessitando de adaptações. Quanto você concorda com o analista?</i></p>
A2/5	<p><i>O analista entende que é necessário adicionar um Resultado ao MPS que garanta a consistência quanto a conformidade em relação aos padrões estabelecidos. Quanto você concorda que a adição deste resultado, com o texto definido pelo analista, apresenta aderência com o aspecto da norma?</i></p>
A2/6	<p><i>O analista entende que uma pequena modificação (em negrito) do texto do Resultado é suficiente para orientar a organização que utiliza o MPS de que, determinados requisitos devem ser especificados em termos quantitativos, com suas tolerâncias, quando isso for aplicável. Quanto você concorda que essa modificação no texto é suficiente para uma organização implementadora MPS apresentar aderência com o aspecto da norma abordado?</i></p>
Continua...	

*Feedback*

Sob o aspecto da DO-178, este item 5.2.1.d é o momento de se desdobrar os requisitos de sistemas para atender as questões de segurança. Parte das proteções de segurança poderão vir direto dos requisitos de sistemas, porém parte pode ser de definições derivadas do nível de SW para atender esta necessidade. Neste sentido, considero importante considerar que o RE desta atividade inclui a criação dos requisitos derivados, principalmente para endereçar atributos não previstos nos requisitos de sistemas e demais aspectos que o time de SW tem mais habilidade para definir, como desempenho, usabilidade, *security*, robustez, etc, desde que não especificados pelos requisitos de sistemas

A definição do requisito de sw de forma quantitativa e com tolerâncias está diretamente relacionada a como o requisito de sistemas está especificado. Portanto, questões como estas devem fazer parte da atividade de entendimento do requisito de sistemas e da garantia de que está entendido e pode ser desdobrado de forma a atender esta questão de ser quantitativo e ter tolerâncias quando aplicável. Considere incluir as atividades [REQ 1] e [REQ 3]. A [REQ 1] poderia identificar estas necessidades, que seriam então, entrada para a [REQ 2].

Importante considerar que muitas vezes os requisitos de SW precisarão ter detalhes de design e/ou verificação, sobretudo quando os requisitos de sistemas já estiverem detalhados neste nível por alguma necessidade ou característica de projeto. Ainda assim, é possível atender a DO-178 em casos onde os requisitos de sistemas já carregam estas especificações e, portanto, os requisitos de alto nível também precisam estar com este nível de detalhe para manter o cumprimento dos requisitos de sistemas. Concordo que justificativas devem existir para estes casos. Importante que as atividades de identificação dos requisitos de sistemas [REQ 1] e entendimentos dos requisitos [REQ 3] contenham avaliações sobre requisitos de sistemas especificando design e/ou verificação sem necessidade, e inclusive atrapalhando as definições de design mais otimizado e adequado para o projeto. Lembrando que a [REQ 7] é uma atividade posterior, e questões como estas precisam ser definidas durante a especificação dos requisitos [REQ 2].

Continuação da tabela D.1	
Aspecto	Pergunta
A2/7	<p><i>O analista entende que ao adicionar uma nota ao Resultado REQ 7, que defina como inconsistentes requisitos que detalham soluções de projeto (design), é suficiente para atender ao aspecto abordado. Baseado nos raciais das FA e FAM, quanto você concorda com o analista?</i></p>
A2/8	<p><i>O analista não encontrou Resultados MPS que enderecem diretamente esta questão específica de razão de existência e fornecimento de requisitos derivados. Por isso, ele propõe a adição de um Resultado Especializado e uma NOTA que explicitam a necessidade deste tipo de requisito ser fornecidos ao System Process e ao Safety Assessment Process. Você concorda que a adição deste Resultado Especializado é suficiente para garantir conformidade com a norma em relação a este aspecto específico de Requisitos Derivados?</i></p>
A2/9	<p><i>O analista não encontrou Resultados MPS que enderecem diretamente esta questão específica de Dados de Parâmetros. Por isso, ele propõe a adição de um Resultado Especializado e a adição de uma NOTA ao Resultado MPS REQ 7. Dessa forma é explicitada a necessidade de estabelecer documentos que definam a estrutura deste tipo de arquivos de parâmetros, como eles são utilizados pelo software e os aspectos que devem ser revisados dos mesmos. Você concorda que a adição deste Resultado Especializado e da NOTA são suficientes para garantir conformidade com a norma em relação a este aspecto específico de Parameter Data Items?</i></p>
Continua...	

*Feedback*

Importante considerar que muitas vezes os requisitos de SW precisarão ter detalhes de design e/ou verificação, sobretudo quando os requisitos de sistemas já estiverem detalhados neste nível por alguma necessidade ou característica de projeto.

Ainda assim, é possível atender a DO-178 em casos onde os requisitos de sistemas já carregam estas especificações e, portanto, os requisitos de alto nível também precisam estar com este nível de detalhe para manter o cumprimento dos requisitos de sistemas. Concordo que justificativas devem existir para estes casos.

Importante que as atividades de identificação dos requisitos de sistemas [REQ 1] e entendimentos dos requisitos [REQ 3] contenham avaliações sobre requisitos de sistemas especificando design e/ou verificação sem necessidade, e inclusive atrapalhando as definições de design mais otimizado e adequado para o projeto.

Lembrando que a [REQ 7] é uma atividade posterior, e questões como estas precisam ser definidas durante a especificação dos requisitos [REQ 2].

Muito importante considerar na descrição desta atividade a ser proposta as considerações para quando um requisito pode ser derivado. Vários atributos (performance, usabilidade, security, robustez, etc.) podem requerer a criação de requisitos derivados, porém estes devem ser aceitáveis como derivados desde que não firmam as necessidades de implementação devido a safety, porque neste caso requisitos de sistemas devem existir para explicitar estas necessidades.

A fase de revisão [REQ 7] é muito tardia para endereçar este aspecto. A necessidade de PDI, como serão apresentados em termos de estruturas e dados, e como precisarão ser tratados/desdobrados é parte fundamental dos entendimentos dos requisitos de sistemas e da fase de especificação de requisitos. PDI são requisitos assim como qualquer outro requisito textual/modelo/use case. No meu entendimento, as atividades de identificação dos requisitos [REQ 1], especificação [REQ 2] e entendimento [REQ 3] são fundamentais para a elaboração da estratégia de como lidar com os PDIs dentro do projeto de SW.

Continuação da tabela D.1	
Aspecto	Pergunta
A2/10	<p>a. O aspecto da norma DO-178C estabelece que requisitos derivados devem estar visíveis nos System Requirements. O analista entende que o REQ 6 trata da mesma questão de engenharia e por isso o correlaciona ao aspecto da norma. Entretanto, ele entende que o aspecto identificado no item 5.5.a da DO-178C exige algo mais do que o MPS define. Quanto você concorda com o analista?</p>
A2/10	<p>b. Você concorda que a adição dessa NOTA, somada ao texto padrão do REQ 6, mostrado na FA, tornaria claro para uma organização que utiliza o MPS a reivindicação imposta pela DO-178C nesta questão?</p>
	<i>Feedback</i>
	<p>Sob o aspecto de rastreabilidade, requisitos derivados não rastreiam para o nível superior. O que se pede é exatamente o oposto, sendo a visibilidade dos requisitos que não rastreiam para o nível de sistemas.</p> <p>Concordo ser necessário que os requisitos derivados estejam visíveis para o nível de sistemas, porém, normalmente, não é através dos artefatos de rastreabilidade que estes chegam até sistemas. É o pedido de disposição para cada um deles que vai requerer uma identificação destes no nível de sistemas. Aliás, no artefato de rastreabilidade os requisitos derivados aparecem sem rastreio para o nível superior. Porém, considero importante que estes tenham rastreio para o respectivo “rationale” e resposta da engenharia para o seu aceite (ou não). A nota pode dar falsa impressão que o requisito derivado vai ter um requisito de sistemas equivalente, o que não é o caso. O objetivo da rastreabilidade é identificar a origem das demandas e as evidências de que foram atendidas conforme o processo requerido.</p>

TABELA D.3 – Avaliação textual do AV3

# Apêndice E - Pool de Instâncias

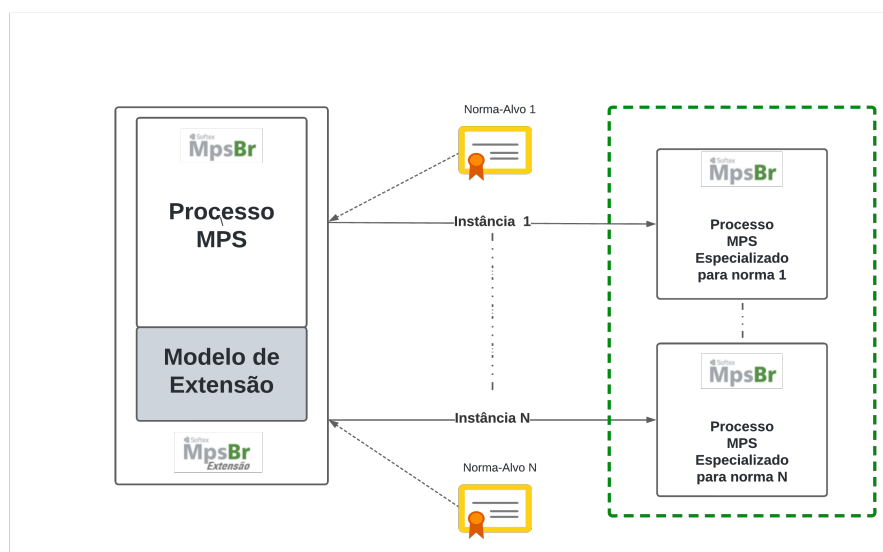


FIGURA E.1 – *Pool* de instâncias do modelo

## FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO DM	2. DATA 06 de janeiro de 2023	3. DOCUMENTO Nº DCTA/ITA/DM-147/2022	4. Nº DE PÁGINAS 127
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: ME-MPS: Um modelo de extensão do MPS.br para software críticos em ambientes regulados			
6. AUTOR(ES): <b>Everton Moreira Machado</b>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: 1. MPS.BR 2. Software Crítico 3. Processos de Software 4. DO-178C			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: 1. Software de segurança crítica 2. Desenvolvimento de software 3. Arquitetura de software 4. Engenharia de software			
10. APRESENTAÇÃO: <span style="float: right;">(X) Nacional    ( ) Internacional</span> ITA, São José dos Campos. Curso de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica e Computação. Área de Informática. Orientador: Prof. Dr. Johnny Cardoso Marques. Defesa em 19/12/2022. Publicada em 2022.			
11. RESUMO: Software Críticos quanto à segurança são aqueles cuja falha põe em risco vidas humanas ou podem causar grandes perdas financeiras. O sucesso na construção deste tipo de software depende do nível de segurança que seu processo de construção pode assegurar. Ambientes regulados por normas de segurança ( <i>Safety Standards</i> ) impõem às organizações de desenvolvimento de software crítico requisitos que visam a guiá-las em um processo seguro de construção. Por outro lado, o Modelo de Referência MPS.br para software (MR-MPS-SW) tem por objetivo ampliar a qualidade do processo de software de um amplo conjunto de empresas brasileiras, de pequeno e médio porte, de nichos variados, sendo então um modelo generalista de alta aplicabilidade e baixa especificidade de domínio de aplicação. Neste estudo é proposto o ME-MPS, um Modelo de Extensão ao MR-MPS-SW que adiciona Processos e Resultados Esperados para orientar entidades com interesses no estudo, adaptação ou aplicação do modelo nacional em projetos de software críticos, sendo o modelo a principal contribuição. Por meio do ME-MPS é possível derivar um processo de verificação e adaptação do MR-MPS-SW para atender aos requisitos de uma determinada norma de segurança (norma-alvo). Além do ME-MPS, este estudo apresenta, como contribuição secundária, um processo de adaptação definido para atingir os Resultados Esperados estabelecidos pelo modelo de extensão. A fim de verificar uma hipótese de pesquisa que considerava existir uma distância de conformidade entre o MR-MPS-SW e a norma RTCA DO-178C — amplamente utilizada no desenvolvimento de software crítico na aviação — e provar o conceito do modelo proposto, uma simulação de implementação foi executada. Nesta, foi definido um ciclo de vida completo (processos, tarefas, atividades, artefatos, etc.) para verificação e adaptação do MR-MPS-SW, com o objetivo de conformá-lo com um subconjunto de aspectos da norma RTCA DO-178C.			
12. GRAU DE SIGILO: <span style="display: flex; justify-content: space-around;"> <input checked="" type="checkbox"/> <b>OSTENSIVO</b> <input type="checkbox"/> <b>RESERVADO</b> <input type="checkbox"/> <b>SECRETO</b> </span>			