

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

INTEGRAÇÃO DE PADRÕES DE QUALIDADE
NA ÁREA DE
MELHORIA DE PROCESSO DE SOFTWARE

RODRIGO SANTOS DE ESPINDOLA

Orientador : Prof. Dr. Jorge Luis Nicolas Audy

Porto Alegre
2011

RODRIGO SANTOS DE ESPINDOLA

**INTEGRAÇÃO DE PADRÕES DE QUALIDADE
NA ÁREA DE
MELHORIA DE PROCESSO DE SOFTWARE**

Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador : Prof. Dr. Jorge Luis Nicolas Audy

Porto Alegre
2011

E77i

Espindola, Rodrigo Santos de

Integração de padrões de qualidade na área de melhoria de processo de software / Rodrigo Santos de Espindola. – Porto Alegre, 2011.
254 p.

Tese (Doutorado) – Fac. de Informática, PUCRS.
Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Nicolas Audy.

1. Informática. 2. Engenharia de Software. 3. Qualidade de Software. I. Audy, Jorge Luis Nicolas. II. Título.

CDD 005.1

**Ficha Catalográfica elaborada pelo
Setor de Tratamento da Informação da BC-PUCRS**



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
FACULDADE DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

TERMO DE APRESENTAÇÃO DE TESE DE DOUTORADO

Tese intitulada "Integração de Padrões de Qualidade na Área de Melhoria de Processo de Software", apresentada por Rodrigo Santos de Espindola, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação, Sistemas de Informação, aprovada em 09/12/2011 pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Jorge Luis Nicolas Audy -
Orientador

PPGCC/PUCRS

Prof. Dr. Ricardo Melo Bastos -

PPGCC/PUCRS

Prof. Dr. Ricardo de Almeida Falbo -

UFES

Prof. Dr. Marcelo Soares Pimenta -

UFRGS

Homologada em 21/05/2015, conforme Ata No. 008 pela Comissão Coordenadora.

Prof. Dr. Fernando Luís Dotti
Coordenador.

PUCRS

Campus Central

Av. Ipiranga, 6681 - P. 32 - sala 507 - CEP: 90619-900

Fone: (51) 3320-3611 - Fax (51) 3320-3621

E-mail: ppgcc@pucrs.br

www.pucrs.br/facin/pos

Dedico esta tese à minha esposa
e aos meus filhos, por fazerem
tudo na vida valer a pena.

AGRADECIMENTOS

A realização deste doutorado, que constitui um marco importante em minha vida, tanto pessoal como profissional, contou com a colaboração e o apoio de muitas pessoas. Neste espaço exíguo, não poderei citar todas diretamente, mas a todas elas dirijo meus mais sinceros agradecimentos.

Agradecimento especial dedico ao Prof. Dr. Jorge Audy, não apenas pela orientação, mas principalmente pela inesgotável paciência e compreensão ao longo de todo este trabalho. Endereça-lo como orientador é um formalismo inescapável, mas incapaz de representar adequadamente a importância do seu papel neste projeto.

Agradeço aos colegas da PUCRS que acompanharam o trabalho e me apoiaram nos momentos mais importantes. Agradeço os professores do programa e aos técnicos-administrativos que sempre estiveram a disposição para ajudar em tudo ao seu alcance. Agradeço aos colegas Eliana Pereira, Edimara Luciano, Daniel Calegari, Tiago Ferreto, Marco Mangan, Marcelo Cohen, Silvia Moraes, Ricardo Bastos, Michael Mora e Rafael Prickladnick pelas contribuições, por todo o companherismo e por terem compartilhado parte desta jornada comigo.

Agradeço à Prof. Dra. Ana Regina da Rocha pelo acolhimento na COPPE/UFRJ. Agradeço enormemente ao Prof. Dr. Ricardo Falbo da UFES, pela atenção, pelas dicas e por ter trilhado um caminho que gerou tantos trabalhos de alta qualidade que foram utilizados como referência nesta tese.

Agradeço à PUCRS por ter viabilizado toda a minha formação acadêmica. Agradeço a PUCRS novamente e à Dell Computadores por terem financiado o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, dedico o agradecimento mais importante à minha querida e amada esposa, Anete Persch Espindola. Seu apoio incondicional, sua compreensão, sua tolerância e, acima de tudo, seu amor tornaram esta tarefa possível. *Paixão*, obrigado por tudo!

RESUMO

Tem havido um grande interesse tanto na indústria quanto na academia pela melhoria do processo de software (MPS) como agente para a melhoria da qualidade do produto de software. Uma das estratégias seguidas na busca pela melhoria dos processos de software é a adoção de padrões de qualidade (normas de qualidade e modelos de referência) para guiar projetos de MPS. Entretanto, em virtude da grande variedade de padrões de qualidade existentes para MPS, as organizações enfrentam novos desafios relacionados à integração, a comparação, o mapeamento e a harmonização dos mesmos. Uma dificuldade encontrada quando se tenta analisar as diferenças e as semelhanças entre os diversos padrões de qualidade é a inexistência de padronização nas suas definições. Os diversos padrões de qualidade apresentam vocabulários diferentes, estruturas diferentes, níveis de abstração diferentes e exigências em granularidades diferentes, ou seja, adotam representações completamente diferentes. Assim, esta tese de doutorado visa responder a seguinte questão de pesquisa: Como realizar a representação de padrões de qualidade para MPS de forma que seja possível apoiar a integração dos mesmos? O objetivo geral é desenvolver uma abordagem para representação de padrões de qualidade para MPS de forma que seja possível apoiar a integração dos mesmos. Para atingir tal objetivo foi realizado um estudo exploratório, utilizando-se como métodos de pesquisa o estudo de caso, a *survey*, a pesquisa baseada em documentos e o método de projeto e criação. Como resultado, esta tese propõe uma conceituação do domínio de padrões de qualidade para MPS, explicitada através do desenvolvimento de uma ontologia de padrões de qualidade para MPS, e uma linguagem de modelagem baseada nesta ontologia, explicitada através do desenvolvimento de um metamodelo para padrões de qualidade para MPS.

Palavras-chave: Melhoria do Processo de Software, Padrões de Qualidade, Integração, Harmonização.

ABSTRACT

Both industry and academy has been demonstrating a great interest for software process improvement (SPI) as an agent for improving software product quality. One of the strategies followed in seeking software process improvement is the adoption of quality standards (standards and reference models) to guide SPI projects. However, given the wide variety of quality standards available for SPI, organizations have been faced new challenges related to integration, comparison, mapping and harmonization of these standards. One difficulty found when trying to analyze the differences and similarities between the various quality standards is the lack of uniformity in their definitions. The quality standards have different vocabularies, different structures, different levels of abstraction and different requirements in terms of granularity. This means that they are adopting completely different representations. Thus, this thesis aims to answer the following research question: How to make the representation of quality standards for SPI so that it can support the standards integration? The overall objective is to propose an approach to represent quality standards for SPI so that it can support their integration. To achieve this, an exploratory study was conducted, using as research methods case study, survey, documents based research and design and creation method. As a result, this thesis proposes a conceptualization of quality standards domain for SPI, explained through the development of quality standards ontology for SPI, and a modeling language based on this ontology, explicit by the development of a quality standard metamodel for SPI.

Keywords: Software Process Improvement, Quality Standards, Integration, Harmonization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estrutura do metamodelo SPEM 2.0 [OMG08].	35
Figura 2.2 - Visão geral dos componentes do modelo CMMI (adaptado de [SEI06]).	45
Figura 2.3 - Componentes do modelo MPS [SOF09].	47
Figura 2.4 - Objetos e associações em um modelo de processos (adaptado de [LEP02]).	54
Figura 2.5 - Metamodelo OOSPICE.	56
Figura 3.1 - Desenho de Pesquisa.	80
Figura 4.1 - Diagrama de integração da OMPS.	92
Figura 4.2 - Taxonomia dos padrões de qualidade.	95
Figura 4.3 - Estrutura dos padrões de qualidade.	97
Figura 4.4 - Taxonomia de Componente de Padrão de Qualidade.	99
Figura 4.5 - Taxonomia de Ativos de Processo.	101
Figura 4.6 - Adoção de padrões de qualidade.	103
Figura 4.7 - Mapeamento entre componentes de padrões de qualidade.	107
Figura 4.8 - Estruturação do conceito de Norma de Qualidade.	109
Figura 4.9 - Taxonomia dos componentes de Norma de Qualidade.	111
Figura 4.10 - Relação entre Modelo de Referência para MPS e Áreas de Processo.	113
Figura 4.11 - Resultados de Processo que compõem as Áreas de Processo.	114
Figura 4.12 - Resultado Esperado e as Práticas que o compõem.	116
Figura 4.13 - Modelo de Avaliação para MPS.	119
Figura 4.14 - Atributos de Processo e Resultados de Atributo de Processo.	121
Figura 4.15 - Nível de Maturidade e seus relacionamentos.	123
Figura 5.1 - Níveis de modelagem da arquitetura OMG (adaptado de [OMG08] e [OMG06]).	130
Figura 5.2 - Relações entre SPEM 2.0, UML e MOF (adaptado de [OMG08] e [OMG06]).	130
Figura 5.3 - Arquitetura adotada.	131
Figura 5.4 - Diagrama de pacotes da extensão ao SPEM 2.0.	132
Figura 5.5 - Relação entre o elemento <i>QualityElement</i> e os elementos de <i>MethodContent</i> .	136
Figura 5.6 - Introdução dos conceitos de Padrões de Qualidade em <i>QualityStandardContent</i> .	138
Figura 5.7 - Introdução dos conceitos de mapeamento em <i>QualityStandardContent</i> .	142
Figura 5.8 - Especializações de <i>QualityStandard</i> relativas aos modelos de qualidade.	142
Figura 5.9 - Especializações de <i>StandardComponents</i> relativas aos modelos de qualidade.	143
Figura 5.10 - Relacionamentos entre <i>MaturityLevel</i> e os elementos que o caracterizam.	146

Figura 5.11 - Especializações de <i>StandardComponent</i> relativas às normas de qualidade.	147
Figura 5.12 - Pacote SPIM.	149
Figura 6.1 - Composição inicial do repositório criado com o protótipo.....	157
Figura 6.2 - Instâncias dos modelos que compõem o framework do MPS.Br.....	159
Figura 6.3 - Instâncias das áreas de processo e de seus resultados de processo.	160
Figura 6.4 - Instâncias de níveis de capacidade, seus atributos de processo e resultados correspondentes.	162
Figura 6.5 - Atributos de processo e áreas de processo exigidos no nível de maturidade F.	163
Figura 6.6 - Teste do axioma A23 da OMPS.....	164
Figura 6.7 - Instâncias das área de processo do CMMI-Dev e de seus respectivos componentes.	166
Figura 6.8 - Teste do axioma A45 da OMPS.....	167
Figura 6.9 - Instâncias criadas para modelagem da estrutura da norma ISO 9001.....	169
Figura 6.10 - Tabelas de mapeamento propostas por [MEL11] modeladas em SPIM.....	170
Figura 6.11 - Instâncias de mapeamentos entre MR-MPS e CMMI-Dev. ...	171
Figura 6.12 - Ilustração de instância de mapeamento de GPR 3 modelada em SPIM.	172
Figura 6.13 - Ilustração de instância de mapeamento de GPR 7 modelada em SPIM.	173
Figura 6.14 - Ilustração de instâncias de mapeamento de GPR 16 e GPR 17 modeladas em SPIM.....	175
Figura 6.15 - Interpretação errônea de mapeamento de GPR 16 e GPR 17.	176
Figura 6.16 - Ilustração de instância de mapeamento de GRI 8 e GRI 9 modelada em SPIM.	177
Figura 6.17 - Ilustração de instância de mapeamento de AQU 1 modelada em SPIM.	177
Figura 6.18 - Ilustração de instância de mapeamento de DRE 1 modelada em SPIM.	179
Figura 6.19 - Ilustração de instância de mapeamento de AQU 3 modelada em SPIM.	179
Figura 6.20 - Instâncias de mapeamentos entre CMMI-Dev e ISO 9001....	181
Figura 6.21 - Instâncias de mapeamentos entre ISO 9001 e CMMI-Dev....	182

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Níveis de capacidade e níveis de maturidade (adaptado de [CHR03] e [SEI06]).	44
Tabela 2.2- Nível de maturidade, processos e atributos de processo do MR-MPS [SOF09].	48
Tabela 2.3- Palavras-chave utilizadas na busca por estudos primários.	51
Tabela 2.4- Bases de dados pesquisadas e quantidade de estudos identificados.	52
Tabela 4.1- Avaliação da Ontologia de Padrão de Qualidade.	108
Tabela 4.2- Avaliação da Ontologia de Norma de Qualidade.	111
Tabela 4.3- Avaliação da Ontologia de Modelo de Referência.	117
Tabela 4.4- Avaliação da Ontologia de Modelo de Avaliação.	125
Tabela 6.1- Mapeamento de GPR 3 (adaptado de [MEL11]).	172
Tabela 6.2- Mapeamento de GPR 7 (adaptado de [MEL11]).	172
Tabela 6.3- Mapeamentos de GPR 16 e GPR 17 (adaptados de [MEL11]).	174
Tabela 6.4- Mapeamento de GRI 8 e GRI 9 (adaptado de [MEL11]).	176
Tabela 6.5- Mapeamento de AQU 1 (adaptado de [MEL11]).	177
Tabela 6.6- Mapeamento de DRE 1 (adaptado de [MEL11]).	178
Tabela 6.7- Mapeamento de AQU 3 (adaptado de [MEL11]).	179
Tabela 6.8- Resultado esperado GRH 2 (adaptado de [MEL11]).	180
Tabela 7.1- Palavras-chave utilizadas na busca por estudos primários.	204
Tabela 7.2- Bases de dados pesquisadas na primeira execução.	205
Tabela 7.3- <i>Strings</i> de busca utilizadas.	205
Tabela 7.4- Quantidade de estudos encontrados por base de dados.	206
Tabela 7.5- Classificação dos estudos selecionados.	208
Tabela 7.6- Artigos de controle.	212
Tabela 7.7- Publicações identificadas na segunda execução.	216
Tabela 7.8- Frequências relativas dos treze problemas pesquisados.	228
Tabela 7.9- Grau de conhecimento sobre os instrumentos de qualidade.	229
Tabela 7.10- Grau de importância dos instrumentos de qualidade.	230
Tabela 7.11- Etapa de adoção dos instrumentos de qualidade.	230
Tabela 7.12- Coeficiente de contingência C entre as adoções de instrumentos de qualidade.	232
Tabela 7.13- Associação entre adoção de COBIT e ITIL.	233
Tabela 7.14- Associação entre adoção de ITIL e Six Sigma.	233
Tabela 7.15- Associação entre adoção de ISO9001 e Six Sigma.	234
Tabela 7.16- Coeficiente de contingência C entre as adoções de instrumentos de qualidade e os problemas de TI.	235
Tabela 7.17- Associação entre ausência de empresas e profissionais com compreensão integrada dos problemas (Q1.13) e a adoção de PNQ.	236
Tabela 7.18- Associação entre ausência de conhecimento quantitativo de desempenho (Q1.3) e a adoção de ISO9001:2000.	236

Tabela 7.19- Associação entre ausência de alinhamento claro entre as ações de TI e os objetivos estratégicos da organização (Q1.2) e a adoção de ITIL.	237
Tabela 7.20- Associação entre ausência de processo formal de tomada de decisões (Q1.1) e a adoção de ITIL.....	238
Tabela 7.21- Associação entre atrasos freqüentes em projetos de TI (Q1.5) e a adoção de People CMM.	238
Tabela 7.22- Impacto da experiência prévia em MPS nos problemas.....	243
Tabela 7.23- Impacto da experiência prévia em MPS na adoção das PA's.....	244
Tabela 7.24- Facilidade proporcionada pela experiência prévia em projetos de MPS na adoção das PA's de nível 2.	245
Tabela 7.25- Fatores que influenciaram positivamente os projetos.....	246
Tabela 7.26- Fatores que influenciaram negativamente os projetos.	246
Tabela 7.27- Fariam diferente se o projeto estivesse começando hoje.....	247

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i>
CPI	Índice de Desempenho de Custo
ES	Engenharia de Software
EUA	Estados Unidos da América
MPS	Melhoria do Processo de Software
PME	Pequenas e Médias Empresas
SEI	<i>Software Engineering Institute</i>
SI	Sistemas de Informação
SPICE	<i>Software Process Improvement and Capability dEtermination</i>
TI	Tecnologia da Informação
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
SPEM	<i>Software & Systems Process Engineering Meta-Model</i>
SPIM	<i>Software Process Improvement Meta-Model</i>
OMPS	Ontologia de Padrões de Qualidade para MPS

SUMÁRIO

1.	Introdução	25
1.1	Tema de Pesquisa e Motivação	26
1.2	Justificativa e Relevância	28
1.3	Objetivos	31
1.3.1	Objetivos Específicos	31
1.4	Organização do Volume	31
2.	Fundamentação Teórica	33
2.1	Uso do SPEM 2.0 para representação do processo de software	34
2.2	Padrões de Qualidade relacionados à MPS	36
2.2.1	ISO 9001	37
2.2.2	ISO/IEC 12207	39
2.2.3	ISO/IEC 15504	41
2.2.4	CMMI-Dev	43
2.2.5	MR-MPS	46
2.3	Integração de padrões de qualidade para MPS: Uma revisão sistemática da literatura	50
2.3.1	Planejamento da revisão sistemática da literatura	50
2.3.2	Trabalhos relacionados à integração de padrões de qualidade	53
2.4	Considerações finais sobre a fundamentação teórica	65
3.	Metodologia de pesquisa	71
3.1	Aspectos metodológicos da pesquisa	71
3.2	Caracterização da pesquisa	75
3.3	Desenho e etapas da pesquisa	79
3.3.1	Etapa 1 - Fundamentação	79
3.3.2	Etapa 2 - Desenvolvimento	81
3.3.3	Etapa 3 - Avaliação	82
3.4	Considerações finais sobre a metodologia de pesquisa	84
4.	Uma Ontologia para o domínio de Padrões de Qualidade para MPS	87
4.1	Metodologia adotada no desenvolvimento da OMPS	87
4.2	Terminologia adotada na OMPS	88
4.3	Ontologia para MPS	91
4.4	Ontologia de Padrão de Qualidade	93
4.4.1	Ativos de Processo	101
4.4.2	Adoção de Padrões de Qualidade	103
4.4.3	Mapeamento entre padrões de qualidade	106

4.4.4	Avaliação da Ontologia de Padrão de Qualidade.....	108
4.5	Ontologia de Norma de Qualidade.....	109
4.5.1	Avaliação da Ontologia de Norma de Qualidade	111
4.6	Ontologia de Modelo de Referência.....	112
4.6.1	Decomposição do conceito de Modelo de Referência para MPS ..	112
4.6.2	Decomposição do conceito de Área de Processo.....	113
4.6.3	Decomposição do conceito de Resultado de Processo	116
4.6.4	Avaliação da Ontologia de Modelo de Referência	117
4.7	Ontologia de Modelo de Avaliação.....	118
4.7.1	Decomposição do conceito de Modelo de Avaliação	118
4.7.2	Decomposição do conceito de Nível de Capacidade	120
4.7.3	Decomposição do conceito de Nível de Maturidade	123
4.7.4	Avaliação da Ontologia de Modelo de Avaliação	125
4.8	Considerações finais sobre a ontologia	126
5.	Um MetaModelo para o domínio de MPS.....	129
5.1	Arquitetura.....	129
5.2	Implementação do SPIM	134
5.2.1	Pacote <i>QualityStandardContent</i>	135
5.2.2	Conceitos relativos à Padrão de Qualidade	137
5.2.3	Conceitos relativos ao mapeamento entre Padrões de Qualidade	141
5.2.4	Conceitos relativos à Modelo de Qualidade.....	142
5.2.5	Conceitos relativos à Norma de Qualidade	147
5.2.6	Pacote SPIM	148
5.3	Considerações finais sobre o metamodelo	149
6.	Avaliação.....	153
6.1	Tecnologias adotadas	154
6.1.1	Plataforma Eclipse	154
6.1.2	EMF.....	155
6.1.3	<i>OCLinEcore</i>	156
6.2	Cenários de avaliação	157
6.2.1	Cenário 1 - Modelagem do Modelo de Referência MR-MPS	158
6.2.2	Cenário 2 - Modelagem do Modelo de Referência CMMI-Dev.....	165
6.2.3	Cenário 3 - Modelagem da Norma ISO 9001	168
6.2.4	Cenário 4 - Modelagem do mapeamento MR-MPS - CMMI.....	169
6.2.5	Cenário 5 - Modelagem do mapeamento ISO 9001-CMMI	180
6.3	Considerações finais sobre a avaliação.....	183
7.	Conclusões.....	185
7.1	Contribuições da Pesquisa.....	187
7.2	Limitações da Pesquisa	189

7.3	Trabalhos Futuros	191
	Referências Bibliográficas	195
	Apêndice A - Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura sobre Integração de Padrões de Qualidade para MPS	203
	Apêndice B - Survey	227
	Apêndice C - Estudo de Caso	241
	Apêndice D - Artigos Publicados.....	251
	Anexo A - Perfil UML utilizado na especificação da ontologia	253

1. INTRODUÇÃO

No contexto da Engenharia de Software, a qualidade do processo de software é vista como uma peça chave para o fornecimento de produtos e serviços de qualidade. Assim, a Melhoria do Processo de Software (MPS) tornou-se um tópico de grande interesse tanto para a pesquisa científica quanto para a indústria de software.

A padronização, em si, também é considerada de grande importância na área de Engenharia de Software. De acordo com [GAR06], padrões fornecem às organizações convenções, práticas, tecnologias e terminologias reconhecidas, as quais auxiliam estas organizações a interagirem utilizando métodos de engenharia, ao invés do improvisado.

Atualmente existem diversos padrões, normas e modelos relevantes para a área de MPS, tais como ISO 9001 [ISO08], ISO/IEC 15504 [ISO04], ISO/IEC 12207 [ISO08b], CMMI-DEV [SEI06] e MPS.BR [SOF09]. O uso de padrões e modelos é considerado importante na área de Tecnologia da Informação (TI), pois proporciona uma base de conhecimento e práticas reconhecidas para: 1) avaliar a capacidade e maturidade dos processos das organizações visando orientar os esforços de MPS e 2) determinar a capacidade dos fornecedores de produtos de software e gerenciar contratos com os mesmos [HUM93].

Entretanto, apesar dos esforços na criação de padrões, normas e modelos reconhecidos internacionalmente, a área de MPS ainda apresenta pouca padronização sobre muitos dos conceitos e termos nela empregados. Ao compararmos fontes utilizadas por pesquisadores e pela indústria de software podemos encontrar divergências nos conceitos e na terminologia adotada. Isto pode ser observado tanto no estudo de padrões, normas e modelos para MPS internacionalmente reconhecidos, quanto em estudos científicos publicados na literatura especializada. De fato, um dos primeiros passos na implantação de uma iniciativa de MPS é a compreensão dos conceitos e da terminologia empregada no padrão, norma ou modelo para MPS escolhido pela organização.

Este problema torna-se ainda mais desafiador quando consideramos o fato de que muitas organizações adotam múltiplos padrões, normas e modelos. De acordo com [FER10], isto frequentemente resulta em desalinhamento na implementação dos modelos, requerendo assim esforço adicional para reconciliação. Além disto, redundâncias e lacunas levam a problemas operacionais e redução da produtividade. O

fato é que o exercício de comparação entre modelos não é simples, pois a abrangência das descrições e as diferenças estruturais precisam ser consideradas para a comparação efetiva. Este cenário passou a despertar a atenção da comunidade científica recentemente. Assim, vários estudos passaram a abordar as dificuldades encontradas na integração, comparação, mapeamento e harmonização de múltiplos padrões, normas e modelos, tais como [ROZ97], [VAR98], [ROU01], [LEP02], [MIN02], [PIC05], [SIV05], [VAZ05], [CAT06], [YOO06], [FER07], [FER08], [MUT08], [PAU08], [BAL09], [BAL10], [BAL11], [FER10], [MEL11] e [PAR11].

Em virtude destes fatores, a integração de padrões, normas e modelos para MPS apresenta-se como um problema relevante para a pesquisa na área de MPS. Esta tese de doutorado visa contribuir para a solução deste problema ao propor uma nova abordagem para representação de padrões, normas e modelos para MPS.

1.1 Tema de Pesquisa e Motivação

A variedade de padrões, normas e modelos sendo utilizados pelas organizações cria um amplo campo para a pesquisa sobre a integração dos mesmos. Do ponto de vista da Engenharia de Software e da pesquisa em Sistemas de Informação, são particularmente interessantes os estudos relacionados à integração de padrões, normas e modelos relacionados especificamente à MPS. Tem havido um grande interesse tanto na indústria quanto na academia pela melhoria do processo de software como agente para a melhoria da qualidade do produto de software. Isto advém em parte do fato de que diversos pesquisadores acreditam que compreendendo e melhorando os processos de software é possível melhorar a qualidade dos produtos de software ([HUM93], [FUG00], [ROC01], [SOM03], [PRE04] e [SCH08]).

Atualmente, muitas organizações, em especial governamentais, exigem que seus fornecedores de software comprovem sua capacidade de desenvolvimento com qualidade [CHR03], [SCH08]. Uma das estratégias seguidas na busca pela qualidade dos processos de software é a adoção de padrões, normas e modelos para MPS [ROC01], [CHR03], [SCH08]. Por um lado, o dos fornecedores de software, estes padrões, normas e modelos são utilizados como guias para condução de projetos para MPS. Neste caso, a certificação de conformidade com um ou mais padrões, normas e modelos pode ser utilizada como diferencial competitivo. Por outro lado, o dos consumidores de software,

estes padrões, normas e modelos são utilizados como critério de avaliação para a contratação de fornecedores de software e aquisição de produtos de qualidade. Neste caso, a certificação garante que uma avaliação criteriosa do processo de software tenha sido feita por uma entidade externa, dando mais credibilidade ao processo de contratação/aquisição como um todo.

Entretanto, apesar das vantagens encontradas na adoção de padrões, normas e modelos para MPS, novos desafios também se apresentam para as empresas que os adotam. Um destes desafios é a integração dos mesmos. Um problema existente nesta área é que os padrões, normas e modelos tratam vários conceitos de formas diferentes, apresentam estruturas diferentes, níveis de abstração diferentes e apresentam suas exigências em granularidades diferentes. Apesar de já existirem na literatura estudos sobre esta problemática, poucos destes estudos preocupam-se com o formalismo necessário para representação de padrões, normas e modelos para MPS. Com relação a representação formal de modelos para MPS, o adjetivo formal é utilizado aqui como sinônimo de preciso, de matemático. A maioria dos estudos encontrados trata da integração de padrões, normas e modelos específicos, sem discutir a representação precisa, a integração semântica e o tratamento das diferenças conceituais entre os mesmos. São exemplos destes estudos os trabalhos que tratam da integração do modelo IDEAL com o *Six Sigma* em [PIC05] e [SIV05], do CMMI com a ISO/IEC TR 15504 em [ROU01] e em [LEP02], do CMMI com a ISO 9001 em [MUT08] e do CMMI com o MPS.BR em [MEL11]. Estes estudos visam à comparação, à harmonização ou ao mapeamento entre padrões, normas e modelos para MPS. Mesmo dentre os poucos estudos encontrados que apresentam propostas de formalismos relacionados à representação e integração de padrões, normas e modelos para MPS ([LEP02], [GON05], [PAR11]), não foi encontrado nenhum que proponha uma linguagem para representação que apoie a integração dos mesmos. Nenhum destes estudos aborda também a possibilidade de tratar os padrões de qualidade como artefatos computáveis, de forma a contribuir para o desenvolvimento de ferramentas que apoiem o trabalho relacionado à integração dos padrões de qualidade para MPS.

Por este motivo, esta tese de doutorado tem como problemática principal a representação formal de padrões, normas e modelos para MPS. Visando facilitar a discussão sobre o assunto e tornar mais clara a redação desta tese de doutorado, estes padrões, normas e modelos para MPS serão daqui em diante chamados apenas pelo

termo genérico de padrões de qualidade. Desta forma, apresenta-se a seguinte questão de pesquisa:

"Como realizar a representação de padrões de qualidade para MPS de forma que seja possível apoiar a integração dos mesmos?".

1.2 Justificativa e Relevância

Uma dificuldade encontrada quando se tenta analisar as diferenças e as semelhanças entre os diversos padrões de qualidade é a inexistência de padronização nas suas definições. Os diversos padrões de qualidade apresentam vocabulários diferentes, níveis de abstração diferentes e exigências em granularidades diferentes. Cada padrão de qualidade possui também uma estrutura diferente, apresentando diferentes relações entre seus conceitos, como pode ser observado nos trabalhos de [ROZ97], [VAR98], [ROU01], [LEP02], [MIN02], [PIC05], [SIV05], [VAZ05], [CAT06], [YOO06], [FER07], [FER08], [MUT08], [PAU08], [BAL09], [BAL10], [BAL11], [FER10], [MEL11] e [PAR11]. Apesar de indesejada, a existência de diferenças entre os padrões de qualidade pode ser compreendida quando consideramos o fato, apontado por [MUT08], de que os diversos padrões de qualidade são desenvolvidos independentemente por diferentes grupos de pessoas, sem que a harmonização entre os mesmos seja um requisito prioritário para tais grupos.

Uma alternativa para lidar com esta dificuldade é a construção de uma conceituação sobre padrões de qualidade para MPS. Uma conceituação é definida por Guizzardi [GUI05] como o conjunto de conceitos usados para articular abstrações sobre o estado das coisas em um dado domínio, enquanto que uma abstração de uma parte da realidade articulada de acordo com uma conceituação de um domínio é definida como um modelo. Entretanto, [GUI05] destaca que tanto conceituações quanto modelos são entidades abstratas existentes apenas na mente de pessoas. Para serem documentadas, comunicadas e analisadas estas entidades precisam ser capturadas em artefatos concretos. Assim, uma ontologia de domínio serve para explicitar e definir formalmente os conceitos, relações, propriedades e restrições relativas à conceituação de um dado domínio, enquanto que uma linguagem de modelagem, definida de acordo com tal

ontologia, serve para especificar um modelo articulado de acordo com a conceituação do domínio.

De acordo com Falbo [FAL10], ontologias podem ser usadas para promover um entendimento comum entre pessoas atuando em uma área do conhecimento ao estabelecerem uma conceituação comum acerca do domínio. Já para [GUI05], ter uma conceituação precisa sobre um domínio torna-se ainda mais crítico quando queremos integrar modelos desenvolvidos independentemente. Como anteriormente discutido, este é justamente o caso da integração de padrões de qualidade para MPS. Justifica-se assim a abordagem proposta nesta tese de doutorado. O objetivo desta tese de doutorado é desenvolver uma abordagem para representação de padrões de qualidade para MPS de forma que seja possível apoiar a integração dos mesmos. Esta abordagem propõe uma conceituação do domínio, explicitada através do desenvolvimento de uma ontologia de padrões de qualidade para MPS, e uma linguagem de modelagem baseada nesta ontologia, explicitada através do desenvolvimento de um metamodelo para padrões de qualidade para MPS.

Além disto, a diversidade de conceituações, estruturas, níveis de abstração e granularidade observados nos padrões de qualidade dificultam a criação de ferramentas que permitam dar suporte à definição, à implantação e à avaliação de processos em organizações que adotam múltiplos padrões de qualidade. As ferramentas de engenharia de processo são, geralmente, baseadas em uma linguagem de modelagem, um metamodelo, que permite representar de forma padronizada e coerente os processos sendo modelados. Um metamodelo importante nesta área é o *Software & Systems Process Engineering Meta-Model* (SPEM) [OMG08]. Este metamodelo visa à representação de processos de software e possui uma implementação de referência que permite a modelagem dos mesmos. Entretanto, nem mesmo este metamodelo trata dos conceitos necessários para a representação de padrões de qualidade para MPS. O metamodelo desenvolvido nesta tese foi criado através da extensão do metamodelo SPEM 2.0, visando dar suporte à representação e integração de padrões de qualidade para MPS. O metamodelo é utilizado também na implementação de um protótipo de ferramenta para representação e integração de padrões de qualidade para MPS.

Assim, esta pesquisa é relevante ao contribuir para o avanço da pesquisa em uma área que vem despertando crescente interesse da comunidade científica. As contribuições desta tese de doutorado podem ajudar os pesquisadores a explicitar o

conhecimento sobre o tema a estabelecer um entendimento comum sobre os padrões de qualidade para MPS. Além disto, como foi discutido, a diversidade de conceituações, estruturas, níveis de abstração e granularidade que caracterizam a dificuldade encontrada na integração de padrões de qualidade para MPS frequentemente resultam em desalinhamento na implementação dos modelos e levam a problemas operacionais e redução da produtividade [FER10]. Desta forma, esta pesquisa torna-se também relevante para a indústria de software, pois pode beneficiar as empresas que adotam múltiplos padrões de qualidade ao contribuir para o desenvolvimento de ferramentas de apoio ao trabalho de integração de padrões de qualidade para MPS.

Em relação à originalidade do tema, não se tem conhecimento de que o assunto tenha sido tratado anteriormente sob a mesma perspectiva. Como foi dito, foram encontrados vários estudos que visam à integração, à comparação, à harmonização ou ao mapeamento entre padrões de qualidade ([ROZ97], [VAR98], [ROU01], [LEP02], [MIN02], [PIC05], [SIV05], [VAZ05], [CAT06], [YOO06], [FER07], [FER08], [MUT08], [PAU08], [BAL09], [BAL10], [BAL11], [FER10], [MEL11] e [PAR11]), mas nenhum destes estudos propõe uma linguagem de modelagem para representação de padrões de qualidade e apoio à integração dos mesmos.

Além disto, nenhum dos estudos encontrados trata os padrões de qualidade como artefatos computáveis, de forma a contribuir para o desenvolvimento de ferramentas que apoiem o trabalho relacionado à integração dos padrões de qualidade para MPS. Os estudos encontrados têm um enfoque na criação de artefatos destinados às pessoas que trabalham com MPS, tais como tabelas de comparação, mapeamentos, métodos, técnicas ou processos de integração. A abordagem apresentada nesta tese de doutorado, por outro lado, também se preocupa com a criação de artefatos destinados aos sistemas computacionais utilizados por estas pessoas. Através do uso da linguagem de modelagem aqui proposta, os padrões de qualidade e os mapeamentos entre os mesmos podem ser formalizados em modelos computáveis. Desta forma, é possível implementar ferramentas de software capazes de realizar operações automatizadas de processamento das informações contidas nos modelos, auxiliando, assim, tanto o trabalho de pesquisadores interessados no estudo dos padrões de qualidade quanto o trabalho de usuários interessados na adoção de tais padrões de qualidade em suas organizações.

1.3 Objetivos

O objetivo geral desta tese de doutorado é desenvolver uma abordagem para representação de padrões de qualidade para MPS de forma que seja possível apoiar a integração dos mesmos.

1.3.1 Objetivos Específicos

Para a consecução do objetivo geral proposto identificam-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as abordagens para integração de padrões de qualidade existentes na área, bem como as características das mesmas;
- Definir uma ontologia para consolidação dos conceitos e da terminologia empregada nos padrões de qualidade utilizados na área de MPS;
- Definir um metamodelo visando dar suporte à integração de padrões de qualidade para MPS;
- Especificar e desenvolver um protótipo de ferramenta para dar suporte à definição e integração de padrões de qualidade para MPS;
- Avaliar a solução proposta utilizando o protótipo desenvolvido.

1.4 Organização do Volume

Esta tese de doutorado está dividida na seguinte estrutura: o capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica deste trabalho; o capítulo 3 descreve a metodologia de pesquisa; o capítulo 4 apresenta a conceituação sobre MPS através do desenvolvimento de uma Ontologia de Padrões de Qualidade para MPS (OMPS); o capítulo 5 apresenta o metamodelo desenvolvido para representação e integração de padrões de qualidade para MPS; o capítulo 6 apresenta a avaliação do metamodelo e o protótipo de ferramenta desenvolvida para a avaliação. Por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões deste trabalho.

2. Fundamentação Teórica

Como foi discutido, na introdução desta tese de doutorado, a crescente demanda pela melhoria do produto de software motivou o surgimento de diversos padrões de qualidade que são utilizados para guiar projetos de MPS. A variedade de padrões de qualidade sendo utilizados pelas organizações cria novos desafios relacionados à integração dos mesmos, motivando a escolha do tema tratado neste trabalho. Para tratar deste tema com o rigor adequado, é necessário primeiro um aprofundamento no conhecimento existente sobre este tema. De acordo com Sampieri *et al.* [SAM98], para o aprofundamento em um tema é necessário conhecer os estudos, pesquisas e trabalhos anteriormente realizados sobre o tema. A tarefa de pesquisa da literatura sobre o tema e tópicos correlacionados torna-se então uma etapa fundamental de qualquer pesquisa científica, fornecendo a fundamentação teórica necessária para a sua realização. Esta etapa é fundamental a tal ponto que, de acordo com [OAT06], torna-se difícil conceber a realização de artigos ou teses sem a fundamentação teórica.

Desta forma, este capítulo apresenta a fundamentação teórica desta tese de doutorado. O primeiro objetivo específico apresentado na seção 1.3.1, que diz respeito à necessidade de identificar as abordagens para integração de padrões de qualidade existentes na área, bem como as características das mesmas, é tratado neste capítulo.

Primeiramente, foi realizada a pesquisa sobre engenharia de processo de software e metamodelos. Os resultados desta pesquisa são apresentados na seção 2.1, que descreve o metamodelo SPEM 2.0 e comenta seu uso na representação de processos de software. Foi realizada ainda uma pesquisa sobre os padrões de qualidade para MPS escolhidos para o desenvolvimento das contribuições desta pesquisa. O resultado desta pesquisa é apresentado na seção 2.2, onde são descritas as normas ISO 9001, ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15504, bem como os modelos de referência para MPS CMMI-Dev e MR-MPS.

Visando tratar do primeiro objetivo específico apontado, foi realizada a pesquisa sobre as abordagens para integração de padrões de qualidade existentes na área. Esta pesquisa foi realizada utilizando-se da técnica de revisão sistemática da literatura. Kitchenham [KIT04] define a revisão sistemática da literatura como um estudo secundário que tem por objetivo a identificação de estudos primários na literatura de uma determinada área, seguindo um rigor metodológico. A revisão sistemática da literatura

realizada nesta pesquisa seguiu recomendações do guia de Kitchenham para adoção de revisões sistemáticas em pesquisas de doutorado [KIT04], foi conduzida de acordo com o processo recomendado por Silva Filho [SIL06] e documentada de acordo com a organização adotada em [SOU08].

Assim, com a realização da revisão sistemática da literatura, foram identificados diversos trabalhos relacionados ao tema principal desta tese de doutorado. A estes trabalhos, se juntaram outros trabalhos relacionados que foram identificados durante a revisão informal da literatura, durante a participação em eventos da área, durante o contato com outros pesquisadores e durante o processo de leitura da literatura científica que faz parte do cotidiano do pesquisador. O resultado é apresentado na seção 2.3, onde são apresentados os trabalhos relacionados à integração de padrões de qualidade para MPS. Por fim, na seção 2.4 são apresentadas as considerações finais do capítulo.

2.1 Uso do SPEM 2.0 para representação do processo de software

O *Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification* (SPEM) [OMG08] é um metamodelo desenvolvido pelo *Object Management Group* (OMG) para a definição de processos de software. O SPEM é utilizado, nesta pesquisa, como base para a definição do metamodelo para representação de padrões de qualidade em virtude de sua ampla utilização, tanto na academia quanto na indústria, como o principal metamodelo para representação de processos de software. Além disto, sua utilização também faz com que o metamodelo sendo proposto torne-se compatível com processos de software que tiveram ou venham a ter sua origem no SPEM.

O SPEM 2.0 separa os conceitos relacionados à engenharia dos processos de software em duas categorias principais: 1) a definição da estrutura do processo de software (*Process Structure*) e 2) o conteúdo do processo (*Method Content*).

Na categoria *Method Content* são incluídos todos os conceitos que podem ser utilizados para descrever como os objetivos de um processo de desenvolvimento de software serão alcançados, quem são os papéis envolvidos e quais são os artefatos desenvolvidos, independentemente do ciclo de vida sendo adotado ou do seqüenciamento das atividades. A dimensão temporal não é considerada. Na categoria *Process Structure* são incluídos os conceitos relacionados à criação de um processo completo que utiliza o

conteúdo definido em *Method Content*, mas considera a dimensão temporal dos processos e, portanto, o fluxo de atividades presentes nos mesmos.

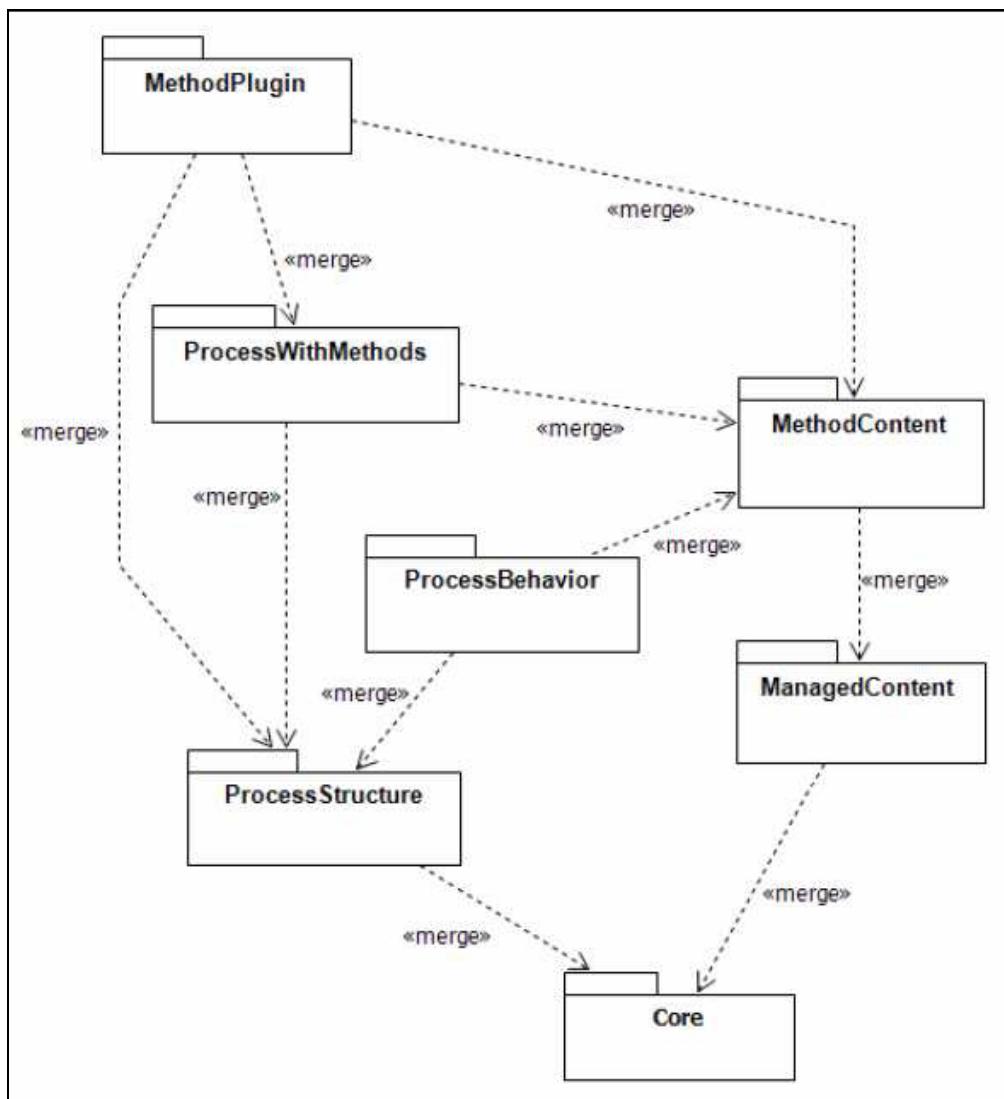


Figura 2.1 - Estrutura do metamodelo SPEM 2.0 [OMG08].

A Figura 2.1 ilustra a estrutura do metamodelo. O pacote **Core** contém as classes e abstrações para a construção da base do metamodelo SPEM 2.0. O pacote **Process Structure** define a base para modelagem de todos os processos de maneira estática. A sua principal estrutura de dados é uma decomposição de Atividades encadeadas que mantém listas de referências necessárias ao desempenho da classe Papel, bem como as entradas e saídas da classe Produto de trabalho para as atividades. O pacote **Process Behavior** permite estender as estruturas definidas no pacote **Process Structure** com modelos comportamentais. O pacote também permite uma extensão do metamodelo do SPEM 2.0 para que a execução de um processo possa ser acompanhada. O pacote **Managed Content** adiciona conceitos para documentação e descrição textual

de um processo de desenvolvimento de software. O pacote *Method Content* permite que os usuários do SPEM 2.0 criem uma biblioteca com conhecimento sobre processos de desenvolvimento reutilizável e independente de processos para uso posterior. O pacote *Process with Methods* define novos conceitos e altera outros conceitos já existentes nos pacotes anteriores para integrar processos definidos pelo pacote *Process Structure* com seus conteúdos, definidos pelo pacote *Method Content*. Por fim, o pacote *Method Plug-in* define os conceitos necessários para criar, gerenciar e manter bibliotecas e processos de desenvolvimento. De acordo com [OMG11], os pacotes que compõem o metamodelo relacionam-se através de uma associação especial definida pela UML chamada *Package Merge*. O *Package Merge* é um relacionamento entre dois pacotes que indica que o conteúdo desses pacotes foi combinado. Este relacionamento é utilizado quando elementos definidos em pacotes diferentes têm o mesmo nome e representam o mesmo conceito.

2.2 Padrões de Qualidade relacionados à MPS

Existem diversos padrões de qualidade relevantes para a área de Tecnologia da Informação como um todo. Estes padrões cobrem temas tão diversos quanto: gestão da qualidade (e.g.: ISO 9001 [ISO08]), medição (e.g.: ISO/IEC 15939 [ISO07], IEEE Std. 1061 [IEE98]), governança (e.g.: COBIT [ITG07]), gerenciamento de serviços em TI (e.g.: ITIL [OGC10]) e MPS (e.g.: ISO/IEC 15504 [ISO04], ISO/IEC 12207 [ISO08b], CMMI [SEI10] e MPS.BR [SOF09]). Dentre estes diversos padrões relevantes para TI, foram selecionados como base para o desenvolvimento desta tese de doutorado as normas ISO 9001, ISO/IEC 15504, ISO/IEC 12207, e os modelos CMMI e MPS.BR. A escolha destes padrões de qualidade teve como critério a relevância dos mesmos para a área de MPS no Brasil. Isto foi constatado através de várias fontes de dados. A primeira fonte foi o estudo da literatura pertinente ao tema desta pesquisa, onde estes quatro padrões foram os padrões de qualidade mais citados. Esta constatação é corroborada também pelos dados obtidos na realização de uma *survey* no início desta pesquisa (Apêndice B), cujos resultados foram publicados em [ESP09], e pela pesquisa de Travassos e Kalinowski [TRA09]. Estas duas pesquisas apresentam dados que indicam ISO 9001, CMMI e MPS.BR como os modelos mais importantes para a área de MPS no contexto brasileiro.

As normas ISO/IEC 15504 e ISO/IEC 12207 também são padrões de relevância para esta pesquisa por outro motivo. Diversos padrões de qualidade são

desenvolvidos com base nestas normas, ou pelo menos visando compatibilidade com as mesmas, tal como aconteceu com MPS.BR e CMMI. Em virtude de sua influência sobre outros padrões de qualidade, diversos conceitos e termos relevantes para esta pesquisa são oriundos destas normas. Além disto, tanto o CMMI quanto o MPS.BR referenciam as normas ISO/IEC 15504 e ISO/IEC 12207. Em virtude desta relação, era esperada uma forte convergência entre os conceitos e terminologia empregados nestes padrões de qualidade. Entretanto, estes padrões de qualidade apresentam diferenças significativas, como discutiremos mais adiante. Isto faz com que estes dois padrões de qualidade também sejam representativos da diversidade de conceitos e terminologia encontrados na área de MPS.

2.2.1 ISO 9001

A norma ISO 9001:2008 [ISO08] é uma norma técnica internacional publicada pela *International Organization for Standardization* (ISO) em colaboração com a *International Electrotechnical Commission* (IEC). Esta norma apresenta os requisitos para um Sistema de Gestão da Qualidade. Seu propósito é promover a adoção de uma abordagem de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria de tal sistema, visando aumentar a satisfação do cliente através do atendimento de seus requisitos.

O conceito de "abordagem de processo" adotado pela norma é definido como uma aplicação, em uma organização, de um sistema para gestão e identificação dos processos e de suas interações. Já o conceito de processo adotado pela norma é definido como uma atividade ou conjunto de atividades que usa recursos e que é gerenciada de forma a possibilitar a transformação de entradas e saídas, sendo que, frequentemente, a saída de um processo torna-se entrada para o processo seguinte. A norma defende como vantagem de tal abordagem o controle contínuo sobre a ligação entre os processos individuais dentro deste sistema.

Cabe esclarecer que a ISO 9001 não é uma norma focada em MPS, mas sim uma norma focada no desenvolvimento de sistemas de gestão de qualidade que pode ser adotada em organizações de qualquer tipo. Mesmo assim, no Brasil, esta norma que é amplamente empregada na indústria em geral, também tem grande adoção em organizações de software, tal como constatado em [ESP09] e [TRA09].

Quanto a seu conteúdo, a norma é organizada em oito seções. As primeiras três seções apresentam escopo, referências normativas, termos e definições empregados na norma. Os requisitos propriamente ditos são apresentados nas seções 4 a 8 da norma e são organizados da seguinte forma:

4. Sistema de Gestão da Qualidade: versa sobre os requisitos básicos para estabelecer, documentar, implementar, manter e melhorar continuamente o Sistema de Gestão da Qualidade;
5. Responsabilidade da Direção: versa sobre as responsabilidades da alta direção em relação ao Sistema de Gestão da Qualidade;
6. Gestão de Recursos: versa sobre os requisitos para o fornecimento de recursos;
7. Realização de Produto: versa sobre os requisitos para produtos e serviços, incluindo atividades de análise crítica de contratos, aquisições e projetos;
8. Medição, Análise e Melhoria: versa sobre os requisitos para atividades de avaliação, incluindo medição da satisfação do cliente, análise de dados e melhoria contínua.

Do ponto de vista estrutural, a norma é organizada de forma simples. Cada seção contém subseções que, por sua vez, podem conter outras subseções, requisitos e notas. Os requisitos constituem as exigências que devem ser atendidas pelas organizações que buscam conformidade com a norma. Cada requisito é redigido sob a forma de uma sentença que expressa uma obrigação a ser cumprida pela organização, motivo pelo qual empregam sempre o verbo modal "*shall*" na versão em inglês. Já as notas são sentenças de caráter informativo que visam auxiliar o entendimento dos requisitos, sendo redigidas sem empregar jamais o termo "*shall*" para distingui-las claramente dos requisitos. Além disto, os requisitos são em alguns casos redigidos sob a forma de listas de itens, mas este caso pode ser interpretado como um recurso de estilo que visa tornar o texto menos repetitivo ao leitor, pois cada item constitui um requisito em si.

Do ponto de vista do nível de abstração, a norma é redigida em alto nível, contendo requisitos genéricos que podem ser aplicados em qualquer tipo de organização. Os requisitos não prescrevem como o trabalho deve ser feito, mas sim o que é esperado

que seja feito. Os requisitos também não descrevem as atividades dos processos, mas apenas as características do sistema de gestão de qualidade que deve ser implementado através da definição dos processos na organização. Portanto, fica claro que, apesar de recomendar uma abordagem de processos, a norma não é organizada como um conjunto de descrições de processos ou de atividades esperadas. Isto a distingui de normas específicas para o domínio de MPS, tal como a norma ISO/IEC 12207, e a torna suficientemente genérica para que possa ser adotada em organizações de qualquer tipo.

Do ponto de vista da granularidade de seus componentes, pode-se observar que os requisitos da norma não são detalhados em profundidade, fator associado ao alto nível de abstração já comentado. Isto pode ser observado quando a norma é comparada com padrões de qualidade onde os requisitos são redigidos em uma granularidade menor, tal como o CMMI. No mapeamento entre CMMI e ISO 9001 publicado por Mutafelija e Stromberg em [MUT08], por exemplo, frequentemente as exigências de um único requisito da ISO 9001 precisam das exigências de vários requisitos do CMMI para o estabelecimento de uma equivalência.

2.2.2 ISO/IEC 12207

A norma ISO/IEC 12207 [ISO08b] é uma norma técnica internacional publicada pela ISO em colaboração com a IEC e com o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE). Esta norma apresenta um *framework* para os processos do ciclo de vida de software. Segundo [ROC01], a norma é flexível para as abordagens de Engenharia de Software envolvidas, sendo utilizável em qualquer modelo de ciclo de vida (em cascata, incremental, evolutivo, etc.), com qualquer método ou técnica de Engenharia de Software (projeto orientado a objetos, técnicas estruturadas, prototipação, etc.) e com quaisquer linguagens de programação (Cobol, Ada, Visual Basic, etc.). Estas escolhas dependem do projeto e do estado da arte da tecnologia e são deixadas a critério dos usuários da norma. A norma tem por objetivo auxiliar os envolvidos na produção de software a definir seus papéis, por meio de processos bem definidos, e assim proporcionar às organizações que a utilizam um melhor entendimento das atividades a serem executadas nas operações que envolvem, de alguma forma, o software.

Para [ROC01] a arquitetura descrita na norma utiliza uma terminologia bem definida composta de processos, atividades e tarefas para a aquisição, fornecimento, desenvolvimento, operação e manutenção de software. A norma estabelece uma

arquitetura de alto nível para o ciclo de vida de software que abrange desde a concepção até a descontinuidade do mesmo. Esta arquitetura é baseada em processos chave e no inter-relacionamento entre eles e segue dois princípios básicos [ISO08b]:

Coesão: os processos têm alta coesão e baixo acoplamento, ou seja, todas as partes de um processo são fortemente relacionadas e o número de interfaces entre os processos é mantido ao mínimo.

Responsabilidade: cada processo na norma é de responsabilidade de uma 'parte envolvida', que pode ser uma organização ou parte dela. As partes envolvidas podem ser de uma mesma organização ou de organizações diferentes. A norma considera os termos 'parte' e 'organização' como sinônimos. Além disto, o tamanho da organização pode variar de uma a várias pessoas.

Do ponto de vista estrutural, a norma é organizada de forma mais complexa que a organização observada na norma ISO 9001. A norma ISO/IEC 12207 é organizada em grupos de processos. Cada processo contém um título que estabelece seu escopo, uma descrição de propósito que estabelece os objetivos do processo, uma lista de resultados esperados da implementação bem sucedida do processo, uma lista de atividades para atingir os resultados e tarefas expressas sob a forma de requisitos, recomendações ou permissões. Os requisitos, assim como na norma ISO 9001, são redigidos sempre com o uso do verbo modal "*shall*", enquanto que as recomendações são caracterizadas pelo uso do "*should*" e as permissões pelo uso do "*may*" na versão em inglês da norma. Além disto, material informativo também é apresentado sob a forma de notas sem caráter normativo, tal como na norma ISO 9001.

Do ponto de vista do nível de abstração, a norma é redigida em um nível mais baixo do que aquele observado na norma ISO 9001. Os requisitos aqui também descrevem resultados esperados. Entretanto, diferentemente da norma ISO 9001, os requisitos estão organizados em processos e descrevem atividades e tarefas que devem ser realizadas para que os resultados esperados dos processos sejam atingidos. Em decorrência disto, a granularidade de seus componentes também é menor do que aquela observada na norma ISO 9001.

Outra diferença entre a norma ISO/IEC 12207 e a norma ISO 9001 que merece ser destacada diz respeito à adoção da mesma pelas organizações. A norma ISO/IEC 12207 não é amplamente adotada no Brasil como a norma ISO 9001. Mesmo

assim, a norma é relevante para a área de MPS por fornecer um *framework* de processos que é referencial para outros padrões de qualidade, tais como CMMI e MPS.BR. Além disso, a norma ISO/IEC 12207 serve como um modelo de referência para processos de software que pode ser utilizado em avaliações de capacidade de processos que estejam de acordo com a norma ISO/IEC 15504, que é descrita na seção 2.2.3.

2.2.3 ISO/IEC 15504

A norma internacional ISO/IEC 15504 estabelece princípios, requisitos e metodologias a serem aplicadas na condução de avaliações de processos de organizações, visando determinar a capacidade dos processos, bem como melhorar continuamente a eficiência e eficácia das organizações [ISO04]. A norma também estabelece um conjunto mínimo de requisitos para a realização de avaliações que busca garantir a consistência e a replicabilidade dos resultados de avaliações.

A norma não é fornecida no intuito de ser utilizada em qualquer esquema de certificação de capacidade de organizações, mas fornece um *framework* de medição para avaliações. Quanto à dimensão de capacidade deste *framework*, a norma sugere o uso de um conjunto de atributos que caracterizam a capacidade dos processos, e que são utilizados para fins de avaliação dos processos [ISO04]. Os atributos de processo devem ser agrupados em níveis de capacidade. A norma sugere seis níveis de capacidade: incompleto, executado, gerenciado, estabelecido, previsível e em otimização.

O nível 0, definido como incompleto, indica que o processo não é executado ou que a declaração de propósito do processo não é atingida. Neste nível existe pouca ou nenhuma evidência de obtenção sistemática de qualquer atributo.

O nível 1, definido como executado, indica que a declaração de propósito do processo foi atingida. Existe consenso entre os indivíduos da organização acerca das ações executadas e os resultados atingidos confirmam que a declaração de propósito foi atingida. Entretanto, a obtenção pode não ter sido rigorosamente planejada e acompanhada. O atributo de desempenho de processo evidencia a obtenção deste nível.

O nível 2, definido como gerenciado, indica que os resultados produzidos estão em conformidade com os padrões e requisitos especificados, além de terem sido planejados e acompanhados. A principal diferença entre este nível e o nível 1 é que neste nível os resultados produzidos estão de acordo com os requisitos de qualidade, tempo e

recurso definidos. Os atributos de gerenciamento de desempenho e de gerenciamento de produto de trabalho evidenciam a obtenção deste nível.

O nível 3, definido como estabelecido, indica que o processo é executado, gerenciado e é utilizado um processo definido para obtenção dos resultados. Os atributos de definição de processo e implantação de processo evidenciam a obtenção deste nível.

O nível 4, definido como previsível, indica que o processo é executado de maneira consistente, utilizando limites de controle. Medidas minuciosas da execução são detalhadas e analisadas, levando ao entendimento quantitativo das capacidades, bem como a melhoria da habilidade de prever e gerenciar as execuções. Os resultados obtidos são quantificáveis. A principal diferença entre este nível e o nível 3 é que neste nível o processo é executado de maneira consistente e dentro de limites de controle. Os atributos de medição e de controle de processo evidenciam a obtenção deste nível.

O nível 5, definido como em otimização, indica que o desempenho do processo é otimizado a fim de atingir as necessidades correntes e futuras do negócio. Além disto, o processo atinge as necessidades do negócio de maneira constante. As necessidades da organização servem de base para a definição de objetivos de efetividade e eficiência na execução dos processos. Tais objetivos são continuamente monitorados, a fim de obter o retorno quantitativo e a melhoria na forma de obtenção dos resultados. A otimização do processo também envolve testar novas ideias e tecnologias. A principal diferença entre este nível e o nível 4 é que neste nível o processo é dinamicamente alterado e adaptado a fim de atingir de maneira mais efetiva os objetivos do negócio. Os atributos de inovação de processo e de melhoria contínua evidenciam a obtenção deste nível.

Como a norma ISO 15504 não é utilizada pela indústria na avaliação de processos, sua integração com outros padrões de qualidade não é explorada neste trabalho. Ela foi estudada em virtude de sua influência sobre padrões de qualidade utilizados na área de MPS. Como alguns padrões de qualidade buscam aderência a esta norma, ela torna-se uma fonte relevante para a conceituação de padrões de qualidade. Dentre os padrões adotados como base para o desenvolvimento deste trabalho, dois referenciam esta norma: o CMMI-Dev e o MR-MPS. O CMMI-Dev é apresentado na seção 2.2.4 e o MR-MPS na seção 2.2.5.

2.2.4 CMMI-Dev

O CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) é uma evolução do modelo CMM [KUL03]. Desde o início dos anos 90 diversos CMMs foram desenvolvidos para serem utilizados em várias disciplinas distintas. O CMMI foi criado para ajudar as organizações nas avaliações de maturidade ou capacidade das áreas de processo, estabelecer prioridades de melhoria e implementar essas melhorias.

Em 2004, o *Software Engineering Institute* (SEI) tornou disponível a versão 1.0 do CMMI *Acquisition Module* (CMMI-AM) que foi baseado nos modelos CMMI-SE/SW/IPPD/SS. Esse módulo do CMM tem por objetivo ajudar as organizações na melhoria de seus processos de aquisição de software [SEI05].

Em 2006, o SEI tornou disponível o CMMI *for Development* (CMMI-Dev) versão 1.2 [SEI06]. Atualmente o modelo encontra-se em sua versão 1.3 [SEI10]. O CMMI-Dev é voltado às áreas de desenvolvimento e manutenção [SEI10].

O CMMI-Dev provê às organizações a opção de implantá-lo em apenas um processo ou área da organização ou na organização como um todo. Essas formas de implantação são conhecidas como “Contínua” e “Por Estágio”. A representação “Contínua” originou-se do modelo fonte *System Engineering Maturity Model* (SECM). Já a forma “Por Estágio” teve como fonte o SW-CMM e seus níveis de maturidade.

As duas representações têm arquiteturas diferentes. Uma das maneiras de decidir qual representação deve ser utilizada é analisar o objetivo da organização com a implantação do modelo. Se o objetivo é avaliar a capacidade de cada área de processo individualmente, a representação contínua suportará essa necessidade. Já se o objetivo é avaliar a maturidade organizacional, a representação que melhor atende a este requisito é a representação por estágios.

Representação Contínua: nessa representação, a organização das áreas de processo é similar à organização oferecida pela norma ISO/IEC 15504, apresentando uma abordagem mais flexível para o processo de melhoria e uma medida por capacidade de processo. Na representação contínua a organização pode escolher melhorar o desempenho de uma área singular de processo ou trabalhar em diversas áreas que estejam fortemente alinhadas com os objetivos de negócio da organização, além disso, permite às organizações focarem a melhoria de diferentes processos em diferentes níveis, sempre obedecendo as limitações que as dependências entre as áreas estabelecem.

Representação por Estágio: essa forma de representação do CMMI apresenta uma sequência definida de melhorias e medidas visando determinar o nível de maturidade da organização. Esta representação é similar à representação utilizada no SW-CMM. A representação por estágio apresenta uma abordagem onde a melhoria acontece por estágios, chamados de níveis de maturidade, sendo que cada nível atingido serve como base para o próximo. A representação por estágio provê para as organizações a ordem de implantação dos processos de melhoria de acordo com os níveis de maturidade propostos, o que também define o caminho que guiará a organização através dos níveis de maturidade.

Tabela 2.1- Níveis de capacidade e níveis de maturidade (adaptado de [CHR03] e [SEI06]).

Níveis	Níveis de Capacidade da Representação Contínua	Níveis de Maturidade da Representação por Estágios
0	Incompleto	N/A
1	Executado	Inicial
2	Gerenciado	Gerenciado
3	Definido	Definido
4	Quantitativamente Gerenciado	Quantitativamente Gerenciado
5	Em Otimização	Em Otimização

A Tabela 2.1 apresenta uma comparação entre os seis níveis de capacidade e os cinco níveis de maturidade das representações contínua e por estágios. Apesar dos nomes de quatro dos níveis serem os mesmos nas duas representações, as diferenças estão no ponto de partida proposto por cada representação, na forma de implantação de cada uma delas e no objetivo da empresa quando decide optar por uma ou outra [CHR03].

A Figura 2.2 apresenta uma visão geral dos componentes do modelo CMMI, tal como apresentados em [SEI06]. A maioria dos componentes do modelo é comum às duas representações. Entretanto, apenas a representação em estágios utiliza níveis de maturidade, enquanto que a representação contínua utiliza níveis de capacidade.

Uma área de processos representa um conjunto de práticas relacionadas de forma que, quando implantadas coletivamente, satisfazem a um conjunto de objetivos considerados importantes para a área. Existem 22 áreas de processo no CMMI. Cada área de processo possui três componentes informativos que visam facilitar sua interpretação. O primeiro componente da área de processo é um enunciado de propósito que descreve o propósito da área de processo. O segundo componente consiste das

notas introdutórias que descrevem os principais conceitos cobertos pela área de processo. O terceiro componente consiste de referências para áreas de processo relacionadas que refletem os relacionamentos de alto nível entre as áreas de processo.

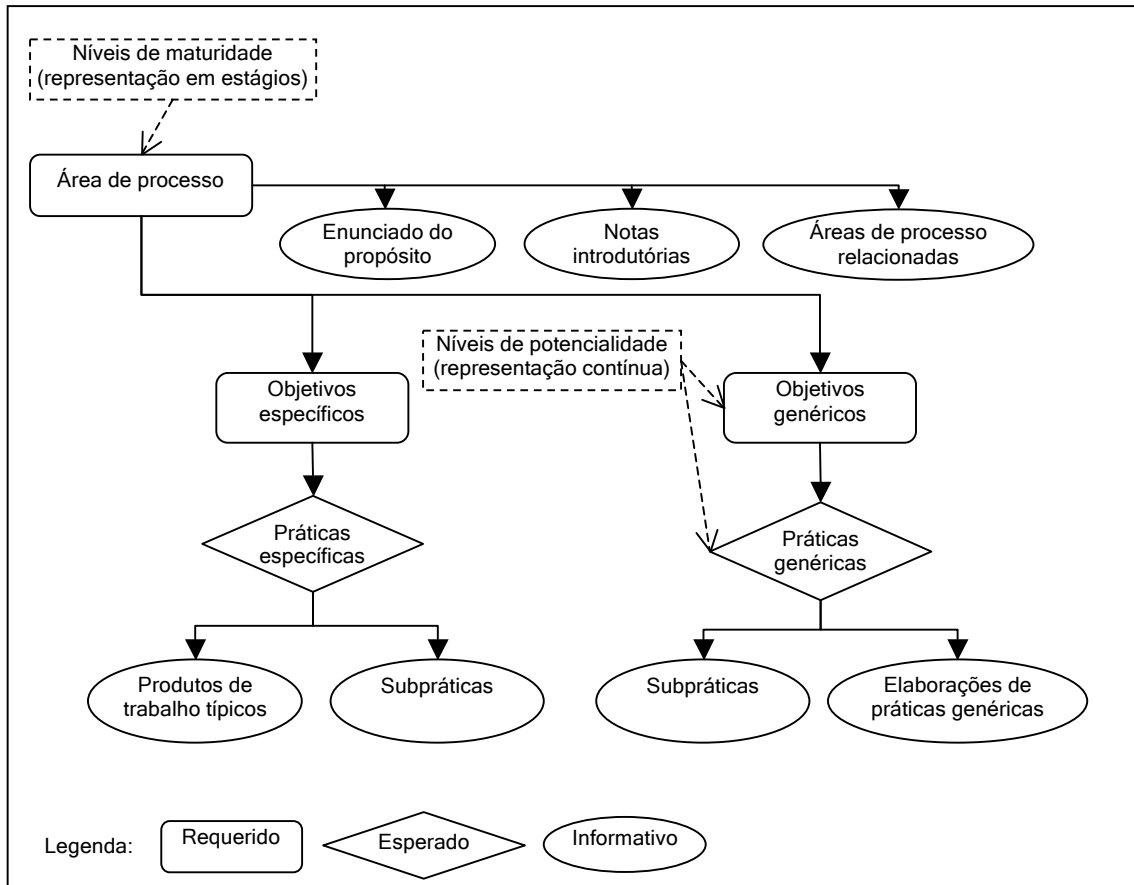


Figura 2.2 - Visão geral dos componentes do modelo CMMI (adaptado de [SEI06]).

Os objetivos específicos descrevem as características que devem estar presentes nos processos de uma organização para satisfazer uma determinada área de processos, ou seja, são utilizados durante as avaliações para verificar se uma determinada área de processo está sendo atendida. Os objetivos específicos possuem um conjunto de práticas específicas. Uma prática específica é a descrição de uma atividade que é considerada importante para atingir um objetivo específico. Apesar de serem esperadas, e não obrigatórias, elas descrevem as atividades que são aguardadas para que o resultado atinja um objetivo específico de uma área de processo. As práticas específicas são praticamente as mesmas nas duas representações do modelo, com a diferença que na representação contínua cada prática específica está associada a um nível de capacidade, o que não existe na representação por estágios.

Já os objetivos genéricos aplicam-se a múltiplas áreas de processo e descrevem características que devem estar presentes a fim de institucionalizar os processos que implementam uma determinada área de processos. Também são utilizados durante as avaliações para verificar se uma determinada área de processo está sendo atendida. Os objetivos genéricos possuem um conjunto de práticas genéricas. Uma prática genérica é a descrição de uma atividade considerada importante para atingir um determinado objetivo genérico. Assim como os objetivos genéricos, as práticas genéricas também se aplicam a mais de uma área de processos.

Os produtos de trabalho típicos, as subpráticas e as elaborações de práticas genéricas são componentes apenas informativos do modelo. Os produtos de trabalho típicos são exemplos de artefatos que podem ser gerados pelas práticas específicas. São chamados de “típicos”, pois podem existir outros produtos de trabalho igualmente efetivos, mas que não são listados no modelo. As subpráticas são descrições detalhadas que fornecem orientações para interpretação e implementação tanto das práticas específicas quanto das práticas genéricas. Já as elaborações de práticas genéricas apresentam orientações sobre como cada prática genérica pode ser implementada em cada área de processo específica.

Na representação por estágio as áreas de processo são organizadas por níveis de maturidade. Os níveis de maturidade são utilizados para medir a maturidade de um conjunto de processos organizacionais. Através da medição destes níveis espera-se prever os resultados gerais dos próximos projetos da organização.

Na representação contínua os níveis de capacidade aplicam-se a cada área de processo isoladamente. Estes níveis permitem a medição da melhoria incremental de cada área de processo.

2.2.5 MR-MPS

MR-MPS é um modelo de referência de processos de software integrante do programa MPS.BR, acrônimo de Melhoria do Processo de Software Brasileiro. De acordo com [SOF09], o objetivo do programa é a melhoria do processo de software brasileiro através da criação e aprimoramento do modelo MPS e da disseminação e adoção do modelo MPS em todas as regiões do país, em um intervalo de tempo justo, a um custo razoável, tanto em Pequenas e Médias Empresas (PME) quanto em grandes

organizações públicas e privadas. A Figura 2.3 apresenta os componentes do modelo MPS.

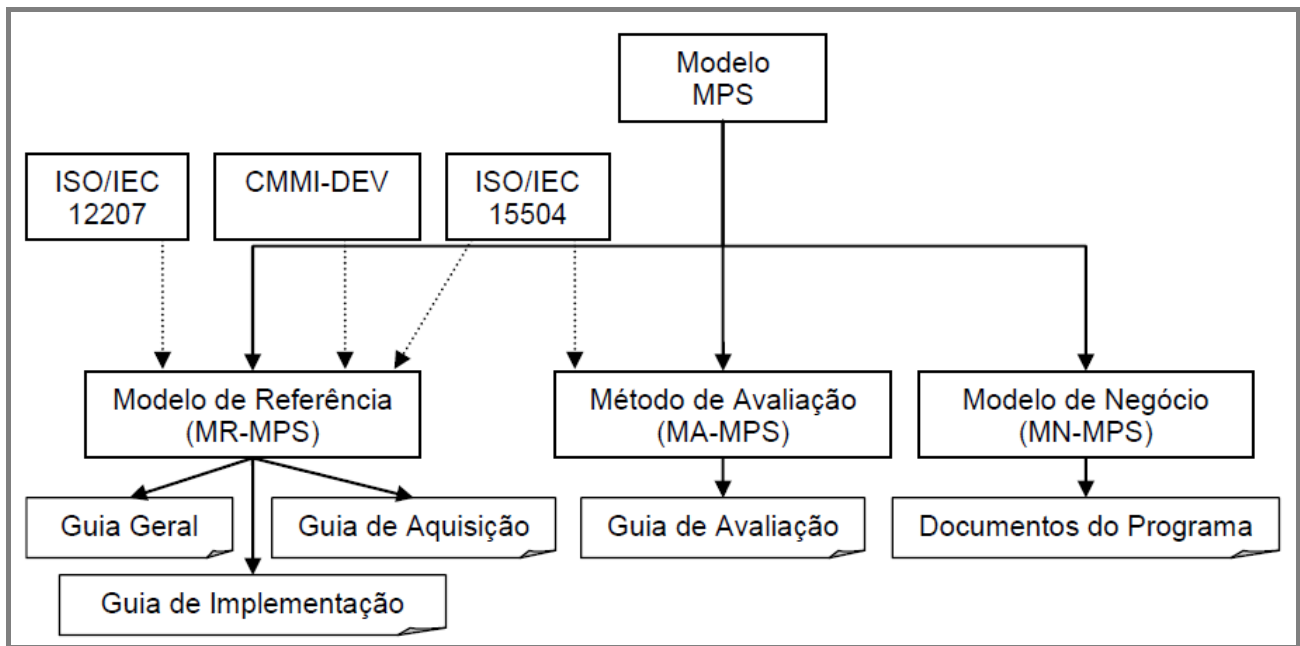


Figura 2.3 - Componentes do modelo MPS [SOF09].

O MR-MPS está em conformidade com as normas ISO/IEC 12207, ISO/IEC 15504 e o modelo CMMI. Está dividido em três componentes, tal como ilustrado na Figura 2.3. O principal componente para os propósitos desta tese de doutorado é o Modelo de Referência MR-MPS. Este modelo contém os resultados esperados que os processos das unidades organizacionais devem atender para estar em conformidade com o modelo. Também contém as definições dos níveis de maturidade, processos e atributos do processo. A principal diferenciação do modelo refere-se à estratégia de implementação e avaliação, que estabelece patamares de evolução de processos menores quando comparados ao CMMI. O modelo foi definido em sete níveis de maturidade. A escala de maturidade inicia no nível G e progride até o nível A: A (Em Otimização), B (Gerenciado Quantitativamente), C (Definido), D (Largamente Definido), E (Parcialmente Definido), F (Gerenciado) e G (Gerenciado Parcialmente). Os níveis também são cumulativos, ou seja, cada nível exige o atendimento de todos os processos e atributos de processos que compõem o nível e todos os níveis inferiores. A Tabela 2.2 apresenta os níveis de maturidade do MR-MPS, bem como os processos que os compõem e os atributos de processo exigidos em cada nível.

Tabela 2.2- Nível de maturidade, processos e atributos de processo do MR-MPS [SOF09].

Nível	Processos	Atributos de Processo
A		AP 1.1, AP 2.1, AP 2.2, AP 3.1, AP 3.2, AP 4.1, AP 4.2, AP 5.1 e AP 5.2
B	Gerência de Projetos - GPR (evolução)	AP 1.1, AP 2.1, AP 2.2, AP 3.1, AP 3.2, AP 4.1 e AP 4.2
C	Gerência de Riscos - GRI	AP 1.1, AP 2.1, AP 2.2, AP 3.1 e AP 3.2
	Desenvolvimento para Reutilização - DRU	
	Gerência de Decisões - GDE	
D	Verificação - VER	AP 1.1, AP 2.1, AP 2.2, AP 3.1 e AP 3.2
	Validação - VAL	
	Projeto e Construção do Produto - PCP	
	Integração do Produto - ITP	
	Desenvolvimento de Requisitos - DRE	
E	Gerência de Projetos - GPR (evolução)	AP 1.1, AP 2.1, AP 2.2, AP 3.1 e AP 3.2
	Gerência de Reutilização - GRU	
	Gerência de Recursos Humanos - GRH	
	Definição do Processo Organizacional - DFP	
	Avaliação e Melhoria do Processo Organizacional - AMP	
F	Medição - MED	AP 1.1, AP 2.1 e AP 2.2
	Garantia da Qualidade - GQA	
	Gerência de Portifólio de Projetos - GPP	
	Gerência de Configuração - GCO	
	Aquisição - AQU	
G	Gerência de Requisitos - GRE	AP 1.1 e AP 2.1
	Gerência de Projetos - GPR	

O alcance de cada nível de maturidade se dá pelo atendimento dos resultados esperados do processo e dos atributos de processo que compõem cada nível. Os atributos de processo (AP) são características mensuráveis da capacidade do processo. O atendimento aos atributos do processo é requerido para todos os processos no nível correspondente ao nível de maturidade [SOF09]. Os atributos de processo possuem as seguintes descrições e propósitos:

- AP 1.1: **O processo é executado.** Este atributo é uma medida do quanto o processo atinge o seu propósito.

- **AP 2.1: O processo é gerenciado.** Este atributo é uma medida do quanto a execução do processo é gerenciada.
- **AP 2.2: Os produtos de trabalho do processo são gerenciados.** Este atributo é uma medida do quanto os produtos de trabalho produzidos pelo processo são gerenciados apropriadamente.
- **AP 3.1: O processo é definido.** Este atributo é uma medida do quanto um processo padrão é mantido para apoiar a implementação do processo definido.
- **AP 3.2: O processo está implementado.** Este atributo é uma medida do quanto o processo padrão é efetivamente implementado como um processo definido para atingir seus resultados.
- **AP 4.1: O processo é medido.** Este atributo é uma medida do quanto os resultados de medição são usados para assegurar que a execução do processo atinge os seus objetivos de desempenho e apóia o alcance dos objetivos de negócio definidos.
- **AP 4.2: O processo é controlado.** Este atributo é uma medida do quanto o processo é controlado estatisticamente para produzir um processo estável, capaz e previsível dentro de limites estabelecidos.
- **AP 5.1: O processo é objeto de melhorias e inovações.** Este atributo é uma medida do quanto as mudanças no processo são identificadas a partir da análise de defeitos, problemas, causas comuns de variação do desempenho e da investigação de enfoques inovadores para a definição e implementação do processo.
- **AP 5.2: O processo é otimizado continuamente.** Este atributo é uma medida do quanto as mudanças na definição, gerência e desempenho do processo têm impacto efetivo para o alcance dos objetivos relevantes de melhoria do processo.

Por fim é importante registrar que recentemente, em julho de 2011, o modelo foi atualizado. Nesta tese foi utilizada a versão anterior do modelo, de 2009, pois todo o trabalho de pesquisa já havia sido concluído quando a nova versão foi publicada. Além disto, o mapeamento utilizado em um dos cenários de avaliação no capítulo 6, proveniente

de [MEL11], também foi desenvolvido sobre a versão de 2009. Mesmo assim, em uma revisão do conteúdo da nova versão não foram encontradas mudanças que tornassem a nova versão incompatível com o metamodelo para MPS proposto nesta tese ou que gerassem qualquer necessidade de revisão dos resultados desta pesquisa.

2.3 Integração de padrões de qualidade para MPS: Uma revisão sistemática da literatura

As organizações de software investem em melhoria de processo para melhorar a qualidade de seus produtos [ROC01]. Com o crescente investimento em iniciativas de qualidade percebe-se a necessidade de integrá-las para que as organizações não dispensem esforços duplicados ou façam investimentos em programas não relacionados de MPS. Durante o estudo inicial da literatura chamou atenção a carência de estudos teóricos com foco na integração de padrões de qualidade. Visando explorar o assunto de forma sistematizada, foi realizada uma revisão sistemática da literatura.

Esta seção apresentada tanto um resumo do planejamento da revisão sistemática da literatura quanto os trabalhos relacionados à integração de padrões de qualidade para MPS. A íntegra do planejamento da revisão sistemática da literatura pode ser consultada no Apêndice A desta tese. Os trabalhos aqui apresentados foram em sua grande maioria selecionados na revisão sistemática da literatura. A estes trabalhos, se juntaram outros trabalhos relacionados que foram identificados durante a revisão informal da literatura, durante a participação em eventos da área, durante o contato com outros pesquisadores e durante o processo de leitura da literatura científica que faz parte do cotidiano do pesquisador.

2.3.1 Planejamento da revisão sistemática da literatura

A revisão sistemática é um estudo secundário que tem por objetivo a identificação de estudos primários na literatura de uma determinada área, seguindo um rigor metodológico [KIT04]. A revisão sistemática da literatura aqui apresentada seguiu recomendações do guia de Kitchenham para adoção de revisões sistemáticas em pesquisas de doutorado [KIT04], foi conduzida de acordo com o processo recomendado por Silva Filho [SIL06] e documentada de acordo com a organização adotada em [SOU08]. É composta das seguintes atividades: definir escopo e estudos preliminares,

definir protocolo, testar protocolo, avaliar protocolo, executar a pesquisa, avaliar resultados da pesquisa, empacotar resultados e publicar resultados. Para garantia do rigor metodológico na sua condução, foi definido um protocolo de pesquisa, detalhando contexto, escopo, objetivos, questões de pesquisa, método de busca por publicações, idiomas, bases de dados, expressões de busca nas bases de dados, procedimentos de seleção e critérios de inclusão e exclusão de publicações. O protocolo integral pode ser encontrado no Apêndice A desta tese.

O escopo desta pesquisa sistemática da literatura é a integração de padrões de qualidade para MPS. A realização de uma revisão sistemática da literatura nesta pesquisa busca identificar estudos relacionados às abordagens para integração de padrões de qualidade já apresentados na literatura, pois este é um dos objetivos específicos desta tese de doutorado. Buscou-se responder as seguintes questões de pesquisa:

Questão principal:

Quais são as abordagens propostas para integração de padrões de qualidade para MPS?

Questões secundárias:

1) Quais são os principais problemas relacionados à adoção de múltiplos padrões de qualidade para MPS?

2) Quais são as abordagens propostas para solução dos problemas identificados?

Para preparação das buscas nas bibliotecas digitais, foram inicialmente definidas as palavras-chave que seriam utilizadas para a execução da pesquisa, as bibliotecas digitais selecionadas e os critérios de inclusão e exclusão. A Tabela 2.3 apresenta as palavras-chave escolhidas.

Tabela 2.3- Palavras-chave utilizadas na busca por estudos primários.

Palavras-chave em português	Palavra-chave em inglês e sinônimos
Melhoria do processo de software	<i>Software process improvement</i> <i>Software process quality</i>
Nível de maturidade	<i>Maturity level</i>
Nível de capacidade	<i>Capability level</i>
Avaliação de maturidade	<i>Maturity assessment</i>
Avaliação de capacidade	<i>Capability assessment</i>
Avaliação do processo de software	<i>Software process assessment</i>
Modelo para avaliação do processo de software	<i>Software process assessment model</i>

Integração	<i>Software process model</i> <i>Integration</i>
Comparação	<i>Integrate</i> <i>Comparison</i>
Mapeamento	<i>Compare</i> <i>Mapping</i>
Harmonização	<i>Harmonization</i> <i>Harmonizing</i>

Para cada base de dados, *strings* de busca foram construídas de acordo com a característica das ferramentas de busca de cada biblioteca. A busca foi feita apenas em inglês, devido ao fato de que, independentemente da origem dos pesquisadores, a grande maioria dos eventos e periódicos de nível internacional são publicados neste idioma. As palavras-chaves utilizadas na busca foram escolhidas com o intuito de equilibrar tanto quanto possível a abrangência e a sensibilidade da pesquisa. Entretanto, ao identificar diversas palavras-chave, priorizou-se uma estratégia consciente de alta sensibilidade, de acordo com as definições de Dieste e Pádua [DIE07]. Assim, diversos artigos podem ser identificados, mesmo que apenas alguns se mostrem relevantes para responder a questão de pesquisa (baixa precisão). A Tabela 2.4 apresenta a lista de bases de dados selecionadas para realização de buscas e a quantidade de estudos identificados em cada uma.

Tabela 2.4- Bases de dados pesquisadas e quantidade de estudos identificados.

Fonte	Nome	Resultados
F1	IEEEExplore Digital Library	200
F2	ACM Digital Library	291
F3	SpringerLink	187
F4	Science@Direct	256
F5	Scopus	147

A seleção dos estudos foi realizada em três etapas:

1 - Seleção e catalogação preliminar dos dados coletados: A seleção preliminar das publicações foi feita a partir da aplicação da expressão de busca à fonte selecionada. Cada publicação foi catalogada em um instrumento de controle para posterior análise.

2 - Seleção dos dados relevantes (1º filtro). A seleção preliminar com uso da expressão de busca não garante que todo o material coletado seja útil no contexto da pesquisa. Assim, após a identificação das publicações através de mecanismos de buscas, os resumos foram lidos e analisados seguindo os critérios de inclusão e exclusão identificados a seguir:

- Os estudos devem estar escritos em Inglês;
- Os estudos devem estar publicados em versões completas e disponíveis para download;
- Os estudos devem apresentar relação com as questões de pesquisa;
- Estudos publicados apenas como *posters* ou *abstracts* serão excluídos;

3 - Seleção dos dados relevantes (2º filtro). Apesar de limitar o universo da busca, o 2º filtro ainda não garante que todo o material coletado seja útil. Por isto, as publicações selecionadas após a aplicação do 2º filtro foram lidas completamente para verificar se atendem aos critérios definidos.

A revisão sistemática da literatura foi executada em dois momentos. O primeiro foi em maio de 2008, durante a fase de fundamentação desta pesquisa, buscando identificar trabalhos relacionados à integração de padrões de qualidade para MPS. O segundo momento foi em julho de 2011, visando avaliar os últimos desdobramentos da pesquisa sobre o tema e identificar novos trabalhos relacionados.

2.3.2 Trabalhos relacionados à integração de padrões de qualidade

A revisão sistemática da literatura levou à identificação de dois tipos de estudos relacionados à integração de padrões de qualidade e a um terceiro tipo relacionado à comparação de padrões de qualidade. O primeiro tipo trata de estudos sobre a integração de padrões de qualidade que contribuem para a formalização da área. Neste tipo encontram-se os estudos que propõem metamodelos ou ontologias, tais como os estudos de Marion Lepasaar e Timo Mäkinen [LEP02], de Gonzales-Perez [GON05], Ferchichi [FER08], Falbo e Bertolo [FAL09] e Pardo [PAR11]. O segundo tipo trata da integração de padrões de qualidade, mas sem propor algum tipo de formalismo. Neste tipo encontram-se os estudos de Ibrahim e Pyster [IBR04]; Ferreira [FER07]; Trudel [TRU06], Yoo [YOO06] e Baldassarre [BAL11]. Por fim, o terceiro tipo, tratando da comparação de padrões de qualidade, inclui os trabalhos de Rout [ROU01], Bailetti e Liu [BAI03], Varkoi e Mäkinen [VAR98], Baldassarre [BAL09], Ferreira [FER10] e Kelemen [KEL11].

Abordagens que contribuem para a formalização da área de MPS

Em [LEP02] é apresentado um estudo sobre o uso de um metamodelo na integração de CMMI e ISO/IEC TR 15504. O objetivo do artigo é integrar as estruturas do CMMI na sua representação contínua e o modelo de referência da ISO/IEC TR 15504 através do uso de um metamodelo de processo. Para isto os autores utilizaram o metamodelo para descrição de processos em geral, que é ilustrado na Figura 2.4.

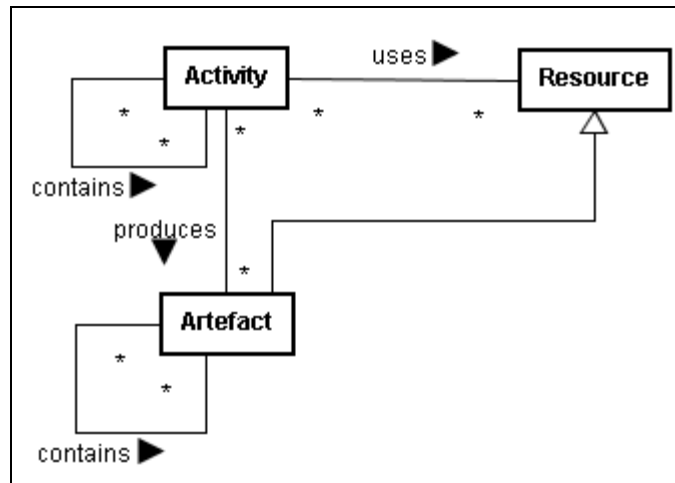


Figura 2.4 - Objetos e associações em um modelo de processos (adaptado de [LEP02]).

O metamodelo utilizado apresenta uma estrutura simples composta de atividades, recursos e artefatos. Neste metamodelo, uma atividade é um passo de um processo que pode representar uma atividade de desenvolvimento ou de manutenção de um produto, bem como atividades de gerenciamento de projetos ou garantia da qualidade. Uma atividade pode conter subatividades e as subatividades podem pertencer a mais de uma atividade. Atividades podem utilizar recursos. Exemplos de recursos são equipamentos, salas, ferramentas e artefatos. Os artefatos, por sua vez, representam qualquer produto que seja produzido, alterado ou utilizado em um processo de software. Artefatos podem ser desmembrados em subartefatos ou agregados em artefatos mais complexos.

Com base neste metamodelo foi realizada uma análise em duas etapas. Na primeira etapa foi realizado um estudo das estruturas presentes nos dois modelos de qualidade. Tanto a representação contínua do CMMI quanto o modelo de referência da ISO/IEC TR 15504 foram analisados e modelados. Na segunda etapa os modelos de qualidade foram comparados com o metamodelo visando agrupar seus elementos estruturais em categorias baseadas no metamodelo.

Os autores concluem que somente os elementos resultado de processo e resultado de atributo da ISO/IEC TR 15504 podem ser considerados como artefatos e que todos os demais, ou seja, ciclos de vida de processo, categorias de processos, processos, níveis de capacidade e atributos de processo podem ser considerados como atividades. No caso do CMMI, os autores concluem que todos os elementos podem ser considerados como atividades, com exceção dos produtos de trabalho típicos, que são considerados como artefatos, e dos elementos objetivos específicos e genéricos, disciplina, amplificação e elaboração de disciplina, que são desconsiderados na análise. Porém, os autores não apresentam os critérios utilizados nesta análise, nem tampouco os métodos empregados.

Já em [GON05] os autores apresentam um metamodelo para a definição de metodologias avaliáveis, ou seja, metodologias construídas tendo avaliações de qualidade em mente e que contenham padrões de qualidade embutidos. O metamodelo foi criado em um projeto chamado de *Object-Oriented and Component Based Process Improvement and Capability Determination* (OOSPICE).

Este projeto foi financiado pela União Europeia e teve como objetivo estender a norma ISO/IEC TR 15504 visando disponibilizar uma metodologia de desenvolvimento de software orientado ao desenvolvimento baseado em componentes e mais uma metodologia de avaliação que incluía um modelo de referência.

Para criação do metamodelo, foram analisados conceitos oriundos de duas perspectivas: a perspectiva de processos e a perspectiva de avaliação de qualidade. Da primeira foram analisados os conceitos de processo, tarefa, técnica e produto de trabalho. Da segunda foram analisados os conceitos de processo, propósito de processo e resultado de processo. O conceito de processo, comum às duas perspectivas, foi então adaptado para uma definição compatível com as duas perspectivas.

Além disto, também foram incorporados conceitos relacionados a domínios, mapeamento de tarefas, resultados de tarefas e o ordenamento de tarefas com relação ao tempo. O resultado é apresentado na Figura 2.5.

Em [PAR11] são apresentadas duas ontologias. Uma sobre os conceitos relacionados à harmonização de padrões de qualidade e outra sobre abordagens baseadas em processo de modelos de referência. A primeira visa esclarecer conceitos como comparação, mapeamento e harmonização de padrões de qualidade. A segunda visa esclarecer conceitos relacionados à representação dos padrões de qualidade.

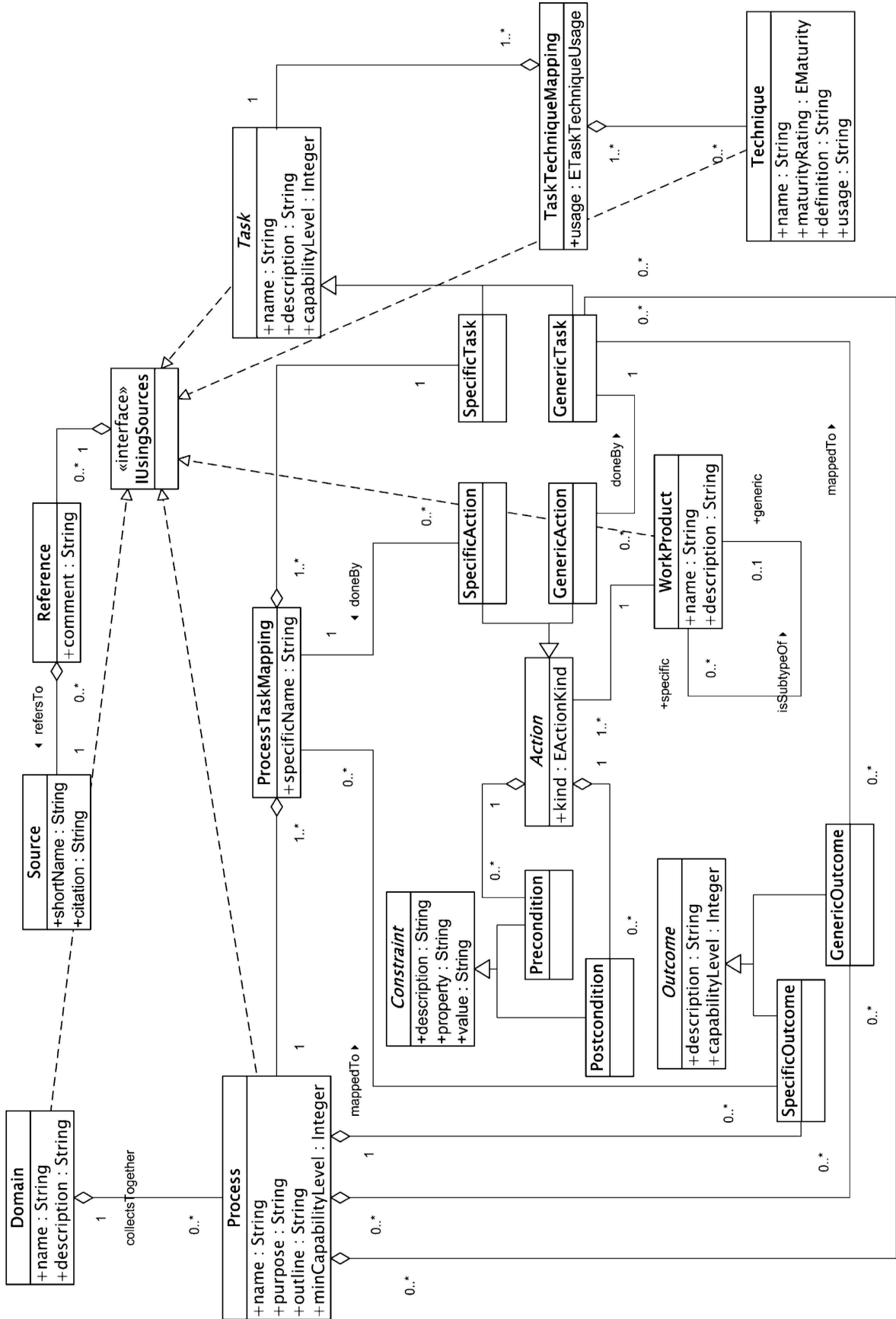


Figura 2.5 - Metamodelo OOSPICE.

Apesar de ter um objetivo semelhante ao objetivo da ontologia proposta nesta tese, a ontologia proposta em [PAR11] não trata dos mesmos conceitos. Os conceitos tratados em [PAR11] se referem ao processo de software (e.g.: processo, atividade, papel, recurso), tal como em [FAL09] e em [LEP02], mas não diferenciam estes conceitos daqueles utilizados nas definições de padrões de qualidade (e.g.: áreas de processo, requisitos, níveis de maturidade e de capacidade), tal como na ontologia proposta nesta tese.

Uma exceção neste aspecto específico é apresentada em Ferchichi [FER08]. Este estudo propõe uma ontologia para integração de padrões de qualidade composta dos conceitos de Padrão de Qualidade, Conjunto de Recomendações, Nível de Maturidade, Práticas e Mapeamento entre Práticas. Neste caso é clara a diferenciação feita pela ontologia dos conceitos propostos para o domínio de padrões de qualidade e aqueles relacionados ao domínio de processo de software. Porém, esta ontologia não trata de outros problemas importantes apontados pelos demais estudos aqui relatados. Não são tratadas, por exemplo, as diferenças estruturais existentes entre os padrões de qualidade. Na ontologia de [FER08] os conjuntos de recomendações estão associados aos níveis de maturidade, relação esta que não pode ser generalizada. A ISO 9001, por exemplo, que foi utilizada na elaboração da ontologia, não possui níveis de maturidade. Além disto, a ISO 9001 é estruturada de forma que seus conjuntos de recomendações, as seções, tenham, em alguns casos, subconjuntos de recomendações, as subseções. Este aspecto, relatado na literatura como um problema decorrente das diferenças estruturais entre os padrões de qualidade, também não é tratado pela ontologia de [FER08]. Outro problema importante, relatado na literatura como decorrente da diferença de granularidade nas definições dos padrões de qualidade, é que os diferentes padrões de qualidade não podem ser comparados sempre em um mesmo nível estrutural. Entretanto, a ontologia de [FER08] também não trata deste problema ao propor um único conceito que pode ser mapeado, o conceito de recomendação.

Abordagens relacionadas à integração de padrões de qualidade

Em [IBR04] é apresentado o *integrated Capability Maturity Model* (iCMM), bem como o histórico de seu desenvolvimento e as razões que levaram a *US Federal Aviation and Administration* (FAA) à sua criação. O iCMM é um modelo que combinou, em sua primeira versão de 1997, três modelos CMMs publicados pelo SEI: *software*, *system engineering* e *software aquisition*. A segunda versão, de 2001, estendeu o modelo

incluindo aspectos específicos do negócio da FAA e também processos relacionados à liderança e planejamento estratégico.

A motivação para a criação do iCMM veio das dificuldades encontradas pela FAA na adoção dos modelos CMMs publicados pelo SEI antes da criação do CMMI. A adoção de múltiplos modelos CMMs mostrou-se um desafio, principalmente em virtude das diferenças de terminologias e estruturas entre os modelos, bem como a falta de uma estratégia de integração entre eles. Além disto, os autores também criticavam o foco dado pelos modelos às organizações de desenvolvimento de produtos e não de serviços. Esta carência levava a organização a adotar outras normas como ISO 9001 para melhoria de processos e a IEEE/EIA 12207 para o gerenciamento do ciclo de vida dos processos de TI. De acordo com os autores deste trabalho, estas dificuldades foram suprimidas com a adoção do iCMM.

Depois da criação do iCMM em 1997, o SEI criou o CMMI, que também visa a integração de múltiplos modelos CMMs. Na avaliação dos autores, até o momento da publicação do estudo, o CMMI ainda não era tão abrangente quanto o iCMM, por não tratar de questões relacionadas a liderança, planejamento estratégico e ciclo de vida de processos de TI relacionados a implantação, transição e operação de sistemas.

O segundo estudo deste tipo, publicado em [TRU06], apresenta um método de avaliação baseado na integração entre o CMMI e a norma ISO/IEC 14598-5. A norma ISO/IEC 14598-5 é um padrão que descreve o processo de avaliação e as atividades necessárias para a realização de uma avaliação independente de software buscando as características de qualidade definidas na norma ISO/IEC 9126. O uso das normas ISO/IEC 14598-5 e ISO/IEC 9126 é um caminho natural para as organizações no que se refere à qualidade do produto de software, mas não fornece nenhum tratamento às questões relacionadas à qualidade do processo de software. Os autores buscaram, através da integração entre a norma ISO/IEC 14598-5 e o CMMI, um meio para que pequenas organizações de software pudessem implantar um método capaz de avaliar tanto o produto quanto o processo de software de forma integrada.

Para a criação desta metodologia integrada foi seguido um processo de definição especialmente formulado para esta necessidade específica. O processo consistiu de quatro atividades responsáveis pela definição tanto das atividades quanto dos artefatos necessários para a metodologia. As seguintes atividades compõem este processo: definição das atividades da metodologia, definição de artefatos, revisão por

pares e gerenciamento de configuração. Neste processo de definição, além da norma ISO/IEC 14598-5 e do CMMI, também foram levadas em conta a norma ISO/IEC 14504 e a experiência dos autores em metodologias para avaliação de processos de software.

Por fim, o estudo relata a execução de dois testes de campo em organizações diferentes. A primeira organização com 60 desenvolvedores e a segunda com 30 desenvolvedores. Após os testes de campo, foram identificados os dois maiores problemas do método. O primeiro problema foi a remoção de todas as referências à norma ISO/IEC 9126 e sua substituição pelo CMMI. Esta questão tornou-se problemática em virtude da necessidade de medidas específicas para avaliação de processos de software e não apenas do produto de software tal como fornecido pela norma ISO/IEC 9126. O segundo problema foi a capacidade de replicar a metodologia.

O terceiro estudo deste tipo, publicado em [YOO06], apresenta um modelo unificado para implementação de ISO 9001:2000 e CMMI em organizações certificadas pela ISO. Neste estudo são apontados dois problemas em potencial para as organizações certificadas em ISO que queiram adotar CMMI como um modelo para melhoria contínua de seus processos. O primeiro problema apontado pelos autores é que não é fácil selecionar partes reusáveis da norma ISO para reuso durante a adoção do CMMI com o objetivo de aproveitar recursos já existentes. O segundo problema é que não é fácil para uma organização certificada em ISO adotar o CMMI em virtude das diferenças de linguagem, estruturas e detalhes existentes entre os dois. O propósito do modelo unificado proposto pelos autores é tratar destes dois problemas.

De acordo com este estudo, para uma implantação efetiva e eficiente de CMMI em uma organização certificada em ISO, tanto as diferenças quanto as semelhanças entre ISO 9001:2000 e CMMI precisam ser identificadas. Mas algumas limitações podem ser identificadas neste processo de mapeamento. Primeiro, os requisitos da ISO 9001:2000 podem ser mapeados para as práticas do CMMI e as práticas do CMMI podem ser mapeadas para os requisitos da ISO 9001:2000. Este mapeamento, apesar de útil para comparação dos dois *frameworks*, pode levar a confusão durante o processo de tomada de decisão. Segundo, é difícil para a organização utilizar este mapeamento, pois ele apenas descreve o grau de correlação entre os *frameworks*, sem fornecer nenhuma explicação do mapeamento. E, terceiro, o mapeamento não descreve o CMMI de um ponto de vista ISO. A estrutura e os termos empregados no CMMI não são

familiares para organizações certificadas em ISO, dificultando sua adoção nestas organizações.

Visando criar o modelo unificado, o estudo apresenta uma série de tabelas de mapeamento entre os dois *frameworks*. Através da construção destas tabelas, os autores identificam dois tipos de possíveis erros que podem ser cometidos neste tipo de mapeamento. O primeiro tipo refere-se ao tratamento de uma correspondência verdadeira como sendo inválida. O segundo tipo de erro refere-se ao tratamento de uma correspondência falsa como válida. Se os erros do tipo 1 acontecem, é reduzido o número de ativos que podem ser reutilizados. Se os erros do tipo 2 acontecem, é reduzida a confiabilidade do modelo. Estas possibilidades de erros são minimizadas através da análise do modelo unificado por vários pesquisadores com experiência em melhoria de processo.

Por fim, os autores concluem que a adoção em seu modelo unificado de uma estrutura semelhante à adotada pela ISO facilita a adoção deste modelo pelas organizações certificadas em ISO. Concluem também que o modelo é adequado mesmo para organizações que não possuem certificação em ISO.

O quarto estudo deste tipo, publicado em [FER07], apresenta o relato de um caso de implantação de ISO 9001:2000, MPS.BR e CMMI em uma pequena organização de desenvolvimento de software brasileira. Neste caso, não houve uma implantação simultânea. Os padrões e modelos citados foram implantados ao longo dos anos de 2003 até 2006. Primeiramente a organização foi certificada em ISO 9001:2000 em 2004. Depois foi certificada em MPS.BR nível F em 2005 e, finalmente, em CMMI nível 3 em 2006. O estudo apresenta o plano de melhoria de processo de software da organização, bem como lições aprendidas, benefícios e dificuldades coletados durante a execução do plano de melhoria de processo de software. Também apresenta dados quantitativos sobre o retorno do investimento obtido com a implantação destes padrões e modelos para MPS. De acordo com os autores, o esforço total despendido em retrabalho era de 44% do esforço total dos projetos antes da implantação dos padrões e modelos para MPS. Este esforço de retrabalho foi reduzido para 7,3% após a implantação dos padrões e modelos para MPS. Esta redução se deu em boa parte pela adoção de práticas de verificação e validação que ajudaram na identificação precoce de defeitos, reduzindo assim o custo do projeto e aumentando também a satisfação dos clientes. O índice de desempenho de custo (CPI)

dos projetos também melhorou de 0.38 antes da implantação para 0.68 após a implantação.

No último estudo deste tipo, [BAL11] apresenta um processo teórico de harmonização. Este processo faz parte do mesmo *Framework* proposto por Pardo do qual também fazem parte as ontologias propostas em [PAR11]. O processo consiste de uma definição das atividades necessárias para a realização da harmonização de dois padrões de qualidade. No estudo é apresentada a harmonização entre CMMI e ISO 9001 utilizando o processo proposto. Estes padrões de qualidade são harmonizados através da identificação de equivalências entre os enunciados *shall* da ISO 9001 e as práticas específicas do CMMI. Entretanto, a justificativa para a escolha destes níveis é subjetiva. Os autores justificam esta escolha alegando que ela representa um balanceamento ideal, pois consideram que o mapeamento em nível de objetivos seria muito genérico e o mapeamento em nível de subpráticas seria muito específico. Isto demonstra uma outra característica que diferencia a abordagem proposta em [BAL11] e [PAR11] da abordagem proposta nesta tese. A abordagem proposta em [BAL11] e [PAR11] permite o mapeamento apenas em um nível específico e justifica sua escolha de forma subjetiva. Já a abordagem proposta nesta tese busca tornar flexível o nível onde ocorre o mapeamento e permite a escolha do nível baseada no papel de cada componente na estruturação de um padrão de qualidade. Assim, a abordagem proposta nesta tese permite que sejam representados tanto mapeamentos em um nível mais alto, tais como aqueles necessários quando a ISO 9001 é utilizada, quanto mapeamentos em um nível mais baixo, tais como aqueles necessários quando modelos de referência para MPS como CMMI e MR.MPS são mapeados.

Estudos de comparação

Dos seis estudos referentes à comparação entre padrões de qualidade identificados, dois tratam da comparação entre CMMI e ISO/IEC 15504. Em [ROU01] é apresentado um relatório técnico com os resultados da análise da compatibilidade entre CMMI e ISO/IEC TR 15504-2. A análise foi realizada no *Software Quality Institute* da *Griffith University* na Austrália sob encomenda do departamento de defesa australiano, responsável pelo gerenciamento das aquisições de sistemas de software. Em [VAR98] o mesmo tipo de análise é realizada, mas limitada apenas à área de processo de gerência de requisitos.

O relatório de [ROU01] apresenta inicialmente uma análise da conformidade do CMMI com os requisitos de compatibilidade estabelecidos no modelo de referência proposto na norma ISO/IEC TR 15504-2. Estes requisitos estabelecem que o propósito, o escopo e os elementos do modelo de processo devem possuir um mapeamento “completo, claro e não ambíguo” [ISO98] com a norma ISO/IEC TR 15504-2. O relatório prossegue para uma análise dos elementos que podem ser comparados entre CMMI e ISO/IEC TR 15504-2. De forma análoga, [VAR98] busca identificar o grau de compatibilidade entre a norma ISO e o CMMI, mas faz isto a partir da análise da arquitetura dos mesmos.

De acordo com o relatório de [ROU01], é mais fácil obter um mapeamento claro e consistente, bem como identificar áreas de incompletude, se forem analisados na norma ISO/IEC TR 15504-2 os elementos de mais baixo nível: resultados de processos e atributos de processo. Entretanto, considerando as definições de processos e atributos, existem cerca de 1800 elementos no modelo inteiro. Para fins de mapeamento, são considerados no CMMI as práticas e subpráticas, tanto genéricas quanto específicas. Apesar das subpráticas serem consideradas elementos informativos no CMMI, elas foram consideradas como indicadores para fins de avaliação e, portanto, incluídas no mapeamento.

Como resultado do mapeamento o estudo apresenta, em anexo ao relatório, uma série de matrizes com o mapeamento detalhado de cada subprática do CMMI com o elemento correspondente na ISO/IEC TR 15504-2. Em muitos casos este mapeamento é feito para um único resultado ou atributo de processo. Em outros é necessário considerar a prática como um todo para fins de mapeamento. Além disto, também são indicados todos os casos onde não foi possível estabelecer um mapeamento. Já em [VAR98], é apresentado um resultado semelhante, mas limitado à área de processo de gerência de requisitos.

Como conclusão, o relatório de [ROU01] afirma que os elementos significativos da ISO/IEC TR 15504-2 são endereçados pelo CMMI, sendo que exceções também são identificadas. O relatório também apresenta a necessidade de desenvolvimento de mecanismos de tradução que possibilitem expressar os resultados de avaliações CMMI em ISO/IEC TR 15504-2. O estudo de [VAR98] chega a conclusões semelhantes, afirmando que a comparação entre os modelos parece ser viável, mas que requer cuidados em virtude das diferenças de estrutura, conteúdo dos processos e

critérios de desempenho. Além disto, Varkoi e Mäkinen [VAR98] acrescentam que, apesar das dificuldades de mapeamento, o resultado compensa em virtude da economia que pode ser alcançada com a realização de avaliações conjuntas ao invés de avaliações duplicadas.

Em [BAI03] é apresentada uma abordagem baseada na teoria da informação para o desenvolvimento de critérios de comparação entre uma abordagem de melhoria de processo de software formal, o CMMI, e uma abordagem de desenvolvimento de software ágil, a *eXtreme Programming* (XP). O estudo apresenta uma lista de sete critérios para comparação das duas abordagens:

1. Quantidade de conhecimento da solução que o time de desenvolvimento de software precisa para definir os requisitos do sistema de software;
2. Taxa com que o conhecimento da solução é transformado em requisitos do sistema;
3. Quantidade de conhecimento sobre implementação que o time de desenvolvimento precisa possuir para poder derivar o código;
4. Taxa com que o conhecimento sobre implementação é transformado em código;
5. Documentação que precisa ser produzida;
6. Motivação para obter conhecimento sobre a solução e a implementação, definir requisitos e produzir documentação;
7. Motivação para derivar o sistema formal uma vez que os requisitos sejam conhecidos.

A partir destes critérios os autores criam hipóteses sobre o desempenho de cada uma das abordagens em cada critério. Além disto, os autores defendem que ao invés de discutir a resposta para a pergunta "qual abordagem é melhor?", pesquisador e praticantes deveriam se perguntar "qual abordagem é melhor em quê?", ou seja, quais os critérios que são melhor atendidos por cada abordagem.

Em [BAL09] é apresentado um estudo comparando o CMMI com as normas ISO/IEC 12207 e ISO/IEC 15504. Diferentemente dos estudos anteriores, neste estudo os autores buscam comparar estes padrões apenas em um nível mais baixo de abstração, no nível de tarefas da ISO/IEC 12207 e das práticas específicas do CMMI. O estudo também

propõe uma escala de grau de relacionamento que varia de Fortemente Relacionado (86% a 100%) até Não Relacionado (0%). Estes valores são calculados em função do número de práticas específicas do CMMI que são relacionadas às atividades da ISO/IEC 12207.

Em [FER10] é proposta uma abordagem quantitativa para a comparação entre padrões de qualidade. Através da análise de diversos padrões de qualidade os autores identificaram uma predominância na adoção de representações hierárquicas nos padrões de qualidade, onde as exigências vão sendo detalhadas desde um alto nível de abstração até níveis mais baixos. Os autores reconhecem também que os mapeamentos entre padrões de qualidade geralmente precisam escolher o nível de abstração no qual serão realizados. O estudo propõe o uso de atributos de complexidade e de tamanho para uma escolha quantitativa do nível mais adequado para a comparação entre padrões de qualidade.

Por fim, Kelemen, Kusters e Trienekens [KEL11] discutem os problemas encontrados na integração de padrões de qualidade e identificam critérios para soluções multimodelo. Neste estudo as soluções multimodelo são classificadas nas categorias de harmonização, integração e mapeamento. Harmonização é definida como o processo de criação de um padrão de qualidade modificado, ou a extensão de um padrão de qualidade existente, em conformidade (ou de forma harmonizada) com um ou mais padrões de qualidade. Integração é definida como o processo de criação de um padrão de qualidade que seja baseado em múltiplos padrões de qualidade. Uma diferença importante da categoria anterior de harmonização é que os padrões de qualidade originais não são mantidos de forma independente, mas são colocados juntos em um novo padrão de qualidade único e integrado carregando novas características compartilhadas, geralmente substituindo os padrões de qualidade originais. Já o mapeamento tem foco na identificação dos requisitos de dois padrões de qualidade diferentes, visando o mapeamento entre os requisitos do primeiro com os requisitos do segundo padrão de qualidade.

Os autores também definem problema multimodelo, iniciativa multimodelo, solução multimodelo (uma iniciativa multimodelo que resolve o problema multimodelo) e um resultado multimodelo como saída de uma iniciativa multimodelo. O estudo também lista os problemas encontrados:

- Problema de lidar com as diferenças de estrutura, granularidade, terminologia, conteúdo, tamanho e complexidade;
- Problema da rastreabilidade entre os processos e os padrões adotados no desenvolvimento deles;
- Problema da modificabilidade, ou seja, quando o processo muda deve-se checar os padrões referenciados;
- Problema da completude do resultado multimodelo versus super-especificação;
- Problema do apoio às avaliações multimodelo;
- Problemas de replicabilidade dos mapeamentos e da documentação dos mesmos.

Por fim, os problemas são categorizados em problemas relacionados a:

- Estruturação dos padrões de qualidade;
- Replicabilidade e documentação das soluções multimodelo;
- Resultados (rastreabilidade, modificabilidade, completude e suporte a avaliações).

2.4 Considerações finais sobre a fundamentação teórica

Neste capítulo foram apresentados conceitos fundamentais na área de qualidade de processo de software e MPS. Foram apresentados também padrões de qualidade que serão utilizados para avaliar a abordagem para integração proposta nos capítulos 4 e 5. Também foram descritos neste capítulo diversos estudos, relacionados à integração de padrões de qualidade, que foram identificados com a realização de uma revisão sistemática da literatura. Os estudos relacionados à pesquisa sendo apresentada nesta tese foram organizados em três categorias. A primeira trata de estudos sobre a integração de padrões de qualidade que contribuem para a formalização da área. A segunda trata da integração de padrões de qualidade, mas sem propor algum tipo de formalismo. A terceira trata da comparação de padrões de qualidade.

Dentre os estudos relacionados, destacam-se os pertencentes à primeira categoria. Estes estudos adotam uma abordagem baseada no desenvolvimento de metamodelos ou ontologias como meio de suporte à integração de padrões de qualidade. Nesta categoria encontram-se os estudos de Marion Lepasaar e Timo Mäkinen [LEP02], de Gonzales-Perez [GON05], Ferchichi [FER08], Falbo e Bertolo [FAL09] e Pardo [PAR11]. Apesar de adotarem uma abordagem semelhante, as ontologias e os metamodelos desenvolvidos nestes estudos possuem diferenças significativas com relação à abordagem apresentada nesta tese. Para entendê-las, é importante analisarmos o propósito de cada estudo e suas limitações.

Em [LEP02] é apresentado o desenvolvimento de um metamodelo com a finalidade específica de integração de CMMI e ISO/IEC TR 15504. Algumas limitações podem ser observadas neste estudo. Primeiro, o metamodelo é especializado em apenas dois padrões de qualidade, não sendo suficientemente genérico para o suporte à integração de outros padrões de qualidade que não sejam aqueles utilizados como base para a criação do metamodelo. Segundo, não são tratadas as questões relativas às equivalências de conteúdo entre os padrões de qualidade, ou seja, o mapeamento entre os mesmos. Terceiro, não são tratadas questões relativas à integração entre os processos e os padrões de qualidade possivelmente referenciados por estes processos. Desta forma, o metamodelo não contribui no apoio à definição de processos e às avaliações de conformidade dos processos com os padrões de qualidade naquelas organizações em que são adotados múltiplos padrões de qualidade. Não contribui também no apoio ao reúso de ativos já definidos durante a adoção de um padrão de qualidade quando da adoção de outro padrão de qualidade na mesma organização. Em resumo, o metamodelo trata de forma limitada da integração entre dois padrões de qualidade específicos, sem tratar da modelagem das diferenças ou semelhanças de conteúdo entre os dois e nem mesmo da integração destes com os processos que possam vir a serem definidos com base neles.

Já em [GON05] é apresentado o desenvolvimento de um metamodelo com a finalidade de apoiar a integração dos processos com um padrão de qualidade específico a ser utilizado para sua avaliação. Neste caso também podemos observar uma limitação. O metamodelo apresentado no estudo não trata da integração de mais de um padrão de qualidade. Assim, de forma análoga à proposta de [LEP02], também não contribui para o

apoio ao reuso de ativos já definidos durante a adoção de um padrão de qualidade quando da adoção de outro padrão de qualidade na mesma organização.

Em [FAL09] é apresentada uma ontologia de processo de software. A ontologia apresentada é uma evolução da ontologia apresentada em [FAL98]. Esta ontologia é importante para esta tese por tratar dos conceitos relativos ao processo de software. Entretanto, esta ontologia não trata dos conceitos relativos aos padrões de qualidade para MPS. Na ontologia de padrões de qualidade para MPS apresentada no capítulo 4 busca-se integração com a ontologia de processo de software proposta por Falbo e Bertollo.

Uma das ontologias apresentadas em [PAR11] também visa esclarecer conceitos relacionados à representação dos padrões de qualidade. Entretanto, os conceitos tratados em [PAR11] se referem ao processo de software (e.g.: processo, atividade, papel, recurso), tal como em [FAL09] e em [LEP02], mas não diferenciam estes conceitos daqueles utilizados nas definições de padrões de qualidade (e.g.: áreas de processo, requisitos, níveis de maturidade e de capacidade), tal como na ontologia proposta nesta tese. Dentre os trabalhos relacionados, o único que apresenta tal diferenciação, mesmo que de forma bastante limitada, é o trabalho de Ferchichi [FER08].

Também é possível observar nestes estudos a identificação de uma série de dificuldades enfrentadas na integração de padrões de qualidade para MPS que caracterizam a problemática sendo tratada nesta tese. Podemos elencar os seguintes problemas identificados recorrentemente nas publicações selecionadas:

- Diversidade de vocabulário utilizado pelos padrões de qualidade [LEP02], [IBR04], [YOO06], [FAL09] e [PAR11];
- Diversidade de estruturas utilizadas na representação dos padrões de qualidade [VAR98], [LEP02], [IBR04], [YOO06] e [KEL11];
- Diversidade de níveis de abstração adotados nos padrões de qualidade [BAL09] e [FER10];
- Diferenças de granularidade nos componentes comparados entre múltiplos padrões de qualidade [BAL11], [PAR11] e [ROU01];

- Dificuldade de rastreabilidade entre ativos de processo e as práticas ou exigências que compõem os padrões de qualidade [YOO06] e [KEL11];
- Subjetividade na identificação de equivalências entre os componentes comparados [YOO06], [BAL09] e [BAL11];

Esta tese de doutorado busca tratar destas dificuldades relatadas recorrentemente na literatura. A abordagem apresentada nesta tese trata da representação e integração de múltiplos padrões de qualidade para MPS. Podemos destacar algumas características da abordagem que foram desenvolvidas tendo em vista as dificuldades relatadas pela literatura:

1. Suporte a representação de padrões de qualidade com estruturas distintas. A abordagem proposta contempla a diversidade de estruturas encontradas nos padrões de qualidade. Além disto, tanto a ontologia quanto o metamodelo foram desenvolvidos de forma que possam ser estendidos no futuro para contemplar novos padrões de estruturação;
2. Suporte à integração de múltiplos padrões de qualidade de um ponto de vista conceitual. A ontologia proposta é composta dos conceitos necessários ao trabalho de MPS, independentemente dos padrões de qualidade adotados em organizações específicas;
3. Suporte à integração dos conteúdos de múltiplos padrões de qualidade. O metamodelo proposto é composto de elementos que permitem a representação das relações de equivalência entre múltiplos padrões de qualidade, ou seja, o mapeamento entre os mesmos;
4. Suporte ao mapeamento entre padrões de qualidade independente da granularidade com que as práticas ou exigências dos mesmos são representadas. Ao invés de impor ou recomendar o nível de granularidade em que o mapeamento deve ser feito, optou-se por uma abordagem flexível onde é possível representar mapeamentos feitos em qualquer nível, de acordo com as necessidades dos padrões de qualidade para MPS que estejam sendo mapeados;

5. Suporte à representação dos mapeamentos entre padrões de qualidade através de uma linguagem de modelagem livre de ambiguidades.
6. Suporte à integração entre processos e padrões de qualidade referenciados por estes processos. O metamodelo proposto é composto de elementos que permitem a representação de referências entre elementos de processo (e.g. atividades, processos) e elementos de padrões de qualidade (e.g. boas práticas, requisitos).

Como diferencial adicional, podemos destacar a adoção de uma arquitetura de modelagem baseada nos padrões da OMG. Assim, a abordagem apresentada nesta tese parte da extensão de um metamodelo padrão já utilizado tanto pela indústria quanto pela academia: o SPEM 2.0. Este metamodelo permite a representação de processos de software e possui uma implementação de referência, desenvolvida sobre a Plataforma Eclipse, que permite a modelagem de processos de software. Desta forma, espera-se facilitar a integração dos padrões de qualidade com os processos que os referenciam, uma vez que a linguagem utilizada nestas duas perspectivas será a mesma. O metamodelo proposto nesta tese de doutorado, bem como detalhes sobre o seu desenvolvimento, são apresentados no Capítulo 5.

Porém, antes de apresentar o desenvolvimento de tal metamodelo, é necessário ainda apresentar a conceituação sobre a área de MPS. Esta conceituação visa dar suporte ao desenvolvimento do metamodelo e foi obtida através do desenvolvimento de uma ontologia para esta área. Esta ontologia é apresentada no Capítulo 4. Ainda antes de apresentá-la, cabe relatar a metodologia de pesquisa adotada nesta tese.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Oates [OAT06], a pesquisa científica é um tipo de pesquisa sistemática, controlada, crítica e de proposições hipotéticas sobre as relações entre fenômenos. Exige uma disciplina constante no processo de pesquisa, implica na necessidade do pesquisador de ter um controle mínimo sobre o processo de pesquisa e deve utilizar uma abordagem objetiva que auxilie na eliminação de viés de preferência e juízo de valor. Já Sampieri *et al.* [SAM98] destacam que a pesquisa é um processo, o que implica em algo dinâmico, em constante mudança e contínuo. Como processo dinâmico que exige disciplina, controle e objetividade, a pesquisa científica deve ser conduzida seguindo um projeto adequado aos seus propósitos.

Este capítulo apresenta a metodologia de pesquisa adotada na realização da pesquisa de doutorado relatada nesta tese. Inicialmente, na Seção 3.1, são apresentados os aspectos metodológicos que fundamentam a pesquisa. Em seguida, na Seção 3.2, a pesquisa é caracterizada em função dos aspectos metodológicos apresentados na Seção 3.1. Na Seção 3.3, o desenho de pesquisa é apresentado e as etapas e atividades que a compõem são explicadas. Por fim, nas considerações finais, apresentadas na Seção 3.4, são comentados alguns fatores complementares sobre a metodologia e sua relação com os resultados obtidos. Assim, busca-se proporcionar, através deste capítulo, o entendimento não só da metodologia de pesquisa adotada, mas também da evolução da pesquisa como um todo e como esta foi desenvolvida ao longo do período de doutorado do pesquisador.

3.1 Aspectos metodológicos da pesquisa

De acordo com Creswell [CRE10], a seleção de um projeto de pesquisa é baseada na natureza do problema, na questão de pesquisa sendo tratada, nas experiências pessoais dos pesquisadores e no público ao qual o estudo se dirige. Creswell sugere que um projeto de pesquisa deve envolver três componentes, a saber: concepções filosóficas, estratégias de investigação e métodos de pesquisa.

As concepções filosóficas englobam um conjunto de crenças básicas que guiam a ação, significando orientações gerais sobre a visão de mundo e sobre a natureza da pesquisa defendida por um pesquisador. As estratégias de investigação são os tipos de projetos ou modelos de métodos que proporcionam uma direção específica aos

procedimentos em um projeto de pesquisa. Já os métodos de pesquisa são os procedimentos específicos que são utilizados para coleta, análise e interpretação dos dados que o pesquisador propõe em seu estudo.

Creswell [CRE10] afirma que, embora as concepções filosóficas permaneçam em grande parte ocultas na pesquisa, sua prática é influenciada por elas. Os tipos de crenças abraçadas pelos pesquisadores individuais com frequência os conduzem a adotar em sua pesquisa uma abordagem qualitativa, quantitativa ou mista e, portanto, precisam ser identificadas. Outros autores utilizam termos diferentes para referenciar o conceito de concepção filosófica. Oates [OAT06] utiliza o termo *framework* conceitual da pesquisa, outros utilizam o termo paradigma ([LIN00]) ou epistemologia ([CRO98] e [MER09]) ou pesquisa amplamente concebida ([NEU06]). Para Creswell [CRE10], as concepções filosóficas podem ser pós-positivistas, construtivistas, reivindicatórias / participatórias ou pragmáticas.

A concepção pós-positivista defende uma filosofia determinística, na qual as causas provavelmente determinam os efeitos ou os resultados. Assim, os problemas estudados pelos pós-positivistas refletem a necessidade de identificar as causas que influenciam os resultados, tais como aquelas encontradas em experimentos. Esta concepção também é reducionista, buscando reduzir as ideias e os problemas a conjuntos menores e distintos que possam ser testados, como as variáveis que compreendem as hipóteses e as questões de pesquisa. Desta forma, as suposições pós-positivistas têm representado a forma tradicional de pesquisa e são mais válidas para a pesquisa quantitativa do que para a pesquisa qualitativa [CRE10].

A concepção construtivista defende suposições de que os indivíduos procuram entender o mundo onde vivem, desenvolvendo significados subjetivos de suas experiências. Tais significados são variados e múltiplos, levando o pesquisador a buscar a complexidade dos pontos de vista ao invés de estreitá-los em categorias ou ideias. Em vez de começarem com uma teoria, tal como os pós-positivistas, os pesquisadores geram ou indutivamente desenvolvem uma teoria ou um padrão de significado. Esta perspectiva é tipicamente encarada como uma abordagem da pesquisa qualitativa [CRE10].

A concepção reivindicatória / participatória defende que a investigação da pesquisa precisa estar interligada à política e a uma agenda política. São tratadas questões específicas relacionadas à capacitação, alienação, desigualdade, dominação e opressão. O pesquisador com frequência começa com uma destas questões como ponto

focal do estudo. Esta concepção também assume que o pesquisador deve proceder colaborativamente, de forma a não marginalizar os participantes como um resultado da investigação [CRE10].

Na concepção pragmática há uma preocupação com as aplicações e as soluções para os problemas. Em vez de se concentrarem no método os pesquisadores enfatizam o problema da pesquisa e podem utilizar quaisquer abordagens disponíveis para entender o problema. Esta concepção está associada à pesquisa de métodos mistos, onde o pesquisador está baseado tanto nas suposições quantitativas quanto qualitativas quando se envolve com sua pesquisa. Defende também que os pesquisadores são livres para escolher os métodos, as técnicas e os procedimentos de pesquisa que melhor se ajustem a suas necessidades e propósitos de cada pesquisa. Assim, os pesquisadores buscam mais de uma abordagem para coletar e analisar dados, ao invés de se aterem a uma única maneira [CRE10].

De acordo com [CRE10], as estratégias de investigação podem ser classificadas em quantitativas, qualitativas ou mistas. Os pesquisadores não apenas escolhem uma estratégia de investigação, mas também os métodos de pesquisa relacionados a cada estratégia.

A pesquisa quantitativa é um meio para testar teorias objetivas examinando a relação entre variáveis. Neste tipo de pesquisa, o pesquisador segue suposições sobre o teste de teorias, sobre a criação de proteções contra vieses, sobre o controle de explicações alternativas e sobre sua capacidade de generalização e de replicação dos achados.

A pesquisa qualitativa é um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um problema social ou humano. Neste tipo de pesquisa a análise dos dados é indutivamente construída a partir das particularidades para os temas gerais e as interpretações feitas pelo pesquisador acerca do significado dos dados.

Outro aspecto relacionado à estratégia de pesquisa é o tipo de estudo. De acordo com Sampieri *et al.* [SAM98], podemos identificar quatro tipos de estudos: exploratórios, descritivos, correlacionais e explicativos. Sampieri *et al.* entretanto esclarece que os estudos explicativos também são chamados às vezes de estudos experimentais, tal como em [DAH86] apud [SAM98]. Mas, para Sampieri *et al.* [SAM98], o

termo estudos explicativos é mais adequado, uma vez que o autor considera que o método experimental não é o único método possível de ser empregado em estudos explicativos.

Os estudos exploratórios são realizados, normalmente, quando o objetivo é estudar um problema ainda pouco estudado ou que não tenha sido abordado antes. São adequados também quando a revisão da literatura demonstra que existem ideias vagamente relacionadas ao problema em estudo ou estudos similares em outro contexto. Sampieri *et al.* destacam que um estudo exploratório raramente constitui um fim em si mesmo, pois geralmente este tipo de pesquisa determina tendências, identifica relações potenciais entre variáveis e estabelece o tema de investigações posteriores. Uma definição alinhada é apresentada em Yin [YIN10], onde a pesquisa exploratória tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas à formulação de novas teorias, modelos e hipóteses pesquisáveis em estudos posteriores.

Ainda segundo Sampieri *et al.* [SAM98], os estudos descritivos buscam especificar as propriedades de pessoas, grupos, comunidades ou qualquer outro fenômeno que seja submetido à análise. Estes estudos medem e avaliam diversos aspectos, dimensões e componentes do fenômeno a investigar. Do ponto de vista científico, descrever é medir. Portanto, neste tipo de estudo, é selecionada uma série de variáveis que são medidas individualmente para, assim, descrever aquilo que se estuda.

Nos estudos correlacionais, as variáveis são medidas em conjunto, buscando-se avaliar a existência de correlações entre as mesmas. O propósito deste tipo de estudo é descobrir como se pode comportar uma variável a partir do conhecimento de outras variáveis correlacionadas. Se duas variáveis estão correlacionadas e se conhece a correlação, temos um embasamento para prever o comportamento com maior ou menor exatidão de uma delas sabendo o valor da outra.

Já os estudos explicativos vão além da descrição de fenômenos e do estabelecimento de correlações entre suas variáveis. Os estudos explicativos buscam descobrir as causas dos fenômenos. O interesse central está em explicar por que o fenômeno ocorre, em que condições ocorre e por que duas ou mais variáveis estão correlacionadas.

Ainda segundo Sampieri *et al.* [SAM98], a definição do tipo de estudo irá definir a estratégia de pesquisa e é determinante também do desenho de pesquisa, pois

diferentes tipos de pesquisa vão gerar desenhos de pesquisa diferentes. O autor destaca que os estudos exploratórios servem para preparar o terreno e normalmente antecedem os outros três tipos. Os estudos descritivos normalmente fundamentam as pesquisas correlacionais que, por sua vez, geram informações para levar em frente estudos explicativos.

A definição do tipo de estudo depende basicamente de dois fatores: o nível do conhecimento na área de pesquisa e o enfoque que se pretende dar ao assunto. Em primeiro lugar, a revisão da literatura pode nos revelar que não existem antecedentes sobre o tema em questão ou que os antecedentes existentes não são aplicáveis ao contexto em que há de se desenvolver o estudo. Neste caso, deve-se iniciar a pesquisa na área como exploratória. Se existirem teorias com apoio empírico moderado, ou seja, estudos descritivos que tenham definido certas variáveis, então a pesquisa pode iniciar-se como descritiva, pois ainda podem ser acrescentadas novas variáveis a medir, ou correlacional, quando depois de analisadas as variáveis for possível pressupor correlações entre as mesmas. Além disto, a literatura pode nos mostrar que existem várias teorias sobre o problema. Neste caso, podemos iniciar a pesquisa como explicativa.

Por outro lado, o enfoque que o pesquisador dá ao estudo também é importante. Se o pesquisador decidir estudar um problema previamente estudado, porém com um enfoque diferente, ainda poderá iniciar um estudo exploratório.

Ainda quanto à estratégia de pesquisa, estão associados à estratégia quantitativa os métodos experimentais, quase-experimentais e de levantamentos. Oates [OAT06] também associa a esta estratégia o método de *survey*. Estão associados à estratégia qualitativa os métodos de pesquisa narrativa, fenomenologia, etnografia, teoria fundamentada e estudos de caso. Oates [OAT06] também associa a esta estratégia os métodos de pesquisa-ação e de projeto e criação.

3.2 Caracterização da pesquisa

Na pesquisa relatada nesta tese de doutorado foi adotada uma concepção pragmática, tal como abordada por [CRE10] e descrita na Seção 3.1. Como já exposto, esta pesquisa trata de um tema complexo. A concepção pragmática está relacionada à crença do pesquisador, de certa forma também reducionista, de que problemas complexos devem ser tratados de forma incremental. Justifica-se o aspecto reducionista,

pois o pesquisador acredita ser mais adequada a divisão do problema em partes menores para um melhor controle da complexidade e das variáveis envolvidas no problema. Justifica-se o aspecto incremental, pois o pesquisador acredita que através da realização de sucessivos projetos, com escopo reduzido para tratar das diversas partes do problema, podem-se acrescentar novas contribuições ao conhecimento de forma controlada.

Ainda quanto ao aspecto reducionista, cabe destacar que não é esperado pelo pesquisador que o tema desta tese de doutorado possa ser estudado em toda a sua profundidade e analisado sob todos os aspectos relevantes ao mesmo tempo em um único projeto de pesquisa. Ao contrário, assume-se aqui o pressuposto de que o correto tratamento da temática sobre a integração de padrões de qualidade para MPS exige a realização de diversos projetos, visando à construção e a disseminação do conhecimento através do emprego das mais variadas técnicas e métodos de pesquisa. Desta forma, a pesquisa aqui relatada representa apenas um passo em um processo maior que deve contemplar desde a pesquisa exploratória até a pesquisa explicativa. Ao longo deste processo, do qual esta pesquisa é apenas um passo, espera-se também que sejam utilizados os métodos mais adequados aos propósitos de cada passo. Justifica-se, assim, a concepção pragmática adotada nesta tese de doutorado.

Uma vez estabelecida esta concepção, é importante determinar claramente a questão de pesquisa. Desta forma, apresenta-se a seguinte questão de pesquisa:

"Como realizar a representação de padrões de qualidade para MPS de forma que seja possível apoiar a integração dos mesmos?".

Esta pesquisa se caracteriza também como um estudo exploratório. Como foi descrito na Seção 3.1, de acordo com Sampieri *et al.* [SAM98], a definição do tipo de estudo depende basicamente de dois fatores: o nível de conhecimento na área de pesquisa e o enfoque que se pretende dar ao assunto. Quanto ao nível de conhecimento na área, durante a revisão da literatura foram encontrados poucos trabalhos relacionados diretamente à questão de pesquisa tratada nesta tese. Apesar de já existirem estudos sobre a problemática da integração de padrões de qualidade, como foi visto no Capítulo 2, a maioria destes estudos visam apenas à comparação, à harmonização ou ao mapeamento entre padrões de qualidade. Poucos destes estudos preocupam-se com o formalismo necessário para representação e integração de padrões de qualidade para MPS. Já quanto ao enfoque que se pretende dar ao assunto, mesmo dentre os poucos

estudos encontrados que apresentam propostas de formalismos relacionados à representação e integração de padrões de qualidade, não foi encontrado nenhum que proponha uma linguagem para representação de padrões de qualidade que apoie a integração dos mesmos. Nenhum destes estudos trata também da possibilidade de tratar os padrões de qualidade como artefatos computáveis, de forma a contribuir para o desenvolvimento de ferramentas que apoiem o trabalho relacionado à integração dos padrões de qualidade para MPS. Em outras palavras, enquanto os trabalhos relacionados têm um enfoque na criação de artefatos destinados às pessoas que trabalham com MPS, esta tese de doutorado, enquanto tese da área de Ciência da Computação, tem um enfoque também na criação de artefatos destinados aos sistemas computacionais utilizados por estas pessoas. Desta forma, em função do nível do conhecimento existente na área de pesquisa e do enfoque dado ao assunto, justifica-se a natureza exploratória desta pesquisa.

Além disto, segundo Yin [YIN10], a pesquisa exploratória tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas à formulação de novas teorias, modelos e hipóteses pesquisáveis em estudos posteriores. Nesta pesquisa, alguns conceitos a respeito da representação de padrões de qualidade são revistos, visando à construção de uma conceituação precisa para a área de MPS. São desenvolvidos também dois novos modelos para a área, a saber: a ontologia de padrões de qualidade para MPS e o metamodelo para MPS. Para o desenvolvimento destas contribuições, o método de pesquisa adotado foi o método Projeto e Criação, tal como proposto por [OAT06]. A pesquisa seguindo esta estratégia pode oferecer novos constructos, modelos, métodos ou instanciação como contribuição para o conhecimento. Oates salienta que para que um projeto baseado em Projeto e Criação possa ser considerado como uma contribuição para o conhecimento é necessário que o mesmo apresente características acadêmicas como análise, discussão, explicações, argumentação, justificação e avaliação crítica. Estas características são demonstradas ao longo desta tese de doutorado.

Quanto às teorias, modelos e hipóteses pesquisáveis em estudos posteriores, nas conclusões desta tese de doutorado são apresentadas sugestões de trabalhos futuros alinhados à concepção de que esta tese de doutorado representa apenas um passo de uma pesquisa maior. Podemos citar como exemplo a necessidade de estudos descritivos visando identificar outras variáveis envolvidas no problema. Uma

vez identificadas todas as variáveis relevantes, seria possível conduzir estudos correlacionais visando identificar como estas variáveis se relacionam. Além disto, destaca-se também a necessidade de realização de estudos explicativos (ou experimentais) no futuro em decorrência dos resultados alcançados nesta pesquisa e em outras que venham a ser desenvolvidas até lá.

Quanto aos métodos de pesquisa e de geração de dados, foram utilizados ao longo desta pesquisa quatro métodos: estudo de caso, *survey*, projeto e criação e pesquisa baseada em documentos. O estudo de caso foi realizado no início do doutorado durante a participação do pesquisador em um projeto de pesquisa que tinha como objetivo estudar projetos de MPS para avaliar os principais problemas enfrentados pelas empresas neste tipo de projeto. Este estudo de caso foi realizado entre os anos de 2006 e 2008 e contou com a participação de mais dois pesquisadores. As unidades de estudo foram projetos de MPS de sete empresas de pequeno e médio porte participantes de um programa de certificação em CMMI. Foram coletados e analisados dados relacionados aos problemas enfrentados pelas empresas e ao grau de dificuldade encontrado na adoção das áreas de processos (PA's) do nível 2 do CMMI. Este estudo está documentado no Apêndice C desta tese de doutorado.

A *survey* também foi realizada no início do doutorado e teve como objetivo explorar e compreender os tipos de relacionamentos criados entre as diversas iniciativas de implantação de padrões de qualidade nas organizações e os problemas cotidianos de TI. Foi conduzida entre 260 participantes de um evento sobre qualidade realizado no Brasil em 2006. Este estudo está documentado no Apêndice B desta tese de doutorado.

Tanto o estudo de caso quanto a *survey* foram importantes motivadores na escolha do tema para esta tese de doutorado. Através da realização destes dois estudos o pesquisador teve seu primeiro contato com a problemática da integração de padrões de qualidade. Porém, estes estudos foram realizados antes da escolha da questão de pesquisa tratada nesta tese de doutorado e o desenho de pesquisa foi elaborado apenas após a escolha da questão de pesquisa. Portanto, estes dois estudos não foram incluídos no desenho de pesquisa desta tese.

Quanto aos métodos incluídos no desenho de pesquisa, foram utilizados a pesquisa baseada em documentos e o método de projeto e criação. De acordo com [OAT06], a pesquisa baseada em documentos pode ser considerada como uma fonte de dados alternativa às entrevistas, observações e questionários. A revisão da literatura

acadêmica (seja feita informalmente ou sistematicamente), por exemplo, é uma forma de pesquisa baseada em documentos. A revisão dos padrões de qualidade utilizados em MPS e dos trabalhos que propõem abordagens para integração, comparação, mapeamento ou harmonização entre os padrões de qualidade também é uma forma de pesquisa baseada em documentos.

Já o método de projeto e criação foi o principal método utilizado nesta pesquisa para construir a ontologia e o metamodelo para MPS. De acordo com [OAT06], o método de projeto e criação pode ser utilizado inclusive como único método de uma pesquisa quando os artefatos desenvolvidos na mesma são as principais contribuições para o conhecimento, algo que, de acordo com o autor, é comum nas pesquisas na área de Computação. No Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Faculdade de Informática da PUCRS, por exemplo, podemos citar várias teses de doutorado que utilizaram este método de pesquisa recentemente, tais como [CAL10], [LEM11] e [PER11].

3.3 Desenho e etapas da pesquisa

Esta pesquisa é caracterizada por três etapas. A Figura 3.1 apresenta o desenho de pesquisa adotado. Segue-se a ela o detalhamento de cada etapa.

3.3.1 Etapa 1 - Fundamentação

De acordo com Sampieri *et al.* [SAM98], para o aprofundamento em um tema é necessário conhecer os estudos, pesquisas e trabalhos anteriormente realizados sobre o tema. A tarefa de pesquisa da literatura sobre o tema e tópicos correlacionados é uma etapa fundamental de qualquer pesquisa científica, fornecendo a fundamentação teórica necessária para a sua realização. A Etapa 1 do desenho de pesquisa consiste de uma pesquisa da literatura visando à fundamentação da pesquisa como um todo. Esta etapa é composta de três atividades: revisão da base teórica, revisão de padrões de qualidade para MPS e revisão sistemática da literatura.

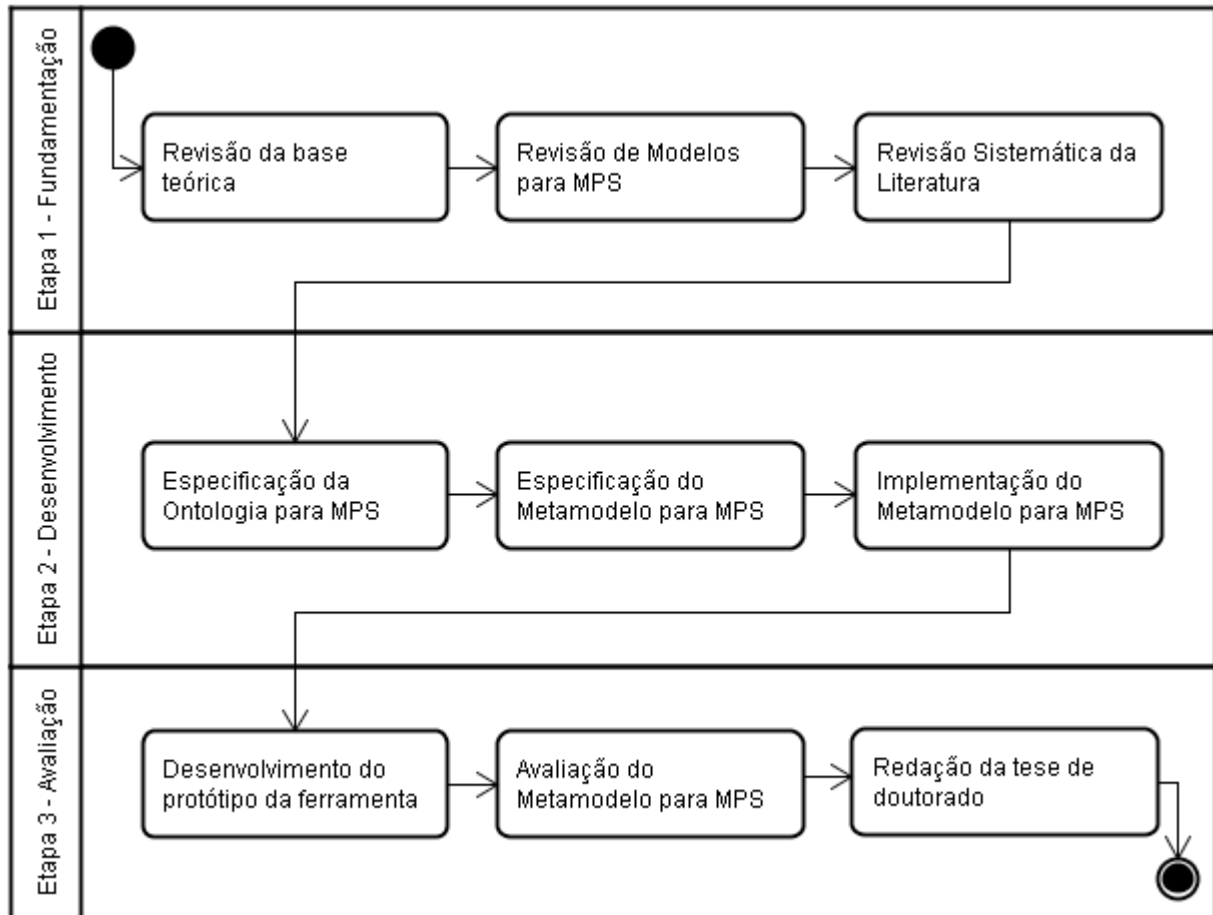


Figura 3.1 - Desenho de Pesquisa.

A primeira atividade, a revisão da base teórica, visa permitir um estudo em amplitude do conhecimento existente na área. Consiste em um estudo da base teórica relacionada às principais áreas abordadas neste estudo: a engenharia do processo de software, a qualidade do processo de software e a melhoria do processo de software. Apesar de esta pesquisa estar concentrada principalmente na área de MPS, faz-se necessário o estudo de outros conceitos, visando complementar o referencial teórico e buscar conceitos interrelacionados para o melhor desenvolvimento das atividades subsequentes. A formação de uma base teórica consistente é fundamental para o planejamento das atividades subsequentes, servindo como uma fonte para a fundamentação das principais questões abordadas nas demais atividades desta etapa.

A segunda atividade, a revisão dos padrões de qualidade para MPS, visa consolidar o conhecimento sobre os principais objetos de estudo desta pesquisa através da análise dos conceitos e da terminologia adotada nos mesmos. Esta análise tem como principais objetivos identificar inconsistências, entender os conceitos envolvidos nos

padrões de qualidade para MPS e buscar a melhor terminologia possível para descrevê-los.

A terceira atividade, a revisão sistemática da literatura, visa sistematizar o estudo da base teórica, aprofundando os conhecimentos adquiridos com a realização do estudo inicial. A realização de uma revisão sistemática da literatura nesta pesquisa busca identificar estudos relacionados às abordagens para integração de padrões de qualidade já apresentados na literatura. A prática de revisão sistemática foi introduzida na área de Engenharia de Software em 2004 por Kitchenham [KIT04] e se mostrou bastante eficiente, justificando o seu uso em pesquisas deste tipo. Neste trabalho a revisão sistemática da literatura segue o guia de Kitchenham para adoção de revisões sistemáticas em pesquisas de doutorado. Maiores detalhes sobre a condução da revisão sistemática da literatura nesta pesquisa podem ser obtidos no Apêndice A.

Cabe ressaltar que esta etapa também tem o propósito de alcançar um dos objetivos específicos apresentados na Seção 1.3.1, que diz respeito à necessidade de identificar as abordagens para integração de padrões de qualidade existentes na área, bem como as características das mesmas. Os resultados destas atividades foram utilizados para elaboração do Capítulo 2 desta tese de doutorado.

3.3.2 Etapa 2 - Desenvolvimento

A Etapa 2 consiste do desenvolvimento de uma ontologia de padrões de qualidade para MPS e de um metamodelo para representação e integração de padrões de qualidade para MPS. É composta de três atividades: a especificação de uma ontologia de padrões de qualidade para MPS, a especificação de um metamodelo para MPS e a implementação do metamodelo para MPS.

A primeira atividade consiste na especificação de uma ontologia de padrões de qualidade para MPS (OMPS). Esta atividade visa alcançar o objetivo específico, apresentado na Seção 1.3.1, que trata da necessidade de definição de uma ontologia para consolidação dos conceitos e da terminologia empregada nos padrões de qualidade utilizados na área de MPS. Ontologias são comumente utilizadas em Engenharia de Software para identificar conceitos e termos, definir precisamente seus significados e esclarecer os relacionamentos entre os mesmos ([GRU95], [FAL98], [TAU98] e [BER07]). A ontologia proposta nesta tese de doutorado foi desenvolvida como uma especificação de uma conceituação sobre de padrões de qualidade para MPS, buscando a integração

semântica dos padrões de qualidade utilizados na área. Busca também contribuir para o aumento do formalismo utilizado na área de MPS. O resultado desta atividade é apresentado no Capítulo 4 desta tese de doutorado.

A segunda atividade consiste na especificação de um metamodelo para o domínio de MPS. O metamodelo foi desenvolvido como uma linguagem para a representação dos padrões de qualidade, sendo fundamentado na conceituação especificada pela OMPS, e formaliza os constructos necessários para a representação de padrões de qualidade utilizados na área de MPS. A criação de um metamodelo como linguagem baseada na ontologia é um passo fundamental para a criação de ferramentas capazes de suportar a representação dos padrões de qualidade utilizados na área de MPS.

A terceira atividade desta etapa consiste da implementação do metamodelo. A especificação da linguagem representada pelo metamodelo proveniente da atividade anterior é utilizada aqui para a implementação da linguagem em si através da extensão do metamodelo SPEM 2.0.

Estas duas últimas atividades visam alcançar o objetivo específico que trata da necessidade de definição de um metamodelo visando dar suporte à integração de padrões de qualidade para MPS. Os resultados destas duas últimas atividades são apresentados no Capítulo 5 desta tese de doutorado.

3.3.3 Etapa 3 - Avaliação

No método de projeto e criação, de acordo com [OAT06], uma vez desenvolvido um artefato, este artefato precisa ser avaliado. A Etapa 3 do desenho de pesquisa visa à avaliação do metamodelo criado na Etapa 2. Consiste de três atividades. A primeira é a especificação e o desenvolvimento do protótipo da ferramenta de apoio à avaliação dos resultados obtidos nas etapas anteriores. A segunda é a realização da avaliação do metamodelo para MPS. E a terceira é o registro dos resultados através da redação da tese de doutorado. Estas atividades estão diretamente relacionadas aos dois últimos objetivos específicos apresentados na Seção 1.3.1.

A primeira atividade desta etapa é a implementação do protótipo da ferramenta de edição de modelos com o uso do metamodelo desenvolvido. O desenvolvimento do protótipo faz parte do processo de avaliação, além de servir como base para a realização da avaliação do metamodelo nesta etapa. O protótipo foi

desenvolvido tendo como base a plataforma Eclipse. Esta escolha é baseada no fato de que a implementação de referência do SPEM 2.0 também foi desenvolvida na plataforma Eclipse, além da possibilidade de extensão garantida pela publicação do código fonte da plataforma em regime de software livre.

A segunda atividade consiste da avaliação do metamodelo. Esta avaliação foi feita de forma analítica, através do desenvolvimento de cenários simulados. Os procedimentos de avaliação tiveram como base a estratégia de pesquisa Projeto e Criação, tal como abordada por [OAT06]. Para isto, com o uso do metamodelo para MPS foram modelados o MR-MPS, o CMMI-Dev, a norma ISO 9001, o mapeamento entre MR-MPS e CMMI de [MEL11] e o mapeamento entre CMMI e ISO 9001 de [MUT08].

Na terceira atividade, os resultados obtidos foram relatados tanto através da redação de artigos científicos ([ESP09], [ESP09b], [ESP10] e [ESP10b]) quanto através da redação desta tese de doutorado. Através da publicação desta pesquisa espera-se submeter os resultados à apreciação da comunidade e obter *feedback* sobre os mesmos, contribuindo assim para a avaliação dos resultados da pesquisa. Além disto, a pesquisa também foi apresentada para pesquisadores da área em várias oportunidades, incluindo congressos, *workshops* e bancas de avaliações específicas ao longo do doutorado. O autor desta pesquisa participou dos eventos onde os artigos foram publicados e recebeu comentários e sugestões diretamente de pesquisadores interessados no tema. Em especial podem ser destacadas duas ocasiões. Uma foi a participação no VIII Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software em 2010, onde esta pesquisa foi apresentada à comunidade de pesquisa e debatida com diversos pesquisadores especialistas no tema. A outra ocasião importante foi uma missão de estudos de curta duração em que o autor visitou o Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ, onde esta pesquisa foi apresentada para o principal grupo de pesquisa atuando nesta área no país.

Por fim, o método de pesquisa adotado nesta tese de doutorado teve a finalidade de ampliar a validade dos resultados obtidos. A validade desta pesquisa foi perseguida através do rigor metodológico seguido ao longo do processo de pesquisa como um todo. A cada etapa da pesquisa os métodos mais apropriados foram escolhidos e aplicados rigorosamente, tendo-se sempre em mente os aspectos metodológicos aqui relatados e os objetivos inicialmente propostos.

3.4 Considerações finais sobre a metodologia de pesquisa

Neste capítulo foi apresentada a metodologia de pesquisa adotada no desenvolvimento desta tese de doutorado. Inicialmente foram descritos os aspectos metodológicos relacionados à mesma, visando contextualizar e embasar a caracterização da pesquisa. Destacaram-se três componentes de um projeto de pesquisa, a saber: suas concepções filosóficas, sua estratégia de investigação e seus métodos de pesquisa.

A seguir a pesquisa foi caracterizada em função dos aspectos metodológicos apresentados. Em resumo, a pesquisa foi caracterizada como sendo uma pesquisa do tipo exploratória, guiada por uma concepção pragmática, que emprega uma estratégia de investigação qualitativa e que faz uso de múltiplos métodos de pesquisa. Também foi apresentado o desenho de pesquisa, contendo uma etapa de fundamentação, uma etapa de desenvolvimento e uma etapa de avaliação.

A descrição detalhada da metodologia de pesquisa teve o objetivo de esclarecer os procedimentos adotados para a condução de uma pesquisa sistemática, controlada, crítica e disciplinada. Mesmo assim, ainda cabem alguns comentários sobre a evolução deste processo ao longo da realização da pesquisa. Estes comentários visam esclarecer principalmente as mudanças realizadas na metodologia de pesquisa após a apresentação da proposta de pesquisa em 2009 e as implicações destas mudanças.

A primeira mudança realizada na pesquisa foi uma alteração no seu escopo através do ajuste da questão de pesquisa. Seguindo uma recomendação dos avaliadores da proposta de pesquisa, foi retirado da questão de pesquisa o aspecto relativo ao suporte a adoção de múltiplos padrões de qualidade concorrentemente nas organizações. Desta forma, o escopo da pesquisa ficou restrito à representação e à integração de padrões de qualidade para MPS. Além do ajuste da questão de pesquisa, esta alteração de escopo também contribuiu para a decisão de retirada do estudo experimental do desenho de pesquisa, tal como inicialmente proposto. A realização do experimento tinha o objetivo de verificar se o emprego do metamodelo proposto aumentaria a eficiência na definição de processos aderentes a múltiplos padrões de qualidade e a precisão com que as equivalências entre os padrões de qualidade seriam compreendidas, com respeito à eficiência e à precisão e do ponto de vista dos engenheiros de processo de software. Uma vez que a temática de adoção de padrões de qualidade deixou de fazer parte do escopo

desta pesquisa, a realização de tal experimento tornou-se desnecessária no contexto do projeto de pesquisa exploratória aqui apresentado. Além disto, através do amadurecimento da pesquisa, ficou claro que a temática da integração de padrões de qualidade é muito ampla para ser tratada em um único projeto de pesquisa, tal como já explicado na Seção 3.2. Desta forma, decidiu-se por restringir este projeto de pesquisa a uma pesquisa exploratória como passo inicial de um projeto maior a ser desenvolvido em trabalhos futuros. Assim, o estudo experimental passou a ser tratado, nesta tese de doutorado como um trabalho futuro a ser desenvolvido em uma pesquisa explicativa.

A segunda mudança relevante foi feita na etapa de fundamentação do desenho de pesquisa. Seguindo uma recomendação dos avaliadores do projeto de pesquisa, o estudo de caso e a *survey* foram caracterizados aqui como motivadores da pesquisa, ao invés de atividades da mesma como inicialmente proposto. Esta recomendação alinhou-se à compreensão de que aqueles estudos foram realizados em uma etapa de concepção da pesquisa, onde ainda não estavam completamente definidos o tema da pesquisa e a questão de pesquisa, não podendo portanto ser caracterizados como atividades componentes do desenho de pesquisa que foi definido posteriormente à realização daqueles estudos.

Por fim, a terceira mudança relevante foi a inclusão de uma atividade de desenvolvimento de uma ontologia visando à construção de uma conceituação sobre os padrões de qualidade para MPS. A recomendação dos avaliadores da proposta de pesquisa consistia da realização de mapeamentos entre os padrões de qualidade escolhidos e posterior construção de uma ontologia. Entretanto, a pesquisa na literatura revelou a existência de mapeamentos suficientes para serem utilizados como base para o desenvolvimento da ontologia. Assim, decidiu-se pela adoção dos mapeamentos já publicados, bem como dos padrões de qualidade escolhidos, como base para o desenvolvimento da ontologia. O desenvolvimento desta ontologia foi de fundamental importância para o desenvolvimento do metamodelo, sendo que sua construção é apresentada a seguir no Capítulo 4.

4. UMA ONTOLOGIA PARA O DOMÍNIO DE PADRÕES DE QUALIDADE PARA MPS

Visando contribuir para convergência de conceitos e a construção de consenso sobre a terminologia adotada na área de MPS, este capítulo apresenta uma análise comparativa dos conceitos e dos termos usados em alguns dos modelos para MPS mais relevantes tanto na academia quanto na indústria de software brasileira. Também é apresentada uma proposta de ontologia de padrões de qualidade para MPS. A ontologia proposta neste capítulo tem um papel de modelagem conceitual da realidade sendo aqui discutida e representa o primeiro passo no desenvolvimento do metamodelo para representação e integração de modelos para MPS. Assim, este capítulo busca também contribuir para o aumento do formalismo adotado nas definições de modelos para MPS.

4.1 Metodologia adotada no desenvolvimento da OMPS

Uma ontologia é uma especificação de uma conceituação [GUI05]. Como artefato de engenharia, uma ontologia é constituída por um vocabulário que descreve certa realidade, mais um conjunto de suposições explícitas (axiomas formais) considerando o significado pretendido pelos termos do vocabulário [GUI05].

A construção da Ontologia de padrões de qualidade para MPS (OMPS) implicou no estudo de uma área rica em termos e conceitos interrelacionados. Além da diversidade de conceituações existentes nesta área, também é necessário contemplar os diversos níveis de abstração presentes nos modelos utilizados na área de MPS. Visando lidar com a complexidade inerente à construção deste tipo de artefato, torna-se necessário adotar uma estratégia de decomposição do problema. Para tanto, o problema foi decomposto em vários aspectos igualmente importantes para a área de MPS.

Um aspecto importante da área de MPS que merece especial atenção é o próprio Processo de Software, visto que já existem na literatura abordagens para conceituação do mesmo. Não é o propósito da OMPS propor uma nova conceituação sobre esta área, mas sim buscar a integração com as abordagens existentes. Assim, a OMPS foi integrada com a Ontologia de Processo de Software proposta por [FAL98] e posteriormente evoluída em [MIA03b], [BER06] e [FAL09], com a Ontologia de

Organização de Software proposta por [RUY06], com a Ontologia de Artefato proposta por Nunes [NUN05] e com a Ontologia de Corporação de Souza [SOU08]. Estas ontologias foram introduzidas neste estudo para apresentar os relacionamentos entre os conceitos da OMPS e os conceitos relacionados ao processo de software que, apesar de serem fundamentais para a área de MPS, já foram tratados nos trabalhos citados. Além disto, cabe destacar que estas ontologias apresentam uma quantidade de conceitos bem maior do que aquela apresentada neste estudo. Não é o propósito deste estudo descrever estas ontologias na sua totalidade. Foram incluídos apenas os conceitos pertinentes ao tema aqui tratado.

Ontologias são tipicamente artefatos complexos de engenharia. Portanto, sua construção exige a adoção de métodos e técnicas apropriadas [BER06]. Na elaboração da OMPS foi utilizada a abordagem *Systematic Approach for Building Ontologies* (SABiO) proposta em [FAL98], que consiste dos seguintes passos: (i) identificação de propósito e especificação dos requisitos da ontologia, (ii) captura, (iii) formalização, (iv) integração com ontologias existentes, (v) avaliação e (vi) documentação. Esta abordagem foi adotada aqui principalmente por já ter sido utilizada na construção da Ontologia de Processo de Software com a qual a OMPS foi integrada, bem como na construção de suas sucessivas evoluções.

Para a representação da OMPS foi utilizado o perfil UML proposto por [MIA03] (Anexo A). Este perfil UML foi utilizado também na Ontologia de Processo de Software quando das suas últimas evoluções em [MIA03b], [BER06], [FAL09] e [SOU08]. O perfil UML permite associar a sintaxe dos diagramas de classes UML à semântica pretendida. Para formalizar esta semântica, foi utilizada lógica de primeira ordem na definição dos axiomas.

4.2 Terminologia adotada na OMPS

Primeiramente, antes de apresentar a ontologia, é necessário estabelecermos precisamente alguns dos conceitos e termos que serão utilizados neste capítulo. Uma das fontes dos problemas que serão analisados está justamente na inconsistência de conceitos e terminologia, portanto é imprescindível que alguns destes conceitos sejam analisados individualmente, sejam definidos e recebam um termo adequado para ser usado de forma consistente no restante deste capítulo.

Um dos conceitos fundamentais na área de MPS é o conceito de Processo. Entretanto, o termo processo é utilizado de forma inconsistente nos modelos para MPS analisados. O termo processo é utilizado em alguns casos para designar o conceito de Processo, tal como adotado neste capítulo, e em outros casos para designar o conceito de Área de Processo, que também será adotado de forma específica neste capítulo.

O conceito de Processo, tal como adotado neste capítulo, é bem definido em [ABN01]:

“Um conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas, que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas)”.

Esta definição está alinhada com vários usos deste termo na literatura sobre processo de software, tais como [PAU93], [KRU00], [SOM03] e [OMG08], e está também alinhado com ontologias relacionadas ao processo de software, tais como [FAL98] e [LIA05]. Dentre os vários aspectos presentes nas definições encontradas nestas fontes, a característica central que se repete em todas é a definição de que um processo é um conjunto de atividades. Neste capítulo, o termo processo será a partir de agora utilizado com este sentido, ou seja, será utilizado para designar o conceito de Processo acima descrito.

Outro conceito fundamental na área de MPS é o conceito de Área de Processo. O conceito de Área de Processo, tal como adotado neste capítulo, é designado na ISO/IEC 15504 e no MPS.BR pelo termo processo e pode ser traduzido como:

“Um enunciado de propósito do processo que descreve em alto nível os objetivos gerais a serem atingidos durante a execução do processo, juntamente com um conjunto de resultados que demonstrem a realização bem sucedida do propósito do processo”.

Apesar de esta ser a definição do termo processo na ISO/IEC 15504 e no MPS.BR, o termo processo não será mais utilizado neste capítulo com este sentido. O termo adotado neste capítulo para designar o conceito de Área de Processo será o mesmo termo adotado pelo CMMI, ou seja, utilizaremos o termo área de processo a partir de agora para designar o conceito de Área de Processo acima descrito. Isto tem a finalidade de evitar que os conceitos de Processo e Área de Processo sejam confundidos devido ao uso de uma terminologia ambígua. Cabe ressaltar que, apesar do uso de termos distintos, as definições apresentadas na ISO/IEC 15504 e no CMMI para este conceito

estão alinhadas, possibilitando assim a adoção desta terminologia neste capítulo. Isto pode ser observado na tradução do termo área de processo extraído do glossário do CMMI:

“Um conjunto de práticas de uma área que, quando implementadas coletivamente, satisfazem a um conjunto de objetivos considerados importantes para a realização de melhorias naquela área”.

Em resumo, trata-se da distinção entre “o que” deve ser feito versus “como” deve ser feito. Uma área de processo determina o que é esperado que seja feito em um processo para o atendimento de certos objetivos, mas não estabelece como isto deve ser feito. Já um processo descreve justamente como o trabalho precisa ser realizado em termos de atividades concretas.

Outro conceito que precisa ser definido claramente é o conceito de Resultado de Processo. O conceito de Resultado de Processo, tal como adotado neste capítulo, é designado na ISO/IEC 15504, na ISO/IEC 12207 e no MPS.BR como:

“Um resultado observável do sucesso do alcance do propósito do processo”.

Se considerarmos que o termo processo foi empregado nestes documentos com o sentido que aqui estamos nomeando de área de processo, podemos concluir que esta definição está alinhada com a definição do termo objetivo específico do CMMI, que pode ser traduzido como:

“Um componente obrigatório que descreve uma característica única que precisa estar presente para satisfazer a área de processo”.

Em resumo, este conceito define os elementos que compõem e detalham tudo que se espera que um processo realize para satisfazer uma área de processo. Logo, toda área de processo apresenta sempre um conjunto de resultados de processo que precisam ser observados para definição de um processo.

Tendo estabelecido estes termos, podemos discutir os problemas relacionados aos conceitos e a terminologia adotada nos modelos para MPS aqui analisados que buscamos evitar com o desenvolvimento da OMPS. Estes problemas podem ser resumidos em quatro categorias.

A primeira categoria diz respeito à sinonímia, ou seja, ao uso de termos distintos para designar um mesmo conceito. Alguns termos discutidos nesta seção exemplificam este tipo de problema. O CMMI utiliza os termos área de processo e objetivos específicos, enquanto a ISO/IEC 15504 e o MPS.BR utilizam os termos processo e resultado de processo para os mesmos conceitos.

A segunda categoria diz respeito ao uso de um único termo para designar conceito distintos em modelos distintos. O termo processo pode ser utilizado como exemplo. O termo processo é utilizado tanto para designar o conceito de Processo quanto para designar o conceito de Área de Processo.

A terceira categoria diz respeito ao uso de um único termo para designar conceitos distintos dentro de um mesmo documento. Isto acontece quando um modelo apresenta uma definição para um termo, mas usa o mesmo termo com outro sentido em outros pontos da documentação do mesmo modelo. Isto pode ser observado no MPS.BR. O MPS.BR apresenta uma lista de termos e suas respectivas definições no seu Guia Geral [SOF09]. Nesta lista consta o termo processo com a definição adotada neste capítulo. Entretanto, o modelo de referência do MPS.BR, o MR-MPS, utiliza o termo processo para se referir a um componente do modelo que não representa de fato um conjunto de atividades interrelacionadas ou interativas que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas). O componente do MR-MPS apresenta as características do que aqui estamos chamando de Áreas de Processo, mas o MR-MPS utiliza o termo processo para designá-lo.

Esta categorização ilustra a situação atual e o problema observado, demonstrando também a necessidade de homogeneização da terminologia adotada na área de MPS. A análise aqui apresentada teve como principais objetivos identificar inconsistências, entender os conceitos envolvidos nos modelos para MPS e buscar a melhor terminologia possível para descrevê-los. Visando colaborar para a solução deste problema, este capítulo propõe a Ontologia de padrões de qualidade para MPS (OMPS).

4.3 Ontologia para MPS

Visando decompor o problema, a OMPS foi desenvolvida a partir da análise de quatro aspectos inerentes aos padrões de qualidade para MPS. O primeiro aspecto diz respeito aos conceitos de alto nível comuns a diversos padrões de qualidade relevantes

para a área de MPS. Para representação destes conceitos foi criada a Ontologia de Padrão de Qualidade. O segundo aspecto diz respeito a conceitos mais específicos da área de MPS relacionados à representação de padrões de qualidade para MPS. Para representação destes conceitos foi criada a ontologia da dimensão de modelo de referência para MPS. O terceiro aspecto diz respeito à representação de conceitos específicos da área de MPS relacionados à representação de modelos de avaliação utilizados em MPS. Para representação destes conceitos foi criada a ontologia da dimensão de modelo de avaliação para MPS. O quarto aspecto diz respeito aos conceitos relacionados às normas de qualidade relevantes para MPS. Para representar estes conceitos foi criada a ontologia de Norma de Qualidade.

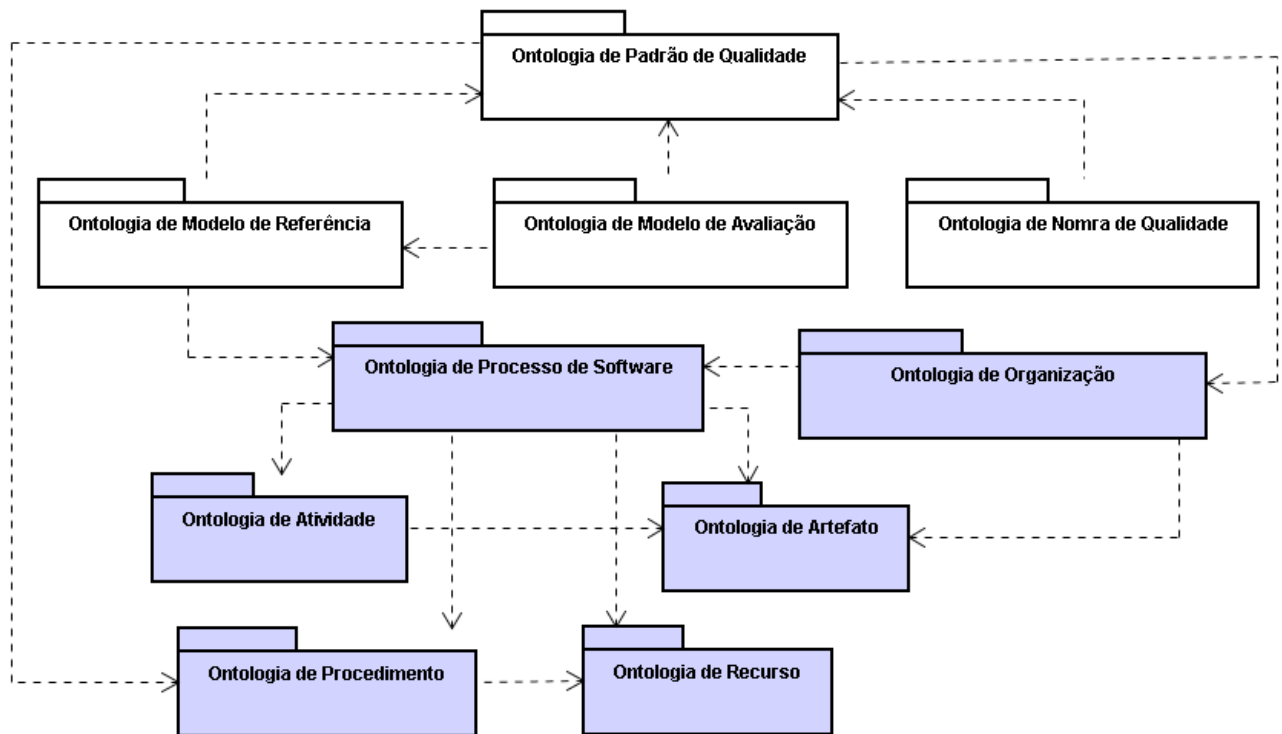


Figura 4.1 - Diagrama de integração da OMPS.

Além destes aspectos, os conceitos definidos na OMPS também estão relacionados a diversos outros conceitos já contemplados nas ontologias citadas na Seção 4.1. Visando ilustrar a integração da OMPS com estas ontologias, foi desenvolvido o diagrama de integração apresentado na Figura 4.1. Todos os conceitos provenientes ou adaptados de outras ontologias são apresentados na cor cinza nos diagramas de classes UML no decorrer deste capítulo.

4.4 Ontologia de Padrão de Qualidade

A ontologia de padrão de qualidade apresenta os conceitos de mais alto nível da OMPS. Esta ontologia inclui a taxonomia dos padrões de qualidade, a estrutura geral de um padrão de qualidade, a relação entre padrões e os ativos de processo e a relação de mapeamento que pode ser estabelecida entre requisitos de padrões de qualidade.

Podemos listar as seguintes questões de competência para a ontologia de padrão de qualidade apresentada nesta seção:

- Q1. Que tipos de diretrizes são utilizados na área de MPS?
- Q2. Qual a natureza de um padrão de qualidade?
- Q3. Como um padrão de qualidade pode ser decomposto?
- Q4. Quais são os componentes de um padrão de qualidade?
- Q5. Como os componentes de um padrão de qualidade são organizados?
- Q6. Como se dá a adoção de padrões de qualidade pelas organizações?
- Q7. Como os padrões de qualidade se relacionam com os processos de software de uma organização?
- Q8. Como diferentes padrões de qualidade se relacionam?
- Q9. Qual a natureza do relacionamento entre diferentes padrões de qualidade?

O conceito primordial tratado na OMPS é o conceito de Padrão de Qualidade. O termo padrão de qualidade foi adotado como um supertipo para os conceitos de Normas de Qualidade e Modelos de Qualidade. Padrões de qualidade são utilizados em MPS como diretrizes que podem cobrir tanto a definição de processos quanto a avaliação da qualidade dos processos definidos em uma organização. Entretanto, este conceito não é exclusivo da área de MPS e nem mesmo da dimensão de processo. Existem padrões de qualidade voltados também às áreas de desenvolvimento de serviços, de produtos e gerenciamento de pessoas, apenas para citar alguns exemplos. Na OMPS serão apresentadas apenas as especializações deste conceito que são relevantes para a área de MPS, deixando para trabalhos futuros outras possíveis especializações. Desta forma, espera-se manter este aspecto da OMPS suficientemente desacoplado dos

conceitos específicos da área de MPS para que esta ontologia possa ser mais facilmente reutilizada no futuro.

Buscando a integração com as ontologias relacionadas, o conceito de Padrão de Qualidade foi definido como um subtipo do conceito de Diretriz. O conceito de Diretriz é definido como sendo um subtipo de Procedimento que visa estabelecer um padrão para a realização de atividades [SOU08]. Tanto em [BER06] quanto em [SOU08] é apresentado um conceito semelhante chamado de norma. Normas são diretrizes que visam estabelecer padrões para a execução ou avaliação de atividades ou processos. Entretanto, o conceito de Norma, tal como apresentado naquelas ontologias, é um conceito genérico que foi modificado na OMPS em busca de definições mais específicas para os diferentes tipos de normas utilizadas na área de MPS. Na OMPS, a definição do termo norma apresentada por aqueles autores foi adotada para o conceito de Padrão de Qualidade, sendo acrescentados os conceitos de Norma de Qualidade e Modelo de Qualidade para tratar de subtipos mais específicos de Padrão de Qualidade.

Uma Norma de Qualidade é definida aqui como um tipo de Padrão de Qualidade que é mantido por alguma organização que tenha como atividade fim a promoção de normas, sejam elas nacionais ou internacionais, tais como ISO, IEC e ABNT. Exemplos de Normas de Qualidade são as normas ISO/IEC 15504, ISO 9001 e ISO/IEC 12207.

Já um Modelo de Qualidade é definido aqui como um tipo de Padrão de Qualidade mantido por qualquer outro tipo de instituição interessada em MPS, tais como o *Carnegie Mellon Software Engineering Institute* (SEI) e a Sociedade Brasileira para Promoção da Exportação de Software (SOFTEX). Exemplos de Modelos de Qualidade são o CMMI e o MPS.BR. A taxonomia de padrões de qualidade é apresentada na Figura 4.2.

A taxonomia de padrões de qualidade estabelece que tanto Norma de Qualidade quanto Modelo de Qualidade são subtipos do conceito de Padrão de Qualidade e que, conseqüentemente, compartilham das características de Padrões de Qualidade. Alguns axiomas são necessários para formalizar estes conceitos. Para cada conceito é definido um predicado visando associar um determinado objeto ao conceito correspondente.

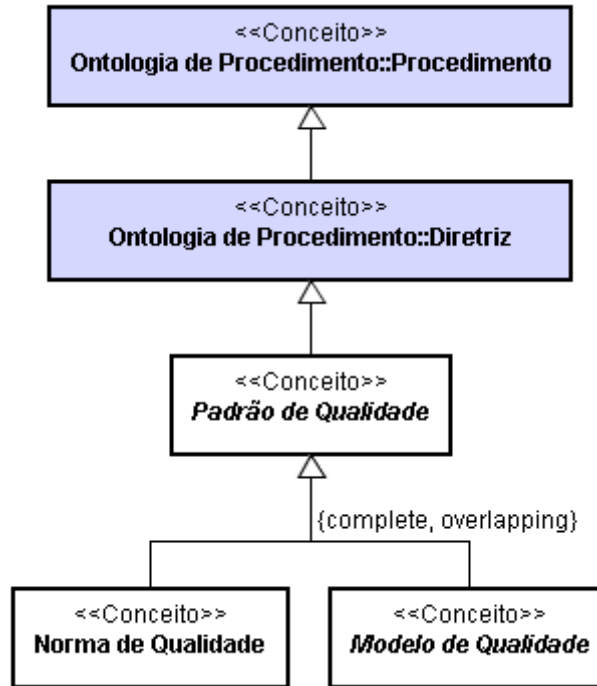


Figura 4.2 - Taxonomia dos padrões de qualidade.

Visando tornar claras as referências no texto, a identificação dos predicados será feita por uma numeração sequencial precedida da letra 'P'. Para formalizar a taxonomia de padrões de qualidade, são definidos os predicados P1 a P4:

- P1. *diretriz(x)*: Estabelece o objeto *x* como uma instância do conceito de Diretriz;
- P2. *padrão(x)*: Estabelece o objeto *x* como uma instância do conceito de Padrão de Qualidade;
- P3. *norma(x)*: Estabelece o objeto *x* como uma instância do conceito de Norma de Qualidade;
- P4. *modelo(x)*: Estabelece o objeto *x* como uma instância do conceito de Modelo de Qualidade.

O uso do Perfil UML proposto por Mian e Falbo [MIA03] estabelece a semântica pretendida nos diagramas UML aqui apresentados. Podemos citar, por exemplo, a relação de subtipo presente na Figura 4.2. Esta relação implica na existência implícita dos seguintes axiomas epistemológicos, ou seja, axiomas relacionados à estruturação dos conceitos:

$$\begin{aligned}
 (\forall x, y) \text{ norma}(x) \wedge \text{padrão}(y) &\rightarrow \text{subTipoDe}(x, y) \wedge \text{superTipoDe}(y, x) \\
 (\forall x, y) \text{ modelo}(x) \wedge \text{padrão}(y) &\rightarrow \text{subTipoDe}(x, y) \wedge \text{superTipoDe}(y, x)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (\forall y, z) \text{ padrão}(y) \wedge \text{ diretriz}(z) \rightarrow \text{ subTipoDe}(y, z) \wedge \text{ superTipoDe}(z, y) \\
& (\forall x, y, z) \text{ norma}(x) \wedge \text{ padrão}(y) \wedge \text{ diretriz}(z) \rightarrow \\
& \quad \text{ subTipoDe}(x, y) \wedge \text{ subTipoDe}(y, z) \wedge \text{ subTipoDe}(x, z) \\
& (\forall x, y, z) \text{ modelo}(x) \wedge \text{ padrão}(y) \wedge \text{ diretriz}(z) \rightarrow \\
& \quad \text{ subTipoDe}(x, y) \wedge \text{ subTipoDe}(y, z) \wedge \text{ subTipoDe}(x, z)
\end{aligned}$$

Como os axiomas epistemológicos associados à semântica pretendida já estão definidos no Perfil UML adotado, não será necessário apresentá-los para cada diagrama desta ontologia. Também não serão apresentados axiomas para definição da semântica já definida na UML, disponível em [OMG11]. Novamente, um exemplo pode ser extraído da relação de subtipo apresentada na Figura 4.2. A notação de restrição associada à notação de especialização estabelece duas restrições. A primeira, assinalada com o uso do termo *complete* entre um par de chaves, estabelece que não existem instâncias de Padrão de Qualidade que não sejam também instâncias de Norma de Qualidade ou de Modelo de Qualidade. A segunda, assinalada com o uso do termo *overlapping* entre um par de chaves, estabelece que os conceitos de Norma de Qualidade e Modelo de Qualidade podem compartilhar instâncias em comum. O uso da grafia em itálico do nome do conceito Padrão de Qualidade por sua vez estabelece que este conceito é um conceito abstrato, não possuindo assim instâncias diretas que não sejam instâncias de algum dos seus subtipos. Em conjunto, estas três características do diagrama estabelecem que todo Padrão de Qualidade, por ser uma generalização abstrata, é uma Norma de Qualidade ou um Modelo de Qualidade ou ambos.

Para formalizar os conceitos apresentados nos demais diagramas desta ontologia serão apresentados apenas os axiomas de domínio e os axiomas de consolidação. Visando tornar claras as referências no texto, a identificação destes axiomas será feita por uma numeração sequencial precedida da letra 'A'.

Uma vez definida a taxonomia dos padrões de qualidade, é necessário definir a estrutura de um Padrão de Qualidade. Padrões de qualidade são diretrizes complexas, representadas em linguagem natural, que tratam de diversos aspectos inter-relacionados. Padrões de qualidade são compostos de requisitos, recomendações e informações complementares que orientam as organizações ao adotarem o padrão de qualidade. Estes componentes dos padrões de qualidade são organizados em estruturas hierárquicas. Entretanto, não há uma uniformidade na organização destes componentes quando são comparados padrões de qualidade distintos. Isto ocorre porque o papel de cada componente não está associado inerentemente à sua posição relativa na hierarquia

de componentes dos padrões de qualidade. A norma ISO 9001, por exemplo, é organizada em seções compostas de subseções, requisitos e notas contendo informações complementares. Além das subseções serem elementos compostos de notas e requisitos, tanto notas como requisitos são, em alguns casos, elementos compostos de diversos enunciados que devem ser observados em conjunto para a correta interpretação dos mesmos. Já o MPS.BR possui processos que contêm requisitos na forma de resultados esperados e notas. Neste caso, diferentemente da ISO 9001, não existem subprocessos e tanto notas como resultados esperados são enunciados simples e não elementos compostos. Portanto, para correta generalização e representação da estrutura dos padrões de qualidade, é necessário desvincular os aspectos relacionados à estrutura dos componentes de padrão de qualidade dos aspectos relacionados aos diferentes subtipos de componentes, ou seja, a taxonomia de componentes de padrão de qualidade. A Figura 4.3 apresenta a estrutura de padrão de qualidade.

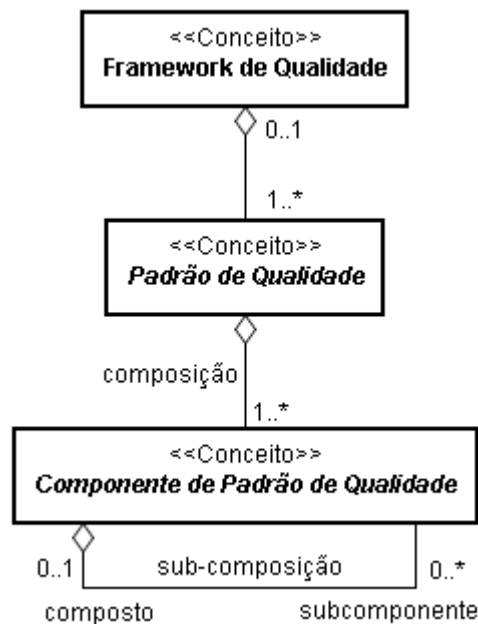


Figura 4.3 - Estrutura dos padrões de qualidade.

O diagrama apresentado na Figura 4.3 estabelece o conceito de Padrão de Qualidade como um conceito composto por Componentes de Padrão de Qualidade. Alguns Padrões de Qualidade são agrupados em *Frameworks* contendo um ou mais Padrões de Qualidade. Além disto, o conceito de Componente de Padrão de Qualidade pode ser decomposto, pois pode representar tanto um enunciado simples quanto uma composição de Componentes de Padrão de Qualidade. Os predicados P5 a P10 são utilizados na formalização destas relações de parte-todo:

- P5. $\text{framework}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de *Framework* de Qualidade;
- P6. $\text{componente}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Componente de Padrão de Qualidade;
- P7. $\text{composição}(x,y)$: Sendo x e y instâncias do conceito de Componente de Padrão de Qualidade, este predicado estabelece uma relação de parte-todo que define que x é uma composição de um conjunto de outras instâncias do conceito de Componente de Padrão de Qualidade, chamadas de subcomponentes, do qual y faz parte;
- P8. $\text{subcomponente}(x,y)$: Sendo x e y instâncias do conceito de Componente de Padrão de Qualidade, este predicado estabelece uma relação de parte-todo que define que x faz parte de um conjunto de subcomponentes que compõem y ;
- P9. $\text{enunciado}(x)$: Sendo x uma instância do conceito de Componente de Padrão de Qualidade, este predicado estabelece que x não é composto de outras instâncias de Componente de Padrão de Qualidade. Em outras palavras, enunciado é um componente que não é composto de outros componentes;
- P10. $\text{macrocomponente}(x)$: Sendo x uma instância do conceito de Componente de Padrão de Qualidade, este predicado estabelece que x não faz parte do conjunto de instâncias de Componente de Padrão de Qualidade que compõem outra instância de Componente de Padrão de Qualidade. Em outras palavras, macrocomponente é um componente que é composto de outros componentes.

Os axiomas de A1 a A6 formalizam as relações descritas nos predicados P5 a P10, estabelecendo a semântica necessária para o subsequente emprego dos predicados nos próximos axiomas. O axioma A6 formaliza que todas as instâncias do conceito de Componente de Padrão de Qualidade que compõem uma determinada composição fazem parte do mesmo *framework* de padrões de qualidade do qual aquela composição, enquanto instância de Componente de Padrão de Qualidade, também faz parte.

- A1. $(\forall x, y) \text{ componente}(x) \wedge \text{ componente}(y) \wedge \text{ parteDe}(y, x) \leftrightarrow \text{ composição}(x, y)$
- A2. $(\forall x, y) \text{ componente}(x) \wedge \text{ componente}(y) \wedge \text{ parteDe}(y, x) \leftrightarrow \text{ subcomponente}(y, x)$
- A3. $(\forall x, y) \text{ composição}(x, y) \leftrightarrow \text{ subcomponente}(y, x)$
- A4. $(\forall e) \text{ enunciado}(e) \leftrightarrow \neg(\exists c) \text{ subcomponente}(c, e)$
- A5. $(\forall m) \text{ macrocomponente}(m) \leftrightarrow \neg(\exists c) \text{ composição}(c, m)$
- A6. $(\forall x, y) \text{ subcomponente}(y, x) \rightarrow (\exists f) \text{ framework}(f) \wedge \text{ parteDe}(y, f) \wedge \text{ parteDe}(x, f)$

Podemos exemplificar esta estrutura retomando os exemplos da ISO 9001 e do MPS.BR. Na ISO 9001 as seções são composições, pois podem conter tanto enunciados quanto outras composições. A seção 4.2, Requisitos de Documentação, por exemplo, é composta por outras composições que tratam de Generalidades (subseção 4.2.1), Manual da Qualidade (subseção 4.2.2), Controle de Documentos (subseção 4.2.3) e Controle de Registros (subseção 4.2.4). Já os requisitos e as notas são geralmente enunciados, mas em alguns casos também são composições de enunciados. Um exemplo de requisito que é um enunciado é o primeiro requisito da seção denominado Requisitos Gerais (seção 4.1). Já o segundo requisito da mesma seção da norma é um exemplo de um requisito que é uma composição de vários enunciados. No caso do MPS.BR os processos, no sentido de área de processo, são composições, enquanto que os resultados de processo e as notas são sempre enunciados.

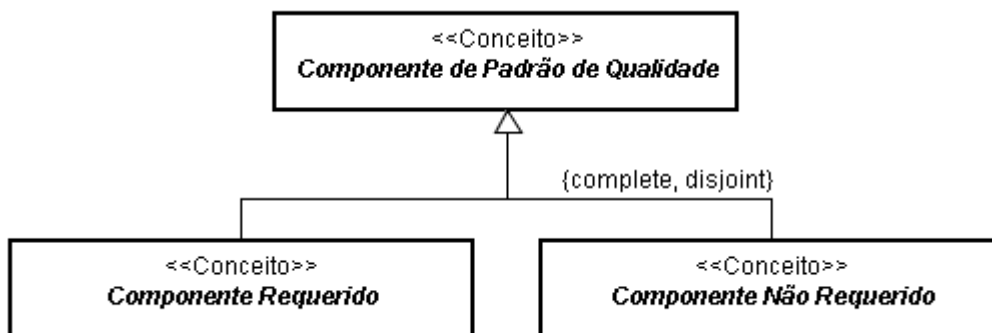


Figura 4.4 - Taxonomia de Componente de Padrão de Qualidade.

Apesar do aspecto relacionado à estrutura de Padrões de Qualidade ter sido separado do aspecto relacionado ao papel de cada Componente de Padrão de Qualidade, a taxonomia dos Componentes de Padrão de Qualidade é de igual importância e complementar à conceituação sobre a estrutura de Padrão de Qualidade, não devendo

nenhuma destas ser considerada separadamente. A Figura 4.4 apresenta a taxonomia de Componentes de Padrão de Qualidade.

O diagrama apresentado na Figura 4.4 ilustra o conceito abstrato de Componente de Padrão de Qualidade como supertipo de dois papéis distintos: Componente Requerido e Componente Não Requerido. O conceito de Componente Requerido é definido nesta ontologia como um Componente de Padrão de Qualidade que descreve uma característica que deve obrigatoriamente ser satisfeita pela organização que adota o Padrão de Qualidade para fins de avaliação de conformidade com o Padrão de Qualidade ao qual o Componente Requerido pertence. Já o conceito de Componente Não Requerido é definido como qualquer informação complementar que auxilie a interpretação dos demais Componentes de Padrão de Qualidade contidos em um mesmo Padrão de Qualidade. Estes dois conceitos foram derivados dos padrões de qualidade analisados durante a elaboração desta ontologia através de um processo de generalização das características encontradas em cada padrão. As definições aqui apresentadas são derivadas dos componentes presentes nas normas ISO 9001, ISO/IEC 15504, ISO/IEC 12207 e nos modelos CMMI e MPS.BR. Além disto, estas especializações de Componente de Padrão de Qualidade também são completas e disjuntas para fins de taxonomia de Componente de Padrão de Qualidade. Nas ontologias que especializam a ontologia de padrão de qualidade estes componentes devem ser especializados para o acréscimo de papéis mais específicos.

Os conceitos da ontologia de padrão de qualidade também são relacionados aos conceitos das ontologias citadas na Seção 4.1. Através da integração destas ontologias é possível conceituar a adoção de padrões de qualidade pelas organizações. Mas antes de conceituar esta integração, é necessário definir o conceito de Ativo de Processo, pois este conceito é fundamental para a compreensão da relação entre padrões de qualidade e os diversos elementos presentes naquelas ontologias.

4.4.1 Ativos de Processo

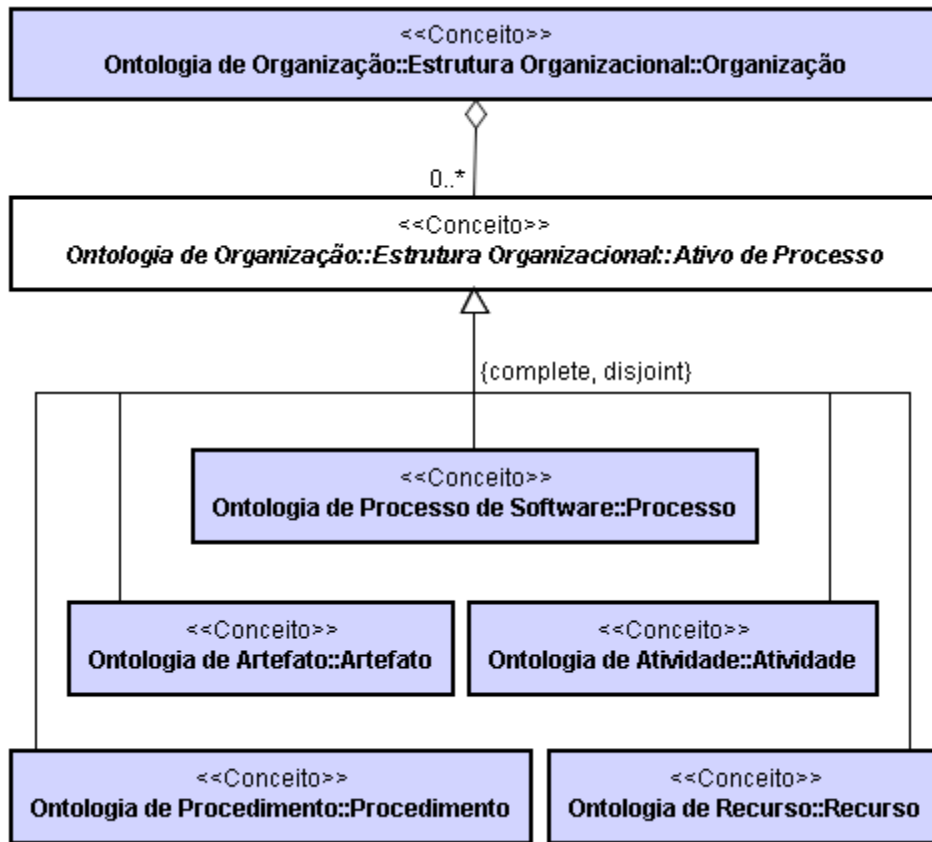


Figura 4.5 - Taxonomia de Ativos de Processo.

Um Ativo de Processo é algo que a organização considera útil para atingir os objetivos do processo ([SEI, 2006], [SOF09] e [SOU08]). Em [SEI, 2006] os Ativos de Processo são caracterizados como artefatos relacionados à descrição, implementação e melhoria dos processos. A adoção do termo ativo é justificada pelo fato de que estes artefatos são desenvolvidos e adquiridos para alcançar os objetivos das organizações e representam investimento dos quais se espera que agreguem valor ao negócio [SEI, 2006]. Esta mesma definição é adotada na OMPS, mas a formalização do conceito é feita de forma diferente das ontologias com as quais a OMPS foi integrada. Na ontologia de processo de software, em [BER06], Processos, Atividades, Artefatos, Recursos e Procedimentos são citados como Ativos de Processo, sugerindo uma relação de subtipo entre estes elementos, mas nenhuma formalização desta relação de subtipo é apresentada. Em [SOU08] o conceito de ativo de processo é formalizado através de axiomas derivados que determinam quando estes mesmos elementos podem ser considerados como Ativos de Processo, mas não é formalizada a relação entre os ativos de processo e as organizações as quais pertencem. Diferentemente da formalização

apresentada em [SOU08], na OMPS estes elementos são considerados como sendo sempre subtipos do conceito de Ativo de Processo, visando formalizar a relação com as organizações às quais os ativos de processo pertencem e também o fato de que o termo ativo de processo representa uma generalização de artefatos concretos pertencentes às organizações.

Na OMPS, portanto, o conceito de Ativo de Processo foi formalizado como um supertipo, tal como ilustrado na Figura 4.5. Uma organização pode possuir diversos Ativos de Processo, sendo que um Ativo de Processo sempre pertence a alguma organização. Além disto, através de uma especialização completa e disjunta, os conceitos de Processo, Atividade, Artefato, Procedimento e Recurso são formalizados como subtipos de Ativos de Processo. Visando formalizar esta relação, foram definidos os predicados P11 a P17, baseados nos conceitos e definições presentes nas ontologias integradas à OMPS:

- P11. atividade(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Atividade;
- P12. processo(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Processo;
- P13. organização(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Organização;
- P14. artefato(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Artefato;
- P15. procedimento(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Procedimento;
- P16. recurso(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Recurso;
- P17. ativo(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito Ativo de Processo.

Um Processo é um conjunto de atividades estruturadas e destinadas a resultar em um artefato ou serviço de valor para a organização ou para um determinado cliente ou mercado. Implica em uma ordenação específica das atividades com começo, fim, insumos e produtos claramente identificados. Uma atividade é uma ação de

transformação que pode requerer competências para a sua execução e, ao ser executada, fazer uso de bens de produção (recursos), consumir matérias-primas e artefatos de entrada (insumos), além de produzir artefatos de saída (produtos). Artefato é qualquer elemento produzido pelo homem e não por causas naturais, podendo exercer diferentes papéis em uma organização, tais como o de insumo ou produto de uma atividade. Procedimentos são condutas bem estabelecidas e ordenadas para a execução de atividades. Por fim, Recursos são as pessoas, as ferramentas de software, os equipamentos, ou quaisquer outros recursos necessários à execução de uma atividade.

4.4.2 Adoção de Padrões de Qualidade

A partir do conceito de Ativo de Processo é possível formalizar os conceitos envolvidos na adoção de Padrões de Qualidade pelas Organizações. O diagrama apresentado na Figura 4.6 acrescenta novas relações aos conceitos já apresentados de Organização, Ativo de Processo, Padrão de Qualidade e Componente de Padrão de Qualidade. Estas relações têm o propósito de formalizar os conceitos relacionados à adoção dos Padrões de Qualidade pelas organizações em um nível de abstração que seja independente das especificidades de terminologia e estrutura de diferentes Padrões de Qualidade.

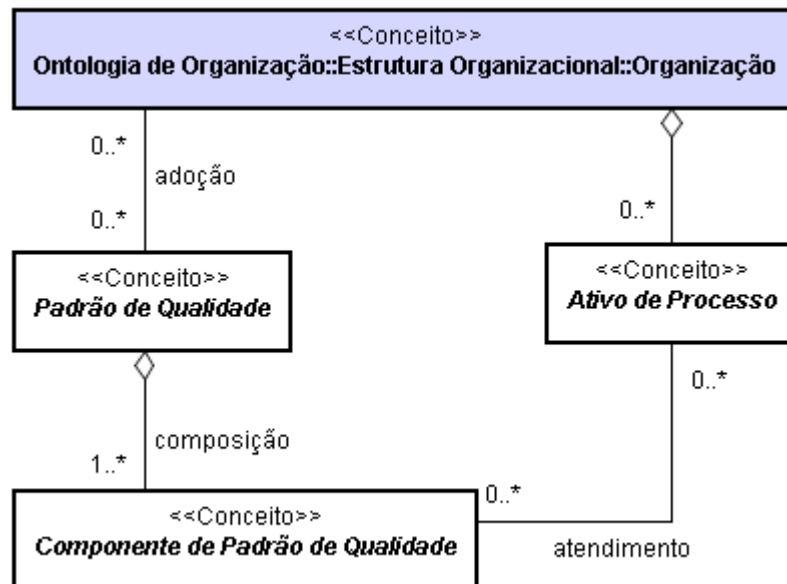


Figura 4.6 - Adoção de padrões de qualidade.

Visando formalizar as relações apresentadas no diagrama da Figura 4.6, os predicados P2, P6, P13, P17, P18 e P19 são utilizados no axioma A7.

P18. $adota(x,y)$: Estabelece que a instância de organização x adota um padrão de qualidade y como referência para a definição de seus processos;

P19. $visaAtender(x,y)$: Estabelece que uma instância de Ativo de Processo x visa ao atendimento de um Componente de Padrão de Qualidade y .

O axioma A7 formaliza a relação de adoção estabelecendo que os ativos de processo de uma organização só podem visar ao atendimento de componentes de padrão de qualidade pertencentes aos padrões de qualidade que a organização adota.

$$A7. (\forall p,c,a) \text{padrão}(p) \wedge \text{componente}(c) \wedge \text{ativo}(a) \wedge \text{parteDe}(c,p) \wedge \text{visaAtender}(a,c) \rightarrow (\exists o) \text{organizacao}(o) \wedge \text{parteDe}(a,o) \wedge \text{adota}(o,p)$$

Em [SOU08] é apresentado o conceito de Conformidade como uma relação entre processos e normas. Esta conceituação, entretanto, não é suficiente para os propósitos da OMPS, onde a relação entre Ativos de Processos e Padrões de Qualidade precisa ser melhor detalhada. Além disto, na OMPS está sendo considerada a diferença entre a intenção de atendimento ao Padrão de Qualidade e a constatação de atendimento ao mesmo, caracterizada pelo conceito de Conformidade. Tratar esta diferença permite tornar mais claras duas dimensões relativas ao relacionamento entre Ativos de Processos e Padrões de Qualidade. A primeira dimensão diz respeito simplesmente à adoção dos Padrões de Qualidade, enquanto a segunda trata da avaliação formal da conformidade entre processos e Padrões de Qualidade. Enquanto a intenção de atendimento ao Padrão de Qualidade é tratada nesta seção, o conceito de Conformidade está fora do escopo da OMPS.

O relacionamento $adota$ foi utilizado para definir que uma organização pode adotar múltiplos padrões de qualidade. Quando uma organização adota um padrão de qualidade, a organização passa a criar Ativos de Processo ou alterar os Ativos de Processo que já possui para documentar a definição, a implantação e a melhoria de seus processos. Estes ativos passam a possuir, então, uma relação direta com os Componentes de Padrão de Qualidade com o quais visam ao atendimento.

Já a relação de conformidade entre um processo e um Padrão de Qualidade é resultante de uma avaliação formal do processo com relação ao Padrão de Qualidade e indica que o processo atendeu aos Componentes Requeridos do Padrão de Qualidade no

momento da avaliação. Entretanto, a organização pode definir Ativos de Processo que visam ao atendimento do Padrão de Qualidade, mesmo que isto não resulte de fato em conformidade caso os processos sejam submetidos à avaliação formal. Assim, busca-se formalizar nesta ontologia que definir Ativos de Processo visando ao atendimento ao Padrão de Qualidade não implica necessariamente em conformidade entre os processos descritos por estes Ativos de Processo e o Padrão de Qualidade.

Outra diferença importante é que a conformidade está relacionada especificamente ao atendimento dos Componentes Requeridos de um Padrão de Qualidade, enquanto que a adoção de um Padrão de Qualidade pode envolver a implementação de Ativos de Processo relacionados não apenas aos Componentes Requeridos, mas qualquer Componente de Padrão de Qualidade. Pode-se utilizar como exemplo a relação entre as Áreas de Processo do CMMI e os processos que podem ser desenvolvidos por uma organização visando ao atendimento daquelas Áreas de Processo. No CMMI, uma Área de Processo não é um Componente Requerido, apenas os objetivos específicos e genéricos são declarados pelo mesmo como Componentes Requeridos. O mesmo exemplo também é válido nos casos do MPS.BR e ISO 9001, pois os processos do modelo e as seções da norma também não são Componentes Requeridos. Outro exemplo pode ser encontrado na definição de artefatos desenvolvidos com base em exemplos de produtos de trabalho. No CMMI um exemplo de produto de trabalho também não é um Componente Requerido, mas ainda assim a definição de artefatos relacionados aos exemplos de produtos de trabalho pode contribuir para que os Componentes Requeridos do modelo sejam atendidos.

Em resumo, enquanto o conceito de Conformidade é importante como resultado final de um esforço de MPS, a relação entre Ativos de Processo e os Componentes de Padrão de Qualidade são importantes durante o esforço de MPS. Estas relações permitem representar a rastreabilidade entre os Ativos de Processo e os Componentes de Padrão de Qualidade que motivaram o desenvolvimento dos mesmos. Permite também à organização avaliar o grau de cobertura de suas definições de Ativos de Processo com relação aos Padrões de Qualidade adotados.

Por fim, estas relações são úteis também na adoção de novos Padrões de Qualidade em uma mesma organização quando associadas ao conhecimento sobre o mapeamento entre Padrões de Qualidade. Uma vez que sejam conhecidos quais Ativos de Processo visam ao atendimento de um determinado Componente de Padrão de

Qualidade e também sejam conhecidos os mapeamentos entre este Componente de Padrão de Qualidade e Componentes de um novo Padrão de Qualidade, pode-se inferir o grau de atendimento aos Componentes deste novo Padrão de Qualidade. Pode-se inferir também, de forma análoga, quais Componentes do novo Padrão de Qualidade ainda não possuem nenhum atendimento na organização. Desta forma, estas relações tornam-se úteis também para auxiliar o processo de integração de diferentes Padrões de Qualidade em uma mesma organização.

4.4.3 Mapeamento entre padrões de qualidade

Para tratar da integração entre diferentes Padrões de Qualidade foi definido na OMPS o conceito de Mapeamento. Um Mapeamento é uma generalização abstrata de uma relação que descreve como um conjunto de um ou mais Componentes de um determinado Padrão de Qualidade estão relacionados com um conjunto de um ou mais Componentes de outro Padrão de Qualidade. Existem três tipos de Mapeamento: equivalência, não equivalência e abrangência. O Mapeamento de equivalência é utilizado quando Componentes distintos representam exatamente a mesma exigência. O Mapeamento de abrangência é utilizado quando um ou mais Componentes representam exigências mais abrangentes que um ou mais Componentes de outro Padrão de Qualidade. Neste segundo caso, ativos que atendam aos Componentes mais abrangentes também atendem aos Componentes menos abrangentes, mas o inverso não é verdadeiro. Já o Mapeamento de não equivalência é utilizado quando um ou mais componentes de um padrão de qualidade de origem apresentam exigências distintas de um ou mais componentes de um padrão de qualidade de destino do mapeamento, mas nenhum dos conjuntos de componentes envolvidos pode ser considerado mais abrangente que o outro. Nos três casos um Mapeamento pode possuir uma descrição que detalha as razões que fundamentam a existência de Mapeamento entre os Componentes envolvidos. A Figura 4.7 ilustra estes conceitos.

Para formalizar os conceitos envolvidos no mapeamento de Componentes de Padrão de Qualidade, foram definidos os predicados P20 a P25 e os axiomas A8 e A9.

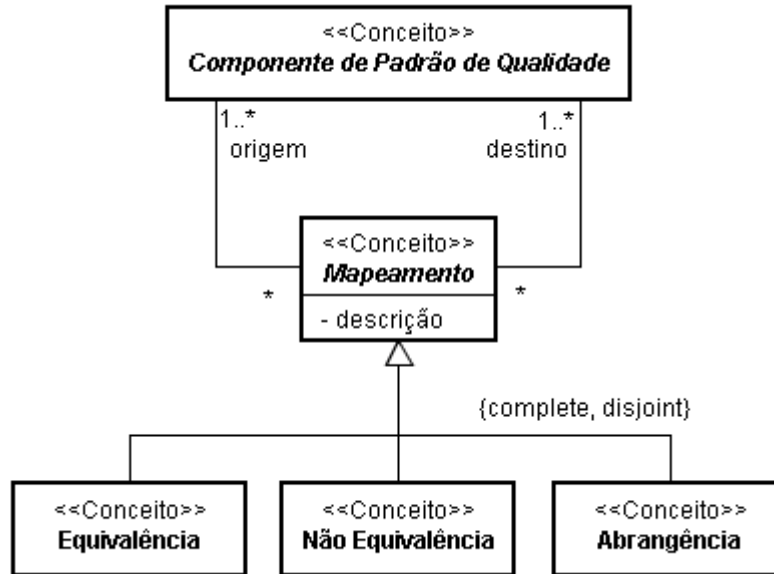


Figura 4.7 - Mapeamento entre componentes de padrões de qualidade.

- P20. $\text{mapeamento}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Mapeamento;
- P21. $\text{equivalência}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de equivalência;
- P22. $\text{nãoEquivalência}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de não equivalência;
- P23. $\text{abrangência}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de abrangência;
- P24. $\text{origem}(x,y)$: Relacionamento que estabelece que uma instância x de Componente de Padrão de Qualidade participa do conjunto de Componentes considerados como origem de uma instância y de Mapeamento;
- P25. $\text{destino}(x,y)$: Relacionamento que estabelece que uma instância x de Componente de Padrão de Qualidade participa do conjunto de Componentes considerados como destino de uma instância y de Mapeamento;

O axioma A8 estabelece que um Componente de Padrão de Qualidade não pode ser mapeado para si mesmo. Já o axioma A9 estabelece que, para um determinado mapeamento, os componentes de padrões de qualidade que sejam origem do

mapeamento pertençam a um padrão de qualidade diferente dos componentes que sejam destino deste mapeamento. Desta forma, os padrões de qualidade não podem possuir mapeamentos entre seus próprios componentes.

- A8. $(\forall m) \text{ mapeamento}(m) \rightarrow \neg(\exists c) \text{ componente}(c) \wedge \text{destino}(c,m) \wedge \text{origem}(c,m)$
- A9. $(\forall m,o,d) \text{ mapeamento}(m) \wedge \text{origem}(o,m) \wedge \text{destino}(d,m) \rightarrow (\exists p_1,p_2) \text{ padrão}(p_1) \wedge \text{padrão}(p_2) \wedge p_1 \neq p_2 \wedge \text{parteDe}(o,p_1) \wedge \text{parteDe}(d,p_2)$

4.4.4 Avaliação da Ontologia de Padrão de Qualidade

A atividade de avaliação proposta na abordagem (SABiO) consiste na verificação da competência da ontologia. Esta atividade busca analisar se a conceituação representada na ontologia satisfaz as questões de competência estabelecidas na atividade de identificação dos requisitos da ontologia. Para isto, nesta seção, as questões de competência de Q1 a Q9 são relacionada aos elementos da ontologia que às respondem. A Tabela 4.1 apresenta o resultado da avaliação da Ontologia de Padrão de Qualidade.

Tabela 4.1- Avaliação da Ontologia de Padrão de Qualidade.

Questão de Competência	Conceito A	Relação	Conceito B	Axioma
Q1	Diretriz	é supertipo de	Padrão de Qualidade	
	Padrão de Qualidade	é supertipo de	Norma de Qualidade Modelo de Qualidade	
Q2	Padrão de Qualidade	é subtipo de	Diretriz	
Q3	Padrão de Qualidade	é composto de	Componente de Padrão de Qualidade	A1
Q4	Componente de Padrão de Qualidade	é supertipo de	Componente Requerido	
			Componente Não Requerido	
Q5	Componente de Padrão de Qualidade	é composto de	Componente de Padrão de Qualidade	A2, A3, A4, A5 e A6
		é subcomponente de		
Q6	Organização	adota	Padrão de Qualidade	
Q7	Ativo de Processo	visa o atendimento de	Componente de Padrão de Qualidade	A7
Q8	Componente de Padrão de Qualidade	é origem de	Mapeamento	A8 e A9
		é destino de		
Q9	Mapeamento	é supertipo de	Equivalência	

			Não Equivalência	
			Abrangência	

4.5 Ontologia de Norma de Qualidade

Esta ontologia apresenta os conceitos relacionados às Normas de Qualidade. Para o desenvolvimento desta ontologia foram analisadas as normas ISO/IEC 15504, ISO 9001 e ISO/IEC 12207. Podemos listar as seguintes questões de competência para a Ontologia de Norma de Qualidade apresentada nesta seção:

- Q10. Qual a natureza de uma Norma de Qualidade?
- Q11. Como uma Norma de Qualidade pode ser decomposta?
- Q12. Quais são os componentes de uma Norma de Qualidade?
- Q13. Como um componentes de Norma de Qualidade pode ser decomposto?
- Q14. Qual o papel de cada componente de uma Norma de Qualidade?
- Q15. Como os componentes de Norma de Qualidade se caracterizam em relação aos componentes de Padrão de Qualidade?

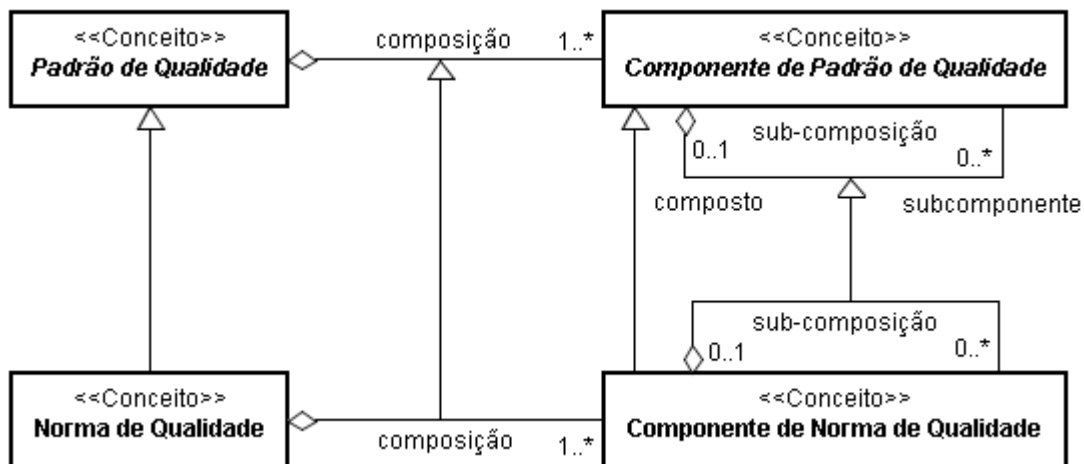


Figura 4.8 - Estruturação do conceito de Norma de Qualidade.

Uma Norma de Qualidade é um subtipo de Padrão de Qualidade que é mantido por alguma organização que tenha como atividade fim a promoção de normas, sejam elas nacionais ou internacionais, tais como ISO, IEC e ABNT. O conceito de Norma de Qualidade é aqui decomposto em uma estrutura simples, porém suficientemente

flexível para permitir a representação de diferentes tipos de Normas de Qualidade. Este subtipo de Padrão de Qualidade é publicado em documentos em linguagem natural compostos de seções, subseções, requisitos, recomendações, permissões e notas de caráter informativo. Estes componentes não possuem uma estrutura rígida, sendo que as seções podem ser compostas de subseções, bem como requisitos, recomendações e permissões. Os requisitos, por sua vez, também podem ser compostos de sub-requisitos. E o mesmo padrão pode ser observado para os demais componentes. Visando caracterizar corretamente este tipo de flexibilidade, bem como especializar corretamente o conceito de Padrão de Qualidade, foram separados os aspectos relacionados à estruturação de uma Norma de Qualidade dos aspectos relacionados ao papel de cada componente em uma Norma de Qualidade. A Figura 4.8 ilustra a decomposição do conceito de Norma de Qualidade.

Para formalizar os conceitos envolvidos na estruturação do conceito de Norma de Qualidade, foram definidos os predicados P26 a P27 e os axiomas A10 a A15.

P26. $\text{normaQualidade}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Norma de Qualidade;

P27. $\text{componenteNorma}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Componente de Norma de Qualidade;

A10. $(\forall n, c) \text{normaQualidade}(n) \wedge \text{parteDe}(c, n) \rightarrow \text{componenteNorma}(c)$

A11. $(\forall n) \text{normaQualidade}(n) \rightarrow (\exists c) \text{componenteNorma}(c) \wedge \text{parteDe}(c, n)$

A12. $(\forall n, c) \text{componenteNorma}(c) \wedge \text{parteDe}(c, n) \rightarrow \text{normaQualidade}(n)$

A13. $(\forall c) \text{componenteNorma}(c) \rightarrow (\exists n) \text{normaQualidade}(n) \wedge \text{parteDe}(c, n)$

A14. $(\forall c, s) \text{componenteNorma}(c) \wedge \text{composição}(c, s) \rightarrow \text{componenteNorma}(s)$

A15. $(\forall c, s) \text{componenteNorma}(s) \wedge \text{subcomponente}(s, c) \rightarrow \text{componenteNorma}(c)$

Adicionalmente à estruturação de uma Norma de Qualidade, também é necessário definir a taxonomia dos Componentes de Norma de Qualidade. Estes componentes são caracterizados como subtipos do conceito de Componente de Padrão de Qualidade. O conceito de Requisito é definido nesta ontologia como um subtipo de Componente de Norma de Qualidade que descreve uma característica que deve obrigatoriamente ser satisfeita pela organização para fins de avaliação de conformidade com a Norma de Qualidade a qual o Requisito pertence. O conceito de Requisito também

é, portanto, um subtipo de Componente Requerido de Padrão de Qualidade especificamente relacionado a Normas de Qualidade. O conceito de Recomendação é definido como um subtipo de Componente de Norma de Qualidade que descreve uma recomendação entre várias possibilidades. O conceito de Recomendação também é, portanto, um subtipo de Componente Não Requerido de Padrão de Qualidade especificamente relacionado a Normas de Qualidade. Já o conceito de Permissão é definido como um subtipo de Componente de Norma de Qualidade que descreve uma ação permitida dentro dos limites da Norma de Qualidade a qual pertence. É também, portanto, um subtipo de Componente Não Requerido de Padrão de Qualidade especificamente relacionado a Normas de Qualidade. Por fim, o conceito de Seção de Norma é definido como um componente estrutural responsável pela organização do conteúdo da Norma de Qualidade. Estes conceitos são ilustrados pelo diagrama apresentado na Figura 4.9.

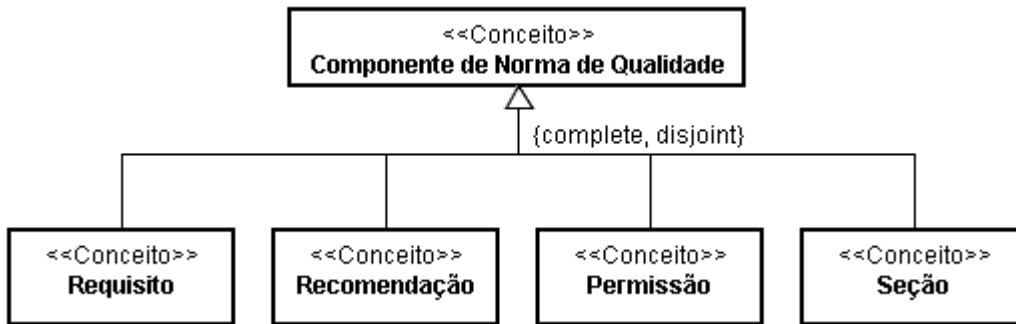


Figura 4.9 - Taxonomia dos componentes de Norma de Qualidade.

4.5.1 Avaliação da Ontologia de Norma de Qualidade

Esta avaliação busca analisar se a conceituação representada na ontologia satisfaz as questões de competência estabelecidas na atividade de identificação dos requisitos da ontologia. Para isto, nesta seção, as questões de competência de Q10 a Q15 são relacionada aos elementos da ontologia que às respondem. A Tabela 4.2 apresenta o resultado da avaliação da Ontologia de Norma de Qualidade.

Tabela 4.2- Avaliação da Ontologia de Norma de Qualidade.

Questão de Competência	Conceito A	Relação	Conceito B	Axioma
Q10	Norma de Qualidade	é subtipo de	Padrão de Qualidade	
Q11	Norma de Qualidade	é composta de	Componente de Norma de Qualidade	A10 e A11

Q12	Componente de Norma de Qualidade	é supertipo de	Requisito	
			Recomendação	
			Permissão	
			Seção	
Q13	Componente de Norma de Qualidade	é composto de	Componente de Norma de Qualidade	A14 e A15
Q14	Componente de Norma de Qualidade	é parte de	Norma de Qualidade	A12 e A13
Q15	Componente de Norma de Qualidade	é subtipo de	Componente de Padrão de Qualidade	

4.6 Ontologia de Modelo de Referência

Esta ontologia apresenta os conceitos relacionados à dimensão de Modelos de Referência para MPS. As definições adotadas para estes conceitos foram adaptadas da Norma ISO/IEC 15504, do CMMI e do MPS.BR. Podemos listar as seguintes questões de competência para a Ontologia da dimensão de Modelo de Referência para MPS apresentada nesta seção:

- Q16. Qual a natureza de um Modelo de Referência para MPS?
- Q17. Como um Modelo de Referência para MPS pode ser decomposto?
- Q18. Quais são os componentes de um Modelo de Referência para MPS?
- Q19. Como um componentes de Modelo de Referência para MPS pode ser decomposto?
- Q20. Qual o papel de cada componente de um Modelo de Referência para MPS?
- Q21. Como os componentes de Modelo de Referência para MPS se caracterizam em relação aos componentes de Padrão de Qualidade?

4.6.1 Decomposição do conceito de Modelo de Referência para MPS

O principal conceito tratado nesta ontologia é o conceito de Modelo de Referência para MPS. A Figura 4.10 ilustra a decomposição do conceito de Modelo de Referência para MPS.

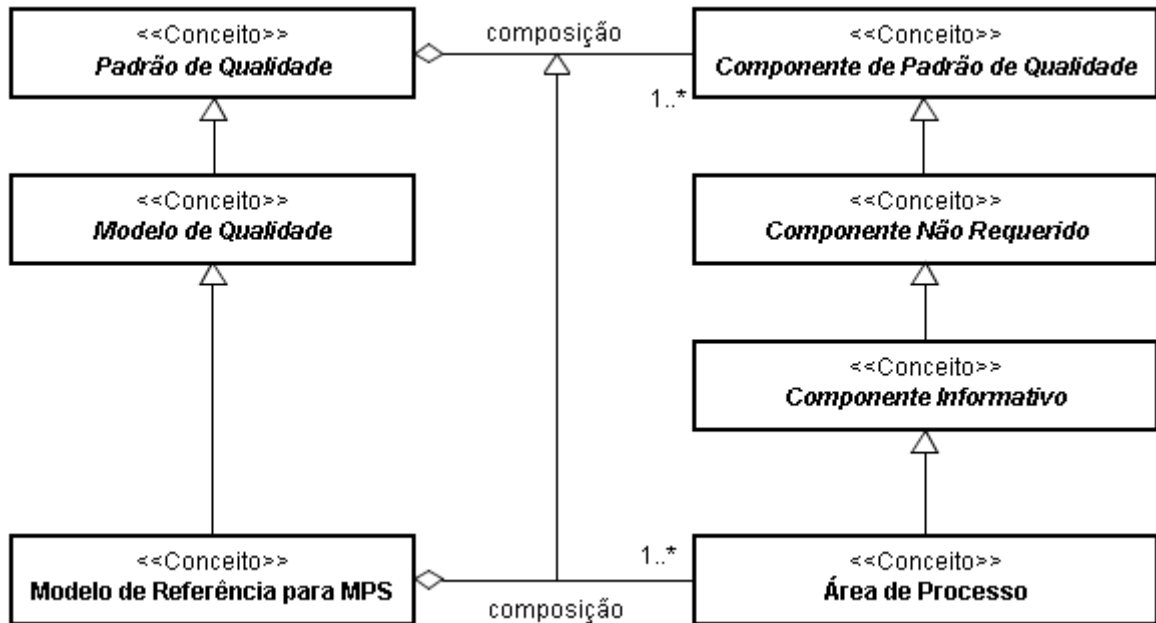


Figura 4.10 - Relação entre Modelo de Referência para MPS e Áreas de Processo.

O conceito de Modelo de Referência para MPS é tratado nesta ontologia como um subtipo de Modelo de Qualidade relacionado especificamente à área de MPS. Um Modelo de Referência para MPS é definido como um modelo que busque atender a uma comunidade de interesse, voltado a um determinado contexto de uso, contendo descrições de áreas de processos e descrições dos relacionamentos entre estas áreas de processos. O conceito de Área de Processo é tratado como um subtipo de Componente de Padrão de Qualidade relacionado especificamente a processos de software. As Áreas de Processo exercem o papel de Componentes Informativos de Padrão de Qualidade. O conceito de Componente Informativo é definido como qualquer informação complementar que auxilie a interpretação dos demais Componentes de Padrão de Qualidade contidos em um mesmo Modelo de Referência para MPS.

4.6.2 Decomposição do conceito de Área de Processo

O conceito de Área de Processo é definido como um enunciado de propósito que descreve em alto nível os objetivos gerais a serem atingidos durante a execução de processos que implementem a Área de Processo, juntamente com um conjunto de resultados que demonstrem a realização bem sucedida do propósito da Área de Processo. As Áreas de Processo são, portanto, compostas por instâncias do conceito de Resultados de Processo através de uma relação de todo-parte, tal como ilustrado no diagrama da Figura 4.11.

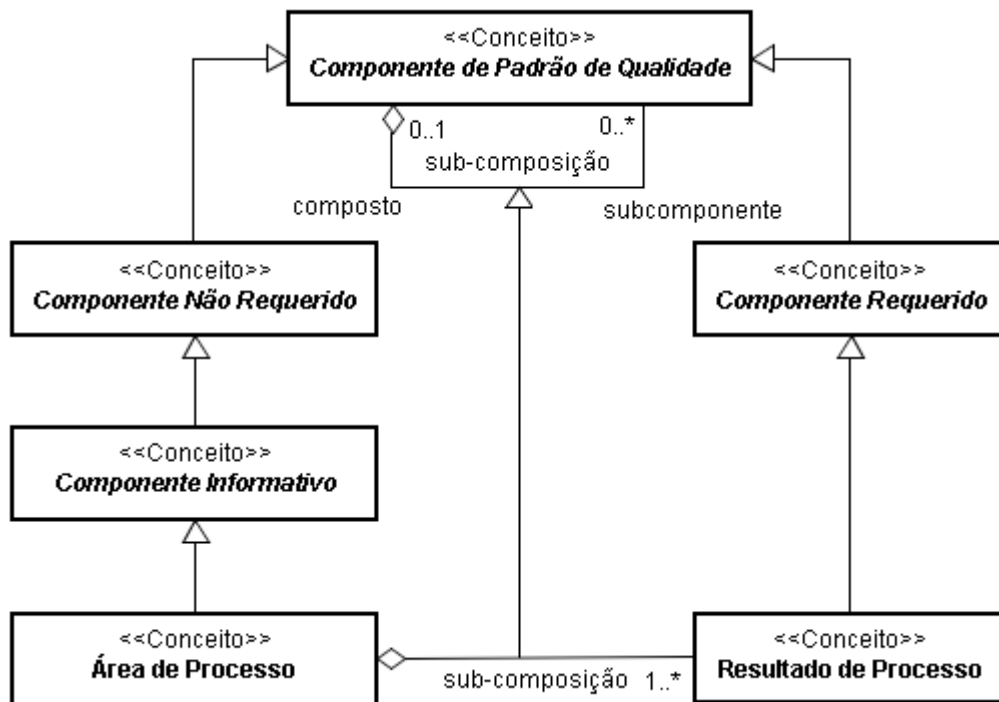


Figura 4.11 - Resultados de Processo que compõem as Áreas de Processo.

O conceito de Resultado de Processo é tratado como um subtipo de Componente Requerido de Padrão de Qualidade que está relacionado especificamente aos objetivos a serem atingidos com a implementação da Área de Processo, sendo definido aqui como uma característica que demonstra a realização bem sucedida do propósito do processo. Os Resultados de Processo podem também apresentar detalhamentos de Práticas que auxiliam na sua interpretação e orientam o desenvolvimento de ativos de processo. As Práticas são subtipos de Componente Esperado, sendo que o conceito de Componente Esperado é definido como um Componente de Padrão de Qualidade que descreve uma característica que é importante para fins de avaliação de conformidade com o Modelo de Referência para MPS ao qual o Componente Esperado pertence, mas não é obrigatório. São exemplos de Resultados de Processo assim detalhados os objetivos específicos encontrados no CMMI. O diagrama da Figura 4.12 ilustra estes conceitos.

Cabe destacar também que, sendo especializações dos conceitos envolvidos na estruturação de Padrão de Qualidade, os conceitos envolvidos na estruturação de Modelo de Referência para MPS herdam os mesmos relacionamentos daqueles conceitos. Isto permite a formalização de Modelo de Referência para MPS como um conceito que respeita o padrão de estruturação de Padrão de Qualidade. Entretanto,

estes relacionamentos precisam ser mais restritos no caso de Modelos de Referência para MPS, motivo pelo qual as relações parte-todo precisam também ser especializadas nesta ontologia. No caso de Modelos de Referência para MPS, o relacionamento de parte-todo entre Modelo de Referência para MPS e Área de Processo permite a composição de Modelos de Referência para MPS como uma agregação de Áreas de Processo, que por sua vez consiste de uma agregação de Resultados de Processo, que por sua vez pode consistir de uma agregação de Práticas. Portanto, é necessário formalizar os tipos envolvidos nestas relações parte-todo para definir claramente este tipo de Modelo de Qualidade. Para formalizar os conceitos envolvidos na decomposição de áreas de processo, foram definidos os predicados P28 a P29 e os axiomas A16 a A19.

P28. $\text{areaProcesso}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Área de Processo;

P29. $\text{modeloReferência}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Modelo de Referência para MPS.

A16. $(\forall m, a) \text{modeloReferência}(m) \wedge \text{parteDe}(a, m) \rightarrow \text{areaProcesso}(a)$

A17. $(\forall m) \text{modeloReferência}(m) \rightarrow (\exists a) \text{areaProcesso}(a) \wedge \text{parteDe}(a, m)$

A18. $(\forall m, a) \text{areaProcesso}(a) \wedge \text{parteDe}(a, m) \rightarrow \text{modeloReferência}(m)$

A19. $(\forall a) \text{areaProcesso}(a) \rightarrow (\exists m) \text{modeloReferência}(m) \wedge \text{parteDe}(a, m)$

O axioma A16 define que os Modelos de Referência para MPS sempre são compostos de Áreas de Processo e não de qualquer Componente de Padrão de Qualidade. O axioma A17 define que todo Modelo de Referência para MPS possui pelo menos uma Área de Processo. Já o axioma A18 formaliza que as Áreas de Processo sempre pertencem a um Modelo de Referência para MPS, e não a qualquer Padrão de Qualidade. Por fim o axioma A19 define que toda Área de Processo pertence a algum Modelo de Referência para MPS.

Para formalizar os conceitos envolvidos na decomposição de Área de Processo, foram definidos o predicado P30 e os axiomas A20 a A23.

P30. $\text{resultadoDeProcesso}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Resultado de Processo.

A20. $(\forall r, a) \text{resultadoDeProcesso}(r) \wedge \text{composição}(a, r) \rightarrow \text{areaProcesso}(a)$

- A21. $(\forall a, r) \text{ areaProcesso}(a) \wedge \text{ subcomponente}(r, a) \rightarrow \text{ resultadoDeProcesso}(r)$
- A22. $(\forall r) \text{ resultadoDeProcesso}(r) \rightarrow (\exists a) \text{ composição}(a, r)$
- A23. $(\forall a) \text{ areaProcesso}(a) \rightarrow (\exists r) \text{ resultadoDeProcesso}(r) \wedge \text{ subcomponente}(r, a)$

Os axiomas A20 e A21 são necessários em virtude da especialização do relacionamento de parte-todo chamado de sub-composição existente entre Componentes de Padrão de Qualidade que define que as Áreas de Processo sejam compostas de Resultados de Processo. Além disto, os Resultados de Processo sempre são subcomponentes de alguma Área de Processo, tal como formalizado pelo axioma A22, e as Áreas de Processo sempre possuem algum Resultado de Processo, tal como formalizado pelo axioma A23. Desta forma, o conceito de Área de Processo, mesmo sendo um subtipo do conceito de Componentes de Padrão de Qualidade, não é composto de qualquer Componente de Padrão de Qualidade ou seus subtipos, mas apenas de Resultados de Processo.

4.6.3 Decomposição do conceito de Resultado de Processo

Como ilustrado no diagrama da Figura 4.12, Resultado de Processo também pode ser uma composição e, neste caso, é composto de Práticas.

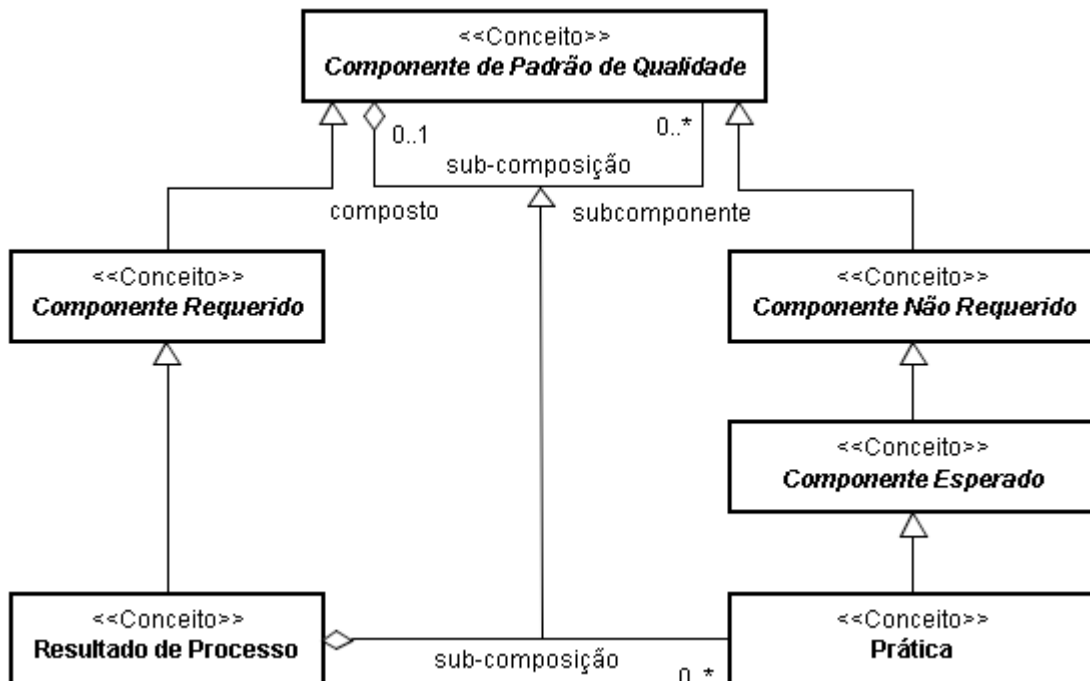


Figura 4.12 - Resultado Esperado e as Práticas que o compõem.

Para formalizar os conceitos envolvidos na decomposição de Resultado de Processo, foi definido o predicado P31 e os axiomas A24 a A27.

P31. prática(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de prática.

A24. $(\forall p, r) \text{prática}(p) \wedge \text{composição}(r, p) \rightarrow \text{resultadoDeProcesso}(r)$

A25. $(\forall r, p) \text{resultadoDeProcesso}(r) \wedge \text{subcomponente}(p, r) \rightarrow \text{prática}(p)$

A26. $(\forall p) \text{prática}(p) \rightarrow (\exists r) \text{resultadoDeProcesso}(r) \wedge \text{composição}(r, p)$

A27. $(\forall p) \text{prática}(p) \rightarrow \text{enunciado}(p)$

De forma análoga aos axiomas A15 a A18, os axiomas A24 a A26 são necessários em virtude da especialização do relacionamento de parte-todo existente entre Componentes de Padrão de Qualidade que define que Resultado de Processo possa ser seja composto de Práticas. Desta forma, o conceito de Resultado de Processo, mesmo sendo um subtipo do conceito de Componentes de Padrão de Qualidade, não é composto de qualquer Componente de Padrão de Qualidade ou seus subtipos, mas apenas de Práticas. Já o axioma A27 define o conceito de Prática como um enunciado.

4.6.4 Avaliação da Ontologia de Modelo de Referência

Esta avaliação busca analisar se a conceituação representada na ontologia satisfaz as questões de competência estabelecidas na atividade de identificação dos requisitos da ontologia. Para isto, nesta seção, as questões de competência de Q16 a Q21 são relacionada aos elementos da ontologia que às respondem. A Tabela 4.3 apresenta o resultado da avaliação da Ontologia de Modelo de Referência.

Tabela 4.3- Avaliação da Ontologia de Modelo de Referência.

Questão de Competência	Conceito A	Relação	Conceito B	Axioma
Q16	Modelo de Referência para MPS	é subtipo de	Modelo de Qualidade	
Q17	Modelo de Referência para MPS	é composto de	Área de Processo	A16, A17, A18 e A19
Q18	Componente de Padrão de Qualidade	é supertipo de	Área de Processo	
			Resultado de Processo	
			Prática	
Q19	Área de Processo	é composta de	Resultado de Processo	A20 e A21
	Resultado de Processo	é composto de	Prática	A24 e A25

Q20	Resultado de Processo	é parte de	Área de Processo	A22 e A23
	Prática	é parte de	Resultado de Processo	A26 e A27
Q21	Área de Processo	é subtipo de	Componente Informativo	
	Resultado de Processo	é subtipo de	Componente Requerido	
	Prática	é subtipo de	Componente Esperado	
	Componente Informativo	é subtipo de	Componente Não Requerido	
	Componente Esperado			
	Componente Não Requerido	é subtipo de	Componente de Padrão de Qualidade	
Componente Requerido				

4.7 Ontologia de Modelo de Avaliação

A ontologia da dimensão de modelo de avaliação para MPS acrescenta os conceitos necessários à representação dos níveis de capacidade e maturidade dos padrões de qualidade para MPS. Podemos listar as seguintes questões de competência para a Ontologia da dimensão de modelos de avaliação para MPS apresentada nesta seção:

- Q22. Qual a natureza de um Modelo de Avaliação de Processo?
- Q23. Como um Modelo de Avaliação de Processo pode ser decomposto?
- Q24. Quais são os componentes de um Modelo de Avaliação de Processo?
- Q25. Como um componentes de Modelo de Avaliação de Processo pode ser decomposto?
- Q26. Qual o papel de cada componente de um Modelo de Avaliação de Processo?
- Q27. Como os componentes de Modelo de Avaliação de Processo se caracterizam em relação aos componentes de Padrão de Qualidade?

4.7.1 Decomposição do conceito de Modelo de Avaliação

O conceito central nesta ontologia é o de Modelo de Avaliação de Processo, conceito comum aos modelos para MPS analisados. A Figura 4.13 ilustra este conceito.

O conceito de Modelo de Avaliação é tratado na ontologia como um subtipo do conceito de Modelo de Qualidade que é relacionado especificamente à dimensão de

avaliação em MPS. Um Modelo de Avaliação é definido como um Modelo de Qualidade que compreende um framework de medição contendo níveis de maturidade, níveis de capacidade e atributos de processo associados.

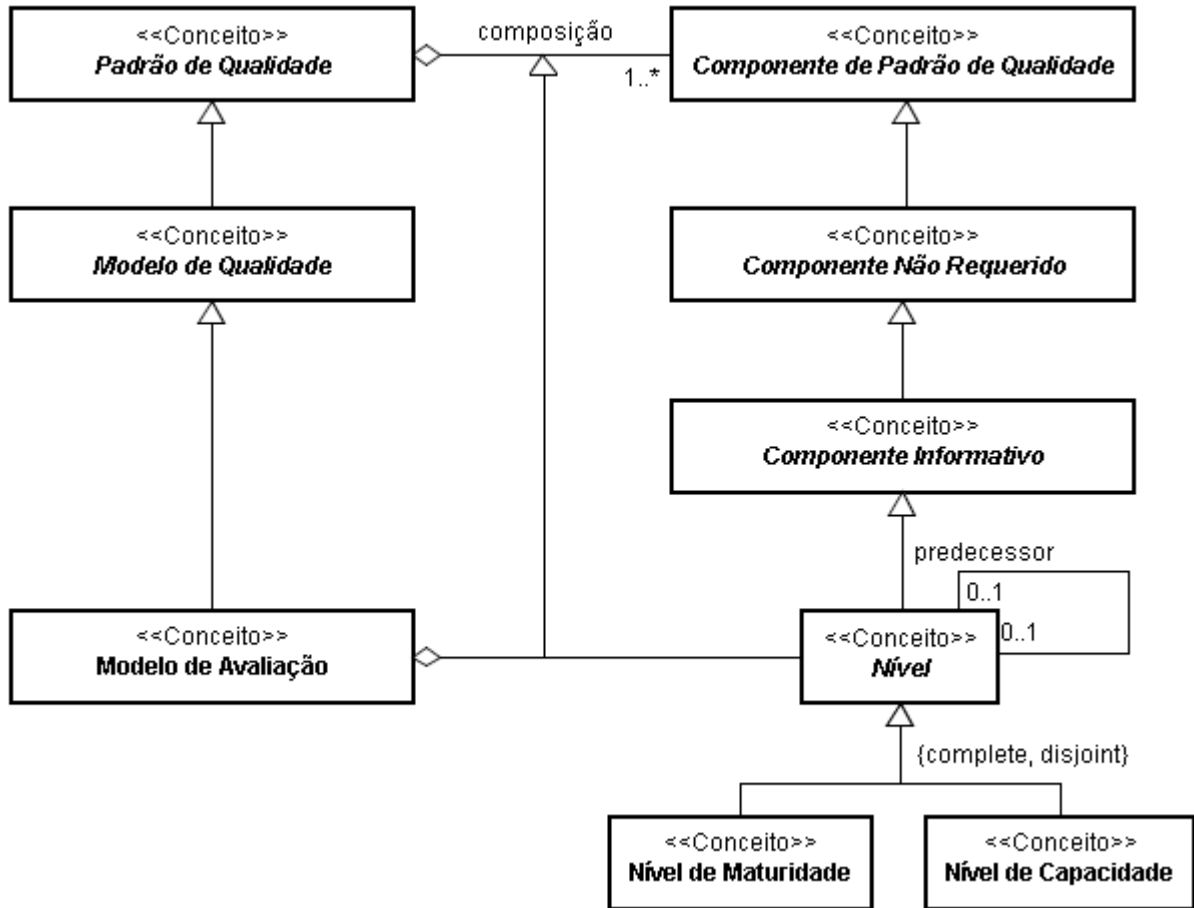


Figura 4.13 - Modelo de Avaliação para MPS.

Os conceitos de Nível de Capacidade e Nível de Maturidade possuem em comum a característica de pertencerem a uma estratégia de medição gradual, onde cada nível acrescenta novas exigências às exigências já estipuladas no nível anterior. Desta forma, é estabelecida uma relação de sequenciamento entre os níveis. Esta relação é expressa na ontologia pelo relacionamento que indica para cada nível qual é o seu nível predecessor. Assim, evita-se que os atributos de processo e os resultados de atributo de processo tenham que ser repetidos para cada novo nível. Cada nível precisa apenas indicar suas novas exigências e qual é o seu nível predecessor para que se possa inferir o conjunto total de exigências a serem satisfeitas no nível. Esta característica compartilhada motivou a generalização do conceito abstrato de Nível, do qual tanto o conceito de Nível de Capacidade quanto o conceito de Nível de Maturidade são sub-tipos.

Para formalizar os conceitos envolvidos na decomposição de Modelo de Avaliação, foram definidos os predicados P32 a P34 e os axiomas A28 a A33.

P32. $\text{modeloAvaliação}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Modelo de Avaliação;

P33. $\text{predecessor}(x,y)$: Relacionamento que estabelece que uma instância x de Nível representa o nível predecessor de uma instância y de Nível no sequenciamento de níveis do modelo de avaliação;

P34. $\text{nível}(x)$: Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Nível;

A28. $(\forall n) \text{nível}(n) \rightarrow \text{macrocomponente}(n)$

A29. $(\forall x,y) \text{nível}(x) \wedge \text{nível}(y) \wedge \text{predecessor}(x,y) \rightarrow$
 $(\exists m) \text{modeloAvaliação}(m) \wedge \text{parteDe}(x,m) \wedge \text{parteDe}(y,m)$

A30. $(\forall m,n) \text{modeloAvaliação}(m) \wedge \text{parteDe}(n,m) \rightarrow \text{nível}(n)$

A31. $(\forall m,n) \text{nível}(n) \wedge \text{parteDe}(n,m) \rightarrow \text{modeloAvaliação}(m)$

A32. $(\forall m) \text{modeloAvaliação}(m) \rightarrow (\exists n) \text{nível}(n) \wedge \text{parteDe}(n,m)$

A33. $(\forall n) \text{nível}(n) \rightarrow (\exists m) \text{modeloAvaliação}(m) \wedge \text{parteDe}(n,m)$

O axioma A28 define que um nível não faz parte de nenhuma sub-composição. O axioma A29 define que somente níveis pertencentes ao mesmo Modelo de Avaliação podem compor o mesmo seqüenciamento de níveis. Os axiomas A30 e A31 são necessários em virtude da especialização do relacionamento de parte-todo existente entre Padrão de Qualidade e Componentes de Padrão de Qualidade que define que o conceito de Modelo de Avaliação seja composto de Níveis. Desta forma, o conceito de Modelo de Avaliação, mesmo sendo um subtipo do conceito de Padrão de Qualidade, não é composto de qualquer Componente de Padrão de Qualidade ou seus subtipos, mas apenas de Níveis ou seus subtipos. Além disto, todo Modelo de Avaliação é composto de pelo menos um nível, tal como formalizado pelo axioma A32, e todo nível compõem pelo menos um Modelo de Avaliação, tal como formalizado pelo axioma A33.

4.7.2 Decomposição do conceito de Nível de Capacidade

O conceito de Nível de Capacidade é definido como um grau derivado do conjunto de atributos de processo satisfeitos por um processo. É composto, portanto, de

Atributos de Processo que devem ser atendidos pelos processos para atingirem o Nível. Esta relação é ilustrada na Figura 4.14.

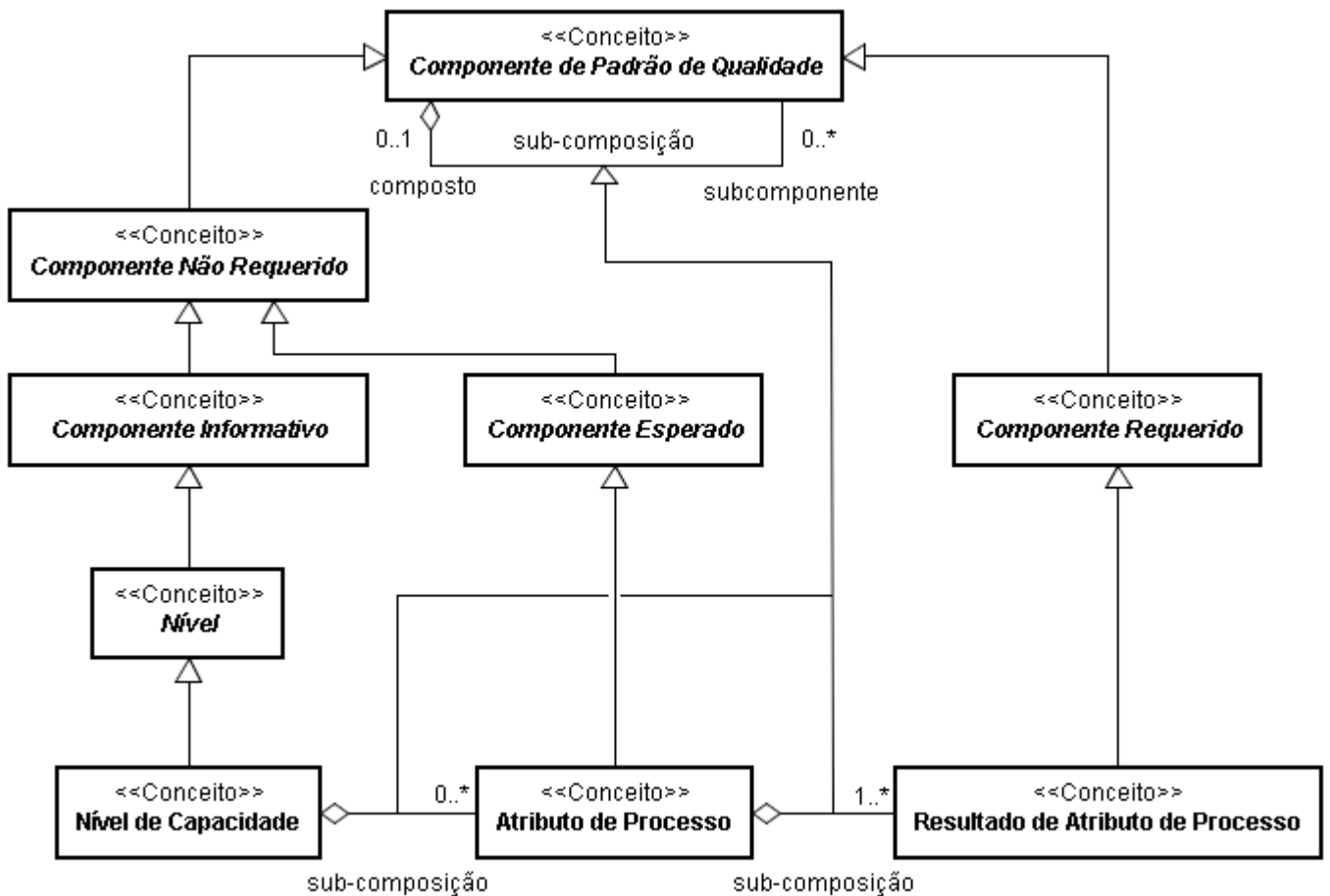


Figura 4.14 - Atributos de Processo e Resultados de Atributo de Processo.

O conceito de Atributos de Processo é definido como uma característica mensurável da capacidade do processo. Para formalizar os conceitos envolvidos na decomposição de Nível de Capacidade, foram definidos os predicados P35 a P36 e os axiomas A34 a A37.

P35. nívelCapacidade(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Nível de Capacidade.

P36. atributo(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Atributo de Processo;

A34. $(\forall n, a) \text{ nívelCapacidade}(n) \wedge \text{subcomponente}(a, n) \rightarrow \text{atributo}(a)$

A35. $(\forall x, y) \text{ nívelCapacidade}(x) \wedge \text{predecessor}(x, y) \rightarrow \text{nívelCapacidade}(y)$

A36. $(\forall a, n) \text{ atributo}(a) \wedge \text{composição}(n, a) \rightarrow \text{nívelCapacidade}(n)$

$$A37. (\forall a) \text{ atributo}(a) \rightarrow (\exists n) \text{ nívelCapacidade}(n) \wedge \text{composição}(n, a)$$

O axioma A34 é necessário em virtude da especialização do relacionamento de parte-todo existente entre Componentes de Padrão de Qualidade que define que o conceito de Nível de Capacidade seja composto de Atributos de Processo. Desta forma, o conceito de Nível de Capacidade, mesmo sendo um subtipo do conceito de Componente de Padrão de Qualidade, não é composto de qualquer Componente de Padrão de Qualidade ou seus subtipos, mas apenas de Atributo de Processo. Já o axioma A35 define que um Nível de Capacidade só pode ser predecessor de outro Nível de Capacidade. O axioma A36 define que Atributos de Processo compõem Níveis de Capacidade e o axioma A37 define que todo Atributos de Processo faz parte da composição de algum Nível de Capacidade.

O conceito de Atributo de Processo é tratado como um subtipo de Componentes de Padrão de Qualidade que é composto de um conjunto de Resultados de Atributo de Processo. O conceito de Resultados de Atributo de Processo é tratado como um enunciado e é definido como um resultado que demonstra a realização bem sucedida de um Atributo de Processo.

Para formalizar os conceitos envolvidos na decomposição de Atributo de Processo, foram definidos os predicados P37 e os axiomas A38 a A42.

P37. resultadoAtributo(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Resultados de Atributo de Processo;

$$A38. (\forall a, r) \text{ atributo}(a) \wedge \text{subcomponente}(r, a) \rightarrow \text{resultadoAtributo}(r)$$

$$A39. (\forall a) \text{ atributo}(a) \rightarrow (\exists r) \text{ resultadoAtributo}(r) \wedge \text{subcomponente}(r, a)$$

$$A40. (\forall r) \text{ resultadoAtributo}(r) \rightarrow \text{enunciado}(r)$$

$$A41. (\forall r, a) \text{ resultadoAtributo}(r) \wedge \text{composição}(a, r) \rightarrow \text{atributo}(a)$$

$$A42. (\forall r) \text{ resultadoAtributo}(r) \rightarrow (\exists a) \text{ atributo}(a) \wedge \text{composição}(a, r)$$

O axioma A38 define que Atributo de Processo, mesmo sendo um subtipo do conceito de Componente de Padrão de Qualidade, não é composto de qualquer Componente de Padrão de Qualidade ou seus subtipos, mas apenas de Resultados de Atributo de Processo. O axioma A39 define que cada Atributo de Processo é composto de algum Resultado de Atributo de Processo. O axioma A40 define o conceito de Resultados

de Atributo de Processo como um enunciado. O axioma A41 define que Resultado de Atributo de Processo compõe Atributo de Processo e o axioma A42 define que um Resultado de Atributo de Processo faz parte da composição de algum Atributo de Processo.

4.7.3 Decomposição do conceito de Nível de Maturidade

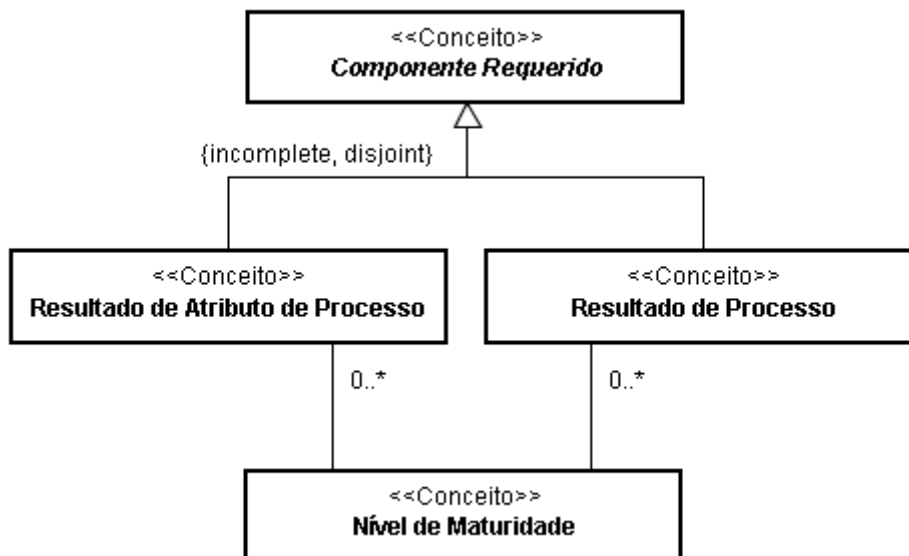


Figura 4.15 - Nível de Maturidade e seus relacionamentos.

O conceito de Nível de Maturidade é definido como um grau de melhoria de processo para um conjunto predeterminado de processos no qual todos os Resultados de Processo das Áreas de Processos e dos Atributos dos Processos são atendidos. O conceito de Nível de Maturidade é, portanto, relacionado tanto aos conceitos de Áreas de Processo quanto Atributos de Processo. Entretanto, estes relacionamentos não são diretos, mas sim derivados dos Resultados de Processo e dos Resultados de Atributo de Processo que precisam ser satisfeitos em cada Nível de Maturidade. Estes relacionamentos são ilustrados no diagrama apresentado na Figura 4.15.

Para formalizar os conceitos envolvidos na decomposição de Nível de Maturidade, foram definidos os predicados P38 a P40 e os axiomas A43 a A44.

P38. nívelMaturidade(x): Estabelece o objeto x como uma instância do conceito de Nível de Maturidade;

P39. resultadoDeAtributoExigido(x,y):Relacionamento que estabelece que uma instância x de Resultado de Atributo de Processo participa do

conjunto de resultados considerados necessários para o atendimento das exigências de uma instância y de Nível de Maturidade;

P40. resultadoDeProcessoExigido(x,y): Relacionamento que estabelece que uma instância x de Resultado de Processo participa do conjunto de resultados considerados necessários para o atendimento das exigências de uma instância y de Nível de Maturidade.

A43. $(\forall r) \text{ resultadoAtributo}(r) \rightarrow (\exists m) \text{ nívelMaturidade}(m) \wedge \text{ resultadoDeAtributoExigido}(r,m)$

A44. $(\forall r) \text{ resultadoDeProcesso}(r) \rightarrow (\exists m) \text{ nívelMaturidade}(m) \wedge \text{ resultadoDeProcessoExigido}(r,m)$

O axioma A43 estabelece que os Resultados de Atributo de Processo sempre participam do conjunto de resultados considerados necessários para o atendimento das exigências de algum Nível de Maturidade. E o axioma A44 estabelece que os Resultados de Processo sempre participam do conjunto de resultados considerados necessários para o atendimento das exigências de algum Nível de Maturidade.

É importante também restringir os Resultados de Atributo de Processo relacionados a um determinado Nível de Maturidade apenas àqueles pertencentes a um Nível de Capacidade pertencente ao mesmo Modelo de Avaliação ao qual o Nível de Maturidade pertence. Além disto, visando garantir a correta integração entre Modelos de Referência para MPS e Modelos de Avaliação, é importante restringir os Resultados de Processo relacionados a um determinado Nível de Maturidade apenas àqueles pertencentes a algum Modelo de Referência para MPS que pertença ao mesmo *Framework* de Qualidade ao qual o Modelo de Avaliação pertence. Os axiomas A45 e A46 formalizam estas restrições, respectivamente.

A45. $(\forall r,c,m) \text{ resultadoAtributo}(r) \wedge \text{ nívelCapacidade}(c) \wedge \text{ parteDe}(r,c) \wedge \text{ nívelMaturidade}(m) \wedge \text{ resultadoDeAtributoExigido}(r,m) \rightarrow (\exists a) \text{ modeloAvaliação}(a) \wedge \text{ parteDe}(c,a) \wedge \text{ parteDe}(m,a)$

A46. $(\forall r,m) \text{ resultadoDeProcesso}(r) \wedge \text{ nívelMaturidade}(m) \wedge \text{ resultadoDeProcessoExigido}(r,m) \rightarrow (\exists f) \text{ framework}(f) \wedge \text{ parteDe}(m,f) \wedge \text{ parteDe}(r,f)$

4.7.4 Avaliação da Ontologia de Modelo de Avaliação

Esta avaliação busca analisar se a conceituação representada na ontologia satisfaz as questões de competência estabelecidas na atividade de identificação dos requisitos da ontologia. Para isto, nesta seção, as questões de competência de Q22 a Q27 são relacionada aos elementos da ontologia que às respondem. A Tabela 4.4 apresenta o resultado da avaliação da Ontologia de Modelo de Avaliação.

Tabela 4.4- Avaliação da Ontologia de Modelo de Avaliação.

Questão de Competência	Conceito A	Relação	Conceito B	Axioma
Q22	Modelo de Avaliação	é subtipo de	Modelo de Qualidade	
Q23	Modelo de Avaliação	é composto de	Nível	A28, A29, A30, A31, A32, A33 e A35
	Nível	é predecessor de	Nível	
Q24	Nível	é supertipo de	Nível de Maturidade	
			Nível de Capacidade	
	Componente de Padrão de Qualidade	é supertipo de	Nível	
			Atributo de Processo	
Q25	Nível de Capacidade	é composto de	Atributo de Processo	A34
	Atributo de Processo	é composto de	Resultado de Atributo de Processo	A38
	Nível de Maturidade	é composto de	Resultado de Processo	A46
Resultado de Atributo de Processo			A45	
Q26	Atributo de Processo	é parte de	Nível de Capacidade	A36 e A37
	Resultado de Atributo de Processo	é parte de	Atributo de Processo	A39, A40, A41 e A42
			Nível de Maturidade	A43 e A44
Q27	Nível	é subtipo de	Componente Informativo	
	Atributo de Processo	é subtipo de	Componente Esperado	
	Resultado de Processo	é subtipo de	Componente Requerido	
	Componente Informativo	é subtipo de	Componente Não Requerido	
	Componente Esperado			
	Componente Não Requerido	é subtipo de	Componente de Padrão de Qualidade	
Componente Requerido				

4.8 Considerações finais sobre a ontologia

A crescente competitividade enfrentada pelas organizações as tem levado a uma busca incessante pela melhoria da qualidade de seus produtos e serviços. Uma das formas adotadas pelas organizações para melhorar a qualidade de seus produtos e serviços é a melhoria da qualidade de seus processos produtivos, tornando assim a área de MPS uma área de grande interesse tanto para a academia quanto para a indústria.

Diante deste cenário, é natural que as organizações busquem apoio em padrões de qualidade para MPS de forma a orientar seus esforços e seus investimentos em programas de qualidade. Entretanto, dada a variedade de padrões de qualidade para MPS disponíveis atualmente, os pesquisadores e as organizações precisam de ferramentas que lhes permitam lidar com a variedade de conceitos e termos empregados nestes padrões. Caso contrário, a falta de padronização entre os diversos padrões existentes pode comprometer os potenciais benefícios provenientes da adoção dos mesmos.

Visando contribuir para a consolidação de uma terminologia consistente para a área de MPS, este capítulo apresentou uma análise da terminologia adotada em alguns padrões de qualidade para MPS relevantes no Brasil. A esta análise seguiu-se a construção de uma ontologia de padrões de qualidade para MPS que tem como propósito servir como base para a compreensão das diferenças entre os modelos e apoiar o desenvolvimento de uma abordagem para a representação e integração de padrões de qualidade para MPS.

A análise aqui apresentada, bem como a ontologia desenvolvida, não tem a pretensão de esgotar o assunto. Pelo contrário, representa uma contribuição na construção de consenso sobre a terminologia adequada para a área de MPS. Este consenso, por definição, deve emergir do debate científico. Portanto, espera-se também que esta ontologia venha a contribuir para área de MPS ao fomentar o debate sobre o tema.

Como trabalhos futuros, pretende-se aprimorar a ontologia aqui apresentada através da análise de outros padrões de qualidade relevantes para a área de MPS. Um exemplo de padrão de qualidade que pode vir a ser estudado é o MOPROSOFT [OKT05]. Outros padrões de relevância internacional sobre temas correlatos também podem

contribuir para a evolução da ontologia e devem ser analisados no futuro, tais como ITIL e COBIT.

Por fim, esta ontologia foi desenvolvida também como uma especificação de uma conceituação sobre a área de MPS para apoiar o desenvolvimento de um metamodelo para o domínio de MPS. Este metamodelo tem o objetivo de apoiar o desenvolvimento de ferramentas de modelagem que permitam a seus usuários representar os padrões de qualidade para MPS e a integração entre os mesmos. Este metamodelo é apresentado a seguir, no Capítulo 5.

5. UM METAMODELO PARA O DOMÍNIO DE MPS

Este capítulo apresenta o metamodelo para o domínio de MPS. O metamodelo foi desenvolvido como uma linguagem para a representação dos padrões de qualidade, sendo fundamentado na conceituação especificada pela OMPS, apresentada no Capítulo 4. Apesar da importância dos conceitos relacionados ao processo de software neste metamodelo, não é propósito desta tese de doutorado propor uma especificação concorrente ao metamodelo SPEM 2.0. Por isto optou-se pela extensão do SPEM 2.0 na elaboração do metamodelo para a área de MPS. Em virtude desta opção, os elementos acrescentados ao SPEM 2.0 através desta extensão tiveram seus nomes cunhados também em inglês, idioma no qual a especificação do SPEM 2.0 foi desenvolvida. Assim, o próprio nome do metamodelo também foi criado naquele idioma: *Software Process Improvement Meta-Model* (SPIM).

Na Seção 5.1 é apresentada a arquitetura adotada no modelo. São apresentados tanto o posicionamento do SPIM com relação aos níveis de modelagem propostos pela OMG quanto os pacotes acrescentados ao SPEM 2.0 para contemplar os conceitos definidos pela OMPS. Posteriormente, na Seção 5.2, estes pacotes são detalhados em termos de elementos que os compõem e expressões em OCL que implementam restrições equivalentes aos axiomas definidos na OMPS.

5.1 Arquitetura

Para elaboração do SPIM foi adotada a arquitetura de modelagem proposta pela OMG, ilustrada na Figura 5.1, e também a UML como notação para elaboração dos diagramas. A arquitetura proposta pela OMG é baseada nos conceitos de classificador e instância, onde cada nível de modelagem, também chamado de meta nível, atua como classificador do nível seguinte. Este princípio básico caracteriza a arquitetura de quatro níveis adotada em várias especificações da OMG, tais como [OMG11], [OMG06] e [OMG08].

Nesta arquitetura, o nível M0 é o nível de objetos concretos. A realização de um processo em um projeto ou o modelo de objetos de um software, por exemplo, encontram-se neste nível de modelagem.

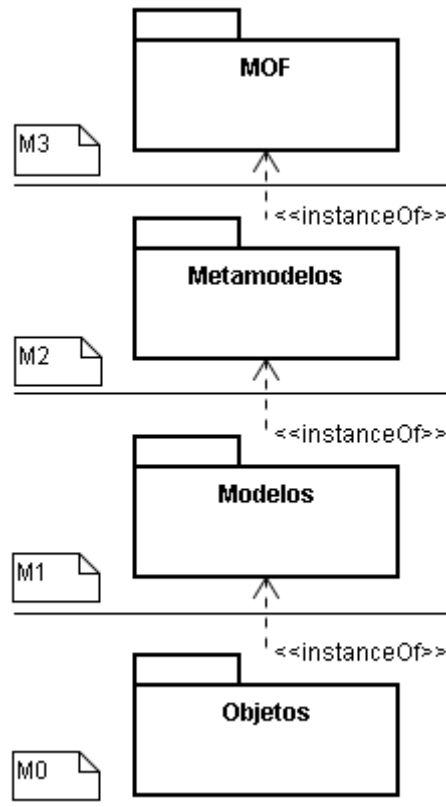


Figura 5.1 - Níveis de modelagem da arquitetura OMG (adaptado de [OMG08] e [OMG06]).

O nível M1 é o nível de modelo. Neste nível encontra-se o processo padrão (ou conjunto de processos padrão) de uma organização. O processo padrão de uma organização serve como modelo para a instanciação do processo (ou conjunto de processos) a ser utilizado em projetos específicos da organização. O mesmo vale para a modelagem de um software, que serve como base para a instanciação dos objetos do mesmo.

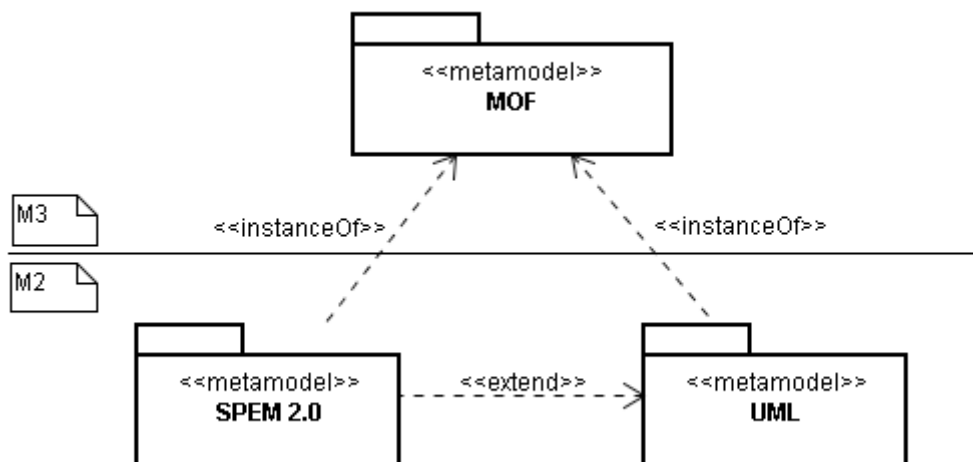


Figura 5.2 - Relações entre SPEM 2.0, UML e MOF (adaptado de [OMG08] e [OMG06]).

Logo acima está o nível M2, que apresenta o metamodelo com o qual o modelo deverá apresentar conformidade. Tanto o SPEM 2.0 [OMG08] quanto a UML [OMG11] são metamodelos que permitem a modelagem de processos ou de sistemas de software, respectivamente. Já no nível M3, o nível mais alto de abstração, encontra-se o *Meta Object Facility* (MOF) [OMG06]. O MOF é um metamodelo de metamodelos, é a base sobre a qual são definidos tanto a UML quanto o SPEM 2.0. Além disto, o SPEM 2.0 também foi definido como uma extensão da UML. Estas relações são ilustradas na Figura 5.2.

A Figura 5.3 ilustra como a arquitetura proposta pela OMG foi utilizada na especificação do SPIM apresentado neste capítulo. O foco deste capítulo é a definição deste metamodelo no nível M2. O SPIM faz uso dos constructos oferecidos pelo MOF no nível M3, bem como dos constructos definidos no SPEM 2.0 e na UML. Este metamodelo tem o propósito de ser utilizado como base para a modelagem dos padrões de qualidade, no terceiro nível de abstração, o nível M1, que, por sua vez, são utilizados como guias para elaboração do processo padrão da organização. Isto permite que o processo padrão da organização, uma vez que seja modelado com o SPIM, mantenha as referências aos elementos dos padrões de qualidade com os quais busca conformidade.

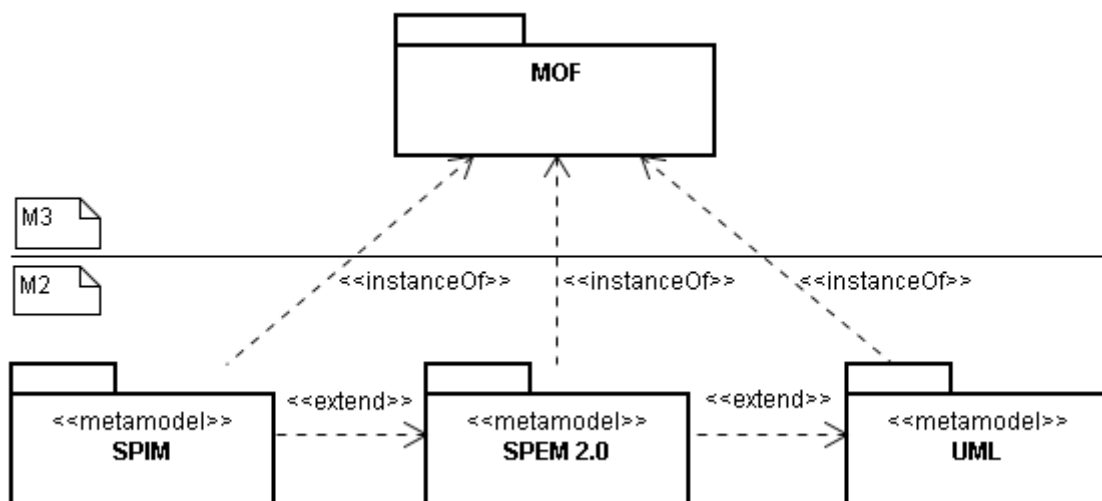


Figura 5.3 - Arquitetura adotada.

Três requisitos são atendidos com esta abordagem. O primeiro requisito é permitir que padrões de qualidade sejam representados em uma linguagem comum, ou seja, o SPIM. Uma representação em comum é considerada neste trabalho como um pré-requisito para a integração de padrões de qualidade. O segundo requisito é representar a integração dos padrões de qualidade em si. O SPIM fornece os constructos de

modelagem que permitem a representação precisa das equivalências entre os padrões de qualidade. Por fim, o terceiro requisito é permitir a representação de processos de software e também a representação de referências entre os processos de software e os padrões de qualidade com os quais buscam conformidade.

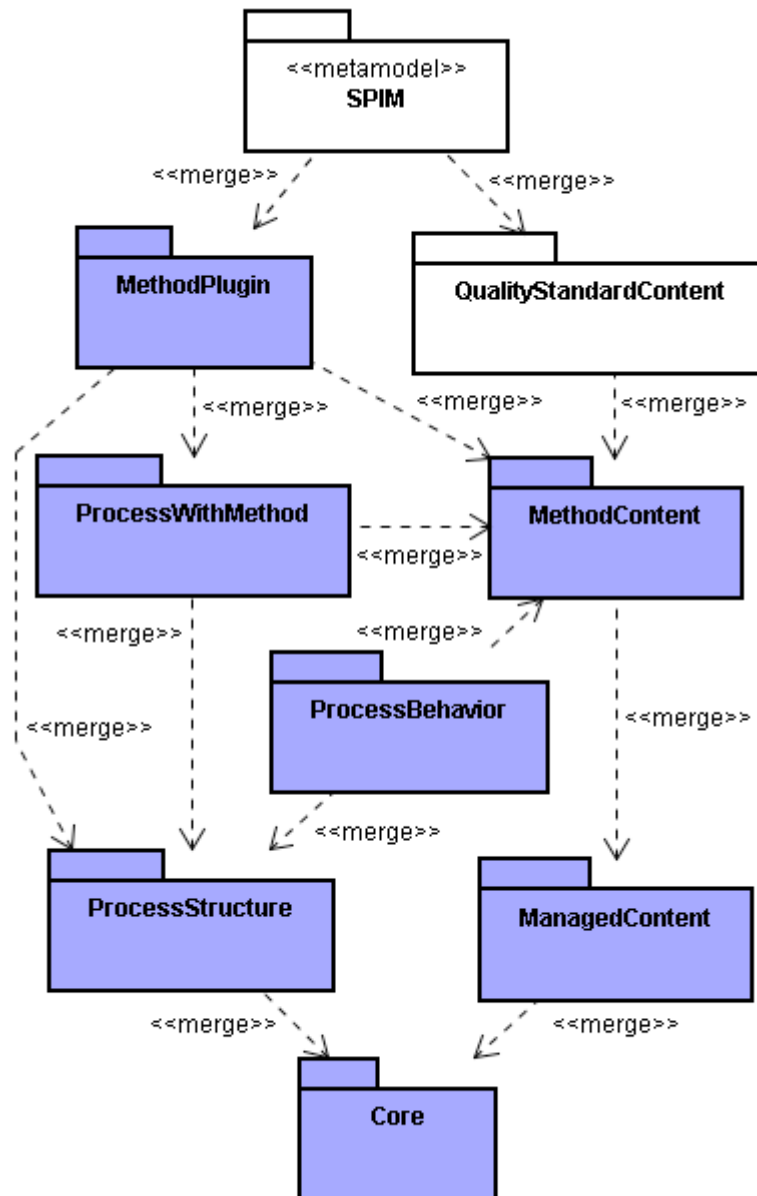


Figura 5.4 - Diagrama de pacotes da extensão ao SPEM 2.0.

Para atender a estes requisitos, foram acrescentados ao SPEM 2.0, através de sua extensão no SPIM, todos os elementos de modelagem relacionados aos padrões de qualidade, à integração destes padrões de qualidade, e às referências entre processos de software e padrões de qualidade. A Figura 5.4 ilustra, em nível de pacotes, como foi feita a extensão ao SPEM 2.0. Os elementos originários do SPEM 2.0 são apresentados

em cinza, enquanto os elementos acrescentados na extensão são apresentados em branco. Esta convenção de cores também será adotada nos demais diagramas deste capítulo. Dois novos pacotes foram acrescentados ao metamodelo SPEM 2.0, dando origem ao SPIM. Este acréscimo foi realizado utilizando-se o mesmo relacionamento *Package Merge* utilizado na construção do SPEM. O *Package Merge* é um relacionamento entre dois pacotes que indica que o conteúdo desses pacotes foi combinado. Este mecanismo deve ser utilizado quando elementos definidos em pacotes diferentes têm o mesmo nome e representam o mesmo conceito [OMG11].

O primeiro pacote acrescentado ao SPEM 2.0 é o pacote *QualityStandardContent*. Este pacote adiciona os constructos necessários para representação do conteúdo dos padrões de qualidade, bem como a representação da integração entre os mesmos. Este pacote utiliza, através de uma operação de *package merge*, o pacote *MethodContent*. O pacote *MethodContent* contém os constructos oferecidos pelo metamodelo SPEM 2.0 para representação do conteúdo dos métodos utilizado por processos de software. Este pacote utiliza, por sua vez, e também através de uma operação de *package merge*, o pacote *ManagedContent*. Este pacote contém os constructos necessários para representação da documentação textual de qualquer conceito definido no SPEM 2.0. O conteúdo do pacote *QualityStandardContent* é descrito em mais detalhes na seção 5.2.1 deste capítulo.

O segundo pacote acrescentado ao SPEM 2.0 é o pacote SPIM. Este pacote adiciona novos constructos, bem como altera constructos já existentes no SPEM 2.0, para integrar conteúdos de métodos e de padrões de qualidade à infraestrutura definida no SPEM 2.0 para criação de repositórios de processos de software em ferramentas que implementem este metamodelo. O pacote SPIM é descrito em detalhes na seção 5.2.6 deste capítulo.

Por fim, cabe destacar que a especificação do metamodelo SPEM 2.0 elenca alguns pontos de conformidade que devem ser observados em implementações do mesmo. A implementação do SPIM utiliza-se do ponto de conformidade *SPEM-Complete*, pois este é o ponto de conformidade recomendado em situações em que se busque implementar todas as características e recursos oferecidos pelo SPEM 2.0.

5.2 Implementação do SPIM

O metamodelo SPEM 2.0, tal como definido pela OMG, representa apenas a especificação de uma linguagem para representação de processos de software, e não a implementação da linguagem em si. Esta especificação é apresentada em um nível de abstração independente de plataforma e linguagem de programação. Cabe aos desenvolvedores de ferramentas para modelagem de processos de software a tarefa de implementação da especificação em uma plataforma e linguagem de programação específica para seus propósitos. Por não ter o propósito de apresentar uma implementação própria, a OMG apenas indica, na documentação da especificação do metamodelo SPEM 2.0, uma ferramenta de software que serve como implementação de referência desta especificação. Esta implementação de referência chama-se Eclipse Process Framework Composer, ou simplesmente EPF Composer. O EPF Composer foi desenvolvido com o uso da plataforma Eclipse e contém uma implementação concreta de um metamodelo, chamado de *Unified Method Architecture* (UMA), que está em conformidade com a especificação do metamodelo SPEM 2.0.

Não é o propósito desta tese de doutorado propor uma especificação concorrente ao metamodelo SPEM 2.0, mas sim uma extensão feita ao mesmo para fins de avaliação do modelo conceitual representado pela OMPS apresentada no capítulo 3. Da mesma forma, não é o propósito desta tese de doutorado propor uma implementação concorrente à implementação de referência indicada pela OMG. Portanto, optou-se pelo uso do UMA como base para implementação concreta do SPIM. Além disto, como a OMPS já representa uma modelagem conceitual para o SPIM e já detalha a semântica de todos os conceitos tratados no mesmo, o SPIM será descrito aqui diretamente em termos de sua implementação concreta como uma extensão do metamodelo SPEM 2.0 realizada a partir do UMA.

Os conceitos apresentados na OMPS são implementados no pacote *QualityStandardContent*, que será descrito a partir da seção 5.2.1 deste capítulo. Para criação de constructos que estejam ao mesmo tempo em conformidade com os conceitos tratados na OMPS e corretamente integrados ao metamodelo SPEM 2.0 foi necessário um mapeamento entre os conceitos da primeira e os constructos acrescentados ao segundo. Este mapeamento foi motivado basicamente por três fatores.

O primeiro fator foi a diferença de idiomas utilizados nos mesmos. A OMPS foi desenvolvida em português visando sua integração com outras ontologias também desenvolvidas em português. Já a especificação do metamodelo SPEM 2.0, bem como a implementação do UMA, foram desenvolvidos em inglês. Portanto, foram criados no SPIM constructos também em inglês para representar os conceitos da OMPS. Os nomes destes constructos são quase sempre traduções diretas para o inglês dos termos utilizados na OMPS ou os termos equivalentes encontrados nas normas e modelos utilizados como base para o desenvolvimento da OMPS.

O segundo fator é a possibilidade de introdução de conflitos quando da adoção dos termos em inglês. Em alguns casos a tradução direta dos nomes dos conceitos para o inglês poderia introduzir ambigüidades na linguagem. Um exemplo é o termo *quality standard*, que poderia ser utilizado tanto como tradução do termo norma de qualidade como do termo padrão de qualidade.

O terceiro fator é a possibilidade de conflitos entre os novos constructos e constructos já existentes no SPEM 2.0 e no UMA. Em alguns casos a tradução direta poderia gerar conflitos com outros constructos já existentes. Um exemplo é o termo *section*, que entraria em conflito com um constructo já existente caso fosse adotado como tradução do nome do conceito de Seção presente em Normas de Qualidade, pois já existe um constructo chamado de *section* no metamodelo SPEM 2.0 e, por consequência, no UMA. Assim, são apresentadas tabelas indicando o mapeamento entre os conceitos da OMPS e os constructos do SPIM.

Outra característica do SPIM importante é a forma como foram implementados os axiomas da OMPS. Visando manter a consistência com as práticas de modelagem utilizadas pelo metamodelo SPEM 2.0, foi adotada a linguagem *Object Constraint Language* (OCL) [OMG10] para implementação de todas as restrições e operações necessárias para suporte as mesmas. Assim, também serão descritos os mapeamentos entre os axiomas em lógica de primeira ordem e as restrições e operações escritas em OCL para implementação dos mesmos.

5.2.1 Pacote *QualityStandardContent*

O SPEM 2.0 apresenta uma clara separação entre a representação do conteúdo de um processo, expresso sob a forma de descrições de métodos atemporais, e a utilização destes métodos na composição de processos propriamente ditos, que

expressam a ordenação e o seqüenciamento de realização daqueles métodos. Esta separação é feita através da modelagem incremental do metamodelo nos seus diferentes pacotes. Os conteúdos dos processos são modelados no pacote *MethodContent*, tendo como mais alta abstração o elemento *ContentElement*. Já os processos são modelados a partir do pacote *ProcessStructure*, tendo como mais alta abstração o elemento *ProcessElement*.

Seguindo este padrão, o primeiro passo para estender o SPEM 2.0, acrescentando os conceitos relacionados à representação de padrões de qualidade, foi a criação do elemento *QualityElement* como mais alta abstração do conteúdo de padrões de qualidade. O diagrama apresentado na Figura 5.5 ilustra a inclusão do elemento *QualityElement*. Neste diagrama os elementos originais do SPEM 2.0 são apresentados em cinza, enquanto que o elemento sendo adicionado, o *QualityElement*, é apresentado em branco. Este mesmo padrão será seguido nos demais diagramas para destacar como o SPIM está estendendo o metamodelo SPEM 2.0.

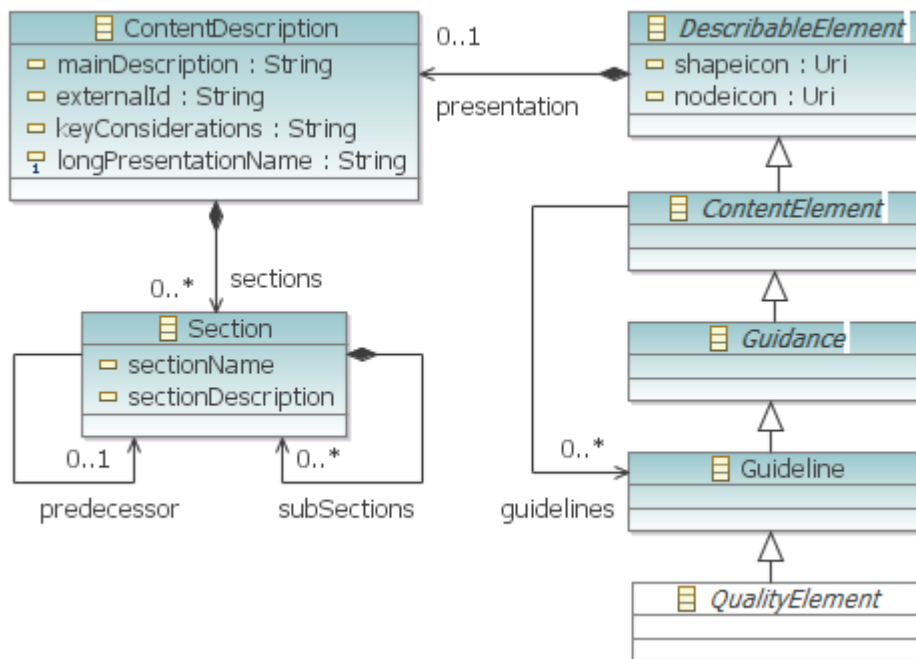


Figura 5.5 - Relação entre o elemento *QualityElement* e os elementos de *MethodContent*.

Como os conceitos relacionados os padrões de qualidade foram criados na OMPS para criação de um subtipos do conceito de Diretriz, no SPIM o elemento *QualityElement* foi criado como uma especialização do elemento *Guideline*. *Guidelines* são definidos como provedores de detalhes adicionais sobre como realizar tarefas em

particular ou detalhes sobre regras, recomendações, melhores práticas e abordagens sobre como o trabalho deve ser realizado. Uma vantagem adicional da escolha do elemento *Guideline* como implementação do conceito de Diretriz é o fato de que qualquer conteúdo de método, sob a forma de uma instância de alguma especialização de *ContentElement*, pode referenciar uma instância de *Guideline*. Desta forma, acrescenta-se naturalmente a característica desejada de permitir que as instâncias envolvidas na descrição dos conteúdos dos processos possam referenciar os padrões de qualidade com os quais buscam conformidade.

Além disto, cabe destacar que a definição do elemento *QualityElement* como especialização do elemento *Guideline* também o torna uma especialização do elemento *DescribableElement*. O elemento *DescribableElement* é a superclasse de todos os elementos do SPEM 2.0 para os quais descrições textuais concretas são definidas na forma de atributos de documentação agrupados em uma instância do elemento *ContentDescription*. Especializações de *DescribableElement* tem o propósito de serem publicadas em publicações de métodos e processos. *DescribableElement* define que os elementos representados por ele, ou seja, suas especializações, tenham conteúdo ‘anexado’ a eles através de uma instância de *ContentDescription*, de forma que este último se torna o local real onde o conteúdo está sendo representado. Esta separação permite uma distinção entre os elementos principais que descrevem a estrutura do modelo daqueles que servem como containers que fornecem a documentação textual destes mesmos elementos.

5.2.2 Conceitos relativos à Padrão de Qualidade

Uma vez definido o elemento *QualityElement*, foram introduzidos os elementos correspondentes aos conceitos de Framework de Qualidade, Padrão de Qualidade, Componente de Padrão de Qualidade e seus subtipos Componente Requerido e Componente Não Requerido. O diagrama apresentado na Figura 5.6 ilustra a introdução no SPIM dos elementos correspondentes a estes conceitos.

Os elementos *QualityFramework*, *QualityStandard*, *StandardComponent*, *RequiredComponent* e *NonRequiredComponent* possuem a mesma semântica dos conceitos de Framework de Qualidade, Padrão de Qualidade, Componente de Padrão de Qualidade, Componente Requerido e Componente Não Requerido, respectivamente. Esta semântica já foi definida na OMPS na seção 4.4 e, portanto, não será repetida neste

capítulo. Porém, aqui é necessário apresentar a implementação em OCL das restrições representadas pelos axiomas definidos na OMPS. Em virtude das diferenças entre a lógica de primeira ordem e a OCL, esta implementação não é tão direta quanto à implementação dos conceitos na forma de elementos do metamodelo. Assim, para cada axioma ou conjunto de axiomas serão apresentadas e explicadas as expressões equivalentes em OCL.

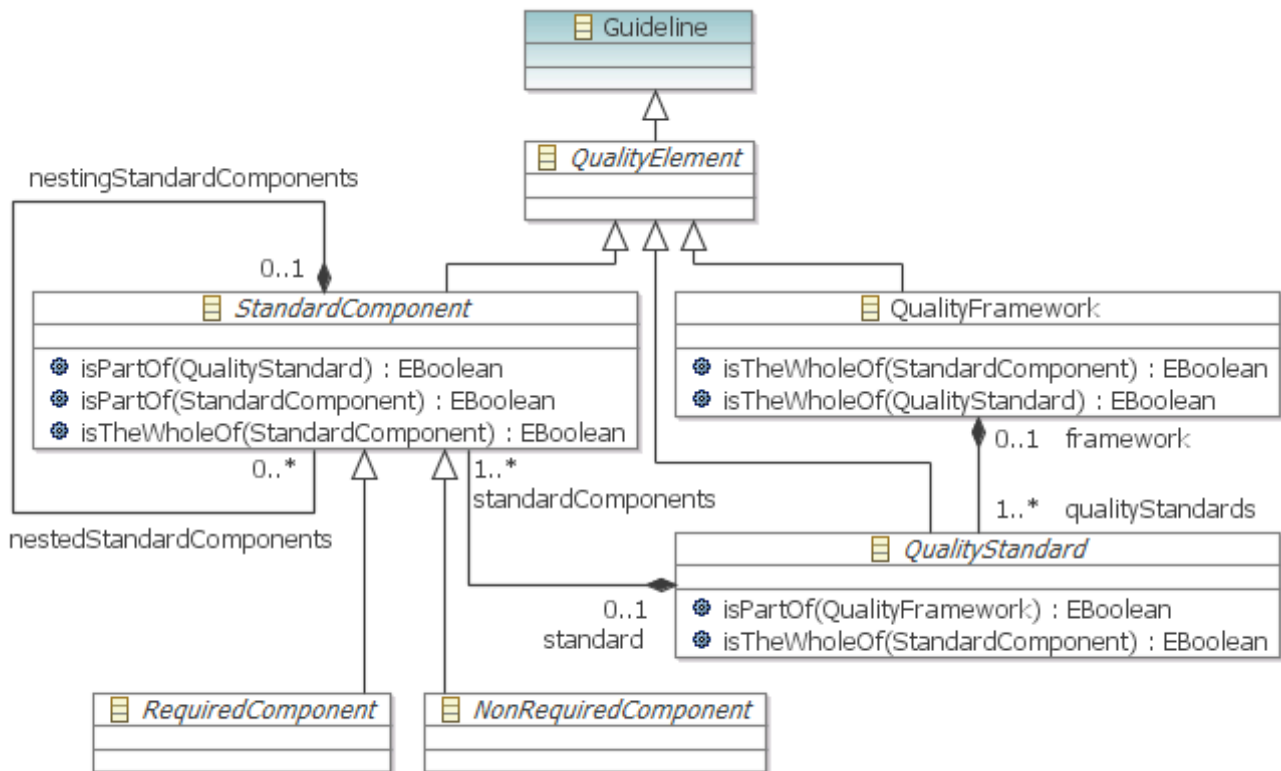


Figura 5.6 - Introdução dos conceitos de Padrões de Qualidade em *QualityStandardContent*.

No caso da Ontologia de Padrões de Qualidade, os axiomas definidos têm o propósito de formalizar as relações de composição a partir das relações de parte-todo presentes na semântica pretendidas pelos diagramas da ontologia. Desta forma, são necessárias expressões em OCL que permitam formalizar estas mesmas relações de composição. Mas antes de apresentar estas expressões, são necessárias algumas operações de suporte a criação das mesmas. Para isto foram criadas operações recursivas em OCL visando implementar as propriedades de transitividade das relações de parte-todo possuídas pela ontologia. As interfaces destas operações podem ser observadas como operações dos elementos presentes no diagrama da Figura 5.6. Já suas implementações correspondentes em OCL são apresentadas a seguir.

O conjunto de instâncias de *QualityStandard* que compõem uma instância de *QualityFramework* é indicado pela propriedade *qualityStandards* da classe *QualityFramework*:

```
context QualityFramework
property qualityStandards#framework : QualityStandard[+] { ordered composes };
```

A primeira e mais simples operação implementada no elemento *QualityFramework* tem o propósito de verificar se uma determinada instância *qs* de *QualityStandard* é parte do conjunto de instâncias de *QualityStandard* que compõem uma determinada instância de *QualityFramework*. Para isto, é feito uso da propriedade *qualityStandards* da classe *QualityFramework*:

```
context QualityFramework
operation isTheWholeOf(qs : QualityStandard[1]) : Boolean[?]
{
  body: self.qualityStandards->includes(qs);
}
```

Esta operação não é suficiente para indicar se uma determinada instância de *StandardComponent* faz parte de uma instância de *QualityFramework*, pois para isto é necessário implementar a propriedade de transitividade presente na ontologia. Vale aqui lembrar que esta propriedade pode ser expressa, em lógica de primeira ordem, da seguinte forma:

$$(\forall x, y, z) \text{ todoDe}(x, y) \wedge \text{todoDe}(y, z) \rightarrow \text{todoDe}(x, z)$$

Para garantir a propriedade de transitividade na implementação da operação *isTheWholeOf* em *QualityFramework* foi desenvolvida outra operação que consulta todos as instâncias de *QualityStandards* que compõem uma determinada instância de *QualityFramework* utilizando-se da implementação desta mesma operação naquela classe:

```
context QualityFramework
operation isTheWholeOf(c : StandardComponent[1]) : Boolean[?]
{
  body: self.qualityStandards->exists(sub : QualityStandard |
    sub.isTheWholeOf(c));
}
```

No elemento *QualityStandard* a propriedade *standardComponents* indica quais as instâncias de *StandardComponents* compõem uma instância de *QualityStandard*.

```
context QualityStandard
property standardComponents#direct_standard : StandardComponent[+]
```

```
{ ordered composes };
```

Com o uso desta propriedade foi implementada a operação *isTheWholeOf* na classe *QualityStandard*:

```
context QualityStandard
operation isTheWholeOf(c : StandardComponent[1]) : Boolean[?]
{
  body:
  self.standardComponents->includes(c) or
  self.standardComponents->exists(sub : StandardComponent |
    sub.isTheWholeOf(c));
}
```

A operação *isTheWholeOf* na classe *QualityStandard* verifica se o componente faz parte dos componentes da instância de *QualityStandard* ou se ele faz parte dos sub-componentes da mesma, fazendo uma chamada a operação *isTheWholeOf* da classe *StandardComponent*. Entretanto, o elemento *StandardComponent* possui uma composição capaz de conter instâncias de sub-componentes em uma estrutura hierárquica que precisa ser pesquisada recursivamente para implementar a propriedade de transitividade. Isto é feito com o uso na classe *StandardComponent* da propriedade *nestedStandardComponents* pela operação recursiva *isTheWholeOf*:

```
context Standardcomponent
property nestedStandardComponents#nestingStandardComponents : StandardComponent[*]
{ ordered composes };
operation isTheWholeOf(c : StandardComponent[1]) : Boolean[?]
{
  body:
  self.nestedStandardComponents->includes(c) or
  self.nestedStandardComponents->exists(sub : StandardComponent |
    sub.isTheWholeOf(c));
}
```

Além das operações *isTheWholeOf* também foram implementadas as operações *isPartOf*, que utilizam-se de lógica semelhante. Devido a esta semelhança, a implementação das mesmas não será apresentada aqui. Estas operações em conjunto dão o suporte necessário para a implementação em OCL de expressões equivalentes aos axiomas da OMPS. Em OCL estas expressões são chamadas de *invariants*, pois apresentam proposições que devem ser sempre verdadeiras para quaisquer modelos que estejam em conformidade com o metamodelo. O axioma A6, por exemplo, visa garantir que todos os componentes e subcomponentes de uma instância de padrão de qualidade pertençam a um mesmo framework:

$$(\forall x, y) \text{ subcomponente}(y, x) \rightarrow (\exists f) \text{ framework}(f) \wedge \text{ parteDe}(y, f) \wedge \text{ parteDe}(x, f)$$

Para garantir esta restrição no metamodelo foi criada uma propriedade derivada indicando a qual padrão de qualidade um componente pertence. Novamente, é necessário o uso de operações recursivas para tal implementação, tornando as expressões em OCL mais complexas:

```

context Standardcomponent
property nestingStandardComponents#nestedStandardComponents : StandardComponent[?]
{ ordered };
property direct_standard#standardComponents : QualityStandard[?] { ordered };
property standard : QualityStandard[?] { derived volatile }
{
  derivation:
    if self.nestingStandardComponents.ocLIsUndefined() then
      self.direct_standard
    else
      self.nestingStandardComponents.standard
    endif;
}

```

Por fim, a propriedade derivada *standard* pode ser utilizada na criação da *invariant StandardComponentComposition* para implementação da restrição estabelecida pelo axioma A6:

```

context Standardcomponent
invariant StandardComponentComposition:
  self.nestedStandardComponents->forALL(sc : StandardComponent |
    sc.standard.framework=self.standard.framework);

```

5.2.3 Conceitos relativos ao mapeamento entre Padrões de Qualidade

Para representação dos conceitos relativos ao mapeamento entre padrões de qualidade foram introduzidos os elementos apresentados no diagrama ilustrado na Figura 5.7.

O elemento *Mapping* possui a mesma semântica do conceito de Mapeamento da Ontologia de Padrão de Qualidade. Optou-se na sua implementação pela criação de uma enumeração chamada *MappingType* definindo os tipos de mapeamento e a criação de uma propriedade para registro do tipo de mapeamento de cada instância do elemento *Mapping*. Já o elemento *MappingPackage* foi introduzido como elemento estrutural que visa auxiliar na organização do conteúdo relacionado ao mapeamento entre padrões de qualidade.

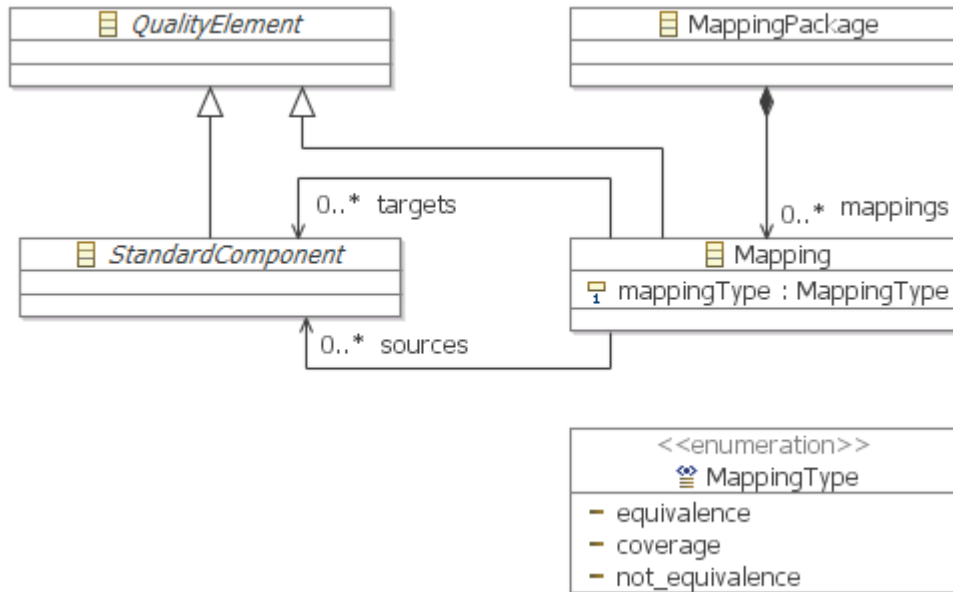


Figura 5.7 - Introdução dos conceitos de mapeamento em *QualityStandardContent*.

Além disto, foram definidas as seguintes *invariants* para implementação das restrições impostas pelos axiomas A8 a A9:

```

context Mapping
invariant MappingSourceMustDifFromMappingTarget:
  self.sources->oclAsSet()->intersection(self.targets->oclAsSet())->size() = 0;
invariant MappingMustMapDifferentStandards:
  self.sources->collect(standard)->oclAsSet()->intersection(
    self.targets->collect(standard)->oclAsSet())->size() = 0;
  
```

5.2.4 Conceitos relativos à Modelo de Qualidade

Para representação dos conceitos relativos às especializações de Modelo de Qualidade foram introduzidos os elementos apresentados no diagrama ilustrado na Figura 5.8.

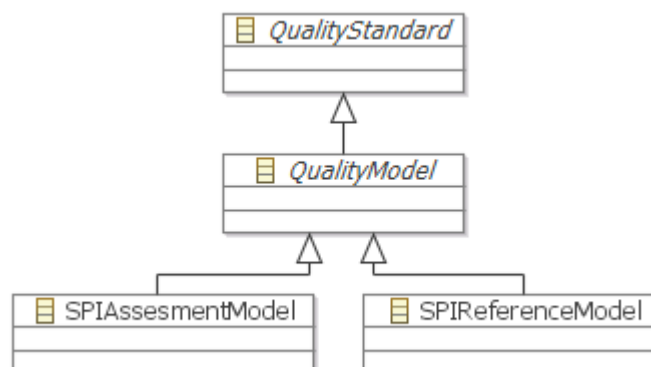


Figura 5.8 - Especializações de *QualityStandard* relativas aos modelos de qualidade.

Os elementos *QualityModel*, *SPIReferenceModel* e *SPIAssesmentModel* possuem a mesma semântica dos conceitos Modelo de Qualidade, Modelo de Referência para MPS e Modelo de Avaliação para MPS da Ontologia da dimensão de Modelo de Referência para MPS e da Ontologia da dimensão de Modelo de Avaliação para MPS, respectivamente.

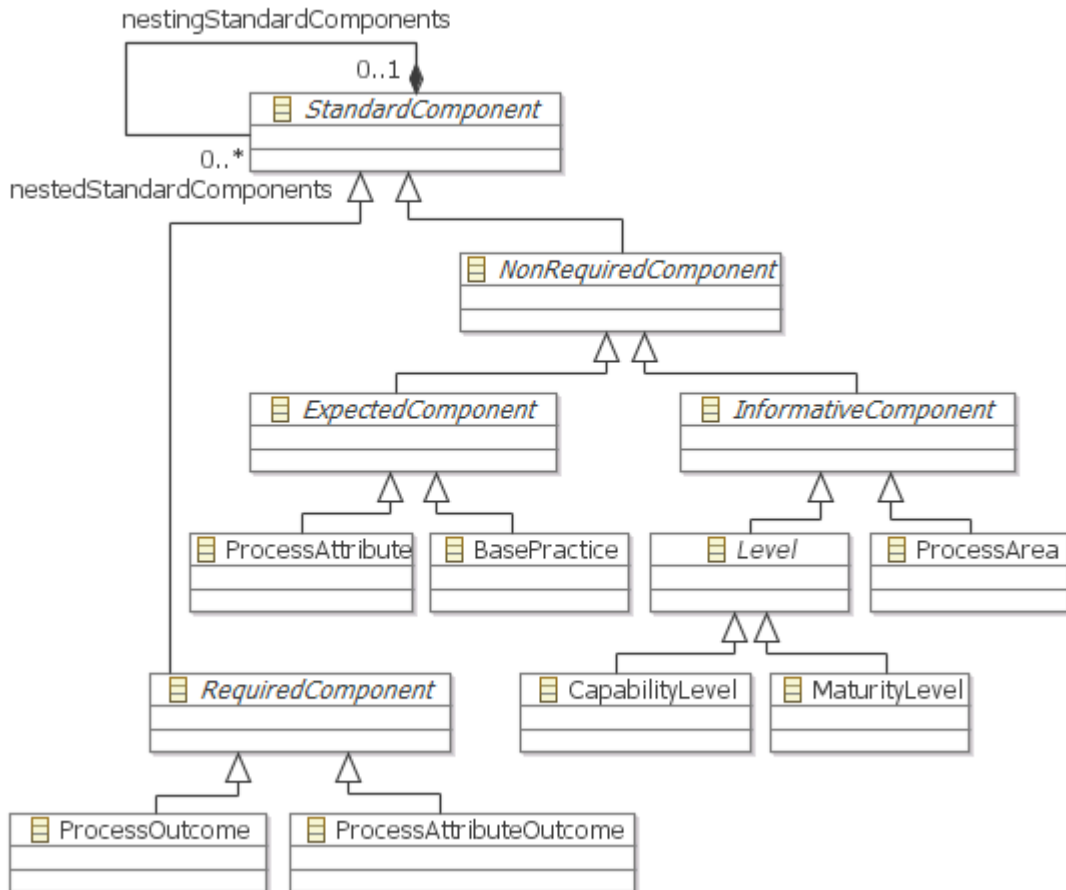


Figura 5.9 - Especializações de *StandardComponents* relativas aos modelos de qualidade.

Já as especializações de *StandardComponent* são apresentadas no diagrama ilustrado na Figura 5.9. Os elementos apresentados no diagrama possuem a mesma semântica de seus equivalentes nas respectivas ontologias.

Nas ontologias, estes conceitos especializam os relacionamentos de composição e de subcomposição dos padrões de qualidade. Entretanto, o SPIM está sendo implementado em Java, linguagem que não suporta a especialização de relacionamentos. A alternativa adotada foi o uso das propriedades herdadas de *QualityStandard* e de *StandardComponent* juntamente com a adoção de *invariants* que assegurem a correta criação das relações de composição e sub-composição nos modelos desenvolvidos com o uso do SPIM. As seguintes *invariants* representam os axiomas de

A16 a A19 e asseguram o correto relacionamento entre *SPIReferenceModel* e *ProcessArea*:

```

context SPIReferenceModel
invariant SPIReferenceModelComposition:
    self.standardComponents->forALL(c : StandardComponent |
        c.ocLIsKindOf(ProcessArea));
invariant SPIReferenceModelMustHaveProcessArea:
    self.standardComponents->size() > 0;

context ProcessArea
invariant ProcessAreaMustBelongToSPIReferenceModel:
    not self.standard.ocLIsUndefined() and
    self.standard.ocLIsKindOf(SPIReferenceModel);

```

As seguintes *invariants* representam os axiomas de A20 a A23 e asseguram o correto relacionamento entre *ProcessArea* e *ProcessOutcome*:

```

context ProcessArea
invariant ProcessAreaComposition:
    self.nestedStandardComponents->forALL(c : StandardComponent |
        c.ocLIsKindOf(ProcessOutcome));
invariant ProcessAreaMustHaveAProcessOutcome:
    self.nestedStandardComponents->size() > 0;

context ProcessOutcome
invariant ProcessOutcomeMustBelongToProcessArea:
    not self.nestingStandardComponents.ocLIsUndefined() and
    self.nestingStandardComponents.ocLIsKindOf(ProcessArea);

```

As seguintes *invariants* representam os axiomas de A24 a A27 e asseguram o correto relacionamento entre *ProcessOutcome* e *BasePractice* :

```

context ProcessOutcome
invariant ProcessOutcomeComposition:
    self.nestedStandardComponents->forALL(c : StandardComponent |
        c.ocLIsKindOf(BasePractice));

context BasePractice
invariant BasePracticeMustBelongToProcessOutcome:
    not self.nestingStandardComponents.ocLIsUndefined() and
    self.nestingStandardComponents.ocLIsKindOf(ProcessOutcome);
invariant BasePracticeComposition:
    self.nestedStandardComponents->size() = 0;

```

As seguintes *invariants* representam os axiomas de A28 a A33 e asseguram o correto relacionamento entre *SPIAssesmentModel* e *Level*:

```

context SPIAssesmentModel
invariant SPIAssesmentModelComposition:
    self.standardComponents->forALL(c : StandardComponent | c.ocLIsKindOf(Level));
invariant SPIAssesmentModelMustHaveLevel:
    self.standardComponents->size() > 0;

context Level

```



```

invariant LevelIsAMacrocomponent:
    self.nestingStandardComponents.oclIsUndefined();
invariant LevelSequence:
    self.predecessorLevel.oclIsUndefined() or
    self.predecessorLevel.standard = self.standard;
invariant LevelMustBelongToSPIAssesmentModel:
    not self.standard.oclIsUndefined() and
    self.standard.oclIsKindOf(SPIAssesmentModel);

```

As seguintes *invariants* representam os axiomas de A34 a A37 e asseguram o correto relacionamento entre *CapabilityLevel* e *ProcessAttribute* :

```

context CapabilityLevel
invariant CapabilityLevelPredecessor:
    self.predecessorLevel.oclIsUndefined() or
    self.predecessorLevel.oclIsKindOf(CapabilityLevel);
invariant CapabilityLevelComposition:
    self.nestedStandardComponents->forAll(c : StandardComponent |
        c.oclIsKindOf(ProcessAttribute));

context ProcessAttribute
invariant ProcessAttributeMustBelongToCapabilityLevel:
    not self.nestingStandardComponents.oclIsUndefined() and
    self.nestingStandardComponents.oclIsKindOf(CapabilityLevel);

```

As seguintes *invariants* representam os axiomas de A38 a A42 e asseguram o correto relacionamento entre *ProcessAttribute* e *ProcessAttributeOutcome*:

```

context ProcessAttribute
invariant ProcessAttributeComposition:
    self.nestedStandardComponents->forAll(c : StandardComponent |
        c.oclIsKindOf(ProcessAttributeOutcome));
invariant ProcessAttributeMustHaveAProcessAttributeOutcome:
    self.nestedStandardComponents->size() > 0;

context ProcessAttributeOutcome
invariant ProcessAttributeOutcomeMustBelongToProcessAttribute:
    not self.nestingStandardComponents.oclIsUndefined() and
    self.nestingStandardComponents.oclIsKindOf(ProcessAttribute);
invariant ProcessAttributeOutcomeComposition:
    self.nestedStandardComponents->size() = 0;

```

Por fim, uma vez definidos os elementos utilizados para representação do conceito de Nível de Maturidade, podem ser definidos os relacionamentos entre Níveis de Maturidade e os Resultados de Processo e de Atributo de Processo. Estes relacionamentos são apresentados no diagrama ilustrado na Figura 5.10.

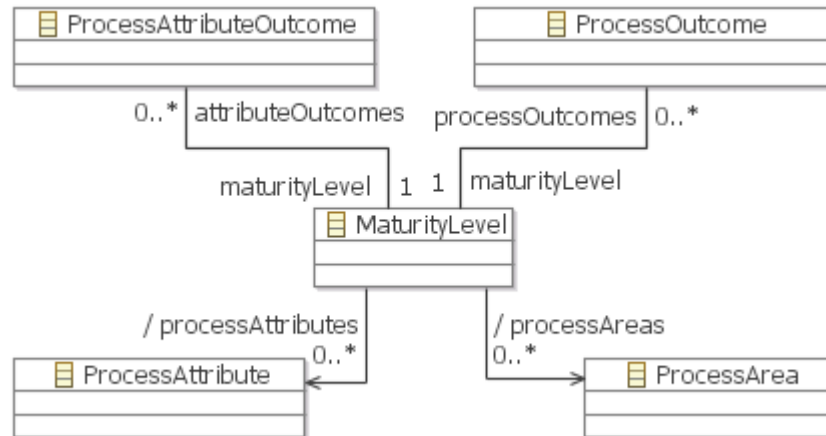


Figura 5.10 - Relacionamentos entre *MaturityLevel* e os elementos que o caracterizam.

Como pode ser observado no diagrama ilustrado na Figura 5.10, cada instância de *MaturityLevel* está associada a um conjunto de instâncias *ProcessOutcome* e outro conjunto de instâncias de *ProcessAttributeOutcome*. Estes dois relacionamentos caracterizam os requisitos que devem ser atendidos por processos que atinjam um determinado Nível de Capacidade. Adicionalmente, foram criadas duas propriedades derivadas indicando quais as Áreas de Processo e quais os Atributos de Processo cobertos por um determinado Nível de Maturidade. Estes relacionamentos derivados foram acrescentados visando facilitar a implementação das restrições e seu conteúdo é inferido com base no conjunto de resultados de processo e de atributo de processo associados ao nível e aos seus níveis predecessores. Para inferir estes relacionamentos derivado, bem como implementar as restrições impostas pelos axiomas de A43 a A46, foram definidas as seguintes propriedades e *invariants* em OCL:

```

context MaturityLevel
invariant MaturityLevelPredecessor:
  self.predecessorLevel.oclIsUndefined() or
  self.predecessorLevel.oclIsKindOf(MaturityLevel);
invariant MaturityLevelComposition: self.nestedStandardComponents->isEmpty();
property processOutcomes#maturityLevel : ProcessOutcome[*] { ordered };
property attributeOutcomes#maturityLevel : ProcessAttributeOutcome[*] { ordered };
property processAttributes : ProcessAttribute[*] { derived volatile }
{
  derivation:
  if self.predecessorLevel.oclIsUndefined() then
    self.attributeOutcomes->collect(nestingStandardComponents)->
      collect(oclAsType(ProcessAttribute))->asSet()
  else
    self.attributeOutcomes->collect(nestingStandardComponents)->
      collect(oclAsType(ProcessAttribute))->
      asSet()->union(self.predecessorLevel.
        oclAsType(MaturityLevel).processAttributes->asSet())
  endif;
}

```

```

}
property processAreas : ProcessArea[*] { derived volatile }
{
  derivation:
  if self.predecessorLevel.oclIsUndefined() then
    self.processOutcomes->collect(nestingStandardComponents)->
      collect(oclAsType(ProcessArea))->asSet()
  else
    self.processOutcomes->collect(nestingStandardComponents)->
      collect(oclAsType(ProcessArea))->
      asSet()->union(self.predecessorLevel.
        oclAsType(MaturityLevel).processAreas->asSet())
  endif;
}

```

5.2.5 Conceitos relativos à Norma de Qualidade

Para representação dos conceitos relativos às Normas de Qualidade foram introduzidos os elementos apresentados no diagrama ilustrado na Figura 5.11.

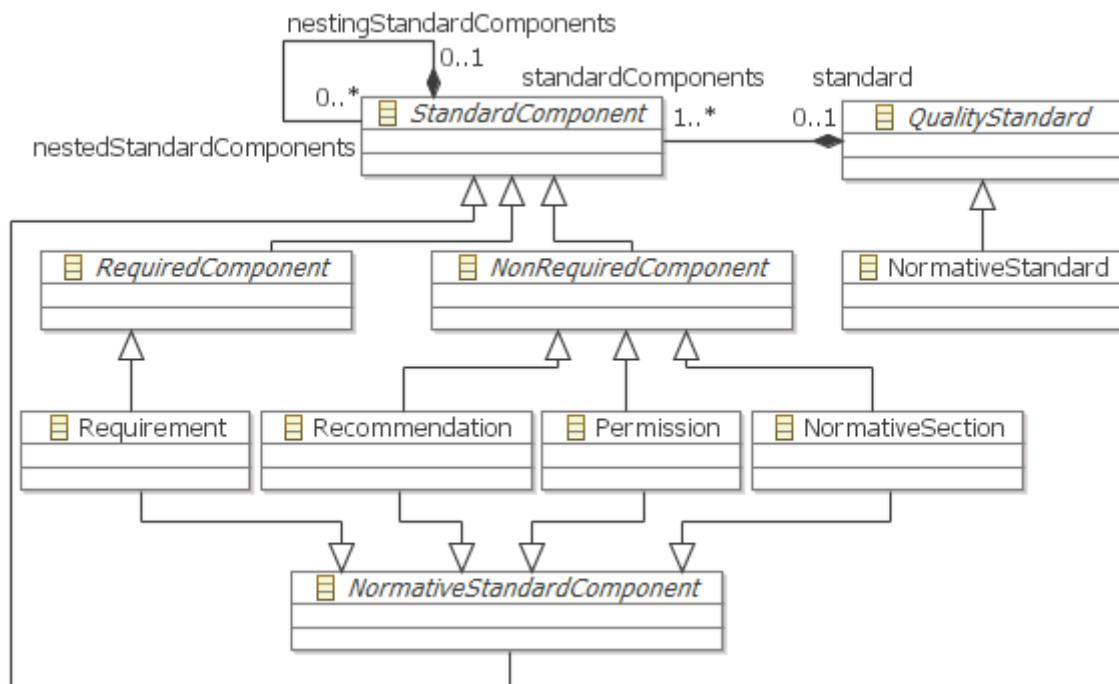


Figura 5.11 - Especializações de *StandardComponent* relativas às normas de qualidade.

Os elementos *NormativeStandard*, *NormativeStandardComponent*, *Requirement*, *Recommendation*, *Permission* e *NormativeSection* possuem a mesma semântica dos conceitos de Norma de Qualidade, Componente de Norma de Qualidade, Requisito, Recomendação, Permissão e Seção, respectivamente, da Ontologia de Norma de Qualidade.

Adicionalmente, foram criadas as seguintes *invariants* que representam os axiomas de A10 a A15 e asseguram que os relacionamentos de composição e subcomposição entre *NormativeStandard* e *NormativeStandardComponent* sejam instanciados corretamente:

```

context NormativeStandard
invariant NormativeStandardComposition:
    self.standardComponents->forAll(c : StandardComponent |
        c.ocIsKindOf(NormativeStandardComponent));
invariant NormativeStandardMustHaveNormativeStandardComponent:
    self.standardComponents->size() > 0;

context NormativeStandardComponent
invariant NormativeStandardComponentComposition:
    self.nestedStandardComponents->forAll(c : StandardComponent |
        c.ocIsKindOf(NormativeStandardComponent));
invariant NormativeStandardComponentMustBelongToNormativeStandard:
    not self.standard.ocIsUndefined() and
    self.standard.ocIsKindOf(NormativeStandard);

```

5.2.6 Pacote SPIM

O último pacote componente do metamodelo SPIM é o pacote SPIM. Este pacote é o responsável por garantir dois resultados. O primeiro resultado é que, através do relacionamento de *package merge*, este pacote assegura que os conceitos de representação de conteúdo e de processos do metamodelo SPEM 2.0 sejam integrados com os novos elementos introduzidos com o pacote *QualityStandardContent*. O segundo resultado é que os elementos de *QualityStandardContent* possam ser instanciados e empacotados em um repositório integrado ao repositório de conteúdo e de processo oferecido pelo SPEM 2.0 através do elemento *MethodLibrary*.

No metamodelo SPEM 2.0, os elementos *ContentElement* e *ProcessElement* participam de agregações nos elementos *ContentPackage* e *ProcessPackage*, respectivamente. Estes elementos têm papel estrutural no metamodelo SPEM 2.0 e visam organizar o conteúdo dos modelos empacotando todos os elementos relacionados a um mesmo aspecto. Seguindo este mesmo padrão de estruturação, foi definido o elemento *QualityPackage* visando o empacotamento dos elementos relacionados a padrões de qualidade. Desta forma, é possível instanciar os novos elementos em uma *Method Library*, que é o elemento que representa o repositório de processos no metamodelo SPEM 2.0. O diagrama ilustrado na Figura 5.12 apresenta o conteúdo deste pacote.

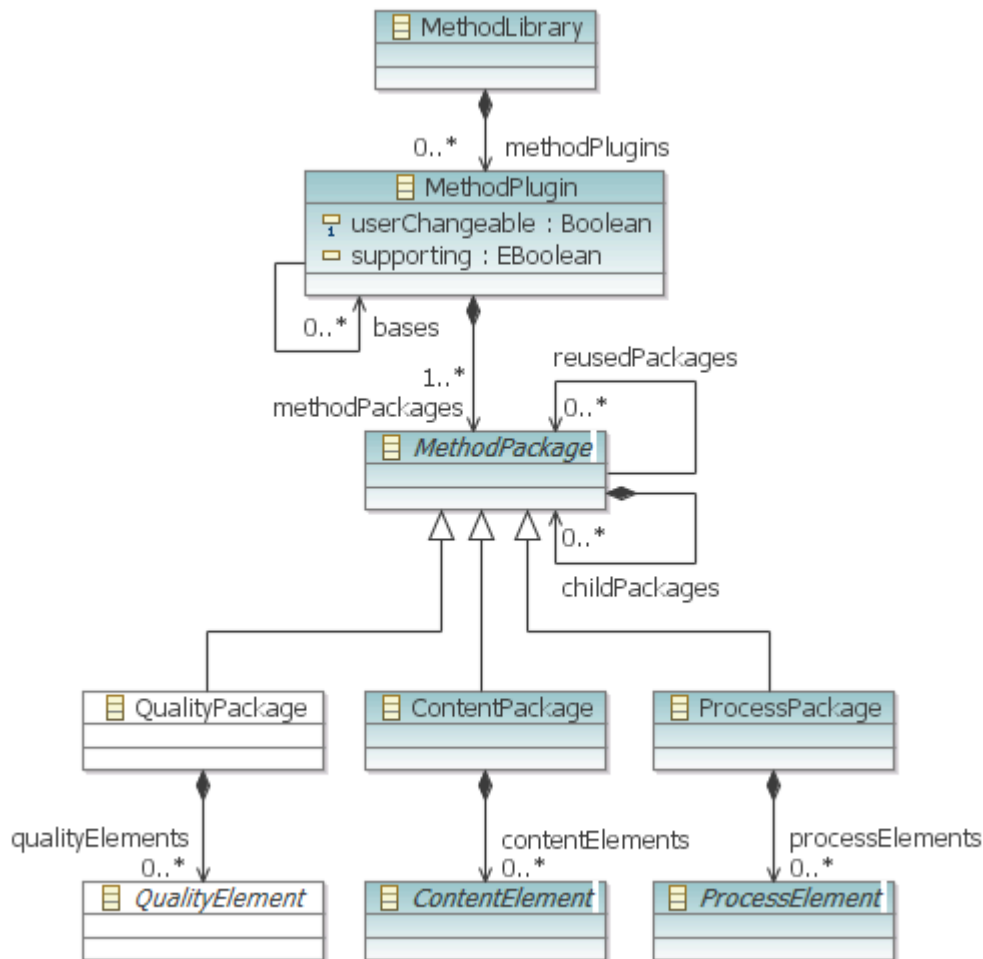


Figura 5.12 - Pacote SPIM.

5.3 Considerações finais sobre o metamodelo

Este capítulo apresentou a definição do metamodelo *Software Process Improvement Metamodel* (SPIM). O SPIM é uma linguagem para a representação dos padrões de qualidade e dos relacionamentos entre estes padrões. Foi desenvolvido como uma extensão do SPEM 2.0 e acrescenta àquele metamodelo os constructos relacionados aos padrões de qualidade para MPS. Além disto, este metamodelo teve seu desenvolvimento fundamentado na conceituação especificada pela ontologia apresentada no capítulo 4.

Podemos destacar aqui alguns dos benefícios obtidos com a extensão do SPEM 2.0 e a adoção de uma ontologia como fundamentação deste metamodelo. O primeiro benefício, relacionado à extensão do SPEM 2.0, é que todos os constructos necessários à documentação dos padrões de qualidade a serem modelados com o SPIM

já existiam no SPEM 2.0. Tais constructos, provenientes do pacote *ManagedContent*, foram incorporados ao SPIM através da operação de merge realizada entre os pacotes *QualityStandardContent*, *MethodContent* e *ManagedContent*. Assim, é possível descrever todo o conteúdo textual dos padrões de qualidade com base nos mesmos padrões de documentação existentes no SPEM 2.0.

O segundo benefício relacionado à extensão do SPEM 2.0 diz respeito à facilidade de integração entre os padrões de qualidade e as definições de processos desenvolvidos com base nestes padrões. Isto ocorre porque a linguagem a ser utilizada nestas duas perspectivas passa a ser a mesma. Ao invés de definirmos processos de software utilizando o SPEM 2.0 para representá-los e a linguagem natural para representar os padrões de qualidade e seus mapeamentos, podemos agora utilizar apenas uma linguagem para as duas coisas: o SPIM. Este benefício é entendido a partir do pressuposto de que processos de software e padrões de qualidade para melhoria de processos de software são parte de um mesmo fenômeno da realidade e, portanto, se beneficiam do uso de um formalismo comum aos mesmos. Cabe destacar que esta característica está fora do escopo desta tese de doutorado, mas é, mesmo assim, importante para o desenvolvimento de trabalhos futuros que serão realizados em decorrência dos resultados desta pesquisa.

Já como benefício do uso OMPS como fundamentação conceitual, destaca-se a capacidade de representar múltiplos padrões de qualidade e a integração entre estes padrões de qualidade. Como foi descrito anteriormente, os trabalhos relacionados tinham como característica comum a integração de apenas dois padrões de qualidade. Isto gera naquelas abordagens uma incapacidade inata para lidar com algumas das dificuldades comumente encontradas no mapeamento e integração de padrões de qualidade. Uma destas dificuldades diz respeito aos diferentes níveis de abstração empregados nos padrões de qualidade e também as diferenças de granularidade existentes nas exigências destes. Os trabalhos relacionados identificavam um nível de abstração onde fosse possível estabelecer relações de mapeamento entre os mesmos, mas de forma fixa e específica para os dois padrões de qualidade sendo mapeados, comparados ou integrados. Já o SPIM, ao ser desenvolvido para a integração de múltiplos padrões de qualidade, permite que o nível de abstração e a granularidade onde são estabelecidos os relacionamentos entre os padrões de qualidade sejam flexíveis e possam ser estabelecidos da forma mais adequada para cada mapeamento. Assim, é possível, por

exemplo, realizar o mapeamento entre ISO 9001 e CMMI em um nível mais alto de abstração e o mapeamento entre CMMI e MPS.BR em um nível mais baixo de abstração utilizando uma mesma linguagem. Visando demonstrar estes benefícios, o capítulo 6 apresenta a avaliação realizada nesta pesquisa. Esta avaliação foi realizada através do desenvolvimento de um protótipo de ferramenta baseada no SPIM e da manipulação de cenários simulados de utilização do mesmo.

6. AVALIAÇÃO

Este capítulo apresenta os procedimentos de avaliação realizados nesta tese de doutorado. Os procedimentos aqui relatados tiveram como base a estratégia de pesquisa Projeto e Criação, tal como abordada por [OAT06]. A pesquisa seguindo esta estratégia pode oferecer novos constructos, modelos, métodos ou instanciação como contribuição para o conhecimento. Oates salienta que para que um projeto baseado em Projeto e Criação possa ser considerado como uma contribuição para o conhecimento é necessário que o mesmo apresente características acadêmicas como análise, discussão, explicações, argumentação, justificação e avaliação crítica.

Nesta tese de doutorado foram desenvolvidos uma ontologia e um metamodelo para MPS como principais contribuições. A ontologia foi desenvolvida como uma especificação de uma conceituação da área de MPS, buscando a integração semântica dos padrões de qualidade utilizados na mesma. Já o metamodelo foi desenvolvido como uma linguagem para a representação dos padrões de qualidade, sendo fundamentado na conceituação especificada pela ontologia. Durante a descrição destes artefatos, foram apresentadas análises, discussões, argumentações e justificações pertinentes ao processo de criação dos mesmos, bem como as decisões de projeto tomadas e as contribuições de cada um para a solução do problema da integração de padrões de qualidade para MPS. Ainda assim, é indispensável uma avaliação crítica dos mesmos. Estes dois artefatos, a ontologia e o metamodelo, apresentam considerável complexidade. Apesar de ser possível a avaliação crítica e a demonstração da adequação dos mesmos aos seus propósitos através da elaboração de exemplos teóricos, este procedimento seria excessivamente trabalhoso e propenso a erros. Assim, surgiu a necessidade de implementação de um protótipo de ferramenta de edição de modelos utilizando o SPIM visando a avaliação deste metamodelo de forma analítica. Com este protótipo é possível avaliar criticamente esta contribuição através da instanciação de padrões de qualidade e de mapeamentos entre os mesmos. Este capítulo relata esta avaliação.

Primeiramente, na seção 6.1, são apresentadas as tecnologias adotadas para o desenvolvimento tanto da linguagem de modelagem especificada pelo SPIM quanto do protótipo de ferramenta de edição de modelos que faz uso de tal linguagem. Na seção 6.2 são apresentados os cenários utilizados e a avaliação crítica é realizada através

da manipulação dos modelos visando o teste e a demonstração de suas características. Por fim, a seção 6.3 apresenta as considerações finais deste capítulo.

6.1 Tecnologias adotadas

Para o desenvolvimento da linguagem de modelagem especificada pelo SPIM e do protótipo de ferramenta de edição de modelos que faz uso da mesma foram utilizados várias tecnologias integradas. A base para este trabalho foi a Plataforma Eclipse de desenvolvimento. Esta plataforma é composta por uma série de *frameworks* e ferramentas que permitem o desenvolvimento de ambientes integrados de desenvolvimento de software sob a forma de *plug-ins* interligados. Dentre os diversos *frameworks* disponíveis nesta plataforma que foram aqui utilizados, apenas três serão descritos nas próximas seções: a Plataforma Eclipse, o *Eclipse Modeling Framework* (EMF) e o *OCLinEcore Editor*. Os demais não serão descritos por serem inerentes ao uso da plataforma em si, tais como os *plug-ins* que compõem o ambiente de desenvolvimento em Java. Maiores detalhes sobre os demais componentes podem ser obtidos diretamente no site da Fundação Eclipse¹.

6.1.1 Plataforma Eclipse

A Plataforma Eclipse é uma plataforma extensível para a construção de ambientes de desenvolvimento integrados. A Plataforma Eclipse provê os *frameworks* principais sobre os quais todos os *plug-ins* são desenvolvidos. Provê também o ambiente de execução no qual os *plug-ins* são carregados, integrados e executados. O propósito desta plataforma é permitir que desenvolvedores de ferramentas consigam construir e distribuir suas ferramentas com facilidade².

A Plataforma Eclipse é a base sobre a qual opera o Projeto Eclipse. Este projeto teve seu desenvolvimento iniciado pela IBM em 2001 e foi financiado por um consórcio de empresas desenvolvedoras de software. Posteriormente, em 2004, foi criada a Fundação Eclipse para administrar o projeto. A Fundação Eclipse é uma entidade sem fins lucrativos que tem o propósito de dar suporte a uma comunidade de usuários e

¹ <http://www.eclipse.org/>

² <http://www.eclipse.org/platform/>

desenvolvedores de ferramentas de forma transparente e independente de empresas de software específicas.

A Fundação Eclipse também é responsável pelo gerenciamento de propriedade intelectual do projeto, uma vez que incentiva o desenvolvimento de ferramentas, inclusive comerciais, com o uso de software livre. Isto é possível porque todos os *softwares* oferecidos são licenciados sob a *Eclipse Public License* (EPL)³, que é o acordo de licenciamento que permite que todos os *softwares* do projeto sejam utilizados, estendidos, copiados e distribuídos livremente e sem custos. É este acordo de licenciamento que permitiu, do ponto de vista legal, que esta plataforma fosse utilizada no desenvolvimento da linguagem de modelagem especificada pelo SPIM e do protótipo de ferramenta de edição de modelos que faz uso da mesma.

Os *softwares* oferecidos pelo projeto Eclipse são organizados em projetos. Cada projeto oferece algum *plug-in* ou algum *framework* construído com múltiplos *plug-ins*. Um *plug-in*, no contexto da Plataforma Eclipse, é um componente de software que provê algum tipo de serviço para a plataforma. Um princípio básico envolvido neste conceito de componente é que os *plug-ins* possam permitir sua configuração em tempo de distribuição e não durante sua programação. A Plataforma Eclipse, por sua vez, constitui-se de uma base responsável pela integração de múltiplos *plug-ins* em um único ambiente integrado de desenvolvimento de software⁴. O protótipo de ferramenta de edição de modelos desenvolvido para fins de avaliação desta tese de doutorado, por exemplo, é um *plug-in* desenvolvido para ser executado na Plataforma Eclipse.

6.1.2 EMF

O *Eclipse Modeling Framework* (EMF) é um *framework* para a construção de ferramentas e aplicações baseadas em um modelo estruturado de dados. A partir de uma especificação de modelo descrito no formato XMI o EMF provê ferramentas e suporte em tempo de execução para a produção de um conjunto de classes em Java para o modelo. Estas classes representam as interfaces dos elementos do modelo, a implementação do modelo e também um conjunto de adaptadores que facilitam o desenvolvimento de ferramentas que permitam a visualização e edição do modelo. O *framework* provê também uma série de funcionalidades úteis no desenvolvimento de ferramentas, tais como

³ <http://www.eclipse.org/org/documents/epl-v10.php>

⁴ http://www.eclipse.org/articles/Article-Plug-in-architecture/plugin_architecture.html

notificações de alterações nos modelos, suporte a persistência de modelos através da serialização em XMI e um *framework* para validação de modelos⁵.

O EMF foi inicialmente desenvolvido como uma implementação da especificação do metamodelo MOF da OMG, evoluindo posteriormente para um *framework* completo. A implementação do pacote *Core* do MOF é chamado, no EMF, de *Ecore*. A especificação do SPIM foi realizada utilizando esta implementação e resultou em um modelo do tipo *Ecore*. Além disto, também foi implementado no *framework* um modelo chamado de *Essential MOF* (EMOF) que é responsável pela leitura e gravação de modelos no formato especificado no MOF. O modelo *Ecore* criado com o EMF neste trabalho pode ser eventualmente convertido para EMOF caso outros pesquisadores desejem integrá-lo a outras tecnologias especificadas pela OMG através do uso do metamodelo MOF.

O *framework* de validação de modelos que compõem o EMF é uma das vantagens obtidas com sua adoção. Ele permite que o desenvolvedor implemente as restrições pertinentes ao seu modelo e submeta a verificação das mesmas através do sistema de validação presente na Plataforma Eclipse. As restrições podem ser implementadas tanto em Java quanto em OCL. No desenvolvimento do SPIM e da ferramenta de edição de modelos em SPIM optou-se pela implementação da validação em OCL, tendo em vista que a definição das restrições do metamodelo foi feita nesta linguagem. Para isto foi utilizado um *plug-in* específico para edição de regras em OCL chamado *OCLinEcore*.

6.1.3 *OCLinEcore*

A linguagem utilizada em modelos *Ecore* do EMF permite a implementação de restrições em OCL embutidas diretamente nos modelos *Ecore*. Isto pode ser feito de duas formas. Uma é através de anotações em propriedades do modelo. A outra é através do uso do *plug-in OCLinEcore*. Este *plug-in* provê funcionalidades de edição de código diretamente sobre o modelo *Ecore*. Para isto, o *plug-in* transforma dinamicamente o modelo *Ecore* em código baseado em OCL.

Com o uso deste *plug-in*, obteve-se algumas vantagens extras, além do fato de possibilitar a implementação das restrições diretamente em OCL. Uma destas

⁵ <http://eclipse.org/modeling/emf/>

vantagens é a checagem automática de sintaxe durante a edição das restrições. A outra é a possibilidade de integração de um console OCL ao protótipo de editor de modelos em SPIM para execução de expressões OCL diretamente sobre o modelo, de forma *ad-hoc*, que permite que as expressões sejam testadas facilmente. A implementação das restrições em OCL pode levar a redação de sentenças de código complexas, favorecendo assim a incidência de erros. Com o uso destas facilidades oferecidas por este *plug-in* foi possível testar todas as expressões OCL do SPIM e garantir a correção da implementação das mesmas. Além disto, o uso do *plug-in* também permite que inferências sejam realizadas sobre modelos implementados com o SPIM dentro do protótipo de editor de modelos. Assim, um usuário do SPIM poderia realizar sobre seu modelo inferências não previstas nesta tese e implementar consultas dinâmicas sobre o modelo.

6.2 Cenários de avaliação

Nesta seção são apresentados os cenários utilizados na etapa de avaliação do metamodelo proposto nesta tese de doutorado. Estes cenários foram desenvolvidos com o propósito de avaliar criticamente alguns aspectos fundamentais do SPIM. Para condução desta avaliação foi utilizado o protótipo de ferramenta de edição de modelos em SPIM.

O primeiro passo no uso do protótipo consiste da criação de um repositório para receber todo o modelo a ser desenvolvido. O elemento utilizado para este propósito é o *MethodLibrary*. Um repositório pode conter diversos pacotes de conteúdo instanciados com o uso do elemento *MethodPlugin*, que tem o propósito de servir de *container* para os demais pacotes e organizar o conteúdo de forma a facilitar o reuso. Cada instância de *MethodPlugin*, por sua vez, permite a instanciação de pacotes de conteúdo, pacotes de processos e pacotes de padrões de qualidade. Os pacotes de padrão de qualidade são instanciados com o uso do elemento *QualityPackage*.

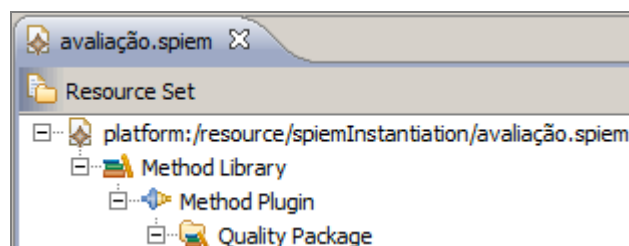


Figura 6.1 - Composição inicial do repositório criado com o protótipo.

A Figura 6.1 ilustra a composição inicial do repositório criado com o protótipo. A partir desta composição inicial foram criados os cenários de avaliação. Os primeiros cenários, apresentados nas seções 6.2.1 a 6.2.3, visam avaliar a capacidade do SPIM para representação dos padrões de qualidade. Para isto foram instanciados com o SPIM os modelos de qualidade MPS.BR (na seção 6.2.1) e CMMI-Dev (na seção 6.2.2) e a norma de qualidade ISO 9001 (na seção 6.2.3). A seguir, na seção 6.2.4, são instanciados mapeamentos entre MR-MPS e CMMI-Dev provenientes de [MEL11]. Por fim, na seção 6.2.4 são instanciados mapeamentos entre ISO 9001 e CMMI-Dev, provenientes de [MUT08]. Estes dois últimos cenários visam avaliar a capacidade do SPIM para representação de mapeamentos entre padrões de qualidade.

6.2.1 Cenário 1 - Modelagem do Modelo de Referência MR-MPS

O cenário 1 de avaliação consiste da modelagem do Modelo de Referência do MPS.BR (MR-MPS). Através da apresentação deste cenário serão comentados alguns aspectos importantes para esta avaliação. O primeiro aspecto diz respeito às decisões tomadas para a modelagem deste modelo de referência em particular. O segundo aspecto a ser comentado diz respeito ao quão adequado o SPIM se mostra para a representação do mesmo. Já o terceiro aspecto diz respeito apenas às funcionalidades do protótipo de ferramenta de edição e como ele foi usado para dar suporte a esta avaliação. Neste trabalho optou-se por apresentar o protótipo da ferramenta ao longo da apresentação do primeiro cenário pelo julgamento de que o funcionamento do protótipo ficará mais claro quando apresentado em contexto ao invés de isoladamente.

A primeira decisão de modelagem tomada foi a separação do conteúdo relacionado à dimensão de processo e do conteúdo relacionado à dimensão de capacidade. O conteúdo do MR-MPS não faz uma distinção entre elementos da dimensão de processo e elementos da dimensão de capacidade. Mesmo assim, esta distinção foi considerada na modelagem deste modelo de referência, pois permite uma melhor organização do conteúdo do modelo de referência sem prejuízo algum ao seu entendimento. Além disto, esta distinção, proveniente da norma ISO/IEC 15504, também não representa uma incompatibilidade com o MR-MPS em virtude do fato deste modelo de referência também ter sido desenvolvido buscando conformidade com a norma ISO/IEC 15504. Portanto, na modelagem do MR-MPS foi criada primeiramente uma instância de *framework* de qualidade visando representar o modelo como um todo. Isto foi feito com o

uso do elemento *QualityFramework* do metamodelo. Dentro desta instância de *framework* de qualidade, foi criada uma instância de modelo de referência para MPS e foi criada também uma instância de modelo de avaliação para MPS. Para isto foram utilizados os elementos *SPIReferenceModel* e *SPIAssesmentModel*, respectivamente. A Figura 6.2 ilustra o resultado desta modelagem no editor de modelos do protótipo.

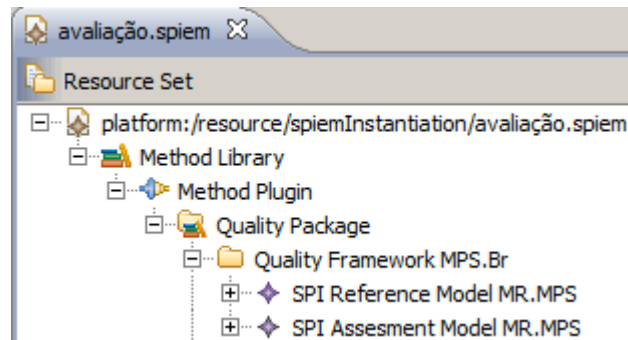


Figura 6.2 - Instâncias dos modelos que compõem o framework do MPS.Br.

A seguir, os primeiros componentes acrescentados ao modelo de referência MR-MPS foram as área de processo, chamadas de processos na documentação do modelo de referência. Para isto foram criadas instâncias do elemento *ProcessArea* para cada área de processo do MR-MPS. Como as áreas de processo são compostas de resultados de processo, os componentes seguintes foram instâncias de *ProcessOutcome* dentro das instâncias de *ProcessArea* para cada resultado de processo de cada área de processo. O resultado desta composição é ilustrado pela Figura 6.3.

Na Figura 6.3 são apresentadas também várias janelas do protótipo. A primeira destas janelas, já ilustrada também na Figura 6.2, consiste do navegador que apresenta uma estrutura em árvore contendo todo o conteúdo do modelo. A segunda janela lista todas as propriedades do componente selecionado na primeira, bem como seus respectivos valores. Já a terceira janela consiste de um console que permite a execução dinâmica de expressões em OCL. Neste console o contexto OCL será sempre o componente selecionado na primeira janela. Podemos visualizar neste console o resultado de uma expressão executada no contexto do modelo de referência para verificar a quantidade de áreas de processo criadas no mesmo.

Na Figura 6.3, em virtude da limitação de espaço inerente as páginas deste trabalho, são apresentadas apenas a primeira área de processo criada e alguns de seus respectivos resultados de processo. Ao todo foram criadas instâncias para todas as 19 áreas de processo e 160 instâncias para os resultados de processo destas áreas de

processo. A verificação da correta quantidade de áreas de processo pôde ser feita com a execução da expressão OCL demonstrada no console OCL apresentado na Figura 6.3.

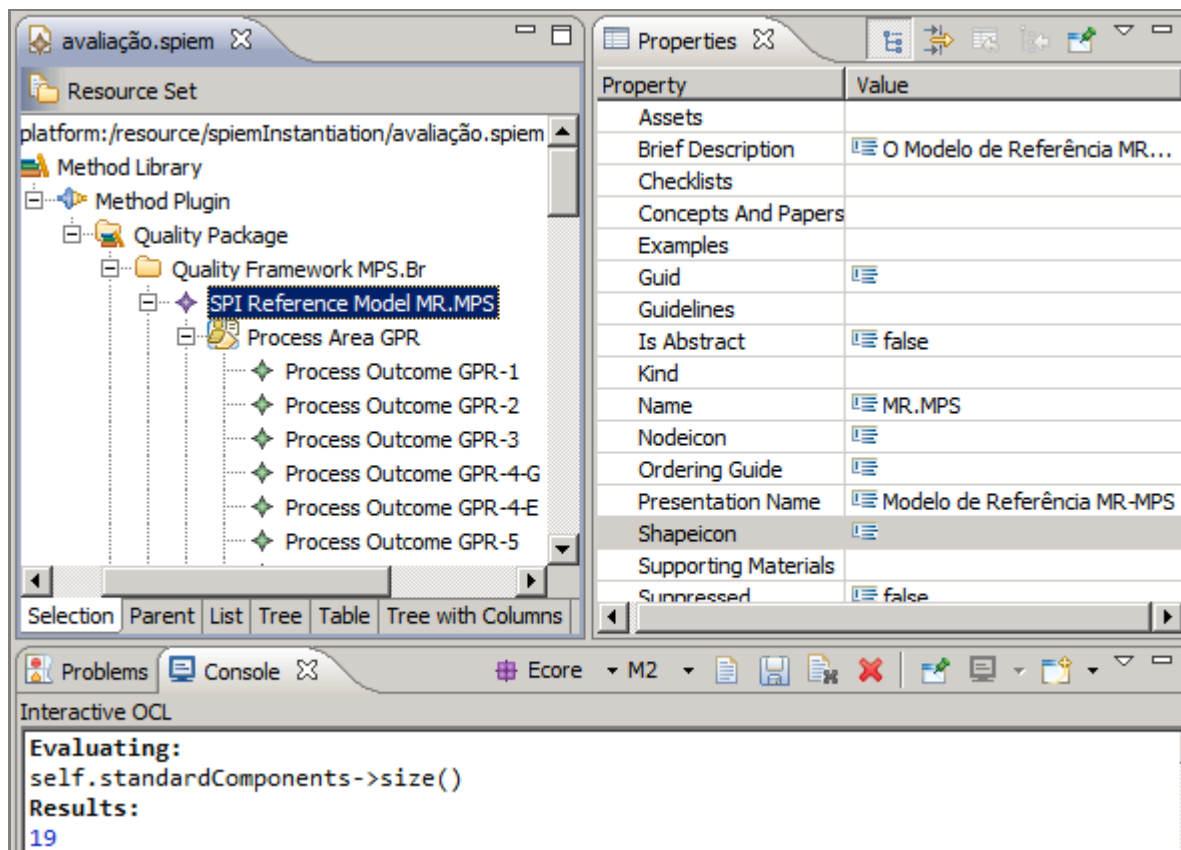


Figura 6.3 - Instâncias das áreas de processo e de seus resultados de processo.

Outras expressões OCL, não apresentadas na Figura 6.3, também foram executadas visando verificar a ausência de alguns erros que poderiam ter sido cometidos durante o processo de modelagem. Não é o propósito desta seção discutir exaustivamente todas as verificações realizadas, nem tão pouco todas as possibilidades de verificações existentes. Os exemplos aqui apresentados demonstram apenas algumas destas verificações e permitem ilustrar uma das vantagens de representar o modelo de referência com o uso do SPIM. Uma vez que um modelo seja representado como um artefato através do uso de um formalismo adequado, é possível realizar computações sobre o mesmo. Os exemplos aqui apresentados são simples e tem o propósito apenas de prova de conceito, mas demonstram computações que demandariam um esforço considerável de um ser humano para atingir os mesmos resultados com a mesma precisão. Por exemplo, foi verificado se o processo de modelagem não deixou alguma área de processo vazia. A execução da seguinte expressão OCL obtém o número de áreas de processo vazias:

Evaluating:


```
self.standardComponents->select( sc: StandardComponent |
                                sc.nestedStandardComponents->size() = 0)->size()
```

Results:

0

Esta verificação em particular poderia ser facilmente realizada por um ser humano, tendo em vista a pequena quantidade de áreas de processo existentes. Mas também foi verificado se não restou algum dos 160 resultados de processo sem nome no modelo. A execução da seguinte expressão em OCL obtém o número de resultados de processo com a propriedade *name* vazia:

Evaluating:

```
self.standardComponents.
  nestedStandardComponents->select( sc: StandardComponent |
                                    sc.name.oclIsUndefined() or
                                    sc.name.size()=0 )->size()
```

Results:

0

Esta verificação em particular, ao contrário da anterior, demonstra um caso em que a computação realizada exigira muito esforço de um ser humano. Além disso, estaria sujeita ao risco de obtenção de um resultado incorreto, tendo em vista tratar-se de um trabalho extenso e repetitivo.

O exemplo ilustrado na Figura 6.3 ainda apresenta uma decisão de modelagem que merece ser comentada. Na área de processo GPR apresentada na figura podem ser observados alguns dentre os primeiros resultados de processo daquela área. Para alguns dos resultados de processo apresentados na área de processo GPR a documentação do modelo de referência MR-MPS apresenta duas versões. Um exemplo é o resultado de processo GPR-4. Este resultado de processo apresenta uma versão válida até o nível de maturidade F e outra versão válida a partir do nível de maturidade E. Entende-se neste trabalho que um objeto não é caracterizado apenas por seu nome, título ou qualquer mecanismo convencionado para sua identificação, mas também pelo conjunto dos valores de seus atributos e relacionamentos. Disto decorre que, se um resultado de processo apresenta versões diferentes, tratam-se, portanto, de resultados esperados diferentes. Assim, foi criada uma instância de resultado esperado identificada como GPR-4-G para a versão válida até o nível de maturidade F, pois a mesma é válida a partir do nível G, e outra instância de resultado de processo identificada como GPR-4-E para a versão válida a partir do nível de maturidade E. Posteriormente o resultado de processo GPR-4-G foi associado com o nível de maturidade G e o resultado de processo GPR-4-E foi associado com o nível de maturidade E. O mesmo princípio foi adotado com os

resultados de processo a partir de GPR-18, que resultaram nas instâncias GPR-18-E, GPR-18-B, GPR-19-E, GPR-19-B, GPR-20-B, GPR-21-B, GPR-22-B, GPR-23-B e GPR-24-B.

Uma vez criados todos os componentes da dimensão de processo do modelo de referência, foram criados os componentes da dimensão de capacidade. Foram criadas no modelo de avaliação do MR-MPS instâncias de níveis de maturidade e instâncias de níveis de capacidade. Para isto foram utilizados os elementos *MaturityLevel* e *CapabilityLevel*, respectivamente. A seguir, foram acrescentados os atributos de processo aos níveis de capacidade e os resultados de atributos de processo de cada atributo de processo. Para isto foram criadas instâncias dos elementos *ProcessAttribute* e *ProcessAttributeOutcome*, respectivamente. Aqueles resultados de atributo de processo que continham mais de uma versão foram instanciados como mais de um resultado de atributo de processo, tal como feito com os resultados de processo. Um exemplo é o resultado de atributo de processo RAP 4, que deu origem as instâncias RAP-4-G e RAP-4-F. O resultado desta composição é ilustrado pela Figura 6.4.

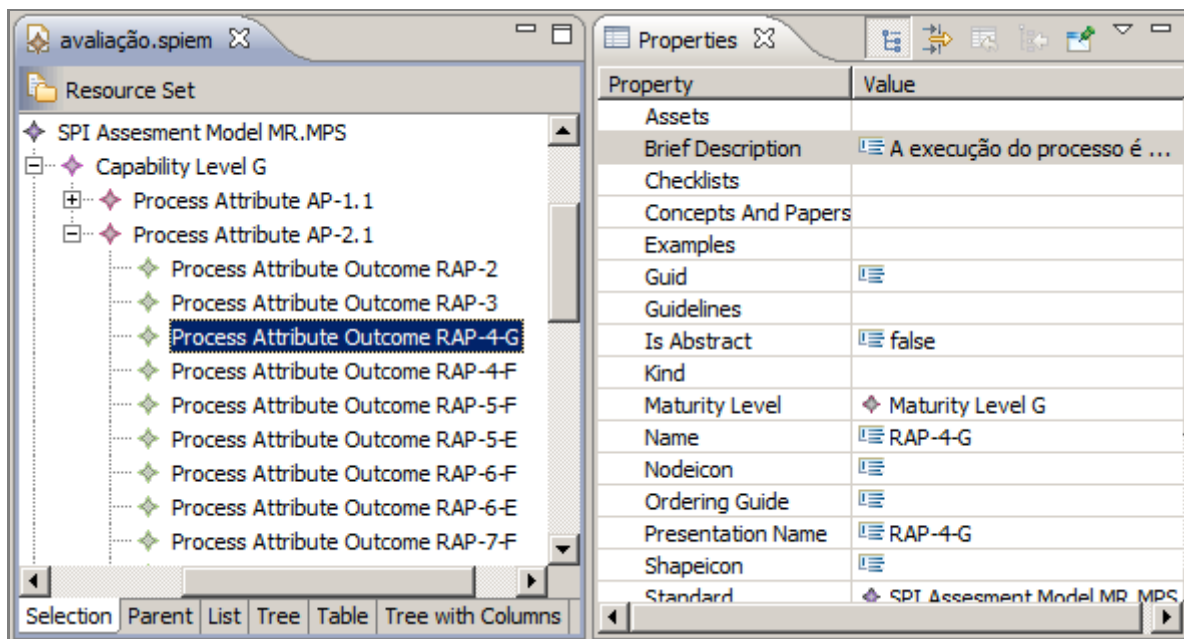


Figura 6.4 - Instâncias de níveis de capacidade, seus atributos de processo e resultados correspondentes.

Para cada nível de capacidade foi configurada também a propriedade *predecessorLevel* indicando qual nível de capacidade é o seu predecessor e estabelecer, assim, o seqüenciamento dos níveis de capacidade. Esta propriedade é utilizada para inferência dos atributos de processo que devem ser atendidos em cada nível, pois cada

nível exige o atendimento de seus atributos de processos e todos os atributos de processo dos seus níveis predecessores.

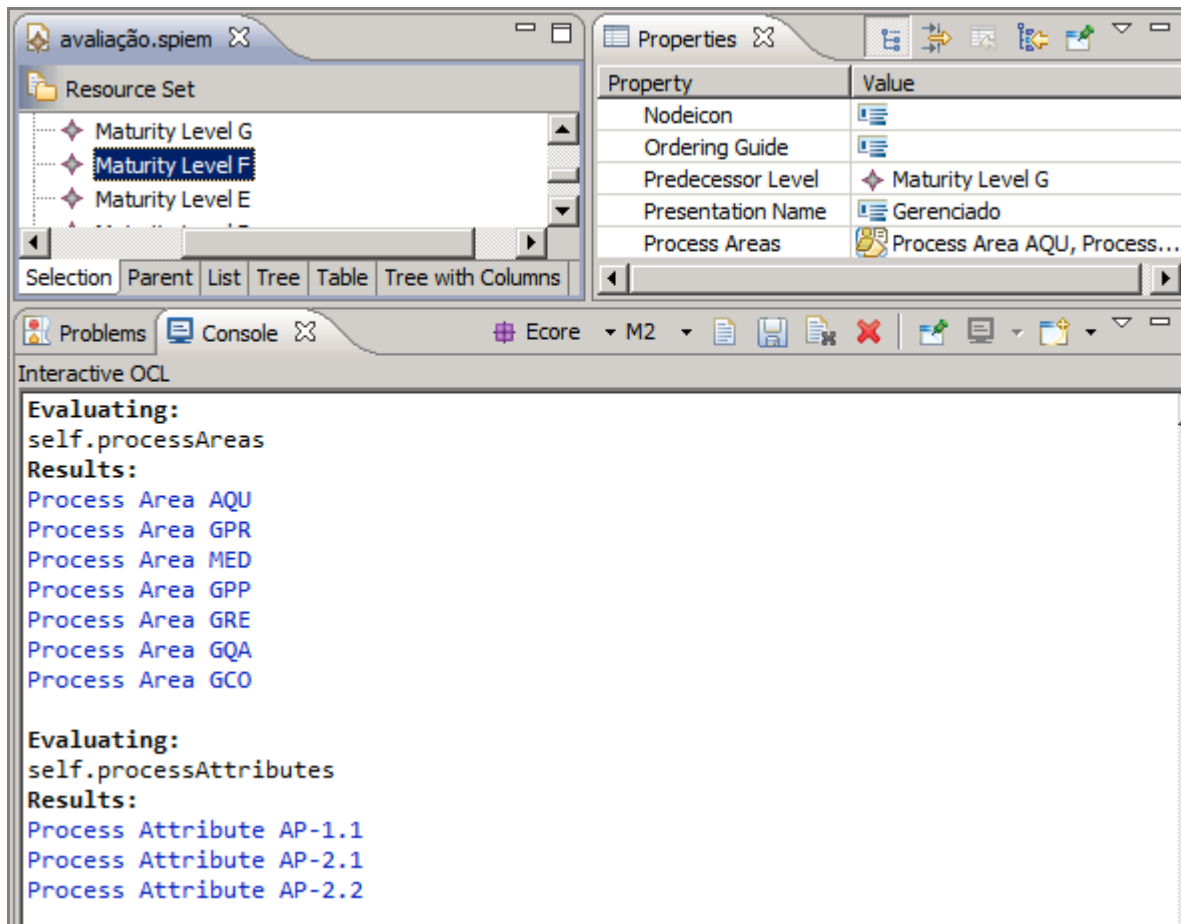


Figura 6.5 - Atributos de processo e áreas de processo exigidos no nível de maturidade F.

A seguir, para cada nível de maturidade foram configurados os resultados de atributos de processo e os resultados de processo exigidos pelo nível. Foram configurados também os atributos *predecessorLevel* dos níveis de maturidade para estabelecer o seqüenciamento dos mesmos. A partir desta propriedade, das áreas de processos compostas pelos resultados de processo e também pelos atributos de processos compostos pelos resultados de atributos de processo são derivadas automaticamente as propriedades que demonstram quais áreas de processo e quais atributos de processo devem ser implementados para que um determinado nível de maturidade seja atingido. A Figura 6.5 apresenta o conteúdo das propriedades derivadas responsáveis pela execução destas inferências, tomando como exemplo o nível de maturidade F. Na Figura 6.5 pode-se observar que o nível de maturidade F contempla também o atributo de processo AP 1.1, apesar de estar relacionado diretamente apenas aos resultados de atributo de processo dos atributos de processo 2.1 e 2.2.

Por fim, após a criação e configuração de todas as instâncias foi executada mais uma vez a funcionalidade de validação do modelo. Como resultado, não foram encontradas inconsistências no modelo. Cabe aqui lembrar que o protótipo de ferramenta de edição integra a validação de todas as *invariants* escritas em OCL ao *framework* de validação da Plataforma Eclipse. Para testar o correto funcionamento do *framework* de validação em si e das expressões OCL, foram introduzidas e removidas diversas inconsistências no modelo durante a sua criação. As inconsistências introduzidas foram projetadas com base nos axiomas definidos na OMPS, apresentada no capítulo 3, de forma que para cada axioma houvesse pelo menos uma situação que o violasse. Desta forma, quase todas as expressões escritas em OCL durante a implementação do SPIM foram testadas com sucesso. Apenas aquelas relacionadas aos axiomas que necessitavam de mais de um padrão de qualidade para serem testados tiveram seus testes postergados para o cenário 2. As inconsistências introduzidas com propósito de teste não serão todas aqui listadas, com exceção de uma. Com o propósito exclusivo de ilustrar o funcionamento da funcionalidade de validação implementada no protótipo, foi introduzida uma área de processo vazia, ou seja, sem resultados de processo. Este teste específico demonstra uma violação do axioma A23 da OMPS. A Figura 6.6 apresenta o resultado da execução da funcionalidade de validação neste cenário.

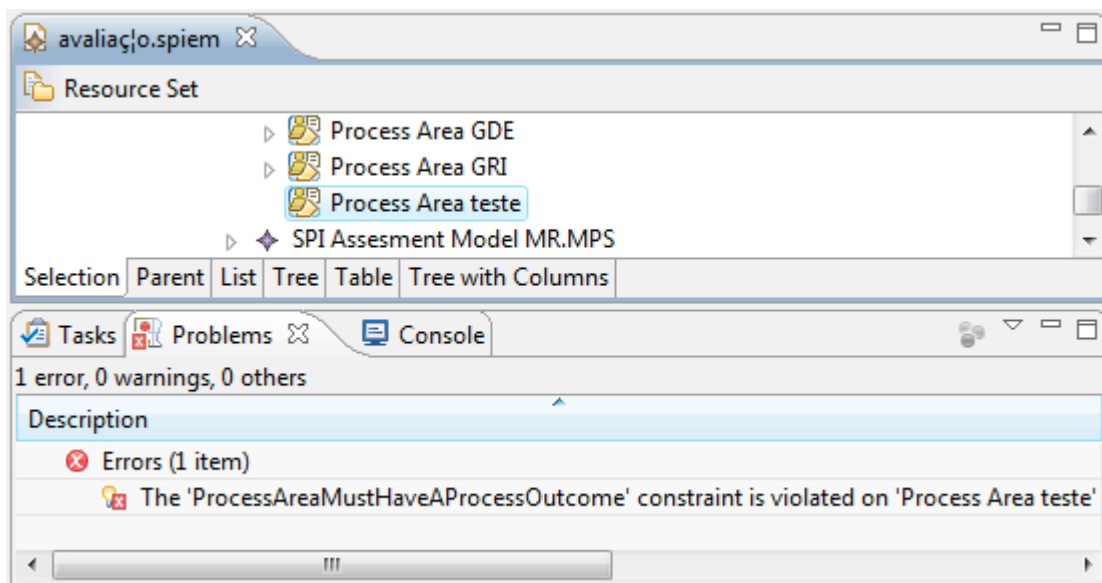


Figura 6.6 - Teste do axioma A23 da OMPS.

Pôde-se concluir com a elaboração deste cenário que o SPIM é adequado para a representação do modelo de referência MR-MPS. Todos os elementos encontrados no modelo de referência puderam ser instanciados, permitindo assim a representação

integral de seu conteúdo. Além disto, não foram encontradas inconsistências com a execução da funcionalidade de validação do protótipo da ferramenta, com exceção daquelas propositalmente incluídas para testes e posteriormente removidas do modelo.

6.2.2 Cenário 2 - Modelagem do Modelo de Referência CMMI-Dev

O cenário 2 de avaliação consiste da modelagem do CMMI-Dev. CMMI-Dev e MR-MPS são muito semelhantes, motivo pelo qual a modelagem do cenário 2 é muito semelhante ao cenário 1. Nesta seção o foco da descrição ficará nos aspectos que diferenciam estes dois padrões de qualidade para MPS. Também serão comentadas algumas validações que puderam ser testadas após a criação do segundo *framework* de qualidade. Cabe salientar que não serão reapresentadas as funcionalidades do protótipo que já tenham sido demonstradas ou avaliadas no cenário 1.

Assim como no cenário 1, na modelagem do CMMI-Dev foi criada primeiramente uma instância de *framework* de qualidade visando representar o modelo como um todo. Isto foi feito com o uso do elemento *QualityFramework* do metamodelo. Dentro desta instância de *framework* de qualidade, foi criada uma instância de modelo de referência para MPS e foi criada também uma instância de modelo de avaliação para MPS. Para isto foram utilizados os elementos *SPIReferenceModel* e *SPIAssesmentModel*, respectivamente.

A seguir, os primeiros componentes acrescentados ao modelo de referência CMMI-Dev foram as área de processo. Para isto foram criadas instâncias do elemento *ProcessArea* para cada área de processo do CMMI-Dev. Como as áreas de processo são compostas de objetivos específicos, os componentes seguintes foram instâncias de *ProcessOutcome* dentro das instâncias de *ProcessArea* para cada objetivo específico de cada área de processo. Ao todo foram criadas instâncias para todas as 22 áreas de processo e instâncias de *ProcessOutcome* para todos os 49 objetivos específicos.

Diferentemente do cenário 1, o CMMI-Dev tem seus objetivos específicos detalhados em termos de práticas específicas que são esperadas para o atendimento de cada objetivo específico. O elemento correspondente no SPIM é o *BasePractice*. Assim, foram criadas instâncias de *BasePractice* para cada prática específica de cada objetivo específico. Ao todo foram criadas 167 instâncias de *BasePractice* para as práticas específicas do CMMI-Dev. A Figura 6.7 ilustra esta composição. Nesta Figura são

mostradas as instâncias da área de processo CAR, dos objetivos específicos CAR-SG1 e CAR-SG2 e das práticas específicas CAR-SP1.1 e CAR-SP1.2.

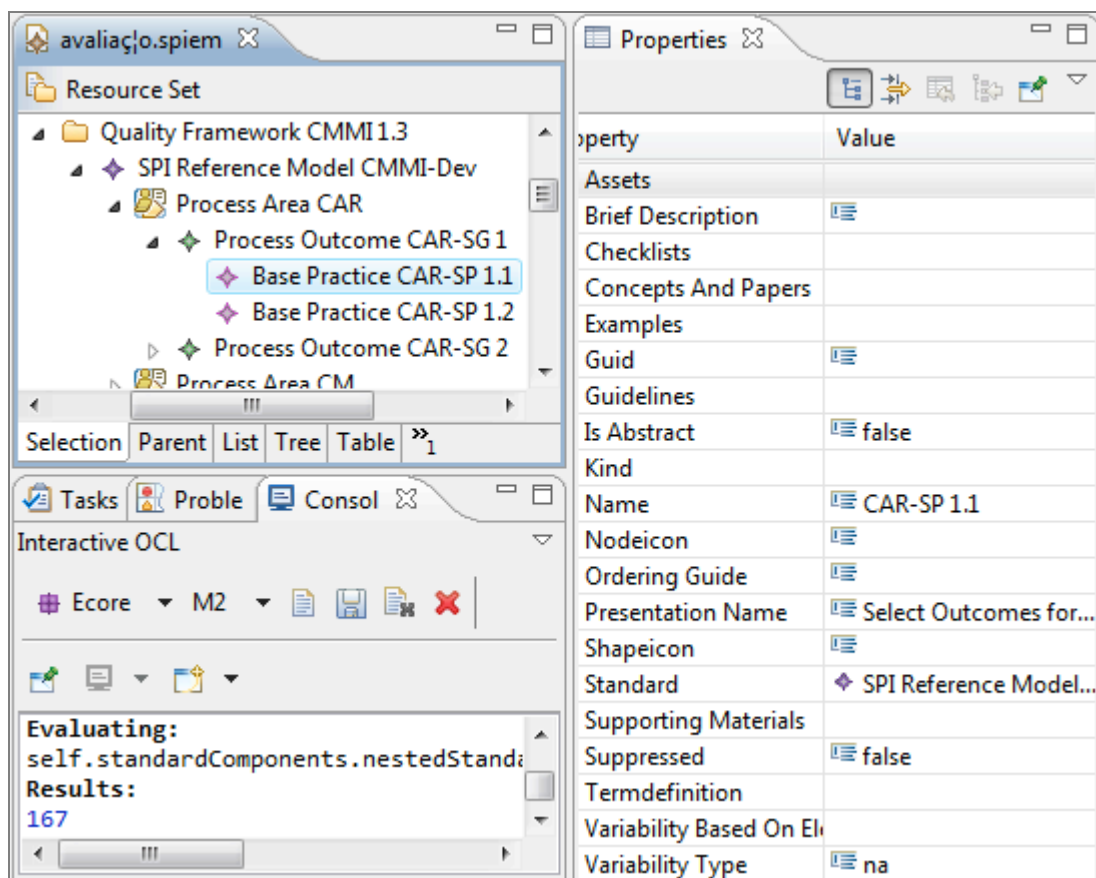


Figura 6.7 - Instâncias das área de processo do CMMI-Dev e de seus respectivos componentes.

Diferentemente do MR-MPS, no CMMI-Dev todas as práticas específicas e objetivos específicos pertencem ao mesmo nível de maturidade ao qual a sua área de processo pertence. Desta forma, não existem versões diferentes de uma mesma prática específica ou de um mesmo objetivo específico. Isto ocorre porque no CMMI-Dev o fim equivalente à evolução de uma área de processo é obtido pela criação de múltiplas áreas de processo correlatas, mas separadas em níveis de maturidade distintos. Como o SPIM relaciona as instâncias dos elementos *ProcessOutcome* diretamente às instâncias dos elementos *MaturityLevel* e deriva deste relacionamento o relacionamento entre as instâncias de *ProcessArea* e *MaturityLevel*, esta diferença entre os modelos não representa um problema.

Após a criação dos componentes pertencentes à dimensão de processo do modelo CMMI-Dev, foram criados os componentes pertencentes à dimensão de capacidade do mesmo. Foram criadas no modelo de avaliação do CMMI-Dev instâncias

de níveis de maturidade e instâncias de níveis de capacidade. Para isto foram utilizados os elementos *MaturityLevel* e *CapabilityLevel*, respectivamente. Ao todo foram criadas 3 instâncias de *CapabilityLevel* e 4 instâncias de *MaturityLevel*, pois os níveis 0 de capacidade e 1 de maturidade foram desconsiderados, uma vez que não possuem exigências a serem atendidas.

A seguir, foram acrescentados os objetivos genéricos que compõem cada nível de capacidade e os objetivos específicos que compõem cada objetivo genérico. Para isto foram criadas instâncias dos elementos *ProcessAttribute* e *ProcessAttributeOutcome*, respectivamente. Foram criadas 3 instâncias de *ProcessAttribute* para os objetivos genéricos e 13 instâncias de *ProcessAttributeOutcome* para as práticas genéricas.

Em seguida, para cada nível de maturidade foram configurados os resultados de atributos de processo e os resultados de processo exigidos pelo nível. Foram configurados também os atributos *predecessorLevel* dos níveis de maturidade para estabelecer o seqüenciamento dos mesmos.

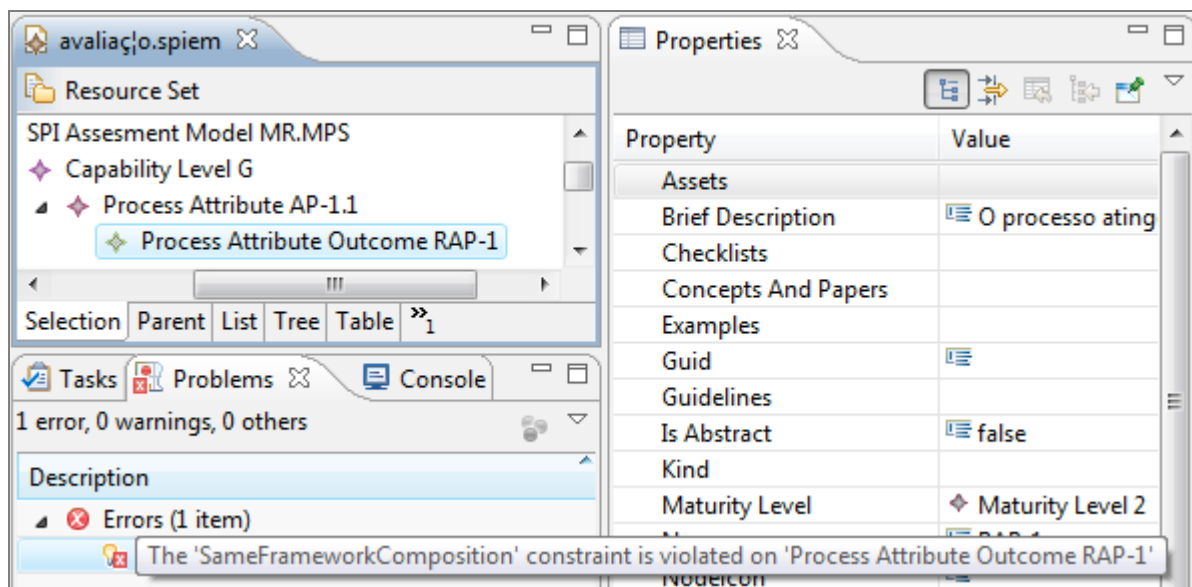


Figura 6.8 - Teste do axioma A45 da OMPS.

Por fim, foram realizados os testes para verificar a correta validação das *invariants* OCL relativas aqueles axiomas que precisavam de mais de um modelo de referência para MPS antes de serem testados. Um exemplo é o axioma A45 que define que um resultado de atributo de processo só pode ser relacionado a um nível de maturidade pertencente ao seu próprio *framework* de qualidade. Para testar este axioma o resultado de atributo RAP-1 do MR-MPS foi incluído entre os resultados de atributo do

nível de maturidade 2 do CMMI-Dev. O resultado da validação pode ser observado na Figura 6.8.

Pôde-se concluir com a elaboração deste cenário que o SPIM é adequado para a representação do modelo de referência CMMI-Dev. Todos os elementos encontrados no modelo de referência puderam ser instanciados, permitindo assim a representação integral de seu conteúdo. Além disto, não foram encontradas inconsistências com a execução da funcionalidade de validação do protótipo da ferramenta, com exceção daquelas propositalmente incluídas para testes e posteriormente removidas do modelo.

6.2.3 Cenário 3 - Modelagem da Norma ISO 9001

O cenário 3 de avaliação consiste na modelagem da norma ISO 9001. Esta norma de qualidade é significativamente diferente dos modelos de referência anteriormente modelados. Primeiro porque o nível de abstração utilizado na norma é mais alto do que aquele utilizado nos modelos de referência para MPS. Enquanto que os modelos de referência apresentam exigências em detalhes próximos ao nível de atividades individuais de processos, a norma ISO 9001 apresenta exigências gerais e de alto nível a serem implementadas em processos de um sistema de gestão da qualidade. Além disto, a estrutura da norma também é diferente. Enquanto os modelos de referência apresentam uma organização em áreas bem específicas que podem facilmente serem mapeadas para processos específicos, a norma ISO 9001 apresenta uma organização relacionada às características esperadas do sistema de gestão da qualidade que não são facilmente mapeáveis para processos específicos. A estrutura da norma também é mais simples, composta de poucos elementos e, portanto, mais simples de ser modelada com o uso do SPIM.

O primeiro passo no processo de avaliação deste cenário consistiu da criação de uma instância de *QualityFramework* visando representar o *framework* ISO 9000 como um todo. Em seguida foi criada uma instância de *NormativeStandard* especificamente para a norma ISO 9001. Nesta instância foram então criadas as seções e sub-seções da norma ISO 9001. Isto foi feito através da utilização do elemento *NormativeSection*, que permite a estruturação do conteúdo em uma árvore semelhante a estrutura com a qual a própria norma é documentada. Entretanto, apenas as seções e sub-seções que contém requisitos foram aqui modeladas, ou seja, as seções de 4 a 8 da

documentação da norma. Ao todo foram criadas 67 instâncias do elemento *NormaviteSection*. A seguir foram introduzidas no modelo as instâncias de *Requirement* correspondentes a cada um dos 229 requisitos da norma. A Figura 6.9 ilustra esta composição.

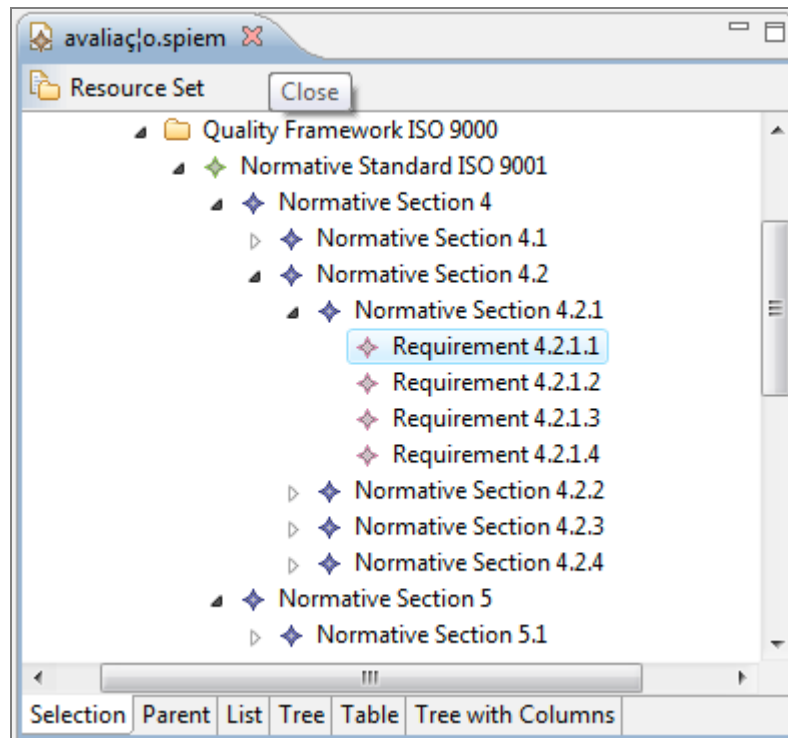


Figura 6.9 - Instâncias criadas para modelagem da estrutura da norma ISO 9001.

Pôde-se concluir com a elaboração deste cenário que o SPIM é adequado para a representação da norma ISO 9001. Todos os elementos encontrados na norma puderam ser instanciados, permitindo assim a representação integral de seu conteúdo. Além disto, não foram encontradas inconsistências com a execução da funcionalidade de validação do protótipo da ferramenta.

6.2.4 Cenário 4 - Modelagem do mapeamento MR-MPS - CMMI

O cenário 4 de avaliação consiste da instanciação do mapeamento entre MR-MPS e CMMI-Dev propostos por [MEL11]. Em [MEL11] diversas tabelas de mapeamento são propostas, uma para cada processo do MR-MPS e mais duas para os atributos de processo. Para modelá-las em SPIM, foram criadas instâncias do elemento *MappingPackage*. Este elemento representa uma estrutura para agrupamento de mapeamentos. Foi criada uma instância para cada tabela de mapeamento a ser representada, tal como ilustrado na Figura 6.10.

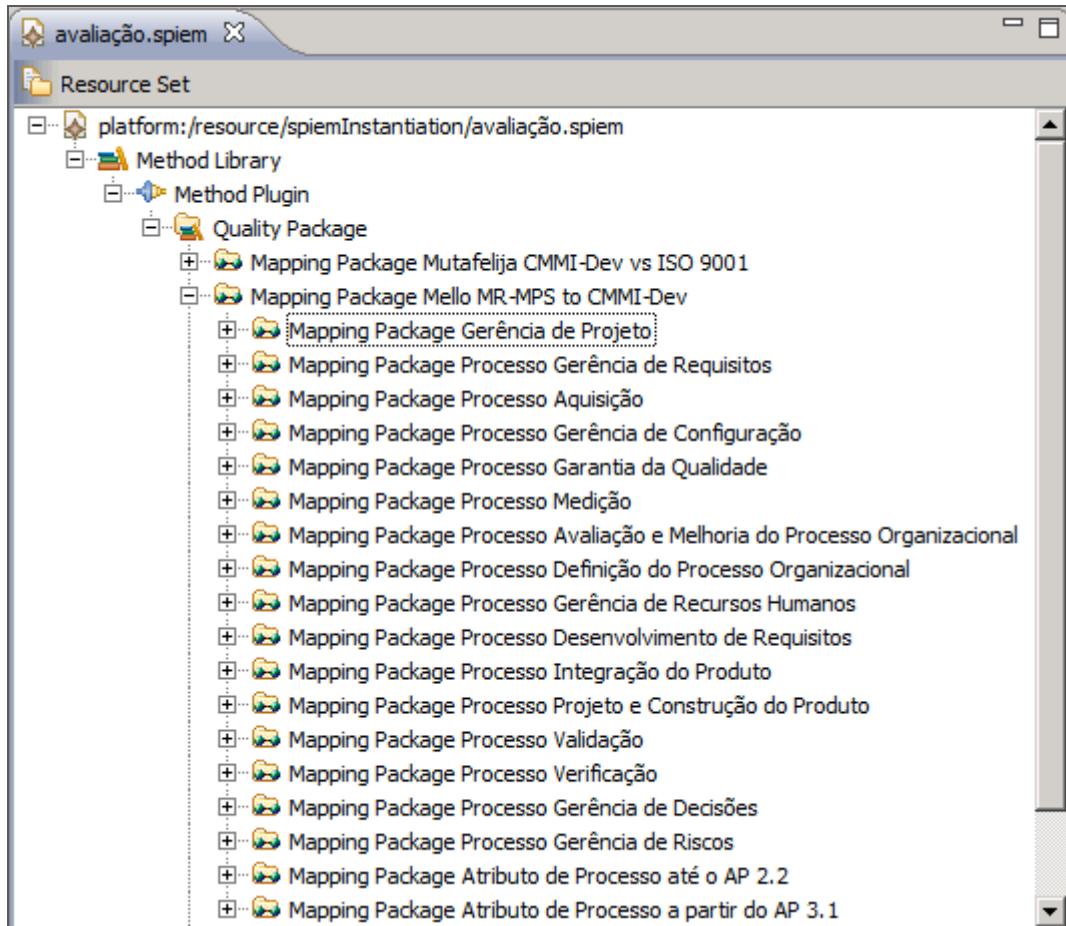


Figura 6.10 - Tabelas de mapeamento propostas por [MEL11] modeladas em SPIM.

Uma vez criados os pacotes de mapeamento, foram criadas instâncias do elemento *Mapping* para modelar os mapeamentos propostos por [MEL11]. Cada instância de *Mapping* foi criada no pacote correspondente à sua tabela de mapeamento. Por exemplo, no pacote que corresponde à área de processo de Gerência de Projetos foram criadas 33 instâncias de *Mapping*. A Figura 6.11 ilustra uma instância de mapeamento entre o resultado esperado GPR-3 do MR-MPS e a prática específica PP-SP 1.3 do CMMI-Dev.

Todos os mapeamentos propostos por [MEL11] puderam ser modelados em SPIM com sucesso. As classificações e considerações apresentadas nas tabelas propostas em [MEL11] foram utilizadas para determinar o tipo de mapeamento SPIM mais indicado em cada caso, representado na propriedade *mappingType* de *Mapping*, e também o valor da propriedade *briefDescription* de cada instância de *Mapping*.

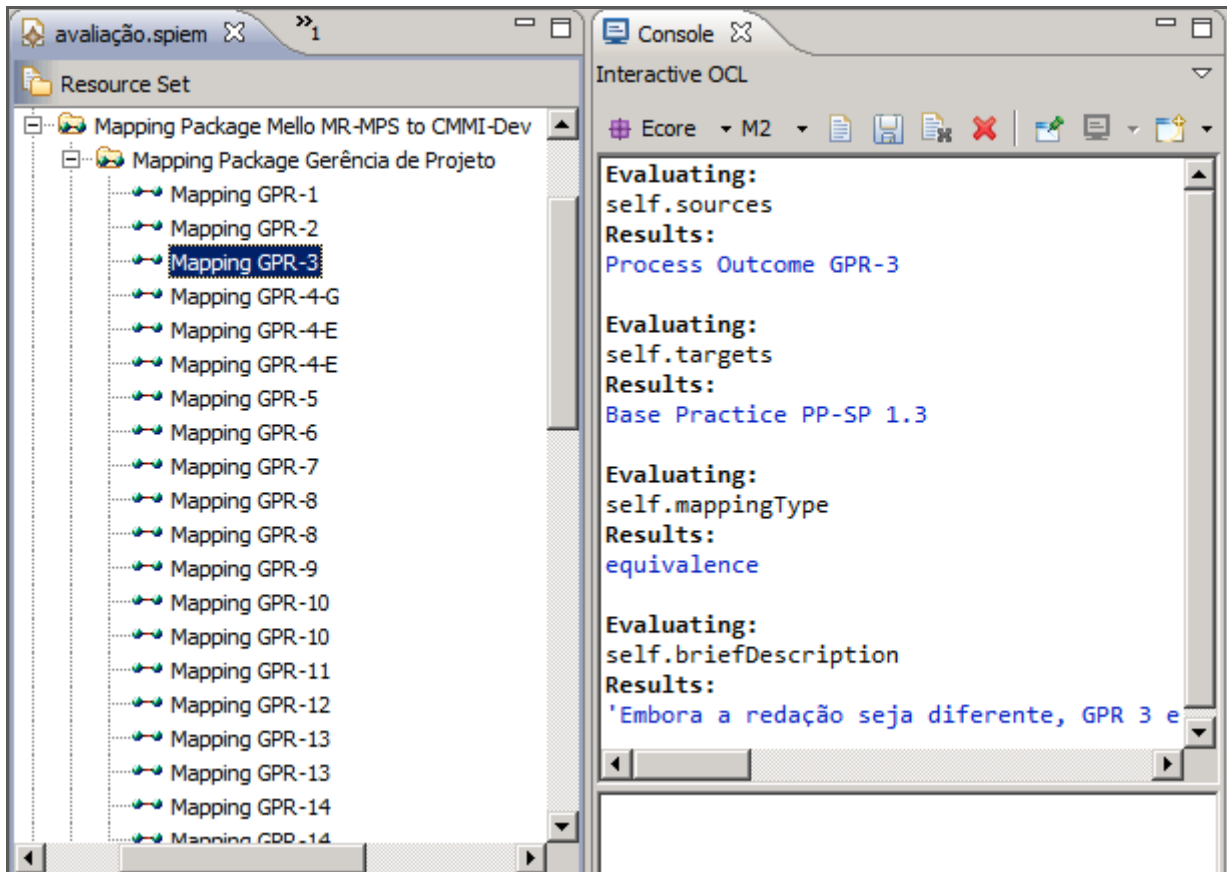


Figura 6.11 - Instâncias de mapeamentos entre MR-MPS e CMMI-Dev.

Alguns mapeamentos são aqui destacados para demonstrar como foram modelados em SPIM e as vantagens apresentadas no uso deste metamodelo neste cenário. Para isto, são apresentadas tabelas, adaptadas das tabelas de mapeamento propostas por [MEL11], apresentando apenas o subconjunto de mapeamentos relevantes para o exemplo escolhido em cada caso. São apresentadas também algumas ilustrações das instâncias de mapeamento modeladas em SPIM, apresentando apenas os elementos pertinentes a cada exemplo. As considerações armazenadas na propriedade *briefDescription* de cada instância de *Mapping* são omitidas, visando simplificar as ilustrações, mas podem ser lidas nas tabelas correspondentes em cada exemplo, pois foram armazenadas exatamente como propostas em [MEL11]. Além disto, o conjunto de componentes de padrão de qualidade correspondentes a origem do mapeamento, ou seja, o valor da propriedade *source* de *Mapping*, é sempre indicado como a origem das setas nas ilustrações. Seguindo a mesma lógica, o conjunto de componentes de padrão de qualidade correspondentes ao destino do mapeamento é sempre apresentado como o destino apontado pelas setas.

Tabela 6.1- Mapeamento de GPR 3 (adaptado de [MEL11]).

Resultados Esperados do Processo		Práticas específicas		Classificação e considerações	
GPR 3	O modelo e as fases do ciclo de vida do projeto são definidos.	PP.SP 1.3	Definir fases do ciclo de vida do projeto para fins de planejamento.	EQU	Embora a redação seja diferente, GPR 3 e SP 1.3 de PP têm as mesmas exigências: (i) definição do modelo de ciclo de vida; e (ii) definição das fases para desenvolvimento do projeto.

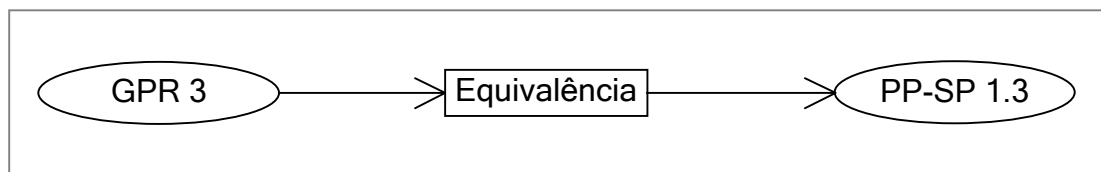


Figura 6.12 - Ilustração de instância de mapeamento de GPR 3 modelada em SPIM.

O caso mais simples pode ser ilustrado pelo mapeamento entre GPR 3 e PP-SP 1.3, apresentado na Tabela 6.1, cuja modelagem em SPIM é ilustrada na Figura 6.12. Neste caso, apenas um componente do MR-MPS é mapeado para apenas um componente do CMMI-Dev através de um mapeamento de equivalência. Assim, cada linha das tabelas propostas em [MEL11] que tenha sido classificada como Equivalente (EQU) deu origem a uma única instância de *Mapping* onde a origem é composta por um resultado esperado do MR-MPS e o destino por uma prática específica do CMMI-Dev.

Um caso mais complexo pode ser ilustrado pelo mapeamento entre o resultado esperado GPR 7 do MR-MPS e as práticas específicas PP-SP 2.5 e PP-SP 2.6 do CMMI-Dev. O exemplo é apresentado na Tabela 6.2, cuja modelagem em SPIM é ilustrada pela Figura 6.13.

Tabela 6.2- Mapeamento de GPR 7 (adaptado de [MEL11]).

Resultados Esperados do Processo		Práticas específicas		Classificação e considerações	
GPR 7	Os recursos humanos para o projeto são planejados considerando o perfil e o conhecimento necessários para executá-lo.	PP.SP 2.5	Planejar habilidades e conhecimento necessários para a execução do projeto.	EQU+	O MR-MPS exige o planejamento dos recursos humanos a partir do perfil e conhecimentos necessários para execução das atividades do projeto. O CMMI-DEV exige neste resultado o planejamento das habilidades e conhecimentos necessário ao projeto, porém sem exigir a alocação dos recursos humanos nas tarefas, o que é apenas parte do que é exigido em

					GPR 7
GPR 7	Os recursos humanos para o projeto são planejados considerando o perfil e o conhecimento necessários para executá-lo.	PP.SP 2.6	Planejar o envolvimento das partes interessadas identificadas.	EQU+	SP 2.6 de PP complementa a exigência do MRMPS referente ao planejamento dos recursos humanos. Portanto, as duas práticas juntas (SP 2.5 e SP 2.6 de PP) são equivalentes a GPR 7. A prática genérica GP 2.4 do CMMI faz referência a atribuição de responsabilidades das equipes.

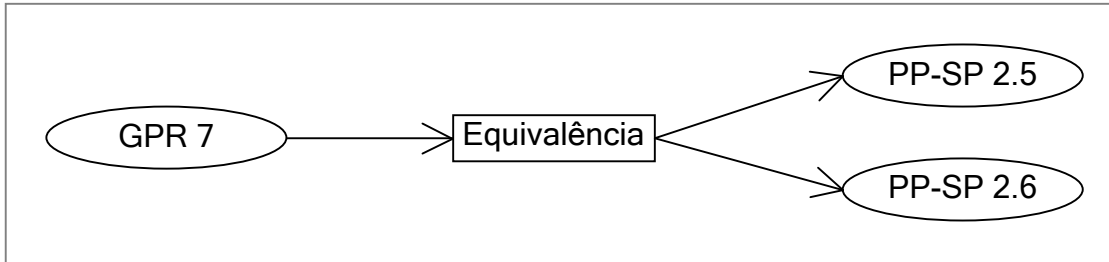


Figura 6.13 - Ilustração de instância de mapeamento de GPR 7 modelada em SPIM.

Neste caso, foi criada uma instância para duas linhas de relacionamentos apresentadas na tabela de mapeamento. Isto ocorre porque em [MEL11] é utilizado um tipo de mapeamento classificado como Equivalente em Conjunto (EQU+). Esta classificação de mapeamento é definida por aquele autor como ocorrendo quando “as exigências do MR-MPS são exatamente as mesmas exigências do CMMI-DEV quando complementadas com mais de um resultado esperado ou prática”. Esta definição está alinhada com a definição de equivalência adotada na OMPS e no SPIM. Entretanto, o SPIM não exige a criação de múltiplas instâncias nestes casos, tal como acontece nas tabelas de mapeamento, pois tanto a origem do mapeamento quanto seu destino são conjuntos de componentes de padrão de qualidade compostos por um ou mais mapeamentos. O mapeamento apresentado na Tabela 6.2 demonstra que o resultado esperado GPR 7 é equivalente ao conjunto formado pelas práticas específicas PP-SP 2.5 e PP-SP 2.6. Para modelar este mapeamento é necessária uma única instância de *Mapping* do tipo equivalência, tal como ilustrado na Figura 6.13.

A vantagem apresentada pelo uso do SPIM neste caso está na expressividade da linguagem em representar mapeamentos entre conjuntos de componentes de padrão de qualidade. Em SPIM, a característica da realidade sendo representada que determina o conjunto de componentes de padrão de qualidade que compõe uma única equivalência EQU+ é codificada de maneira formal. Assim, esta relação entre componentes de padrão de qualidade é facilmente computável quando

representada em SPIM. Isto facilita o desenvolvimento de ferramentas de software que possam utilizar esta informação no suporte às atividades dos usuários do mapeamento. No uso de tabelas de mapeamento, por outro lado, esta mesma informação também está presente. Ela pode ser encontrada, neste exemplo, através do uso da classificação EQU+ aliada à interpretação do trecho das considerações que afirma que "... as duas práticas juntas (SP 2.5 e SP 2.6 de PP) são equivalentes a GPR 7". Entretanto, fica evidente a necessidade de interpretação do texto, devido ao uso da linguagem natural na especificação desta característica da realidade sendo representada. É importante destacar que não basta neste caso analisar a classificação EQU+. Esta indicação, quando analisada isoladamente, seria ambígua e poderia levar a erros de interpretação do mapeamento, tal como pode ser percebido no caso dos mapeamentos entre GPR 16, PMC-SP 2.1, IPM-SP 2.2 e entre GPR 17, PMC-SP 2.2, PMC-SP 2.3. Estes mapeamentos são apresentados na Tabela 6.3 e têm suas modelagens ilustradas na Figura 6.14.

Tabela 6.3- Mapeamentos de GPR 16 e GPR 17 (adaptados de [MEL11]).

Resultados Esperados do Processo		Práticas específicas		Classificação e considerações	
GPR 16	Registros de problemas identificados e o resultado da análise de questões pertinentes, incluindo dependências críticas, são estabelecidos e tratados com as partes interessadas.	PMC-SP 2.1	Identificar e analisar questões críticas e determinar ações corretivas necessárias para tratá-las.	EQU+	O MR-MPS exige que seja realizada a análise dos problemas relatados nas atividades de revisão e monitoração do projeto, incluindo as dependências críticas, e que sejam registradas as ações corretivas identificadas para tratamento junto às partes interessadas. Embora com redação diferente, o CMMI-DEV possui parte das exigências, porém sem incluir as dependências críticas, o que é apenas parte do que é exigido em GPR 16.
GPR 16	Registros de problemas identificados e o resultado da análise de questões pertinentes, incluindo dependências críticas, são estabelecidos e tratados com as partes interessadas.	IPM-SP 2.2	Participar, com as partes interessadas relevantes, da identificação, negociação e acompanhamento de dependências críticas.	EQU+	SP 2.2 de IPM complementa a exigência do MR-MPS referente a análise das dependências críticas. Portanto, SP 2.2 (IPM) adicionado a SP 2.1 (PMC) tem exigências equivalentes a GPR 16.
GPR 17	Ações para corrigir desvios em relação ao planejado e para prevenir a repetição dos problemas identificados são estabelecidas, implementadas e acompanhadas até a sua conclusão.	PMC-SP 2.2	Implementar ações corretivas para tratar as questões críticas identificadas.	EQU+	O MR-MPS exige o estabelecimento, implementação e acompanhamento das ações corretivas até sua conclusão, visando o tratamento de desvios ou para prevenir a repetição dos problemas identificados. O

					CMMI-DEV exige neste resultado a determinação e implementação das ações corretivas, o que é apenas parte do que é exigido em GPR 17.
GPR 17	Ações para corrigir desvios em relação ao planejado e para prevenir a repetição dos problemas identificados são estabelecidas, implementadas e acompanhadas até a sua conclusão.	PMC-SP 2.3	Gerenciar ações corretivas até sua conclusão.	EQU+	SP 2.3 complementa a exigência do MR-MPS referente ao acompanhamento das ações corretivas até sua conclusão. Portanto, SP 2.3 (PMC) adicionado a SP 2.2 (PMC) tem exigências equivalentes a GPR 17.

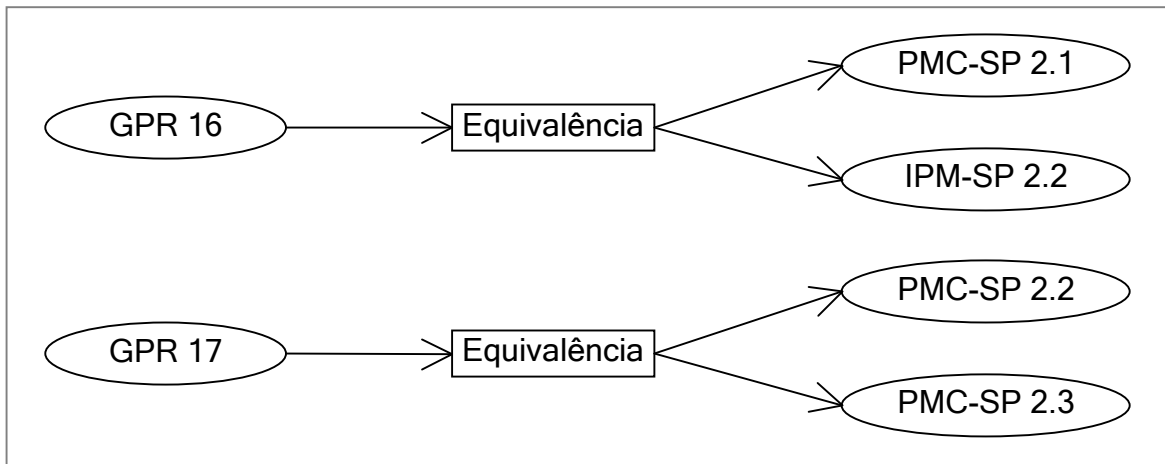


Figura 6.14 - Ilustração de instâncias de mapeamento de GPR 16 e GPR 17 modeladas em SPIM.

Os mapeamentos apresentados na Tabela 6.3 demonstram que o resultado esperado GPR 16 é equivalente ao conjunto formado pelas práticas específicas PMC-SP 2.1 e IPM-SP 2.2, enquanto que o resultado esperado GPR 17 é equivalente ao conjunto formado pelas práticas específicas PMC-SP 2.2 e PMC-SP 2.3. Para modelar estes mapeamentos são necessárias duas instâncias de *Mapping* do tipo equivalência, tal como ilustrado na Figura 6.14. Entretanto, se a classificação EQU+ fosse analisada isoladamente e fossem ignorados os trechos das considerações que determinam que “SP 2.2 (IPM) adicionado a SP 2.1 (PMC) tem exigências equivalentes a GPR 16” e “SP 2.3 (PMC) adicionado a SP 2.2 (PMC) tem exigências equivalentes a GPR 17” [MEL11], a leitura da tabela de mapeamento poderia erroneamente levar a interpretação ilustrada na Figura 6.15.

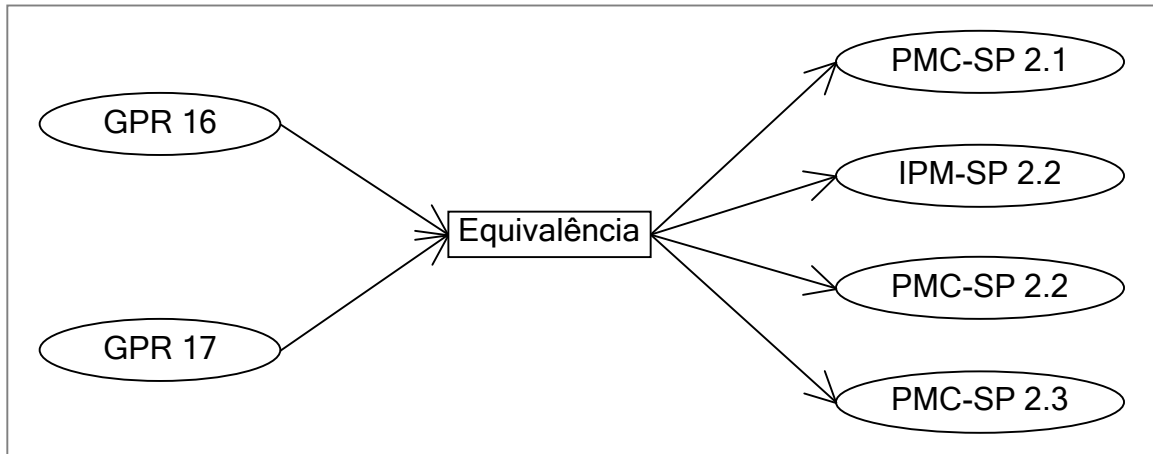


Figura 6.15 - Interpretação errônea de mapeamento de GPR 16 e GPR 17.

Também não podemos assumir que todo mapeamento EQU+ ocorre sempre entre um único resultado esperado e várias práticas específicas, pois o caso inverso também existe. Um exemplo é o mapeamento entre os resultados esperados GRI 8 e GRI 9 do MR-MPS e a prática específica RSKM-SP 3.2 do CMMI-Dev, apresentado na Tabela 6.4, cuja modelagem em SPIM é ilustrada pela Figura 6.16. Neste caso, também é necessária a interpretação do texto das considerações que indica que “os dois resultados juntos (GRI 8 adicionado a GRI 9) são equivalentes a SP 3.2” [MEL11].

Tabela 6.4- Mapeamento de GRI 8 e GRI 9 (adaptado de [MEL11]).

Resultados Esperados do Processo		Práticas específicas		Classificação e considerações	
GRI 8	Os riscos são avaliados e monitorados para determinar mudanças em sua situação e no progresso das atividades para seu tratamento.	RSKM.SP 3.2	Monitorar periodicamente o status de cada risco e executar o plano de mitigação quando apropriado.	EQU+	Tanto o MR-MPS quanto o CMMI-DEV exigem a monitoração dos riscos, conforme a estratégia de gerência de riscos. Porém, neste resultado apenas o CMMI-DEV faz referência a execução do plano de mitigação.
GRI 9	Ações apropriadas são executadas para corrigir ou evitar o impacto do risco, baseadas na sua prioridade, probabilidade, consequência ou outros parâmetros definidos.	RSKM.SP 3.2	Monitorar periodicamente o status de cada risco e executar o plano de mitigação quando apropriado.	EQU+	GRI 9 complementa a exigência do CMMI-DEV referente à execução do plano de mitigação, quando apropriado. Portanto, os dois resultados juntos (GRI 8 adicionado a GRI 9) são equivalentes a SP 3.2.

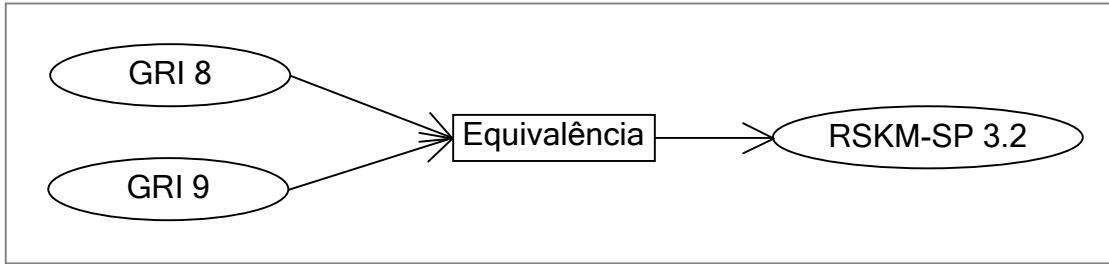


Figura 6.16 - Ilustração de instância de mapeamento de GRI 8 e GRI 9 modelada em SPIM.

Outro caso de mapeamento apresentado em [MEL11] é o mapeamento Não Equivalente (NEQ). Este mapeamento é utilizado quando “as exigências do MR-MPS não são exatamente as mesmas exigências do CMMI-DEV” [MEL11]. Esta definição, entretanto, é diferente da definição adotada nesta tese de doutorado. A OMPS e o SPIM propõem dois tipos de mapeamentos diferentes para as situações onde o mapeamento NEQ é adotado por [MEL11]. O primeiro tipo é o mapeamento de abrangência e o segundo é o mapeamento de não equivalência. Através da análise das considerações presentes nas tabelas de mapeamento pôde-se perceber que muitos dos mapeamentos NEQ deveriam ser tratados como mapeamentos de abrangência quando modelados com o uso do SPIM. Um exemplo de mapeamento NEQ que foi modelado como mapeamento de abrangência é o mapeamento entre o resultado esperado AQU 1 do MR-MPS e a prática específica SAM-SP 1.1 do CMMI-Dev. Este exemplo é apresentado na Tabela 6.5 e a modelagem em SPIM é ilustrada pela Figura 6.17.

Tabela 6.5- Mapeamento de AQU 1 (adaptado de [MEL11]).

Resultados Esperados do Processo		Práticas específicas		Classificação e considerações	
AQU 1	As necessidades de aquisição, as metas, os critérios de aceitação do produto, os tipos e a estratégia de aquisição são definidos.	SAM-SP 1.1	Determinar o tipo de aquisição para cada produto ou componente de produto a ser adquirido.	NEQ	Enquanto o MR-MPS exige a definição das necessidades, metas, critérios de aceitação, tipo e estratégia de aquisição, o CMMI-DEV exige apenas a definição do tipo de aquisição.

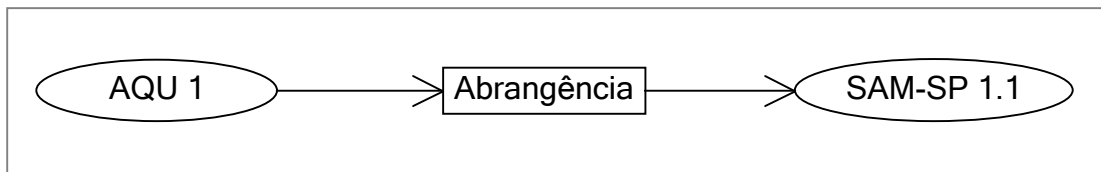


Figura 6.17 - Ilustração de instância de mapeamento de AQU 1 modelada em SPIM.

Para compreender a decisão de modelagem deste caso como mapeamento de abrangência é necessário analisar o texto das considerações sobre o mapeamento entre AQU 1 e SAM-SP 1.1. As considerações apresentadas neste caso deixam claro que o resultado esperado AQU 1 é mais abrangente que a prática específica SAM-SP 1.1, pois, segundo [MEL11], "enquanto o MR-MPS exige a definição das necessidades, metas, critérios de aceitação, tipo e estratégia de aquisição, o CMMI-DEV exige apenas a definição do tipo de aquisição", ou seja, o resultado esperado AQU 1 abrange todas as exigências presentes na prática específica SAM-SP 1.1 e acrescenta mais algumas que não são encontradas naquela prática específica.

Ainda quanto aos casos de mapeamento de abrangência, além de casos onde resultados esperados do MR-MPS são mais abrangentes que práticas específicas do CMMI-Dev, também existem casos onde práticas específicas do CMMI-Dev são mais abrangentes que resultados esperados do CMMI. Nestes casos, as práticas específicas do CMMI foram incluídas na propriedade *source* do mapeamento de abrangência, enquanto que os resultados esperados do MR-MPS tornaram-se parte da propriedade *target* do mapeamento. Um exemplo é o mapeamento entre o resultado esperado DRE 1 do MR-MPS e a prática específica RD-SP 1.1 do CMMI-Dev. Este exemplo é apresentado na Tabela 6.6 e a modelagem em SPIM é ilustrada pela Figura 6.18.

Tabela 6.6- Mapeamento de DRE 1 (adaptado de [MEL11]).

Resultados Esperados do Processo		Práticas específicas		Classificação e considerações	
DRE 1	As necessidades, expectativas e restrições do cliente, tanto do produto quanto de suas interfaces, são identificadas.	RD-SP 1.1	Levantar necessidades das partes interessadas, suas expectativas, restrições e interfaces para todas as fases do ciclo de vida do produto.	NEQ	Tanto o MR-MPS quanto o CMMI-DEV exigem a identificação das necessidades, expectativas e restrições do produto e de suas interfaces. Porém, o MR-MPS exige o levantamento apenas junto ao cliente, enquanto que o CMMI-DEV exige o levantamento junto às partes interessadas, que podem envolver o cliente, usuários finais, fornecedores, desenvolvedores e testadores, dentre outros.

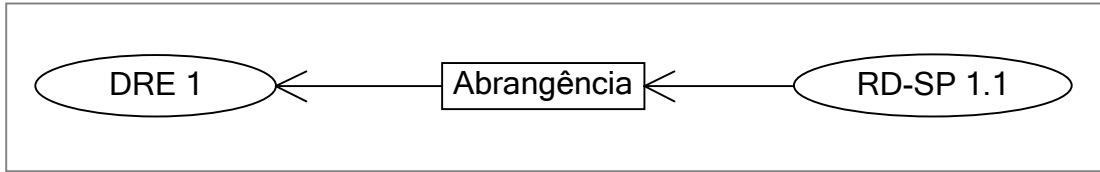


Figura 6.18 - Ilustração de instância de mapeamento de DRE 1 modelada em SPIM.

Além dos casos em que os mapeamentos NEQ foram modelados como abrangências, também existem os casos onde os mapeamentos NEQ foram modelados como não-equivalências. Um exemplo é o mapeamento entre o resultado esperado AQU 3 do MR-MPS e a prática específica SAM-SP 1.2 do CMMI-Dev. Este exemplo é apresentado na Tabela 6.7 e a modelagem em SPIM é ilustrada pela Figura 6.19.

Tabela 6.7- Mapeamento de AQU 3 (adaptado de [MEL11]).

Resultados Esperados do Processo		Práticas específicas		Classificação e considerações	
AQU 3	O fornecedor é selecionado com base na avaliação das propostas e dos critérios estabelecidos.	SAM-SP 1.2	Selecionar fornecedores com base na avaliação de suas capacidades em satisfazer aos requisitos especificados e critérios estabelecidos.	NEQ	Além de utilizar os critérios estabelecidos para selecionar fornecedores, exigido em ambos os modelos, o MR-MPS exige a avaliação de propostas, enquanto o CMMI-DEV exige a seleção a partir das capacidades do fornecedor em satisfazer aos requisitos.

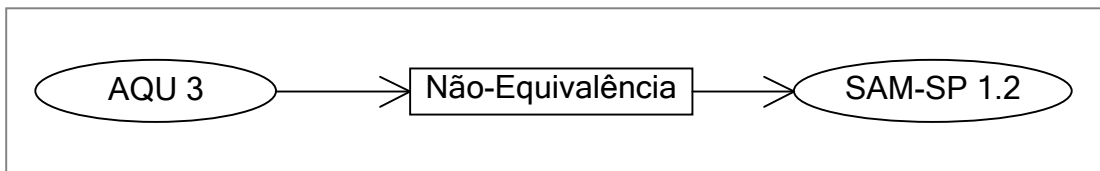


Figura 6.19 - Ilustração de instância de mapeamento de AQU 3 modelada em SPIM.

Novamente, para compreender a decisão de modelagem deste caso como mapeamento de não-equivalência é necessário analisar o texto das considerações sobre o mapeamento entre AQU 3 e SAM-SP 1.2. As considerações apresentadas neste caso deixam claro que estes componentes de padrão de qualidade não apresentam exatamente as mesmas exigências e que nenhum dos dois é mais abrangente que o outro. Apesar de conterem exigências em comum, cada um dos componentes de padrão de qualidade possui outras exigências não encontradas no componente mapeado.

Por fim, a última categoria de classificação utilizada por [MEL11] é a Inexistente (INE). O mapeamento classificado como inexistente é utilizado quando “não

existe o resultado do MR-MPS no CMMI-DEV ou vice-versa” [MEL11]. Um exemplo é o resultado esperado GRH 2 apresentado na Tabela 6.8.

Tabela 6.8- Resultado esperado GRH 2 (adaptado de [MEL11]).

Resultados Esperados do Processo		Práticas específicas		Classificação e considerações	
GRH 2	Indivíduos com as habilidades e competências requeridas são identificados e recrutados.			INE	Não existem práticas no CMMI-DEV que explicitem a identificação e o recrutamento de indivíduos.

Os casos de mapeamentos INE foram os únicos não modelados com o SPIM. No SPIM um mapeamento é definido como uma relação que descreve como um conjunto de um ou mais componentes de um determinado padrão de qualidade estão relacionados com um conjunto de um ou mais componentes de outro padrão de qualidade. Entretanto, podem existir componentes de padrão de qualidade sem que exista relação de mapeamento entre eles, pois existem casos em que um determinado componente de padrão de qualidade apresenta exigências que não são contempladas por nenhum dos componentes de outro padrão de qualidade. Em outras palavras, nestes casos não existe relação de mapeamento, portanto, não foram criadas instâncias de *Mapping* para os mesmos.

6.2.5 Cenário 5 - Modelagem do mapeamento ISO 9001-CMMI

O cenário 5 de avaliação consiste da instanciação de alguns dos mapeamentos entre ISO 9001 e CMMI propostos por [MUT08]. Dois tipos de matrizes de mapeamento são apresentados em [MUT08], um tipo tem o CMMI-Dev como origem e o outro a ISO 9001 como origem. Foram escolhidas duas dentre as várias matrizes de mapeamento, uma de cada tipo. A primeira apresenta os relacionamentos entre as áreas de processo RD e REQM do CMMI-Dev com a norma ISO 9001. A segunda apresenta os relacionamentos entre a seção 7.2 da ISO 9001 e o CMMI. As demais são estruturadas de forma idêntica e, portanto, seriam igualmente representáveis pelo SPIM.

O primeiro elemento criado para instanciar o mapeamento entre as áreas de processo de RD e REQM do CMMI-Dev e a norma ISO 9001 foi o elemento *MappingPackage*. Este elemento representa uma estrutura para agrupamento de mapeamentos, portanto deve-se criar uma instância para cada matriz a ser representada.

Uma vez criado o pacote, foram criadas 14 instâncias do elemento *Mapping*, uma para cada linha de relacionamentos apresentados na matriz escolhida. É importante destacar que não se pretende aqui eliminar a ambigüidade inerente às matrizes apresentadas em [MUT08], pois isto demandaria um estudo que está fora do escopo desta tese de doutorado. Uma vez que múltiplas interpretações poderiam ter sido feitas com base nas matrizes, escolheu-se a interpretação mais simples de que cada linha do modelo de origem representa um mapeamento composto entre o componente do padrão de qualidade de origem com todos os componentes das colunas assinaladas, ou seja, os componentes do modelo de destino. Assim, para cada instância de *Mapping* foi configurada a propriedade *sources* com uma única prática específica do CMMI-Dev, representando a linha da matriz de mapeamento, e a propriedade *targets* com um conjunto de seções da ISO 9001 relacionadas, representando as colunas assinaladas naquela linha da matriz de mapeamento. Um exemplo é apresentado na Figura 6.20.

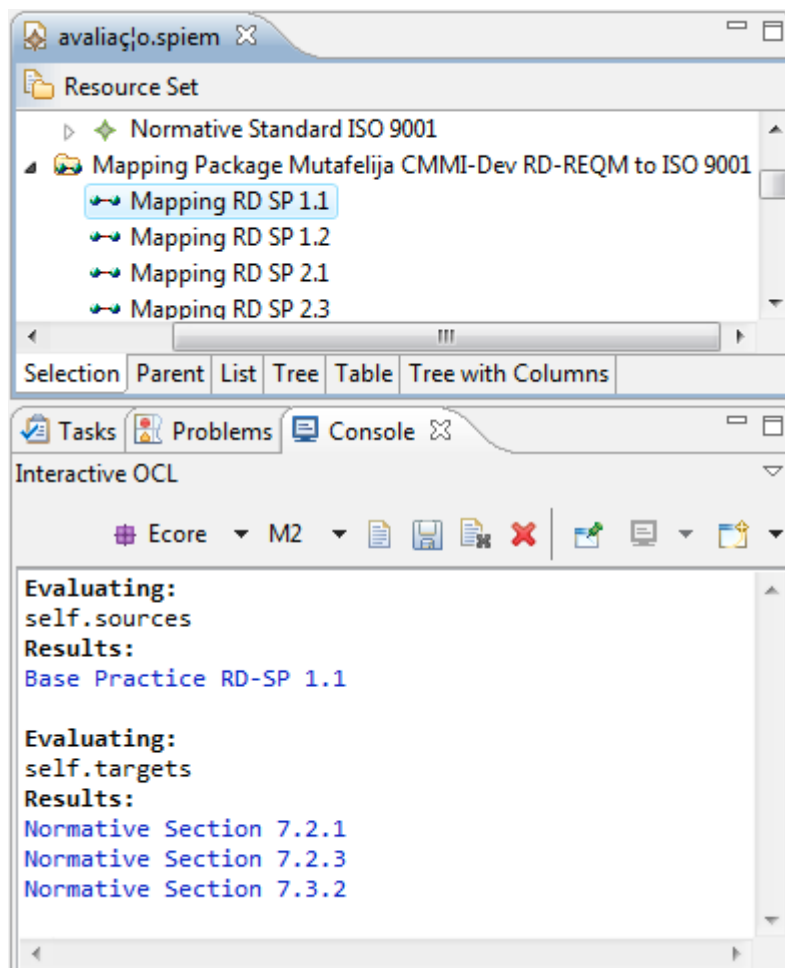


Figura 6.20 - Instâncias de mapeamentos entre CMMI-Dev e ISO 9001.

Apesar de não ser o propósito desta avaliação a eliminação das ambigüidades inerentes ao formato escolhido por aquele autor para representação de seus mapeamentos, é importante destacar que a representação feita com o uso do SPIM não é ambígua em si. Caso fosse necessário, seria possível representar os mesmos mapeamentos de formas diferentes, caso a interpretação das matrizes fosse outra. Seria possível, por exemplo, a criação de uma única instância de mapeamento para representar o relacionamento entre um conjunto de práticas específicas, apresentadas em várias linhas da matriz, que juntas estão relacionadas com múltiplas seções ou requisitos, apresentados em várias colunas.

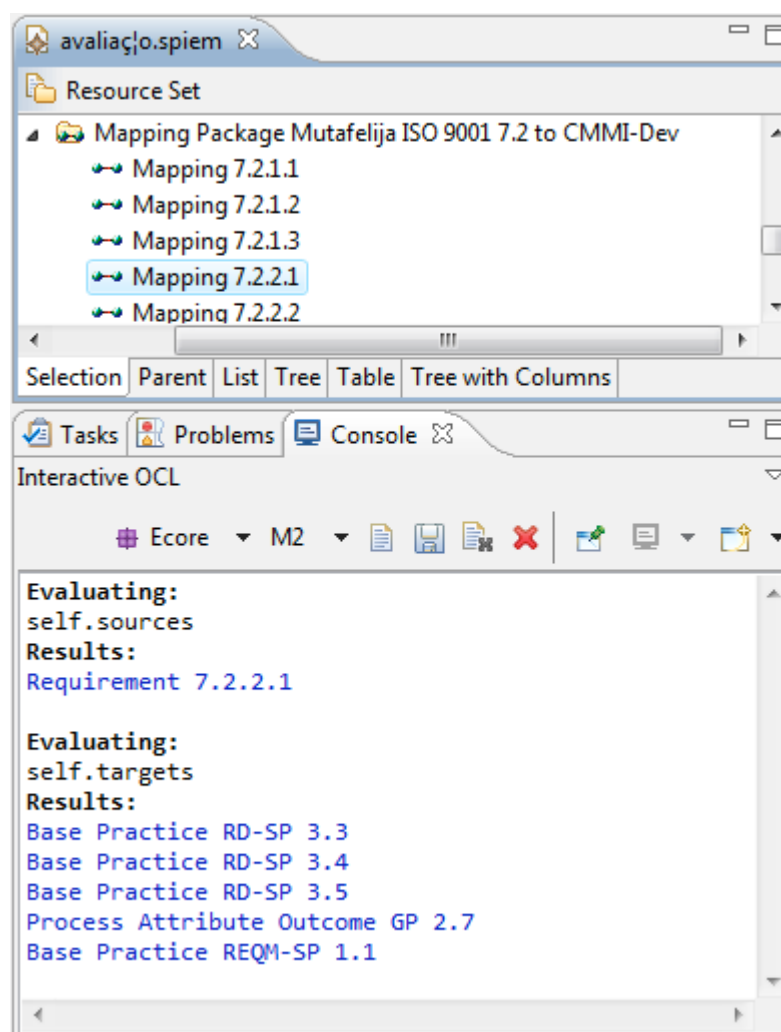


Figura 6.21 - Instâncias de mapeamentos entre ISO 9001 e CMMI-Dev.

O segundo mapeamento modelado foi aquele entre os requisitos da seção 7.2 da norma ISO 9001 e as práticas do modelo CMMI-Dev. Para isto foi criado um novo pacote com o uso do elemento *MappingPackage*. Neste pacote foram criadas 14 instâncias de mapeamentos com o uso do elemento *Mapping*, uma para cada relação de

mapeamento. Neste caso o formato escolhido pelo autor dos mapeamentos não é ambíguo, pois consiste de uma lista de requisitos e listas de práticas relacionadas a cada requisito. O resultado é ilustrado pela Figura 6.21.

Pôde-se concluir com este cenário que o SPIM é adequado para a representação de mapeamentos entre o modelo CMMI-Dev e a norma ISO 9001. Além de permitir a representação dos mapeamentos, permite que os mesmos sejam representados de forma livre das ambigüidades que podem ser criadas com o uso de formatos menos formais como as matrizes de mapeamento. Pôde-se concluir também que o SPIM permite a representação de mapeamentos entre padrões de qualidade descritos com diferentes níveis de abstração. Isto se deve principalmente à separação que foi feita entre os aspectos relacionados ao papel de cada componente nos diversos padrões de qualidade daqueles aspectos relacionados à sua estruturação. Isto se deve também a desvinculação entre o papel de cada componente no seu modelo de origem e a sua possibilidade de mapeamento. Algumas matrizes apresentadas em [MUT08] apresentam tipos de elementos fixos nas linhas e nas colunas, enquanto que o SPIM permite que os tipos de elementos sejam escolhidos de acordo com sua adequação em cada mapeamento em particular. Pode-se, por exemplo, relacionar um requisito da norma ISO 9001 a um conjunto contendo tanto práticas específicas quanto objetivos específicos do modelo CMMI-Dev. Esta flexibilidade permite gerenciar melhor as diferenças de granularidade existentes entre os padrões de qualidade quando se representam os mapeamentos entre os mesmos.

6.3 Considerações finais sobre a avaliação

Este capítulo apresentou os procedimentos realizados na etapa de avaliação do metamodelo proposto nesta pesquisa. Para isto, foi inicialmente desenvolvido um protótipo de ferramenta de edição de modelos baseados no metamodelo SPIM, descrito no capítulo 5 desta tese. A seguir foram explorados alguns cenários onde foram modelados o CMMI, o MR-MPS e a ISO 9001, bem como mapeamentos entre estes padrões de qualidade. Durante a descrição destes cenários as capacidades do SPIM foram sendo introduzidas e testadas gradualmente. Assim, foi possível demonstrar a viabilidade de uso do metamodelo como solução para a situação problemática tratada nesta pesquisa. Foi possível também avaliar as contribuições ao conhecimento oferecidas nesta pesquisa.

Como trabalhos futuros necessários à continuidade deste trabalho de avaliação, destacam-se a necessidade de aprimoramentos de usabilidade do protótipo, de testes adicionais baseados em outros mapeamentos ou padrões de qualidade e de estudos experimentais visando à avaliação do metamodelo em seu contexto real de uso.

Quanto ao aprimoramento da usabilidade do protótipo, seriam necessárias novas funcionalidades visando à visualização e extração de informações que poderiam ser inferidas pelo conteúdo dos modelos. Podemos citar como exemplo a possibilidade de suporte ao trabalho de definição de processos de software com base no conhecimento existente sobre os padrões de qualidade já adotados pelos processos e os mapeamentos com os novos padrões de qualidade a serem adotados. Estas informações podem ser obtidas com o uso do protótipo tal como desenvolvido até o momento, mas a automação através de funcionalidades específicas para estes fins facilitaria o uso da ferramenta. Isto seria importante principalmente em experimentos no futuro, pois permitiria que os participantes de tais experimentos se concentrassem em suas atividades sem dispenderem tempo excessivo com aspectos relacionados à interface. Permitiriam também controlar melhor o ambiente do experimento e evitar que dificuldades relacionadas à usabilidade contaminassem medições relativas ao uso do metamodelo em si.

7. CONCLUSÕES

Através da redação desta tese de doutorado buscou-se relatar o trabalho de pesquisa realizado visando explorar a questão de pesquisa inicialmente proposta e desenvolver uma solução para o problema de integração de padrões de qualidade utilizados na área de MPS. Cabe a este capítulo de conclusões a tarefa de resgatar os objetivos inicialmente propostos e confrontá-los aos resultados obtidos. Para isto, uma breve síntese do trabalho se segue, visando contextualizar os objetivos alcançados. Posteriormente, são destacadas as contribuições desta pesquisa, bem como suas limitações e trabalhos futuros.

A crescente demanda pela melhoria do produto de software motivou o surgimento de diversos padrões de qualidade que são utilizados para guiar projetos de MPS e também para avaliações da maturidade de organizações fornecedoras de software. A variedade de padrões de qualidade sendo utilizados pelas organizações cria novos desafios relacionados à integração dos mesmos. Visando tratar estes novos desafios, diversos trabalhos existem na literatura propondo mapeamentos de conteúdo entre padrões de qualidade. Entretanto, apesar da ampla pesquisa realizada na literatura, foram encontrados poucos trabalhos abordando a conceituação existente nesta área. Além de serem poucos os trabalhos deste tipo, nenhum deles aborda também o formalismo empregado nesta área para representação de padrões de qualidade visando criar as bases necessárias para o desenvolvimento de ferramental para a área. Por este motivo, esta tese de doutorado teve como objetivo desenvolver uma abordagem para representação de padrões de qualidade para MPS de forma que seja possível apoiar a integração dos mesmos. Visando atingir este objetivo, alguns objetivos específicos foram propostos.

O primeiro objetivo específico proposto foi identificar as abordagens para integração de padrões de qualidade existentes na área, bem como as características das mesmas. Primeiramente, foi realizada de uma revisão da base teórica de forma *ad-hoc*. Esta revisão permitiu um estudo em amplitude sobre os temas envolvidos no desenvolvimento desta tese de doutorado, bem como o aprimoramento da compreensão deste pesquisador quanto ao problema em si e as possibilidades existentes para sua solução. Permitiu também capturar os conhecimentos necessários para realização de uma pesquisa em profundidade, alvo do primeiro objetivo específico proposto. Este objetivo

específico foi alcançado através da realização de uma revisão sistemática da literatura visando identificar abordagens para integração de modelos de referência já propostas na literatura. Os resultados das atividades de revisão da literatura, tanto em amplitude quanto em profundidade, foram apresentados no capítulo 2 desta tese de doutorado. O resultado desta revisão sistemática da literatura também foi fundamental para alcançar o segundo objetivo específico proposto.

O segundo objetivo específico proposto foi definir uma ontologia para consolidação dos conceitos e da terminologia empregada nos padrões de qualidade utilizados na área de MPS. Este objetivo específico foi alcançado com o desenvolvimento da OMPS, apresentada no capítulo 3. Esta ontologia tem o papel, nesta tese de doutorado, de especificar uma conceituação da área de MPS, buscando apoiar a integração semântica dos padrões de qualidade utilizados na mesma. Para isto foram analisados alguns dos padrões de qualidade mais relevantes para a área e as características necessárias para apoiar a representação de padrões de qualidade para MPS foram então identificadas. Desta forma, foi possível lidar com dificuldades recorrentemente relatadas na literatura sobre mapeamento e integração dos padrões de qualidade, tais como as diferenças conceituais entre os padrões de qualidade, as diferenças de níveis de abstração presentes nos padrões de qualidade, as diferenças de abordagem para estruturação e as diferenças na granularidade com que são apresentadas as práticas e exigências dos mesmos. Uma vez estabelecida uma conceituação sobre os padrões de qualidade utilizados na área de MPS, foi possível trabalhar na criação de uma linguagem para representação dos mesmos. Este foi o propósito do terceiro objetivo específico proposto.

O terceiro objetivo específico proposto foi definir um metamodelo visando dar suporte à integração de padrões de qualidade para MPS. Este objetivo foi alcançado com a criação de uma linguagem para representação dos padrões de qualidade para MPS. Para isto foi desenvolvido o *Software Process Improvement Metamodel* (SPIM), apresentado no capítulo 5. O SPIM foi desenvolvido como uma extensão do SPEM 2.0 e acrescenta àquele metamodelo os constructos relacionados aos padrões de qualidade para MPS com base na conceituação especificada na OMPS.

O quarto objetivo específico proposto foi especificar e desenvolver um protótipo de ferramenta para dar suporte à definição e integração de padrões de qualidade para MPS. Este objetivo foi alcançado com o desenvolvimento de um protótipo de

ferramenta de edição de modelos que implementa o SPIM e permite a representação de padrões de qualidade para MPS, tal como demonstrado no capítulo 6. Este protótipo foi desenvolvido como um *plug-in* para a Plataforma Eclipse, a mesma plataforma utilizada no desenvolvimento da implementação de referência do SPEM 2.0. Além disto, este protótipo teve o propósito também de dar suporte aos procedimentos necessários à satisfação do quinto objetivo específico proposto.

O quinto objetivo específico proposto foi avaliar a solução proposta utilizando o protótipo desenvolvido. Este objetivo foi alcançado através da realização da etapa de avaliação desta pesquisa, realizada de forma analítica, através da modelagem dos padrões de qualidade MR-MPS, CMMI-DEV e ISO 9001, bem como de mapeamentos entre os mesmos. Durante esta avaliação foram discutidas as vantagens do uso deste metamodelo e demonstrado como o mesmo atinge seu propósito. Esta etapa foi relatada no capítulo 6 desta tese de doutorado.

7.1 Contribuições da Pesquisa

Do ponto de vista da contribuição teórica, esta pesquisa contribui para a área de engenharia de software através do aumento do rigor e do formalismo utilizado para representação e integração de padrões de qualidade utilizados em MPS. Contribui também ao incorporar à área de pesquisa em qualidade de software um novo método para integração de padrões de qualidade para MPS que pode estabelecer as bases necessárias para o desenvolvimento de ferramentas para esta área. Durante a fundamentação teórica desta pesquisa, percebeu-se que os trabalhos relacionados à integração de padrões de qualidade eram focados no desenvolvimento de artefatos codificados em linguagem natural, tais como comparações e mapeamentos entre padrões de qualidade para MPS. Esta estratégia torna estes artefatos acessíveis para seres humanos, mas limita drasticamente a sua utilidade em sistemas computacionais. Além disto, a linguagem natural também permite a introdução de ambigüidades e inconsistências nestes artefatos que podem induzir ao erro os usuários dos mesmos. A adoção de uma representação formal contribui para a eliminação de ambigüidades e inconsistências tanto em padrões de qualidade para MPS quanto em mapeamentos entre os mesmos. Com o desenvolvimento de uma linguagem de modelagem para representação de padrões de qualidade e mapeamentos entre os mesmos, esta tese contribui para o desenvolvimento de ferramentas para a área de MPS ao proporcionar um

meio para criação de artefatos que podem ser manipulados e interpretados tanto por seres humanos quanto por sistemas computacionais. Assim, será possível a criação de ferramentas que auxiliem na comunicação, no entendimento, no aprendizado e no processamento da enorme quantidade de informação codificada nos padrões de qualidade para MPS.

Ainda do ponto de vista da contribuição teórica, esta pesquisa contribui com uma conceituação sobre padrões de qualidade para MPS, explicitada sob a forma de uma ontologia, a OMPS. A ontologia foi aqui desenvolvida como uma etapa intermediária para o alcance dos objetivos da pesquisa. Entretanto, a conceituação é em si mesma uma contribuição importante desta pesquisa, uma vez que pode ajudar os pesquisadores a explicitar o conhecimento sobre o tema a estabelecer um entendimento comum sobre os padrões de qualidade para MPS. Além disto, como foi discutido nesta tese, os diversos padrões de qualidade apresentam vocabulários diferentes, apresentam estruturas diferentes, níveis de abstração diferentes e exigências em granularidades diferentes. Cada padrão de qualidade possui também uma estrutura diferente, apresentando diferentes relações entre seus conceitos. Isto se deve em grande parte ao fato de que os padrões de qualidade são desenvolvidos independentemente por diferentes grupos de pessoas, sem que a harmonização entre os mesmos seja um requisito prioritário para tais grupos [MUT08]. Nestas circunstâncias, onde se deseja integrar modelos desenvolvidos independentemente, [GUI05] afirma que a existência de uma conceituação clara sobre o domínio torna-se crítica. Isto faz da conceituação uma contribuição importante desta tese, ao fornecer um vocabulário comum para que pesquisadores possam dialogar sobre padrões de qualidade para MPS.

Destacam-se também as contribuições representadas pela publicação de artigos científicos divulgando os resultados intermediários desta pesquisa. A publicação dos resultados intermediários da pesquisa também proporcionou o debate sobre o tema com outros pesquisadores nos eventos onde os artigos foram publicados. O Apêndice D lista os artigos publicados até o momento. Além destes artigos, outros dois artigos visando à divulgação dos resultados finais desta tese em *journals* internacionais estão em fase de revisão final.

Do ponto de vista técnico, esta tese contribui para a integração e comunicação entre sistemas computacionais ao adotar as tecnologias da OMG no desenvolvimento da linguagem de modelagem. O metamodelo foi desenvolvido utilizando-

se a UML e suas restrições foram implementadas em OCL, linguagens amplamente conhecidas na indústria de desenvolvimento de ferramentas para a área de software. Além disto, os modelos desenvolvidos com a linguagem de modelagem proposta nesta tese são armazenados em XML, facilitando assim seu uso em outros sistemas computacionais, fator este que também contribui para a integração e comunicação entre sistemas computacionais.

Do ponto de vista prático, esta pesquisa contribuirá para as organizações que adotam múltiplos padrões de qualidade ao disponibilizar uma abordagem potencialmente útil na redução de custos em projetos de MPS através do suporte ao reuso de ativos de processo desenvolvidos visando à conformidade com múltiplos padrões de qualidade. Contribui também ao facilitar o trabalho de avaliação de conformidade, tendo em vista o possível uso dos modelos como fonte de informação sobre as relações entre processos e padrões de qualidade sendo avaliados.

Ainda do ponto de vista prático, o SPIM também representa uma contribuição importante desta pesquisa. O metamodelo pode ser utilizado para desenvolvimento de novas ferramentas para suporte à área de MPS, integração de ferramentas, gestão de conhecimento e intercâmbio de dados.

Para o pesquisador, esta pesquisa contribui para o aprendizado e aperfeiçoamento acadêmico e profissional, através da aplicação rigorosa do método de pesquisa científica. Além disso, contribui no sentido de proporcionar uma interação do pesquisador com o meio acadêmico e a indústria.

7.2 Limitações da Pesquisa

Em relação à base teórica, a revisão inicial na fase exploratória foi feita de maneira informal, sendo que a execução da revisão sistemática acabou minimizando esta limitação. Em relação à revisão sistemática em si, existem limitações relacionadas com o número de biblioteca digitais consultadas (cinco), a qualidade das máquinas de busca destas bibliotecas e a influência do pesquisador na classificação dos artigos encontrados neste processo de revisão. A quantidade de bibliotecas digitais acessadas durante a revisão sistemática da literatura foi limitada devido a dois fatores. O primeiro foi a grande quantidade de artigos recuperada com o uso das cinco bases acessadas (IEEE Xplorer, ACM, SpringerLink, Science@Direct e Scopus). Ao todo, foram encontradas 1081

publicações na primeira etapa de busca, que consistiu da busca por palavras chaves através dos mecanismos de busca de cada biblioteca digital. Nesta primeira etapa os títulos e resumos dos artigos eram utilizados para aplicação dos critérios de exclusão e inclusão, exigindo assim um esforço significativo. Concluiu-se durante a primeira execução da revisão sistemática da literatura que a inclusão de novas bibliotecas não contribuiria significativamente para o aumento da cobertura da pesquisa, principalmente quando considerado o esforço extra que seria necessário para processar as publicações encontradas. Além disto, o segundo fator constituiu-se do fato de que muitas publicações foram encontradas em mais de uma biblioteca e a incidência de duplicidades aumentou à medida que as bibliotecas digitais foram incluídas na pesquisa. Assim, concluí-se que o uso das bibliotecas digitais selecionadas foi suficiente para a identificação de publicações relevantes ao propósito da pesquisa.

Em relação às bases conceituais e tecnológicas adotadas no desenvolvimento do metamodelo também existem limitações a serem analisadas. Nesta pesquisa o SPIM foi desenvolvido como uma extensão do metamodelo SPEM 2.0, sobre processo de software, e tendo como base a conceituação especificada sob a forma da OMPS, também aqui desenvolvida. Esta ontologia por sua vez foi integrada a outras ontologias importantes sobre processo de software, originárias de [FAL98], [MIA03b], [NUN05], [RUY06], [BER06] e [SOU08]. Entretanto, o metamodelo SPEM 2.0 não foi desenvolvido tendo como base a conceituação apresentadas naquelas ontologias. Este fato poderia representar uma separação importante entre o aspecto conceitual e a implementação do SPIM no que se refere aos constructos relacionados à representação de processos de software e da adoção de padrões de qualidade usados pelos mesmos. Entretanto, não representa um problema para esta pesquisa, tendo em vista que o escopo aqui incluiu apenas a representação dos padrões de qualidade para MPS e a integração dos mesmos. Mesmo assim, pode representar um limitador importante para a evolução do SPIM, motivo pelo qual se sugere a abordagem deste tema em trabalhos futuros.

Outro limitador importante está na escolha dos padrões de qualidade que foram utilizados como base para o estudo que deu origem a OMPS. Estes padrões de qualidade foram escolhidos com base na revisão da literatura realizada durante a fase de fundamentação desta pesquisa. A revisão da literatura indicou os padrões de qualidade utilizados (CMMI, ISO 9001, ISO/IEC 15504, ISO/IEC 12207 e MR-MPS) como os mais relevantes para a área de MPS, principalmente no contexto nacional. Mesmo assim,

representam apenas uma parcela dos padrões de qualidade utilizados na indústria de software. Este é, portanto, um fator limitador do grau com que os resultados deste trabalho podem ser generalizados. A escolha de um conjunto limitado de padrões de qualidade poderia, por exemplo, levar a uma aderência excessiva a estes padrões específicos, limitando a capacidade de representação de outros. Este fator limitador é reduzido, em parte, devido à adoção de padrões de qualidade tanto específicos para MPS quanto mais genéricos, como a norma ISO 9001. Mesmo assim, sugere-se a avaliação de outros padrões de qualidade em trabalhos futuros.

7.3 Trabalhos Futuros

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, diversos temas relacionados à mesma revelaram-se interessantes e passíveis de estudos mais aprofundados. Entretanto, estes temas não puderam ser desenvolvidos neste trabalho. Alguns deles estão claramente fora do escopo desta pesquisa, apesar de estarem relacionados à pesquisa aqui relatada. Outros, apesar de poderem ser enquadrados no escopo da pesquisa, seriam mais bem desenvolvidos após a conclusão e avaliação desta pesquisa, principalmente por caracterizarem decorrências da mesma. Estes temas são aqui relatados como candidatos a trabalhos futuros.

No conjunto dos temas que estariam fora do escopo desta pesquisa estão aqueles relacionados à adoção dos padrões de qualidade na definição de processos de software. A adoção de um metamodelo para representação dos padrões de qualidade para MPS é um passo que viabilizaria que o processo de adoção de um padrão de qualidade durante a definição de processos de software recebesse apoio de novas ferramentas. Seria possível, por exemplo, manter a rastreabilidade entre as práticas e exigências presentes nos padrões de qualidade e as definições correspondentes nos processos de software. Este tipo de informação poderia ser útil em avaliações de conformidade. A representação dos mapeamentos entre os padrões de qualidade também é útil no apoio à realização de avaliações multi-modelo como, por exemplo, aquelas conduzidas em organizações que adotam tanto o CMMI quanto o MPS.BR. O protótipo de ferramenta apresentado permite a representação destes mapeamentos, mas não oferece funcionalidades que poderiam ser desenvolvidas no futuro para orientar a adoção de novos padrões de qualidade com base nos padrões já adotados e nos mapeamentos entre eles.

Também não faz parte do escopo desta pesquisa garantir a correta representação dos processos de software com base no metamodelo desenvolvido. Para isto, seria necessário desenvolver estudos visando explorar a compatibilidade entre os conceitos encontrados no SPEM 2.0 e os conceitos encontrados nas ontologias da área de processo de software que foram aqui utilizadas, tais como as ontologias propostas em [FAL98], [MIA03b], [NUN05], [RUY06], [BER06] e [SOU08]. Ainda nesta linha, seria possível avaliar e propor melhorias ao SPEM 2.0 e, em consequência, ao SPIM, com o uso de uma ontologia de fundamentação, tal como a *Unified Foundational Ontology* (UFO) proposta em [GUI05]. Ontologias de Fundamentação são úteis para oferecer semântica de mundo real aos constructos utilizados em modelagem e melhorar a qualidade de modelos conceituais. Este tipo de trabalho já foi realizado, por exemplo, para a ontologia de processo de software, tal como relatado em [GUI08]. Da mesma forma, a OMPS também poderia ser melhorada com o mesmo tipo de abordagem em trabalhos futuros.

Já no conjunto dos temas decorrentes desta pesquisa, podemos citar a avaliação e possível refinamento da OMPS e do SPIM para estender seu uso a outros padrões de qualidade não específicos da área de MPS, mas que a influenciam de alguma forma enquanto parte da área de TI. Podemos citar como exemplo o ITIL e o COBIT. Podemos citar também a necessidade de estudos mais aprofundados sobre os processos de avaliação utilizados na área de MPS, tais como SCAMPI e MA-MPS para proporcionar refinamentos que contemplassem os conceitos envolvidos nestes processos.

Outro aspecto que merece pesquisas futuras é a necessidade de versionamento dos mapeamentos. Nesta pesquisa foram abordados aspectos estáticos dos padrões de qualidade, mas os padrões de qualidade, em si, não são estáticos. Os padrões de qualidade são periodicamente revisados e aprimorados por seus autores. Cada mapeamento trata de versões específicas de padrões de qualidade e, a medida que os padrões são modificados, precisam ser atualizados também. Em uma visão inicial sobre o problema, esta atualização poderia ser feita através da simples confecção de um novo mapeamento, por exemplo. Entretanto, tal abordagem traria várias desvantagens, como a perda de informações relacionadas à evolução dos padrões e dos respectivos mapeamentos entre eles. Além disto, esta abordagem não contribuiria para esforços de adoção simultânea de múltiplos modelos ou a realização de avaliações multi-modelo, tendo em vista que a medida que os padrões evoluem as empresas precisam revisar seus processos e, eventualmente, se submeter a novas avaliações. Assim, uma estratégia mais

adequada seria evoluir a OMPS e o SPIN visando reconhecer e representar os conceitos associados ao versionamento dos mapeamentos.

Por fim, um passo importante para o aprimoramento dos resultados deste trabalho seria o desenvolvimento de estudos experimentais visando complementar a avaliação do metamodelo no seu contexto real de uso, principalmente no que se refere à adoção dos múltiplos padrões de qualidade na definição de processos de software. Nesta tese o objetivo foi criar uma abordagem para a representação e a integração de padrões de qualidade para MPS, ou seja, este trabalho teve foco na linguagem de modelagem e não nos modelos criados com a mesma. Neste caso, foi suficiente a avaliação da adequação da linguagem ao seu propósito. Entretanto, os conceitos necessários à adoção de múltiplos padrões de qualidade nas definições dos processos de software, apesar de presentes no metamodelo, não foram estudados em maior profundidade. Como trabalho futuro sugere-se, portanto, que estudos sejam conduzidos para avaliar a adequação dos modelos criados com este metamodelo para a adoção de múltiplos padrões de qualidade na definição de processos de software. Neste caso, os objetos de estudo passam a ser os modelos e não mais a linguagem de modelagem utilizada para criação dos mesmos. No caso deste desdobramento da pesquisa, a realização de experimentos seria mais indicada, uma vez que o problema passaria a envolver também a precisão com que as equivalências entre os múltiplos padrões de qualidade seriam compreendidas pelos usuários de modelos desenvolvidos com o metamodelo SPIM. Além disto, como pré-requisito para isto seria necessário também o aprimoramento do protótipo da ferramenta de edição de modelos em SPIM visando à melhoria de sua usabilidade. Como resultado da realização deste tipo de estudo, seria tratada também uma das limitações desta pesquisa que diz respeito ao método analítico empregado para avaliação.

Referências Bibliográficas

- [ABN01] Associação Brasileira de Normas Técnicas. "NBR ISO 9000:2000 - Sistemas de gestão da qualidade e garantia da qualidade - Fundamentos e Vocabulário". Rio de Janeiro: ABNT, 2001, 29p.
- [BAI03] Bailetti, A. J.; Liu, J. "Comparing Software Development Processes Using Information Theory". In: Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, 2003, pp. 309-315.
- [BAL09] Baldassarre, M. T.; Piattini, M.; Pino, F. J.; Visaggio, G. "Comparing ISO/IEC 12207 and CMMI-DEV: towards a mapping of ISO/IEC 15504-7". In: 2009 ICSE Workshop on Software Quality, 2009, pp. 59-64.
- [BAL10] Baldassarre, M. T.; Caivano, D.; Pino, F. J.; Piattini, M.; Visaggio, G. "A Strategy for Painless Harmonization of Quality Standards: A Real Case". In: Product-Focused Software Process Improvement, 2010, pp. 395-408.
- [BAL11] Baldassarre, M. T.; Caivano, D.; Pino, F. J.; Piattini, M.; Visaggio, G. "Harmonization of ISO/IEC 9001:2000 and CMMI-DEV: from a theoretical comparison to a real case application". Software Quality Journal 20, no. 2, 2012, pp. 309-335.
- [BER06] Bertollo, Gleidson. "Definição de Processos em um Ambiente de Desenvolvimento de Software". Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, UFES, Vitória, Brasil, 2006, 108p.
- [BER07] Bermejo, J. "A Simplified Guide to Create an Ontology". White Paper, The Autonomous Systems Laboratory, Universidad Politécnica de Madrid, 2007, 12p.
- [CAL10] Callegari, D. A. "Reconfiguração dinâmica de projetos de software : um modelo para alocação de recursos e programação de atividades em ambientes multiprojetos com recursos compartilhados". Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Faculdade de Informática, PUCRS, Porto Alegre, Brasil, 2010, 236p.
- [CAT06] Cater-Steel, A.; Tan, W. G.; Toleman, M. "Challenge of Adopting Multiple Process Improvement Frameworks". In: Proceedings of the 14th European Conference on Information Systems, 2006, pp. 1375-1386.
- [CHR03] Chrissis, M. B.; Konrad, M.; Shrum, S. "CMMI Guidelines for Process Integration and Product Improvement". Addison-Wesley, 2003, 664pp.
- [CRE10] Creswell, J. W. "Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto". Porto Alegre: Artmed, 2010, 296p.
- [CRO98] Crotty, M. "The foundations of social research: Meaning and perspective in the research process". London: Sage, 1998, 256p.

- [DAH86] Dahnke, G. L.; Fernández-Collado, C. "La comunicación humana: ciencia social". México : McGraw-Hill, 1986, 468p.
- [DIE07] Dieste, O., Padua, A. G. "Developing Search Strategies for Detecting Relevant Experiments for Systematic Reviews". In: International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), 2007, pp. 215-224.
- [ESP09] Espindola, R. S.; Luciano, E. M.; Audy, J. L. N. "An Overview of the Adoption of IT Governance Models and Software Process Quality Instruments at Brazil - Preliminary Results of a Survey". In: Proceedings of the Forty-Second Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Los Alamitos : IEEE Computer Society, 2009, 9p.
- [ESP09b] Espindola, R. S.; Audy, J. L. N. "An Evolutionary Approach for Quality Models Integration". In: Proceedings of the International Conference on Enterprise Information Systems, Milan, Italy, 2009, 6p.
- [ESP10] Espindola, R. S.; Audy, J. L. N. "A Spem Based Software Process Improvement Meta-Model". In: Proceedings of the International Conference on Enterprise Information Systems, Funchal, Madeira, Portugal, 2010, 6p.
- [ESP10b] Espindola, R. S.; Audy, J. L. N. "Uma Abordagem para Integração de Modelos de Referência para MPS". In: Anais do VIII Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software, Belém, Pará, Brasil, 2010, 7p.
- [FAL98] Falbo, R. A. "Integração de conhecimento em um ambiente de desenvolvimento de software". Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, 1998, 205p.
- [FAL09] Falbo, R. A.; Bertollo, G. "A software process ontology as a common vocabulary about software processes". In: Int. J. Business Process Integration and Management, Vol. 4, No. 4, 2009, pp. 239-250.
- [FAL10] Falbo, R. A. "Uma Ontologia de Riscos de Software". In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, Belém, Pará, Brasil, 2010, pp. 151-165.
- [FER07] Ferreira, A. I. F.; Santos, G.; Cerqueira, R.; Montoni, M.; Barreto, A.; Barreto, A. O. S.; Rocha, A. R. C. "Applying ISO 9001:2000, MPS.BR and CMMI to Achieve Software Process Maturity: BL Informatica's Pathway". In: Proceedings of the 29th International Conference on Software Engineering, 2007, pp. 642-651.
- [FER08] Ferchichi, A.; Bigand, M.; Lefebvre, H. "An Ontology for Quality Standards Integration in Software Collaborative Projects". In: 1st International Workshop on Model Driven Interoperability for Sustainable Information Systems, Montpellier, France, 2008, pp. 17-30.

- [FER10] Ferreira, A. L.; Machado, R. J.; Paulk, M. C. "Size and Complexity Attributes for Multimodel Improvement Framework Taxonomy". In: Proceedings of the 36th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications, 2010, pp. 306-309.
- [FUG00] Fuggetta, A. "Software Process: a roadmap". In: Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering - International Conference on Software Engineering, Limerick, Ireland, 2000, pp. 25-34.
- [GAR06] García, F.; Bertoa, M. F.; Calero, C.; Vallecilo, A.; Ruíz, F.; Piattini, M.; Genero, M. "Towards a consistent terminology for software measurement". Information and Software Technology 48, no. 8, 2006, p. 631-644.
- [GON05] Gonzalez-Perz, C.; McBride, T.; Henderson-Sellers, B. "A Metamodel for Assessable Software Development Methodologies". Software Quality Journal 13, no. 2, 2005, pp. 195-214.
- [GRU95] Gruber, T. R. "Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing". International journal of human computer studies 43, no. 5, 1995, pp. 907-928.
- [GUI05] Guizzardi, G. "Ontological Foundations for Structural Conceptual Models". PhD Thesis, University of Twente, The Netherlands, 2005, 441p.
- [GUI08] Guizzardi, G.; Falbo, R. A.; Guizzardi, R. S. S. "Grounding Software Domain Ontologies in the Unified Foundational Ontology (UFO): The case of the ODE Software Process Ontology". In: Proceedings of the XI Iberoamerican Workshop on Requirements Engineering and Software Environments, 2008, pp. 244-251.
- [HUM93] Humphrey, W. S. "Introduction to Software Process Improvement". Technical Report, Software Engineering Institute, Paper 180, EUA, 1993, 42p.
- [IBR04] Ibrahim, L.; Pyster, A. "A Single Model for Process Improvement: Lessons Learned at the US Federal Aviation Administration". IEEE, IT PRO May / Jun 2004, pp. 43-49.
- [IEE98] IEEE. "IEEE Std 1061-1998 - IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology". IEEE Standards Association, 1998.
- [ISO98] International Standard Organization. "ISO/IEC TR 15504 - Information technology - Software process assessment - Part 2: A reference model for processes and process capability". Geneva: International Organization for the Standardization and International Electrotechnical Commission. 1998.
- [ISO04] International Standard Organization. "ISO/IEC 15504 - Information technology - Process assessment - Part 1: Concepts and vocabulary". Geneva: International Organization for the Standardization and International Electrotechnical Commission. 2004.

- [ISO07] International Standard Organization. "ISO/IEC 15939:2007 - Systems and software engineering - Measurement process". Geneva: International Organization for the Standardization and International Electrotechnical Commission. 2007.
- [ISO08] International Standard Organization. "ISO 9001:2008 - Quality management systems – Requirements". Geneva: International Organization for the Standardization. 2008.
- [ISO08b] ISO/IEC, "ISO/IEC 12207: System and software engineering - Software life cycle processes". Geneva: International Organization for the Standardization and International Electrotechnical Commission. 2008.
- [ITG07] IT Governance Institute. "Cobit 4.1". Isaca, 2007, 196p.
- [KEL11] Kelemen, Z.D.; Kusters, R.; Trienekens, J. "Identifying criteria for multimodel software process improvement solutions - based on a review of current problems and initiatives". Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, 2011.
- [KIT04] Kitchenham, B. A. "Procedures for Performing Systematic Reviews". Technical Report, Keele Univeristy, 2004.
- [KUL03] Kulpa, M. K. "Interpreting the CMMI: a process improvement approach". Estados Unidos: Auerbach, 2003, 1ª Edição, 414 pp.
- [KRU00] Kruchten, P. "The Rational Unified Process: an Introduction". Boston: Addison Wesley, USA, 2000, 298p.
- [LEM11] Lemke, A. P. "K2 : uma arquitetura para a adaptação de agentes de software ao contexto". Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Faculdade de Informática da PUCRS, PUCRS, Porto Alegre, Brasil, 2011, 197p.
- [LEP02] Lepasaar, M.; Mäkinen, T. "Integrating Software Process Assessment Models using a Process Meta Model". In: IEMC '02 - IEEE International Engineering Management Conference, Vol 1, 2002, pp 224-229.
- [LIA05] Liao, L.; Qu, Y.; Leung, H. "A software process ontology and its application". In: ISWC 2005 Workshop on Semantic Web Enabled Software Engineering, 2005, pp. 6-10.
- [LIN00] Lincoln, Y. S.; Linhan, S. A.; Guba, E. G. "Paradigmatic Controversies, Contradictions, and Emerging Confluences". In: The handbook of qualitative research, Sage Publications, 2000, pp. 97-128.
- [MEL11] Mello, M. S. "Melhoria de Processos de Software Multi-Modelos Baseada nos Modelos MPS e CMMI-DEV". Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, 2011, 232p.

- [MER09] Mertens, D. M. "Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods". CA: Sage Publications. 2009, 552p.
- [MIA03] Mian, P. G.; Falbo, R. A. "Supporting ontology development with OEd". Journal of the Brazilian Computer Science, November, 2003, Vol. 9, No. 2, pp. 57-76.
- [MIA03b] Mian, P. G. "OEd: Uma Ferramenta de Apoio ao Desenvolvimento de Ontologias em um Ambiente de Desenvolvimento de Software". Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, UFES, Vitória, Brasil, 2003, 126p.
- [MIN02] Mingay, S.; Bittinger, S. "Combine CobiT and ITIL for Powerful Governance". In: Research Note, TG-16-1849, Gartner, 2002, 3p.
- [MUT08] Mutafelija, B.; Stromberg, H. "Process Improvement with CMMI v1.2 and ISO Standards". Auerbach Publications, 2008, 406p.
- [NEU06] Neuman, W. L. "Social Research methods: Quantitative and qualitative approaches". 6ed, Boston: Allyn & Bacon, 2006, 600p,
- [NUN05] Nunes, V. B. "Integrando Gerência de Configuração de Software, Documentação e Gerência de Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software". Dissertação de Mestrado, UFES, Vitória, 2005, 200p.
- [OAT06] Oates, B. J. "Researching Information Systems and Computing". SAGE Publications Inc, 2006, 341p.
- [OGC10] Office of Government Commerce. "Introduction to the ITIL Service Lifecycle (Official Introduction)". The Stationery Office, 2010, 238p.
- [OKT05] Oktaba, H. "MoProSoft: A software process model for small enterprises", In: Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005, p. 93-100.
- [OMG06] Object Management Group. "Meta Object Facility (MOF) Core Specification". 2006. Disponível on-line em <http://www.omg.org/mof/> . Acesso em outubro de 2007.
- [OMG08] Object Management Group. "Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification - version 2.0". 2008. Disponível on-line em <http://www.omg.org/spem/> . Acesso em outubro de 2010.
- [OMG10] Object Management Group. "Object Constraint Language: Version 2.2". 2010. Disponível on-line em <http://www.omg.org/spec/OCL/2.2/> . Acesso em Janeiro de 2011.
- [OMG11] Object Management Group. "OMG Unified Modeling Language™ (OMG UML), Superstructure". 2011. Disponível on-line em <http://www.omg.org/uml/>. Acesso em março de 2011.

- [PAU93] Paulk, M. C.; Curtis, B.; Chrissis, M. B.; Weber, C. V. "CMM Capability Maturity Model for Software, version 1.1". *Software*, IEEE 10, no. 4, 1993, pp. 18-27.
- [PAU08] Paulk, M. C. "A Taxonomy for Improvement Frameworks". In: *Fourth World Congress for Software Quality*, 2008, 15p.
- [PAR11] Pardo, C.; Pino, F. J.; García, F.; Piattini, M.; Baldassarre, M. T. "An ontology for harmonization of multiple standards and models". *Computer Standards & Interfaces Journal*, 2011, pp. 48-59.
- [PER11] Pereira, E. B. "Uma Infraestrutura para Consistência dos Processos de Software Baseados no Metamodelo SPEM 2.0". Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Faculdade de Informática da PUCRS, PUCRS, Porto Alegre, Brasil, 2011, 278p.
- [PIC05] Pickerill, J. "Implementing CMMI in a Six Sigma World." In: *17th Software Engineering Process Group Conference (SEPG'05)*, Seattle, USA, 2005.
- [PRE04] PRESSMAN, R. S. "Software Engineering: a practitioner's approach". New York: McGraw Hill, 6th ed., 880p.
- [ROC01] Rocha, A. R. C.; Maldonado, J.; Weber, K. "Qualidade de Software - Teoria e Prática". São Paulo, Prentice Hall, 2001, 303p.
- [ROU01] Rout, T. P.; Tuffley, A.; Cahill, B. "Capability Maturity Model Integration Mapping to ISO/IEC TR 15504-2:1998". Relatório Técnico, Software Quality Institute, Griffith University, Austrália, 2001, Disponível on-line em: <http://www.sqi.gu.edu.au/cmml/report/docs/MappingReport.pdf>. Acesso em outubro de 2007. 14p.
- [ROZ97] Rozman, I.; Horvat, R. V.; Györkös, J.; Heric̃Ko, M. "PROCESSUS - Integration of SEI CMM and ISO quality models". *Springer Science, Software Quality Journal*, 6, 1997, pp. 37-63.
- [RUY06] Ruy, F. B. "Semântica em um Ambiente de Desenvolvimento de Software". Tese de Mestrado. UFES, Vitória, 2006, 122p.
- [SAM98] Sampieri, R. H.; Collado, C. F.; Lucio, P. B. "Metodologia de la Investigación", 2ed. México: McGraw Hill, 1998, 501p.
- [SCH08] Schulmeyer, G. G. "Handbook of Software Quality Assurance". Norwood, MA: Artech House, INC, 4th ed., 2008, 485p.
- [SEI05] Software Engineering Institute. "CMMI® Acquisition Module (CMMI-AM), Version 1.0". Carnegie Mellon University, Disponível on-line em: <http://www.sei.cmu.edu/cmml/models/am-release.html>. Acesso em janeiro de 2005.

- [SEI06] Software Engineering Institute. "CMMI for Development, Version 1.2". Carnegie Mellon University. Disponível on-line em: <http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/06.reports/06tr008.html>. Acesso em outubro de 2007.
- [SEI10] Software Engineering Institute. "CMMI for Development, Version 1.3". Carnegie Mellon University. Disponível on-line em: <http://www.sei.cmu.edu/>. Acesso em março de 2011.
- [SIL06] Silva Filho, R. C.; Rocha, A. R. C.; Travassos, G. H. "Uma Abordagem para Avaliação de Propostas de Melhoria em Processos de Software". In: CTD-QS - Concurso de Teses e Dissertações em Qualidade de Software, 2007, Ipojuca, Pernambuco. VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software. Brasília : Sociedade Brasileira de Computação, 2007. p. 485-499.
- [SIV05] Siviyy, J. M; Hallowell, D. "Bridging the Gap Between CMMI and Six Sigma Training: An overview and Case Study of Performance-Driven Process analysis". Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Disponível on-line em: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/adoption/comparisons.html>. Acesso em Novembro de 2005.
- [SOF09] SOFTEX. "MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia Geral". 2009. Disponível on-line em: <http://www.softex.br/mpsbr/> . Acesso em outubro de 2009.
- [SOM03] Sommerville, I. "Engenharia de Software". São Paulo, Addison Wesley, 2003, 592 pp.
- [SOU08] Souza, G. S. "Ambientes de Engenharia de Software Orientados a Corporação". Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2008, 319p.
- [TAU98] Tautz, C.; Von Wangenheim, C. G. "REFSENO: a representation formalism for software engineering ontologies". Technical Report No. 15.98/E, version 1.1, Fraunhofer IESE, 1998, 143p.
- [TRA09] Travassos, G. H.; Kalinowski, M. "iMPS 2009 : Caracterização e variação de desempenho de organizações que adotaram o modelo MPS", Campinas, SP, 2009, 27p.
- [TRU06] Trudel, S.; Lavoie, J.; Paré, M. "PEM: The small company-dedicated software process quality evaluation method combining CMMI and ISO/IEC 14598". Springer, Software Quality Jornal 14, 2006, pp. 7-23.
- [VAR98] Varkoi, T.; Mäkinen, T. "Case Study Of CMM And SPICE Comparison In Software Process Assessment". In: Engineering and Technology Management, 1998. Pioneering New Technologies: Management Issues and Challenges in the Third Millennium. IEMC'98 Proceedings. International Conference on, IEEE, 1998, pp. 477-482.

- [YIN10] Yin, R. K. "Estudo de caso: planejamento e métodos". Porto Alegre: Bookman, 2012, 248p.
- [YOO06] Yoo, C.; Yoon, J.; Lee, B.; Lee, C., Lee, J.; Hyun, S.; Wu, C. "A unified model for the implementation of both ISO 9001:2000 and CMMI by ISO-certified organizations". The Journal of Systems and Software 79, 2006, pp. 954-961.

Apêndice A - Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura sobre Integração de Padrões de Qualidade para MPS

1. Introdução

Uma das primeiras atividades realizadas durante a pesquisa de doutorado relatada nesta tese foi a revisão informal da literatura. Durante a revisão informal da literatura foi possível estudar uma série de tópicos relacionados ao tema central desta tese de doutorado, tais como processo de software, ontologias, metamodelos e melhoria do processo de software. Entretanto, a revisão informal da literatura não permitiu o aprofundamento no tema central desta pesquisa, que é a integração de padrões de qualidade. Por este motivo, conduziu-se uma revisão sistemática da literatura de forma a identificar abordagens para integração de padrões de qualidade já propostas.

A revisão sistemática é um estudo secundário que tem por objetivo a identificação de estudos primários na literatura de uma determinada área, seguindo um rigor metodológico Kitchenham [KIT04]. A revisão sistemática da literatura aqui apresentada seguiu recomendações do guia de Kitchenham para adoção de revisões sistemáticas em pesquisas de doutorado [KIT04], foi conduzida de acordo com o processo recomendado por Silva Filho [SIL06] e documentada de acordo com a organização adotada em [SOU08]. É composta das seguintes atividades:

1. Definir Escopo e Estudos Preliminares
2. Definir Protocolo
3. Testar Protocolo
4. Avaliar Protocolo
5. Executar a Pesquisa
6. Avaliar Resultados da Pesquisa
7. Empacotar Resultados
8. Publicar Resultados

Para execução deste processo de revisão sistemática da literatura foi definido um protocolo de pesquisa, detalhando os objetivos, a questão de pesquisa, estratégia de busca e critérios de inclusão e exclusão. A execução de cada uma das atividades do processo é relatada nas próximas seções deste apêndice. As únicas atividades não descritas nas próximas seções são as atividades de empacotar resultados e publicar resultados, pois a primeira se refere ao trabalho aqui descrito como um todo e a segunda se refere à publicação desta tese de doutorado.

2. Definição do escopo e estudos preliminares

O escopo desta pesquisa sistemática da literatura é a integração de padrões de qualidade para MPS. A realização de uma revisão sistemática da literatura nesta pesquisa busca identificar estudos relacionados às abordagens para integração de padrões de qualidade já apresentados na literatura, pois este é um dos objetivos específicos desta tese de doutorado.

Esta revisão sistemática da literatura foi realizada pela primeira vez em maio de 2008. Definiu-se para isto um protocolo de revisão sistemática, contendo uma série de itens de planejamento, entre eles as palavras-chave que seriam utilizadas para a execução da pesquisa, as bibliotecas digitais selecionadas e os critérios de inclusão e exclusão. A Tabela 7.1 apresenta as palavras-chave escolhidas.

Tabela 7.1- Palavras-chave utilizadas na busca por estudos primários.

Palavras-chave em português	Palavra-chave em inglês e sinônimos
Melhoria do processo de software	<i>Software process improvement</i> <i>Software process quality</i>
Nível de maturidade	<i>Maturity level</i>
Nível de capacidade	<i>Capability level</i>
Avaliação de maturidade	<i>Maturity assessment</i>
Avaliação de capacidade	<i>Capability assessment</i>
Avaliação do processo de software	<i>Software process assessment</i>
Modelo para avaliação do processo de software	<i>Software process assessment model</i> <i>Software process model</i>
Integração	<i>Integration</i> <i>Integrate</i>
Comparação	<i>Comparison</i> <i>Compare</i>
Mapeamento	<i>Mapping</i>
Harmonização	<i>Harmonization</i> <i>Harmonizing</i>

A busca foi feita apenas em inglês, devido ao fato de que, independentemente da origem dos pesquisadores, a grande maioria dos eventos e

periódicos de nível internacional são publicados neste idioma. As palavras-chaves utilizadas na busca foram escolhidas com o intuito de equilibrar a abrangência e a sensibilidade da pesquisa. A quantidade de palavras-chave visa uma cobertura abrangente de estudos primários. Por outro lado, o uso de muitas palavras-chave caracteriza uma estratégia de alta sensibilidade, segundo definido por Dieste e Pádua [DIE07], onde muitos estudos podem ser encontrados, mas poucos deles efetivamente relevantes para o objeto em estudo. Ao identificar diversas palavras-chave, priorizou-se uma estratégia consciente de alta sensibilidade. Assim, diversos artigos podem ser identificados, com apenas alguns se mostrando relevantes para responder a questão de pesquisa (baixa precisão). A Tabela 7.2 apresenta a lista de bases de dados selecionadas para realização de buscas.

Tabela 7.2- Bases de dados pesquisadas na primeira execução.

Fonte	Nome	Link
F1	IEEEExplore Digital Library	http://ieeexplore.ieee.org/
F2	ACM Digital Library	http://portal.acm.org
F3	SpringerLink	http://springerlink.metapress.com
F4	Science@Direct	http://www.sciencedirect.com/

Para cada base de dados, *strings* de busca foram construídas de acordo com a característica de cada ferramenta de busca em cada biblioteca. A Tabela 7.3 apresenta as *strings* de busca utilizadas.

Tabela 7.3- *Strings* de busca utilizadas.

Fonte	String	Outros parâmetros
S1	((((software process improvement <or> software process quality <or> maturity level <or> capability level <or> maturity assessment <or> capability assessment <or> software process assessment <or> software process assessment model <or> software process model) <and> (integration <or> integrate <or> comparison <or> compare <or> mapping)) <in> metadata)) <and> (pyr >= 1998 <and> pyr <= 2008)	Restrição à Periódicos e anais de conferências
S2	((((integration or integrate or comparison or compare or mapping) and ("software process improvement" or "software process quality" or "maturity level" or "capability level" or "maturity assessment" or "capability assessment" or "software process assessment" or "software process assessment model" or "software process model"))) and (PublishedAs:journal OR PublishedAs:proceeding) and (FtFlag:yes)) Published since January 1998	
S3	"software process improvement" AND integration "software process quality" AND integration "software process improvement" AND comparison "software process quality" AND comparison	Content Type > Journal Articles Language > English Content Status > In Publication Subject > Computer

S4	pub-date > 1997 and ({software process improvement} OR {software process quality} OR {maturity level} OR {capability level} OR {maturity assessment} OR {capability assessment} OR {software process assessment} OR {software process assessment model} OR {software process model}) AND (integration OR integrate OR comparison OR compare OR mapping) AND LIMIT-TO(smi, "5651,5642,5968,5700,5628","Journal of Systems and Software,Information and Software Technology,Information & Management,Computers in Industry,Computer Standards & Interfaces")	Science Publication Date > Between Thursday, January 01, 1998 and Tuesday, May 06, 2008 Subject: Computer Science
----	--	---

Cada uma das *strings* de busca apresentadas na Tabela 7.3 foi então utilizada nos sistemas das bases de dados indicadas na Tabela 7.2. Como resultado, uma grande quantidade de estudos foi encontrada, tal como apresentado na Tabela 7.4.

Tabela 7.4- Quantidade de estudos encontrados por base de dados.

Fonte	Resultados
F1	200
F2	291
F3	187
F4	256
Total	934

Como pode ser observado na Tabela 7.4, a execução da pesquisa resultou em uma quantidade muito grande de estudos (934). Assim, o primeiro passo na seleção de estudos relevantes consistiu-se da leitura do título e do abstract de cada estudo encontrado. Em muitos casos o título e o abstract não forneciam informações suficientes ou apresentavam ambigüidades na redação que dificultavam a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, podendo assim comprometer a decisão sobre sua relevância para a pesquisa. Estes artigos foram então mantidos, postergando a decisão para ser tomada após uma análise mais detalhada. Como resultado, 39 estudos foram pré-selecionados. O segundo passo na seleção de estudos relevantes consistiu-se da leitura de introdução e conclusão dos 39 estudos pré-selecionados. Esta leitura reduziu ainda mais a quantidade de estudos relevantes, levando a uma escolha final de 17 estudos. Estes 17 estudos foram então lidos e analisados na sua completude.

Visando facilitar a análise, cada estudo foi classificado de acordo com dois aspectos. O primeiro aspecto é o objeto de estudo, ou seja, o conteúdo sendo analisado no estudo. Quanto ao objeto de estudo, foram identificadas dois tipos de estudo:

Padrões e modelos para MPS: este tipo se refere aos estudos que tratam do mesmo objeto de estudo tratado nesta pesquisa, ou seja, padrões e modelos para MPS, tais como CMMI, MPS.BR, ISO/IEC 15504 e etc. Esta é o tipo de estudo relacionado mais importante para esta pesquisa, pois apresenta estudos que tratam do mesmo tipo de problema sendo abordado nesta pesquisa;

Processos e metodologias: este tipo inclui estudos que tratam de outros objetos de estudo que, apesar de não estarem diretamente relacionados à esta pesquisa, ainda apresentam de alguma temática semelhante. Aqui estão incluídos estudos que tratam da integração de processos e metodologias, tais como RUP e XP.

O segundo aspecto é o tipo de abordagem adotada no estudo. Quanto ao tipo de abordagem adotada, foram encontrados três tipos de estudos:

Integração com base em metamodelos: este tipo inclui estudos que apresentam abordagens baseadas na criação de metamodelos como principal meio para integração de padrões, modelos para MPS, processos e metodologias.

Integração *ad hoc*: este tipo inclui estudos que apresentam abordagens *ad hoc* para integração de padrões, modelos para MPS, processos e metodologias.

Comparação: este tipo inclui estudos que tratam apenas da comparação e mapeamento entre padrões, modelos para MPS, processos e metodologias.

A partir da combinação dos aspectos analisados, foi possível separar os 17 estudos em cinco categorias. A Tabela 7.5 apresenta a classificação dos estudos nas respectivas categorias de acordo com os aspectos já discutidos.

Nesta primeira execução da revisão sistemática da literatura destacaram-se os trabalhos diretamente relacionados à integração ou a comparação de padrões de qualidade. Estes trabalhos podem ser separados em três tipos. O primeiro tipo trata de integração de padrões de qualidade com o uso de metamodelos. Neste tipo encontram-se os estudos de Marion Lepasaar e Timo Mäkinen [LEP02] e de Gonzales-Perez *et al.* [GON05]. O segundo tipo trata da integração *ad hoc* de padrões de qualidade. Neste tipo encontram-se os estudos de Ibrahim e Pyster [IBR04]; Ferreira *et al.* [FER07]; Trudel *et al.* [TRU06] e Yoo *et al.* [YOO06]. Por fim, o terceiro tipo, tratando apenas da comparação de padrões de qualidade, inclui os trabalhos de Bailetti e Liu [BAI03], Varkoi e Mäkinen [VAR98] e Rout *et al.* [ROU01].

Tabela 7.5- Classificação dos estudos selecionados.

Abordagem Conteúdo	Integração		Comparação
	Baseada em metamodelos	<i>Ad hoc</i>	
Padrões e modelos para MPS	[LEP02] [GON05]	[IBR04] [FER07] [TRU06] [YOO06]	[BAI03] [VAR98] [ROU01]
Metodologias e processos	[HEN02] [HEN05] [MAK07] [CHO06]	[GNA02] [PAR06] [PAR07]	[PIC05]

Além da identificação de trabalhos relacionados a esta tese de doutorado, a primeira realização da revisão sistemática da literatura também proporcionou o aprendizado do pesquisador nesta técnica. Uma lição aprendida foi que todos os trabalhos identificados também estavam indexados na base de dados Scopus. Através de testes realizados nesta base durante a preparação para a segunda execução desta revisão sistemática da literatura, percebeu-se que a qualidade da máquina de busca da mesma é superior as demais, que os mesmos resultados poderiam ser obtidos e que seu uso reduziria a quantidade de strings de busca necessárias. Desta forma, foi adotada apenas esta base para a segunda execução desta revisão sistemática da literatura.

Em virtude do aprendizado obtido na primeira execução da revisão sistemática da literatura também foi possível o aprimoramento do protocolo a ser utilizado na segunda execução. Este aprimoramento também considerou uma recomendação feita pela banca de defesa da proposta de tese de doutorado, que sugeriu a adoção do processo proposto por Silva Filho [SIL06] visando tornar mais clara a execução da pesquisa. Desta forma, nas seções seguintes serão apresentadas as definições do protocolo desenvolvido para a segunda execução da revisão sistemática da literatura.

3. Definição do protocolo

Esta seção apresenta o protocolo do estudo baseado em revisão da literatura. Este protocolo visa orientar a execução desta atividade. Este protocolo é composto das seguintes seções organizadas segundo [SOU08]: contexto, objetivo, questão de pesquisa, escopo, idiomas, método de busca de publicações, procedimentos

de seleção e critérios de inclusão e exclusão, procedimentos de extração de dados, procedimentos para análise, teste e avaliação do protocolo, execução da pesquisa e avaliação dos resultados.

3.1.Contexto

Existem diversos padrões de qualidade relevantes para o trabalho de MPS. As organizações utilizam diversos destes padrões em seus esforços de melhoria da qualidade de software. Em alguns casos, múltiplos padrões de qualidade precisam ser utilizados ao mesmo tempo pelas organizações. Esta revisão sistemática da literatura visa identificar os principais estudos existentes na literatura sobre a integração de padrões de qualidade.

3.2.Objetivo

O objetivo deste estudo foi descrito a partir do paradigma GQM de Basili e Rombach [BAS88], conforme se segue:

Analisar publicações científicas sobre padrões de qualidade para MPS

Com o propósito de identificar abordagens, métodos e processos

Com relação a integração dos padrões de qualidade

Do ponto de vista dos pesquisadores

No contexto acadêmico e industrial.

3.3.Questão de pesquisa

Além de buscar aprofundar o conhecimento sobre os trabalhos já publicados sobre integração de padrões de qualidade, esta revisão sistemática da literatura também possui objetivos específicos. Por isto, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

Questão principal:

Quais são as abordagens propostas para integração de padrões de qualidade para MPS?

Questões secundárias:

1) Quais são os principais problemas relacionados à adoção de múltiplos padrões de qualidade para MPS?

2) Quais são as abordagens propostas para solução dos problemas identificados?

3.4. Escopo

Para delinear o escopo da pesquisa é importante estabelecer critérios para garantir, de forma equilibrada, a viabilidade da execução (custo, esforço e tempo), acessibilidade aos dados e abrangência do estudo [SOU08]. Inicialmente, os seguintes critérios foram adotados para selecionar as fontes de pesquisa: possuir um mecanismo de busca que permita o uso de expressões lógicas; pertencer a uma das editoras listadas no Portal de Periódicos da CAPES; incluir em sua base publicações da área de ciência da computação que possuam relação direta com o tema da pesquisa e permitir o *download* do texto completo das publicações. Posteriormente, em virtude da experiência adquirida com a primeira execução da revisão sistemática da literatura, decidiu-se por utilizar a base de dados Scopus na segunda execução da pesquisa.

3.5. Idiomas

A busca foi feita apenas em inglês, devido ao fato de que, independentemente da origem dos pesquisadores, a grande maioria dos eventos e periódicos de nível internacional são publicados neste idioma.

3.6. Método de busca de publicações

A busca pelas publicações foi realizada através da submissão de expressões de busca na ferramenta de pesquisa da base de dados selecionada para este estudo. Para o desenvolvimento da expressão de busca foram realizados alguns testes visando refiná-la. Estes testes são relatados na seção 4 deste apêndice. Para realizar a busca foi utilizada uma expressão de busca no seguinte formato:

```
(TITLE-ABS-KEY("palavra-chave" OR "palavra-chave") AND ("palavra-chave" OR "palavra-chave")) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "COMP") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "BUSI") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "MULT"))
```

3.7.Procedimentos de seleção e critérios

A seleção dos estudos foi realizada em três etapas:

1 - Seleção e catalogação preliminar dos dados coletados: A seleção preliminar das publicações foi feita a partir da aplicação da expressão de busca à fonte selecionada. Cada publicação foi catalogada em um instrumento de controle para posterior análise.

2 - Seleção dos dados relevantes (1º filtro). A seleção preliminar com uso da expressão de busca não garante que todo o material coletado seja útil no contexto da pesquisa, pois a aplicação das expressões de busca é restrita ao aspecto sintático. Assim, após a identificação das publicações através de mecanismos de buscas, os resumos foram lidos e analisados seguindo os critérios de inclusão e exclusão identificados a seguir:

- Os estudos devem estar escritos em Inglês;
- Os estudos devem estar publicados em versões completas e disponíveis para download;
- Os estudos devem apresentar relação com as questões de pesquisa apresentadas na seção 3.3;
- Estudos publicados apenas como *posters* ou abstracts serão excluídos;

3 - Seleção dos dados relevantes (2º filtro). Apesar de limitar o universo da busca, o 1º filtro empregado não garante que todo o material coletado seja útil no contexto da pesquisa. Neste sentido, as publicações devem ser lidas completamente para verificar se atendem pelo menos um dos critérios definidos.

3.8.Procedimentos para extração de dados

De cada uma das publicações aprovadas pelo processo de seleção, os seguintes dados devem ser obtidos:

- Dados da publicação:
 - Título

- Autor(es)
- Data da publicação
- Referência completa;
- Resumo da publicação;
- Versão em PDF da publicação.

3.9.Procedimentos para análise

A análise dos dados foi feita tanto quantitativa como qualitativamente. A análise quantitativa foi realizada por meio da extração direta dos dados a partir da base de dados com os registros das publicações retornados. Esta análise fornece o número de publicações selecionadas. A análise qualitativa utilizou como base os dados quantitativos para realizar considerações com o intuito de discutir os resultados da busca com relação às questões de pesquisa declaradas.

4. Teste e avaliação do protocolo

Para o desenvolvimento da expressão de busca vários testes foram realizados. Estes testes tiveram o propósito de garantir que os resultados obtidos seriam adequados aos propósitos deste estudo. Através da pesquisa preliminar foram definidos artigos de controle que serviriam para verificar a execução da expressão de busca. Os artigos de controle são listados na Tabela 7.6.

Tabela 7.6- Artigos de controle.

Referência	Título	Autor(es)
[LEP02]	Integrating Software Process Assessment Models using a Process Meta Model	Lepasaar, M.; Mäkinen, T.
[FER10]	Size and Complexity Attributes for Multimodel Improvement Framework Taxonomy	Ferreira, A.L., Machado, R.J., Paulk, M.C.
[PAR11]	An ontology for the harmonization of multiple standards and models.	Pardo, C., Pino, F.J., García, F., Piattini, M., Baldassarre, M.T.
[BAL09]	Comparing ISO/IEC 12207 and CMMI-DEV: towards a mapping of ISO/IEC 15504-7	Baldassarre, M.T., Piattini, M., Pino, F.J., Visaggio, G.

A primeira versão da expressão de busca foi a seguinte:

(TITLE-ABS-KEY("Software process improvement" OR " Software process quality" OR "software process assessment model" OR

"software process model" OR "software process quality standard") AND ("integration" OR "integrate" OR "comparison" OR "compare" OR "mapping" OR "Harmonizing" OR "Harmonization"))

A execução desta primeira versão da expressão de busca resultou em um total de 430 publicações. Todos os artigos de controle foram encontrados. Entretanto, verificou-se que muitas das publicações encontradas não eram relevantes para o trabalho. Verificou-se que das 430 publicações, 353 eram da área de ciência da computação e 30 da área de negócios e administração. Os demais eram da engenharia, matemática, bioquímica, ciências sociais e agricultura. Quanto ao idioma, foi constatado que 417 artigos estavam em inglês, sendo os demais em outros idiomas, tais como chinês e japonês. Quanto ao ano de publicação, foi constatado que 36 artigos tinham mais de 10 anos de sua publicação. Assim, decidiu-se pela limitação apenas às áreas de ciência da computação e negócios e administração, somente artigos em inglês e somente artigos publicados a partir de 2001. Também foram verificados e corrigidos os parênteses da expressão de busca para garantir que seriam retornados apenas artigos que tratassem tanto de padrões de qualidade quanto da integração entre eles. Assim, a seguinte expressão de busca foi adotada:

TITLE-ABS-KEY(("Software process improvement" OR "Software process quality" OR "software process assessment model" OR "software process model" OR "software process quality standard") AND ("integration" OR "integrate" OR "comparison" OR "compare" OR "mapping" OR "Harmonizing" OR "Harmonization")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "COMP") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "BUSI") OR LIMIT-TO(SUBJAREA, "MULT")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO(PUBYEAR, 2011) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2010) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2009) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2008) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2007) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2006) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2005) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2004) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2003) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2002) OR LIMIT-TO(PUBYEAR, 2001))

A execução da segunda versão da expressão de busca resultou em 147 publicações. Novamente, todos os artigos de controle foram localizados. Assim, esta versão da expressão de busca foi considerada adequada para a execução da pesquisa.

5. Execução da pesquisa

Após a realização dos testes e avaliação do protocolo a execução da pesquisa foi realizada. A execução da expressão de busca caracterizou a primeira etapa dos procedimentos de seleção descritos na seção 3.7 e retornou 147 publicações. Após isto, o título e o resumo de cada publicação foram lidos, com aplicação dos critérios apresentados na Seção 3.7.

Após a leitura e avaliação dos títulos e dos resumos das publicações encontradas, foram selecionadas 10 publicações, além das 4 publicações de controle. As demais não passaram nos critérios da segunda etapa (131 publicações) ou eram publicações do próprio autor desta tese de doutorado (2).

As 10 publicações foram então lidas em sua completude. Destas, 3 foram selecionadas e 7 não passaram na terceira etapa, pois não atendiam pelo menos um dos critérios definidos. Os resultados são apresentados na seção 6.

6. Avaliação dos resultados da pesquisa

Após a leitura dos trabalhos identificados, foi possível avaliar as respostas para as questões de pesquisa propostas. A primeira questão secundária visava identificar quais são os principais problemas relacionados à adoção de múltiplos padrões de qualidade para MPS. Podemos elencar os seguintes problemas identificados nas publicações selecionadas:

- Diversidade de vocabulário utilizado pelos padrões de qualidade [LEP02], [IBR04], [YOO06], [FAL09] e [PAR11];
- Diversidade de estruturas utilizadas na representação dos padrões de qualidade [VAR98], [LEP02], [IBR04], [YOO06] e [KEL11];
- Diversidade de níveis de abstração adotados nos padrões de qualidade [BAL09] e [FER10];
- Diferenças de granularidade nos componentes comparados entre múltiplos padrões de qualidade [BAL11], [PAR11] e [ROU01];

- Dificuldade de rastreabilidade entre ativos de processo e as práticas ou exigências que compõem os padrões de qualidade [YOO06] e [KEL11];
- Subjetividade na identificação de equivalências entre os componentes comparados [YOO06], [BAL09] e [BAL11];
- Dificuldade de balanceamento entre completude versus over-especificação dos mapeamentos [KEL11];
- Limitada replicabilidade dos mapeamentos [KEL11];

A segunda questão de pesquisa proposta visava identificar quais são as abordagens propostas para solução dos problemas identificados. Três tipos de abordagens podem ser observadas na literatura. O primeiro tipo trata de estudos sobre a integração de padrões de qualidade que contribuem para a formalização da área. Neste tipo encontram-se os estudos que propõem metamodelos ou ontologias, tais como os estudos de Marion Lepasaar e Timo Mäkinen [LEP02], de Gonzales-Perez [GON05], Falbo e Bertolo [FAL09] e Pardo [PAR11]. O segundo tipo trata da integração de padrões de qualidade, mas sem propor algum tipo de formalismo. Neste tipo encontram-se os estudos de Ibrahim e Pyster [IBR04]; Ferreira [FER07]; Trudel [TRU06], Yoo [YOO06] e Baldassarre [BAL11]. Por fim, o terceiro tipo, tratando da comparação de padrões de qualidade, inclui os trabalhos de Rout [ROU01], Bailetti e Liu [BAI03], Varkoi e Mäkinen [VAR98], Baldassarre [BAL09], Ferreira [FER10] e Kelemen [KEL11].

Por fim, a questão de pesquisa principal visava identificar quais são as abordagens propostas para integração de padrões de qualidade para MPS. Como resultado da revisão sistemática da literatura foi possível identificar uma série de abordagens para integração de padrões de qualidade para MPS, respondendo assim parcialmente a esta questão de pesquisa. O resultado da análise destas abordagens é apresentado no capítulo 2 desta tese de doutorado. A tabela 7.7 apresenta a relação de publicações encontradas na segunda execução da revisão sistemática da literatura, indicando quais foram selecionadas após a realização da 2ª e da 3ª etapas de filtragem de publicações.

Tabela 7.7- Publicações identificadas na segunda execução.

Autores	Títulos	Ano	2ª etapa	3ª etapa
Baldassarre, M.T., Caivano, D., Pino, F.J., Piattini, M., Visaggio, G.	Harmonization of ISO/IEC 9001:2000 and CMMI-DEV: from a theoretical comparison to a real case application	2011	Sim	Sim
Pardo, C., Pino, F., Garc�a, F., Romero, F.R., Piattini, M., Baldassarre, M.T.	HProcessTOOL: A support tool in the harmonization of multiple reference models	2011	N�o	
[No author name available]	Product-Focused Software Process Improvement - 12th International Conference, PROFES 2011, Proceedings	2011	N�o	
Kelemen, Z.D., Kusters, R., Trienekens, J.	Identifying criteria for multimodel software process improvement solutions - based on a review of current problems and initiatives	2011	Sim	Sim
Salah, D.	A framework for the integration of user centered design and agile software development processes	2011	N�o	
[No author name available]	Software Process Improvement and Capability Determination - 11th International Conference, SPICE 2011, Proceedings	2011	N�o	
Pardo, C., Pino, F.J., Garc�a, F., Piattini, M., Baldassarre, M.T.	An ontology for the harmonization of multiple standards and models	2011	controle	
Van Der Schuur, H., Jansen, S., Brinkkemper, S.	Reducing maintenance effort through software operation knowledge: An eclectic empirical evaluation	2011	N�o	
Mart�nez-Ruiz, T., Garc�a, F., Piattini, M., M�nch, J.	Modelling software process variability: An empirical study	2011	N�o	
Al-Tarawneh, M.Y., Abdullah, M.S., Ali, A.B.M.	A proposed methodology for establishing software process development improvement for small software development firms	2011	N�o	
Liou, J.-C.	On improving CMMI in an immature world of software development	2011	N�o	
De Espindola, R.S., Audy, J.L.N.	A SPEM based software process improvement meta-model	2010	deste autor	
Trujillo, M.M., Ibarguengoitia, G.E., Pino, F.J., Piattini, M.	Supporting software process improvement in very small entities through a template-based guide	2010	N�o	
Pardo, C., Pino, F.J., Garc�a, F., Piattini, M., Baldassarre, T.	A systematic review on the harmonization of reference models	2010	N�o	
Martins, P.V., Da Silva, A.R.	PIT-ProcessM: A Software Process Improvement meta-model	2010	N�o	
Kerzazi, N., Lavall�e, M., Robillard, P.N.	Mapping knowledge into software process	2010	N�o	
Areeprayolkij, W., Limpiyakorn, Y., Gansawat, D.	IDMS: A system to verify component interface completeness and compatibility for product integration	2010	N�o	

Mas, A., Mesquida, A.L., Amengual, E., FluxÀ , B.	ISO/IEC 15504 best practices to facilitate ISO/IEC 27000 implementation	2010	Não	
Benestad, H.C., Anda, B., Arisholm, E.	A method to measure productivity trends during software evolution	2010	Não	
Sulayman, M., Mendes, E.	Software and web process improvement - Predicting SPI success for small and medium companies	2010	Não	
Dounos, P., Bohoris, G.	Factors for the design of CMMI-based software process improvement initiatives	2010	Não	
Ferreira, A.L., Machado, R.J., Paulk, M.C.	Size and complexity attributes for multimodel improvement framework taxonomy	2010	controle	
Van Der Schuur, H., Jansen, S., Brinkkemper, S.	A reference framework for utilization of software operation knowledge	2010	Não	
Niazi, M., Babar, M.A., Verner, J.M.	Software Process Improvement barriers: A cross-cultural comparison	2010	Não	
Winter, J., RÄ¶nkKÄ¶k, K.	SPI success factors within product usability evaluation	2010	Não	
Xiong, B., Jin, M.	A qualitative and quantitative assessment method for software process model	2010	Não	
Jose, A.C.-M., Gonzalo, C., Jezreel, M., Mirna, M., TomÁs, S.F., Á¶ngel, S., Á¶lvaro, R.	Approach to identify internal best practices in a software organization	2010	Não	
O'Connor, R.V., Basri, S., Coleman, G.	Exploring managerial commitment towards SPI in small and very small enterprises	2010	Não	
McLoughlin, F., Richardson, I.	The Rosetta Stone Methodology - A benefits-driven approach to SPI	2010	Não	
Puus, U., Mets, T.	Software development maturity evaluation: Six cases from Estonian SMEs	2010	Não	
McLoughlin, F., Richardson, I.	The Rosetta stone methodology - A benefits driven approach to software process improvement	2010	Não	
[No author name available]	Product-Focused Software Process Improvement - 11th International Conference, PROFES 2010, Proceedings	2010	Não	
[No author name available]	New Modeling Concepts for Today's Software Processes - International Conference on Software Process, ICSP 2010, Proceedings	2010	Não	
Cancian, M.H., Hauck, J.C.R., Von Wangenheim, C.G., Rabelo, R.J.	Discovering software process and product quality criteria in software as a service	2010	Não	
Ivan, G., Carla, P., Gabriel, A.	Applying the psychometric theory to questionnaire-based appraisals for Software Process Improvement	2010	Não	
Sami, A., Fakhrahmad, S.M.	Design-level metrics estimation based on code metrics	2010	Não	
Mujtaba, S., Feldt, R., Petersen, K.	Waste and lead time reduction in a software product customization process with value stream maps	2010	Não	
Dahiya, D.	Delivering a course in software engineering: A Hands on approach	2010	Não	

Mohan, K., Ramesh, B., Sugumaran, V.	Integrating software product line engineering and agile development	2010	Não	
von Wangenheim, C.G., Silva, D.A.d., Buglione, L., Scheidt, R., Prikladnicki, R.	Best practice fusion of CMMI-DEV v1.2 (PP, PMC, SAM) and PMBOK 2008	2010	Sim	Não
Guzmán, J.G., Mitre, H.A., Amescua, A., Velasco, M.	Integration of strategic management, process improvement and quantitative measurement for managing the competitiveness of software engineering organizations	2010	Não	
Sun, Y., Liu, X.(F.)	Business-oriented software process improvement based on CMMI using QFD	2010	Não	
de Oliveira, S.B., Valle, R., Mahler, C.F.	A comparative analysis of CMMI software project management by Brazilian, Indian and Chinese companies	2010	Não	
Kirk, D.C., MacDonell, S.G., Tempero, E.	Modelling software processes - A focus on objectives	2009	Não	
Sun, M.H., Hee, G.Y.	Analysis of relationship among ISO/IEC 15504, CMMI and K-model	2009	Sim	Não
Ferreira, A., Machado, R.	Software process improvement in multimodel environments	2009	Sim	Não
Mongkolnam, P., Silparcha, U., Waraporn, N., Vanijja, V.	A push for software process improvement in Thailand	2009	Não	
Pardo, C., Pino, F.J., García, F., Piattini, M.	Homogenization of models to support multi-model processes in improvement environments	2009	Não	
Baldassarre, M.T., Piattini, M., Pino, F.J., Visaggio, G.	Comparing ISO/IEC 12207 and CMMI-DEV: Towards a mapping of ISO/IEC 15504-7	2009	controle	
De Espindola, R.S., Audy, J.L.N.	An evolutionary approach for quality models integration	2009	deste autor	
Romeu, L., Audy, J., Covatti, A.	Integration method among BSC, CMMI and Six Sigma using GQM to support measurement definition (MIBCIS)	2009	Sim	Não
Akman, B., Demirörs, O.	Applicability of process discovery algorithms for software organizations	2009	Não	
Tosun, A., Bener, A., Turhan, B.	Implementation of a software quality improvement project in an SME: A before and after comparison	2009	Não	
Shaout, A., Chhaya, T.	A modified spiral model using PSP, TSP, and six sigma process model for embedded systems	2009	Não	
Winter, J., Rönkkö, K., Hellman, M.	Reporting usability metrics experiences	2009	Não	
McCaffery, F., Burton, J., Richardson, I.	Improving software risk management in a medical device company	2009	Não	
Pikkarainen, M.	Towards a better understanding of cmmi and agile integration- Multiple case study of four companies	2009	Não	
Sunetnanta, T., Nobprapai, N.-O., Gotel, O.	Quantitative CMMI assessment for offshoring through the analysis of project management repositories	2009	Não	
Soto, M., Ocampo, A., March, J.	Analyzing a software process model repository for understanding model evolution	2009	Não	

García-Magariño, I., Gómez-Rodríguez, A., González-Moreno, J.C.	Definition of process models for agent-based development	2009	Não	
Müller, S.D., Krømmegaard, P., Mathiassen, L.	Managing cultural variation in software process improvement: A comparison of methods for subculture assessment	2009	Não	
De Almeida Falbo, R., Bertollo, G.	A software process ontology as a common vocabulary about software processes	2009	Sim	Sim
Mc Caffery, F., Burton, J., Richardson, I.	Risk management capability model for the development of medical device software	2009	Não	
Björnson, F.O., Wang, A.I., Arisholm, E.	Improving the effectiveness of root cause analysis in post mortem analysis: A controlled experiment	2009	Não	
Mc Caffery, F., Pikkariainen, M., Richardson, I.	AHAA-agile, hybrid assessment method for automotive, safety critical SMEs	2008	Não	
Inchaiwong, L., Sajeev, A.S.M., Huang, X., Ramingwong, S.	A comparison of software process models	2008	Não	
Akingbehin, K.	Baseline-based framework for continuous software process improvement (CSPI)	2008	Não	
Nazar, S., Abbasi, E.	CMMI and OPM3: Are they compatible?	2008	Não	
Habib, M., Ahmed, S., Rehmat, A., Khan, M.J., Shamail, S.	Blending six sigma and CMMI - An approach to accelerate process improvement in SMES	2008	Sim	Não
Medina-Domínguez, F., Saldaña-Ramos, J., Mora-Soto, A., Sanz-Esteban, A., Sanchez-Segura, M.-I.	A collaborative framework to support software process improvement based on the reuse of process assets	2008	Não	
[No author name available]	ICEIS 2008 - Proceedings of the 10th International Conference on Enterprise Information Systems	2008	Não	
[No author name available]	ICEIS 2008 - Proceedings of the 10th International Conference on Enterprise Information Systems	2008	Não	
Xiaosong, Z., Zhen, H., Min, Z., Jing, W., Dainuan, Y.	Process integration of six sigma and CMMI	2008	Sim	Não
Farooq, A., Dumke, R.R.	Developing and applying a consolidated evaluation framework to analyze test process improvement approaches	2008	Não	
Björnson, F.O., Dingsyr, T.	Knowledge management in software engineering: A systematic review of studied concepts, findings and research methods used	2008	Não	
Suwanya, S., Kurutach, W.	An analysis of software process improvement for sustainable development in Thailand	2008	Não	
Díaz-Ley, M., García, F., Piattini, M.	MIS-PyME software measurement maturity model-supporting the definition of software measurement programs	2008	Não	

Deprez, J.-C., Alexandre, S.	Comparing Assessment Methodologies for Free/Open Source Software: OpenBRR and QSOS	2008	Não	
Singh, Y., Kaur, A., Malhotra, R.	Predicting software fault proneness model using neural network	2008	Não	
Armbrust, O., Katahira, M., Miyamoto, Y., MÄ¼nch, J., Nakao, H., Ocampo, A.	Scoping software process models - Initial concepts and experience from defining space standards	2008	Não	
Burton, J., McCaffery, F., Richardson, I.	Improving software risk management practices in a medical device company	2008	Não	
Nyffjord, J., Kajko- Mattsson, M.	Degree of agility in pre-implementation process phases	2008	Não	
Soto, M., Ocampo, A., Mulnch, J.	The secret life of a process description: A look into the evolution of a large process model	2008	Não	
Park, E.-J., Kim, H.- K., Lee, R.Y.	Software repository for software process improvement	2008	Não	
Lee, S.W., Kim, H.K., Lee, R.Y.	Enterprise process model for extreme programming with CMMI framework	2008	Não	
Carvalho, J.P., Franch, X., Quer, C.	Supporting CMMI Level 2 SAM PA with non-technical features catalogues	2008	Não	
Vargas, H.C., Oktaba, H., Guardati, S., Laureano, A.L.	Agents, case-based reasoning and their relation to the Mexican Software Process Model (MoProSoft)	2007	Não	
Zhang, H., Kitchenham, B., Jeffery, R.	A framework for adopting software process simulation in CMMI organizations	2007	Não	
Park, E.-J., Kim, H.- K., Lee, R.Y.	Frameworks of integration repository for software process improvement using SOA	2007	Não	
Park, Y., Choi, H., Baik, J.	A framework for the use of Six Sigma tools in PSP/TSP	2007	Não	
[No author name available]	Software Process Improvement: 14th European Conference, EuroSPI 2007, Proceedings	2007	Não	
Miller, P.	An SEI process improvement path to software quality	2007	Não	
MÄ¼kinen, T., Varkoi, T., Soini, J.	Integration of software process assessment and modeling	2007	Sim	Não
[No author name available]	Proceedings - SERA 2007: Fifth ACIS International Conference on Software Engineering Research, Management, and Applications	2007	Não	
Van De Weerd, I., Brinkemper, S., Versendaal, J.	Concepts for incremental method evolution: Empirical exploration and validation in requirements management	2007	Não	
Garcia, I., Calvo- Manzano, J.A., Gonzalo, C., Tomas, S.F.	Determining practice achievement in project management using a two-phase questionnaire on small and medium enterprises	2007	Não	
Wan, J., Wang, Y., Zheng, C.	Research on IT service management knowledge support structure	2007	Não	
Halminen, J., Nevalainen, R.	Qualification Of Safety-critical Systems in TVO nuclear power plants	2007	Não	
Niazi, M., Wilson, D., Zowghi, D.	Organisational readiness and software process improvement	2007	Não	

McCaffery, F., Coleman, G.	Developing a configuration management capability model for the medical device industry	2007	Não	
Staples, M., Niazi, M., Jeffery, R., Abrahams, A., Byatt, P., Murphy, R.	An exploratory study of why organizations do not adopt CMMI	2007	Não	
Aaen, I., Bj�rjesson, A., Mathiassen, L.	SPI agility: How to navigate improvement projects	2007	Não	
Rol�n, E., Ruiz, F., Garc�a, F., Piattini, M.	Towards a suite of metrics for business process models in BPMN	2006	Não	
Phongpaibul, M., Boehm, B.	An empirical comparison between pair development and software inspection in Thailand	2006	Não	
McCaffery, F., O'Connor, R., Coleman, G.	Developing a configuration management model for use in the medical device industry	2006	Não	
Xu, H., Sawyer, P., Sommerville, I.	Requirement process establishment and improvement from the viewpoint of cybernetics	2006	Não	
Li, J., Bj�rnson, F.O., Conradi, R., Kampenes, V.B.	An empirical study of variations in COTS-based software development processes in the Norwegian IT industry	2006	Não	
Niazi, M.	Software process improvement: A road to success	2006	Não	
Auvinen, J., Back, R., Heidenberg, J., Hirkman, P., Milovanov, L.	Software process improvement with agile practices in a large telecom company	2006	Não	
Montoni, M., Santos, G., Rocha, A.R., Figueiredo, S., Cabrai, R., Barcellos, R., Barreto, A., Scares, A., Cerdeiral, C., Lupo, P.	Taba workstation: Supporting software process deployment based on CMMI and MR-MPS.BR	2006	Não	
Song, K.W., Kim, H.K., Lee, K.W.	Design of opportunity tree for organization's process strategy decision-making based on SPICE assessment experience	2006	Não	
Houston, D.	An experience in facilitating process improvement with an integration problem reporting process simulation	2006	Não	
Boehm, B.	The future of software processes	2006	Não	
Biffel, S., Winkler, D., H�hn, R., Wetzels, H.	Software process improvement in Europe: Potential of the new V-Modell XT and research issues	2006	Não	
Feh�r, P., G�jbor, A.	The role of knowledge management supporters in software development companies	2006	Não	
Cater-Steel, A., Toleman, M., Rout, T.	Process improvement for small firms: An evaluation of the RAPID assessment-based method	2006	Não	
Huang, S.-J., Han, W.-M.	Selection priority of process areas based on CMMI continuous representation	2006	Não	
J�rgensen, M., Mol�kken-�stved, K.	How large are software cost overruns? A review of the 1994 CHAOS report	2006	Não	
Moe, N.B., Dyba�, T.	The use of an electronic process guide in a medium-sized software development company	2006	Não	

Lehtola, L., Kauppinen, M.	Suitability of requirements prioritization methods for market-driven software product development	2006	Não	
[No author name available]	Software Engineering Research and Applications - Second International Conference, SERA 2004, Revised Selected Papers	2005	Não	
[No author name available]	Product Focused Software Process Improvement: 6th International Conference, PROFES 2005. Proceedings	2005	Não	
McCaffery, F., McFall, D., Wilkie, F.G.	Improving the express process appraisal method	2005	Não	
Taipale, V., Taramaa, J.	Process improvement solution for co-design in radio base station DSP SW	2005	Não	
Sharp, H., Woodman, M., Hovenden, F.	Using metaphor to analyse qualitative data: Vulcans and humans in software development	2005	Não	
Kettunen, P., Laanti, M.	How to steer an embedded software project: Tactics for selecting the software process model	2005	Não	
Carvalho, L., Scott, L., Jeffery, R.	An exploratory study into the use of qualitative research methods in descriptive process modelling	2005	Não	
Hansen, B., Kautz, K.	Knowledge mapping: A technique for identifying knowledge flows in software organisations	2004	Não	
Kinnula, A., Kinnula, M.	Comparing global (multi-site) SPI program activities to SPI program models	2004	Não	
Salo, O.	Improving software process in agile software development projects: Results from two XP case studies	2004	Não	
Ruiz, M., Ramos, I., Toro, M.	Using dynamic modeling and simulation to improve the COTS software process	2004	Não	
Gorschek, T., Wohlin, C.	Packaging software process improvement issues: A method and a case study	2004	Não	
Kirk, D., Tempero, E.	A flexible software process model	2004	Não	
Ruiz, M., Ramos, I., Toro, M.	An integrated framework for simulation-based software process improvement	2004	Não	
Ahmed-Nacer, M.	Evolution of software processes and of their models: A multiple strategy approach	2004	Não	
Regner, P., Wiesinger, T., Kulning, J., Wagner, R.	Towards a process model for efficient advertised bidding in the field of software projects	2003	Não	
Beck, A.	Usage specification and statistical testing	2003	Não	
Ashrafi, N.	The impact of software process improvement on quality: In theory and practice	2003	Não	
Harter, D.E., Slaughter, S.A.	Quality improvement and infrastructure activity costs in software development: A longitudinal analysis	2003	Não	
Stensrud, E., Myrtveit, I.	Identifying high performance ERP projects	2003	Não	
Baddoo, N., Hall, T.	De-motivators for software process improvement: An analysis of practitioners' views	2003	Não	
Ebert, C., De Man, J.	e-R&D - Effectively managing process diversity	2002	Não	
Gruhn, V., Schäffpe, L.	Software processes for the development of electronic commerce systems	2002	Não	
Lepasaar, M., Mäkinen, T.	Integrating software process assessment models using a process meta model	2002	controle	
O'Connor, R., Coleman, G.	Strategies for personal process improvement a comparison	2002	Não	

Wilson, D.N., Hall, T., Baddoo, N.	A framework for evaluation and prediction of software process improvement success	2001	Não	
Breu, R., Huber, W., Schwerin, W.	A conformity model of software processes	2001	Não	

7. Referências

- [BAI03] Bailetti, A. J.; Liu, J. "Comparing Software Development Processes Using Information Theory". In: Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, 2003, pp. 309-315.
- [BAL09] Baldassarre, M. T.; Piattini, M.; Pino, F. J.; Visaggio, G. "Comparing ISO/IEC 12207 and CMMI-DEV: towards a mapping of ISO/IEC 15504-7". In: 2009 ICSE Workshop on Software Quality, 2009, pp. 59-64.
- [BAL11] Baldassarre, M. T.; Caivano, D.; Pino, F. J.; Piattini, M.; Visaggio, G. "Harmonization of ISO/IEC 9001:2000 and CMMI-DEV: from a theoretical comparison to a real case application". Software Quality Journal 20, no. 2, 2012, pp. 309-335.
- [BAS88] Basili, V.; Rombach, H. "The Tame Project: Towards Improvement-Oriented Software Environments". IEEE Transactions on Software Engineering, v.14, n. 6, 1988, pp. 758-773.
- [CHO06] Choi, Y.; Ha, S. J.; Kim, J. S. "Eclipse-Based Management System for Process Innovation & Methodology Enhancement". In: The 8th International Conference in Advanced Communication Technology, 2006, pp. 155-159.
- [DIE07] Dieste, O., Padua, A. G. "Developing Search Strategies for Detecting Relevant Experiments for Systematic Reviews". In: International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), 2007, pp. 215-224.
- [FER07] Ferreira, A. I. F.; Santos, G.; Cerqueira, R.; Montoni, M.; Barreto, A.; Barreto, A. O. S.; Rocha, A. R. C. "Applying ISO 9001:2000, MPS.BR and CMMI to Achieve Software Process Maturity: BL Informatica's Pathway". In: Proceedings of the 29th International Conference on Software Engineering, 2007, pp. 642-651.
- [FER10] Ferreira, A. L.; Machado, R. J.; Paulk, M. C. "Size and Complexity Attributes for Multimodel Improvement Framework Taxonomy". In: Proceedings of the 36th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications, 2010, pp. 306-309.
- [GON05] Gonzalez-Perz, C.; McBride, T.; Henderson-Sellers, B. "A Metamodel for Assessable Software Development Methodologies". Software Quality Journal 13, no. 2, 2005, pp. 195-214.

- [GNA02] M. Gnatz, F. Marschall, G. Popp, A. Rausch, W. Schwerin, "Towards a Tool Support for a Living Software Development Process," *hicss*, vol. 3, pp.92, 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'02)-Volume 3, 2002
- [HEN02] Henderson-Sellers, B. "Process Metamodelling and Process Construction: Examples Using the OPEN Process Framework (OPF)". Kluwer Academic Publishers. *Annals of Software Engineering* 14, 2002, pp. 341-362.
- [HEN05] Henderson-Sellers, B.; Gonzalez-Perz, C. "A Comparison of four process metamodels and the creation of a new generic standard". Elsevier, *Information and Software Technology* 47, 2005, pp. 49-65.
- [IBR04] Ibrahim, L.; Pyster, A. "A Single Model for Process Improvement: Lessons Learned at the US Federal Aviation Administration". IEEE, *IT PRO* May / Jun 2004, pp. 43-49.
- [KIT04] Kitchenham, B. A. "Procedures for Performing Systematic Reviews". Technical Report, Keele Univeristy, 2004.
- [LEP02] Lepasaar, M.; Mäkinen, T. "Integrating Software Process Assessment Models using a Process Meta Model". In: *IEMC '02 - IEEE International Engineering Management Conference*, Vol 1, 2002, pp 224-229.
- [MAK07] Mäkinen, T.; Varkoi, T.; Soini, J. "Integration of Software Assessment and Modeling". In: *Proceedings of the PUCMET*, 2007, pp. 2476-2481.
- [PAR06] Park, Y., Park, H., Choi, H., Baik, J. A study on the application of six sigma tools to PSP/TSP for process improvement. *Proceedings - 5th IEEE/ACIS Int. Conf. on Comput. and Info. Sci., ICIS 2006*. pp. 174-179. 2006.
- [PAR07] Park, Y., Choi, H., Baik, J. A framework for the use of Six Sigma tools in PSP/TSP. *Proceedings - SERA 2007: Fifth ACIS International Conference on Software Engineering Research, Management, and Applications 2007*, pp. 807-814. 2007.
- [PAR11] Pardo, C.; Pino, F. J.; García, F.; Piattini, M.; Baldassarre, M. T. "An ontology for harmonization of multiple standards and models". *Computer Standards & Interfaces Journal*, 2011, pp. 48-59.
- [PIC05] Pickerill, J. "Implementing CMMI in a Six Sigma World." In: *17th Software Engineering Process Group Conference (SEPG'05)*, Seattle, USA, 2005.
- [ROU01] Rout, T. P.; Tuffley, A.; Cahill, B. "Capability Maturity Model Integration Mapping to ISO/IEC TR 15504-2:1998". *Relatório Técnico*, Software Quality Institute, Griffith University, Austrália, 2001, Disponível on-line em: <http://www.sqi.gu.edu.au/cmimi/report/docs/MappingReport.pdf>. Acesso em outubro de 2007. 14p.

- [SIL06] Silva Filho, R. C.; Rocha, A. R. C.; Travassos, G. H. "Uma Abordagem para Avaliação de Propostas de Melhoria em Processos de Software". In: CTD-QS - Concurso de Teses e Dissertações em Qualidade de Software, 2007, Ipojuca, Pernambuco. VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software. Brasília : Sociedade Brasileira de Computação, 2007. p. 485-499.
- [SOU08] Souza, G. S. "Ambientes de Engenharia de Software Orientados a Corporação". Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2008, 319p.
- [TRU06] Trudel, S.; Lavoie, J.; Paré, M. "PEM: The small company-dedicated software process quality evaluation method combining CMMI and ISO/IEC 14598". Springer, Software Quality Journal 14, 2006, pp. 7-23.
- [VAR98] Varkoi, T.; Mäkinen, T. "Case Study Of CMM And SPICE Comparison In Software Process Assessment". In: Engineering and Technology Management, 1998. Pioneering New Technologies: Management Issues and Challenges in the Third Millennium. IEMC'98 Proceedings. International Conference on, IEEE, 1998, pp. 477-482.
- [YOO06] Yoo, C.; Yoon, J.; Lee, B.; Lee, C., Lee, J.; Hyun, S.; Wu, C. "A unified model for the implementation of both ISO 9001:2000 and CMMI by ISO-certified organizations". The Journal of Systems and Software 79, 2006, pp. 954-961.

Apêndice B - Survey

As organizações brasileiras, especialmente as governamentais, vêm exigindo cada vez mais que seus fornecedores comprovem sua capacidade e a qualidade de seus processos. Isto tem motivado a adoção de diversos instrumentos de qualidade, tais como padrões e modelos de qualidade de processos e serviços. Este cenário cria novos tipos de relacionamentos entre as diversas iniciativas, as organizações e os problemas cotidianos de TI. Visando explorar e compreender estes relacionamentos, uma pesquisa quantitativa foi conduzida entre 260 participantes de um evento sobre qualidade realizado no Brasil em 2006. Esta seção apresenta resultados desta pesquisa.

A estratégia de pesquisa utilizada foi a pesquisa *survey*. A *survey* utilizou dados primários, ou seja, obtidos especialmente para atender às necessidades da pesquisa. A unidade de análise é o respondente. A coleta de dados foi feita através de questionário de auto-preenchimento.

A população é formada por organizações brasileiras com foco em melhoria da qualidade de software e gestão de serviços de TI. A amostra, obtida por conveniência, consiste de membros de organizações que participaram de um evento sobre qualidade de software e de serviços ocorrido em 2006. O evento é significativo considerando-se o número de participantes (cerca de 500) de todo o país, a presença de palestrantes conhecidos e o fato de ser um dos maiores eventos nesta área a realizar-se no Brasil. Assim, considera-se legítima a escolha do evento para o contato com a amostra.

O formulário foi distribuído entre os participantes e os pesquisadores permaneceram a disposição para o esclarecimento de dúvidas. Foram analisados 220 formulários de um total de 260 que responderam. Os demais não foram considerados devido a ocorrência de uma grande quantidade de questões não respondidas, demonstrando assim uma possível desatenção dos respondentes ao preencher o formulário.

A seção 1 apresenta a análise dos dados referentes aos problemas enfrentados pelas organizações de TI. A seção 2 apresenta a análise sobre a importância, o conhecimento e a etapa de adoção de diversos instrumentos de qualidade. A seção 3 apresenta o impacto da adoção dos instrumentos de qualidade na incidência dos problemas de TI.

1. Problemas de TI

Para um melhor entendimento dos problemas que afetam a gestão da TI, foi elaborada a questão 1 (Q1). Os respondentes receberam uma lista com treze possíveis problemas, onde, para cada problema listado, deveria ser indicado se ele era, de fato, um problema enfrentado pela empresa em que o respondente atuava.

A Tabela 7.8 apresenta as freqüências relativas para cada problema identificado (em relação ao total de cada linha). Os problemas foram numerados de Q1.1 a Q1.13. Esta mesma numeração será utilizada na sessão 4.2.3, mas o enunciado dos problemas não será repetido. Nesta tabela, as respostas assinaladas como “Discordo Totalmente” e “Discordo” foram agrupadas como “Discordo”. De forma similar, as respostas assinaladas como “Concordo” e “Concordo totalmente” foram agrupadas como “Concordo”. Desta forma, pode-se ter uma visão geral do percentual de pessoas que concordam e que discordam que suas empresas enfrentam os problemas de TI listados. Com base na Tabela 7.8 pode-se afirmar, por exemplo, que 75,8% dos respondentes discordam que a baixa disponibilidade das aplicações de TI é um problema que as organizações enfrentam.

Tabela 7.8- Freqüências relativas dos treze problemas pesquisados.

Problemas de TI	Discordo %	Concordo %	Total %
Q1.1. Ausência de processo formal de tomada de decisões	60.4	39.6	100.0
Q1.2. Ausência de alinhamento claro entre as ações de TI e os objetivos estratégicos da empresa	59.0	41.0	100.0
Q1.3. Ausência de conhecimento quantitativo de desempenho (produtividade, qualidade, prazos históricos, etc.)	36.1	63.9	100.0
Q1.4. Qualidade e desempenho de fornecedores não correspondentes às expectativas	35.5	64.5	100.0
Q1.5. Atrasos freqüentes em projetos de TI	31.8	68.2	100.0
Q1.6. Baixa qualidade dos produtos de TI	63.2	36.8	100.0
Q1.7. Alto custo da área de TI	38.4	61.6	100.0
Q1.8. A TI não é tratada internamente como uma “prestadora de serviços”	55.3	44.7	100.0
Q1.9. Baixa disponibilidade de sistemas e aplicações de TI	75.8	24.2	100.0
Q1.10. Falta de foco no cliente (interno/externo)	62.4	37.6	100.0
Q1.11. Alto <i>turnover</i> dos profissionais de TI	52.5	47.5	100.0
Q1.12. Equipes e profissionais desmotivados ou desalinhados dos objetivos estratégicos	52.2	47.8	100.0

Q1.13. Ausência de empresas e profissionais com compreensão integrada dos problemas e possíveis soluções	35.5	64.5	100.0
--	------	------	-------

Esta análise mostra que os atuais problemas não são de origem técnica ou de entendimento do que a TI deve fazer, mas sim, problemas de gestão, seja de gestão de qualidade baseada em análises quantitativas, interface com fornecedores, gestão de projetos, gestão financeira ou de compreensão da TI em relação à organização.

2. Instrumentos de Qualidade

Esta dimensão da pesquisa buscava coletar dados quanto à percepção dos respondentes sobre os instrumentos de qualidade utilizados pelas organizações. Foram realizadas perguntas sobre o conhecimento, o grau de importância e a etapa de adoção do instrumento na organização onde o respondente trabalhava. Para isto foi apresentada a seguinte lista de instrumentos: PNQ, ISO 9001:2000, COBIT, eSCM, People CMM, ITIL, CMMI, OPM3 e Six Sigma.

A primeira questão buscava medir qual o grau de conhecimento existente na organização sobre cada um dos instrumentos. Os respondentes foram instruídos a escolher, para cada instrumento, uma das seguintes opções quanto ao grau de conhecimento: nenhum conhecimento, pouco conhecimento, bom conhecimento ou expert no assunto. A Tabela 7.9 apresenta as freqüências relativas das respostas.

Tabela 7.9- Grau de conhecimento sobre os instrumentos de qualidade.

Instrumento de qualidade	Nenhum conhecimento (%)	Pouco conhecimento (%)	Bom conhecimento (%)	Expert no assunto (%)	Respostas
PNQ	24.4	40.1	29.4	6.1	197
ISO9001:2000	8.2	26.7	41.5	23.6	195
COBIT	19.8	49.2	25.4	5.6	197
eSCM	53.6	33.3	12.5	0.5	192
People CMM	28.1	39.8	27.6	4.6	196
ITIL	9.7	33.3	45.6	11.3	195
CMMI	2.0	17.1	51.3	29.6	199
OPM3	37.6	41.3	19.0	2.1	189
Six Sigma	15.4	48.7	27.7	8.2	195

Os resultados indicam que, na percepção dos respondentes, o CMMI é o instrumento de qualidade mais conhecido nas suas organizações, seguido por ISO9001 e

ITIL. Por outro lado, os resultados indicam que, na percepção dos respondentes, o eSCM é o menos conhecido dos instrumentos de qualidade, seguido por OPM3 e People CMM.

A segunda questão buscava medir qual o grau de importância atribuído na organização para cada um dos 9 instrumentos. Os respondentes foram instruídos a escolher, para cada instrumento, uma das seguintes opções quanto ao grau de importância do instrumento para a organização: sem importância, importante, muito importante. A Tabela 7.10 apresenta as frequências relativas das respostas.

Tabela 7.10- Grau de importância dos instrumentos de qualidade.

Instrumento de qualidade	Sem importância (%)	Importante (%)	Muito importante (%)	Respostas
PNQ	38.8	46.4	14.8	183
ISO9001:2000	21.0	43.6	35.4	181
COBIT	24.3	57.1	18.6	177
eSCM	41.6	50.6	7.8	166
People CMM	22.2	56.8	21.0	176
ITIL	10.6	46.7	42.8	180
CMMI	1.1	28.3	70.7	184
OPM3	31.5	48.8	19.6	168
Six Sigma	18.4	57.5	24.0	179

Os resultados indicam que, na percepção dos respondentes, o CMMI é o mais importante dentre os instrumentos de qualidade apresentados, seguido por Six Sigma, COBIT e People CMM. Por outro lado, os resultados indicam que, na percepção dos respondentes, o eSCM é o menos importante dentre os instrumentos de qualidade apresentados, seguido por PNQ e OPM3.

A terceira questão buscava medir qual a etapa de adoção de cada um dos 9 instrumentos na organização. Os respondentes foram instruídos a responder, para cada instrumento, uma das seguintes opções quanto à etapa de adoção do instrumento na organização: não iremos implementar/adotar, Estamos planejando ou em implementação/adoção. A Tabela 7.11 apresenta as frequências relativas das respostas.

Tabela 7.11- Etapa de adoção dos instrumentos de qualidade.

Instrumento de qualidade	Não iremos implementar ou adotar (%)	Em planejamento (%)	Em implementação ou adoção (%)	Respostas
PNQ	61.4	25.1	13.5	171
ISO9001:2000	36.6	19.3	44.1	161

COBIT	47.6	37.3	15.1	166
eSCM	70.3	27.7	1.9	155
People CMM	52.1	35.6	12.3	163
ITIL	23.2	48.2	28.6	168
CMMI	6.5	32.4	61.2	170
OPM3	55.7	38.6	5.7	158
Six Sigma	41.5	39.6	18.9	164

Os resultados indicam que, na percepção dos respondentes, o CMMI é o mais adotado dentre os instrumentos de qualidade apresentados, seguido por ISO9001 e ITIL. Também indicam que a maioria das organizações não tem planos de adoção para eSCM, PNQ e OPM3. É possível observar também um alinhamento entre as respostas das três questões. O CMMI apresenta-se como o instrumento de qualidade mais conhecido, de maior importância e mais adotado dentre os instrumentos de qualidade apresentados, enquanto que o eSCM é o menos conhecido, de menor importância e menos adotado dos instrumentos de qualidade apresentados.

A partir desta primeira análise dos dados coletados, surgiu o interesse em analisar as associações entre algumas das variáveis medidas. A primeira questão que se buscou esclarecer foi a possibilidade de associação entre os instrumentos analisados. Os instrumentos de qualidade podem apresentar características semelhantes ou complementares ou ainda áreas de sobreposição em suas práticas. Além disso, existe demanda do mercado para que as organizações adotem estes instrumentos. Assim, buscamos verificar a hipótese de associação entre os instrumentos de qualidade. Esta hipótese, caso confirmada, poderia indicar que as organizações vêm adotando conjuntamente alguns instrumentos de qualidade, em virtude de semelhanças entre os mesmos ou até mesmo de demanda de mercado.

Para testar a hipótese de associação entre os instrumentos de qualidade foi utilizado o teste de χ^2 (chi-quadrado) e calculado o coeficiente de contingência (C) para avaliar o grau de associação na adoção de cada um dos instrumentos analisados. O teste de chi-quadrado é uma ferramenta estatística que permite avaliar o grau de associação entre duas variáveis nominais. Este teste fornece dois valores. O primeiro, o valor-p, fornece a significância estatística do teste e possibilita a rejeição da hipótese nula de não associação entre as variáveis analisadas. O segundo valor, o coeficiente de contingência C, é um número entre 0 e 1 que expressa o grau de associação entre as variáveis analisadas. É similar a correlação, mas pode ser utilizado com variáveis nominais e o valor é sempre positivo. Não podemos deduzir a partir do coeficiente de contingência

isoladamente se a associação é positiva ou negativa. Para isto é necessário analisarmos a tabela de contingência cruzando as duas variáveis. Entretanto, já que temos nove instrumentos de qualidade, isto resultaria em 36 tabelas de contingência, tornando a análise excessivamente extensa. Então, decidiu-se por analisar apenas as associações que apresentassem maior coeficiente de contingência (C) e alto grau de significância estatística (p-value).

Os instrumentos foram analisados aos pares, sendo que todas as combinações foram testadas. O resultado final deste teste é apresentado na Tabela 7.12, onde o coeficiente de contingência de cada par de instrumentos é apresentado. Adicionalmente, foi verificada a significância estatística de cada associação entre instrumentos. As associações que apresentaram significância estatística ao nível de 0,1% estão assinaladas com 3 asteriscos ao lado do coeficiente de contingência. As demais associações ou não apresentaram significância estatística nem mesmo ao nível de 5% ou apresentaram distribuições de frequências esperadas muito baixas para que o teste resultasse em valores precisos.

Tabela 7.12- Coeficiente de contingência C entre as adoções de instrumentos de qualidade.

	PNQ	ISO9001: 2000	COBIT	eSCM	People CMM	ITIL	CMMI	OPM3
ISO9001:2000	0.401							
COBIT	0.210	0.197						
eSCM	0.303	0.417	0.277					
People CMM	0.252	0.296	0.256	0.389				
ITIL	0.243	0.217	0,451***	0.305	0.329			
CMMI	0.130	0.273	0.219	0.174	0.275	0.213		
OPM3	0.270	0.318	0.320	0.424	0.472	0.247	0.244	
Six Sigma	0.348	0,338***	0.228	0.337	0.283	0,369***	0.162	0.275

*** Estatisticamente significativo ao nível de 0,1%

O teste demonstrou, em 3 das combinações, a existência de associação estatisticamente significativa ao nível de 0,1%, permitindo a rejeição da hipótese nula de que as variáveis poderiam ser independentes. A primeira combinação, entre o COBIT e o ITIL, apresentou valor-p de $2,55 \times 10^{-8}$. A segunda combinação, entre o ITIL e o Six Sigma, apresentou valor-p de $5,54 \times 10^{-5}$. A terceira destas combinações, entre o Six Sigma e a ISO 9001:2000, apresentou valor-p de $4,58 \times 10^{-4}$.

Diferentemente dos testes de correlação, não é possível deduzir do coeficiente de contingência se a associação é positiva ou negativa, pois o coeficiente de

contingência sempre varia entre 0 e 1, sem apresentar sinal. Logo, foi necessário analisar a tabela de contingência para compreender a associação encontrada entre as variáveis.

A Tabela 7.13 apresenta as freqüências relativas resultantes do cruzamento entre COBIT e ITIL. Dentre 161 respondentes que responderam as duas perguntas, 14.9% estão implementando COBIT. Entretanto, esta freqüência cai para 5.3% no grupo dos que não implementarão ITIL e sobe para 28.3% no grupo dos que também estão implementando ITIL. Por outro lado, 47.8% dos respondentes não implementarão o COBIT, mas esta freqüência sobe para 89.5% no grupo dos que também não implementarão ITIL e cai para 30.4% no grupo dos que estão implementando ITIL. Estes números indicam uma associação entre a adoção de COBIT e ITIL. Isto torna possível afirmar que, pelo menos na amostra analisada, as organizações que adotam ITIL tendem a adotar COBIT também.

Tabela 7.13- Associação entre adoção de COBIT e ITIL.

COBIT	Em ITIL implementação (%)	Estamos planejando (%)	Não iremos implementar (%)	Total (%)	Respostas
Em implementação	28.3	11.7	5.3	14.9	24
Estamos planejando	41.3	50.6	5.3	37.3	60
Não iremos implementar	30.4	37.7	89.5	47.8	77
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	161

A Tabela 7.14 apresenta as freqüências relativas resultantes do cruzamento entre ITIL e Six Sigma. Dentre 157 respondentes que responderam as duas perguntas, 28.7% estão implementando ITIL. Entretanto, esta freqüência cai para 23.1% no grupo dos que não implementarão Six Sigma e sobe para 56.7% no grupo dos que também estão implementando Six Sigma. Por outro lado, 24.8% dos respondentes não implementarão o ITIL, mas esta freqüência sobe para 38.5% no grupo dos que também não implementarão Six Sigma e cai para 13.3% no grupo dos que estão implementando Six Sigma. Estes números indicam uma associação entre a adoção entre ITIL e Six Sigma. Isto torna possível afirmar que, pelo menos na amostra analisada, as organizações que adotam ITIL tendem a adotar Six Sigma também.

Tabela 7.14- Associação entre adoção de ITIL e Six Sigma.

ITIL	Em Six Sigma implementação (%)	Estamos planejando (%)	Não iremos implementar (%)	Total (%)	Respostas
-------------	---	---------------------------------------	---	----------------------	------------------

Em implementação	56.7	21.0	23.1	28.7	45
Estamos planejando	30.0	62.9	38.5	46.5	73
Não iremos implementar	13.3	16.1	38.5	24.8	39
	100.0	100.0	100.0	100.0	157

A Tabela 7.15 apresenta as freqüências relativas resultantes do cruzamento entre ISO9001:2000 e Six Sigma. Dentre 157 respondentes que responderam as duas perguntas, 42.7% estão implementando ISO9001:2000. Entretanto, esta freqüência cai para 26.2% no grupo dos que não implementarão Six Sigma e sobe para 63.3% no grupo dos que também estão implementando Six Sigma. Por outro lado, 37.6% dos 157 respondentes não implementarão a ISO9001:2000, mas esta freqüência sobe para 56.9% no grupo dos que também não implementarão o Six Sigma e cai para 20% no grupo dos que estão implementando o Six Sigma. Estes números indicam uma associação entre a adoção entre ISO 9001:2000 e Six Sigma. Isto torna possível afirmar que, pelo menos na amostra analisada, as organizações que adotam ISO 9001:2000 tendem a adotar Six Sigma também.

Tabela 7.15- Associação entre adoção de ISO9001 e Six Sigma.

	Em Six Sigma implementação	Estamos planejando	Não iremos implementar	Total	Respostas
ISO9001:2000	(%)	(%)	(%)	(%)	
Em implementação	63.3	50.0	26.2	42.7	67
Estamos planejando	16.7	24.2	16.9	19.7	31
Não iremos implementar	20.0	25.8	56.9	37.6	59
	100.0	100.0	100.0	100.0	157

Os dados apresentados nas Tabelas 7.11, 7.12 e 7.13 indicam a existência de associação entre alguns instrumentos de qualidade. Resumidamente, a taxa de adoção do ISO9001:2000 e ITIL tende a crescer no grupo das organizações que também adota o Six Sigma e tende a decrescer nas organizações que não pretendem adotar Six Sigma. E a taxa de adoção de COBIT tende a crescer entre as empresas que adotam ITIL e tende a decrescer nas empresas que não pretendem adotar ITIL. Quanto às demais combinações de instrumentos de qualidade, os dados coletados não permitem conclusões significativas.

3. Adoção dos Instrumentos de Qualidade versus Problemas de TI

Após a análise dos problemas de TI enfrentados nas organizações e da adoção dos instrumentos de qualidade nas mesmas, surgiu o interesse em analisar o

impacto que a adoção dos instrumentos poderia ter sobre os problemas enfrentados nas organizações. A hipótese levantada foi de que a adoção de alguns instrumentos de qualidade poderia reduzir alguns dos problemas enfrentados nas organizações.

Como foi apresentado nas sessões anteriores, foram realizadas perguntas sobre 13 problemas e 9 instrumentos de qualidade. Para uma análise profunda do cruzamento destas duas dimensões, seria necessário analisar 113 tabelas de contingência. Decidiu-se então encontrar primeiramente as combinações de variáveis que apresentassem uma associação estatisticamente significativa e focar-se na análise de apenas 3 delas. Para isto foi utilizado novamente um teste de χ^2 e calculado o coeficiente de contingência (C) para avaliar o grau de associação entre a adoção de cada um dos instrumentos analisados e os problemas enfrentados nas organizações. A Tabela 7.16 apresenta os resultados desta análise.

Tabela 7.16- Coeficiente de contingência C entre as adoções de instrumentos de qualidade e os problemas de TI.

Problema de TI	ISO9001:			People			OPM3	Six Sigma	
	PNQ	2000	COBIT	eSCM	CMM	ITIL			
Q1.1	0.037	0.119	0.067	0.163	0.092	0,247**	0.056	0.132	0.099
Q1.2	0.104	0.156	0.112	0.151	0.030	0,249**	0.102	0.089	0.116
Q1.3	0,186*	0,258**	0.158	0.173	0.166	0.097	0.035	0.094	0,204*
Q1.4	0.033	0.075	0.120	0.107	0.141	0,212*	0.090	0.077	0.070
Q1.5	0.076	0.108	0.085	0.142	0,246**	0.109	0.150	0.107	0.047
Q1.6	0,202*	0.155	0.071	0.094	0.097	0.083	0.171	0.102	0.156
Q1.7	0,209*	0,219*	0.065	0.122	0.167	0.048	0.046	0.121	0.193
Q1.8	0,215*	0.043	0.069	0.128	0.062	0.087	0.080	0.067	0,196*
Q1.9	0.033	0.131	0.124	0.113	0.112	0.180	0.047	0.139	0.127
Q1.10	0,190*	0.061	0.051	0.101	0.078	0.111	0.127	0.050	0.115
Q1.11	0.108	0.153	0.074	0.180	0.104	0.079	0.113	0.172	0,196*
Q1.12	0.080	0.147	0.132	0.054	0.151	0.071	0.022	0.080	0.118
Q1.13	0,288***	0,207*	0.038	0.031	0.131	0.067	0.142	0.104	0.148

* Estatisticamente significativo ao nível de 5%

** Estatisticamente significativo ao nível de 1%

*** Estatisticamente significativo ao nível de 0,1%

A análise da Tabela 7.16 demonstra a existência de associação estatisticamente significativa em diversas combinações de instrumentos e problemas. Como estamos procurando por associações negativas, então é necessário analisar as tabelas de contingência para verificar se a adoção dos instrumentos de qualidade causam o decréscimo da incidência dos problemas de TI. Apenas cinco associações são analisadas por apresentarem os mais altos valores de contingência e valor-p.

A Tabela 7.17 apresenta a associação entre a adoção de PNQ e as respostas sobre a ausência de empresas e profissionais com compreensão integrada dos problemas e possíveis soluções (Q1.13). Esta associação apresentou coeficiente de contingência C de 0.288 e valor-p de 5.40×10^{-4} , sendo, portanto, significativa ao nível de 0.1%. Entretanto, pode-se perceber que a frequência de respondentes que concordam com o problema e a frequência de respondentes que não concordam com o problema não variam significativamente quando o grupo dos que estão implementando PNQ é comparado com ao grupo geral dos respondentes (coluna total). Portanto, os dados não permitem afirmar que existe uma associação entre a adoção de PNQ e o decréscimo deste problema de TI.

Tabela 7.17- Associação entre ausência de empresas e profissionais com compreensão integrada dos problemas (Q1.13) e a adoção de PNQ.

	Em PNQ implementação (%)	Estamos planejando (%)	Não iremos implementar (%)	Total (%)	Respostas
Q1.13					
Concordo	63.6	40.5	74.5	64.5	107.0
Discordo	36.4	59.5	25.5	35.5	59.0
	100.0	100.0	100.0	100.0	166.0

A Tabela 7.18 apresenta a associação entre a adoção de ISO9001:2000 e as respostas sobre a ausência de conhecimento quantitativo de desempenho (Q1.3). Esta associação apresentou coeficiente de contingência C de 0.258 e valor-p de 3.46×10^{-3} , permitindo a rejeição da hipótese nula de que as variáveis poderiam ser independentes. A maioria de 66.7% dos 159 entrevistados que responderam as duas perguntas concorda que isto é um problema enfrentado na organização. Esta taxa sobe para 83.1% entre aqueles que não irão implementar ISO9001:2000 e cai para 57.1% no grupo dos respondentes que estão implementando. Por outro lado, a taxa dos que discordam que isto seja um problema cai de 33.3% no grupo geral para 16.9% no grupo dos que não irão implementar ISO9001:2000 e sobe para 42.9% e 43.3% nos grupos que estão implementando ou planejando implementar ISO9001:2000, respectivamente. Estes dados indicam que, pelo menos na amostra analisada, a adoção de ISO9001 tende a reduzir a incidência do problema de ausência de conhecimento quantitativo de desempenho.

Tabela 7.18- Associação entre ausência de conhecimento quantitativo de desempenho (Q1.3) e a adoção de ISO9001:2000.

	Em ISO9001:2000 implementação (%)	Estamos planejando (%)	Não iremos implementar (%)	Total (%)	Respostas
Q1.3					
Concordo	57.1	56.7	83.1	66.7	106.0

Discordo	42.9	43.3	16.9	33.3	53.0
	100.0	100.0	100.0	100.0	159.0

A Tabela 7.19 apresenta a associação entre a adoção de ITIL e as respostas sobre a ausência de alinhamento claro entre as ações de TI e os objetivos estratégicos da organização (Q1.2). Esta associação apresenta coeficiente de contingência C de 0.249 e valor-p de 4.42×10^{-3} , permitindo a rejeição da hipótese nula de que as variáveis poderiam ser independentes. A maioria de 59.1% dos 164 entrevistados que responderam as duas perguntas discorda que isto é um problema enfrentado na organização. Esta taxa sobe para 78.7% no grupo dos que estão implementando ITIL. A taxa dos que concordam que este seja um problema cai de 40.9% no grupo geral para 21.3% no grupo dos que estão implementando ITIL. Estes dados indicam que, pelo menos na amostra analisada, a adoção de ITIL tende a reduzir a incidência do problema de ausência de alinhamento claro entre as ações de TI e os objetivos estratégicos da organização.

Tabela 7.19- Associação entre ausência de alinhamento claro entre as ações de TI e os objetivos estratégicos da organização (Q1.2) e a adoção de ITIL.

Q1.2	Em ITIL implementação (%)	Estamos planejando (%)	Não iremos implementar (%)	Total (%)	Respostas
Concordo	21.3	50.6	44.4	40.9	67.0
Discordo	78.7	49.4	55.6	59.1	97.0
	100.0	100.0	100.0	100.0	164.0

A Tabela 7.20 apresenta a associação entre a adoção de ITIL e as respostas sobre a ausência de processo formal de tomada de decisões (Q1.1). Esta associação apresenta coeficiente de contingência C de 0.247 e valor-p de 4.79×10^{-3} , permitindo a rejeição da hipótese nula de que as variáveis poderiam ser independentes. A maioria de 57.3% dos 94 entrevistados que responderam as duas questões discorda que este é um problema enfrentado na organização. Esta taxa sobe para 74.5% no grupo dos que estão implementando ITIL e cai para 39.5% no grupo dos que não irão implementá-lo. A taxa dos que concordam que este seja um problema na organização cai de 42.7% no grupo geral para 25.5% no grupo dos que estão implementando ITIL e sobe para 60.5% no grupo dos que não irão implementá-lo. Estes dados indicam que, pelo menos na amostra analisada, a adoção de ITIL tende a reduzir a incidência do problema de ausência de processo formal de tomada de decisões.

Tabela 7.20- Associação entre ausência de processo formal de tomada de decisões (Q1.1) e a adoção de ITIL.

Q1.1	Em ITIL implementação (%)	Estamos planejando (%)	Não iremos implementar (%)	Total (%)	Respostas
Concordo	25.5	44.3	60.5	42.7	70
Discordo	74.5	55.7	39.5	57.3	94
	100.0	100.0	100.0	100.0	164

A Tabela 7.21 apresenta a associação entre a adoção de People CMM e o problema de atrasos freqüentes em projetos de TI (Q1.5). Esta associação apresenta coeficiente de contingência C de 0.246 e valor-p de 5.84×10^{-3} , permitindo a rejeição da hipótese nula de que as variáveis poderiam ser independentes.

Tabela 7.21- Associação entre atrasos freqüentes em projetos de TI (Q1.5) e a adoção de People CMM.

Q1.5	Em People CMM implementação (%)	Estamos planejando (%)	Não iremos implementar (%)	Total (%)	Respostas
Concordo	40.0	70.9	76.5	70.0	112
Discordo	60.0	29.1	23.5	30.0	48
	100.0	100.0	100.0	100.0	160

A maioria de 70% dos 112 entrevistados que responderam as duas questões concorda que este é um problema enfrentado na organização. Entretanto, esta taxa cai para 40% no grupo dos que estão implementando People CMM e sobe para 76.5% no grupo dos que não irão implementá-lo. Por outro lado, a taxa dos que discordam que este seja um problema na organização sobe de 30% no grupo geral para 60% no grupo dos que estão implementando People CMM. Estes dados indicam que, pelo menos na amostra analisada, a adoção de People CMM tende a reduzir a incidência de atrasos em projetos de TI.

4. Discussão dos resultados

A análise dos dados leva a algumas reflexões interessantes. Primeiramente, os dados indicam que a adoção de People CMM tende a reduzir a freqüência de atrasos em projetos de TI. De acordo com a pesquisa, o instrumento de qualidade mais adotado no Brasil é o CMMI. O CMMI reivindica o benefício de melhorar a habilidade da organização em cumprir prazos. Baseado na literatura, era esperado que a adoção de CMMI reduzisse a incidência de atrasos em projetos de TI [SEI06][KUL08]. Mas, os dados não apresentam associação estatisticamente significativa entre a adoção de CMMI e a incidência de atrasos em projetos de TI. O People CMM, por outro lado, é focado na

melhoria do gerenciamento e desenvolvimento do capital humano das organizações, sem reivindicar nenhum compromisso com a redução de atrasos em projetos de TI [CUR01]. Os dados indicam que o investimento na adoção de People CMM tem sido mais efetivo para a redução de atrasos em projetos de TI do que o investimento na adoção de CMMI. Esta divergência, em si, não é tão surpreendente, uma vez que é amplamente aceito que um bom gerenciamento de pessoas é muito importante para o desempenho das organizações. O que surpreende nos dados é que o People CMM não parece tão atraente para as empresas quando comparado com o CMMI. Enquanto 52.1% dos respondentes não tem planos de adotar People CMM, apenas 6.5% não planeja adotar CMMI. De fato, 22.2% dos respondentes não consideram o People CMM como sendo importante, enquanto apenas 1,1% pensam o mesmo sobre o CMMI. Uma possível explicação poderia vir do apelo comercial do CMMI, pois muitas organizações exigem certificação em CMMI dos seus fornecedores. Isto não acontece no caso do People CMM. As organizações poderiam estar então se focando nas vantagens mercadológicas oferecidas pelo CMMI ao invés dos benefícios oferecidos pela adoção de People CMM. Outra possível explicação poderia ser a falta de conhecimento sobre o People CMM. Os dados indicam que este é um dos modelos menos conhecidos no Brasil, enquanto o CMMI é o mais conhecido dentre os instrumentos analisados.

Estes mesmos dados levam a outra questão de pesquisa. O CMMI é um instrumento relacionado à melhoria dos processos, enquanto que o People CMM é um instrumento relacionado à melhoria do gerenciamento de pessoas. Entretanto, os dados coletados não nos permitem inferir se as organizações estão fazendo uma escolha entre a abordagem do gerenciamento de pessoas e a abordagem da melhoria de processos ou se isto é apenas uma questão de escolha entre modelos. Está é uma questão que poderia ser explorada em trabalhos futuros.

Outro indício interessante é que as organizações que adotam ITIL tendem a adotar COBIT também. Isto está alinhado com estudos ([MIN02], [SAL04] e [CAT06]) que indicam os dois modelos como complementares. Uma possível explicação, já apresentada na literatura, é de que as organizações poderiam estar usando COBIT como uma alternativa para proporcionar mecanismos de governança e controle aos seus programas de ITIL.

Além disto, os dados também indicam que organizações adotando ITIL ou ISO9001:2000 tendem a adotar também o Six Sigma. Novamente, estes resultados estão

alinhados com a literatura [EDG05] e poderiam ser explicados pela existência de sinergia entre ITIL e Six Sigma e ISSO 9001:2000 e Six Sigma. O Six Sigma também poderia estar fornecendo ferramentas para o controle estatístico de processos em ambos os tipos de programas.

Por fim, cabe mencionar a importância destes resultados, relacionados à associação entre instrumentos de qualidade, para a definição do tema desta pesquisa. Os dados obtidos nesta *survey* reforçaram o entendimento do autor de que este é um cenário importante para a área de qualidade do processo de software, mas que ainda não foi apropriadamente tratado pela literatura especializada. Apesar das organizações estarem usando múltiplos instrumentos de qualidade, não foram encontrados ainda modelos teóricos que permitam a definição rigorosa e consistente da integração entre estes instrumentos e a relação entre estes instrumentos e os processos que os referenciam. Visando contribuir para esta área, esta sendo desenvolvido o metamodelo cuja versão preliminar é apresentada na seção 4.4 desta proposta.

Apêndice C - Estudo de Caso

Iniciativas para implantação de projetos de MPS tem se tornado cada vez mais comuns para atender demandas de pequenas e médias empresas no Brasil. Esta seção relata os resultados do estudo de caso realizado na Etapa 1 da pesquisa com o objetivo de estudar projetos de MPS para avaliar os principais problemas enfrentados pelas empresas neste tipo de projeto.

Este estudo de caso foi realizado entre os anos de 2006 e 2008 pelo autor desta proposta e contou com a participação de mais dois pesquisadores da PUCRS. As unidades de estudo foram projetos de MPS de sete empresas de pequeno e médio porte participantes de um programa de certificação em CMMI. Foram coletados e analisados dados relacionados aos problemas enfrentados pelas empresas e ao grau de dificuldade encontrado na adoção das áreas de processos (PA's) do nível 2 do CMMI.

Foram utilizadas duas fontes de dados. A fonte de dados primários, ou seja, obtidos especialmente para atender às necessidades da pesquisa, foi um questionário semi-estruturado com questões abertas e fechadas (Apêndice D). Este questionário foi distribuído para os gerentes de projeto de cada uma das empresas e para os pesquisadores que atuaram junto a cada empresa, visando coletar a percepção dos participantes dos projetos de MPS.

A fonte de dados secundária consiste das observações feitas pelos pesquisadores durante sua participação nos projetos e também da análise de documentos coletados pelos mesmos durante o acompanhamento dos projetos, tais como os planos de projeto, atas de reuniões de projeto e de análise crítica. Os dados coletados com o questionário foram comparados às observações dos pesquisadores com o intuito de aprimorar a análise realizada e obter uma compreensão mais profunda dos casos analisados.

1. Caracterização dos participantes

Foram obtidas respostas de quatro gerentes de projeto e três pesquisadores, cobrindo todas as empresas do programa. Os pesquisadores também responderam questões de caracterização sobre as empresas, visto o conhecimento adquirido durante o acompanhamento in-loco realizado pelos mesmos durante os projetos de MPS. Todos os respondentes possuem no mínimo curso superior e aproximadamente quinze anos de

experiência profissional na área de informática. Dentre os gerentes de projetos, três possuíam experiência prévia em projetos de MPS. Todos os três pesquisadores eram especializados no assunto e possuíam experiência no acompanhamento de projetos de MPS.

As empresas participantes deste estudo foram empresas de pequeno e médio porte que atendem a clientes dos ramos de indústria, comércio e serviços. Apenas uma delas não possui planejamento estratégico formal. Com base nas respostas da questão 15 do questionário, que visava identificar a existência de experiências prévias com projetos de MPS nas empresas, foi possível agrupar as empresas em dois grupos: grupo 1 com as empresas sem experiência prévia em projetos de MPS e grupo 2 com as empresas que já possuíam alguma experiência prévia em projetos de MPS. No grupo 2, já haviam sido realizados outros projetos de MPS baseados em ISO9001:2000 em três das empresas, sendo que uma delas também realizou projetos baseados em ISO/IEC 27001, eSCM, MPS.Br, ITIL, COBIT e SixSigma. As três obtiveram suas certificações ISO9001:2000 antes do início do projeto CMMI.

Cada empresa alocou em média três profissionais para o projeto de MPS. A menor alocação ocorreu em uma das empresas onde apenas uma pessoa foi alocada em tempo parcial para o gerenciamento do projeto, contando com um estagiário com dedicação exclusiva ao projeto. A maior alocação observada foi de cinco profissionais, com dedicação exclusiva ao projeto.

2. Síntese dos resultados

A primeira dimensão analisada nesta pesquisa visava avaliar a intensidade com que alguns problemas ocorreram em cada projeto de MPS. A questão 24 apresentou uma lista de problemas e os respondentes foram instruídos a responder com que intensidade cada um dos problemas se manifestou no projeto CMMI realizado na sua empresa. Utilizou-se uma escala Likert com cinco pontos, variando de 0 (nenhuma intensidade) a 4 (muita intensidade). A mesma escala foi utilizada nas questões 29 e 31. Foi utilizada média aritmética, referenciada aqui apenas como média, para sumarização da percepção dos respondentes.

Os resultados da questão 24 foram cruzados com as respostas da questão 15, proveniente da dimensão Caracterização da organização, visando identificar a influência das experiências prévias em projetos de MPS sobre a ocorrência dos problemas

apresentados. O enunciado das questões e o resultado do cruzamento dos dados são apresentados na Tabela 7.22.

Tabela 7.22- Impacto da experiência prévia em MPS nos problemas.

Q24. Com que intensidade cada um dos problemas abaixo se manifestou no projeto CMMI?	Q15.Experiência prévia com projetos de MPS		
	Média Não	Média Sim	Média geral
Q24.1 Gerenciamento ineficiente do projeto	3.3	0.9	1.9
Q24.2 Custo do projeto maior do que o estimado	3.0	1.4	2.1
Q24.3 Esforço necessário maior do que o estimado	3.3	1.4	2.2
Q24.4 Alterações de escopo	1.8	0.4	1.0
Q24.5 Atrasos na conclusão das atividades	3.3	1.6	2.4
Q24.6 Dificuldades para execução do cronograma planejado	3.8	1.8	2.6
Q24.7 Numero insuficiente de pessoas alocadas no projeto	2.8	1.4	2.0
Q24.8 Dificuldade para manter pessoas alocadas no projeto	2.2	2.3	2.2
Q24.9 Necessidade de deslocar recursos para outras atividades	1.8	1.8	1.8
Q24.10 Dificuldades com a interpretação do modelo CMMI	2.7	1.6	2.1
Q24.11 Divergências de interpretação do modelo entre membros da equipe	2.0	1.3	1.6
Q24.12 Divergências de interpretação do modelo entre consultores	2.3	1.3	1.7
Q24.13 As características necessárias para atender ao modelo tornaram os processos excessivamente complexos	1.3	0.9	1.1
Q24.14 Interpretações equivocadas do modelo levaram a definição de processos excessivamente complexos	2.2	1.4	1.7
Q24.15 Resistência à institucionalização dos novos processos	2.7	1.7	2.2
Q24.16 Dificuldades para adoção de ferramentas de software para suporte ou automação dos processos desenvolvidos	2.7	2.1	2.4
Q24.17 Falta de comunicação entre os integrantes do time	1.3	0.8	1.0
Q24.18 Falta de comunicação entre os integrantes do time e os consultores	1.8	0.5	1.1
Média geral	2.5	1.3	1.8

Quando consideramos a amostra completa os dados coletados indicam que, na percepção dos respondentes, a intensidade da ocorrência dos problemas analisados em geral caiu de 2.5 no grupo das empresas que não possuíam nenhuma experiência prévia com projetos de MPS para 1.3 no grupo das empresas que já possuíam tal experiência quando iniciaram o projeto CMMI.

Dentre os problemas relacionados às habilidades do gerente de projeto (questões 24.1, 2, 3, 5, 6, 17 e 18), a maioria sofreu influência positiva das experiências prévias, com a média das respostas caindo de 2.9 (nas empresas com experiência prévia) para 1.2 (naquelas sem experiência). O problema do gerenciamento ineficiente do projeto (questão 24.1), em particular, apresentou uma queda de 3.3 no grupo das empresas que não possuíam experiência prévia para 0.9 no grupo das empresas que já possuíam tal experiência. As exceções foram os problemas relacionados à comunicação (questões 24.17 e 24.18), que em geral se manifestaram com pouca intensidade nos dois grupos.

Por outro lado, a dificuldade para manter pessoas alocadas no projeto (questão 24.8) e a necessidade de deslocar recursos para outras atividades (questão

24.9) representam problemas relacionados e que não sofreram influência da experiência prévia em projetos de MPS. Os números se mantêm praticamente os mesmos independentemente do grupo analisado. Estes problemas refletem uma característica das empresas analisadas. Nestas empresas os projetos de MPS não eram considerados prioritários, principalmente por não constituírem fonte de receita imediata para as organizações.

Os resultados obtidos com a coleta de dados desta dimensão reforçam algumas observações dos pesquisadores. De acordo com a observação dos pesquisadores, as empresas que trataram seus projetos de MPS com as mesmas práticas gerenciais adotadas nos projetos regulares enfrentaram maiores dificuldades na sua condução. Estas empresas destacaram um de seus gerentes de projetos, com experiência apenas em projetos de desenvolvimento de software, para a condução do projeto de MPS e seguiram suas práticas regulares de gerenciamento. Os dados reforçam também a observação dos pesquisadores de que as experiências prévias dos gerentes de projeto com projetos de MPS foram um fator importante para os resultados dos projetos.

Também foi analisado o impacto das experiências prévias sobre a adoção das PA's de nível 2 do CMMI. Era esperado que o cruzamento da dificuldade de adoção das PA's (questão 29) com a experiência prévia em projetos de MPS (questão 15), apresentado na Tabela 7.23, fosse coerente com a intensidade com que as experiências prévias facilitaram a adoção das PA's (questão 31), apresentada na Tabela 7.24. Estas duas análises deveriam servir como mutuamente confirmatórias da coerência das respostas.

Tabela 7.23- Impacto da experiência prévia em MPS na adoção das PA's.

Q29. Com que intensidade a empresa enfrentou dificuldades na adoção de cada uma das seguintes áreas de processo (PA's) do nível 2 do CMMI?		Q15. Experiência prévia com projetos de MPS		
		Média Não	Média Sim	Média geral
Q29.1	Gerência de requisitos (REQM)	2.8	2.1	2.4
Q29.2	Planejamento de projeto (PP)	2.5	1.0	1.6
Q29.3	Monitoramento e controle de projeto (PMC)	2.3	1.0	1.6
Q29.4	Gerenciamento de acordo com fornecedor (SAM)	1.8	1.3	1.5
Q29.5	Medição e análise (MA)	3.2	1.5	2.2
Q29.6	Garantia da qualidade de processo e produto (PPQA)	2.0	1.4	1.6
Q29.7	Gerência de configuração (CM)	2.7	2.4	2.5
Média geral		2.5	1.5	1.9

Tabela 7.24- Facilidade proporcionada pela experiência prévia em projetos de MPS na adoção das PA's de nível 2.

Q31. Com que intensidade as experiências anteriores com outros padrões ou modelos de qualidade facilitaram a adoção de cada uma das seguintes áreas de processo (PA's) do nível 2 do CMMI?		Média
Q31.1	Gerência de requisitos (REQM)	1.8
Q31.2	Planejamento de projeto (PP)	2.7
Q31.3	Monitoramento e controle de projeto (PMC)	2.3
Q31.4	Gerenciamento de acordo com fornecedor (SAM)	0.8
Q31.5	Medição e análise (MA)	1.7
Q31.6	Garantia da qualidade de processo e produto (PPQA)	2.2
Q31.7	Gerência de configuração (CM)	0.9
Média geral		1.8

Na questão 31, de acordo com a percepção dos respondentes, as PA's de gerência de projetos (PP e PMC) e de Medição e análise (MA) foram facilitadas pelas experiências prévias com projetos de MPS em graus de intensidade de 2.7, 2.3 e 1.7, respectivamente. Estes números são coerentes quando analisamos o cruzamento da dificuldade de adoção das PA's (questão 29) com a experiência prévia em projetos de MPS (questão 15). As PA's de gerência de projetos e medição e análise foram mais fáceis, enfrentando dificuldades com grau de intensidade de 1.0 em PP e PMC e 1.5 em MA, nas empresas que já possuíam experiência prévia com projetos de MPS. Nas empresas que não tinham tal experiência estas PA's foram mais difíceis, enfrentando dificuldade com um grau de intensidade de 2.5, 2.3 e 3.2, respectivamente.

De acordo com a observação dos pesquisadores, estes dados se justificam pelas práticas de gerência de projetos adotados durante os projetos de MPS anteriores das empresas. Uma cultura de gerenciamento de projetos baseada nos princípios do *Project Management Institute* (PMI) já havia sido estabelecida em todas as empresas que possuíam experiência prévia. Nas empresas que não possuíam tal experiência, estas práticas de gerenciamento não estavam consolidadas. Estas empresas mantinham uma cultura de informalidade em suas práticas gerenciais, mesmo com a presença de gerentes de projetos certificados como *Project Management Professionals* (PMP).

As PA's de Gerenciamento de Requisitos (REQM) e Gerenciamento de Configuração (CM) apresentaram dificuldades em graus de intensidade em torno de 2.5 sem apresentar variação significativa entre os dois grupos. A questão 31 aponta que, na percepção dos respondentes, as experiências prévias com projetos de MPS não foram de grande auxílio para estas PA's. No caso específico de CM observou-se que as empresas não possuíam ferramentas adequadas para criação de repositórios e automação das

práticas necessárias. Este também foi o principal fator envolvido no problema analisado na questão 24.16, que indica que as empresas enfrentaram dificuldades para adoção de ferramentas de software para suporte ou automação dos processos desenvolvidos em um grau de intensidade de 2.4.

Na questão 29.6, sobre o processo de Garantia da Qualidade de Processo e Produto (PPQA), não houve variação significativa entre os dois grupos. De acordo com as respostas da questão 31, na percepção dos respondentes, as experiências prévias com projetos de MPS teriam facilitado a adoção da PA com um grau de intensidade de 2.2.

A PA de gerenciamento de acordo com fornecedores (SAM) não foi analisada, pois a maioria das organizações optou por não adotar esta PA. Os dados coletados não refletem a realidade pois alguns dos respondentes concluíram que não enfrentaram dificuldades apenas por não terem adotado a PA.

Adicionalmente, foram apresentadas três questões abertas aos respondentes. As duas primeiras visavam identificar fatores que tenham influenciado o projeto positivamente (questão 26) e negativamente (questão 27). A terceira (questão 28) questionou o que os respondentes teriam feito diferente se estivessem começando o projeto hoje. A Tabela 7.25 apresenta o resultado da análise de conteúdo sobre os fatores que influenciaram positivamente o projeto (questão 26).

Tabela 7.25- Fatores que influenciaram positivamente os projetos.

Fator	Ocorrências
Apoio e envolvimento dos patrocinadores	9
Qualidade da equipe	6
Experiência prévia em projetos de MPS	5
Alocação full-time de equipes	3
Colaboração e integração das organizações	3
Apoio das consultorias	2
Outros fatores (respostas isoladas)	4

A Tabela 7.26 apresenta o resultado da análise de conteúdo sobre os fatores que influenciaram negativamente o projeto (questão 27).

Tabela 7.26- Fatores que influenciaram negativamente os projetos.

Fator	Ocorrências
Gerenciamento inadequado de projeto	10
Equipe insuficiente	6

Desalinhamento entre consultores	4
Alto turnover	4
Time inexperiente	3
Pressa para obter certificação	3
Expectativas equivocadas	2
Dificuldade de entendimento do modelo	2
Outros (respostas isoladas)	4

A Tabela 7.27 apresenta o resultado da análise de conteúdo sobre o que os respondentes fariam diferente se o projeto estivesse começando hoje (questão 28).

Tabela 7.27- Fariam diferente se o projeto estivesse começando hoje.

Ações	Ocorrências
Alocação de pessoas com mais experiência	5
Formar equipes com dedicação exclusiva ao projeto	4
Maior investimento em treinamentos	3
Estabelecer expectativas realistas	3
Buscar mais apoio da alta gerência	2
Reavaliaria a estratégia de definição de processos em função da estrutura organizacional	2
Outros (respostas isoladas)	4

3. Lições aprendidas

A partir dos resultados encontrados, pode-se identificar as seguintes lições aprendidas em relação à realização dos projetos de MPS analisados. Os resultados fornecem evidência empírica para questões conhecidas pelos pesquisadores, mas que continuam sendo problemas para as empresas quando da realização de projetos de MPS.

Lição 1: Formação e experiência em gerência de projetos de desenvolvimento de software não são suficientes para o gerenciamento de projetos de MPS.

Algumas empresas destacaram um de seus gerentes de projetos, com experiência apenas em projetos de desenvolvimento de software, para a condução do projeto de MPS. Entretanto, os projetos de MPS não apresentaram os mesmos desafios encontrados em projetos de desenvolvimento de software, com os quais os gerentes de projetos já estariam habituados. Por outro lado, não tiveram a mesma dificuldade as empresas que designaram ou contrataram gerentes de projeto que já possuíam experiência prévia com projetos de MPS. Nestes casos os projetos tiveram incidência dos problemas em menor intensidade. Diante de tais observações, conclui-se que a escolha

ou a contratação de gerente de projetos com experiência prévia em projetos de MPS tem impacto significativo no sucesso do projeto.

Lição 2: A definição da equipe do programa de MPS deve respeitar uma alocação mínima de forma a manter o desempenho do projeto.

É comum os recursos humanos alocados serem deslocados para outras atividades, comprometendo ou mesmo inviabilizando a continuidade do projeto. Apoio da alta gerência é fundamental para manter a equipe alocada. Outro fator comumente identificado em empresas iniciantes em programas de MPS diz respeito a quantidade de pessoas alocadas. Por não terem conhecimento do volume de trabalho, poucos recursos são alocados de forma que as atividades se acumulam e comprometem o cronograma do projeto. Sugere-se elaborar uma estratégia de forma que uma quantidade mínima de recursos seja alocada em tempo integral visando manter a gestão e conhecimentos adquiridos no decorrer do programa.

Lição 3: Uma estratégia para adoção de ferramentas para suportar ou automatizar os processos deve ser estabelecida durante o planejamento do programa de MPS.

A definição de uma estratégia para a adoção de ferramentas de software para apoiar ou automatizar os processos deve ocorrer durante o planejamento do programa de MPS. A empresa deve definir qual o papel que a tecnologia vai desempenhar na definição e institucionalização dos processos. Sabe-se que processos devem ser definidos independentemente das ferramentas que serão utilizadas, mas adotar ferramentas já disponíveis na empresa e de domínio dos colaboradores pode motivá-los a adotar os processos mais rapidamente. A automação de processos também potencializa a replicabilidade das atividades, maximizando o tempo investido em atividades de desenvolvimento e minimizando ocorrências de não conformidades de processo.

Lição 4: As empresas devem se preparar para reuniões com consultores externos para maximizar a eficiência deste tipo de atividade.

As empresas aguardavam pela visita de consultores para tomarem decisões e realizarem atividades que ficaram pendentes de visitas anteriores. Independente da natureza do programa de MPS que a empresa esteja participando, geralmente as horas de consultoria tem um custo elevado e devem ser bem aproveitadas, visto a contribuição que os consultores tem a oferecer. Desta forma, as empresas devem sempre realizar o

plano de ação elaborado ao término de uma visita da consultoria antes da próxima visita. Deve também listar, e se possível priorizar, os assuntos a serem discutidos durante uma visita de consultor externo. Esta atitude pró-ativa maximizará a eficiência destas atividades.

Lição 5: A integração entre diferentes iniciativas de MPS poderia reduzir os esforços necessários para implantação de práticas comuns.

Alguns dos projetos de MPS baseados em CMMI foram conduzidos paralelamente à outros projetos baseados em outros padrões ou modelos para MPS que eram conduzidos na mesma empresa. Nestes casos, foram observadas dificuldades na definição e manutenção dos processos quando havia a necessidade de manter a conformidade com mais de um padrão ou modelo de MPS ao mesmo tempo. Em alguns casos a alteração de um processo já existente gerava dúvidas quanto a preservação da conformidade com outros padrões ou modelos, levando as equipes à um esforço extra para criar processos compatíveis com mais de um padrão ou modelo para MPS. Em outros casos, algumas atividades eram definidas de forma redundante, levando a realização do mesmo trabalho em processos diferentes, em virtude apenas das diferenças existentes na forma como diferentes padrões ou modelos de MPS organizam suas práticas. Independentemente do tipo de dificuldade encontrada, uma melhor compreensão das diferenças e similaridades entre os diferentes padrões e modelos de MPS poderia ter ajudado a reduzir esforços relacionados à integração dos mesmos.

Apêndice D - Artigos Publicados

Diversos resultados diretos e indiretos desta pesquisa já foram divulgados. A seguir apresentam-se os trabalhos publicados.

1. ESPINDOLA, Rodrigo Santos de ; AUDY, Jorge Luiz Nicolas . A Spem Based Software Process Improvement Meta-Model. In: ICEIS 2010 - International Conference on Enterprise Information Systems, 2010, 2010, Funchal, Madeira, Portugal. Proceedings of ICEIS 2010, 2010.
2. ESPINDOLA, Rodrigo Santos de ; AUDY, Jorge Luiz Nicolas . Uma Abordagem para Integração de Modelos de Referência para MPS. In: VIII Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software, 2010, Belém, Pará, Brasil. Anais do VIII Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software, 2010.
3. ESPINDOLA, Rodrigo Santos de ; LUCIANO, E. M. ; AUDY, Jorge Luiz Nicolas . An Overview of the Adoption of IT Governance Models and Software Process Quality Instruments at Brazil - Preliminary Results of a Survey. In: 42 Hawaii International Conference on System Sciences - HICSS 2009, 2009, Waikoloa. Proceedings of the Forty-Second Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Los Alamitos : IEEE Computer Society, 2009.
4. ESPINDOLA, Rodrigo Santos de ; AUDY, Jorge Luiz Nicolas. An Evolutionary Approach for Quality Models Integration. In: ICEIS 2009 - International Conference on Enterprise Information Systems, 2009, 2009, Milan. Proceedings of ICEIS 2009, 2009.
5. ESPINDOLA, Rodrigo Santos de ; LUCIANO, E. M. ; AUDY, Jorge Luiz Nicolas . An Overview of Software Process Quality Instruments Adoption at Brazil.. In: ICEIS 2008 - International Conference on Enterprise Information Systems, 2008, 2008, Barcelona. Proceedings of ICEIS 2008. Portugal: INSTICC Press, 2008.

Trabalhos avaliados pelo PPGCC-PUCRS:

6. ESPINDOLA, Rodrigo Santos de. Abordagem evolutiva para integração de modelos para melhoria de processos de software. Trabalho Individual. PPGCC-PUCRS, 2007.
7. ESPINDOLA, Rodrigo Santos de. Proposta de Tese: Integração de Modelos para Melhoria do Processo de Software. Proposta de Tese. PPGCC-PUCRS, 2009.

Anexo A - Perfil UML utilizado na especificação da ontologia

Este anexo descreve o perfil UML utilizado para modelagem de ontologias no contexto desta tese. Este perfil, desenvolvido por (MIAN, 2003), utiliza os princípios da linguagem de modelagem de ontologias denominada LINGO.

1. Perfil UML para Modelagem de Ontologias

Dá-se o nome de perfil UML a um subconjunto pré-definido de elementos padrão da UML, associados a estereótipos, valores etiquetados e restrições, que conjuntamente especializam e configuram a UML para um determinado domínio de aplicação ou propósito particular. Com o crescimento da UML como linguagem de modelagem para ontologias, um perfil UML foi proposto, guardando os princípios definidos na linguagem de modelagem de ontologias LINGO (MIAN, 2003).

O perfil UML mostrado na Figura 1, define elementos para representar conceitos, relações e propriedades. Este perfil também permite derivar alguns axiomas a partir de determinadas relações, tornando desnecessário que sejam tornados explícitos e, assim, diminuindo substancialmente o esforço de escrita de axiomas formais.

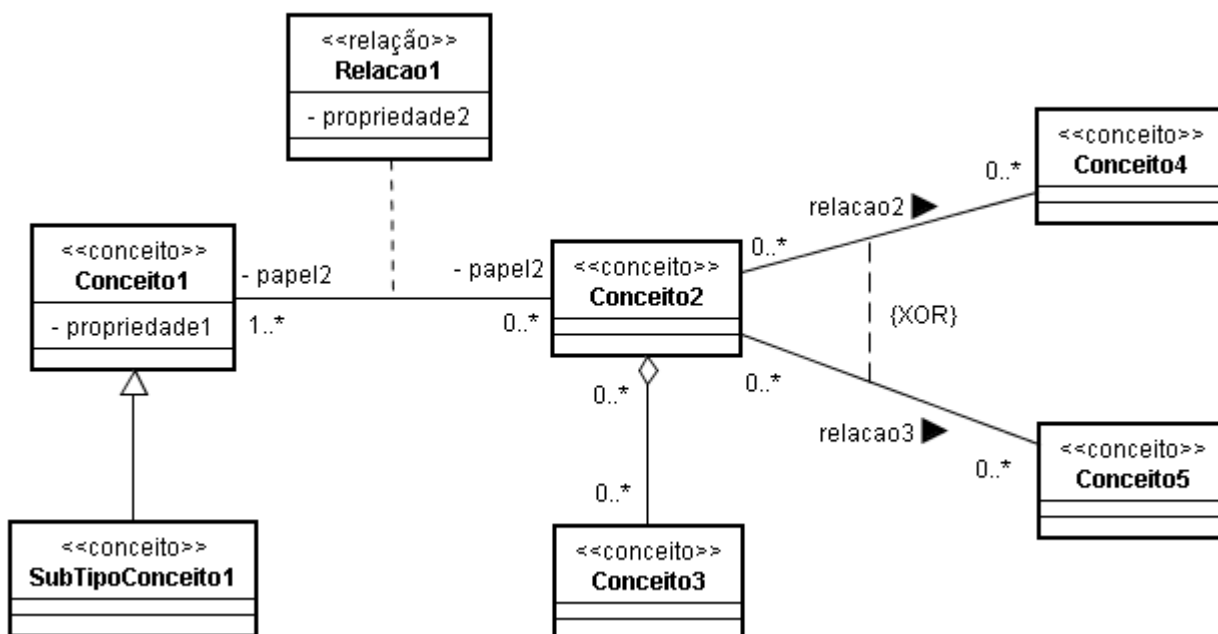


Figura 1 - Perfil UML (MIAN, 2003)

Para dar uma semântica diferente aos elementos de modelo da UML, foi utilizado o mecanismo de extensão estereótipo. Sendo assim, classes com estereótipo <<conceito>> representam conceitos da ontologia, da mesma forma que relações que contêm propriedades ou que possuem aridade maior que dois, são representadas como classes associativas com estereótipo <<relação>>. As relações binárias sem propriedades são definidas como associações nomeadas. As propriedades de conceitos e relações são representadas como atributos de classes estereotipadas. Relações de subtipo e todo-parte são representadas como relações de generalização/especialização e de agregação/composição, respectivamente. Condicionantes entre relações são representados por outro mecanismo de extensão da UML, as restrições entre associações (MIAN, 2003). Os axiomas derivados da Figura 1 são:

Todo-parte:

(AE1) $(\forall x) \neg \text{parteDe}(x, x)$
 (AE2) $(\forall x, y) \text{parteDe}(y, x) \rightarrow \text{todoDe}(x, y)$
 (AE3) $(\forall x, y) \text{parteDe}(y, x) \rightarrow \neg \text{parteDe}(x, y)$
 (AE4) $(\forall x, y) \text{parteDe}(y, x) \rightarrow (\exists z) (\text{parteDe}(z, x))$
 (AE5) $(\forall x, y, z) \text{parteDe}(z, y) \wedge \text{parteDe}(y, x) \rightarrow \text{parteDe}(z, x)$

Sub-tipo-de:

(AE6) $(\forall x, y, z) \text{subTipoDe}(x, y) \wedge \text{subTipoDe}(y, z) \rightarrow \text{subTipoDe}(x, z)$
 (AE7) $(\forall x, y) \text{subTipoDe}(x, y) \rightarrow \text{superTipoDe}(y, x)$

Ou-exclusivo (XOR):

(AE8) $(\forall a \in C2) ((\exists b) (b \in C3) \wedge R2(a, b)) \rightarrow \neg ((\exists c \in C4) \wedge R3(a, c))$
 (AE9) $(\forall a \in C2) ((\exists c) (c \in C4) \wedge R3(a, c)) \rightarrow \neg ((\exists b \in C3) \wedge R2(a, b))$

Axiomas relacionados à multiplicidade das relações, axiomas relacionados à classificação de indivíduos como instâncias de um conceito e axiomas relacionados a propriedades são igualmente tratados implicitamente. Assim, sejam x e y instâncias, respectivamente, de Conceito1 e Conceito2. Assume-se, implicitamente, que as seguintes sentenças estão definidas:

$\text{conceito1}(x)$
 $\text{conceito2}(y)$
 $\text{propriedade1}(x, p1)$, onde p1 é o valor da propriedade1 para x.
 $(\forall y \in \text{Conceito2}) ((\exists x) (x \in \text{Conceito1}) \wedge \text{relaçao1}(x, y))$

Referências Bibliográficas

Mian, P.G. and Falbo, R.A. (2003) 'Supporting ontology development with ODEd', Journal of the Brazilian Computer Science, November, Vol. 9, No. 2, pp.57-76.