

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ANDRÉ FELIPE RIBEIRO CORDEIRO

**SMartyMetrics: uma contribuição à norma ISO/IEC 25010 na
perspectiva de manutenibilidade de linhas de produto de
software**

Maringá
2018

ANDRÉ FELIPE RIBEIRO CORDEIRO

SMartyMetrics: uma contribuição à norma ISO/IEC 25010 na perspectiva de manutenibilidade de linhas de produto de software

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Departamento de Informática, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Edson A. Oliveira Junior

Maringá
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

C811s Cordeiro, André Felipe Ribeiro
SMartyMetrics: uma contribuição à norma ISO/IEC 25010 na perspectiva de manutenibilidade de linhas de produto de software / André Felipe Ribeiro Cordeiro. -- Maringá, 2018.
259 f. : il., color., figs., tabs.

Orientador(a): Prof. Dr. Edson Alves de Oliveira Junior.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Informática, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2018.

1. Arquitetura de linha de produto. 2. Avaliação. 3. *Frameworks*. 4. Linha de produto de software. 5. Métricas. 6. SMarty. I. Oliveira Júnior, Edson Alves de, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Informática. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDD 21.ed. 005.12
AHS-CRB-9/1065

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDRÉ FELIPE RIBEIRO CORDEIRO

SMartyMetrics: uma contribuição à norma ISO/IEC 25010 na perspectiva de manutenibilidade de linhas de produto de software

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Departamento de Informática, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação pela Banca Examinadora composta pelos membros:

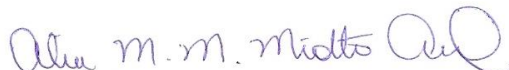
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Edson Alves de Oliveira Junior
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM



Prof. Dr. Jacques Duílio Brancher
Universidade Estadual de Londrina – DC/UUEL



Prof. Dra. Aline Maria Malachini Miotto Amaral
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM

Aprovada em: 15 de fevereiro de 2018.

Local da defesa: Sala 101, Bloco C56, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me apoiaram e estiveram comigo nas melhores e nas piores ocasiões. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Angela** e **Natal**, por sempre me apoiarem e estarem comigo em todas as ocasiões.

Agradeço em especial ao meu orientador professor Dr. **Edson Alves de Oliveira Junior**, pela paciência e apoio. Obrigado pelas experiências compartilhadas e pelos ensinamentos durante esses anos de orientação. Seus ensinamentos me fizeram entender os desafios de se fazer pesquisa científica e o quanto isso deve ser realizado com dedicação e seriedade. Mais uma vez muito obrigado professor!

Aos avaliadores e participantes dos experimentos apresentados nesta dissertação. Obrigado por reservar uma parte do tempo de vocês para me auxiliar. As avaliações/observações foram muito importantes para o trabalho.

Aos meus colegas, que já estiveram e que estão no Laboratório de Engenharia de Software (LES). Todos vocês contribuíram muito para minha formação. Um obrigado especial para Anderson Marcolino, Marcio Bera, Ricardo Geraldi, Marcelo Benitez, Ana Allian, Jaime Dias, João Choma, Leandro Flores, Viviane Furtado, Kleber Petry e Luciano Garcia.

Aos demais colegas do mestrado. Um obrigado especial a Roberto Soltoski, Fernando Freire, Fernanda Tamy, Sérgio Filho, Juliana Souza e Mariane Medeiros.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PCC). Obrigado pelos ensinamentos e sugestões durante o mestrado. Seja nas aulas, nos eventos ou em conversas no corredor do departamento, sempre houveram momentos em que vocês compartilharam suas experiências. Isso é muito valioso!

Aos demais servidores do departamento, em especial a Inês. Obrigado pela paciência e disposição em ajudar.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido a este trabalho.

SMartyMetrics: uma contribuição à norma ISO/IEC 25010 na perspectiva de manutenibilidade de linhas de produto de software

RESUMO

Linha de Produto de Software (LPS) é uma abordagem de reuso sistemático de software, considerando um dado domínio de aplicação específico. Nesse domínio, as principais características são identificadas e desenvolvidas, originando artefatos reutilizáveis. Dentre esses artefatos, a Arquitetura de Linha de Produto (ALP) se destaca pela capacidade de abstração dos produtos de uma LPS. Um produto de uma LPS é a combinação de instâncias de artefatos da linha a partir de sua ALP. A avaliação de ALP é uma das atividades mais importantes no contexto de LPS. Tal avaliação permite, por exemplo, priorizar Atributos de Qualidade (AQ) que influenciam na geração de produtos específicos. Para auxiliar na avaliação, métricas podem ser utilizadas. As métricas para LPS nesse contexto, devem medir elementos similares e variáveis, bem como a ALP e os seus AQ. A literatura existente apresenta diversas medidas e métricas para LPS, porém, grande parte dessas medidas e métricas não está relacionada com modelos de qualidade e/ou *frameworks* de medição/avaliação. Modelos de Qualidade (MQ) estão relacionados AQ, bem como com medidas e métricas. Essa associação entre AQ e medidas/métricas pode auxiliar na avaliação e, conseqüentemente, no aumento da qualidade dos artefatos produzidos de uma LPS. A qualidade de uma LPS pode ser entendida, especialmente, no que tange aos produtos derivados, como o resultado de um conjunto de atividades realizadas, que engloba AQ e seus respectivos relacionamentos com a ALP. Diante disso, esta dissertação apresenta um *framework*, denominado *SMartyMetrics*. Esse *framework* é composto de uma estrutura de atributos associada com a norma ISO/IEC 25010, um conjunto de métricas e um conjunto de diretrizes, com recomendações para LPS, ALP e Medidas/Métricas. Tal *framework* auxilia na avaliação de ALPs, principalmente no que se refere aos conceitos de qualidade. Validações experimentais das métricas e uma avaliação qualitativa empírica do *framework* foram realizadas e fornecem evidências iniciais de que o *framework* pode auxiliar Métodos de Avaliação de ALP.

Palavras-chave: Arquitetura de Linha de Produto, Avaliação, *Frameworks*, Linha de Produto de Software, Métricas, *SMarty*

SMartyMetrics: a contribution to ISO/IEC standard 25010 in the perspective of maintenance of software product lines

ABSTRACT

Software Product Line (SPL) is a systematic software reuse approach, considering a specific domain. In this domain, the main characteristics are identified and developed, giving rise to reusable artifacts. Among these artifacts, the SPL Architecture, or Product Line Architecture (PLA) is one of the most important artifacts. A PLA represents the ability to abstract the products of an SPL. A product of an SPL is the combination of instances of line artifacts from its PLA. The PLA Assessment is one of the most important activities in the context of SPL. This evaluation allows, for example, to prioritize Quality Attributes (QA) that influence the generation of specific products. To assist in the evaluation, metrics can be used. The metrics for SPL in this context should measure similar and variable elements, as well as PLA and its QA. The existing literature presents several measures and metrics for SPL, however, most of these measures and metrics are not related to Quality Models (QM) or frameworks or measurement frameworks. Quality Models (QM) have QA, as well as measures and metrics. This association between QA and measures / metrics can help in the evaluation and consequently in the increase of the quality of the artifacts produced of a SPL. The quality of a SPL can be understood, especially with regard to derivative products, as the result of a set of activities carried out, which encompasses QA and their respective relationships with PLA. This dissertation presents a framework, called SMartyMetrics. This framework considers an attribute structure associated with ISO / IEC 25010, a set of metrics and a set of guidelines, with recommendations for SPL, PLA and Measurements / Metrics. The framework helps the evaluation of PLAs, especially with regard to quality concepts. Experimental validations of the metrics and a qualitative empirical evaluation of the framework were performed and provide initial evidence that the framework could support ALP Assessment Methods.

Keywords: Product Line Architecture, Evaluation, Framework, Software Product Line, Metrics, SMarty.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|---------------|--|-----|
| Figura - 1.1 | Etapas da Metodologia de Desenvolvimento. | 18 |
| Figura - 2.1 | Momentos de Avaliação de uma LPS (Etxeberria e Sagardui, 2005). | 22 |
| Figura - 2.2 | Modelo de Qualidade ISO/IEC 9126 (ISO, 2001) | 28 |
| Figura - 2.3 | Modelo de Qualidade ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b) | 29 |
| Figura - 3.1 | Etapas de seleção das métricas do <i>SMartyMetrics</i> | 37 |
| Figura - 3.2 | Mapeamento entre os Atributos das Medidas/Métricas do <i>SMartyMetrics</i> e os Atributos da ISO/IEC 25010. | 40 |
| Figura - 3.3 | Atributos e Subatributos da ISO/IEC 25010 associados com os Atributos das Medidas/Métricas Seleccionadas para o <i>SMartyMetrics</i> | 43 |
| Figura - 3.4 | Atributos e Subatributos da ISO/IEC 25010 associados com os Atributos das Medidas/Métricas Seleccionadas para o <i>SMartyMetrics</i> | 44 |
| Figura - 3.5 | Fragmento das classes de uma ALP. | 49 |
| Figura - 3.6 | Fragmento de uma ALP em componentes. | 50 |
| Figura - 3.7 | Padrão das métricas consideradas pelo <i>SMartyMetrics</i> | 63 |
| Figura - 1.1 | Classificação dos Trabalhos Seleccionados no MS, de acordo com Wieringa (Wieringa et al., 2005). | 147 |
| Figura - 1.2 | Ano de Publicação dos Trabalhos Seleccionados no MS. | 148 |
| Figura - 1.3 | Quantidade de Trabalhos que Apresentam/Referenciam <i>Frameworks</i> | 149 |
| Figura - 1.4 | Trabalhos que Apresentam/Referenciam <i>Frameworks</i> no contexto de LPS. | 151 |
| Figura - 1.5 | Quantidade de Trabalhos Obtidos Com e Sem Análise das Referências. | 153 |
| Figura - 1.6 | Classificação Por Bases de Dados, dos Trabalhos Seleccionados. | 153 |
| Figura - 1.7 | Classificação das Medidas e Métricas Recuperadas. | 154 |
| Figura - 1.8 | Medidas e Métricas Presentes em <i>Frameworks</i> | 155 |
| Figura - 1.9 | Artefatos Considerados pela Medidas e Métricas Recuperadas. | 156 |
| Figura - 1.10 | Atributos das Medidas e Métricas Recuperadas no MS. | 158 |
| Figura - 1.11 | Quantidade de Medidas e Métricas Recuperadas no MS. | 159 |
| Figura - 1.12 | Grafo de Relacionamento entre os Trabalhos Seleccionados no MS. | 164 |
| Figura - 6.1 | Arquitetura Tamanho 1. | 238 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Figura - 6.2 | Arquitetura Tamanho 2. | 239 |
| Figura - 6.3 | Arquitetura Tamanho 3. | 239 |
| Figura - 6.4 | Arquitetura Tamanho 4. | 240 |
| Figura - 6.5 | Arquitetura Tamanho 5. | 240 |
| Figura - 6.6 | Arquitetura Tamanho 6. | 241 |
| Figura - 6.7 | Arquitetura Tamanho 7. | 241 |
| Figura - 6.8 | Arquitetura Tamanho 8. | 242 |
| Figura - 6.9 | Arquitetura Tamanho 9. | 242 |
| Figura - 6.10 | Arquitetura Tamanho 10. | 243 |
| Figura - 6.11 | Arquitetura Tamanho 11. | 243 |
| Figura - 6.12 | Arquitetura Tamanho 12. | 244 |
| Figura - 6.13 | Arquitetura Tamanho 13. | 244 |
| Figura - 6.14 | Arquitetura Tamanho 14. | 245 |
| Figura - 6.15 | Arquitetura Tamanho 15. | 245 |
| Figura - 6.16 | Arquitetura Acoplamento e Coesão 1. | 246 |
| Figura - 6.17 | Arquitetura Acoplamento e Coesão 2. | 247 |
| Figura - 6.18 | Arquitetura Acoplamento e Coesão 3. | 247 |
| Figura - 6.19 | Arquitetura Acoplamento e Coesão 4. | 248 |
| Figura - 6.20 | Arquitetura Acoplamento e Coesão 5. | 248 |
| Figura - 6.21 | Arquitetura Acoplamento e Coesão 6. | 249 |
| Figura - 6.22 | Arquitetura Acoplamento e Coesão 7. | 249 |
| Figura - 6.23 | Arquitetura Acoplamento e Coesão 8. | 250 |
| Figura - 6.24 | Arquitetura em componentes utilizada na Avaliação da Estrutura de Atributos do <i>SMartyMetrics</i> | 251 |
| Figura - 6.25 | Arquitetura em pacotes utilizada na Avaliação da Estrutura de Atributos do <i>SMartyMetrics</i> | 252 |
| Figura - 7.1 | Versão 5.2 do <i>SMartyProfile</i> , com suporte a Componentes, Portas, Interfaces e Operações (Bera, 2015). | 254 |
| Figura - 7.2 | Visão Geral SMarty 5.2 (Bera, 2015). | 257 |
| Figura - 7.3 | Diagrama de Classes da LPS AGM (Oliveira Jr et al., 2010a). | 258 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|---------------|--|-----|
| Tabela - 3.1 | Resultados da aplicação das métricas de coesão. | 52 |
| Tabela - 3.2 | Resultados da aplicação das métricas de acoplamento. | 55 |
| Tabela - 3.3 | Resultados da aplicação das métricas de tamanho. | 58 |
| Tabela - 3.4 | Resultados da aplicação das métricas de extensibilidade. | 60 |
| Tabela - 3.5 | Resultados da aplicação das métricas de complexidade. | 62 |
| Tabela - 3.6 | Avaliação utilizando a Estrutura de Atributos desenvolvida. . . . | 65 |
| Tabela - 3.7 | Diretrizes para LPS. | 69 |
| Tabela - 3.8 | Diretrizes para Arquitetura de LPS. | 70 |
| Tabela - 3.9 | Diretrizes para Medidas e Métricas | 73 |
| Tabela - 3.10 | Diretrizes de Restrições | 74 |
| | | |
| Tabela - 4.1 | Perfil dos participantes que avaliaram o Tamanho de ALPs. . . . | 78 |
| Tabela - 4.2 | Perfil dos participantes que avaliaram o Acoplamento e a Coesão de ALPs. | 79 |
| Tabela - 4.3 | Variáveis dependentes e independentes, experimento de validação das métricas de tamanho. | 82 |
| Tabela - 4.4 | Variáveis dependentes e independentes, experimento de validação das métricas de acoplamento e coesão. | 84 |
| Tabela - 4.5 | Conversão Label Escala Likert - Valor Numérico. | 88 |
| Tabela - 4.6 | Estatística Descritiva dos conjuntos de dados. | 88 |
| Tabela - 4.7 | Conversão Label Escala Likert - Valor Numérico. | 90 |
| Tabela - 4.8 | Conversão Label Escala Likert - Valor Numérico. | 90 |
| Tabela - 4.9 | Estatística Descritiva dos conjuntos de dados. | 91 |
| | | |
| Tabela - 5.1 | Questões, Objetivos e Métricas - Avaliação GQM. | 100 |
| Tabela - 5.2 | Informações sobre as ALPs consideradas na avaliação. | 101 |
| Tabela - 5.3 | Resultados das métricas para classes, consideradas na avaliação. . | 102 |
| Tabela - 5.4 | Resultados das métricas para componentes, consideradas na ava- liação. | 102 |
| Tabela - 5.5 | Resultados da Avaliação GQM considerando a Modularidade. . . | 103 |
| Tabela - 5.6 | Resultados da Avaliação GQM considerando a Reusabilidade. . . | 104 |
| Tabela - 5.7 | Resultados da Avaliação GQM considerando a Modificabilidade. . | 105 |
| Tabela - 5.8 | Resultados da Avaliação GQM considerando a Testabilidade. . . . | 106 |
| | | |
| Tabela - 6.1 | Perfil dos participantes que realizaram a Avaliação Qualitativa do <i>SMartyMetrics</i> | 112 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| Tabela - 6.2 | Mapeamento entre códigos e categorias, na Avaliação Qualitativa realizada. | 116 |
| Tabela - 6.3 | Códigos agrupados por categorias. | 118 |
| Tabela - 6.4 | Códigos associados com os especialistas que avaliaram o <i>SMarty-Metrics</i> | 120 |
| Tabela - 1.1 | Bases de dados e filtros aplicados. | 143 |
| Tabela - 1.2 | Quantidade de trabalhos retornados por bases de dados. | 144 |
| Tabela - 1.3 | Trabalhos que Apresentam/Referenciam <i>Frameworks</i> | 150 |
| Tabela - 1.4 | Referências entre os Trabalhos Seleccionados. | 161 |
| Tabela - 1.5 | Trabalhos Seleccionados no MS. | 165 |
| Tabela - 1.6 | Medidas e Métricas recuperadas no MS. | 170 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ADL:** *Architecture Description Language*
- AGM:** *Arcade Game Maker*
- ALP:** Arquitetura de Linha de Produto
- AQ:** Atributos de Qualidade
- ATAM:** *Architecture Tradeoff Analysis Method*
- CVL:** *Common Variability Language*
- GQM:** *Goal Question Metric*
- GV:** Gerenciamento de Variabilidades
- HoPLAA:** *Holistic Product Line Architecture Assessment*
- LPS:** Linha de Produto de Software
- MS:** Mapeamento Sistemático
- MM:** Mobile Media
- MQ:** Modelos de Qualidade
- MCDM:** *Multi-Criteria Decision Making*
- OMG:** *Object Management Group*
- OO:** Orientação a Objetos
- PLE:** *Product Line Engineering*
- SAQ:** Subatributos de Qualidade
- SMarty:** *Stereotype-based Management of Variability*
- SystemEM-PLA:** *Systematic Evaluation Method for UML-based Software Product Line Architectures*
- UML:** *Unified Modeling Language*

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introdução | 15 |
| 1.1 | Contextualização | 15 |
| 1.2 | Motivação e Justificativa | 16 |
| 1.3 | Objetivos | 17 |
| 1.4 | Metodologia de Desenvolvimento | 17 |
| 1.5 | Organização do Texto | 19 |
| 2 | Fundamentação Teórica | 20 |
| 2.1 | Considerações Iniciais | 20 |
| 2.2 | Linha de Produto de Software e Avaliação de ALP | 20 |
| 2.3 | Medidas e Métricas para Linha de Produto de Software | 23 |
| 2.4 | Modelos de Qualidade e as Normas ISO/IEC 9126 e 25010 | 25 |
| 2.5 | Trabalhos Relacionados | 30 |
| 2.6 | Considerações Finais | 32 |
| 3 | SMartyMetrics | 33 |
| 3.1 | Considerações Iniciais | 33 |
| 3.2 | Modelo de Qualidade do <i>SMartyMetrics</i> | 33 |
| 3.3 | Seleção de Medidas e Métricas para o SMartyMetrics | 35 |
| 3.4 | Associação com Atributos e Subatributos do Modelo ISO/IEC 25010 | 38 |
| 3.4.1 | Associações envolvendo o Subatributo Modularidade | 45 |
| 3.4.2 | Associações envolvendo o Subatributo Reusabilidade | 46 |
| 3.4.3 | Associações envolvendo o Subatributo Modificabilidade | 47 |
| 3.4.4 | Associações envolvendo o Subatributo Testabilidade | 48 |
| 3.5 | Métricas do <i>SMartyMetrics</i> | 48 |
| 3.5.1 | Métricas de Modularidade | 51 |
| 3.5.2 | Métricas de Reusabilidade | 55 |
| 3.5.3 | Métricas de Modificabilidade | 60 |
| 3.5.4 | Métricas de Testabilidade | 61 |
| 3.5.5 | Avaliações considerando a Estrutura de Atributos definida | 64 |
| 3.6 | Diretrizes do <i>SMartyMetrics</i> | 66 |
| 3.6.1 | Análise dos Trabalhos | 66 |
| 3.6.2 | Elaboração das Diretrizes | 68 |
| 3.6.3 | Apresentação das Diretrizes | 68 |
| 3.7 | Considerações Finais | 74 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4 | Validação Experimental das Métricas do <i>SMartyMetrics</i> | 76 |
| 4.1 | Considerações Iniciais | 76 |
| 4.2 | Metodologia e Planejamento Experimental | 76 |
| 4.2.1 | Planejamento dos Estudos Experimentais | 77 |
| 4.2.2 | Execução dos Estudos Experimentais | 86 |
| 4.3 | Validação das Métricas de Tamanho | 87 |
| 4.3.1 | Análise e Interpretação dos Resultados | 87 |
| 4.4 | Validação das Métricas de Acoplamento e Coesão | 89 |
| 4.4.1 | Análise e Interpretação dos Resultados | 90 |
| 4.5 | Avaliação da Validade do Conjunto de Estudos Experimentais | 93 |
| 4.5.1 | Ameaças à Validade de Conclusão | 93 |
| 4.5.2 | Ameaças à Validade de <i>Constructo</i> | 93 |
| 4.5.3 | Ameaças à Validade Interna | 93 |
| 4.5.4 | Ameaças à Validade Externa | 94 |
| 4.6 | Análise e Interpretação dos Resultados Gerais | 95 |
| 4.6.1 | Avaliação de Resultados e Implicações | 95 |
| 4.6.2 | Inferências | 95 |
| 4.6.3 | Lições Aprendidas | 95 |
| 4.7 | Considerações Finais | 96 |
| 5 | Avaliação Inicial da Estrutura de Atributos usando GQM | 97 |
| 5.1 | Considerações Iniciais | 97 |
| 5.2 | Descrição da Avaliação | 97 |
| 5.3 | Estrutura de Atributos Desenvolvida | 98 |
| 5.4 | Avaliação da Estrutura de Atributos Desenvolvida | 98 |
| 5.4.1 | Planejamento da Avaliação | 98 |
| 5.4.2 | Definição da Avaliação | 99 |
| 5.4.3 | Coleta de Dados | 101 |
| 5.4.4 | Interpretação e Discussão | 102 |
| 5.5 | Considerações Finais | 107 |
| 6 | Avaliação Empírica Qualitativa do <i>SMartyMetrics</i> | 108 |
| 6.1 | Considerações Iniciais | 108 |
| 6.2 | Definição do Estudo Empírico | 109 |
| 6.3 | Planejamento do Estudo | 109 |
| 6.4 | Execução do Estudo | 110 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.5 | Análise e Interpretação dos Resultados | 111 |
| 6.5.1 | Perfil dos Especialistas | 111 |
| 6.5.2 | Códigos Identificados | 112 |
| 6.5.3 | Categorias Definidas | 114 |
| 6.5.4 | Mapeamento entre Códigos e Categorias | 115 |
| 6.5.5 | Apresentação dos Códigos Associados às Categorias | 117 |
| 6.5.6 | Categoria-Especialistas-Códigos | 119 |
| 6.6 | Avaliação da Validade do Estudo | 120 |
| 6.7 | Propostas de Melhoria para o <i>SMartyMetrics</i> | 122 |
| 6.8 | Considerações Finais | 123 |
| 7 | Conclusão | 124 |
| 7.1 | Contribuições | 125 |
| 7.2 | Limitações | 126 |
| 7.3 | Trabalhos Futuros | 126 |
| | REFERÊNCIAS | 128 |
| A | Apêndice A - Mapeamento Sistemático sobre Medidas, Medições, Métricas e Frameworks em Linha de Produto de Software | 138 |
| A.1 | Apresentação | 138 |
| A.2 | Definição das questões de pesquisa | 139 |
| A.3 | Busca pelos trabalhos primários | 139 |
| A.3.1 | Inter-relação entre seleção das bases de dados e string de busca | 139 |
| A.3.2 | Definição da string de busca | 140 |
| A.3.3 | Seleção das bases de dados | 141 |
| A.3.4 | Execução da string de busca | 144 |
| A.3.5 | Leitura dos trabalhos retornados | 144 |
| A.4 | Seleção de trabalhos baseados nos critérios de inclusão/exclusão | 144 |
| A.4.1 | Inclusão | 145 |
| A.4.2 | Exclusão | 145 |
| A.5 | Classificação dos trabalhos | 145 |
| A.6 | Extração dos dados e agregações | 147 |
| A.6.1 | Informações sobre os Trabalhos | 148 |
| A.6.2 | Informações sobre as Medidas e Métricas | 154 |
| A.6.3 | Meta-Análise Realizada | 160 |
| A.6.4 | Tabelas - Trabalhos e Medidas/Métricas | 165 |

| | | |
|----------|---|------------|
| B | Apêndice B - Artefatos utilizados na Estrutura de Atributos | 193 |
| B.1 | Apresentação | 193 |
| B.2 | Definições dos Atributos das Medidas e Métricas | 193 |
| B.3 | Definições dos Atributos e Subatributos da ISO/IEC 25010 | 195 |
| C | Apêndice C - Artefatos para Validação Experimental das Métricas de Tamanho, Acoplamento e Coesão | 196 |
| C.1 | Apresentação e Artefatos | 196 |
| D | Apêndice D - Artefatos para Avaliação Qualitativa do <i>SMartyMetrics</i> | 213 |
| D.1 | Apresentação e Artefatos | 213 |
| E | Apêndice E - Respostas dos participantes - Avaliação Qualitativa do <i>SMartyMetrics</i> | 229 |
| E.1 | Apresentação | 229 |
| E.2 | Questões e Respostas dos Participantes | 229 |
| F | Apêndice F - ALPs Utilizadas nos Experimentos | 235 |
| F.1 | Apresentação | 235 |
| F.2 | Processo de Derivação das ALPs | 235 |
| F.3 | ALPs utilizadas na Validação das Métricas de Tamanho | 238 |
| F.4 | ALPs utilizadas na Validação das Métricas de Acoplamento e Coesão | 246 |
| F.5 | PLAs utilizadas na Avaliação Inicial da Estrutura de Atributos utilizando GQM | 250 |
| G | Anexo: Abordagem <i>SMarty</i> | 253 |

Introdução

1.1 Contextualização

Linha de Produto de Software (LPS) é uma abordagem de desenvolvimento de software, que possibilita o reúso sistemático e planejado de artefatos, considerando um domínio específico de atuação (Clements e Northrop, 2001); (Capilla et al., 2013).

Os benefícios com a adoção de LPS são observados a médio e longo prazo. Entre os benefícios esperados estão o aumento do reúso de artefatos e a redução do *time-to-market*, além de melhorias nas estimativas de custos e retorno de investimento (Bosch et al., 2015).

Entre os artefatos mais importantes do núcleo de artefatos de uma LPS, está a Arquitetura de Linha de Produto (ALP). A ALP representa a abstração de todos os possíveis produtos que podem ser instanciados de uma LPS. Essa característica faz com que a arquitetura ocupe um papel central no desenvolvimento de tais produtos (Bass et al., 2012).

De acordo com Linden et al. (Linden et al., 2007) e OliveiraJr et al. (OliveiraJr et al., 2013), vários são os benefícios alcançados com a avaliação de uma ALP. Entre esses benefícios está a priorização de Atributos de Qualidade (AQ) conflitantes. Os AQ podem representar propriedades desejáveis para os produtos da LPS. Além disso, os AQ também refletem características importantes para os desenvolvedores e clientes. A escolha dos AQ Manutenibilidade e Usabilidade (ISO, 2001) em um processo de avaliação, por exemplo, considera desenvolvedores e clientes respectivamente. A avaliação de ALPs considerando AQ pode ser apoiada pela utilização de métricas (Colanzi e Vergilio, 2014); (OliveiraJr e Gimenes, 2014); (OliveiraJr et al., 2013); (OliveiraJr, 2010); (Olumofin e Misic, 2005).

As métricas podem considerar elementos característicos de LPS como variabilidades, pontos de variação e variantes, além de AQ (OliveiraJr e Gimenes, 2014). Quanto mais AQ puderem ser considerados na avaliação de ALP, maior é o escopo de avaliação e a possibilidade de análises de *trade-off*. Muitos AQ permitem análises de *trade-off* efetivas, visto que um atributo pode impactar em outro(s) atributo(s). Assim, tal análise permitiria escolher qual(is) atributo(s) priorizar em um dado produto a partir de uma ALP. Nessa análise, técnicas específicas, por exemplo baseadas em *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM), podem ser utilizadas (Thurimella e Ramaswamy, 2012).

Modelos de Qualidade (MQ), tais como os da ISO/IEC 9126 (2001) e da ISO/IEC 25010 (2011) apresentam a definição de AQ, elaborados por uma ampla comunidade (Guerra e Colombo, 2009). Tais AQ podem ser utilizados em análises que considerem características específicas de LPS e de qualidade.

1.2 Motivação e Justificativa

Apesar da literatura apresentar um conjunto extenso de medidas e métricas utilizadas no contexto de LPS (Apêndice A), percebe-se que poucas dessas são definidas considerando um determinado Modelo de Qualidade. Além disso, observa-se também a carência na literatura de conjuntos de AQ e métricas, que contribuam com a avaliação de ALPs considerando MQ, tal como os da ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 25010 (ISO, 2001); (ISO, 2011b).

A carência de AQ e métricas, específicos para o contexto de avaliação de LPS, que considerem ALPs e apresentem associação com MQ influenciou no desenvolvimento do *SMartyMetrics*. O *SMartyMetrics* pode ser entendido como um *framework* com uma estrutura de associação entre AQ e métricas, desenvolvido com o propósito de apoiar a avaliação de ALPs modeladas em *Unified Modeling Language* (UML), de acordo com a *Stereotype-based Management of Variability (SMarty)* (Bera et al., 2015); (Geraldini et al., 2015); (Marcolino e OliveiraJr, 2015); (Marcolino et al., 2014a); (Marcolino et al., 2014b); (Marcolino et al., 2013b); (OliveiraJr et al., 2010a). *SMarty* é uma abordagem para identificação e representação de variabilidade em modelos UML, adotada e avaliada experimentalmente ao longo dos anos ((Rodrigues, 2013); (Rodrigues et al., 2012)).

Entende-se que tal *framework* possa contribuir com a avaliação de ALPs, por meio de AQ e métricas, inseridas no contexto de LPS e associadas com um Modelo de Qualidade padronizado.

1.3 Objetivos

Considerando as motivações e justificativas apresentadas, esta dissertação tem o objetivo de apoiar a avaliação de ALPs, definindo um *framework* composto de AQ e métricas, tomando como base o Modelo de Qualidade da ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b) e considerando variabilidades modeladas de acordo com a abordagem *SMarty*.

Para alcançar o objetivo definido com a dissertação, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- identificar na literatura medidas, métricas e *frameworks* para LPS;
- selecionar medidas e métricas que possam compor um conjunto de AQ para avaliação de ALPs, com base na ISO/IEC 25010;
- validar experimentalmente as métricas definidas;
- avaliar empiricamente o *framework* proposto com base na participação de especialistas em LPS, ALP e métricas.

1.4 Metodologia de Desenvolvimento

As atividades e a metodologia para o desenvolvimento do *SMartyMetrics* são apresentadas na Figura - 1.1.

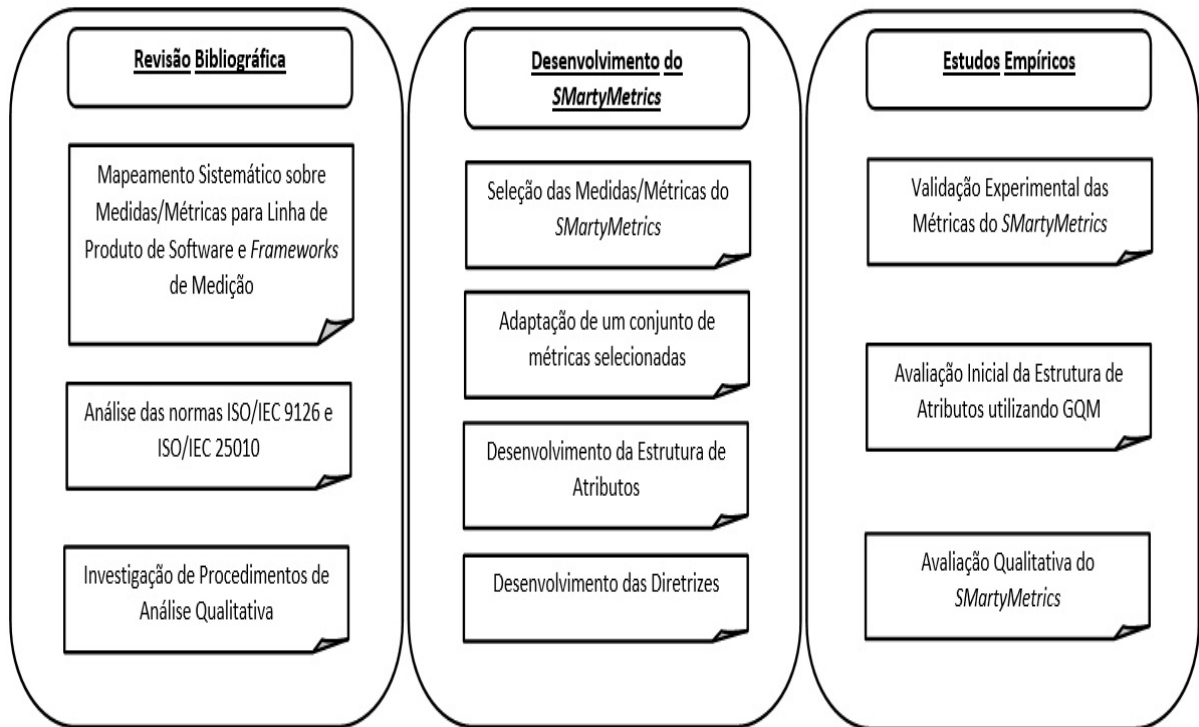
A metodologia de desenvolvimento do *SMartyMetrics*, apresentada na Figura - 1.1, considera três etapas principais de pesquisa, Revisão Bibliográfica, Desenvolvimento do *SMartyMetrics* e Estudos Empíricos. As atividades principais de cada etapa também são apresentadas.

Na Revisão Bibliográfica, três estudos principais foram realizados. O primeiro estudo foi um Mapeamento Sistemático (MS). O propósito do MS foi identificar medidas e métricas utilizadas no contexto de LPS. Mais informações sobre o MS podem ser encontradas no Apêndice A.

Após a realização do MS, foram observados trabalhos que utilizam normas de qualidade, mais especificamente a norma ISO/IEC 9126. Considerando as observações e os objetivos do *SMartyMetrics*, realizou-se a análise das normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 25010, com o propósito de entender como a qualidade é estruturada nas mesmas.

A investigação de procedimentos de Análise Qualitativa também foi realizada na etapa de Revisão Bibliográfica. Procedimentos de *Grounded Theory*, tais como *Coding* (Corbin e Strauss, 2014), foram estudados.

Figura 1.1: Etapas da Metodologia de Desenvolvimento.



Na etapa de Desenvolvimento do *SMartyMetrics*, quatro atividades principais foram realizadas, Seleção das Medidas/Métricas do *SMartyMetrics*, Adaptação de um conjunto de métricas selecionadas, Desenvolvimento da Estrutura de Atributos e Desenvolvimento das Diretrizes.

A seleção das medidas/métricas considerou os resultados do MS realizado. Seleções sucessivas foram realizadas para selecionar as medidas/métricas mais adequadas, conforme pode ser observado na seção 3.3.

As seleções sucessivas consideraram medidas/métricas que atenderam os seguintes critérios, na seguinte ordem: aplicação e/ou adaptação para modelos; aplicação e/ou adaptação para modelos UML e aplicação e/ou adaptação para diagramas de classes e componentes. A seleção aconteceu em três etapas. A cada etapa, um critério foi considerado e as medidas/métricas que se adequavam ao critério foram selecionadas.

Um subconjunto das medidas/métricas selecionadas na última etapa foram adaptadas para considerar explicitamente variabilidades, pontos de variação e variantes nas ALPs avaliadas. A seção 3.5 apresenta as métricas adaptadas.

Os atributos das métricas selecionadas e/ou adaptadas foram considerados no desenvolvimento da Estrutura de Atributos do *SMartyMetrics*. Essa estrutura associa os

atributos das métricas com atributos e subatributos da ISO/IEC 25010. A seção 3.4 apresenta os detalhes do desenvolvimento da estrutura.

Após o desenvolvimento da estrutura de atributos, realizou-se o Desenvolvimento das Diretrizes (seção 3.6). As diretrizes apresentam recomendações consideradas adequadas para LPS, ALP e Medidas/Métricas.

A última etapa da metodologia apresentada na Figura - 1.1 é a realização dos Estudos Empíricos. No total, três grupos de estudos empíricos foram realizados. O primeiro grupo considera a validação experimental das métricas do *SMartyMetrics*. Nesse grupo, dois experimentos de validação de métricas foram realizados. O capítulo 4 apresenta tais experimentos.

No segundo grupo, um estudo de avaliação da estrutura de atributos do *SMartyMetrics* foi realizado. Nesse estudo, a estrutura foi utilizada em uma avaliação baseada na abordagem *Goal Question Metric* (GQM). Por fim, o último grupo considera a avaliação qualitativa do *SMartyMetrics*. Um estudo baseado em *Grounded Theory* foi realizado para avaliar o entendimento de especialistas sobre o *framework* desenvolvido. A estrutura de atributos e as diretrizes foram consideradas na avaliação qualitativa.

1.5 Organização do Texto

Este capítulo apresentou a contextualização desta dissertação, as motivações, os objetivos e a metodologia. O restante da dissertação está estruturada da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, importante para a estruturação de *SMartyMetrics*; o Capítulo 3 apresenta a estruturação do *SMartyMetrics*, em termos de AQ e métricas; o Capítulo 4 apresenta a validação experimental das métricas do *framework*; o Capítulo 5 apresenta a avaliação inicial do *SMartyMetrics*, utilizando GQM; o Capítulo 6 apresenta a avaliação empírica qualitativa do *SMartyMetrics*; e o Capítulo 7 apresenta as contribuições, limitações e trabalhos futuros desta dissertação.

Fundamentação Teórica

2.1 Considerações Iniciais

Esta seção apresenta conceitos importantes para o entendimento do *SMartyMetrics*. Inicialmente, os conceitos sobre LPS e Avaliação de ALPs são discutidos. Como o *SMartyMetrics* apresenta o propósito de auxiliar a avaliação de ALPs, é importante entender as características de tal atividade.

Com relação às medidas e métricas para LPS, é apresentado um subconjunto mais relevante dos resultados do MS realizado. Os resultados restantes encontram-se no Apêndice A. Esses resultados evidenciam que apesar do número elevado de medidas e métricas recuperadas, ainda existem características e/ou atributos que podem ser aprimorados para a avaliação no contexto de LPS.

Os MQ ISO/IEC 9126 (ISO, 2001) e 25010 (ISO, 2011b) também são apresentados. Esses MQ são utilizados para avaliação de softwares de propósito geral. Apesar de tal característica, é possível observar trabalhos na literatura que consideram e/ou adaptam tais modelos para o contexto de LPS (seção 2.5).

De maneira geral, os trabalhos da seção 2.5 apresentam características e/ou propósitos em comum com o *SMartyMetrics*.

2.2 Linha de Produto de Software e Avaliação de ALP

A aplicação da abordagem de LPS considera um domínio específico, que determina as principais características da LPS. Essas características podem ser percebidas nos produtos

específicos instanciados. Com relação aos produtos, pode-se definir os mesmos como a combinação de artefatos (Galster et al., 2014); (Capilla et al., 2013); (Thurimella e Bruegge, 2012), existentes no núcleo de artefatos de uma LPS (OliveiraJr et al., 2013); (OliveiraJr et al., 2010a).

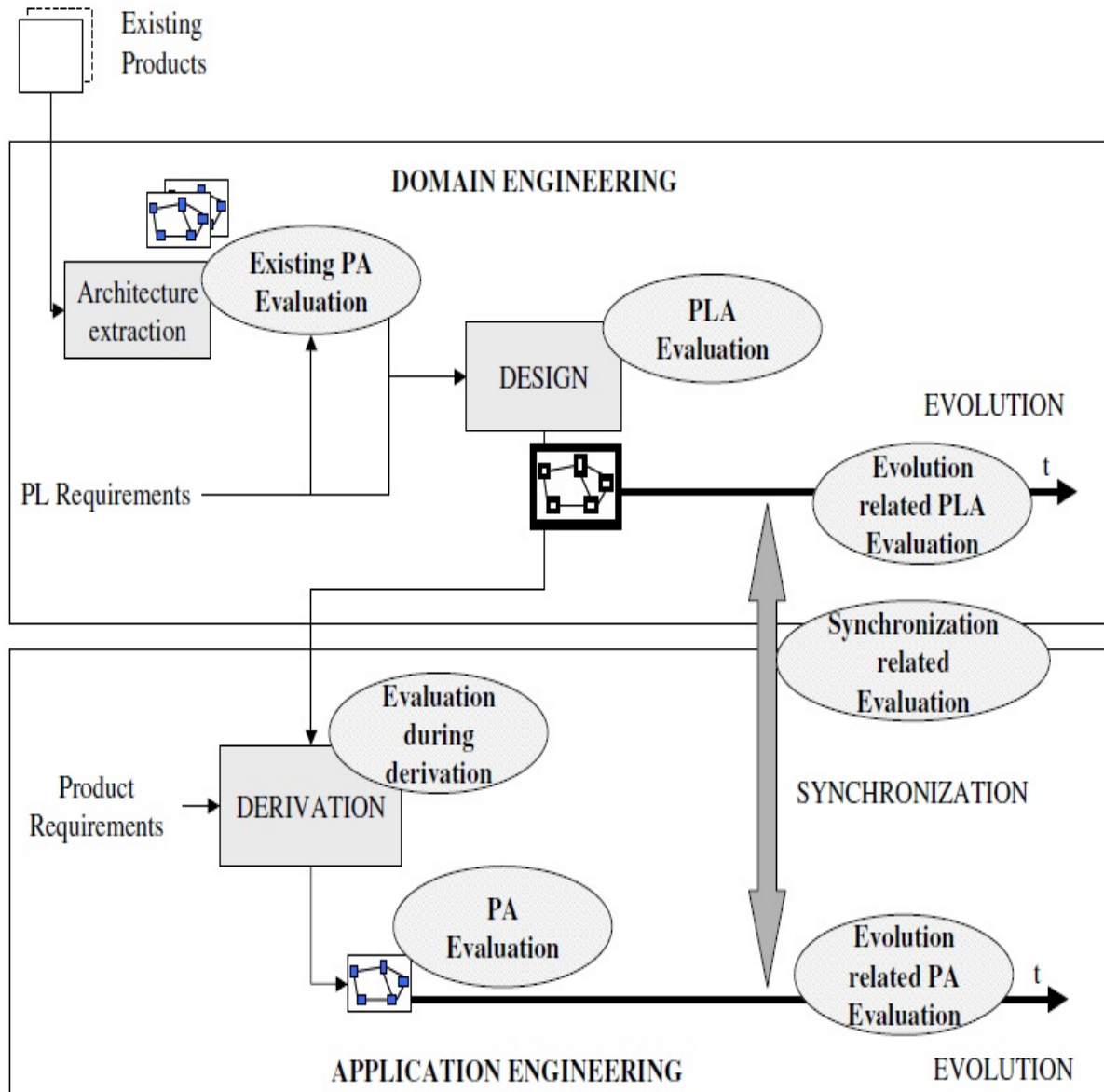
Entre os artefatos existentes no núcleo de artefatos, estão aqueles associados com variabilidades. Variabilidade pode ser entendida como a capacidade de customização de um artefato. Sua representação é auxiliada pelos pontos de variação e variantes. Os pontos de variação são os locais de resolução de uma dada variabilidade em um artefato de uma LPS (Capilla et al., 2013). Pontos de variação exigem a associação com uma ou mais variantes. As variantes permitem a resolução de um dado ponto de variação e conseqüentemente, de uma dada variabilidade (Galster et al., 2014). A partir das variantes selecionadas, pode-se observar as diferenças existentes entre os possíveis produtos instanciados de uma LPS.

A variabilidade possibilita estimar o potencial de produtos instanciáveis de uma LPS, especialmente a partir da ALP. Dado as características da variabilidade, é importante que métodos sistemáticos de Gerenciamento de Variabilidades (GV) sejam considerados. Algumas abordagens sistemáticas de GV têm sido propostas na literatura (Galster et al., 2014); (Thurimella e Bruegge, 2012); (Chen et al., 2009). Dentre os principais tipos de abordagens estão as anotativas e as composicionais. O método de Gomaa (Gomaa, 2004) e a abordagem proposta por Ziadi (Ziadi e Jezequel, 2006) são exemplos de abordagens anotativas. A *Common Variability Language* (CVL) (Haugen, 2012) é um exemplo de abordagem composicional.

Nesta dissertação, será considerada a abordagem *Stereotype-based Management of Variability* (*SMarty*) (OliveiraJr et al., 2010a), por ser uma abordagem que vem sendo adotada em diferentes pesquisas nos últimos anos e por fornecer evidências empíricas iniciais de sua efetividade (Geraldi e OliveiraJr, 2017); (Giron et al., 2017); (Marcolino et al., 2017);(Marcolino e OliveiraJr, 2017); (Bera et al., 2015); (Geraldi et al., 2015); (Marcolino e OliveiraJr, 2015); (Marcolino et al., 2014a); (Marcolino et al., 2014b); (Marcolino et al., 2013b). Um resumo da abordagem *SMarty* pode ser encontrado em G.

As atividades de gerenciamento de variabilidades estão inseridas no contexto de avaliação de ALPs. Tal avaliação é crucial no contexto de LPS, realizada desde a concepção da linha, até a manutenção e evolução da mesma. Dependendo da fase de avaliação, os objetivos desta são diferentes. A Figura - 2.1 apresenta algumas das fases em que a avaliação de ALP pode ser realizada.

Figura 2.1: Momentos de Avaliação de uma LPS (Etxeberria e Sagardui, 2005).



Caso seja realizada na Engenharia de Domínio (*Domain Engineering*), a avaliação de ALP considera os elementos arquiteturais relacionados ao domínio da linha. Esses elementos também são considerados na Engenharia de Aplicação (*Application Engineering*), com o acréscimo dos elementos variáveis, que precisam ser analisados e resolvidos para a instanciação dos produtos.

Nesta dissertação, a avaliação de ALP concentra-se no *design*, mais especificamente na Engenharia de Domínio. Produtos instanciados, relacionados diretamente com a Engenharia de Aplicação, não são considerados no escopo deste trabalho. A avaliação da

ALP no *design* é apresentada em destaque na Figura - 2.1. Uma observação importante refere-se a sigla PLA, também apresentada na figura. Tal sigla significa *Product Line Architecture* e representa a tradução em inglês para Arquitetura de Linha de Produto (ALP).

Assim como em gerenciamento de variabilidades, existem diversas abordagens de avaliação de ALP presentes na literatura, tais como a de Olumofin e Misic (Olumofin e Misic, 2005) e OliveiraJr *et al.* (OliveiraJr *et al.*, 2013). Olumofin e Misic (2005) apresentam a abordagem *Holistic Product Line Architecture Assessment* (HoPLAA), uma extensão do método *Architecture Tradeoff Analysis Method* (ATAM), para avaliação de ALPs. A HoPLAA realiza a avaliação em duas etapas. Na primeira etapa é realizada a avaliação da arquitetura base da LPS e na segunda etapa, avalia-se a arquitetura do produto instanciado. A abordagem considera as variabilidades na definição do escopo da LPS. Análises de *trade-off* e definição de cenários de AQ também são considerados por essa abordagem.

OliveiraJr *et al.* (2013) apresentam o método *Systematic Evaluation Method for UML-based Software Product Line Architectures* (SysEM-PLA), para avaliação de ALPs modeladas em UML. O SysEM-PLA considera a avaliação em três etapas. Na primeira etapa, é realizado o planejamento da avaliação. Na segunda etapa é realizada a coleta de dados e na terceira etapa, é realizada a análise dos dados e documentação da avaliação. As variabilidades estão representadas em modelos UML SMarty e assim como o HoPLAA, o SysEM-PLA também considera cenários de AQ e análises de *trade-off*.

Entende-se que o *SMartyMetrics* apresentado nesta dissertação possa apoiar a avaliação de ALPs, com métricas que considerem AQ, relacionados com MQ e com as variabilidades representadas nos modelos UML *SMarty*.

2.3 Medidas e Métricas para Linha de Produto de Software

Em *Fenton e Bieman* (Fenton e Bieman, 2014), *Pressman* (Pressman, 2010) e ISO/IEC/IEEE 24765 (ISO/IEEE/IEC, 2010), encontram-se definições básicas para entidade, atributo, medidas, medição, métricas e indicadores. No contexto de medição de software, uma entidade é um objeto ou evento do mundo real. Tais objetos e/ou eventos apresentam atributos, que são características ou propriedades que os diferenciam de outros. Uma medida é a indicação quantitativa sobre o estado de algum atributo, tais como tamanho e complexidade. A medição pode ser entendida como o processo de determinar uma medida,

por meio da coleta de dados. A métrica é uma representação, envolvendo uma ou mais medidas, que pode ser utilizada no processo de medição. Por fim, o indicador corresponde à um possível resultado que pode ser evidenciado/concluído a partir dos resultados obtidos com a aplicação das métricas.

A partir das definições apresentadas por *Fenton e Bieman* (Fenton e Bieman, 2014), *Pressman* (Pressman, 2010) e ISO/IEC/IEEE 24765 (ISO/IEEE/IEC, 2010), é possível perceber que a aplicação e/ou coleta de métricas está inserida em um processo de medição. As métricas aplicadas podem estar isoladas, para avaliação de determinado atributo, ou podem estar inseridas em *frameworks* de avaliação/medição, geralmente direcionados à AQ de um software (Sant'Anna et al., 2007); (Sant'anna et al., 2003). Na avaliação de softwares considerando AQ, é possível que existam MQ associados aos AQ. Esses modelos, tais como a ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 25010 (ISO, 2001); (ISO, 2011b); (Guerra e Colombo, 2009), definem um conjunto de AQ que possibilitam estimar a qualidade do software.

Com relação à classificação das métricas, a literatura apresenta diferentes classificações. Em Sommerville (Sommerville, 2010), as métricas são classificadas em estáticas e dinâmicas. As métricas estáticas são aplicadas utilizando artefatos do sistema, tais como documentação e diagramas. As métricas dinâmicas são aplicadas na execução do software.

Kan (Kan, 2002) classifica as métricas por domínios. Três domínios são considerados: de produto, de processo e projeto. As métricas de produto avaliam atributos do mesmo. As métricas de processo avaliam atributos existentes no processo de desenvolvimento/-manutenção do software e as métricas de projeto avaliam atributos relacionados com a execução do projeto.

Em Souza (Souza, 2015) é apresentada uma classificação para as métricas de qualidade de software. Segundo o autor, as métricas de qualidade pertencem a um subconjunto das métricas de software, com foco na qualidade de processos, produtos e projetos e podem ser classificadas em internas e externas. As métricas internas são diretamente mensuradas, em um determinado artefato. As métricas externas estão relacionadas com atributos externos de qualidade e são indiretamente mensuradas, pela combinação de métricas internas. Nessa classificação apresentada, tem-se que a qualidade externa do software é resultante da qualidade interna do mesmo (Meyer, 1988). Considerando o contexto da ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b), pode-se comparar os AQ e Subatributos de Qualidade (SAQ) da norma com as métricas externas e internas. Os AQ da ISO/IEC 25010 são avaliados por meio dos SAQ, assim como as métricas externas são avaliadas por meio das métricas internas.

Com relação às medidas e métricas específicas para LPS, a literatura apresenta um conjunto extenso, conforme verificado no MS realizado (Apêndice A). Alguns dos trabalhos selecionados apresentam métricas tradicionais do desenvolvimento de software ou adaptações das mesmas para o contexto de LPS (OliveiraJr e Gimenes, 2014); (Marcolino et al., 2013c); (Silva et al., 2011); (OliveiraJr et al., 2010b). Medidas/Métricas para medição de elementos característicos de LPS, como pontos de variação, variantes, variabilidades (OliveiraJr et al., 2013) e características também são apresentadas (Colanzi e Vergilio, 2014).

Outra situação observada no MS diz respeito aos artefatos que podem ser considerados na medição. Foram encontrados trabalhos que consideram desde a combinação entre modelos e código fonte (Sánchez et al., 2014) até modelos (OliveiraJr e Gimenes, 2014) ou código fonte exclusivamente (Ribeiro et al., 2010).

O MS foi motivado pela necessidade de seleção e definição de medidas/métricas que pudessem ser incorporadas ao *SMartyMetrics*, apresentado nesta dissertação. As métricas definidas devem apoiar a avaliação arquitetural de modelos UML *SMarty*. O MS foi realizado considerando medidas, medições e métricas, bem como *frameworks* de medidas, medições e métricas.

Ao final da realização do MS, 224 medidas/métricas foram identificadas. Essas medidas/métricas em sua maioria, não estão associadas com *frameworks* e/ou MQ. Do total de trabalhos consultados, somente 24 trabalhos foram considerados ao final do MS.

Ao final da análise dos trabalhos considerados, foi observado que 7 trabalhos apresentam/referenciam *frameworks*. Tais trabalhos podem ser observados na Tabela - 1.3. Entre as 224 medidas/métricas identificadas no MS, 22 medidas/métricas foram apresentadas nesses 7 trabalhos. Isso corresponde a aproximadamente 10% do total.

Especificamente sobre as medidas/métricas, foi observado que 220 medidas/métricas consideram o produto, enquanto 4 medidas/métricas consideram o processo. Sobre os principais artefatos considerados nas medições, tem-se que 137 medidas/métricas consideram modelo(s) e 60 medidas/métricas consideram código-fonte. Mais informações podem ser observadas na Figura - 1.9.

2.4 Modelos de Qualidade e as Normas ISO/IEC 9126 e 25010

Os MQ contribuem com a avaliação da qualidade do software, auxiliando no estabelecimento sistemático de um conjunto de diretrizes para um determinado domínio de

aplicação (Souza, 2015). A literatura apresenta variados MQ, tais como o modelo de McCall (McCall, 1977), de Boehm (Boehm et al., 1978) e as ISO/IEC 9126 (ISO, 2001) e ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b).

De acordo com Milicic (Milicic, 2005), os modelos de McCall e Boehm influenciaram na construção dos MQ atuais, como por exemplo as ISO/IEC 9126 e 25010. A ISO/IEC 9126 é um padrão internacional para a avaliação de produtos de software. A especificação da norma é subdividida em quatro documentos:

- Documento 1: ISO/IEC 9126-1, descrevendo o Modelo de Qualidade;
- Documento 2: ISO/IEC 9126-2, descrevendo as Métricas Externas;
- Documento 3: ISO/IEC 9126-3, descrevendo as Métricas Internas;
- Documento 4: ISO/IEC 9126-4, descrevendo as Métricas de Qualidade em Uso.

O documento 1 apresenta a visão geral da norma, considerando três tipos de qualidade: externa, interna e qualidade em uso. A qualidade externa está relacionada com a execução do software. A qualidade interna está relacionada com as características internas definidas para o produto e a qualidade em uso está relacionada com a qualidade do produto, considerando o ponto de vista do usuário.

Os três tipos de qualidade considerados pela norma são apresentados detalhadamente nos documentos 2, 3 e 4, que representam a qualidade externa, interna e em uso respectivamente. A Figura - 2.2 apresenta os AQ da norma ISO/IEC 9126.

Os AQ da Figura - 2.2 estão associados com um conjunto de subatributos. O atributo Manutenibilidade, por exemplo, está associado aos subatributos Analisabilidade, Modificabilidade, Estabilidade, Testabilidade e Conformidade. Esses subatributos possibilitam que a Manutenibilidade do software seja avaliada considerando diferentes propriedades. Para cada atributo ou subatributo, uma ou mais métricas podem ser definidas e/ou utilizadas.

A possibilidade de avaliar um atributo de qualidade específico por meio de outros SAQ, apresentada no parágrafo anterior para o atributo Manutenibilidade, pode ser realizada para os demais atributos da norma ISO/IEC 9126 (Funcionalidade, Confiabilidade, Usabilidade, Eficiência e Portabilidade).

Outra norma ISO/IEC relacionada à software é a norma ISO/IEC 25010. Tal norma é uma divisão da norma ISO/IEC 25000 (*Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation* (SQuaRE) (ISO, 2011b) e corresponde à norma ISO/IEC 9126 reestruturada. A Figura - 2.3 apresenta os AQ da norma ISO/IEC 25010.

Assim como na ISO/IEC 9126, a norma ISO/IEC 25010 também aborda a qualidade de software como um conjunto de atributos e subatributos representados em uma estrutura hierárquica. Comparando a norma ISO/IEC 9126 com a norma ISO/IEC 25010, a partir da Figura - 2.2 e da Figura - 2.3 respectivamente, percebe-se a inserção de mais AQ nesta última, como por exemplo, o atributo Compatibilidade, que define os subatributos Coexistência e Interoperabilidade. A inserção de AQ amplia o escopo de avaliação, ou seja, amplia o número de características que podem ser consideradas na avaliação da qualidade do software.

O *framework* desenvolvido neste trabalho considera a norma ISO/IEC 25010. Entre os AQ da norma, foi considerado somente o atributo Manutenibilidade. A consideração de um único Atributo de Qualidade é resultante das associações estabelecidas entre os atributos das medidas/métricas do *SMartyMetrics* e os atributos e subatributos da ISO/IEC 25010. Mais informações sobre as associações estabelecidas podem ser encontradas na seção 3.4.

A Manutenibilidade está em destaque na Figura - 2.3, juntamente com um conjunto de subatributos associados. Entre tais subatributos está a Reusabilidade, que avalia o nível de reuso do software. É importante destacar que a reusabilidade é essencial no contexto de LPS, pois influencia diretamente no quanto os artefatos podem ser utilizados em outros produtos e/ou artefatos.

Figura 2.2: Modelo de Qualidade ISO/IEC 9126 (ISO, 2001)

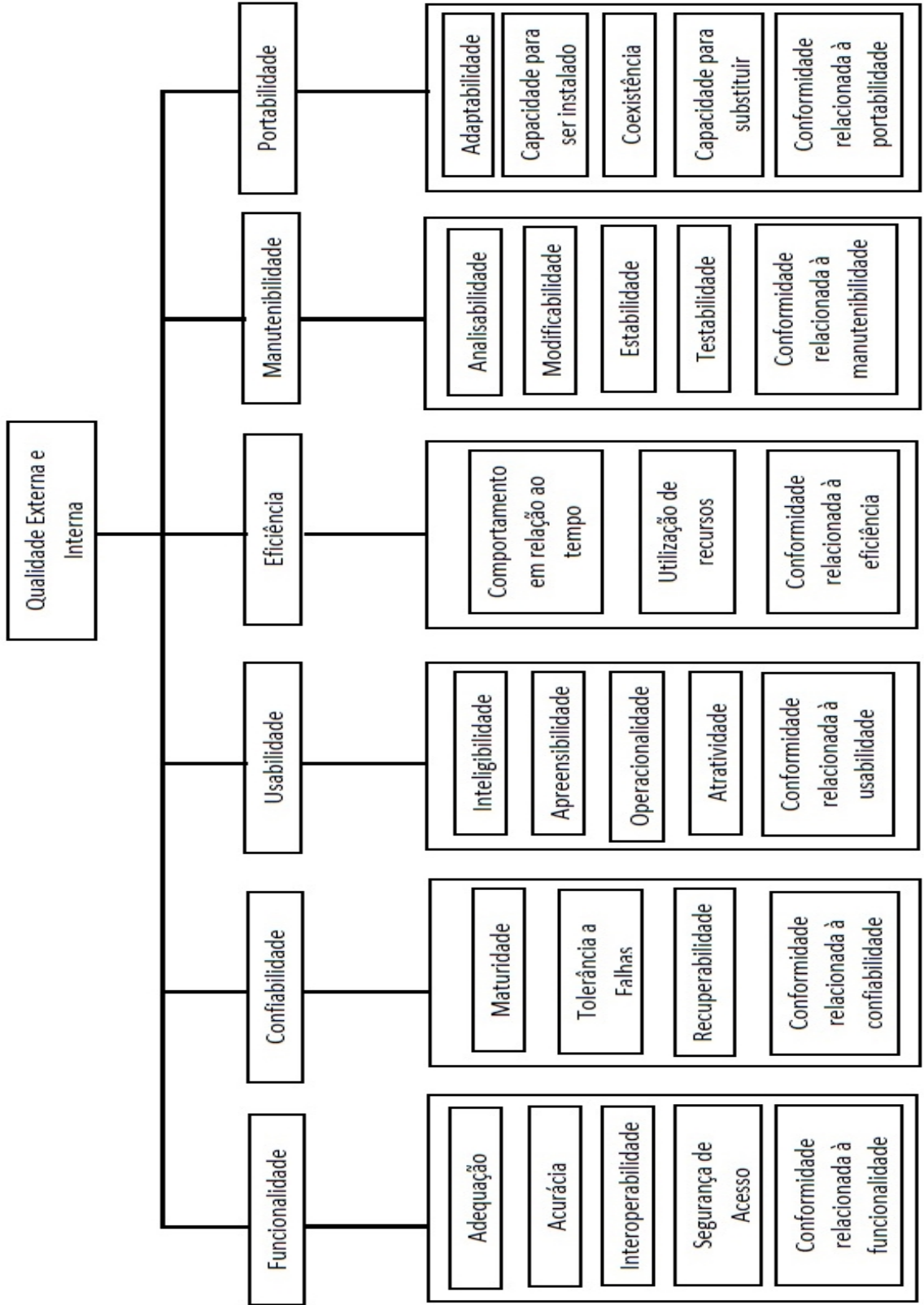
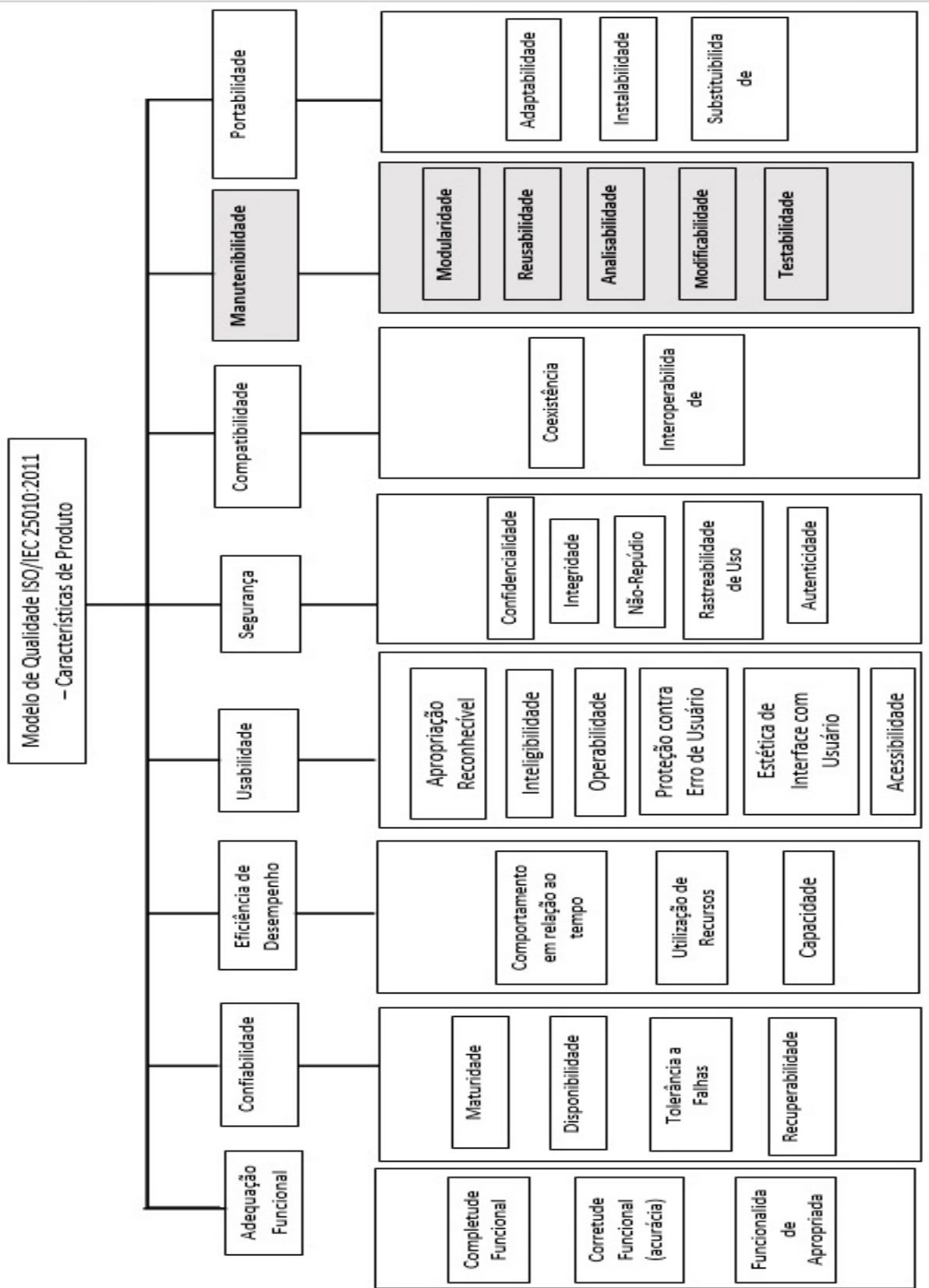


Figura 2.3: Modelo de Qualidade ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b)



2.5 Trabalhos Relacionados

O MS realizado selecionou 24 trabalhos sobre medidas, medições e métricas, bem como *frameworks* de medidas, de medições e de métricas, no contexto de LPS. Além dos trabalhos selecionados no MS, outros trabalhos, resultantes de pesquisas não sistemáticas sobre o mesmo assunto, também foram avaliados.

Sant'Anna et al. (Sant'anna et al., 2003) apresentam um *framework* de avaliação no contexto de desenvolvimento de software orientado à aspectos. Tal *framework* é composto de dois elementos principais: um modelo de qualidade e um conjunto de métricas. O modelo de qualidade apresentado é baseado em outros modelos, além de definições clássicas de atributos de qualidade. O conjunto de métricas apresentado tem o propósito de avaliar a separação de interesses, o acoplamento, a coesão e o tamanho dos artefatos. Apesar de não estar diretamente relacionado com LPS e ser específico a aspectos, tal trabalho apresenta um *framework* de avaliação que associa AQ e métricas. Essa associação também foi considerada no *SMartyMetrics*.

Em outro trabalho, Sant'Anna et al. (Sant'Anna et al., 2007) apresentam um *framework* de medição dirigido à interesses, para avaliação da modularidade de arquiteturas de software. Esse *framework* apresenta um mecanismo para documentar os interesses arquiteturais e uma suíte de métricas arquiteturais. O *framework* apresentado considera a avaliação em representações da arquitetura de software, tais como *Architecture Description Languages* (ADL) e UML, também considerada pelo *SMartyMetrics*. A possível avaliação de arquiteturas de software representadas em UML motivou o estudo deste trabalho.

Her et al. (Her et al., 2007) apresentam um *framework* que considera AQ da norma ISO/IEC 9126 (ISO, 2001) para Avaliação da Reusabilidade de *Core Assets* de LPSs, considerando um conjunto de atributos. Métricas foram definidas e computadas para cada atributo. O *framework* considera alguns artefatos de entrada, tais como especificação da interface, especificação da arquitetura e modelo de similaridades e variabilidades entre os produtos. Esse trabalho associa de forma parcial, um modelo de qualidade, AQ e métricas, com foco na avaliação da reusabilidade.

Figueiredo et al. (Figueiredo et al., 2008b) apresentam um *framework* de medição considerando aspectos. Esse *framework* apoia a instanciação e comparação de medidas padronizadas de interesse. As medidas/métricas do *SMartyMetrics* também foram padronizadas, para aplicação em modelos UML.

Em Ribeiro et al. (Ribeiro et al., 2010) é apresentado um estudo quantitativo para avaliar a modularidade, complexidade e separação de interesses de *core assets* reusáveis, utilizando diferentes tecnologias de implementação. Para tal avaliação, foi desenvolvido

um *framework* de medição que considera AQ e métricas. Esse trabalho, juntamente com o trabalho de Her et al. (Her et al., 2007), influenciou no desenvolvimento da estrutura de atributos do *SMartyMetrics*.

Gregori (Gregori, 2009) apresenta um modelo de qualidade específico para LPS, baseado na ISO/IEC 25010. Esse modelo apresenta atributos e subatributos de qualidade, associados com um conjunto de métricas. A associação apresentada no trabalho é parcial, pois não existem métricas associadas com todos os atributos e subatributos do modelo. Por conta dessa associação parcial, o modelo de qualidade proposto nesse trabalho não foi considerado pelo *SMartyMetrics*.

Apesar da associação parcial, é importante destacar que tal trabalho evidenciou a possibilidade de utilizar MQ específicos de softwares de propósito geral no contexto de LPS. Além disso, o trabalho de Gregori também influenciou na estrutura de atributos desenvolvida para o *SMartyMetrics*.

Em Sánchez et al. (Sánchez et al., 2014), é apresentado um *framework* para gerenciar AQ em tempo de execução, no processo de reconfiguração de sistemas utilizando modelo de características (*features*). Esse *framework* permite a especificação, medição e otimização de AQ, expressados nos modelos, em tempo de execução. Pelas características do *framework*, o mesmo pode ser utilizado em sistemas autoadaptativos e LPSs dinâmicas. A utilização de modelos nesse trabalho é uma característica em comum com o *SMartyMetrics*, que considera os modelos como artefatos principais no apoio à avaliação de ALPs. Apesar dessa característica em comum, o trabalho de Sánchez et al. aborda a reconfiguração de sistemas, não considerada nesta dissertação.

Considerando os trabalhos apresentados, percebe-se que a associação entre MQ, AQ e métricas não é estabelecida de forma integral nos trabalhos. Quando tal situação é considerada, a associação é realizada de forma parcial. Outra situação verificada é o desenvolvimento de padrões e MQ específicos, que atendam os objetivos de cada trabalho. Esse desenvolvimento pode apresentar deficiências em questões importantes, como na padronização dos elementos da estrutura.

As observações apresentadas nesta seção motivaram o desenvolvimento do *SMartyMetrics*, detalhado no próximo capítulo.

2.6 Considerações Finais

Esse capítulo apresentou a fundamentação teórica, relacionada com o desenvolvimento do *SMartyMetrics*. No início do capítulo, informações relacionadas com o contexto de LPS são apresentadas. Essas informações consideram principalmente a avaliação de ALP. Para apoiar a avaliação de ALPs, métricas podem ser utilizadas. As métricas consideram atributos específicos a serem verificados nos artefatos. No caso desta dissertação, os artefatos são as ALPs modeladas em UML, considerando a abordagem *SMarty*.

Dados os atributos que podem ser medidos e/ou verificados pelas métricas, os modelos de qualidade e as normas ISO/IEC 9126 (ISO, 2001) e 25010 (ISO, 2011b) são apresentados. Essas normas consideram um conjunto de atributos para avaliação da qualidade, estabelecendo uma estrutura hierárquica. Dessa maneira, diferentes atributos podem ser considerados. Especificamente para este trabalho, o Atributo de Qualidade Manutenibilidade é considerado, pois possibilita avaliar características importantes para a ALP, bem como para a LPS. Uma característica importante que pode ser avaliada é a Reusabilidade.

Além da apresentação dos conhecimentos já desenvolvidos, que influenciam no desenvolvimento do *SMartyMetrics*, outros trabalhos relacionados com esta dissertação também foram apresentados. É possível observar em tais trabalhos, características importantes e desejáveis para o *framework*.

No próximo capítulo, o *SMartyMetrics* é apresentado.

SMartyMetrics

3.1 Considerações Iniciais

Considerando as oportunidades de pesquisa observadas com a realização do MS, no que se refere ao número reduzido de medidas/métricas associadas com MQ, este capítulo propõe o *SMartyMetrics*, um *framework* de métricas para apoiar a avaliação de ALPs.

O *SMartyMetrics* apresenta um conjunto de medidas e métricas associadas com o Modelo de Qualidade da ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b). A associação entre a ISO/IEC 25010 e as medidas/métricas selecionadas no MS é realizada por meio de atributos de qualidade da norma. As próximas seções e subseções detalham a estrutura, a seleção do modelo de qualidade, a seleção das medidas/métricas, bem como as medidas/métricas selecionadas. Por fim, são apresentadas diretrizes para a utilização do *SMartyMetrics*.

3.2 Modelo de Qualidade do SMartyMetrics

No Capítulo 2 (seção 2.4), alguns MQ, flexíveis ou padronizados, foram citados e/ou apresentados (ISO, 2011b); (ISO, 2001); (Boehm et al., 1978); (McCall, 1977). Esses MQ podem ser utilizados em diferentes contextos (ISO, 2011b); (Gregori, 2009). Diante dessa diversidade de contextos de utilização, é importante definir critérios adequados para a seleção do modelo a ser considerado pelo *SMartyMetrics*. Entende-se que os critérios definidos devem considerar os propósitos estabelecidos para o *SMartyMetrics*. Diante disso, os seguintes critérios de seleção foram definidos:

- normatização e/ou padronização do Modelo de Qualidade selecionado. Considerando que um modelo normatizado/padronizado foi definido e aceito por um grupo composto por diferentes profissionais (Guerra e Colombo, 2009), entende-se que análises e/ou discussões foram realizadas antes da definição do modelo;
- definição de Qualidade adotada pelo modelo. Considerando que a definição de qualidade pode ser específica ou genérica, investigou-se a definição adotada pelo modelo, considerando principalmente os atributos contemplados do mesmo;
- existência de trabalhos relacionados com o Modelo de Qualidade.

Esses critérios foram definidos com o propósito de selecionar um Modelo de Qualidade que fosse padronizado, que apresentasse um conceito de qualidade abrangente e que já tivesse sido abordado por outros trabalhos reportados na literatura. Tanto o modelo ISO/IEC 9126, quanto o ISO/IEC 25010 são modelos padronizados (ISO, 2001); (ISO, 2011b), definidos por um conjunto de comitês (ISO, 2017). Nesses comitês, diferentes especialistas avaliam a necessidade de novos modelos, bem como a necessidade de melhorias em modelos já existentes. O modelo ISO/IEC 25010 é resultado de uma dessas melhorias (Wazlawick, 2013); (Guerra e Colombo, 2009).

Tanto na ISO/IEC 9126, quanto na ISO/IEC 25010, a qualidade é apresentada em uma estrutura hierárquica, composta de atributos e subatributos de qualidade. A Figura - 2.2 e a Figura - 2.3, do Capítulo 2, ilustram tais estruturas. É importante destacar que a estrutura baseada em atributos e subatributos de qualidade também é considerada por outros MQ (Gregori, 2009); (Sant'anna et al., 2003); (Boehm et al., 1978); (McCall, 1977).

Uma das vantagens dessa representação hierárquica é possibilitar que vários atributos possam ser considerados na avaliação da qualidade do software. Isso permite que atributos internos, relacionados com a equipe de desenvolvimento, e atributos externos, relacionados com os clientes e/ou usuários, sejam considerados (Wazlawick, 2013).

Para avaliar a qualidade de um software, pode ser que todos os atributos do modelo não precisem ser utilizados. Segundo Guerra e Colombo (2009), fatores como a especificação e a avaliação da qualidade do produto de software podem assegurar a qualidade adequada. Além disso, a definição de características apropriadas ao uso pretendido do produto de software também podem contribuir. Assim, o avaliador e/ou a equipe de avaliação devem possuir autonomia para selecionar os AQ mais apropriados, de acordo com o uso planejado do software.

Além da padronização e da representação hierárquica dos AQ para software, a existência de trabalhos relacionados com os modelos ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 25010,

no contexto de LPS (Gregori, 2009); (Her et al., 2007), apresentaram evidências sobre a possibilidade de selecionar um desses modelos para o *SMartyMetrics*. A existência de trabalhos no contexto de LPS sugere a possibilidade de utilização, apesar de que ambos os modelos não consideram atributos específicos de LPS.

Considerando os critérios definidos para seleção do modelo a ser adotado pelo *SMartyMetrics*, o modelo ISO/IEC 25010 foi selecionado. Tal modelo representa uma substituição e/ou evolução do modelo ISO/IEC 9126, descontinuado em 2011 (Wazlawick, 2013). Um conjunto com atributos e subatributos da ISO/IEC 25010, representados na Figura - 2.3, foram considerados pelo *SMartyMetrics*.

Para estabelecer a associação entre os atributos e subatributos do modelo ISO/IEC 25010, primeiro é necessário selecionar as medidas e métricas do *SMartyMetrics*. Após a seleção das medidas e métricas, é importante identificar o respectivo atributo das mesmas. Por fim, é necessário identificar qual atributo/subatributo da ISO/IEC 25010 está associado com o atributo da métrica. Dessa maneira a estrutura de associação do *framework* pode ser desenvolvida. A próxima seção apresenta a metodologia utilizada para seleção das medidas e métricas do *SMartyMetrics*.

3.3 Seleção de Medidas e Métricas para o SMartyMetrics

Após a realização do MS, 224 medidas e métricas foram recuperadas. Essas medidas/métricas foram analisadas com o propósito de selecionar aquelas que seriam consideradas pelo *SMartyMetrics*. A Tabela - 1.6 apresenta as medidas/métricas recuperadas. A seleção das medidas/métricas foi realizada em três etapas, considerando os seguintes critérios:

1. seleção das medidas/métricas recuperadas no MS, que podem ser aplicadas/adaptadas para modelos. As métricas selecionadas nessa etapa formam o **conjunto 1**;
2. seleção das medidas/métricas do conjunto 1, que podem ser aplicadas/adaptadas em modelos UML. As métricas selecionadas nessa etapa formam o **conjunto 2**;
3. seleção das medidas/métricas do conjunto 2, que podem ser aplicadas/adaptadas em diagramas estruturais da UML, tais como os diagramas de classes e componentes. As métricas selecionadas nessa etapa formam o **conjunto 3**.

A seleção das medidas/métricas por etapas permitiu restringir a cada etapa, o número de elementos dos conjuntos 1, 2 e 3. Essa restrição colaborou com a avaliação

das medidas/métricas a serem selecionadas para o *SMartyMetrics*. Na etapa 1, as medidas/métricas recuperadas no MS foram analisadas com o propósito de selecionar aquelas aplicáveis em modelos. Houve a necessidade de tal análise por causa dos diferentes artefatos considerados pelas medidas/métricas. Esses artefatos variam desde documentos de projeto até código fonte.

Além das medidas/métricas específicas para modelos, também foram consideradas aquelas medidas/métricas cuja análise evidenciou a possibilidade de aplicação em modelos, mesmo que as mesmas tenham sido propostas considerando outros artefatos. Ao final, 156 medidas/métricas foram selecionadas para o conjunto 1.

O conjunto 1 definido na primeira etapa foi utilizado como entrada para a segunda etapa da análise. Nessa etapa, selecionou-se medidas/métricas que pudessem ser aplicadas em modelos UML. Tal etapa de análise foi necessária por causa da existência de diferentes tipos de modelos, tal como o modelo de *features*. Além das medidas/métricas aplicáveis em modelos UML, também foram consideradas as medidas/métricas cuja avaliação evidenciou a possibilidade de aplicação em modelos UML, mesmo que tais medidas/métricas tenham sido originalmente propostas para outros modelos. Ao final dessa etapa, 141 medidas/métricas foram selecionadas para o conjunto 2.

O conjunto 2 definido na segunda etapa foi utilizado como entrada para a terceira etapa, a última etapa da análise. Nessa etapa, selecionou-se medidas/métricas que pudessem ser aplicadas em modelos UML, considerando decisões estabelecidas para o *SMartyMetrics*. Tais decisões consideram os diagramas UML e os atributos das medidas/métricas a serem considerados pelo *framework*.

Dado os diferentes diagramas UML suportados pela abordagem *SMarty* (Bera et al., 2015); (Marcolino et al., 2014a); (Marcolino et al., 2014b); (Marcolino et al., 2013b), foi decidido que o *SMartyMetrics* consideraria, em princípio, os diagramas estruturais suportados pela abordagem. Logo, foram consideradas medidas/métricas que pudessem ser aplicadas em diagramas de classes e componentes.

Com relação aos atributos das medidas/métricas, foi decidido que seriam consideradas aquelas que apresentassem atributos possivelmente associáveis com AQ, além daquelas relacionadas com elementos característicos de LPS, tais como variabilidades, pontos de variação e variantes.

A decisão por considerar AQ tem relação com um dos propósitos de desenvolvimento do *SMartyMetrics*, que é a associação com um Modelo de Qualidade. Entende-se que a seleção de medidas/métricas realizada facilita a associação com o Modelo ISO/IEC 25010, selecionado neste trabalho. A decisão por considerar medidas/métricas relacionadas com

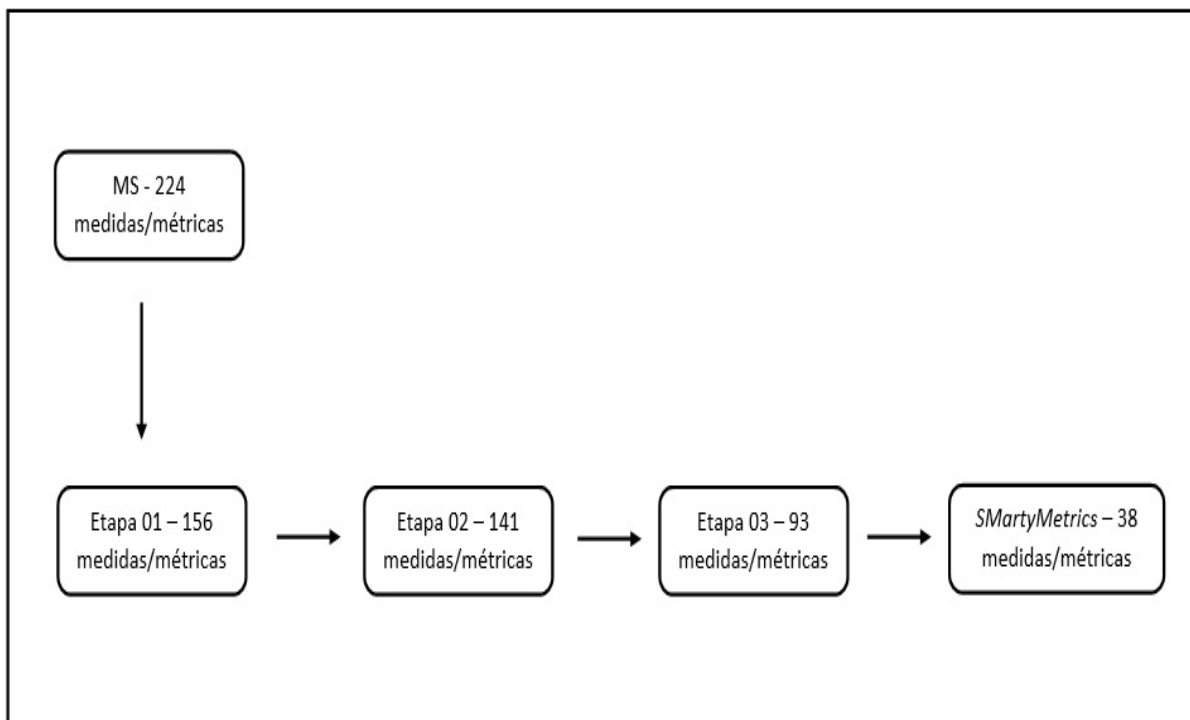
variabilidades, pontos de variação e variantes busca observar o relacionamento entre esses elementos desde os estágios iniciais do desenvolvimento de uma LPS.

Diante das decisões estabelecidas para o *SMartyMetrics*, 93 medidas/métricas foram selecionadas para o conjunto 3. Desse total, 38 medidas/métricas foram utilizadas pelo *framework*. Situações observadas durante a análise influenciaram nesse valor. A decisão de considerar somente um tipo de diagrama para cada atributo e a dificuldade de estabelecer associações adequadas com os atributos e subatributos da ISO/IEC 25010 foram as situações observadas.

Medidas/métricas tais como *DependencyIn* (DepIn) e *DependencyOut* (DepOut), consideradas nesta dissertação e associadas com Acoplamento, podem ser utilizadas para avaliar classes, pacotes e componentes. Como somente um tipo de diagrama foi selecionado para cada atributo, selecionou-se DepIn e DepOut para avaliação de componentes. Para medidas/métricas relacionadas com características, tais como *Interface-level Interlacing Between Features* (IIBC) e *Operation-level Overlapping Between Features* (OOBC), não foi possível estabelecer uma associação com os atributos e subatributos da ISO/IEC 25010. A dificuldade de encontrar trabalhos que atestassem possíveis associações influenciou no não estabelecimento das mesmas.

A Figura - 3.1 ilustra as etapas de seleção de medidas e métricas do *SMartyMetrics*.

Figura 3.1: Etapas de seleção das métricas do *SMartyMetrics*.



É possível observar na Figura - 3.1 a quantidade de medidas/métricas selecionadas nas três etapas e que estão contidas nos conjuntos 1, 2 e 3 respectivamente. Como já mencionado nesta seção, 38 medidas/métricas foram consideradas pelo *SMartyMetrics*. Esse total representa as medidas/métricas selecionadas no MS, bem como as adaptadas para o contexto de LPS/ALP.

3.4 Associação com Atributos e Subatributos do Modelo ISO/IEC 25010

Após a seleção das medidas e métricas a serem incorporadas pelo *SMartyMetrics*, é possível iniciar o desenvolvimento da estrutura de associação entre tais medidas/métricas e os atributos e subatributos de qualidade do modelo ISO/IEC 25010.

Para realizar a associação de maneira sistemática, as seguintes atividades foram definidas:

1. desenvolvimento dos artefatos importantes para a realização da associação. No contexto da associação, além das métricas do conjunto 3, selecionadas para o *SMartyMetrics*, também foram desenvolvidos 2 documentos, com as definições das medidas/métricas e dos atributos e subatributos da ISO/IEC 25010 respectivamente;
2. mapeamento inicial entre o atributo da medida/métrica e um ou mais AQ da ISO/IEC 25010, considerando os artefatos desenvolvidos;
3. mapeamento parcial entre o atributo da medida/métrica e um ou mais subatributos do atributo de qualidade selecionado na atividade anterior, também considerando os artefatos desenvolvidos;
4. desenvolvimento da estrutura completa de associação de atributos, que considera AQ associados com subatributos de qualidade, que por sua vez, estão associados com outros subatributos de qualidade. Por fim, esses outros subatributos de qualidade estão associados com as medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics*. O desenvolvimento da estrutura completa de associação considerou os mapeamentos realizados nas atividades 2 e 3.

Considerando a realização da atividade 4, descrita acima, é importante destacar que na estrutura desenvolvida, os atributos das medidas/métricas são considerados subatributos de qualidade.

No desenvolvimento efetivo da estrutura de associação, observou-se a necessidade de artefatos auxiliares. Diante disso, a primeira atividade considerou o desenvolvimento desses artefatos. Ao avaliar as outras atividades a serem realizadas, observou-se a necessidade de documentos com as definições dos atributos das medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics* e com as definições dos atributos e subatributos de qualidade da ISO/IEC 25010. Por fim, foi observado também a necessidade de uma planilha para registrar os mapeamentos realizados.

Para o desenvolvimento da planilha, nenhuma referência precisou ser consultada. Já no desenvolvimento dos documentos de definições, consultas às referências externas foram realizadas. Para a elaboração das definições dos atributos e subatributos do modelo, a norma ISO/IEC 25010 (ISO, 2016a) e o livro de Wazlawick (Wazlawick, 2013) foram consultadas. Para as definições dos atributos das medidas/métricas, os trabalhos selecionados no MS que apresentam as mesmas foram consultados.

Após o desenvolvimento dos artefatos necessários, a associação foi iniciada. O mapeamento entre os atributos das medidas/métricas do *SMartyMetrics* e os atributos da ISO/IEC 25010 considerou os documentos de definições e foi realizado da seguinte maneira: para cada atributo das medidas/métricas, foi observado qual(is) atributo(s) de qualidade do modelo apresentava(m) uma possibilidade de associação. Para análise dessa possibilidade, as definições dos atributos contidas nos documentos foram consideradas. Ao final, foi estabelecida uma estrutura de associação parcial entre o atributo das medidas/métricas e pelo menos um atributo de qualidade do modelo. A Figura - 3.2 apresenta os resultados desse mapeamento, a seguir.

Considerando a Figura - 3.2, percebe-se que a maioria dos atributos das medidas/métricas foi associado com o Atributo de Qualidade Manutenibilidade. Essa constatação também foi observada em Montagud *et al.* (2012), em que os autores observaram uma porcentagem elevada de medidas (92%) relacionadas com a manutenibilidade.

Para associar o atributo Tamanho, da medida/métrica NumOps (**Tabela - 1.6**) com o atributo Manutenibilidade por exemplo, adotou-se a seguinte sequência de ações: primeiramente observou-se a definição de Tamanho, atributo da medida/métrica NumOps, contida em um trabalho selecionado no MS e no documento de definições desenvolvido. Após a compreensão do atributo do trabalho, analisou-se as definições de todos os AQ da ISO/IEC 25010. Após a análise das definições, foi observado que a definição de Manutenibilidade poderia ser associada com Tamanho. A semântica de cada definição foi considerada na análise.

A estrutura de associação, representada na Figura - 3.2 é dita parcial, pois considera somente o mapeamento entre AQ da ISO/IEC 25010 e atributos das medidas/métricas

Figura 3.2: Mapeamento entre os Atributos das Medidas/Métricas do *SMartyMetrics* e os Atributos da ISO/IEC 25010.

| Atributo | Atributo de Qualidade de Produto – Norma ISO/IEC 25010 |
|--|--|
| | Manutenibilidade |
| Coesão | X |
| Acoplamento | X |
| Tamanho | X |
| Espalhamento de características | |
| Interação entre características | |
| Coesão baseada em características | |
| Princípios básicos de design | |
| Modularização em termos de características | |
| Comunalidade não funcional | X |
| Riqueza da variabilidade | X |
| Substituição de componentes | X |
| Compreensibilidade | X |
| Ponto de Variação | |
| Variante | |
| Variabilidade | |
| Complexidade | X |
| Extensibilidade | X |
| Dependência no/do componente | X |

do *SMartyMetrics*. Uma vez realizado tal mapeamento, é necessário desenvolver uma segunda estrutura.

Nessa segunda estrutura, um ou mais subatributos de qualidade, relacionados com o(s) atributo(s) de qualidade selecionado(s) na estrutura de associação anterior, são associados com os atributos das medidas/métricas. Dessa forma, estabelece-se o elo entre os atributos e subatributos da ISO/IEC 25010 e os atributos das medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics*.

A Figura - 3.3 apresenta o resultado dessa associação. Considerando tal figura, é possível observar que os atributos Manutenibilidade e Tamanho, mapeados anteriormente, foram detalhados por meio de seus respectivos subatributos. Para o atributo Manutenibilidade, quatro subatributos foram considerados, Modularidade, Reusabilidade, Modificabilidade e Testabilidade.

O subatributo Analisabilidade não foi considerado pela ausência de medidas/métricas que pudessem ser associadas com o mesmo. Apesar dessa não consideração, entende-se que o subatributo é importante. Em trabalhos futuros, planeja-se a investigação de medidas e métricas que possam ser associadas com Analisabilidade.

Com exceção de Analisabilidade, os demais subatributos de Manutenibilidade, presente na ISO/IEC 25010, foram associados com um ou mais atributos das medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics*. O subatributo associado com mais atributos foi Reusabilidade, com três atributos. Outros subatributos como Modularidade e Testabilidade foram associados com dois atributos. Já Modificabilidade foi associado com um subatributo.

As duas estruturas de associações parciais descritas na Figura - 3.2 e na Figura - 3.3 correspondem respectivamente às atividades 2 e 3 da sequência de atividades apresentada no início da seção. Uma vez que se desenvolveu tais estruturas, é necessário desenvolver uma terceira estrutura de associação, resultante da união das estruturas de associações já desenvolvidas.

Iniciando a formalização de tal estrutura resultante, foi decidido que os atributos das medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics* devem ser estruturados como SAQ. Tal estratégia também é utilizada em Gregori (Gregori, 2009). Dessa maneira, mantém-se uma estrutura hierárquica, em que um atributo de qualidade é avaliado de acordo com um conjunto de SAQ. Os subatributos são classificados em primeiro ou segundo nível, de forma que os SAQ de primeiro nível sejam avaliados por meio dos subatributos de segundo nível, que devem estar associados com uma ou mais métricas selecionadas para o *SMartyMetrics*.

Na Figura - 3.4, a estrutura de associação final é apresentada. Na estrutura, é possível observar o Atributo de Qualidade Manutenibilidade, associado com os SAQ de primeiro nível Modularidade, Reusabilidade, Modificabilidade e Testabilidade. Esses SAQ por sua vez, estão associados com os SAQ de segundo nível Coesão, Acoplamento, Tamanho, Complexidade e Extensibilidade.

Especificamente sobre os SAQ de segundo nível, é possível observar na Figura - 3.4, as métricas associadas com os mesmos. Considerando por exemplo o subatributo Coesão, é possível observar as métricas associadas *HVariabilityComponent* e *HVariabilityPLA*. A mesma observação é possível para os demais subatributos de segundo nível.

O estabelecimento da associação final estrutura quais atributos/subatributos/subatributos de segundo nível são considerados quando uma ou mais medidas/métricas são utilizadas na avaliação de ALPs.

Apesar do estabelecimento da estrutura de associação entre a ISO/IEC 25010 e as medidas/métricas do *SMartyMetrics*, entende-se que é necessário avaliar se as associações estabelecidas são adequadas, ou seja, avaliar se tais atributos e/ou subatributos podem ser associados. Para verificação das associações, trabalhos reportados na literatura

que apresentam exemplos e/ou discussões envolvendo os atributos e/ou subatributos da estrutura foram analisados.

Ao iniciar a análise da estrutura de associação estabelecida, percebe-se que o escopo de investigação pode ser reduzido. Como a associação entre os atributos e subatributos de qualidade já foi estabelecida, por meio da ISO/IEC 25010, a avaliação pode se concentrar na busca por evidências que atestem que a associação definida entre subatributos e subatributos de qualidade de segundo nível é adequada semanticamente. Com relação à associação entre subatributos de qualidade de segundo nível e medidas/métricas, a avaliação não é realizada pois tais atributos são descritos/associados nos trabalhos que apresentam tais medidas/métricas.

Figura 3.3: Atributos e Subatributos da ISO/IEC 25010 associados com os Atributos das Medidas/Métricas Selecionadas para o *SMartyMetrics*.

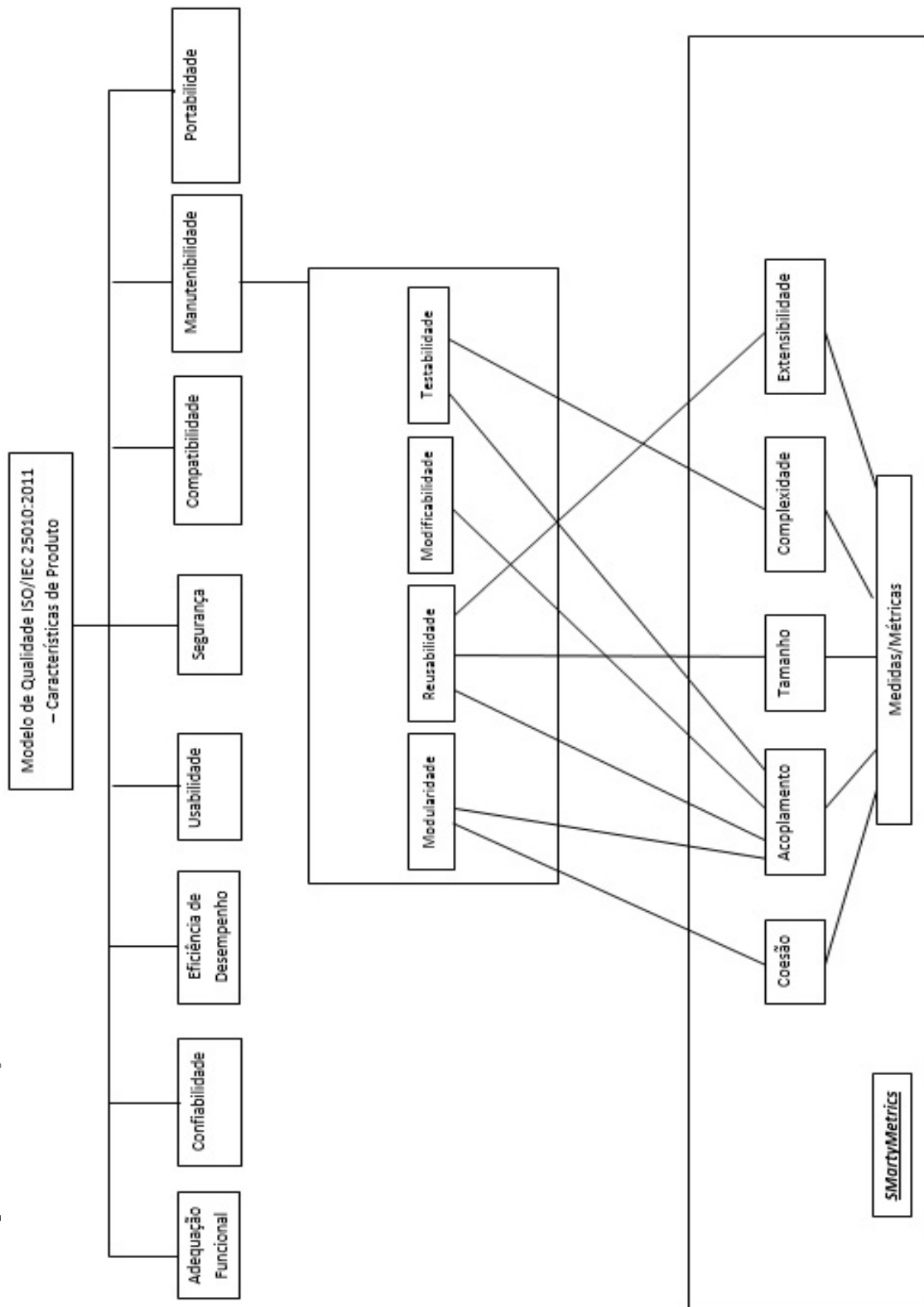
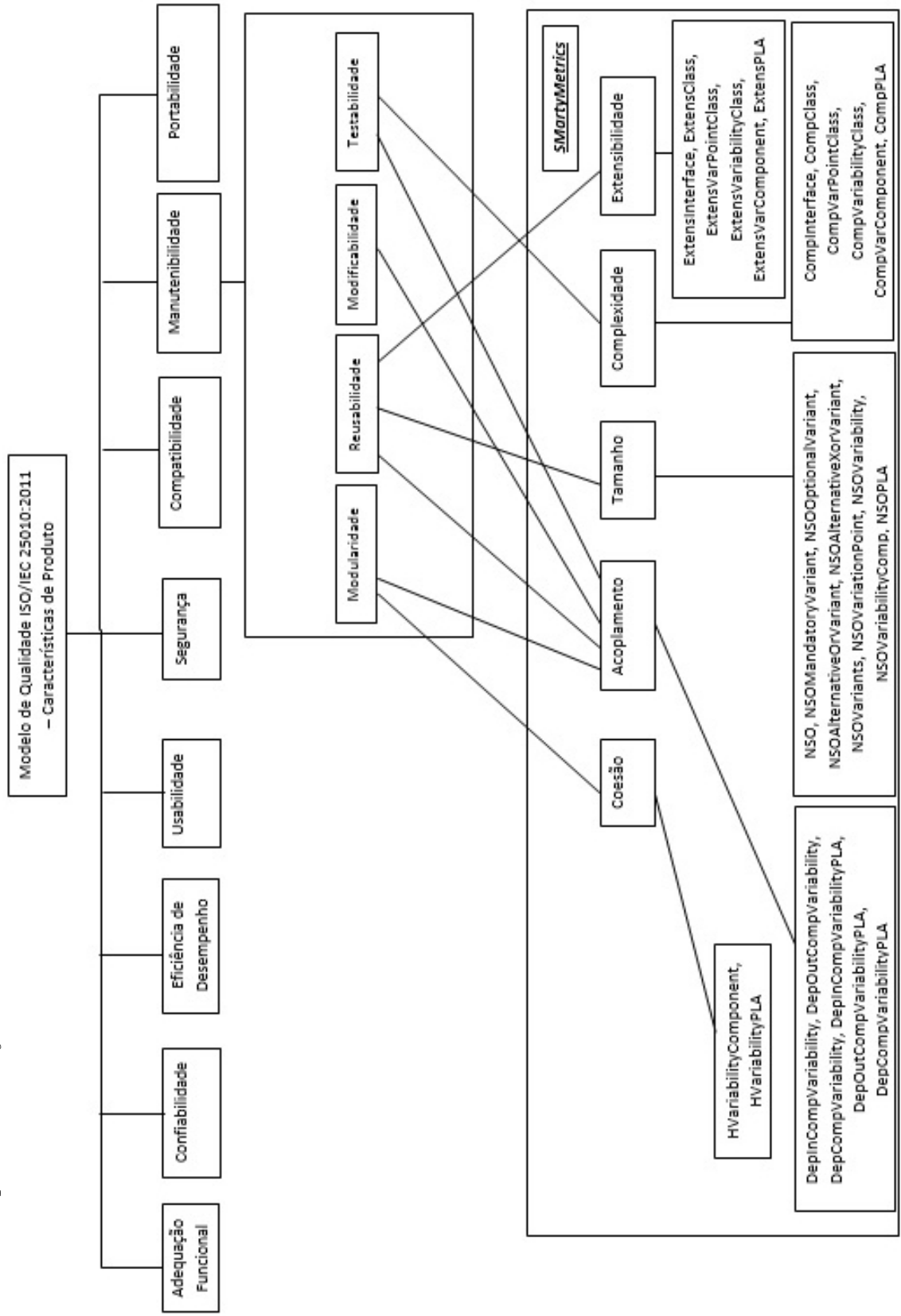


Figura 3.4: Atributos e Subatributos da ISO/IEC 25010 associados com os Atributos das Medidas/Métricas Seleccionadas para o *SMartyMetrics*.



As subseções a seguir apresentam os resultados da avaliação realizada e detalham as associações estabelecidas entre os SAQ apresentados na Figura - 3.4.

3.4.1 Associações envolvendo o Subatributo Modularidade

Modularidade é o grau em que um sistema é composto de componentes independentes, de forma a garantir que a remoção de um componente não prejudique o funcionamento dos componentes restantes (Wazlawick, 2013); (ISO, 2011b); (ISO/IEEE/IEC, 2010).

De acordo com Myers (Myers, 1975) e Ferreira (Ferreira, 2006), a modularidade de um sistema pode ser obtida pela maximização dos relacionamentos entre elementos de um mesmo módulo e pela minimização do relacionamento entre os módulos externos do software. Essas idéias apresentadas por Myers (1975) correspondem basicamente às definições dos subatributos de coesão e acoplamento. De acordo com a norma ISO/I-EEE/IEC 24765 (ISO/IEEE/IEC, 2010), coesão é o nível em que módulos de software estão relacionados com outros módulos e acoplamento é o nível de interdependência entre módulos de software.

Coesão e Acoplamento estão relacionados com as idéias apresentadas por Myers (1975), uma vez que maximizar os relacionamentos entre os elementos de um mesmo módulo possibilita a centralização das operações em um nível maior de independência do mesmo, em relação aos outros módulos do sistema. Além disso, minimizar os relacionamentos entre módulos externos do sistema evita possíveis situações de dependência entre esses módulos.

A literatura apresenta diferentes trabalhos que consideram coesão e acoplamento como indicadores de modularidade. Em Jesus (Jesus, 2016), são apresentadas nove características de um módulo bem projetado. Além das características relacionadas com interfaces e encapsulamento, é apresentada a necessidade de alta coesão entre seus componentes internos e a busca por um baixo grau de acoplamento com outros módulos.

Em Simão (Simão, 2011), é observado que os conceitos de coesão e acoplamento são utilizados na avaliação do grau de modularidade de um sistema. Entende-se que um projeto modular é composto de módulos com funções bem definidas e com pouca dependência entre si.

As referências observadas evidenciam a semântica de relacionamento existente entre o subatributo modularidade e os subatributos de segundo nível coesão e acoplamento. Entende-se que tais evidências corroboram com a análise realizada no desenvolvimento

da estrutura de atributos.

3.4.2 Associações envolvendo o Subatributo Reusabilidade

A definição de LPS como uma abordagem de reuso sistemático e planejado de artefatos evidencia a importância do atributo Reusabilidade para o contexto de LPS. A Reusabilidade pode ser definida como o grau em que partes do sistema são utilizadas no desenvolvimento de outros sistemas (Wazlawick, 2013).

Neste trabalho, três atributos foram selecionados como subatributos de Reusabilidade, conforme associação realizada com o modelo ISO/IEC 25010. Os subatributos selecionados são: Acoplamento, Tamanho e Extensibilidade. Vale destacar que tais atributos, considerados como subatributos de segundo nível, são reconhecidos na literatura como atributos importantes para um bom *design* de software (Tegarden et al., 1995).

O Acoplamento é um desses atributos importantes e conforme já descrito na seção 3.4.1, é o nível de interdependência entre os módulos de software (ISO/IEEE/IEC, 2010). De acordo com Chidamber e Kemerer (1994), um nível alto de acoplamento é prejudicial para a modularidade e impede o reuso do módulo.

É importante destacar que o acoplamento pode se apresentar de diferentes maneiras em um módulo, considerando por exemplo, métodos e classes (Rajaraman e Lyu, 1992); (Chidamber e Kemerer, 1991). A norma ISO/IEC/IEEE 24765 (ISO/IEEE/IEC, 2010) por exemplo, apresenta os seguintes tipos de acoplamento: de ambiente, de conteúdo, de controle, de dado, híbrido e patológico. Considerando as definições de acoplamento da norma ISO/IEC/IEEE 24765 e a definição de acoplamento apresentada nessa seção e na seção 3.4.1, tem-se que a definição apresentada corresponde ao acoplamento de dado.

O Tamanho de um módulo também é um atributo importante que pode ser utilizado na análise de reusabilidade. Fenton e Pfleeger (Fenton e Bieman, 2014) afirmam que o atributo Tamanho, no contexto de software, pode ser descrito por meio dos atributos comprimento (*length*), funcionalidade (*functionality*) e complexidade (*complexity*). O comprimento descreve o tamanho físico do produto e/ou artefato. A funcionalidade descreve as funções fornecidas por esse produto e a complexidade é interpretada por meio do problema, do algoritmo, da complexidade estrutural e cognitiva do produto e/ou artefato.

De acordo com Chidamber e Kemerer (Chidamber e Kemerer, 1994), módulos maiores, tais como classes com muitos métodos, tendem a ser mais específicos de uma aplicação, limitando com isso, a capacidade de reutilização do módulo. Diante disso, entende-se que

o tamanho do módulo deve ser gerenciado, planejando tanto o reúso, quanto o aumento da coesão e diminuição do acoplamento do mesmo.

Por fim, o atributo Extensibilidade também pode ser considerado na avaliação da reusabilidade. No contexto do *SMartyMetrics*, a extensibilidade é analisada considerando a proporção de métodos abstratos existentes nas classes (OliveiraJr e Gimenes, 2014). Segundo Woolf (1997), a aplicação de um padrão baseado em classes abstratas, denominado *Abstract Pattern Class*, apresenta a Reusabilidade como um dos possíveis benefícios alcançáveis.

As referências consultadas sobre os atributos Acoplamento, Tamanho e Extensibilidade evidenciam a semântica do relacionamento entre tais atributos e Reusabilidade. Entende-se que tais evidenciam corroboram com a estrutura de atributos desenvolvida.

3.4.3 Associações envolvendo o Subatributo Modificabilidade

Segundo Wazlawick (2013), Modificabilidade é a capacidade de detectar e corrigir erros, sem que as modificações realizadas introduzam novos erros no sistema. Algumas atividades, como refatoração, podem contribuir com o aumento do nível de modificabilidade dos sistemas de software.

No contexto do *SMartyMetrics*, Modificabilidade está associada com Acoplamento. Como já mencionado, Acoplamento é o nível de interdependência entre módulos de software. Essa interdependência pode dificultar inúmeras atividades, tais como a manutenção e o teste (Chidamber e Kemerer, 1994); (Chidamber e Kemerer, 1991).

De acordo com Chidamber e Kemerer (1994), é importante melhorar a modularidade e promover o encapsulamento, por meio da minimização do acoplamento entre objetos de classes. Um alto valor de acoplamento implica em uma alta sensibilidade para mudanças de outras partes do projeto, dificultando conseqüentemente a manutenção. A manutenibilidade e a modificabilidade apresentam uma associação, conforme pode ser observada na própria ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b).

Rajaraman e Lyu (1992) apresentam observações semelhantes. Segundo os autores, uma classe com um forte acoplamento é difícil de entender, mudar ou corrigir. Como resultado, a classe apresenta uma maior dificuldade de manutenção.

Considerando as referências consultadas, é possível perceber evidências sobre a influência do acoplamento na modificabilidade do sistema, tal como foi considerado na estrutura de atributos desenvolvida.

3.4.4 Associações envolvendo o Subatributo Testabilidade

Testabilidade possibilita identificar situações esperadas e/ou não esperadas. Nesse contexto, é muito importante o processo estabelecido para realizar os testes de um software (Wazlawick, 2013). Características internas do software, como a complexidade ciclomática ou a coesão modular, podem afetar significativamente a testabilidade”. No contexto do *SMartyMetrics*, Testabilidade está associada com o Acoplamento e com a Complexidade.

Além do impacto na Modularidade, Reusabilidade e Modificabilidade, o Acoplamento também influencia na Testabilidade. Uma medida de acoplamento é útil para determinar o quão complexo é o teste de um módulo. Quanto maior é o acoplamento de um módulo de software, mais rigoroso deve ser o teste do mesmo. (Chidamber e Kemerer, 1994).

Vários autores concordam com as afirmações de Chidamber e Kemerer (1994), de que o acoplamento também afeta o teste (Rajaraman e Lyu, 1992); (Chidamber e Kemerer, 1991). O trabalho de McCabe (McCabe, 1976) apresenta uma metodologia de testes baseada na complexidade ciclomática, evidenciando novamente, a possível associação entre Complexidade e Testabilidade. Marcolino et al. (Marcolino et al., 2013a) e OliveiraJr et al. (OliveiraJr et al., 2010b) apresentam métricas baseadas na complexidade ciclomática, para avaliação da complexidade de ALPs.

Os trabalhos consultados possibilitaram a análise da possível de associação de Testabilidade com Acoplamento e Complexidade. Foi possível identificar que tanto acoplamento quanto complexidade podem influenciar na testabilidade de um software. Tal identificação corrobora com a estrutura de atributos desenvolvida no *SMartyMetrics*.

3.5 Métricas do SMartyMetrics

Essa seção apresenta as métricas do *SMartyMetrics*. Tais métricas foram organizadas por Subatributos de Qualidade de Primeiro Nível. Assim, métricas associadas com os subatributos Modularidade, Reusabilidade, Modificabilidade e Testabilidade são apresentadas.

Cada métrica é apresentada em uma única vez, mesmo que os atributos de algumas métricas estejam associados com mais de um Subatributo de Qualidade. Métricas cujo atributo apresenta tal característica podem ser observadas na Figura - 3.4.

Após a apresentação das métricas de um determinado atributo, um exemplo de aplicação é discutido. Os exemplos de aplicação consideram um dos fragmentos de ALP, representados na Figura - 3.5 e na Figura - 3.6.

Figura 3.5: Fragmento das classes de uma ALP.

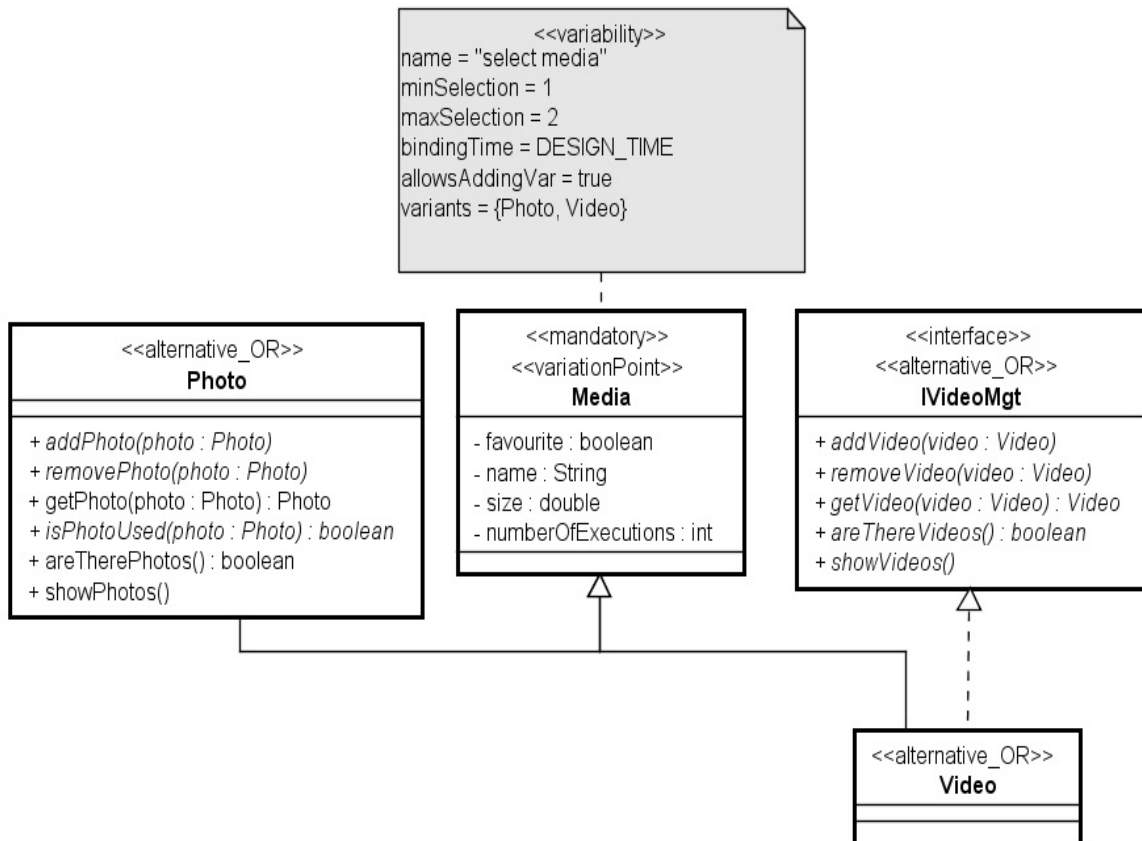
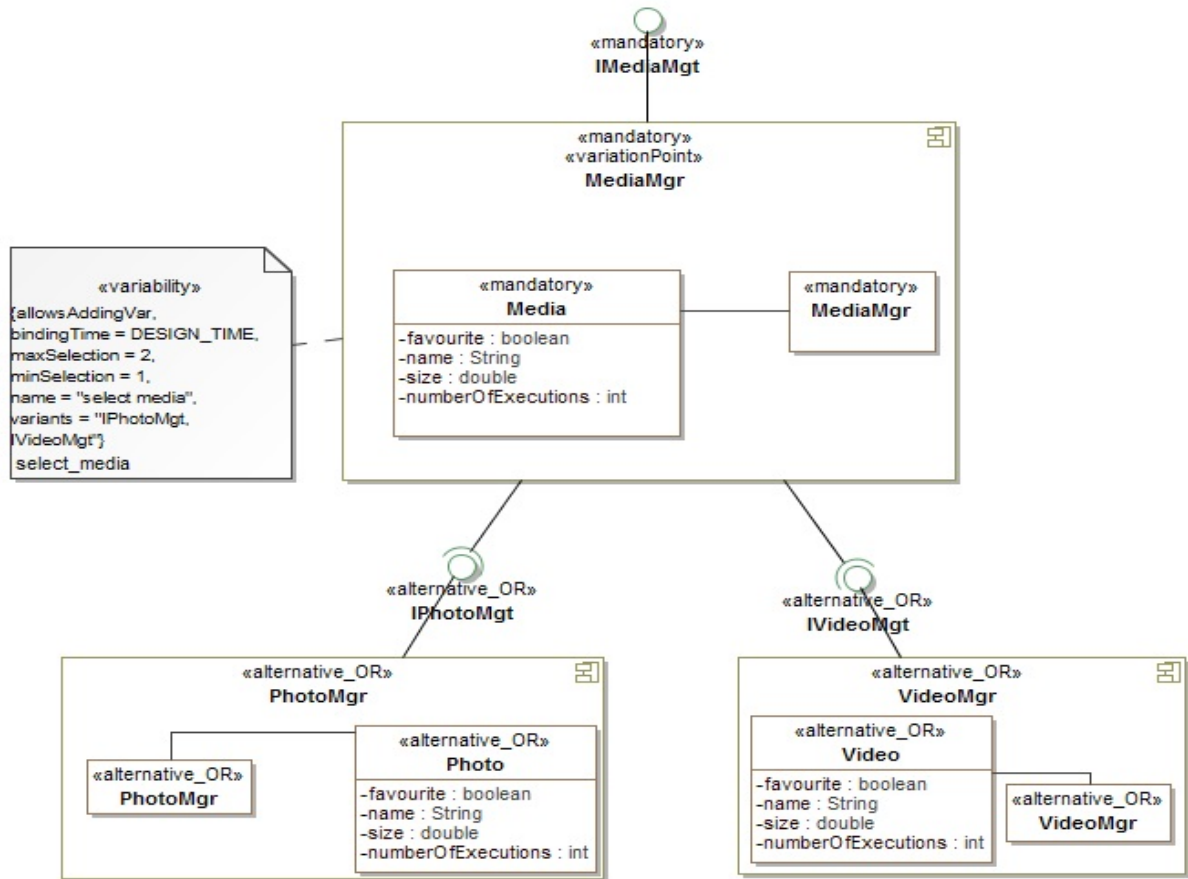


Figura 3.6: Fragmento de uma ALP em componentes.



A Figura - 3.5 apresenta um fragmento do diagrama de classes de uma ALP. O fragmento contém três classes (*Photo*, *Media* e *Video*), uma interface (*IVideoMgt*) e uma variabilidade (*select media*). Os elementos contidos no fragmento possibilitam representar características avaliadas pelas métricas de complexidade, extensibilidade e tamanho, apresentadas nas próximas subseções.

A Figura - 3.6 apresenta um fragmento do diagrama de componentes de uma ALP. A representação dos componentes utilizada na figura possibilita visualizar todas as classes presentes nos mesmos. Além das seis classes, três componentes, três interfaces fornecidas, duas interfaces requeridas e uma variabilidade também são apresentadas. Por meio desse fragmento, é possível entender as características avaliadas pelas métricas de coesão e acoplamento, também apresentadas nas próximas subseções.

3.5.1 Métricas de Modularidade

A Seção 3.4.1 apresenta a associação entre Modularidade, Coesão e Acoplamento. Considerando Coesão e Acoplamento, respectivamente, as seguintes métricas são apresentadas:

- *Relational Cohesion* (H)

$$\mathbf{H} = \frac{R + 1}{N} \text{ onde:}$$

R = número de relacionamentos de dependência existentes no pacote. Os seguintes relacionamentos/elementos podem representar/caracterizar dependência: atributos, operações, associação, composição, agregação, generalização, interface, dependência e dependência de uso; e

N = número de classes e interfaces do pacote.

A métrica H inicialmente foi proposta para medição em pacotes (SDMetrics, 2017a), entretanto, é possível encontrar trabalhos na literatura que utilizam tal métrica para medição em componentes (Colanzi e Vergilio, 2014); (Oizumi et al., 2012). Por conta disso, no *SMartyMetrics*, a métrica H é utilizada para medição da coesão em componentes.

- *DependencyIn* (DepIn)

DepIn: número de elementos que dependem de um componente

- *DependencyOut* (DepOut)

DepOut: número de elementos dos quais um componente depende

As métricas DepIn e DepOut podem ser utilizadas na medição de dependência, em classes, pacotes e componentes (SDMetrics, 2017a). No contexto do *SMartyMetrics*, apenas os componentes são considerados.

As métricas H, DepIn e DepOut foram selecionadas no MS realizado e são consideradas na derivação e/ou adaptação de outras métricas, mais específicas para o contexto de LPS. Essas métricas derivadas avaliam ALPs estruturadas em componentes e são apresentadas a seguir.

Métrica(s) de Coesão para o Contexto de Linha de Produto de Software

As Métricas de Coesão, derivadas por meio da métrica H são:

- *Relational Cohesion Variability Component (HVariabilityComponent)*: é resultante da soma dos valores da métrica H, para todos os componentes que são pontos de variação associados com uma dada variabilidade.

$$\mathbf{HVariabilityComponent} = \sum_{i=1}^n H \quad (3.1)$$

onde:

n : número de componentes que são pontos de variação associados com uma dada variabilidade.

- *Relational Cohesion Variability PLA (HVariabilityPLA)*: é resultante da soma dos valores da métrica HVariabilityComponent, para todos os componentes associados com as variabilidades de uma ALP.

$$\mathbf{HVariabilityPLA} = \sum_{i=1}^n HVariabilityComponent \quad (3.2)$$

onde:

n : número de componentes associados com as variabilidades de uma ALP.

A Tabela - 3.1, apresentada a seguir, ilustra os valores coletados com a aplicação das métricas HVariabilityComponent e HVariabilityPLA, para a ALP da Figura - 3.6.

Tabela 3.1: Resultados da aplicação das métricas de coesão.

| Métricas | Elementos | | | |
|------------------------------|--------------|----------|----------|----------|
| | select media | MediaMgr | PhotoMgr | VideoMgr |
| H | * | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| HVariabilityComponent | 1,5 | * | * | * |
| HVariabilityPLA | 1,5 | * | * | * |

Na Tabela - 3.1, é possível observar os valores das métricas H, HVariabilityComponent e HVariabilityPLA. Para todos os componentes da ALP, aplica-se a métrica H. Os componentes pontos de variação são avaliados em termos de variabilidades. A variabilidade *select media* foi avaliada pelas métricas HVariabilityComponent e HVariabilityPLA.

Na Figura - 3.6, o componente *MediaMgr* é um ponto de variação. Tal componente é considerado pela métrica HVariabilityComponent, que contabiliza o valor de coesão

relacional para todos os componentes pontos de variação, associados com uma dada variabilidade. Como na figura existe somente um ponto de variação, tem-se que o valor 1,5 foi obtido. Se para uma dada variabilidade, existissem dois componentes, o valor da métrica seria resultante da soma entre os dois valores da métrica H.

O fragmento de ALP apresentado considera somente uma variabilidade. Por conta disso, tem-se que o valor da métrica *HVariabilityPLA* é igual ao valor da métrica *HVariabilityComponent*. Se houvessem duas ou mais variabilidades, o valor obtido seria resultante do somatório dos valores da métrica *HVariabilityComponent*.

Métrica(s) de Acoplamento para o Contexto de Linha de Produto de Software

As Métricas de Acoplamento, derivadas por meio das métricas *DepIn* e *DepOut* são:

- **DepInCompVariability**: é resultante da soma dos valores da métrica *DepIn* para todos os componentes que são pontos de variação associados com uma variabilidade.

$$\mathbf{DepInCompVariability} = \sum_{i=1}^n DepIn \quad (3.3)$$

onde:

n : número de componentes pontos de variação associados com uma variabilidade.

- **DepOutCompVariability**: é resultante da soma dos valores da métrica *DepOut* para todos os componentes que são pontos de variação associados com uma variabilidade.

$$\mathbf{DepOutCompVariability} = \sum_{i=1}^n DepOut \quad (3.4)$$

onde:

n : número de componentes pontos de variação associados com uma variabilidade.

- **DepCompVariability**: é resultante da soma entre *DepInCompVariability* e *DepOutCompVariability*.

$$\mathbf{DepCompVariability} = DepInCompVariability + DepOutCompVariability \quad (3.5)$$

- **DepInCompVariabilityPLA:** é resultante da soma dos valores da métrica *DepInCompVariability*, para todas as variabilidades associadas com os componentes de uma ALP.

$$\mathbf{DepInCompVariabilityPLA} = \sum_{i=1}^n \mathit{DepInCompVariability} \quad (3.6)$$

onde:

n : número de variabilidades associadas com os componentes de uma ALP.

- **DepOutCompVariabilityPLA:** é resultante da soma dos valores da métrica *DepOutCompVariability*, para todas as variabilidades associadas com os componentes de uma ALP.

$$\mathbf{DepOutCompVariabilityPLA} = \sum_{i=1}^n \mathit{DepOutCompVariability} \quad (3.7)$$

onde:

n : número de variabilidades associadas com os componentes de uma ALP.

- **DepCompVariabilityPLA:** é resultante da soma entre *DepInCompVariabilityPLA* e *DepOutCompVariabilityPLA*.

$$\mathbf{DepCompVariabilityPLA} = \mathit{DepInCompVariability} + \mathit{DepOutCompVariability} \quad (3.8)$$

A Tabela - 3.2 apresenta os valores coletados com a aplicação das métricas de acoplamento, na ALP da Figura - 3.6. As métricas *DepIn* e *DepOut* foram calculadas para todos os componentes da ALP. As demais métricas (*DepInCompVariability*, *DepOutCompVariability*, *DepCompVariability*, *DepInCompVariabilityPLA*, *DepOutCompVariabilityPLA* e *DepCompVariabilityPLA*) consideraram as variabilidades da ALP, bem como os componentes associados com as mesmas.

Os resultados apresentados na Tabela - 3.2 permitem observar que somente o componente *MediaMgr* foi considerado pelas métricas que avaliam as variabilidades. O valor três foi observado tanto para a métrica *DepCompVariability* quanto para a métrica *DepCompVariabilityPLA*. A existência de uma única variabilidade na ALP e de um único componente ponto de variação associado com a mesma influenciou na igualdade do valor coletado.

Tabela 3.2: Resultados da aplicação das métricas de acoplamento.

| Métricas | Elementos | | | |
|--------------------------|-----------|----------|----------|--------------|
| | MediaMgr | PhotoMgr | VideoMgr | select media |
| DepIn | 1 | 1 | 1 | * |
| DepOut | 2 | 0 | 0 | * |
| DepInCompVariability | * | * | * | 1 |
| DepOutCompVariability | * | * | * | 2 |
| DepCompVariability | * | * | * | 3 |
| DepInCompVariabilityPLA | * | * | * | 1 |
| DepOutCompVariabilityPLA | * | * | * | 2 |
| DepCompVariabilityPLA | * | * | * | 3 |

3.5.2 Métricas de Reusabilidade

A Reusabilidade, conforme pode ser observado na Seção 3.4.2, é o Subatributo com mais atributos associados, três no total. Tais atributos são: Acoplamento, Tamanho e Extensibilidade.

As métricas de Acoplamento já foram apresentadas na seção 3.5.1. As métricas dos outros atributos são apresentadas a seguir.

Métrica(s) de Tamanho

A métrica de Tamanho é a *Number Of Operations by Interface* (NumOps). Essa métrica considera o número de operações da interface.

Apesar da métrica considerar interfaces, foi observado que outros elementos também poderiam ser avaliados, tais como classes e componentes (SDMetrics, 2017a). Diante disso, considerou-se tal métrica para o contexto de classes e interfaces. A métrica NumOps possibilita estimar o quão difícil é o reuso da classe. Segundo Chidamber e Kemerer (Chidamber e Kemerer, 1994), quanto mais operações uma classe possuir, mais difícil será o reuso da mesma.

NumOps: número de operações de classes/interfaces

Apesar de interessante, a métrica NumOps pode se mostrar ineficaz na avaliação da situação da classe/interface, caso seja aplicada em modelos com elementos que apresentam muitas operações **get** e **set**. Nessa situação, pode-se inferir equivocadamente sobre a reusabilidade e/ou complexidade dos elementos.

Diante disso, optou-se por desconsiderar as operações **get** e **set** da contagem. Além dessas operações, também entende-se que a retirada de **construtores** e **operações**

sobrescritas deve ser realizada. A retirada do construtor acontece pois o construtor apresenta uma única finalidade, que é a instanciação da classe. Assim, avalia-se que a sua contagem não contribui para a avaliação do tamanho e reusabilidade.

A retirada de operações sobrescritas acontece para evitar que operações iguais (herdadas e sobrescritas) sejam contadas mais de uma vez. Vale destacar que essa retirada considera exclusivamente o contexto de modelos UML, em que a implementação de uma operação não é apresentada. Assim, nesse contexto, as operações herdadas e sobrescritas são iguais, exigindo portanto, a retirada daquelas repetidas.

A seguir, define-se uma nova métrica composta pela métrica NumOps, que desconsidera as operações get, set, sobrescritas e os construtores de classes e interfaces.

$$\mathbf{NumberOfSpecificOperations(NSO)} = \mathbf{NumOps} - \mathbf{NumberOfGetsSets} - \mathbf{NumberOfConstructors} - \mathbf{NumberOfOverwrittenOperations}, \text{ onde:}$$

- **NumOps**: número total de operações de uma classe/interface;
- **NumberOfGetsSets**: número total de operações que iniciam com get e/ou set;
- **NumberOfConstructors**: número total de construtores (próprios e/ou herdados) da classe;
- **NumberOfOverwrittenOperations**: número total de operações sobrescritas da classe/interface;

A métrica NSO apresentada é considerada para a derivação das seguintes métricas:

- **NSOMandatoryVariant**: retorna o valor da métrica NSO de uma classe/interface variante obrigatória.
- **NSOOptionalVariant**: retorna o valor da métrica NSO de uma classe/interface variante opcional.
- **NSOAlternativeOrVariant**: retorna o valor da métrica NSO de uma classe/interface variante inclusiva.
- **NSOAlternativeXorVariant**: retorna o valor da métrica NSO de uma classe/interface variante exclusiva.
- **NSOVariants**: retorna a soma dos valores das métricas NSOMandatoryVariant + NSOOptionalVariant + NSOAlternativeOrVariant + NSOAlternativeXorVariant.

- **NSOVariationPoint**: retorna o valor da métrica NSO de uma classe/interface ponto de variação + a soma do valor da métrica NSOVariants de todas as variantes associadas.

$$\mathbf{NSOVariationPoint} = NSO + \sum_{i=1}^n NSOVariants \quad (3.9)$$

onde:

n : número de variantes associadas com o ponto de variação.

- **NSOVariability**: é o resultado da soma dos valores da métrica NSOVariationPoint, para todos os pontos de variação associados com a variabilidade.

$$\mathbf{NSOVariability} = \sum_{i=1}^n NSOVariationPoint \quad (3.10)$$

onde:

n : número de pontos de variação associados com a variabilidade.

- **NSOVariabilityComp**: é o resultado da métrica NSOVariability, para todas as variabilidades associadas com classes/interfaces do componente.

$$\mathbf{NSOVariabilityComp} = \sum_{i=1}^n NSOVariability \quad (3.11)$$

onde:

n : número de variabilidades associadas com classes/interfaces do componente.

- **NSOPLA**: é resultante da soma dos valores da métrica NSOVariability, para todas as variabilidades associadas com classes/interfaces de uma ALP.

$$\mathbf{NSOPLA} = \sum_{i=1}^n NSOVariability \quad (3.12)$$

onde:

n : número de variabilidades associadas com classes/interfaces de uma ALP.

A Tabela - 3.3 apresenta os valores coletados com a aplicação das métricas de tamanho, para a ALP da Figura - 3.5.

O elemento *Photo* foi o que apresentou o maior número de operações específicas, cinco. Para o elemento *Media*, nenhuma operação foi definida. Os elementos *Video* e

Tabela 3.3: Resultados da aplicação das métricas de tamanho.

| Métricas | Elementos | | | | |
|--------------------|--------------|-------|-------|-------|-----------|
| | select media | Media | Photo | Video | IVideoMgt |
| NSO | * | 0 | 5 | 4 | 4 |
| NSOVariants | * | 0 | 5 | 4 | 4 |
| NSOVariationPoint | * | 9 | * | * | * |
| NSOVariability | 9 | * | * | * | * |
| NSOVariabilityComp | * | * | * | * | * |
| NSOPLA | 9 | * | * | * | * |

IVideoMgt apresentaram o mesmo número de operações, quatro. O mesmo valor para os dois elementos pode ser explicado pelo relacionamento de realização existente entre ambos.

Considerando a aplicação da métrica *NSOVariationPoint*, somente o elemento *Media* foi considerado. No total, nove operações estão associadas com o ponto de variação. Especificamente sobre as variabilidades e a ALP, associadas respectivamente com as métricas *NSOVariability* e *NSOPLA*, também foi observado o total de nove operações. O mesmo valor foi observado para ambas as métricas em decorrência das características da ALP, que apresenta uma única variabilidade associada com uma única classe ponto de variação.

Com relação a métrica *NSOVariabilityComp*, nenhum elemento foi avaliado, pois o fragmento de ALP não contém nenhum componente.

Métrica(s) de Extensibilidade

O conceito de Extensibilidade adotado pelas métricas, apresentadas a seguir, considera a razão entre as operações abstratas de uma classe/interface e o total de operações dessa classe/interface.

Tais métricas foram selecionadas no MS realizado e nenhuma modificação/adaptação foi realizada. Mais informações sobre as métricas de extensibilidade apresentadas podem ser encontradas em (OliveiraJr e Gimenes, 2014); (OliveiraJr et al., 2013); (OliveiraJr et al., 2010b).

- ***ExtensInterface***: número de operações abstratas de uma interface / número total de operações de uma interface.

$$\text{ExtensInterface} = \frac{\text{OperacoesAbstratasInterface}}{\text{TotalOperacoesInterface}} \quad (3.13)$$

observação:

o valor resultante da aplicação da métrica ExtensInterface é sempre 1, visto que todas as operações de uma interface são abstratas.

- **ExtensClass**: número de operações abstratas da classe / número total de operações da classe.

$$\mathbf{ExtensClass} = \frac{\mathit{OperacoesAbstratasClasse}}{\mathit{TotalOperacoesClasse}} \quad (3.14)$$

- **ExtensVarPointClass**: valor da métrica ExtensClass para uma classe ponto de variação + a soma dos valores da métrica ExtensClass para todas as variantes associadas com esse ponto de variação.

$$\mathbf{ExtensVarPointClass} = \mathit{ExtensClass} + \sum_{i=1}^n \mathit{ExtensClass} \quad (3.15)$$

onde:

n : número de variantes associadas com o ponto de variação.

- **ExtensVariabilityClass**: resultante da soma dos valores da métrica ExtensVarPointClass, para todos os pontos de variação associados com a variabilidade

$$\mathbf{ExtensVariabilityClass} = \sum_{i=1}^n \mathit{ExtensVarPointClass} \quad (3.16)$$

onde:

n : número de pontos de variação associados com a variabilidade.

- **ExtensVarComponent**: resultante da soma dos valores da métrica ExtensVariability, para todas as variabilidades associadas com as classes do componente

$$\mathbf{ExtensVarComponent} = \sum_{i=1}^n \mathit{ExtensVariability} \quad (3.17)$$

onde:

n : número de variabilidades associadas com as classes do componente.

- **ExtensPLA**: resultante da soma dos valores da métrica *ExtensVariabilityClass*, para todas as classes e interfaces de uma ALP, associadas com variabilidades.

$$\mathbf{ExtensPLA} = \sum_{i=1}^n \mathit{ExtensVariabilityClass} \quad (3.18)$$

onde:

n : número de classes e/ou interfaces associadas com as variabilidades de uma ALP.

A Tabela - 3.4 apresenta os valores coletados com a aplicação das métricas de extensibilidade, para a ALP da Figura - 3.5.

Tabela 3.4: Resultados da aplicação das métricas de extensibilidade.

| Métricas | Elementos | | | | |
|-------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-----------|
| | select media | Media | Photo | Video | IVideoMgt |
| ExtensInterface | * | * | * | * | 1 |
| ExtensClass | * | 0 | 0,5 | 0 | * |
| ExtensVarPointClass | * | 0,5 | * | * | * |
| ExtensVariabilityClass | 0,5 | * | * | * | * |
| ExtensVarComponent | * | * | * | * | * |
| ExtensPLA | 0,5 | * | * | * | * |

A métrica *ExtensInterface* avaliou somente a interface *IVideoMgt*. Na avaliação, o valor um foi obtido. Vale destacar que tal valor já era esperado, visto que as interfaces são compostas por operações abstratas.

Na aplicação das métricas *ExtensClass* e *ExtensVarPointClass*, somente classes foram consideradas. As classes *Media*, *Photo* e *Video* foram avaliadas pela métrica *ExtensClass*. Com exceção da classe *Photo*, que apresentou uma extensibilidade de 0,5, as demais classes apresentaram um valor zero, para o nível de extensibilidade.

Na avaliação da métrica *ExtensVarPointClass*, somente a classe ponto de variação *Media* foi considerada. O valor de 0,5 foi obtido nessa avaliação. Especificamente sobre as métricas *ExtensVariabilityClass* e *ExtensPLA*, o valor 0,5 também foi obtido.

Quanto a aplicação da métrica *ExtensVarComponent*, nenhum valor foi obtido por conta da inexistência de componentes presentes na ALP que estivessem relacionados com as classes, interface e variabilidade da arquitetura.

3.5.3 Métricas de Modificabilidade

Conforme observado na Seção 3.4.3 a Modificabilidade está associada com o atributo Acoplamento. As Métricas de Acoplamento já foram apresentadas na Seção 3.5.1.

3.5.4 Métricas de Testabilidade

O subatributo Testabilidade, conforme pode ser observado na Seção 3.4.4 está associado com os atributos Acoplamento e Complexidade. Conforme já observado neste trabalho, as Métricas de Acoplamento já foram apresentadas na Seção 3.5.1. Logo, somente as Métricas de Complexidade são apresentadas na seção, a seguir.

Tais métricas foram selecionadas no MS realizado e nenhuma modificação/adaptação foi realizada. Mais informações sobre as métricas de complexidade apresentadas podem ser encontradas em (OliveiraJr et al., 2013); (Marcolino et al., 2013a); (OliveiraJr et al., 2010b).

- **CompInterface** = é o valor da métrica *Weighted Methods per Class* (WMC) (Chidamber e Kemerer, 1994) para uma interface.
- **CompClass** = é o valor da métrica WMC para uma classe.
- **CompVarPointClass** = é o valor da métrica CompClass para uma classe que é ponto de variação + a soma dos valores da métrica CompClass de todas as variantes associadas com esse ponto de variação.

$$\mathbf{CompVarPointClass} = \mathit{CompClass} + \sum_{i=1}^n \mathit{CompClass} \quad (3.19)$$

onde:

n : número de variantes associadas com o ponto de variação.

- **CompVariabilityClass** = é resultante da soma dos valores da métrica CompVarPointClass, para todos os pontos de variação associados com a variabilidade.

$$\mathbf{CompVariabilityClass} = \sum_{i=1}^n \mathit{CompVarPointClass} \quad (3.20)$$

onde:

n : número de pontos de variação associados com a variabilidade.

- **CompVarComponent** = é resultante da soma dos valores da métrica CompVariabilityClass, para todas as variabilidades associadas com as classes do componente.

$$\mathbf{CompVarComponent} = \sum_{i=1}^n \mathit{CompVariabilityClass} \quad (3.21)$$

onde:

n : número de variabilidades associadas com as classes do componente.

- **CompPLA** = é resultante da soma dos valores da métrica *CompVariabilityClass*, para todas as classes e interfaces de uma ALP, associadas com variabilidades.

$$\mathbf{CompPLA} = \sum_{i=1}^n \mathit{CompVariabilityClass} \quad (3.22)$$

onde:

n : número de classes e/ou interfaces associadas com as variabilidades de uma ALP.

A Tabela - 3.5 apresenta os valores coletados com a aplicação das métricas de complexidade.

Tabela 3.5: Resultados da aplicação das métricas de complexidade.

| Métricas | Elementos | | | | |
|-----------------------------|--------------|-------|-------|-------|-----------|
| | select media | Media | Photo | Video | IVideoMgt |
| CompInterface | * | * | * | * | 5 |
| CompClass | * | 0 | 6 | 5 | * |
| CompVarPointClass | * | 11 | * | * | * |
| CompVariabilityClass | 11 | * | * | * | * |
| CompVarComponent | * | * | * | * | * |
| CompPLA | 11 | * | * | * | * |

Na aplicação da métrica *CompInterface*, apenas o elemento *IVideoMgt* foi considerado. Um valor de complexidade igual a cinco foi coletado para a interface. Para a métrica *CompClass*, as classes *Media*, *Photo* e *Video* foram avaliadas.

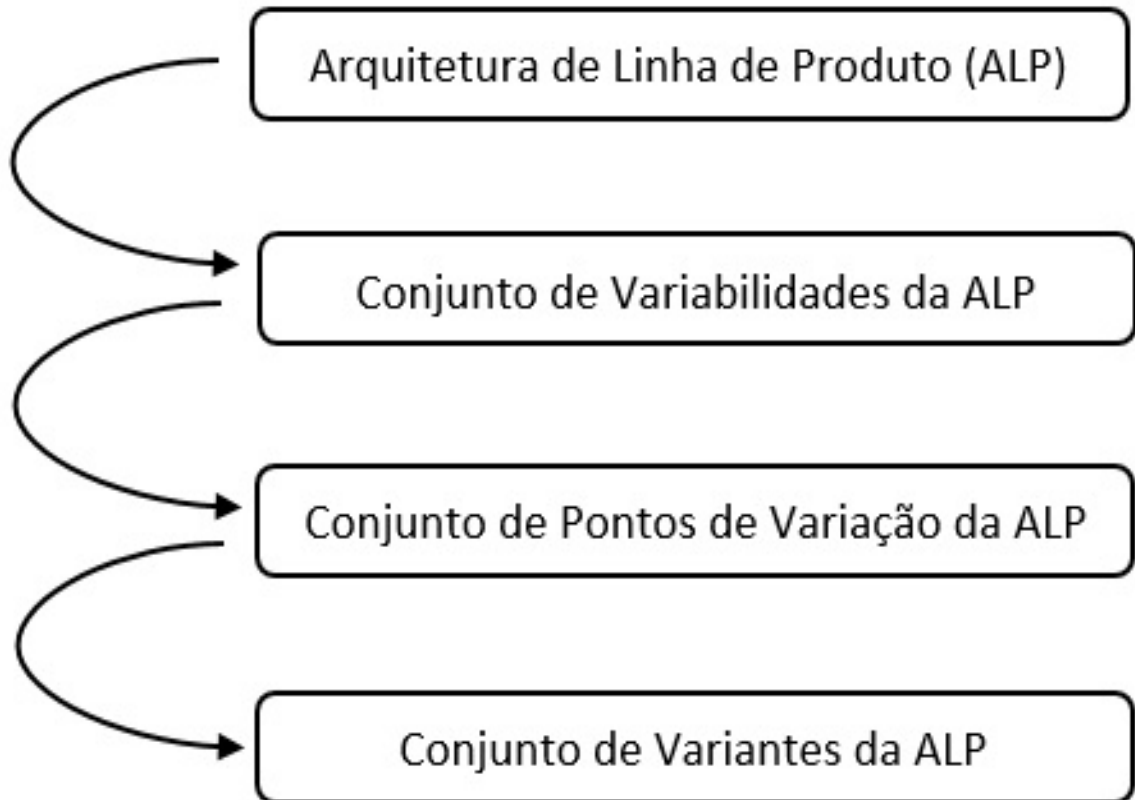
A aplicação da métrica *CompVarPointClass* avaliou somente a classe ponto de variação *Media*, obtendo o valor onze para o nível de complexidade do elemento.

A variabilidade *select media* foi considerada pelas métricas *CompVariabilityClass* e *CompPLA*. Na aplicação de ambas as métricas, o valor onze foi coletado. O valor igual coletado pode ser explicado pelas características da ALP (uma única variabilidade associada com um único ponto de variação).

Na ALP avaliada (Figura - 3.5), não há componentes associados com as classes, interface e variabilidade. Logo, não foi possível aplicar e coletar dados para a métrica *CompVarComponent*.

Ao analisar as métricas de coesão, acoplamento, tamanho, extensibilidade e complexidade, é possível estabelecer um padrão de relacionamento entre as métricas associadas com um dado atributo. A Figura - 3.7 apresenta tal comportamento.

Figura 3.7: Padrão das métricas consideradas pelo *SMartyMetrics*.



Na Figura - 3.7, é possível perceber uma relação entre a ALP e as variabilidades existentes na mesma. As variabilidades por sua vez, estão relacionadas com os pontos de variação associados. E tais pontos estão associados com as suas respectivas variantes.

As relações existentes podem ser explicadas da seguinte maneira: inicialmente as variantes existentes na ALP são avaliadas, considerando algum atributo. Posteriormente, tais variantes são utilizadas na avaliação de um ponto de variação. Os pontos de variação avaliados são utilizados na avaliação de uma ou mais variabilidades. Por fim, as variabilidades são utilizadas na avaliação de uma ALP.

Considerando as métricas de complexidade apresentadas, tem-se inicialmente a avaliação da complexidade das variantes, por meio da métrica *CompInterface* e/ou *CompClass*. Em seguida, tem-se a avaliação dos pontos de variação considerando a métrica *CompVarPointClass*.

Na aplicação de tal métrica, os valores da métrica *CompClass* das classes e/ou interfaces variantes são considerados. Uma vez avaliado os pontos de variação, inicia-se a avaliação das variabilidades, utilizando a métrica *CompVariabilityClass*. Para aplicar tal

métrica, são necessários os resultados da métrica *CompVarPointClass*, de todos os pontos de variação associados com a variabilidade.

Por fim, aplica-se a métrica *CompPLA*, para avaliação da ALP. Tal avaliação considera as variabilidades da arquitetura. Logo, os resultados da métrica *CompVariabilityClass* são considerados para todas as variabilidades presentes.

Essa interação entre as métricas permite que uma arquitetura seja avaliada considerando especificamente as variabilidades. O raciocínio exemplificado com as métricas de complexidade pode ser aplicado para as demais métricas do *SMartyMetrics*.

3.5.5 Avaliações considerando a Estrutura de Atributos definida

O capítulo 5 apresenta um exemplo de avaliação considerando os SAQ de primeiro nível do *SMartyMetrics*.

Além de avaliações considerando SAQ de primeiro nível, também é possível realizar avaliações considerando SAQ de segundo nível. A Tabela - 3.6 ilustra uma estrutura GQM que considere tais SAQ do *SMartyMetrics*.

A estrutura GQM apresentada na Tabela - 3.6 possibilita entender como o subatributo de qualidade de segundo nível pode ser avaliado por meio das métricas.

Tabela 3.6: Avaliação utilizando a Estrutura de Atributos desenvolvida.

| Objetivo (Goal) | Questão (Question) | Métrica (Metric) | Diagrama UML considerado |
|--------------------------------------|--|--|---------------------------------|
| Avaliar a Coesão de uma ALP | Como avaliar a Coesão de uma ALP? | <i>HVariabilityComponent</i> ; <i>HVariabilityPLA</i> | Diagrama de Componentes |
| Avaliar o Acoplamento de uma ALP | Como avaliar o Acoplamento de uma ALP? | <i>DepInCompVariability</i> ; <i>DepOutCompVariability</i> ; <i>DepCompVariability</i> ; <i>DepInCompVariabilityPLA</i> ; <i>DepOutCompVariabilityPLA</i> ; <i>DepCompVariabilityPLA</i> | Diagrama de Componentes |
| Avaliar o Tamanho de uma ALP | Como avaliar o Tamanho de uma ALP? | <i>NSO</i> ; <i>NSOMandatoryVariant</i> ; <i>NSOOptionalVariant</i> ; <i>NSOAlternativeOrVariant</i> ; <i>NSOAlternativeXorVariant</i> ; <i>NSOVariants</i> ; <i>NSOVariationPoint</i> ; <i>NSOVariability</i> ; <i>NSOVariabilityComp</i> ; <i>NSOPLA</i> | Diagrama de Classes |
| Avaliar a Complexidade de uma ALP | Como avaliar a Complexidade de uma ALP? | <i>CompInterface</i> ; <i>CompClass</i> ; <i>CompVarPointClass</i> ; <i>CompVariabilityClass</i> ; <i>CompVarComponent</i> ; <i>CompPLA</i> | Diagrama de Classes |
| Avaliar a Extensibilidade de uma ALP | Como avaliar a Extensibilidade de uma ALP? | <i>ExtensInterface</i> ; <i>ExtensClass</i> ; <i>ExtensVarPointClass</i> ; <i>ExtensVariabilityClass</i> ; <i>ExtensVarComponent</i> ; <i>ExtensPLA</i> | Diagrama de Classes |

3.6 Diretrizes do SMartyMetrics

Após a apresentação do Modelo de Qualidade selecionado (Seção 3.2), da Estrutura de Atributos desenvolvida (Seção 3.4) e das métricas definidas para o *SMartyMetrics* (Seção 3.5), o conjunto das diretrizes do *SMartyMetrics* é apresentado.

As diretrizes foram elaboradas com o propósito de apresentar recomendações para LPS, ALP e Medidas, bem como as condições de utilização do *SMartyMetrics*. As recomendações podem ser utilizadas juntamente com métodos de avaliação de ALP.

A elaboração das diretrizes considerou a realização das seguintes atividades:

- análise de trabalhos. Foram analisados estudos primários do MS com algum tipo de diretriz ou recomendação e trabalhos resultantes de pesquisas não sistemáticas, que foram realizadas;
- elaboração das diretrizes;
- apresentação das diretrizes;

Cada atividade relacionada com as diretrizes é descrita nas seções a seguir.

3.6.1 Análise dos Trabalhos

Todos os trabalhos selecionados no MS, além de outros trabalhos oriundos de pesquisas não-sistemáticas, foram analisados. A análise aconteceu em duas etapas.

Na primeira etapa, foram analisados e mantidos somente os trabalhos que apresentavam algum tipo de recomendação e/ou orientação, para um ou mais dos seguintes tópicos: Arquitetura de Software, LPS, ALP e Medidas/Métricas. Como o propósito das diretrizes do *SMartyMetrics* é auxiliar métodos de avaliação de ALP, entende-se que tais recomendações e/ou orientações são importantes. Os trabalhos que não apresentaram tais características foram descartados.

Na segunda etapa, os trabalhos filtrados na primeira etapa foram novamente analisados com o propósito de extrair recomendações e/ou orientações independentes de metodologia(s) e/ou técnica(s) de avaliação. Assim, tais recomendações/orientações poderiam ser adotadas/adaptadas para o *SMartyMetrics*.

Os trabalhos analisados na primeira etapa são apresentados na lista a seguir. Os trabalhos analisados na segunda etapa e que influenciaram na especificação das diretrizes, são apresentados juntamente com as mesmas na Seção 3.6.3.

- *A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering* (Her et al., 2007);
- *On the Maintainability of Aspect-Oriented Software: A Concern-Oriented Measurement Framework* (Figueiredo et al., 2008b);
- *An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines* (Ribeiro et al., 2010);
- *On the Reuse and Maintenance of Aspect-Oriented Software: An Assessment Framework* (Sant'anna et al., 2003);
- *On the Modularity of Software Architectures: A Concern-Driven Measurement Framework* (Sant'Anna et al., 2007);
- *An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models* (Sánchez et al., 2014);
- *Model-Driven Software Measurement Framework: a case study* (Mora et al., 2009);
- *FAMA: Tooling a Framework for the Automated Analysis of Feature Model* (Benavides et al., 2007);
- *A Unified Framework for Coupling Measurement in Object-Oriented Systems* (Briand et al., 1999);
- *Evolving Software Product Lines with Aspects: An Empirical Study on Design Stability* (Figueiredo et al., 2008a);
- *Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550* (ISO, 2015);
- *Software and systems engineering - Tools and methods for product line technical management - ISO/IEC DIS 26555* (ISO, 2013);
- *Software and systems engineering - Tools and methods for product line requirements engineering - ISO/IEC DIS 26551* (ISO, 2016b);
- *VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software* (Allian, 2016);
- *Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA)* (Santos et al., 2013);

- *Systems and software engineering - Architecture description ISO/IEC/IEEE 42010* (ISO, 2011a);
- *Framework for Evaluation and Validation of Software Complexity Measures* (Misra et al., 2012).

3.6.2 Elaboração das Diretrizes

As recomendações e/ou orientações independentes de metodologia(s) e/ou técnica(s) resultantes da análise dos trabalhos, descrita na seção anterior, influenciaram na elaboração das diretrizes para o *SMartyMetrics*. Cada recomendação/orientação foi transformada em uma diretriz. Dessa maneira, um primeiro conjunto de diretrizes foi desenvolvido.

Após o desenvolvimento desse primeiro conjunto, uma nova análise foi realizada com o propósito de eliminar possíveis diretrizes redundantes, ou seja, diretrizes que apresentem a mesma recomendação/orientação. Ao final, um segundo conjunto de diretrizes foi desenvolvido. Nesse conjunto, foram consideradas todas as diretrizes a serem estabelecidas para o *SMartyMetrics*. Ao analisar o conjunto final das diretrizes, foi possível observar diretrizes específicas para LPS, ALP, Medidas/Métricas e diretrizes de Restrição para utilização do *framework*.

As diretrizes para LPS apresentam recomendações no planejamento e concepção da LPS, considerando principalmente informações relevantes para a ALP. As diretrizes para ALP apresentam orientações para a ALP de uma LPS, que será avaliada por um ou mais métodos de avaliação. As diretrizes para Medidas/Métricas apresentam orientações para as medidas/métricas consideradas nas avaliações. Tais recomendações são válidas tanto para as medidas/métricas estabelecidas para o *SMartyMetrics*, quanto para outras medidas/métricas que venham a ser incorporadas futuramente.

Por fim, diretrizes com restrições são apresentadas. Tais diretrizes foram concebidas para explicitar condições que possibilitem utilizar o *SMartyMetrics*. A não-satisfação dessas diretrizes de restrição pode comprometer ou até mesmo inviabilizar a utilização do *framework*.

3.6.3 Apresentação das Diretrizes

Considerando as características das diretrizes elaboradas, citadas na seção anterior, uma tabela para cada grupo de diretrizes é apresentada.

É possível perceber na Tabela - 3.7, Tabela - 3.8, Tabela - 3.9 e na Tabela - 3.10, qual(is) trabalho(s) influenciou(aram) diretamente na elaboração de cada diretriz.

Tabela 3.7: Diretrizes para LPS.

| ID | Diretriz | Trabalho(s) |
|-----------|---|---|
| D.LPS.1 | O domínio da LPS deve ser identificado antes do desenvolvimento da arquitetura | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.LPS.2 | O escopo da LPS deve ser definido após a identificação do domínio e antes do desenvolvimento da arquitetura | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |
| D.LPS.3 | Os possíveis segmentos de mercado da LPS devem ser analisados | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.LPS.4 | As empresas concorrentes, considerando o domínio e escopo da LPS, devem ser estudadas e/ou analisadas | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.LPS.5 | Todos os stakeholders da LPS devem ser identificados | ”Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016); Systems and software engineering - Architecture description - ISO/IEC/IEEE 42010:2011” (ISO, 2011a) |
| D.LPS.6 | Todos os interesses dos stakeholders devem ser identificados | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |

| | | |
|---------|---|---|
| D.LPS.7 | Deve ser possível a alteração, modificação e/ou evolução das comunalidades e variabilidades da LPS | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.LPS.8 | Documentos de registro das comunalidades e variabilidades da LPS devem ser desenvolvidos | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.LPS.9 | Materiais de suporte podem ser desenvolvidos para apresentar o domínio, o escopo e a arquitetura da LPS | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |

Na Tabela - 3.7, são apresentadas diretrizes para LPS, com recomendações sobre o planejamento e concepção da LPS. Tais diretrizes podem auxiliar no desenvolvimento da LPS, principalmente no que se refere ao entendimento do domínio e dos *stakeholders* importantes para a linha.

Tabela 3.8: Diretrizes para Arquitetura de LPS.

| ID | Diretriz | Trabalho(s) |
|-----------|--|--|
| D.ALP.1 | Uma Arquitetura de Domínio pode ser desenvolvida, considerando o domínio e o escopo da LPS | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.ALP.2 | A arquitetura desenvolvida deve refletir o domínio e o escopo da LPS | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |

| | | |
|---------|---|---|
| D.ALP.3 | A arquitetura da LPS deve representar os interesses de todos os stakeholders | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016); Systems and software engineering - Architecture description - ISO/IEC/IEEE 42010:2011 (ISO, 2011a) |
| D.ALP.4 | A arquitetura da LPS deve satisfazer os requisitos estabelecidos para o domínio e escopo da LPS | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |
| D.ALP.5 | A arquitetura deve representar todas as comunalidades e variabilidades identificadas e analisadas da LPS | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015); Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |
| D.ALP.6 | A Arquitetura de Domínio deve representar todas as comunalidades e variabilidades identificadas e analisadas da LPS | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.ALP.7 | A arquitetura deve possibilitar a alteração, modificação e/ou evolução das comunalidades e variabilidades da LPS | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.ALP.8 | A arquitetura deve refletir a aplicação de um método de Gerenciamento de Variabilidades | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |

| | | |
|----------|---|---|
| D.ALP.9 | A arquitetura apresentada deve ser rastreável por meio de outros artefatos, como documentos de variabilidades e modelos de features | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.ALP.10 | A arquitetura deve ser desenvolvida de modo a auxiliar na pesquisa e análise das tecnologias de implementação para a LPS | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.ALP.11 | A arquitetura deve possibilitar a extração de detalhes técnicos e/ou tecnológicos, como interfaces e componentes | Software and Systems Engineering - Reference model for product line engineering and management - ISO/IEC DIS 26550 (ISO, 2015) |
| D.ALP.12 | A arquitetura deve possibilitar a identificação e o relacionamento entre módulos funcionais do sistema | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |
| D.ALP.13 | A arquitetura deve representar o entendimento do domínio e do escopo da LPS | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |
| D.ALP.14 | Se necessário, o processo de instanciação de produtos por meio da arquitetura deve ser especificado | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |
| D.ALP.15 | A arquitetura apresentada deve possibilitar a instanciação de diferentes produtos | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |

| | | |
|----------|--|---|
| D.ALP.16 | Se necessário, a arquitetura deve ser descrita. Tal descrição auxilia no entendimento da arquitetura | Framework for Evaluation of Reference Architectures (FERA) (Santos et al., 2013) e VMTools-RA: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software (Allian, 2016) |
|----------|--|---|

Na Tabela - 3.8 são apresentadas diretrizes para ALP. Tais diretrizes podem auxiliar na concepção de uma ALP adequada com a LPS e com os interesses de todos os *stakeholders* envolvidos.

Tabela 3.9: Diretrizes para Medidas e Métricas

| ID | Diretriz | Trabalho(s) |
|------------|---|--|
| D.Medida.1 | A medida deve ser simples | Framework for evaluation and validation of software complexity measures (Misra et al., 2012) |
| D.Medida.2 | A medida deve ser independente de Linguagem | Framework for evaluation and validation of software complexity measures (Misra et al., 2012) |
| D.Medida.3 | A medida deve ser desenvolvida em escala adequada | Framework for evaluation and validation of software complexity measures (Misra et al., 2012) |
| D.Medida.4 | A medida deve apresentar uma justificativa para ser elaborada/criada/desenvolvida | Framework for evaluation and validation of software complexity measures (Misra et al., 2012) |

Na Tabela - 3.9 são apresentadas diretrizes para medidas e métricas. Tais diretrizes podem auxiliar na avaliação das medidas e métricas a serem consideradas em uma avaliação.

Por fim, na Tabela - 3.10 são apresentadas as diretrizes de restrições, que indicam as condições para utilização do *SMartyMetrics*. Entende-se que tais condições devem ser apresentadas para ilustrar o contexto onde o *SMartyMetrics* pode auxiliar os Métodos de Avaliação de ALPs.

Tabela 3.10: Diretrizes de Restrições

| ID | Diretriz |
|---------------|--|
| D.Restrição.1 | O SMartyMetrics considera arquiteturas representadas em Modelos UML SMarty, mais precisamente modelos de classes e componentes |
| D.Restrição.2 | Para cada Atributo/Subatributo de Qualidade selecionado na Avaliação auxiliada pelo SMartyMetrics, deve existir pelo menos uma medida e/ou métrica associada |
| D.Restrição.3 | Os Métodos de Avaliação de Arquitetura a serem auxiliados pelo SMartyMetrics devem possibilitar a representação de arquiteturas em modelos UML |

3.7 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o *SMartyMetrics*, uma estrutura de atributos desenvolvida para auxiliar métodos de avaliação de ALPs. Os atributos considerados pelo *SMartyMetrics* estão relacionados com a norma ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b), mais especificamente com alguns atributos e subatributos da norma.

Para o desenvolvimento do *SMartyMetrics*, inicialmente foi necessário selecionar o Modelo de Qualidade a ser utilizado. Considerando os trabalhos selecionados no MS e as características da norma ISO/IEC 25010, optou-se pela mesma.

Após a seleção do modelo de qualidade, iniciou-se a seleção das medidas e métricas do *SMartyMetrics*. Essa seleção considerou entre outros critérios, a possibilidade de aplicação das métricas em diagramas estruturais da UML, tais como diagrama de classes e componentes e a associação dos atributos dessas métricas com os atributos e subatributos da norma ISO/IEC 25010. Como resultado da seleção, foi estabelecido um conjunto de métricas que podem ser aplicadas em diagramas de classes e componentes da UML, cujos atributos estão associados com os atributos/subatributos da ISO/IEC 25010.

A associação entre os atributos das métricas e os atributos e subatributos da norma aconteceu pela avaliação das definições de todos os atributos (das métricas e da norma) e subatributos (da norma). Diante disso, foi necessário a investigação de trabalhos que possivelmente atestassem tal associação. A seção 3.4 apresenta os resultados de tal investigação. Tais resultados destacam que a associação estabelecida encontrou respaldo na literatura, dada as referências observadas.

Uma vez que as métricas foram selecionadas e a associação entre os atributos das métricas e atributos/subatributos da norma ISO/IEC 25010 foi estabelecida, apresentou-se as métricas do *SMartyMetrics*, na seção 3.5. Algumas das métricas selecionadas no MS

foram adaptadas para o contexto de LPS. Apesar do entendimento de que essas métricas são relevantes para LPS, entendeu-se também que algumas delas poderiam ser adaptadas para considerar variabilidades nos artefatos medidos.

Após a definição das métricas do *SMartyMetrics*, considerando as métricas selecionadas e adaptadas, elaborou-se um conjunto de diretrizes. Essas diretrizes foram elaboradas com o propósito de apresentar recomendações que facilitassem tanto o entendimento da LPS a ser desenvolvida (domínio e escopo), quanto da ALP e das medidas/métricas a serem utilizadas na avaliação. Além dessas recomendações, as diretrizes também condições necessárias para a utilização do *SMartyMetrics*.

No próximo capítulo, os estudos de validação das métricas do *SMartyMetrics* são apresentados.

Validação Experimental das Métricas do SMartyMetrics

4.1 Considerações Iniciais

Este capítulo descreve as validações experimentais realizadas para as métricas propostas no capítulo anterior. Dois experimentos controlados de validação foram realizados, considerando as medidas/métricas de Tamanho, Acoplamento e Coesão. As métricas de Complexidade e Extensibilidade foram validadas e replicadas nos trabalhos de OliveiraJr e Gimenes (OliveiraJr e Gimenes, 2014), Marcolino et al. (Marcolino et al., 2013a) e OliveiraJr et al. (OliveiraJr et al., 2010b).

Para descrever tais estudos experimentais foi considerado o *template* do livro *Guide to Advanced Empirical Software Engineering* (Shull et al., 2007), mais especificamente o capítulo 8, sobre como Reportar Experimentos em Engenharia de Software. Os experimentos são descritos considerando o *template* apresentado no capítulo, pois entende-se que o mesmo é um dos mais completos na literatura de Engenharia de Software Experimental.

4.2 Metodologia e Planejamento Experimental

Essa seção descreve a metodologia aplicada nos dois estudos de validação. As próximas subseções discutem características específicas da metodologia.

4.2.1 Planejamento dos Estudos Experimentais

Nessa seção, os seguintes itens são apresentados:

- Objetivos do Experimento;
- Seleção dos Participantes.

Objetivos dos Experimentos

Os experimentos foram realizados com o objetivo de validar medidas/métricas de Tamanho, Acoplamento e Coesão. Tais medidas/métricas consideram a associação entre Atributos e Subatributos de Qualidade e foram propostas para auxiliar na avaliação de ALPs.

Seleção dos Participantes

Arquitetos de LPS, no contexto de estudantes de graduação e pós-graduação da Universidade Estadual de Maringá (UEM) foram considerados nos dois estudos realizados. Para seleção de participantes, foi definida a amostragem não probabilística, por conveniência (Appolinário, 2012). Entende-se que esse tipo de amostragem não prejudica os objetivos do estudo.

Os participantes dos estudos apresentam o seguinte perfil:

- Estudantes graduados, graduandos, pós-graduados e/ou pós-graduandos em Ciência da Computação, Informática, Engenharia de Software e Sistemas de Informação;
- Estudantes graduados, graduandos, pós-graduados e/ou pós-graduandos com experiência em modelagem de sistemas de software OO em UML. Considera-se experiente o participante que já modelou diagramas de classes e de componentes UML;
- Estudantes graduados, graduandos, pós-graduados e/ou pós-graduandos, com conhecimentos em LPS, GV e ALPs;
- Pesquisadores em Engenharia de Software (academia e/ou indústria) com conhecimento em modelagem de sistemas OO em UML, além de conhecimentos em LPS, GV e ALP.

Os participantes não foram agrupados em nenhum dos dois estudos. Como tais estudos consideraram a avaliação de ALPs, sem qualquer comparação entre técnicas e/ou abordagens, decidiu-se pelo não agrupamento.

A Tabela - 4.1 apresenta informações coletadas sobre o perfil dos participantes, relacionados com a validação das métricas de tamanho.

Tabela 4.1: Perfil dos participantes que avaliaram o Tamanho de ALPs.

| Participante | Nível de Formação | Setor de Atuação | Tempo de Experiência na área | Experiência em UML (diagramas de classes) | Experiência em LPS e Variabilidades |
|--------------|-------------------|------------------|------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | Mestrando | Acadêmico | 4 anos | Moderada | Superficial |
| 2 | Mestrando | Industrial | 2,5 anos | Moderada | Moderada |
| 3 | Mestre | Acadêmico | 4 anos | Moderada | Moderada |
| 4 | Mestrando | Acadêmico | 2 anos | Básica | Superficial |
| 5 | Mestrando | Acadêmico | 2 anos | Moderada | Básica |
| 6 | Mestrando | Acadêmico | 6 meses | Básica | Básica |
| 7 | Mestre | Acadêmico | 4 anos | Avançada | Avançada |
| 8 | Mestrando | Acadêmico | 5 anos | Moderada | Moderada |
| 9 | Mestrando | Acadêmico | 10 anos | Moderada | Superficial |
| 10 | Mestre | Acadêmico | 4 anos | Avançada | Avançada |
| 11 | Mestrando | Acadêmico | 5 anos | Moderada | Superficial |
| 12 | Mestre | Acadêmico | 7 meses | Básica | Superficial |
| 13 | Mestrando | Acadêmico | 3 anos | Básica | Básica |
| 14 | Mestrando | Acadêmico | 8 meses | Avançada | Avançada |
| 15 | Mestrando | Acadêmico | 7 anos | Moderada | Moderada |

É possível observar na Tabela - 4.1 que a maioria dos participantes atua no setor acadêmico. Isso pode ser explicado pela dificuldade em convencer empresas e/ou indústrias a liberarem seus profissionais para participar de experimentos. Diante disso, a pesquisa acaba restringindo-se ao ambiente acadêmico.

Considerando o tempo de experiência na área, observa-se que a amostra de participantes é heterogênea. Participaram do experimento estudantes iniciantes (7 meses) e experientes (10 anos) na área de pesquisa. Todas as informações essenciais para o estudo foram apresentadas no treinamento.

Com relação a experiência em UML, LPS e Variabilidades, é possível observar novamente uma amostra heterogênea. Estudantes e/ou pesquisadores com níveis de experiência superficial (primeiro contato com a abordagem de LPS), básica (entendimento do ciclo de desenvolvimento de LPS), moderada (entendimento dos conceitos de variabilidades, pontos de variação e variantes) e avançada (entendimento sobre processos de desenvolvimento de LPS, gerenciamento e representação de variabilidades) participaram da validação.

Sobre o nível de formação dos participantes, percebe-se que em sua maioria, os estudantes/pesquisadores são mestrandos.

Na Tabela - 4.2, são apresentadas informações sobre o perfil dos participantes, relacionado com a validação das métricas de acoplamento e coesão.

Tabela 4.2: Perfil dos participantes que avaliaram o Acoplamento e a Coesão de ALPs.

| Participante | Nível de Formação | Setor de Atuação | Tempo de Experiência na área | Experiência em UML (diagramas de componentes) | Experiência em LPS e Variabilidades |
|--------------|-------------------|------------------|------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | Mestrando | Acadêmico | 7 anos | Moderada | Básica |
| 2 | Mestrando | Acadêmico | 20 anos | Avançada | Avançada |
| 3 | Mestrando | Industrial | aprox. 3 anos | Moderada | Moderada |
| 4 | Mestrando | Acadêmico | 7 anos | Moderada | Moderada |
| 5 | Mestre | Acadêmico | 52 meses | Avançada | Avançada |
| 6 | Mestre | Acadêmico | 4 anos e 5 meses | Avançada | Avançada |
| 7 | Mestrando | Acadêmico | 6 anos | Moderada | Moderada |
| 8 | Mestrando | Acadêmico | 14 meses | Básica | Básica |

É possível observar na Tabela - 4.2 que a maioria dos participantes atua no setor acadêmico. Entende-se que a explicação para essa situação é a mesma apresentada na discussão relacionada com a Tabela - 4.1.

Considerando o tempo de experiência na área, observa-se que a amostra de participantes é heterogênea. Participaram do experimento estudantes/pesquisadores experientes (aproximadamente 3 anos) e muito experientes (20 anos). No contexto desse estudo, a experiência considerada é resultante da atuação na área de LPS, Sistemas de Informação e/ou Ciência da Computação.

Com relação a experiência em UML, somente um participante apresenta experiência básica. Os demais participantes apresentam experiência moderada e avançada. Com relação ao nível de experiência em LPS e variabilidades a maioria dos participantes apresenta um nível de experiência moderada (entendimento dos conceitos de variabilidades, pontos de variação e variantes) ou avançada (entendimento sobre processos de desenvolvimento de LPS, gerenciamento e representação de variabilidades).

Assim como aconteceu na validação das métricas de tamanho, a maioria dos estudantes/pesquisadores são mestrandos.

Instrumentação

Tanto na avaliação realizada pelos participantes, quanto na aplicação das medidas/métricas propostas, a ALP foi o único artefato utilizado. Tal escolha foi motivada pelas medidas/métricas propostas, que consideram conceitos de LPS usualmente representados em ALPs. Os participantes avaliaram diferentes ALPs, derivadas de uma mesma LPS.

Tarefas

Antes da execução dos estudos, treinamentos foram realizados. Em ambos os treinamentos, os participantes receberam informações sobre LPS, GV e ALPs. Além das informações comuns, informações específicas também foram apresentadas. Um estudo apresentou informações sobre Reusabilidade e Tamanho. Outro estudo apresentou informações sobre Modularidade, Acoplamento e Coesão.

Especificamente sobre Reusabilidade e Tamanho, foram apresentadas as definições de ambos os atributos, a serem consideradas no experimento. Para Reusabilidade foi apresentada a seguinte definição: “avaliação do grau em que partes do sistema podem ser usadas para construir outros sistemas” (Wazlawick, 2013). Com relação ao Tamanho, foi apresentada a seguinte definição: “número de operações de um elemento. Esse elemento pode ser de design (modelos de classes, interfaces, pacotes e componentes) ou de código fonte (representações em código de classes, interfaces, pacotes e componentes)” (SDMetrics, 2017c); (SDMetrics, 2017b).

Especificamente sobre Modularidade, Acoplamento e Coesão, também foram apresentadas as definições dos atributos. Para Modularidade foi apresentada a seguinte definição: “avalia o grau em que o sistema é subdividido em partes lógicas coesas, de forma que mudanças em uma dessas partes tenham impacto mínimo nas outras” (Wazlawick, 2013).

Com relação ao Acoplamento, foi apresentada a seguinte definição: o Acoplamento é definido como o nível de interdependência entre módulos distintos de software, ou seja, o nível em que unidades de design (classes, pacotes, componentes) diferentes estão conectadas. Para Coesão, foi apresentada a seguinte definição: nível em que elementos internos de uma unidade de design estão logicamente relacionados (Myers, 1975); (Chidamber e Kemerer, 1994); (ISO/IEEE/IEC, 2010); (Wazlawick, 2013); (SDMetrics, 2017b); (SDMetrics, 2017c).

Após o treinamento, os participantes realizaram as seguintes tarefas:

1. Assinatura do termo de consentimento experimental;
2. Preenchimento do questionário de caracterização;

3. Leitura do documento sobre LPS;
4. Leitura do documento que apresenta a abordagem SMarty, abordagem de GV utilizada no experimento;
5. Leitura do documento que descreve os atributos Reusabilidade, Tamanho ou Modularidade, Acoplamento e Coesão (**dependendo do estudo**);
6. Leitura do documento que descreve a ALP a ser avaliada, no caso a arquitetura da Mobile Media (MM);
7. Questionário de Avaliação do Tamanho ou Acoplamento e Coesão (**dependendo do estudo**) de uma ALP, considerando os critérios apresentados nos documentos que descrevem os atributos;

As tarefas de leitura foram realizadas com o propósito de reforçar as informações apresentadas no treinamento e tentar ampliar o nível de conhecimento dos participantes.

Hipóteses, Parâmetros e Variáveis

- Validação das Métricas de Tamanho

Neste estudo, as seguintes hipóteses foram consideradas:

- **Hipótese Nula (H0)**: não existe correlação significativa entre os valores coletados na aplicação das métricas de tamanho propostas e os respectivos valores de tamanho avaliados pelos participantes em uma ALP.
- **Hipótese Alternativa (H1)**: existe correlação significativa entre os valores coletados na aplicação das métricas de tamanho propostas e os respectivos valores de tamanho avaliados pelos participantes em uma ALP.

Para verificar as hipóteses definidas, considerou-se as seguintes variáveis:

- **Variáveis Independentes**: ALP e o atributo a ser avaliado no experimento, no caso Tamanho. A ALP é pré-fixada e o atributo Tamanho apresenta dois tratamentos, um referente às medidas/métricas e outro referente à avaliação dos participantes.
- **Variável Dependente**: resultado da correlação entre os tratamentos da variável tamanho.

A Tabela - 4.3 apresenta uma descrição das variáveis consideradas no experimento. A tabela considera o *template* apresentado em Shull et al. (Shull et al., 2007).

Tabela 4.3: Variáveis dependentes e independentes, experimento de validação das métricas de tamanho.

| Nome da Variável | Tipo da Variável (independente, dependente) | Classe (produto, processo, recurso, método,...) | Entidade (instância da classe) | Tipo de Atributo (interno, externo) | Tipo de Escala (nominal, ordinal) | Unidade | Intervalo, ou para escalas ordinais nominais e restritas, a definição de cada ponto de escala | Regra de contagem no conteúdo da entidade |
|---------------------|---|---|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| ALP a ser avaliada | Independente | Produto | Diagrama de classes UML | NA | Nominal | NA | Números naturais | Número total de diagramas de classes UML |
| Tamanho | Independente | Atributo | Classes/Interfaces | Interno | Nominal | Número de métodos da classe/interface | Números naturais | Número total de métodos, de todas as classes/interfaces de uma ALP |
| Nível de correlação | Dependente | Método | Teste estatístico de correlação | NA | Intervalar | NA | [-1,1] | NA |

Observações:

- NA: não se aplica;
- Tamanho é um atributo interno no contexto do *SMartyMetrics*.

- Validação das Métricas de Acoplamento e Coesão

Para o Acoplamento, as seguintes hipóteses foram estabelecidas:

- **Hipótese Nula Acoplamento (HA0)**: não existe correlação significativa entre os valores coletados na aplicação das métricas de acoplamento propostas e os respectivos valores de acoplamento avaliados pelos participantes em uma ALP.
- **Hipótese Alternativa Acoplamento (HA1)**: existe correlação significativa entre os valores coletados na aplicação das métricas de acoplamento propostas e os respectivos valores de acoplamento avaliados pelos participantes em uma ALP.

Para a Coesão, as seguintes hipóteses foram estabelecidas:

- **Hipótese Nula Coesão (HC0)**: não existe correlação significativa entre os valores coletados na aplicação das métricas de coesão propostas e os respectivos valores de coesão avaliados pelos participantes em uma ALP.
- **Hipótese Alternativa Coesão (HC1)**: existe correlação significativa entre os valores coletados na aplicação das métricas de coesão propostas e os respectivos valores de coesão avaliados pelos participantes em uma ALP.

Para verificar as hipóteses definidas, as seguintes variáveis foram consideradas:

- **Variáveis Independentes**: ALP, o atributo Acoplamento e o atributo Coesão. A ALP é pré-fixada e os atributos Acoplamento e Coesão apresentam dois tratamentos cada, um referente às medidas/métricas e outro referente à avaliação dos participantes
- **Variáveis Dependentes**: resultados das correlações entre os tratamentos das variáveis Acoplamento e Coesão.

A Tabela - 4.4 apresenta uma descrição das variáveis consideradas no experimento. A tabela considera o *template* apresentado em *Shull* (Shull et al., 2007). A Tabela - 4.4 apresenta as seguintes observações:

- **NA**: não se aplica;
- **Acoplamento e Coesão** são atributos internos no contexto do *SMartyMetrics*.

Tabela 4.4: Variáveis dependentes e independentes, experimento de validação das métricas de acoplamento e coesão.

| Nome da Variável | Tipo da Variável (independente, dependente) | Classe (produto, processo, recurso, método,...) | Entidade (instância da classe) | Tipo de Atributo (interno, externo) | Tipo de Escala (nominal, ordinal) | Unidade | Intervalo, ou para escalas ordinais nominais e restritas, a definição de cada ponto de escala | Regra de contagem no contexto da entidade |
|---------------------|---|---|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|---|--|
| ALP a ser avaliada | Independente | Produto | Diagrama de componentes UML | NA | Nominal | NA | Números naturais | Número total de diagramas de componentes UML |
| Acoplamento | Independente | Atributo | Componentes | Interno | Nominal | Número de relacionamentos de dependência do componente | Números naturais | Número total de relacionamentos de dependência, de todos os componentes de uma ALP |
| Coesão | Independente | Atributo | Componentes | Interno | Razão | Nível de relacionamento interno do componente | [0,1] | Nível geral de relacionamento interno, de todos os componentes de uma ALP |
| Nível de correlação | Dependente | Método | Teste estatístico de correlação | NA | Intervalar | NA | [-1,1] | NA ∞ |

Projeto Experimental

O Projeto Experimental considera os princípios experimentais, os arranjos experimentais e os testes estatísticos a serem aplicados nos dados coletados.

Os princípios experimentais considerados foram aleatoriedade, o não-agrupamento e o não-balanceamento. A aleatoriedade foi considerada tanto na seleção dos métodos estatísticos, quanto na seleção da ALP a ser avaliada pelo participante. Os princípios de não-agrupamento e não-balanceamento foram considerados por conta das características do estudo, que não compara técnicas e/ou abordagens.

O arranjo experimental considerado foi o de um fator e dois tratamentos na validação das métricas de tamanho, além de uma variável pré-fixada. A ALP foi a variável pré-fixada nesse estudo, enquanto a variável Tamanho recebeu dois tratamentos.

Na validação das métricas de acoplamento e coesão, o arranjo experimental considerado foi o de dois fatores e dois tratamentos, além de uma variável pré-fixada. A ALP foi a variável pré-fixada nesse estudo, enquanto as variáveis Acoplamento e Coesão receberam dois tratamentos cada.

Os testes estatísticos aplicados estão relacionados com a verificação da normalidade dos dados e com a correlação entre os dois conjuntos de dados. Após o teste de normalidade, foi verificada a necessidade de um teste de correlação não-paramétrico. Logo, o Teste de Correlação de *Spearman* (Spearman, 1904a) aplicado.

Procedimento

O experimento foi realizado em uma sala com um computador e um projetor de slides. Tanto o computador, quanto o projetor foram utilizados no treinamento. Na execução do experimento, tais equipamentos foram desligados.

No treinamento, informações sobre LPS, ALP, GV, Reusabilidade/Tamanho ou Modularidade/Acoplamento/Coesão foram apresentadas. Interrupções foram liberadas no treinamento para que os participantes pudessem esclarecer suas dúvidas imediatamente. Por fim, foi apresentada a explicação de como realizar a avaliação.

Ao final do treinamento, que durou aproximadamente 50 minutos, foi realizado um intervalo de 30 minutos. Assim, os participantes puderam descansar. Após os 30 minutos, o experimento foi iniciado.

No experimento, a primeira atividade foi a leitura e assinatura do termo de consentimento experimental pelos participantes. Esse termo explica os propósitos do estudo, destacando o sigilo das informações pessoais. Em seguida, o questionário de caracterização foi disponibilizado e cada questão foi explicada.

Após o preenchimento do questionário de caracterização, documentos descrevendo LPS, ALP, GV, Reusabilidade/Tamanho ou Modularidade/Acoplamento/Coesão foram disponibilizados aos participantes. Após a leitura desses documentos, foi liberada a consulta dos mesmos durante a execução do experimento.

A LPS utilizada no experimento (Apêndice C) também foi explicada detalhadamente. Tal explicação considerou a finalidade da LPS, bem como suas características principais. Foi explicitamente mencionado que a ALP a ser avaliada representava a arquitetura de tal LPS.

Por fim, a ALP a ser avaliada e os questionários de avaliação foram disponibilizados. Foi solicitado aos participantes que marcassem o tempo de início e término da avaliação.

Todo o material utilizado pelos participantes foi impresso, desde os documentos auxiliares, até a ALP e os questionários de avaliação.

A LPS e as ALPs utilizadas no experimento são observadas nos apêndices C e F respectivamente.

Procedimentos de Análise

Os dados foram analisados com relação à normalidade e à correlação. Inicialmente, os dois conjuntos de dados, oriundos da aplicação das medidas/métricas e da avaliação dos participantes, foram tabulados em uma planilha eletrônica.

Posteriormente, os dados dos dois conjuntos foram processados na ferramenta R (Project, 2017). Todos os testes estatísticos necessários foram realizados nessa ferramenta.

Após a formatação dos dados os testes de normalidade foram realizados em ambos os conjuntos. Após a realização do teste de normalidade, foi decidido se o teste de correlação a ser realizado seria paramétrico ou não-paramétrico. O teste de correlação não-paramétrico também foi realizado na ferramenta R (Project, 2017).

4.2.2 Execução dos Estudos Experimentais

Preparação

Antes da execução do experimento, as seguintes atividades foram realizadas: elaboração da instrumentação, realização do projeto piloto, contato com potenciais participantes, ou seja, participantes que apresentavam um perfil adequado ao experimento, definição das datas para execução do experimento e realização do treinamento.

Desvios

Inicialmente, planejou-se a realização do experimento em um único dia, entretanto, por causa das dificuldades de alocar todos os participantes em um mesmo dia e horário, a execução do experimento aconteceu em quatro dias distintos. Tal solução foi empregada, visto que o experimento define que cada participante avalie uma ALP diferente, derivada de uma ALP original. Logo, entendeu-se que tal solução não prejudicaria os objetivos do estudo.

Outra situação não planejada foi a desistência de muitos participantes que haviam combinado de participar. Por restrições de datas, muitas pessoas com um perfil adequado não puderam colaborar. Tal situação também ajuda a explicar a amostra de participantes reduzida, para ambos os estudos.

4.3 Validação das Métricas de Tamanho

As informações específicas sobre a validação das métricas de tamanho são apresentadas nas seguintes subseções:

- Análise e Interpretação dos Resultados;
- Estatística Descritiva;
- Teste de Hipóteses.

4.3.1 Análise e Interpretação dos Resultados

Os dados coletados no experimento de validação das Medidas/Métricas de Tamanho foram analisados inicialmente por meio da estatística descritiva. Os resultados são apresentados a seguir.

Na primeira atividade, os dados foram tabulados. Além da tabulação, foi necessário a conversão numérica dos *labels* apresentados no instrumento de avaliação, para o cálculo de correlação. A conversão consiste em associar um valor numérico para cada *label* de resposta. Assim, o *label* considerado pelo participante na avaliação foi convertido para o seu respectivo valor numérico. A Tabela - 4.5 ilustra a conversão realizada.

A conversão apresentada na Tabela - 4.5 foi utilizada nos *labels* do Instrumento de Avaliação do experimento. Por exemplo, se um participante avaliou que a ALP apresenta um **Nível de Reusabilidade Alto**, o *label* é substituído pelo valor 1.

Tabela 4.5: Conversão Label Escala Likert - Valor Numérico.

| Tabela Valor Escala Likert - Escala Numérica | | |
|---|---|----|
| Nível de Reusabilidade Extremamente Baixo | = | -2 |
| Nível de Reusabilidade Baixo | = | -1 |
| Nível de Reusabilidade Nem Baixo, Nem Alto | = | 0 |
| Nível de Reusabilidade Alto | = | 1 |
| Nível de Reusabilidade Extremamente Alto | = | 2 |

Os valores convertidos, apresentados na Tabela - 4.5, foram utilizados nos cálculos de Estatística Descritiva e no Teste de Correlação.

Estatística Descritiva

Nesta seção, são apresentadas algumas análises dos dados coletados na execução do experimento. A Tabela - 4.6 apresenta os conjuntos de dados analisados, bem como seus respectivos valores de média, desvio padrão e mediana.

O conjunto Participante apresenta os valores mapeados de acordo com a Tabela - 4.5.

Tabela 4.6: Estatística Descritiva dos conjuntos de dados.

| Participante # | Tamanho (NSOPLA) | Participante |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 7 | 2 (extremamente alto) |
| 2 | 7 | 1 (alto) |
| 3 | 7 | 1 (alto) |
| 4 | 7 | 2 (extremamente alto) |
| 5 | 5 | 1 (alto) |
| 6 | 5 | 2 (extremamente alto) |
| 7 | 5 | 2 (extremamente alto) |
| 8 | 5 | 1 (alto) |
| 9 | 4 | 1 (alto) |
| 10 | 4 | -1 (baixo) |
| 11 | 4 | 1 (alto) |
| 12 | 4 | 1 (alto) |
| 13 | 4 | 2 (extremamente alto) |
| 14 | 2 | 1 (alto) |
| 15 | 1 | 1 (alto) |
| Média | 4,73 | – |
| Desvio Padrão | 1,79 | – |
| Mediana | 5 | 1 (alto) |

É possível perceber na Tabela - 4.6 que no total, 15 pessoas participaram do experimento. O número de participantes influenciou no número de ALPs (15 arquiteturas)

a serem utilizadas para aplicação das medidas/métricas. Cada ALP considerada foi simultaneamente avaliada pelo participante e utilizada na aplicação das medidas/métricas adaptadas.

Considerando os dados apresentados na Tabela - 4.6, percebe-se que grande parte dos participantes classificaram o Nível de Reusabilidade da ALP como alto. Com relação aos valores coletados pela aplicação das medidas/métricas adaptadas, observa-se que os valores estão no intervalo entre 4 e 7. Tanto a Média quando a Mediana apresentaram valores nesse intervalo. O valor 4,73 foi observado para a média e o valor 5 foi observado para a mediana.

Tanto os dados produzidos na avaliação dos participantes, quanto na aplicação das medidas/métricas coletadas foram correlacionados por meio do Teste de Correlação de *Spearman* (Spearman, 1904b). O valor de 0,39 observado na coleta de dados evidencia um nível de correlação **fraca positiva**. Isso quer dizer que o valor da avaliação realizada pelo participante está diretamente relacionado ao valor da métrica NSOPLA, apesar de tal correlação ser fraca.

Teste de Hipóteses

As hipóteses foram avaliadas por meio do cálculo de correlação. Considerando o valor de correlação obtido (0,39), entende-se que evidências iniciais foram coletadas, indicando que as medidas/métricas de tamanho propostas podem em princípio, ser usadas para avaliar o grau de reusabilidade de ALPs.

Assim, foi possível rejeitar a hipótese nula sobre a não existência de correlação entre os valores coletados na aplicação das métricas de tamanho propostas e os respectivos valores de tamanho avaliados pelos participantes em uma ALP.

4.4 Validação das Métricas de Acoplamento e Coesão

As informações específicas sobre a validação das métricas de tamanho são apresentadas nas seguintes subseções:

- Análise e Interpretação dos Resultados;
- Estatística Descritiva;
- Teste de Hipóteses.

4.4.1 Análise e Interpretação dos Resultados

Os dados coletados no experimento de validação das Medidas/Métricas de Acoplamento e Coesão foram analisados inicialmente por meio da estatística descritiva. Os resultados são apresentados a seguir.

Na primeira atividade, os dados foram tabulados. Além da tabulação, foi necessário a conversão numérica dos *labels* apresentados no instrumento de avaliação, para o cálculo de correlação. A conversão consiste em associar um valor numérico para cada *label* de resposta. Assim, o *label* considerado pelo participante na avaliação foi convertido para o seu respectivo valor numérico. A Tabela - 4.7 e a Tabela - 4.8 ilustram as conversões realizadas.

Tabela 4.7: Conversão Label Escala Likert - Valor Numérico.

| Tabela Valor Escala Likert - Escala Numérica | | |
|---|---|----|
| Nível de Acoplamento Extremamente Baixo | = | -2 |
| Nível de Acoplamento Baixo | = | -1 |
| Nível de Acoplamento Nem Baixo, Nem Alto | = | 0 |
| Nível de Acoplamento Alto | = | 1 |
| Nível de Acoplamento Extremamente Alto | = | 2 |

Tabela 4.8: Conversão Label Escala Likert - Valor Numérico.

| Tabela Valor Escala Likert - Escala Numérica | | |
|---|---|----|
| Nível de Coesão Extremamente Baixo | = | -2 |
| Nível de Coesão Baixo | = | -1 |
| Nível de Coesão Nem Baixo, Nem Alto | = | 0 |
| Nível de Coesão Alto | = | 1 |
| Nível de Coesão Extremamente Alto | = | 2 |

As conversões mostradas Tabela - 4.7 e na Tabela - 4.8 foram utilizadas para converter os *labels* apresentados no Instrumento de Avaliação do experimento. Por exemplo, se um participante avaliou que a ALP apresenta um **Nível Alto de Acoplamento ou Coesão**, o *label* é substituído pelo valor 1.

Os valores convertidos (Tabela - 4.7 e Tabela - 4.8) foram utilizados nos cálculos de Estatística Descritiva e no Teste de Correlação.

Estatística Descritiva

Nesta seção, são apresentadas algumas análises dos dados coletados na execução do experimento. A Tabela - 4.9 apresenta os conjuntos de dados analisados, bem como seus respectivos valores de média, desvio padrão e mediana.

Os conjuntos de Participantes (Acoplamento e Coesão) apresentam os valores mapeados de acordo com a Tabela - 4.7 e a Tabela - 4.8 respectivamente.

Tabela 4.9: Estatística Descritiva dos conjuntos de dados.

| Participante # | DepCompPLA | Participante (Acoplamento) | HPLA | Participante (Coesão) |
|----------------------|------------|----------------------------|----------|-------------------------|
| 1 | 5 | 1 (alto) | 6,66 | 1 (alto) |
| 2 | 5 | 2 (extremamente alto) | 6,66 | -2 (extremamente baixo) |
| 3 | 4 | 1 (alto) | 5,66 | 1 (alto) |
| 4 | 5 | -1 (baixo) | 6,66 | 1 (alto) |
| 5 | 4 | -1 (baixo) | 5,66 | 1 (alto) |
| 6 | 6 | 1 (alto) | 7,66 | 0 (nem baixo, nem alto) |
| 7 | 6 | 0 (nem baixo, nem alto) | 7,66 | 1 (alto) |
| 8 | 4 | -1 (baixo) | 5,66 | 1 (alto) |
| Média | 4,87 | – | 6,53 | – |
| Desvio Padrão | 0,83 | – | 0,834523 | – |
| Mediana | 5 | 0,5 (nem baixo, nem alto) | 6,66 | 1 (alto) |

- **Observações:**
- DepCompPLA = DepCompVariabilityPLA e
- HPLA = HVariabilityPLA.

É possível perceber na Tabela - 4.9 que no total, 08 pessoas participaram do experimento de validação. O número de participantes influenciou no número de ALPs a serem utilizadas na aplicação das medidas/métricas. Cada ALP considerada foi simultaneamente avaliada pelo participante e utilizada na aplicação das medidas/métricas adaptadas.

Apesar do tamanho reduzido da amostra, entende-se que os resultados obtidos na validação das métricas de acoplamento e coesão são evidências iniciais interessantes. A principal razão para esse entendimento é o perfil dos participantes (Tabela - 4.2), que em sua maioria, apresentam experiência moderada ou avançada em UML, LPS e Variabilidades. Tais níveis de experiência sugerem um nível de competência para avaliar ALPs modeladas em UML, que representam as similaridades e variabilidades de uma LPS.

Considerando as avaliações dos participantes sobre Acoplamento, percebe-se que a maioria dos mesmos avaliaram que as ALPs apresentam um **alto acoplamento** (valor 1) ou **baixo acoplamento** (valor -1). Foi verificado o valor 0,5 para a mediana, referente aos dados coletados do conjunto Participante (Acoplamento).

Com relação aos valores coletados com a aplicação das medidas/métricas, tem-se que a maioria dos valores estão no intervalo entre 4 e 6. Tanto a Média (4,87) quanto a Mediana (5) apresentaram valores nesse intervalo.

Considerando as avaliações dos participantes sobre Coesão, percebe-se que a maioria dos mesmos classificaram o nível de Coesão das ALPs como **alto**. Para os dados do conjunto Participante (Coesão) foi observado o valor 1 para a mediana.

Com relação aos valores coletados para as medidas/métricas de coesão, tem-se que a maioria dos valores estão no intervalo entre 5,66 e 7,66. A média dos valores coletados foi de 6,53 e a mediana foi de 6,66.

Tanto para Acoplamento quanto para Coesão, considerou-se os dois conjuntos de dados, de cada atributo, para cada cálculo de correlação. O teste de correlação utilizado foi o de *Spearman* (Spearman, 1904b). Para Acoplamento, foi observado o valor 0,34, indicando uma correlação **fraca positiva**. Para Coesão, foi observado o valor -0,42, indicando uma correlação **fraca negativa**.

Teste de Hipóteses

As hipóteses de acoplamento foram avaliadas por meio do cálculo de correlação. Considerando o valor de correlação obtido (0,34), entende-se que evidências iniciais foram coletadas, indicando que a princípio, as medidas/métricas de acoplamento propostas podem ser utilizadas para avaliar o grau de modularidade de ALPs.

Assim, foi possível rejeitar a hipótese nula sobre a não existência de correlação entre os valores coletados na aplicação das métricas de acoplamento propostas e os respectivos valores de acoplamento avaliados pelos participantes em uma ALP.

As hipóteses de coesão também foram avaliadas por meio do cálculo de correlação. Considerando o valor de correlação obtido (-0,42), entende-se que evidências iniciais foram

coletadas, indicando que inicialmente, as medidas/métricas de coesão propostas podem ser usadas para avaliar o grau de modularidade de ALPs.

Assim, foi possível rejeitar a hipótese nula sobre a não existência de correlação entre os valores coletados na aplicação das métricas de coesão propostas e os respectivos valores de coesão avaliados pelos participantes em uma ALP.

4.5 Avaliação da Validade do Conjunto de Estudos Experimentais

Na realização dos dois estudos, as seguintes ameaças foram detectadas:

4.5.1 Ameaças à Validade de Conclusão

- Entende-se que o tamanho da amostra é uma ameaça significativa à validade de conclusão. A quantidade de participantes foi inferior à quantidade de pessoas convidadas. Diante disso, entende-se que novos experimentos precisam ser realizados com amostras maiores.

4.5.2 Ameaças à Validade de Constructo

- O questionário utilizado na avaliação considerou a escala Likert, de cinco pontos. Essa escala contempla um conjunto de labels e pode ser considerada uma ameaça à validade de construção. Buscou-se com a realização do treinamento, minimizar a influência de tal escala na avaliação do participante. Entende-se que um bom treinamento possibilite que o participante escolha o label mais adequado para o resultado de sua avaliação, considerando os conhecimentos adquiridos de LPS, GV, UML e da própria ALP apresentada.

4.5.3 Ameaças à Validade Interna

- Efeitos de fadiga, relacionados com o tempo de duração da atividade. O treinamento aplicado durou aproximadamente 50 minutos. Em seguida, os participantes descansaram por 30 minutos, antes de iniciar a avaliação. No estudo relacionado com as métricas de tamanho, o tempo médio foi de onze minutos e cinquenta e dois segundos. No estudo relacionado com as métricas de acoplamento e coesão, o tempo médio de avaliação foi de vinte e nove minutos.

- Diferenças nos níveis de conhecimento dos participantes foram identificadas. Para solucionar tal ameaça, realizou-se o treinamento. Entende-se que o treinamento possibilitou nivelar o conhecimento exigido dos participantes, no que se refere aos conceitos necessários à realização do estudo experimental. Assim, tem-se que todos os participantes receberam as informações necessárias ao estudo.
- Acurácia das respostas dos participantes. Entende-se que a acurácia nas respostas dos participantes foi influenciada pela instrumentação oferecida e pelo treinamento realizado. Um projeto piloto foi realizado para avaliação da instrumentação. Tal avaliação considerou se a instrumentação estava adequada para avaliação da ALP. Já o treinamento foi realizado para apresentar os conceitos teóricos necessários à realização do estudo experimental, além de apresentar o roteiro de execução do estudo e esclarecer todas as dúvidas apresentadas. Dessa forma, entende-se que os participantes tenham executado a atividade sem qualquer dúvida, descartando portanto, possíveis problemas associados com a acurácia.

4.5.4 Ameaças à Validade Externa

- Dificuldade em encontrar participantes que aceitem participar de tais estudos. Para minimizar tal ameaça, selecionou-se estudantes de graduação e pós-graduação da UEM. Tal seleção considerou a conveniência (proximidade com os participantes) e o conhecimento dos estudantes, que em sua maioria preenchem as características de perfil de participante estabelecidas para o estudo.
- Instrumentação. Para realização do estudo experimental, procurou-se por LPSs maiores, que representassem possíveis softwares empresariais/industriais existentes. A necessidade de representação dessas LPSs em UML reduziu as opções de seleção. Entre as LPSs disponíveis, representadas em UML, selecionou-se a MM, uma LPS para derivação de produtos multimídia que considera foto, música e vídeo. A MM vem sendo utilizada em diversos trabalhos apresentados na literatura (Colanzi e Vergilio, 2014); (Oizumi et al., 2012); (Figueiredo et al., 2008a). Mais informações sobre a LPS MM podem ser encontradas no Apêndice C. Mesmo com a utilização da MM pela comunidade, entende-se que estudos futuros precisam ser realizados, considerando LPSs maiores e complexas, que possam representar possíveis LPSs empresariais/industriais.

4.6 Análise e Interpretação dos Resultados Gerais

4.6.1 Avaliação de Resultados e Implicações

Considerando os resultados de correlação obtidos, entende-se que evidências foram fornecidas sobre a viabilidade de utilização dos atributos Tamanho, Acoplamento e Coesão, para Avaliação do Nível de Reusabilidade/Modularidade de ALPs.

Apesar dessas evidências, observações importantes devem ser mencionadas. Sobre o estudo envolvendo Reusabilidade/Tamanho, não é possível afirmar que o resultado obtido decorre unicamente da relação entre esses dois atributos. Além disso, a Reusabilidade tem sido descrita e/ou avaliada não somente por um único atributo. Trabalhos reportados na literatura, tais como o de Her et al. (2007), apresentam atributos que são combinados para avaliar a Reusabilidade de artefatos. Diante disso, é importante destacar que o atributo Tamanho pode não ser suficientemente adequado para avaliar a Reusabilidade, necessitando de outros atributos auxiliares.

Sobre o estudo envolvendo Modularidade/Acoplamento/Coesão, outros estudos também precisam ser realizados. Não se pode afirmar que Acoplamento e Coesão são os únicos atributos que influenciam na modularidade. Além disso, também não se pode afirmar que Acoplamento ou Coesão possui uma maior influência na avaliação do nível de modularidade de uma ALP.

4.6.2 Inferências

Considerando os resultados obtidos, entende-se que tais medidas/métricas propostas possam ser utilizadas a princípio na avaliação da reusabilidade e da modularidade de ALPs modeladas em UML, nos estágios iniciais do desenvolvimento de uma LPS/ALP. Vale destacar que novos estudos ainda precisam ser realizados e novos dados precisam ser coletados para avaliação.

4.6.3 Lições Aprendidas

Durante a execução dos estudos, as seguintes lições foram aprendidas:

- importância do treinamento para o reforço das informações necessárias à avaliação, visto que tais informações são utilizadas pelos participantes;

- importância de um intervalo entre o treinamento e a execução do experimento, para que os participantes possam descansar. Tal intervalo pode minimizar e/ou evitar a fadiga no momento da avaliação;
- importância de enunciados específicos, que possibilitem entender rapidamente o que deve ser feito;
- importância do projeto piloto para avaliação da instrumentação. O projeto piloto realizado encontrou erros nos enunciados e em campos específicos da instrumentação. Tal avaliação preliminar culminou com a melhoria da instrumentação apresentada ao participante.

4.7 Considerações Finais

Esse capítulo apresentou dois experimentos de validação realizados, para as medidas/métricas de Tamanho, Acoplamento e Coesão.

Considerando os resultados obtidos nas validações, entende-se que evidências interessantes foram observadas. Apesar disso, entende-se também que novos estudos precisam ser realizados para observar se os futuros resultados apresentam características semelhantes.

Os experimentos de validação realizados foram apresentados de acordo com o *template* do livro *Guide to Advanced Empirical Software Engineering* (Shull et al., 2007). Tal *template* possibilita detalhar adequadamente os experimentos realizados.

No próximo capítulo, é apresentada a avaliação da Estrutura de Atributos do *SMarty-Metrics*. Tal avaliação foi realizada de acordo com a estrutura GQM.

Avaliação Inicial da Estrutura de Atributos usando GQM

5.1 Considerações Iniciais

Este capítulo apresenta a Avaliação da Estrutura de Atributos do *SMartyMetrics*, descrita no capítulo 3. A avaliação considera a aplicação da abordagem GQM (Caldiera e Rombach, 1994). Pode-se utilizar a abordagem GQM em avaliações, com objetivos e/ou metas explícitas.

As seções e/ou subseções seguintes apresentam informações relevantes para a avaliação, bem como as etapas da mesma. Tais etapas consideram desde o planejamento até as conclusões da avaliação.

5.2 Descrição da Avaliação

Para realizar a avaliação de acordo com a abordagem GQM, é necessário estabelecer metas (*goals*), questões (*questions*) e métricas (*metrics*). As metas representam as características que devem ser avaliadas. As questões possibilitam verificar as características especificadas nas metas e as métricas possibilitam a obtenção de respostas para as questões. Nessa abordagem, os dados coletados contribuem com as respostas das questões e conseqüentemente com a(s) meta(s) definida(s) na avaliação.

Além dos elementos principais da abordagem GQM, que são as metas, questões e métricas, é importante destacar também outros elementos e/ou artefatos. A Estrutura de

Atributos do *SMartyMetrics*, apresentada no Capítulo 3 e a ALP considerada na avaliação são elementos e/ou artefatos que devem ser descritos.

5.3 Estrutura de Atributos Desenvolvida

Conforme descrito no Capítulo 3, a Estrutura de Atributos considera o atributo Manutenibilidade, da ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b). Esse Atributo de Qualidade é medido por meio dos seguintes subatributos: Analisabilidade, Modularidade, Modificabilidade, Reusabilidade e Testabilidade (ISO, 2011b); (Wazlawick, 2013).

O subatributo Analisabilidade não foi inserido na Estrutura de Atributos desenvolvida, no contexto do *SMartyMetrics*. Considerando os atributos das medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics* (Seção 3.4), não foi observada a possibilidade de associar um ou mais atributos com Analisabilidade.

Com relação aos outros subatributos de Manutenibilidade, associações foram observadas entre os subatributos e os atributos das medidas/métricas selecionadas.

5.4 Avaliação da Estrutura de Atributos Desenvolvida

A avaliação da Estrutura de Atributos Desenvolvida no contexto do *SMartyMetrics* considera a associação entre um Atributo de Qualidade, um conjunto de subatributos de Primeiro Nível e Segundo Nível. Verifica-se o quanto cada subatributo de segundo nível contribui com o subatributo de primeiro nível.

A avaliação segundo a abordagem GQM apresentada no capítulo considera as seguintes etapas: Planejamento da Avaliação, Definição da Avaliação, Coleta de Dados e Interpretação. Cada etapa é descrita a seguir.

5.4.1 Planejamento da Avaliação

Na etapa de Planejamento, é discutido como estruturar a avaliação GQM. Na discussão, pode-se considerar entre outros aspectos, a área e/ou artefato que se deseja avaliar/melhorar e o tipo de estudo a ser realizado.

O artefato que se deseja avaliar/melhorar é a Estrutura de Atributos desenvolvida no contexto do *SMartyMetrics*, mais especificamente a associação entre os subatributos. Para verificar o quanto um subatributo de segundo nível influencia no cálculo/avaliação de um subatributo de primeiro nível, utiliza-se uma ALP e as medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics*.

5.4.2 Definição da Avaliação

A definição da avaliação considerou a elaboração dos objetivos, questões e métricas. Tais elementos estão representados na Tabela - 5.1.

Na Tabela - 5.1, estão representados todos os objetivos, questões e métricas consideradas na avaliação. Todos os atributos e subatributos definidos para o *SMartyMetrics* foram considerados, possibilitando que a estrutura completa seja avaliada.

No cálculo das métricas associadas com um determinado subatributo de primeiro nível, foi considerado a seguinte operação: valor de determinada métrica / soma dos valores das métricas associadas ao subatributo. Considerando o subatributo Modularidade, uma das duas operações é a seguinte:

$$\frac{HVariabilityPLA}{HVariabilityPLA + DepCompVariabilityPLA} \quad (5.1)$$

Operações tal como mostrado na equação acima possibilitam verificar a contribuição de cada métrica, em termos de porcentagem, para a avaliação de determinado subatributo. Na seção 5.4.4, são apresentadas discussões com porcentagens associadas aos valores das métricas apresentadas no capítulo 3.

Tabela 5.1: Questões, Objetivos e Métricas - Avaliação GQM.

| Atributo de Qualidade | Subatributo de Qualidade de Primeiro Nível | Objetivo | Questão | Métrica(s) |
|-----------------------|--|---------------------------------------|--|--|
| Manutenibilidade | Modularidade | Avaliar a Modularidade de uma ALP | Qual a influência da Coesão na Avaliação da Modularidade de uma ALP? | HVariabilityPLA / (HVariabilityPLA + DepCompVariabilityPLA) |
| - | - | - | Qual a influência do Acoplamento na Avaliação da Modularidade de uma ALP? | DepCompVariabilityPLA / (HVariabilityPLA + DepCompVariabilityPLA) |
| Manutenibilidade | Reusabilidade | Avaliar a Reusabilidade de uma ALP | O Acoplamento possui influência significativa na Avaliação da Reusabilidade de uma ALP? | DepCompVariabilityPLA / (DepCompVariabilityPLA + NSOPLA + ExtensPLA) |
| - | - | - | O Tamanho possui influência significativa na Avaliação da Reusabilidade de uma ALP? | NSOPLA / (DepCompVariabilityPLA + NSOPLA + ExtensPLA) |
| - | - | - | A Extensibilidade possui influência significativa na Avaliação da Reusabilidade de uma ALP? | ExtensPLA / (DepCompVariabilityPLA + NSOPLA + ExtensPLA) |
| Manutenibilidade | Modificabilidade | Avaliar a Modificabilidade de uma ALP | O Acoplamento dos componentes associados com variabilidades possui influência significativa na Avaliação da Modificabilidade de uma ALP? | DepCompVariabilityPLA / \sum (DepIn + DepOut) para todos os componentes da ALP |
| Manutenibilidade | Testabilidade | Avaliar a Testabilidade de uma ALP | A Avaliação da Testabilidade de uma ALP é influenciada pelo Acoplamento de forma significativa? | DepCompVariabilityPLA / (DepCompVariabilityPLA + CompPLA) |
| - | - | - | A Avaliação da Testabilidade de uma ALP é influenciada pela Complexidade de forma significativa? | CompPLA / (DepCompVariabilityPLA + CompPLA) |

5.4.3 Coleta de Dados

Na etapa de coleta, a ALP é apresentada, bem como os dados coletados, com a aplicação das métricas definidas para o *framework*.

Apresentação da ALP

As ALPs consideradas no contexto do *SMartyMetrics* estão representadas em diagramas UML, mais especificamente em diagramas de classes e componentes. As medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics* consideram um desses dois tipos de diagramas. Enquanto algumas medidas/métricas consideram diagramas de classes, outras consideram diagramas de componentes. Por conta dessa especificidade, duas ALPs são apresentadas nessa avaliação. Essas ALPs possuem as mesmas características, porém, estão representadas em diagramas UML, classes e componentes.

A Tabela - 5.2 apresenta informações das ALPs. É importante destacar que em termos de variabilidades, as ALPs representadas nos dois diagramas são as mesmas.

Tabela 5.2: Informações sobre as ALPs consideradas na avaliação.

| Diagrama UML em que está representada | Quantidade de variabilidades representadas | Quantidade de classes | Quantidade de interfaces | Quantidade de Pacotes | Quantidade de Componentes |
|---------------------------------------|---|-----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Classes/Pacotes | 2 variabilidades (select media e copying media) | 15 classes | 14 interfaces | 10 pacotes | – |
| Componentes | 2 variabilidades (select media e copying media) | 15 classes | 23 interfaces | – | 10 componentes |

Legenda:

- – : informação não apresentada no diagrama.

Considerando as informações da Tabela - 5.2, é possível perceber que ambas as ALPs apresentam as mesmas variabilidades e a mesma quantidade de classes. Os diagramas UML das ALPs consideradas nesta avaliação podem ser visualizados no Apêndice F, seção F.5.

Dados Coletados

As ALPs apresentadas foram avaliadas e os resultados são observados nas tabelas a seguir.

Tabela 5.3: Resultados das métricas para classes, consideradas na avaliação.

| NSOPLA | ExtensPLA | CompPLA |
|---------------|------------------|----------------|
| 9,0 | 0,0 | 12,0 |

Tabela 5.4: Resultados das métricas para componentes, consideradas na avaliação.

| HVariabilityPLA | DepCompVariabilityPLA |
|------------------------|------------------------------|
| 5,66 | 4,0 |

A Tabela - 5.3 e a Tabela - 5.4 apresentam os valores coletados, para as métricas definidas na avaliação. O maior valor observado foi 12,0, resultante da aplicação da métrica *CompPLA* nas classes da ALP. O menor valor observado foi 0,0, retornado pela aplicação da métrica *ExtensPLA*. Esse valor foi retornado pois não foram verificadas operações abstratas na ALP avaliada.

Os valores coletados com a aplicação das métricas são utilizados na resposta das questões estabelecidas para a avaliação, conforme observado na definição da avaliação.

5.4.4 Interpretação e Discussão

Os dados coletados com a aplicação das métricas definidas, para as ALPs selecionadas, possibilitam analisar como cada Subatributo de Segundo Nível auxilia na caracterização/avaliação/observação do valor do Subatributo de Primeiro Nível. Os dados foram coletados com o *framework SDMetrics* (SDMetrics, 2017c).

Após a coleta dos dados, cálculos foram realizados conforme descrito e exemplificado na seção 5.4.2. Uma planilha eletrônica foi utilizada nos cálculos. Com os resultados provenientes dos cálculos, é possível entender como um subatributo pode influenciar outro subatributo em uma dada avaliação.

Considerando que a avaliação apresenta múltiplos objetivos (Modularidade, Reusabilidade, Modificabilidade e Testabilidade), tem-se que as interpretações foram organizadas por objetivo. Tal organização foi realizada com o propósito de facilitar a interpretação e elaboração das conclusões da avaliação.

Tabela 5.5: Resultados da Avaliação GQM considerando a Modularidade.

| Objetivo | Questão | Métrica | Resultado |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Avaliar a Modularidade de uma ALP | Qual a influência da Coesão na Avaliação da Modularidade de uma ALP? | $H\text{VariabilityPLA} / (H\text{VariabilityPLA} + \text{DepCompVariabilityPLA})$ | $5,66 / (5,66 + 4,0) = 0,59 \rightarrow 59\%$ |
| Avaliar a Modularidade de uma ALP | Qual a influência do Acoplamento na Avaliação da Modularidade de uma ALP? | $\text{DepCompVariabilityPLA} / (H\text{VariabilityPLA} + \text{DepCompVariabilityPLA})$ | $4,0 / (5,66 + 4,0) = 0,41 \rightarrow 41\%$ |

Modularidade por meio de Acoplamento e Coesão

Considerando a avaliação realizada, com as ALPs selecionadas, tem-se que Modularidade foi mais influenciada por Coesão do que por Acoplamento. Tal raciocínio se baseia nos valores de cada métrica, bem como nos seus respectivos valores de porcentagem. Coesão apresentou uma influência próxima de 59% para o valor geral de Modularidade. Já o Acoplamento apresentou uma influência de aproximadamente 41% para o valor geral de Modularidade.

Vale destacar que nessa avaliação, não foram atribuídos pesos diferentes para os Subatributos de Qualidade de Segundo Nível. Todos os subatributos de segundo nível receberam o mesmo peso (valor 1). Assim, o valor de cada Subatributo de Qualidade de Primeiro nível foi obtido por meio da soma dos valores das métricas associadas com os Subatributos de Qualidade de Segundo Nível. O valor de Modularidade por exemplo, foi obtido pela soma dos valores das métricas associadas com Coesão e Acoplamento.

De acordo com as questões definidas para o objetivo de Modularidade, entende-se que nessa avaliação, Coesão apresenta uma influência significativa na Avaliação da Modularidade de uma ALP. Com relação ao Acoplamento, entende-se que tal subatributo possui uma influência importante da Avaliação da Modularidade de uma ALP, entretanto,

entende-se também que essa influência é inferior à influência do subatributo Coesão, considerando os respectivos valores de porcentagem.

Reusabilidade por meio de Acoplamento, Tamanho e Extensibilidade

Tabela 5.6: Resultados da Avaliação GQM considerando a Reusabilidade.

| Objetivo | Questão | Métrica | Resultado |
|------------------------------------|---|--|---|
| Avaliar a Reusabilidade de uma ALP | O Acoplamento possui influência significativa na Avaliação da Reusabilidade de uma ALP? | $\text{DepCompVariabilityPLA} / (\text{DepCompVariabilityPLA} + \text{NSOPLA} + \text{ExtensPLA})$ | $4,0 / (4,0 + 9,0 + 0,0) = 0,31 \rightarrow 31\%$ |
| Avaliar a Reusabilidade de uma ALP | O Tamanho possui influência significativa na Avaliação da Reusabilidade de uma ALP? | $\text{NSOPLA} / (\text{DepCompVariabilityPLA} + \text{NSOPLA} + \text{ExtensPLA})$ | $9,0 / (4,0 + 9,0 + 0,0) = 0,69 \rightarrow 69\%$ |
| Avaliar a Reusabilidade de uma ALP | A Extensibilidade possui influência significativa na Avaliação da Reusabilidade de uma ALP? | $\text{ExtensPLA} / (\text{DepCompVariabilityPLA} + \text{NSOPLA} + \text{ExtensPLA})$ | $0,0 / (4,0 + 9,0 + 0,0) = 0 \rightarrow 0\%$ |

Considerando a avaliação realizada, com as ALPs selecionadas, tem-se que Reusabilidade foi mais influenciada por Tamanho do que por Acoplamento e Extensibilidade. Tal conclusão se baseia nos valores de cada métrica, bem como nos seus respectivos valores de porcentagem. Tamanho apresentou uma influência de mais de 69% no valor geral de Reusabilidade. O Acoplamento apresentou uma influência de aproximadamente 31% no valor geral de Reusabilidade. Considerando as características das ALPs selecionadas na avaliação, que não apresentam operações abstratas, tem-se que nessa avaliação, o subatributo Extensibilidade não apresentou influência no valor geral de Reusabilidade observado. ALPs que considerem operações abstratas modificam o valor e conseqüentemente a contribuição das Métricas de Extensibilidade para Avaliação da Reusabilidade.

De acordo com as questões definidas para o objetivo de Reusabilidade, entende-se que nessa avaliação, somente o subatributo Tamanho possui influência significativa na Avaliação da Reusabilidade de uma ALP. Tal entendimento é baseado nos valores observados para cada subatributo associado com Reusabilidade.

Modificabilidade por meio de Acoplamento

Tabela 5.7: Resultados da Avaliação GQM considerando a Modificabilidade.

| Objetivo | Questão | Métrica | Resultado |
|---------------------------------------|--|--|------------------------------|
| Avaliar a Modificabilidade de uma ALP | O Acoplamento dos componentes associados com variabilidades possui influência significativa na Avaliação da Modificabilidade de uma ALP? | DepCompVariabilityPLA / soma (DepIn + DepOut) de todos os componentes da PLA | 4,0 / (23,0) = 0,17 ->17% |

Considerando a avaliação realizada, com a ALP selecionada, entende-se que Modificabilidade de uma ALP não é influenciada significativamente pelo Acoplamento dos componentes associados com variabilidade. Nessa avaliação, os componentes associados com variabilidades contribuíram com aproximadamente 17% do valor geral de Modificabilidade observado.

Apesar de tal contribuição reduzida, considerando os valores em porcentagem, é evidente a necessidade de outras avaliações, considerando essas mesmas etapas e um número extenso de ALPs para que seja observado se tal contribuição reduzida se mantém em outras ALPs, com estruturas diferentes.

Nas futuras avaliações, pode ser avaliado também se existe(m) outra(s) variável(is) q influencia(m) na Modificabilidade da(s) ALP(s).

Testabilidade por meio de Acoplamento e Complexidade

Considerando a avaliação realizada, com as ALPs selecionadas, tem-se que Testabilidade foi mais influenciada por Complexidade do que por Acoplamento. Tal conclusão se baseia nos valores de cada métrica, bem como nos seus respectivos valores de porcentagem associados. Complexidade apresentou uma influência de 75% para o valor geral de

Tabela 5.8: Resultados da Avaliação GQM considerando a Testabilidade.

| Objetivo | Questão | Métrica | Resultado |
|------------------------------------|--|--|---|
| Avaliar a Testabilidade de uma ALP | A Avaliação da Testabilidade de uma ALP é influenciada pelo Acoplamento de forma significativa? | $\text{DepCompVariabilityPLA} / (\text{DepCompVariabilityPLA} + \text{CompPLA})$ | $4,0 / (4,0 + 12,0) = 0,25 \rightarrow 25\%$ |
| Avaliar a Testabilidade de uma ALP | A Avaliação da Testabilidade de uma ALP é influenciada pela Complexidade de forma significativa? | $\text{CompPLA} / (\text{DepCompVariabilityPLA} + \text{CompPLA})$ | $12,0 / (4,0 + 12,0) = 0,75 \rightarrow 75\%$ |

Testabilidade. O Acoplamento apresentou uma influência de 25% para o valor geral de Testabilidade.

De acordo com as questões definidas para o objetivo de Testabilidade, entende-se que nessa avaliação, somente o subatributo Complexidade possui influência significativa na Avaliação da Testabilidade de uma ALP. Tal entendimento é baseado nos valores observados para cada subatributo associado com Testabilidade.

Com as interpretações realizadas, foi possível exemplificar como um ou mais SAQs Segundo Nível podem contribuir com a avaliação de um Subatributo de Qualidade de Primeiro Nível. Quando um subatributo de primeiro nível está associado com mais de um subatributo de segundo nível, é possível perceber as contribuições individuais de cada subatributo, por meio dos seus respectivos valores de porcentagem associados.

A visualização das contribuições individuais possibilita entender os subatributos de segundo nível que mais podem influenciar um determinado subatributo de primeiro nível, na Estrutura de Atributos desenvolvida, no contexto do *SMartyMetrics*.

Nessa avaliação, duas ALPs com as mesmas variabilidades foram consideradas. Diante disso, entende-se que não é possível generalizar por exemplo, que Modularidade é mais influenciada por Coesão que Acoplamento. Apesar de tal limitação, entende-se também que a realização de mais avaliações, considerando um número maior de ALPs, pode fornecer evidências para o desenvolvimento dessas generalizações, no contexto da Estrutura de Atributos desenvolvida para o *SMartyMetrics*.

5.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a avaliação da Estrutura de Atributos desenvolvida no contexto do *SMartyMetrics*, para auxiliar na avaliação de ALPs. Tal estrutura foi avaliada de acordo com a abordagem GQM. A avaliação da Estrutura de Atributos proposta mostrou um exemplo de como SAQs de Primeiro Nível podem ser calculados a partir de SAQ de Segundo Nível.

Além do cálculo, também foi apresentado uma estratégia para verificar quanto um subatributo de segundo nível contribui com o subatributo de primeiro nível. Vale destacar que as métricas selecionadas para o *framework* foram utilizadas na verificação.

Entende-se que a avaliação apresentada exemplifica a utilização da Estrutura de Atributos desenvolvida para o *SMartyMetrics*. Entende-se que tal estrutura, juntamente com as diretrizes definidas, podem auxiliar na Avaliação de ALPs.

Após a avaliação da Estrutura de Atributos, é importante avaliar o *SMartyMetrics* qualitativamente. O próximo capítulo apresenta a avaliação qualitativa realizada.

Avaliação Empírica Qualitativa do SMartyMetrics

6.1 Considerações Iniciais

Esse capítulo apresenta a avaliação empírica qualitativa do *SMartyMetrics*. Estudos qualitativos apresentam o objetivo de produzir resultados que não são alcançados com procedimentos estatísticos ou outros meios de quantificação (Corbin e Strauss, 2014).

Estudos qualitativos tem sido conduzidos em Engenharia de Software. Um exemplo é o estudo de Geraldi et al. (Geraldi et al., 2015), que considera a aplicação de técnicas de inspeção baseadas em *checklist*.

A Avaliação Qualitativa apresentada neste capítulo considera procedimentos de *Grounded Theory*, ou Teoria Fundamentada nos Dados. Entre os procedimentos da teoria, está a Codificação (*Coding*), proposta por Corbin e Strauss (Corbin e Strauss, 2014).

A Codificação apresenta o objetivo de reduzir os dados e elaborar categorias. Neste estudo, foram utilizados dois tipos de codificação: Codificação Aberta (*Open Coding*) e Codificação Axial (*Axial Coding*).

A Codificação Aberta é a primeira etapa do processo de análise. Tal codificação consiste na elaboração de códigos que expressem o significado de palavras, linhas ou sentenças. Nesta dissertação, a codificação considerou cada sentença das respostas dos avaliadores.

A Codificação Axial é a segunda etapa do processo de análise. Esta etapa consiste no reagrupamento dos códigos definidos na codificação aberta. O reagrupamento dos códigos

possibilita o desenvolvimento de categorias. Nesta dissertação, as categorias definidas estão relacionadas com os elementos do *SMartyMetrics*.

6.2 Definição do Estudo Empírico

O principal propósito desse estudo foi **analisar a proposta do *SMartyMetrics* para auxiliar Métodos de Avaliação de ALPs**. Considerando o modelo GQM (Caldiera e Rombach, 1994), este estudo tem por objetivo:

Analisar a proposta do *SMartyMetrics*

Com o propósito de estabelecer a sua compreensibilidade

Referente à capacidade de auxiliar Métodos de Avaliação de ALPs

Do ponto de vista de avaliadores de LPS/ALP

No contexto de professores e acadêmicos de pós-graduação *strictu senso* das seguintes instituições: Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Universidade de São Paulo (USP), que desenvolvam pesquisas na área de LPS.

6.3 Planejamento do Estudo

O planejamento do estudo considera os seguintes itens:

- **Projeto Piloto:** com o propósito de avaliar a instrumentação do experimento, um projeto piloto foi realizado no mês de novembro de 2017. Dois participantes, um mestre e um mestrando, avaliaram a instrumentação. Foi solicitado que na avaliação, os participantes verificassem erros e identificassem melhorias. Os dados obtidos no projeto piloto foram descartados, entretanto, as considerações sobre erros e melhorias foram consideradas.
- **Treinamento:** não foi realizado um treinamento específico. Dado o nível de conhecimento dos participantes, especialistas em LPS e/ou ALP, decidiu-se pela não realização dessa atividade. Todas as informações conceituais, importantes para a avaliação, foram disponibilizadas, juntamente com o instrumento de avaliação. Como o treinamento não foi realizado, decidiu-se por avaliar inicialmente o entendimento do participante sobre as informações disponibilizadas. Isso foi feito por meio das respostas fornecidas. Independente do resultado da avaliação, caso fosse verificado que o participante desconhecia as informações disponibilizadas, a sua avaliação era descartada.

- **Especialistas:** para esse estudo, os especialistas convidados foram estudantes e professores da área de engenharia de software, que desenvolvem pesquisas em LPS e/ou ALP. Dos participantes, 3 são alunos de doutorado (50%), 2 são mestres (33,33%) e 1 é mestrando (16,66%).
- **Instrumentação:** todos os especialistas receberam os seguintes documentos:
 - Termo de Consentimento Experimental;
 - Questionário de Caracterização;
 - Apresentação da ISO/IEC 25010;
 - Apresentação do *SMartyMetrics*, considerando a Estrutura de Associação (Atributos de Qualidade, Subatributos de Qualidade de 1º e 2º Nível);
 - Apresentação das Diretrizes do *SMartyMetrics*;
 - Instrumento de Avaliação Qualitativa, caracterizado por um questionário.

A instrumentação fornecida aos especialistas foi suficiente para responder o formulário eletrônico, criado com a plataforma *Google (Google Docs)*. Os documentos disponibilizados aos participantes podem ser encontrados no Apêndice D. Todas as informações contidas no Apêndice D foram inseridas no formulário eletrônico.

6.4 Execução do Estudo

Essa seção apresenta as etapas seguidas durante a execução deste estudo.

Procedimentos de Participação: a participação de cada especialista no estudo ocorreu da seguinte maneira:

1. o especialista recebe os documentos que compõem o estudo. Tais documentos são os mesmos apresentados na Seção 6.3;
2. o especialista recebe e registra sua concordância com o Termo de Consentimento Experimental;
3. o especialista preenche o Questionário de Caracterização, registrando suas especialidades;
4. o especialista recebe o documento de Apresentação da ISO/IEC 25010;

5. o especialista recebe o documento de Apresentação do *SMartyMetrics*, descrevendo a Estrutura de Associação;
6. o especialista recebe o documento de Apresentação do *SMartyMetrics*, descrevendo as Diretrizes;
7. o especialista recebe o link do Instrumento de Avaliação;
8. o especialista preenche o formulário e envia as questões;
9. o pesquisador interpreta o questionário, aplicando os procedimentos de Codificação explicados na Seção 6.1.

Os especialistas tiveram 20 dias para finalização do questionário de avaliação. Todos os especialistas realizaram a avaliação via internet.

6.5 Análise e Interpretação dos Resultados

Esta seção apresenta os resultados e interpretações da análise qualitativa realizada. Os resultados e interpretações correspondem às seguintes informações:

- perfil dos especialistas
- apresentação dos códigos identificados;
- apresentação das categorias definidas;
- apresentação do mapeamento entre códigos e categorias;
- apresentação de todos os códigos associados à uma categoria;
- análise de cada categoria, baseada nos códigos associados;

6.5.1 Perfil dos Especialistas

No total, seis especialistas participaram da avaliação qualitativa. Informações iniciais dos especialistas foram apresentadas na Seção 6.3.

A Tabela - 6.1 apresenta o perfil dos participantes que realizaram a Avaliação Qualitativa do *SMartyMetrics*.

Dos seis especialistas que avaliaram o *SMartyMetrics*, somente um atua na Academia e na Indústria simultaneamente. Os demais especialistas atuam no ambiente acadêmico.

Tabela 6.1: Perfil dos participantes que realizaram a Avaliação Qualitativa do *SMarty-Metrics*.

| Especialista | Nível de Formação | Setor de Atuação | Experiência na área | Experiência em LPS e GV | Experiência em ALP e Método de Avaliação de ALP |
|--------------|-------------------|------------------------|--|-------------------------|---|
| E1 | Mestre | Acadêmico | 4 anos e 10 meses | Avançada | Básica |
| E2 | Doutorando | Acadêmico | 6 anos | Avançada | Básica |
| E3 | Mestrando | Acadêmico | 4 anos | Básica | Básica |
| E4 | Doutorando | Acadêmico | 10 anos | Avançada | Avançada |
| E5 | Doutorando | Acadêmico | 4 anos | Avançada | Moderada |
| E6 | Mestre | Acadêmico e Industrial | 5 anos de academia e 8 anos de indústria | Avançada | Básica |

Sobre o nível de formação, tem-se que três especialistas são doutorandos, dois são mestres e um é mestrando. Com relação ao tempo de experiência na área, os participantes possuem no mínimo quatro anos. Entende-se que tal característica é um aspecto relevante para a avaliação realizada.

Um reflexo desse tempo de experiência pode ser observado nos respectivos níveis de experiências em LPS e GV. Com exceção do especialista E3, todos os demais especialistas possuem experiência avançada nos tópicos. Entende-se que tal nível de experiência em LPS e GV é suficiente para entender a importância da ALP para a abordagem de LPS.

Considerando o nível de experiência específica em ALP e Método de Avaliação de ALP, observa-se um aspecto que não é o mais adequado para a avaliação, pois somente um especialista possui experiência avançada (E4). Isso pode ser explicado pelos trabalhos desenvolvidos pelos especialistas. Apesar da experiência avançada com LPS e GV, pode ser que os especialistas não tenham trabalhado especificamente com ALP, caracterizando com isso, um nível não avançado de experiência.

6.5.2 Códigos Identificados

Ao final da Codificação Aberta (*Open Coding*), os seguintes códigos foram identificados:

1. Adaptação de estereótipos para atributos e subatributos;
2. Agrupamento de atributos, subatributos, diretrizes e métricas;

3. Ausência de questão sobre a abordagem *SMarty*;
4. Auxílio da estrutura de associação e das diretrizes;
5. Auxílio do *SMartyMetrics* no processo de avaliação;
6. Clareza das diretrizes;
7. Destaque do atributo Capacidade de Manutenção;
8. Dificuldade na aplicação das diretrizes;
9. Dificuldades de aplicação dos atributos;
10. Dificuldades na identificação dos interesses dos *stakeholders*;
11. Dificuldades na identificação dos *stakeholders*;
12. Diretrizes estruturadas;
13. Exemplo de aplicação;
14. Explicações sobre as origens dos relacionamentos de associação;
15. Fácil entendimento da estrutura de associação;
16. Ferramenta de apoio;
17. Funcionalidade sugerida;
18. Guia com exemplo de aplicação;
19. Importância da ISO na estrutura de associação;
20. Legenda para atributos e subatributos;
21. Necessidade de detalhar as diretrizes;
22. Numeração e categorização de diretrizes;
23. Possíveis erros e inconsistências;
24. Sugestão de associação;
25. Sugestões de métodos de avaliação;
26. Tabela associativa com diretrizes e atributos/subatributos;

27. Verificação de diretrizes redundantes.

A identificação dos códigos considera a aplicação da Codificação Aberta. Para cada sentença contida nas respostas fornecidas pelos especialistas, é observado uma palavra ou sentença que expresse o entendimento sobre o tópico abordado na questão.

Nas respostas do especialista 4 por exemplo, é possível observar as seguintes sentenças:

- ”Desta forma, o *SMartyMetrics* auxilia na identificação das métricas e dos atributos de qualidade necessário no processo de avaliação”;
- ”As diretrizes são claras de modo a permitir o fácil entendimento dos *stakeholders*”.

Para as sentenças apresentadas, os seguintes códigos foram associados:

- Auxílio do *SMartyMetrics* no processo de avaliação;
- Clareza das diretrizes.

Entende-se que os códigos associados representam o significado das sentenças, bem como o entendimento do especialista. Para todas as sentenças do conjunto de respostas, tal análise foi realizada.

No Apêndice E, é possível verificar todas as respostas fornecidas pelos especialistas na avaliação qualitativa realizada.

6.5.3 Categorias Definidas

Os códigos gerados na Codificação Aberta, apresentados na Seção 6.5.2, foram agrupados em categorias. Esse agrupamento corresponde à segunda etapa do processo de análise de Codificação (Codificação Axial).

Para a definição das categorias, as questões da avaliação qualitativa foram consideradas. O nome de cada categoria foi determinado pelo assunto principal abordado em cada questão. Ao final, as seguintes categorias foram definidas:

- Estrutura de Atributos (C1);
- Diretrizes (C2);
- *SMartyMetrics* (C3);
- Melhorias no *SMartyMetrics* (C4);

- Melhorias no Experimento (C5);

A categoria C1, refere-se aos códigos relacionados com a Estrutura de Atributos do *SMartyMetrics*, que considera a associação entre AQ, SAQ e Métricas. A categoria C2 agrupa os códigos específicos das Diretrizes do *SMartyMetrics*, considerando as avaliações sobre as recomendações apresentadas pelas diretrizes.

Enquanto as categorias C1 e C2 agrupam códigos específicos sobre os elementos que compõem o *SMartyMetrics*, a categoria C3 considera códigos específicos do *framework*. Os códigos dessa categoria consideram as avaliações dos participantes sobre o *framework* de modo geral, ou seja, da combinação e/ou interação entre a estrutura de atributos e as diretrizes.

A categoria C4 considera os códigos que representam possíveis melhorias a serem realizadas no *SMartyMetrics*. Essas melhorias podem considerar elementos específicos ou o *framework* de modo geral.

A categoria C5 apresenta sugestões de melhorias no experimento, considerando atividades futuras a serem realizadas. Entre as atividades futuras está uma outra Avaliação Qualitativa do *SMartyMetrics*, após a aplicação das melhorias sugeridas pelos avaliadores, caso as mesmas sejam aceitas.

As categorias apresentadas nessa seção foram influenciadas pelas questões do Instrumento de Avaliação Qualitativa do *SMartyMetrics* (Apêndice D). Tais questões solicitam que o participante avalie inicialmente a Estrutura de Atributos e as Diretrizes de maneira isolada. Na sequência, o participante deve avaliar o *SMartyMetrics* como um todo, considerando simultaneamente a Estrutura de Atributos e as Diretrizes. Por fim, são solicitadas sugestões de melhorias para o *SMartyMetrics* e para a realização do experimento, considerando possíveis atividades futuras.

6.5.4 Mapeamento entre Códigos e Categorias

Uma vez que os códigos (Seção 6.5.2) foram identificados e as categorias (Seção 6.5.3) foram definidas, é importante apresentar os códigos associados a cada categoria. A Tabela - 6.2 apresenta essas associações.

Tabela 6.2: Mapeamento entre códigos e categorias, na Avaliação Qualitativa realizada.

| ID | Código | Categoria |
|-----------|--|-----------------------------------|
| 1 | Adaptação de estereótipos para atributos e subatributos | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 2 | Agrupamento de atributos, subatributos, diretrizes e métricas | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 3 | Ausência de questões sobre a abordagem <i>SMarty</i> | Melhorias no Experimento |
| 4 | Auxílio da estrutura de atributos e das diretrizes | <i>SMartyMetrics</i> |
| 5 | Auxílio do <i>SMartyMetrics</i> no processo de avaliação | <i>SMartyMetrics</i> |
| 6 | Clareza das diretrizes | Diretrizes |
| 7 | Destaque do atributo Capacidade de Manutenção | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 8 | Dificuldade na aplicação das diretrizes | Diretrizes |
| 9 | Dificuldades de aplicação dos atributos | Estrutura de Atributos |
| 10 | Dificuldades na identificação dos interesses dos <i>stakeholders</i> | Diretrizes |
| 11 | Dificuldades na identificação dos <i>stakeholders</i> | Diretrizes |
| 12 | Diretrizes estruturadas | Diretrizes |
| 13 | Exemplo de aplicação | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 14 | Explicações sobre as origens dos relacionamentos de associação | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 15 | Fácil entendimento da estrutura de atributos | Estrutura de Atributos |
| 16 | Ferramenta de apoio | <i>SMartyMetrics</i> |
| 17 | Funcionalidade sugerida | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 18 | Guia com exemplo de aplicação | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 19 | Importância da ISO na estrutura de atributos | Estrutura de Atributos |
| 20 | Legenda para atributos e subatributos | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 21 | Necessidade de detalhar as diretrizes | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 22 | Numeração e categorização de diretrizes | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 23 | Possíveis erros e inconsistências | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 24 | Sugestão de associação | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 25 | Sugestões de métodos de avaliação | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 26 | Tabela associativa com diretrizes e atributos/subatributos | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |
| 27 | Verificação de diretrizes redundantes | Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> |

Todos os códigos identificados na Seção 6.5.2 foram apresentados na Tabela - 6.2. Nessa tabela, é possível observar por exemplo que o código 13, Exemplos de Aplicação, foi associado à categoria Melhorias no *SMartyMetrics*. Isso pode indicar que a apresentação de um exemplo de aplicação melhoraria a compreensão do *SMartyMetrics*.

Para realizar a associação, verificou-se para cada código, qual a categoria mais adequada ao mesmo. Em situações de dúvida, a resposta do especialista que originou o código foi consultada. Após a consulta, a categoria mais adequada era selecionada. Ao final, cada código foi associado somente com uma categoria.

Uma observação importante refere-se ao termo Capacidade de Manutenção (presente no código 7). Tal termo representa um sinônimo para a palavra Manutenibilidade. Em (Wazlawick, 2013), é verificada tal situação.

6.5.5 Apresentação dos Códigos Associados às Categorias

A Seção 6.5.4 apresentou o mapeamento entre códigos e categorias. Esse mapeamento é importante, porém, não é a única possibilidade de visualização do relacionamento entre os códigos e as categorias. Pode-se apresentar o relacionamento sob a perspectiva das categorias. Nessa perspectiva, os códigos são apresentados agrupados por categorias. A Tabela - 6.3 apresenta essa visualização.

Observando os dados apresentados na Tabela - 6.3, é possível avaliar os resultados da avaliação por meio das categorias.

Considerando os códigos associados à categoria Estrutura de Atributos, percebe-se que segundo os especialistas, tal categoria é de fácil entendimento, sendo possível identificar facilmente a relação entre atributo, subatributos e métricas. Foi observado também a importância da norma ISO, mais especificamente da norma ISO/IEC 2510, para o desenvolvimento da estrutura de atributos.

Apesar da facilidade de entendimento destacada, é importante mencionar a aparente dificuldade citada para aplicar os atributos, subatributos e métricas apresentadas na estrutura. Entende-se que tal dificuldade possa decorrer da ausência de exemplos de aplicação do *framework*, em conjunto com um dado método de avaliação de ALP.

Com relação aos códigos associados à categoria Diretrizes, entende-se que os especialistas compreenderam a importância das diretrizes e a estruturação das mesmas. Apesar da compreensão, dificuldades na aplicação das diretrizes foram observadas. A identificação de todos os *stakeholders* e a identificação de todos os interesses dos *stakeholders* foram citados como exemplos de dificuldades.

Tabela 6.3: Códigos agrupados por categorias.

| Categoria | Códigos Associados |
|-----------------------------------|---|
| Estrutura de Atributos | 9 - Dificuldades de aplicação dos atributos 15 - Fácil entendimento da Estrutura de Atributos 19 - Importância da ISO na Estrutura de Atributos |
| Diretrizes | 6 - Clareza das diretrizes 8 - Dificuldade na aplicação das diretrizes 10 - Dificuldades na identificação dos interesses dos <i>stakeholders</i> 11 - Dificuldades na identificação dos <i>stakeholders</i> 12 - Diretrizes estruturadas |
| <i>SMartyMetrics</i> | 4 - Auxílio da Estrutura de Atributos e das diretrizes 5 - Auxílio do <i>SMartyMetrics</i> no processo de avaliação 16 - Ferramenta de apoio |
| Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> | 1 - Adaptação de estereótipos para atributos e subatributos 2 - Agrupamento de atributos, subatributos, diretrizes e métricas 7 - Destaque do atributo Capacidade de Manutenção 13 - Exemplo de aplicação 14 - Explicações sobre as origens dos relacionamentos de associação 17 - Funcionalidade sugerida 18 - Guia com exemplo de aplicação 20 - Legenda para atributos e subatributos 21 - Necessidade de detalhar as diretrizes 22 - Numeração e categorização de diretrizes 23 - Possíveis erros e inconsistências 24 - Sugestão de associação 25 - Sugestões de métodos de avaliação 26 - Tabela associativa com diretrizes e atributos/subatributos 27 - Verificação de diretrizes redundantes |
| Melhorias no Experimento | 3 - Ausência de questões sobre a abordagem <i>SMarty</i> |

Considerando os códigos associados às categorias Estrutura de Atributos e Diretrizes, entende-se a necessidade de elaborar um guia de utilização. Esse guia poderia apresentar um exemplo de aplicação do *SMartyMetrics*, em conjunto com um método de avaliação de ALP. Dessa maneira, a aplicação de todos os elementos do *framework* poderiam ser esclarecidas.

Apesar das dificuldades observadas, entende-se que os especialistas compreenderam o propósito do *framework*. Considerando os códigos associados à categoria *SMartyMetrics*,

é possível compreender o entendimento dos avaliadores sobre a importância da Estrutura de Atributos e das Diretrizes.

Com relação às Melhorias no *SMartyMetrics*, diferentes sugestões de melhoria foram apresentadas. Muitas dessas sugestões se caracterizam como soluções às dificuldades observadas. As melhorias sugeridas consideram as seguintes características:

- melhorias nos atributos e subatributos, tais como agrupamento, adaptação de estereótipos e legenda para diferenciar atributos e subatributos;
- elaboração de um exemplo de aplicação completo, que ilustrasse a aplicação da Estrutura de Atributos e das Diretrizes, no auxílio a um ou mais Métodos de Avaliação de ALPs;
- lista de funcionalidades possivelmente consideradas em uma futura implementação do *SMartyMetrics*;
- melhorias nas diretrizes, tais como numeração, categorização e verificação de diretrizes redundantes;
- elaboração de uma lista de possíveis métodos de avaliação que podem ser auxiliados pelo *SMartyMetrics*. Tal lista poderia evitar erros e/ou inconsistências na aplicação do *framework*;
- elaboração de um guia que além de detalhar os elementos do *SMartyMetrics*, também detalhasse as decisões de projeto relacionadas com o desenvolvimento desses elementos e um exemplo de aplicação completo, utilizando todos os elementos do *framework*.

Por fim, com relação à categoria Melhorias no Experimento, somente o código **Ausência de questão sobre a abordagem *SMarty*** foi observado. Dado a necessidade da abordagem *SMarty*, no contexto do *SMartyMetrics*, foi sugerido por um especialista a inserção de uma pergunta que avaliasse o nível de conhecimento do participante sobre a abordagem *SMarty*. Entende-se tal sugestão como adequada por conta do contexto do trabalho.

6.5.6 Categoria-Especialistas-Códigos

Esta seção apresenta os códigos associados aos especialistas, por meio das respostas dos mesmos. Cada código está inserido em sua respectiva categoria. A Tabela - 6.4 apresenta tais informações.

Tabela 6.4: Códigos associados com os especialistas que avaliaram o *SMartyMetrics*.

| Categoria | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Estrutura de Atributos | | | 15 | 15 | | 9; 19 |
| Diretrizes | | | | 6 | 8; 10; 11 | 12 |
| <i>SMartyMetrics</i> | | 4 | | 5 | | 16 |
| Melhorias no <i>SMartyMetrics</i> | 1; 2; 13; 20; 22; 24; 27 | 23; 25 | 13; 26 | 7; 14; 17 | 14;18 | |
| Melhorias no Experimento | 3 | | | | | |

Considerando o Especialista 2 (E2), a interpretação para as informações apresentadas na Tabela - 6.4 é a seguinte: o especialista apresentou os códigos 4, 23 e 25 em suas respostas. O código 4 foi associado com a categoria *SMartyMetrics* e os códigos 23 e 25 foram associados com a categoria Melhorias no *SMartyMetrics*.

6.6 Avaliação da Validade do Estudo

As ameaças consideradas nesse estudo, bem como as ações tomadas para minimizar e/ou evitar as mesmas são apresentadas nessa seção.

Ameaças à Validade de Conclusão

Entende-se que a principal ameaça à validade de conclusão é o número de especialistas. Alguns especialistas convidados para esse estudo não participaram. Apesar do número reduzido, entende-se que os resultados obtidos são interessantes em decorrência da qualificação dos especialistas. Em complemento, vale destacar que em estudos qualitativos, a qualificação dos participantes pode ser mais interessante do que a quantidade dos mesmos. Outras iterações deste estudo, com outros especialistas, são planejadas para trabalhos futuros. Assim, uma amostra maior pode ser obtida e o corpo de conhecimento pode ser expandido.

Ameaças à Validade de *Constructo*

Entende-se que a instrumentação é a principal ameaça à validade de *constructo*. Neste estudo, a instrumentação foi avaliada por meio de um projeto piloto. Em estudos futuros, planeja-se a manutenção do projeto piloto, considerando o emprego de possíveis atividades que possam contribuir com a avaliação da instrumentação.

Caso problemas e/ou melhorias sejam identificadas na avaliação da instrumentação, os mesmos devem ser solucionados e/ou realizados, antes da execução do experimento, assim como realizado neste estudo.

Ameaças à Validade Interna

As seguintes situações observadas podem ter influenciado na validade interna do estudo:

- **Diferenças entre os especialistas:** entende-se que tal variação pode acontecer, independentemente do tamanho da amostra. Para minimizar tal diferença, todas as informações necessárias à avaliação foram disponibilizadas aos participantes;
- **Acurácia das respostas dos participantes:** uma vez que as informações referentes ao *SMartyMetrics* são apresentadas e considerando que os participantes são especialistas em LPS e/ou ALP, entende-se que as respostas fornecidas possuem acurácia;
- **Efeito de Fadiga:** com o objetivo de reduzir os efeitos da fadiga dos participantes, um período de 20 dias foi estabelecido para preenchimento dos formulários. Assim, os especialistas poderiam preencher os formulários conforme a sua disponibilidade. Realizando o procedimento dessa maneira, entende-se que os efeitos da fadiga são reduzidos. Quando o usuário estiver cansado, ele pode parar e continuar o preenchimento do formulário em outro momento. Além disso, foi oferecido ao participante a possibilidade de receber todo o pacote experimental em pdf. As mesmas informações contidas no formulário online são disponibilizadas por esse pacote. Dessa maneira, o participante também poderia preencher os resultados da avaliação em documento texto e enviar para a equipe de avaliação ao final. Essas duas alternativas foram definidas com o propósito de evitar e/ou diminuir a fadiga;
- **Influência de outros especialistas na avaliação:** entende-se que outro fator importante são as possíveis influências de outros especialistas, na avaliação de um especialista específico. Tal ameaça é minimizada pois cada especialista desconhece os outros especialistas que estão participando do estudo. Além disso, entende-se que os especialistas possivelmente realizarão a avaliação em dias distintos, em locais distintos e em horários distintos.

Ameaças à Validade Externa

Entende-se que essa avaliação apresenta a dificuldade de selecionar especialistas, que entendam tanto de LPS, quanto de ALP. Como LPS é uma área de pesquisa relacionada

com diferentes subáreas, pode ser que poucos especialistas com o perfil desejado para a avaliação sejam encontrados.

Mesmo que poucos especialistas sejam selecionados, é importante destacar que a qualidade do perfil desses é a variável mais importante nessa avaliação.

6.7 Propostas de Melhoria para o SMartyMetrics

Na seção 6.5.5, um conjunto de melhorias foi apresentado para o *SMartyMetrics*. Essas melhorias compreendem desde os elementos que compõem o *SMartyMetrics*, até a apresentação do *framework*.

Considerando as melhorias sugeridas, foi elaborado um plano de ação, a ser executado na seguinte sequência:

1. Análise das melhorias sugeridas para os atributos e subatributos. A análise deve ser realizada considerando o impacto das mesmas para os propósitos do *SMartyMetrics*;
2. Análise das melhorias sugeridas para as diretrizes. Considerando que as diretrizes representam recomendações relacionadas com a avaliação de ALPs, entende-se que a análise deve verificar se a sugestão contribui com a melhoria no entendimento do conjunto das diretrizes;
3. Estruturação das funcionalidades sugeridas em uma futura implementação do *SMartyMetrics*. Essa estruturação deve considerar os elementos e/ou artefatos envolvidos na implementação das funcionalidades;
4. Exemplo de aplicação do *SMartyMetrics* com um Método de Avaliação de ALPs. Considerando as características do *SMartyMetrics* e a necessidade de modelos UML *SMarty*, entende-se que o método *System-PLA* pode ser utilizado neste exemplo;
5. Elaboração do guia do *SMartyMetrics*, já considerando as melhorias realizadas nos atributos, subatributos e diretrizes. Entende-se que tal guia deve apresentar todos os elementos do *framework* e as decisões de projeto que influenciaram no desenvolvimento desses elementos. O exemplo de aplicação desenvolvido também pode ser inserido no guia;
6. Estruturação de um trabalho futuro a ser desenvolvido, considerando que um dos resultados esperados seja a lista de Métodos de Avaliação de ALPs possivelmente utilizáveis com o *SMartyMetrics*;

6.8 Considerações Finais

Esse capítulo apresentou a análise qualitativa do *SMartyMetrics*. Estudantes e Professores que desenvolvem pesquisas em LPS e ALP foram os especialistas consultados.

Os especialistas, constituído principalmente por doutorandos, avaliaram a Estrutura de Atributos e as Diretrizes que compõem o *SMartyMetrics*. Na avaliação, pontos positivos e negativos foram apresentados, bem como sugestões de melhorias.

Especificamente sobre as sugestões de melhorias, um plano de ação foi elaborado (seção 6.7). Este plano apresenta a sequência de atividades a serem realizadas para avaliar as sugestões e realizar as alterações e/ou complementos, caso seja observado a contribuição das mesmas.

Considerando os códigos e categorias desenvolvidas, entende-se que a compreensibilidade do *SMartyMetrics* foi alcançada. Pontos positivos, negativos e sugestões de melhorias evidenciam tal nível de compreensão. No próximo capítulo, as conclusões desta dissertação são apresentadas.

Conclusão

A ALP é um dos artefatos mais importantes no núcleo de artefatos da LPS, pois representa a abstração de todos os possíveis produtos que podem ser instanciados (Bass et al., 2012).

Considerando a importância da ALP, a literatura apresenta diferentes métodos de avaliação (OliveiraJr et al., 2013); (Olumofin e Misic, 2005). Na avaliação de ALPs, métricas de software podem ser utilizadas (OliveiraJr e Gimenes, 2014); (OliveiraJr et al., 2013); (OliveiraJr, 2010).

As métricas de software usualmente estão associadas com atributos. O atributo representa uma característica específica de uma entidade. No contexto de medição de software, uma entidade é um objeto ou evento do mundo real (Fenton e Bieman, 2014); (Pressman, 2010); (ISO/IEEE/IEC, 2010). No contexto do *SMartyMetrics*, uma entidade pode representar uma classe, um componente ou um diagrama UML.

Os atributos das métricas de software podem ou não estar associados com AQ. Mesmo para aquelas métricas associadas com AQ, percebe-se que muitos desses atributos não são padronizados, ou seja, não são resultantes de normas de qualidade. A definição de um atributo de qualidade em uma norma indica que uma ampla comunidade, responsável pela elaboração da norma, entende a importância de tal atributo para o contexto de qualidade (Guerra e Colombo, 2009).

No MS realizado observou-se um número reduzido de métricas (com seus respectivos atributos) associadas com modelos ou normas de qualidade. Essa foi uma das motivações para o desenvolvimento do *SMartyMetrics*, um *framework* para auxiliar a avaliação de ALPs.

O *SMartyMetrics* é composto de uma estrutura de atributos, que associa atributos da norma ISO/IEC 25010 (ISO, 2011b) com os atributos das métricas selecionadas para

o *framework*; de um conjunto de métricas associadas com a estrutura de atributos e de um conjunto de Diretrizes, que oferece recomendações sobre a LPS a ser desenvolvida/-mantida/evoluída, sobre a ALP em desenvolvimento que será avaliada, sobre medidas e métricas utilizadas no processo de avaliação e por fim, sobre condições que possibilitam a utilização do *SMartyMetrics*.

Na avaliação do *framework*, estudos quantitativos e qualitativos foram realizados. Na validação das métricas propostas, os estudos quantitativos foram realizados considerando o grau de correlação entre os dados coletados com a aplicação das métricas propostas e a avaliação dos participantes, para um conjunto de ALPs. Na avaliação do *SMartyMetrics*, um estudo qualitativo baseada em procedimentos de *Grounded Theory* foi realizado. Tal estudo considerou a opinião de especialistas sobre os elementos do *framework*, quando isolados ou em conjunto.

Considerando os resultados dos estudos, entende-se que este trabalho fornece evidências iniciais sobre o uso do *framework* no contexto de Avaliação de ALPs. A validação das métricas e a análise qualitativa apresentaram resultados iniciais positivos. Mesmo com tais resultados, novos estudos para avaliar e/ou melhorar os elementos do *SMartyMetrics* devem ser realizados. As próximas seções apresentam as contribuições e limitações desta dissertação, bem como os trabalhos futuros.

7.1 Contribuições

Dado o desenvolvimento do *SMartyMetrics*, entende-se que esta dissertação apresenta as seguintes contribuições:

- desenvolvimento de uma estrutura de atributos, que apresenta a associação entre atributos e subatributos de qualidade da norma ISO/IEC 25010 com os atributos das métricas selecionadas no MS. Tais atributos representam características importantes a serem consideradas no desenvolvimento de software;
- proposta e validação experimental de um conjunto de métricas, adaptadas de um subconjunto das métricas selecionadas do MS. Tais métricas foram adaptadas para considerar explicitamente na avaliação elementos associados com variabilidades, pontos de variação e variantes;
- desenvolvimento de um conjunto de diretrizes, que representam recomendações para LPS, ALP e Medidas/Métricas. As diretrizes também apresentam condições para utilização do *SMartyMetrics*;

- desenvolvimento de um *framework*, composto da estrutura de atributos, de métricas e de diretrizes. Tal *framework* pode auxiliar na Avaliação de ALPs, oferecendo suporte a métodos de avaliação de ALP.

7.2 Limitações

Esta dissertação apresenta as seguintes limitações:

- a estrutura de atributos desenvolvida considera somente o atributo de qualidade Manutenibilidade da ISO/IEC 25010. No desenvolvimento da estrutura, não foram observados outros atributos da norma que pudessem ser associados com os atributos das métricas;
- o *SMartyMetrics* pode ser aplicado somente em diagramas de classes ou componentes UML, que receberam os estereótipos definidos pela abordagem *SMarty*. As métricas do *framework* consideram elementos estereotipados com o perfil UML *SMartyProfile*;
- o *SMartyMetrics* pode ser utilizado somente na fase de projeto (*design*) de uma ALP, antes do desenvolvimento da mesma;
- somente atributos relacionados com a qualidade de produtos de software são considerados pelo *framework*. AQ associados com processo e/ou projeto não são considerados.

7.3 Trabalhos Futuros

Considerando a evolução e/ou extensão do *SMartyMetrics*, entende-se que alguns trabalhos futuros podem ser realizados.

Inicialmente, novos experimentos e/ou replicações para validar as métricas de Tamanho, Acoplamento e Coesão podem ser realizados. Entende-se que a(s) sugestão(ões) de melhoria(s) apresentada(s) na avaliação qualitativa pode(m) contribuir com os novos estudos.

Além de novos experimentos e/ou replicações, a investigação de outros AQ também pode ser realizada. Esses AQ poderiam ser incorporados ao *SMartyMetrics*. Como o *framework* apresenta uma Estrutura de Atributos associada exclusivamente com o atributo Manutenibilidade, considera-se que a associação com a norma ISO/IEC 25010 é parcial.

Outros trabalhos selecionados no MS também apresentaram tal nível de associação. Diante disso, entende-se que a incorporação de outros AQ da norma ampliaram a associação, no contexto do *framework*.

Considerar outros AQ não é a única possibilidade de evolução e/ou extensão do *SMartyMetrics*. O refinamento do conjunto de diretrizes é outro trabalho que pode ser realizado. Características interessantes para a avaliação de ALPs que não são consideradas no conjunto atual de diretrizes do *SMartyMetrics* podem ser incorporadas.

A elaboração de um guia de utilização do *SMartyMetrics* é outro trabalho que pode ser realizado. Considerando as avaliações iniciais, entende-se que um guia poderia auxiliar no entendimento e na utilização do *framework*. Nesse guia, um ou mais exemplos de aplicação podem ser apresentados.

O escopo dos trabalhos que podem ser realizados não se restringe à evolução e/ou extensão do *SMartyMetrics*. Existe o entendimento de que a implementação de uma ferramenta, juntamente com o guia de utilização, poderia facilitar a aplicação do *framework*.

Por fim, o desenvolvimento de ontologias e a verificação de Métodos de Avaliação de ALPs que podem ser utilizados com o *SMartyMetrics* são trabalhos interessantes que podem ser desenvolvidos. Uma análise inicial evidencia que tais trabalhos são amplos e que os resultados almejados (ontologia e lista de métodos de avaliação) são decorrentes da realização de diversas atividades.

REFERÊNCIAS

Iso/iec/ieee systems and software engineering – architecture description. *ISO/IEC/IEEE 42010:2011(E) (Revision of ISO/IEC 42010:2007 and IEEE Std 1471-2000)*, p. 1–46, 2011a.

ALLIAN, A. P. *Vmtools-ra: uma arquitetura de referência para ferramentas de variabilidade de software*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Informática, Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, 2016.

APPOLINÁRIO, F. *Metodologia da ciência. filosofia e prática da pesquisa*. são paulo: Cengage learning: 2012. *Metodologia da Ciência. Filosofia e Prática da Pesquisa. Segunda Edição Revista e Atualizada*, 2012.

BASS, L.; CLEMENTS, P.; KAZMAN, R. *Software architecture in practice*. 3rd ed. Addison-Wesley Professional, 2012.

BENAVIDES, D.; SEGURA, S.; TRINIDAD, P.; CORTÉS, A. R. Fama: Tooling a framework for the automated analysis of feature models. *VaMoS*, v. 2007, p. 01, 2007.

BERA, M. H. G. *Smartycomponents: um processo para especificação de arquiteturas de linha de produto de software baseadas em uml*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Informática, Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, 2015.

BERA, M. H. G.; OLIVEIRAJR, E.; COLANZI, T. E. Evidence-based smarty support for variability identification and representation in component models. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Enterprise Information Systems - Volume 2: ICEIS*,, 2015, p. 295–302.

BOEHM, B.; LIPOW, H.; MACLEOD, G.; M., M. *Characteristics of software quality*. TRW series of software technology. North-Holland Pub. Co., 1978.

- BOSCH, J.; CAPILLA, R.; HILLIARD, R. Trends in systems and software variability [guest editors' introduction]. *IEEE Software*, v. 32, n. 3, p. 44–51, 2015.
- BRIAND, L. C.; DALY, J. W.; WUST, J. K. A unified framework for coupling measurement in object-oriented systems. *IEEE Transactions on software Engineering*, v. 25, n. 1, p. 91–121, 1999.
- CALDIERA, V.; ROMBACH, H. D. The goal question metric approach. *Encyclopedia of software engineering*, v. 2, n. 1994, p. 528–532, 1994.
- CAPILLA, R.; BOSCH, J.; KANG, K. *Systems and software variability management: Concepts, tools and experiences*. 1st ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- CHEN, L.; ALI BABAR, M.; ALI, N. Variability management in software product lines: A systematic review. In: *Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference*, Pittsburgh, PA, USA: Carnegie Mellon University, 2009, p. 81–90 (*SPLC '09*, v.13).
- CHIDAMBER, S. R.; KEMERER, C. F. *Towards a metrics suite for object oriented design*, v. 26. ACM, 1991.
- CHIDAMBER, S. R.; KEMERER, C. F. A metrics suite for object oriented design. *IEEE Transactions on software engineering*, v. 20, n. 6, p. 476–493, 1994.
- CLEMENTS, P.; NORTHROP, L. *Software product lines: practices and patterns*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2001.
- COLANZI, T. E.; VERGILIO, S. R. A feature-driven crossover operator for product line architecture design optimization. In: *2014 IEEE 38th Annual Computer Software and Applications Conference*, 2014, p. 43–52.
- CONTIERI JÚNIOR, A. C. Aplicação de métricas em arquiteturas de linhas de produto de software. 2010.
- CORBIN, J.; STRAUSS, A. *Basics of qualitative research*. Sage, 2014.
- ETXEBERRIA, L.; SAGARDUI, G. Product-line architecture: New issues for evaluation. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Software Product Lines*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005, p. 174–185 (*SPLC'05*, v.9).
- FENTON, N.; BIEMAN, J. *Software metrics: a rigorous and practical approach*. CRC Press, 2014.

FERREIRA, K. A. M. *Avaliação de conectividade em sistemas orientados por objetos*. Tese de Doutorado, Master Thesis-Federal University of Minas Gerais. Belo Horizonte, Brazil, 2006.

FIGUEIREDO, E.; CACHO, N.; SANT'ANNA, C.; MONTEIRO, M.; KULESZA, U.; GARCIA, A.; SOARES, S.; FERRARI, F.; KHAN, S.; CASTOR FILHO, F.; ET AL. Evolving software product lines with aspects: an empirical study on design stability. In: *Proceedings of the 30th international conference on Software engineering*, ACM, 2008a, p. 261–270.

FIGUEIREDO, E.; SANT'ANNA, C.; GARCIA, A.; BARTOLOMEI, T. T.; CAZZOLA, W.; MARCHETTO, A. On the maintainability of aspect-oriented software: A concern-oriented measurement framework. In: *2008 12th European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, 2008b, p. 183–192.

GALSTER, M.; WEYNS, D.; TOFAN, D.; MICHALIK, B.; AVGERIOU, P. Variability in software systems, a systematic literature review. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 40, n. 3, p. 282–306, 2014.

GERALDI, R. T. *Smartycheck: uma técnica de inspeção baseada em checklist para diagramas de casos de uso e de classes da abordagem smarty*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Informática, Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, 2015.

GERALDI, R. T.; OLIVEIRAJR, E. Towards initial evidence of smartycheck for defect detection on product-line use case and class diagrams. *Journal of Software*, v. 12, n. 5, p. 379–392, 2017.

GERALDI, R. T.; OLIVEIRAJR, E.; CONTE, T.; STEINMACHER, I. Checklist-based inspection of smarty variability models - proposal and empirical feasibility study. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Enterprise Information Systems - Volume 2: ICEIS*, 2015, p. 268–276.

GIRON, A.; GIMENES, I. M. S.; OLIVEIRAJR, E. Case Study of Test Case Generation Based on Metamodel for Model Transformations. *Journal of Software*, v. 12, n. 5, p. 364–378, 2017.

GOMAA, H. *Designing software product lines with uml: From use cases to pattern-based software architectures*. Redwood City, CA, USA: Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2004.

GREGORI, S. M. Un método para la evaluación de la calidad de líneas de productos software basado en square. *Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC) Universidad Politécnica de Valencia (UPV)*, 2009.

GUERRA, A. C.; COLOMBO, R. M. T. *Qualidade de Produto de Software: PBQP - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade em Software / MCT - Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação*. 1st ed. MCT - Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, 2009.

HAUGEN Common variability language (cvl) omg revised submission. <http://www.omgwiki.org/variability/doku.php>, 2012.

HER, J. S.; KIM, J. H.; OH, S. H.; RHEW, S. Y.; KIM, S. D. A framework for evaluating reusability of core asset in product line engineering. *Information and Software Technology*, v. 49, n. 7, p. 740 – 760, 2007.

ISO ISO/IEC 9126, Information Technology Product Quality. Part1: Quality Model International Organization for Standardization (ISO). <https://www.iso.org/standard/22749.html>, 2001.

ISO ISO/IEC 25010, Systems and Software Engineering. Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and Software Quality Models. International Organization for Standardization (ISO). http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=35733, 2011b.

ISO Iso/iec software and systems engineering - tools and methods for product line technical management (iso/iec 26555). , 2013.

ISO Iso/iec software and systems engineering - reference model for product line engineering and management (iso/iec 26550). <https://www.iso.org/standard/69529.html>, 2015.

ISO ISO/IEC 25010, Systems and Software Engineering. Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and Software Quality Models. International Organization for Standardization (ISO) - online browsing platform (obp). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25010:ed-1:v1:en>, 2016a.

ISO Iso/iec software and systems engineering - tools and methods for product line requirements engineering (iso/iec 26551). , 2016b.

- ISO International organization for standardization (iso) - technical committees. <https://www.iso.org/technical-committees.html>, 2017.
- ISO/IEEE/IEC Systems and software engineering – vocabulary. *ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E)*, p. 1–418, 2010.
- JESUS, K. F. Os mandamentos da programação modular em java. 2016.
- KAN, S. H. *Metrics and models in software quality engineering*. 2nd ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.
- KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; BRERETON, O. P. Using mapping studies as the basis for further research. a participant-observer case study. *Information and Software Technology*, v. 53, n. 6, p. 638 – 651, 2011.
- KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; BRERETON, P. *Evidence-based software engineering and systematic reviews*, v. 4. CRC Press, 2015.
- LANCELOTI, L. A.; MALDONADO, J. C.; GIMENES, I. M. S.; OLIVEIRAJR, E. SMartyParser: A XMI Parser for UML-based Software Product Line Variability Models. In: *Proceedings of the Seventh International Workshop on Variability Modelling of Software-intensive Systems*, New York, NY, USA: ACM, 2013, p. 10:1–10:5 (*VaMoS '13*, v.7).
- LINDEN, F. J.; SCHMID, K.; ROMMES, E. *Software product lines in action: The best industrial practice in product line engineering*. Springer Science & Business Media, 2007.
- MARCOLINO, A.; OLIVEIRA, E.; GIMENES, I.; BARBOSA, E. F. Empirically based evolution of a variability management approach at uml class level. In: *2014 IEEE 38th Annual Computer Software and Applications Conference*, 2014a, p. 354–363.
- MARCOLINO, A.; OLIVEIRA, E.; GIMENES, I.; CONTE, T. U. Towards validating complexity-based metrics for software product line architectures. In: *Software Components, Architectures and Reuse (SBCARS), 2013 VII Brazilian Symposium on*, IEEE, 2013a, p. 69–79.
- MARCOLINO, A.; OLIVEIRAJR, E. Avaliação experimental da abordagem smarty para gerenciamento de variabilidades em linhas de produto de software baseadas em uml. In: *XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software*, 2015, p. 339–353.

MARCOLINO, A.; OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I. Towards the effectiveness of the smarty approach for variability management at sequence diagram level. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Enterprise Information Systems - Volume 2: ICEIS*, 2014b, p. 249–256.

MARCOLINO, A.; OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I. M. S.; MALDONADO, J. C. Towards the effectiveness of a variability management approach at use case level. In: *The 25th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, Boston, MA, USA, June 27-29, 2013*, 2013b, p. 214–219.

MARCOLINO, A.; OLIVEIRAJR, E.; DE SOUZA GIMENES, I. M.; CONTE, T. U. Towards validating complexity-based metrics for software product line architectures. In: *2013 VII Brazilian Symposium on Software Components, Architectures and Reuse, Brasília, DF, Brazil, September 29 - October 4, 2013*, 2013c, p. 69–79.

MARCOLINO, A. S.; OLIVEIRAJR, E. Comparing smarty and plus for variability identification and representation at product-line uml class level: a controlled quasi-experiment. *Journal of Computer Science*, v. 13, p. 617–632, 2017.

MARCOLINO, A. S.; OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I. M.; BARBOSA, E. F. Variability resolution and product configuration with smarty: an experimental study on uml class diagrams. *Journal of Computer Science*, v. 13, p. 307–319, 2017.

MCCABE, T. J. A complexity measure. *IEEE Transactions on software Engineering*, n. 4, p. 308–320, 1976.

MCCALL, J. *Factors in software quality: Preliminary handbook on software quality for an acquisition manager*, v. 1-3. General Electric, 1977.

MEYER, B. *Object-oriented software construction*. 1st ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 1988.

MILICIC, D. Software quality models and philosophies: Software quality attributes and trade-offs. https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF5180/v10/undervisningsmateriale/reading-materials/p10/Software_quality_attributes.pdf, accessed: 2016-03-07, 2005.

MISRA, S.; AKMAN, I.; COLOMO-PALACIOS, R. Framework for evaluation and validation of software complexity measures. *IET software*, v. 6, n. 4, p. 323–334, 2012.

MONTAGUD, S.; ABRAHÃO, S.; INSEFRAN, E. A systematic review of quality attributes and measures for software product lines. *Software Quality Journal*, v. 20, n. 3-4, p. 425–486, 2012.

MORA, B.; GARCIA, F.; RUIZ, F.; PIATTINI, M. Model-driven software measurement framework: A case study. In: *Quality Software, 2009. QSIC'09. 9th International Conference on*, IEEE, 2009, p. 239–248.

MYERS, G. Reliable software through composite design.–petrocelli/charter edition. *English-*, 1975.

OIZUMI, W. N.; JUNIOR, A. C. C.; CORREIA, G. G.; COLANZI, T. E.; FERRARI, S.; GIMENES, I. M. S.; JUNIOR, E. A. O.; GARCIA, A. F.; MASIERO, P. C. On the proactive design of product-line architectures with aspects: An exploratory study. In: *2012 IEEE 36th Annual Computer Software and Applications Conference*, 2012, p. 273–278.

OLIVEIRA, A. L. S. *Análise de impacto baseada em rastreabilidade de artefatos para linhas de produto de software*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Ciência da Computação, Programa de Pós Graduação em Sistemas e Computação, 2011.

OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I. M. S. Empirical validation of product-line architecture extensibility metrics. In: *ICEIS 2014 - Proceedings of the 16th International Conference on Enterprise Information Systems, Volume 2, Lisbon, Portugal, 27-30 April, 2014*, 2014, p. 111–118.

OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I. M. S.; MALDONADO, J. C. Systematic management of variability in uml-based software product lines. *Journal of Universal Computer Science (JUCS)*, v. 16, n. 17, p. 2374–2393, 2010a.

OLIVEIRAJR, E.; GIMENES, I. M. S.; MALDONADO, J. C.; MASIERO, P. C.; BARROCA, L. Systematic evaluation of software product line architectures. *Journal of Universal Computer Science (JUCS)*, v. 19, n. 1, p. 25–52, 2013.

OLIVEIRAJR, E.; MALDONADO, J.; GIMENES, I. Empirical validation of complexity and extensibility metrics for software product line architectures. In: *Software Components, Architectures and Reuse (SBCARS), 2010 Fourth Brazilian Symposium on*, IEEE, 2010b, p. 31–40.

OLIVEIRAJR, E. A. O. *SystEM-PLA: um método sistemático para avaliação de arquitetura de linha de produto de software baseada em UML*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de São Paulo (USP), Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, 2010.

OLUMOFIN, F. G.; MISIC, V. B. Extending the atam architecture evaluation to product line architectures. In: *5th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA'05)*, 2005, p. 45–56.

PRESSMAN, R. *Software engineering: A practitioner's approach*. 7 ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc., 2010.

PROJECT, R. The r project for statistical computing. <http://www.r-project.org>, 2017.

RAJARAMAN, C.; LYU, M. R. Some coupling measures for c++ programs. In: *TOOLS (8)*, Citeseer, 1992, p. 225–234.

RIBEIRO, H. B. G.; D. L. MEIRA, S. R.; D. ALMEIDA, E. S.; LUCREDIO, D.; ALVARO, A.; ALVES, V.; GARCIA, V. C. An assessment on technologies for implementing core assets in service-oriented product lines. In: *2010 Fourth Brazilian Symposium on Software Components, Architectures and Reuse*, 2010, p. 90–99.

RODRIGUES, E. D. M. *Plets : a product line of model-based testing tools*. Tese de Doutorado, faculdade de Informática, 2013.

Disponível em <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/5239>

RODRIGUES, E. D. M.; ZORZO, A. F.; DE OLIVEIRA JUNIOR, E. A.; DE SOUZA GIMENES, I. M.; MALDONADO, J. C.; DOMINGUES, A. R. Plugspl: An automated environment for supporting plugin-based software product lines. In: *SEKE*, 2012, p. 647–650.

SÁNCHEZ, L. E.; DIAZ-PACE, J. A.; ZUNINO, A.; MOISAN, S.; RIGAULT, J. P. An approach for managing quality attributes at runtime using feature models. In: *2014 Eighth Brazilian Symposium on Software Components, Architectures and Reuse*, 2014, p. 11–20.

SANT'ANNA, C.; FIGUEIREDO, E.; GARCIA, A.; LUCENA, C. J. P. On the modularity of software architectures: A concern-driven measurement framework. In: *Proceedings of the First European Conference on Software Architecture*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007, p. 207–224 (*ECSA'07*, v.1).

- SANT'ANNA, C.; GARCIA, A.; CHAVEZ, C.; LUCENA, C.; V. VON STAA, A. On the reuse and maintenance of aspect-oriented software: An assessment framework. In: *Proceedings XVII Brazilian Symposium on Software Engineering*, 2003.
- SANTOS, J. F. M.; GUESSI, M.; GALSTER, M.; FEITOSA, D.; NAKAGAWA, E. Y. A checklist for evaluation of reference architectures of embedded systems (s). In: *SEKE*, 2013, p. 1–4.
- SDMETRICS Sdmetrics framework. <https://www.sdmetrics.com/LoM.html>, 2017a.
- SDMETRICS Sdmetrics framework. <http://www.sdmetrics.com/DProp.html>, 2017b.
- SDMETRICS Sdmetrics: The software design metrics tool for uml. <http://www.sdmetrics.com>, 2017c.
- SHULL, F.; SINGER, J.; SJØBERG, D. I. *Guide to advanced empirical software engineering*. Springer, 2007.
- SILVA, B. C.; SANT'ANNA, C.; CHAVEZ, C. Concern-based cohesion as change proneness indicator: An initial empirical study. In: *Proceedings of the 2Nd International Workshop on Emerging Trends in Software Metrics*, New York, NY, USA: ACM, 2011, p. 52–58 (*WETSoM '11*, v.2).
- SIMÃO, J. C. Utilização da programação modular voltada para linguagem orientada a eventos-progress. 2011.
- SOMMERVILLE, I. *Software engineering*. 9th ed. USA: Addison-Wesley Publishing Company, 2010.
- SOUZA, O. M. *Avaliação de modelos de software baseada em métricas internas e atributos de qualidade*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Computação, Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, São Carlos, 2015.
- SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. *The American journal of psychology*, v. 15, n. 1, p. 72–101, 1904a.
- SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*, v. 15, p. 88–103, 1904b.
- TEGARDEN, D. P.; SHEETZ, S. D.; MONARCHI, D. E. A software complexity model of object-oriented systems. *Decision Support Systems*, v. 13, n. 3-4, p. 241–262, 1995.

THURIMELLA, A. K.; BRUEGGE, B. Issue-based variability management. *Inf. Softw. Technol.*, v. 54, n. 9, p. 933–950, 2012.

THURIMELLA, A. K.; RAMASWAMY, S. On adopting multi-criteria decision-making approaches for variability management in software product lines. In: *Proceedings of the 16th International Software Product Line Conference-Volume 2*, ACM, 2012, p. 32–35.

WAZLAWICK, R. *Engenharia de software: conceitos e práticas*, v. 1. Elsevier Brasil, 2013.

WIERINGA, R.; MAIDEN, N.; MEAD, N.; ROLLAND, C. Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: A proposal and a discussion. *Requir. Eng.*, v. 11, n. 1, p. 102–107, 2005.

XAVIER, C. Q. Análise de estabilidade de diferentes versões de arquiteturas de linha de produto de software. 2011.

ZIADI, T.; JEZEQUEL, J.-M. *Software product line engineering with the uml: Deriving products*, cáp. Part 5 Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 557–588, 2006.

Apêndice A - Mapeamento Sistemático sobre Medidas, Medições, Métricas e Frameworks em Linha de Produto de Software

A.1 Apresentação

Esse apêndice apresenta informações sobre o Mapeamento Sistemático (MS) realizado. Esse MS procurou selecionar trabalhos sobre medidas, medições e métricas, além de *frameworks* de medidas, medições e métricas, no contexto de Linha de Produto de Software (LPS).

O desenvolvimento do *SMartyMetrics* motivou a realização de um estudo secundário, nesse caso, um MS, para verificar o estado da arte com relação à medidas, medições e métricas para LPS. As medidas, medições e métricas buscadas no MS não exigiam condições específicas e poderiam estar inseridas em *frameworks* de avaliação/medição ou serem utilizadas de forma independente. De acordo com *Kitchenham* (Kitchenham et al., 2011), o MS é constituído por cinco etapas:

1. Definição das questões de pesquisa
2. Busca pelos trabalhos primários
3. Seleção de trabalhos baseados nos critérios de inclusão/exclusão
4. Classificação dos trabalhos
5. Extração dos dados e agregações

As etapas definidas por *Kitchenham* (Kitchenham et al., 2011) são consideradas na apresentação desse MS.

A.2 Definição das questões de pesquisa

O MS apresentou uma única **Questão de Pesquisa (QP) primária**: **Qual o estado-da-arte para medidas, medições e métricas, isoladas ou contidas em *frameworks*, no contexto de Linhas de Produto de Software?**

A escolha por uma única questão de pesquisa é influenciada pelo propósito do MS, que é avaliar o estado da arte com relação a medidas, medições e métricas, independentes ou contidas em *frameworks*, no contexto de LPSs.

A.3 Busca pelos trabalhos primários

Na busca por trabalhos primários, foram realizadas as seguintes atividades: definição da string de busca; seleção das bases de dados; execução da string de busca nas bases de dados e leitura dos trabalhos retornados;

Os detalhes de cada atividade são apresentados a seguir, porém vale destacar a inter-relação existente nesse MS, entre as atividades de seleção das bases de dados e definição da string de busca. Tal inter-relação também é apresentada a seguir.

A.3.1 Inter-relação entre seleção das bases de dados e string de busca

Houve uma inter-relação entre as atividades de seleção das bases de dados e definição da string de busca, que permitiu tanto a definição de uma string, quanto a seleção de um conjunto de bases consistentes com o propósito do MS.

Um conjunto inicial de bases de dados foi utilizado para testar/avaliar a string de busca inicial. Essa string inicial continha todos os termos considerados essenciais para o MS. Sucessivas aplicações da string nas bases de dados permitiram o refinamento da mesma (os detalhes da string de busca são apresentados a seguir). Uma vez refinada e definida a string de busca, a mesma foi utilizada para selecionar as bases de dados que seriam de fato, utilizadas no MS (os detalhes das bases de dados são apresentados a seguir).

A inter-relação apresentada possibilitou o(a) teste/avaliação das strings de busca candidatas para seleção da string mais apropriada, bem como a seleção das bases de dados mais interessantes para o MS.

As atividades específicas de definição da string de busca e seleção das bases de dados do MS são apresentadas a seguir.

A.3.2 Definição da string de busca

A definição da string de busca envolveu tanto a definição de termos que denotassem medidas, medições, métricas e *frameworks*, quanto termos relacionados à LPS, Arquitetura de LPS, Família de Produtos e outros.

O processo para a definição da string de busca foi iniciado com a definição dos termos considerados importantes para serem combinados na string. Esses termos foram selecionados a partir de uma consulta realizada com especialistas em LPS/ALP. Os especialistas considerados foram professores pesquisadores em LPS, cujas pesquisas apresentam o foco em ALPs. Ao final da consulta e da seleção dos termos, foi definida a seguinte string:

Software AND ((Metrics OR Metric OR Measure OR Measures OR Measurement OR Measurements OR "Metrics Framework" OR "Metric Framework" OR "Measure Framework" OR "Measures Framework" OR "Measurement Framework" OR "Measurements Framework")) AND (("Product Line" OR "Product Family" OR "Family of Products") AND Architecture))

Antes da definição final da string de busca, foi enfrentado um problema causado pelo número de termos considerados na string. Após a consulta com os especialistas em LPS/ALP, foi definida uma string de busca. Essa primeira string apresentava uma quantidade de termos superior à string final (a string com a quantidade de termos superior foi apresentada acima). Ao executar a primeira string na base de dados IEEE, o problema apareceu, pois nenhum trabalho foi retornado. Uma das sugestões apresentadas pelo motor de busca referiu-se à quantidade de termos da string como um dos possíveis causadores do problema apresentado.

Após a realização de alguns testes, verificou-se que este problema aconteceu (nenhum trabalho retornado) por conta do número de termos de busca considerados na string. Os testes também revelaram que a retirada de dois termos resolvia o problema. Assim, era necessário a retirada de pelo menos dois termos da string, devido à escolha da base IEEE como uma das bases a serem consultadas.

A retirada dos termos trouxe uma nova questão a ser considerada, que era a seleção de quais termos retirar. Para escolher quais termos deveriam ser retirados, elaborou-se um conjunto de strings de busca alternativas, considerando a retirada de dois termos. Para a elaboração dessas strings, foi necessário verificar o conjunto de termos possivelmente retiráveis. O termo "**Software**" não foi retirado, visto a necessidade de que as medidas/métricas estivessem associadas com software. O trecho da string referente a "**(("Product Line" OR "Product Family" OR "Family of Products") AND Architecture))**" também não foi retirado, pois todos os termos apresentados no trecho

poderiam representar LPS. Além disso, existia a necessidade das medidas e métricas estarem inseridas no contexto de LPS. Logo o trecho selecionado para retirada dos termos foi "(*Metrics OR Metric OR Measure OR Measures OR Measurement OR Measurements OR "Metrics Framework" OR "Metric Framework" OR "Measure Framework" OR "Measures Framework" OR "Measurement Framework" OR "Measurements Framework"*)", por apresentar termos no singular e no plural, além de apresentar esses mesmos termos com a palavra *framework*.

Resolvida a questão de qual trecho seria modificado, foi elaborado um conjunto com 18 strings, considerando a retirada de dois termos do trecho selecionado. Cada string desse conjunto foi executada em todas as bases de dados, gerando respectivamente, um total de trabalhos retornados, classificados pelas bases de dados consideradas. Ao final dos testes com todas as strings, verificou-se que 10 strings retornavam exatamente a mesma quantidade de trabalhos, divididos igualmente por base de dados.

Essa igualdade na quantidade total e na quantidade específica por base de dados evidenciou que a retirada de dois termos não influenciaria na quantidade total de trabalhos retornados. Assim, optou-se por selecionar aleatoriamente uma string de busca entre essas 10 strings. Vale destacar que a string, juntamente com as outras nove strings, foram as que retornaram a maior quantidade de trabalhos. Por fim a string de busca final, utilizada no MS foi:

Software AND ((*Metrics OR Metric OR Measure OR Measures OR Measurement OR Measurements OR "Metrics Framework" OR "Measurements Framework" OR "Measure Framework" OR "Measures Framework"*) AND (*"Product Line" OR "Product Family" OR "Family of Products"*) AND *Architecture*))

A.3.3 Seleção das bases de dados

A seleção final das bases de dados aconteceu após a definição da string de busca. Inicialmente um conjunto de bases de dados foi utilizado para a definição da string. Esse conjunto de bases de dados considerou bases de dados utilizadas no trabalho de Montagud (Montagud et al., 2012).

Após a definição da string de busca, o conjunto de bases de dados foi reduzido, deixando somente as bases que seriam utilizadas no MS. A redução das bases de dados aconteceu devido ao fato de que algumas bases, tais como a *Inspec*, retornaram poucos trabalhos, além de não estarem relacionados com o propósito do MS. Assim, optou-se por

retirar tais bases e selecionar somente aquelas que retornassem as maiores quantidades de trabalhos relacionados com o MS.

Por fim, as seguintes bases foram selecionadas:

- ACM
- IEEE
- Springer Link
- Scopus

Apesar de selecionar as bases de dados que retornaram a maior quantidade de trabalhos, foram aplicados filtros de restrição, disponíveis em cada base. Mesmo com a redução das bases de dados, retirando aquelas que apresentaram poucos trabalhos não relacionados com o propósito do MS, ainda houve o retorno de muitos documentos não relacionados com o propósito da revisão. Como exemplos de documentos retornados pelas bases de dados selecionadas, temos aulas, capítulos de livros e apresentações. Alguns desses documentos apresentavam conceitos relacionados ao MS, mas que não contribuíam com a avaliação/análise do estado da arte.

Inicialmente, a string de busca foi aplicada como definida em todas as bases de dados selecionadas, porém, como cada base de dados possui filtros diferenciados, ao final da execução em cada base de dados, a string de busca resultante se modificava, em comparação com as demais. A Tabela - 1.1 apresenta os filtros aplicados em cada base de dados. A seleção dos filtros de cada base de dados foi obtida por experimentação.

Tabela 1.1: Bases de dados e filtros aplicados.

| Base de Dados | Filtros Aplicados | String Resultante |
|---------------|--|---|
| ACM | All Publications = Proceeding or Periodical; Content Format = PDF | "query": {"Software AND ((Metrics OR Metric OR Measure OR Measures OR Measurement OR Measurements OR "Metrics Framework" OR "Measurements Framework" OR "Measure Framework" OR "Measures Framework") AND ("Product Line" OR "Product Family" OR "Family of Products") AND Architecture)) } "filter": {owners.owner=HOSTED}, {allPubGroups.allPubGroup=Periodical, allPubGroups.allPubGroup=Proceeding, resources.ft.resourceFormat=PDF} |
| IEEE | Content Type = Conference Publications and Journals & Magazines | (Software AND ((Metrics OR Metric OR Measure OR Measures OR Measurement OR Measurements OR "Metrics Framework" OR "Measurements Framework" OR "Measure Framework" OR "Measures Framework") AND ("Product Line" OR "Product Family" OR "Family of Products") AND Architecture))) and refined by Content Type: Journals & Magazines Conference Publications |
| Springer Link | Remove a opção Include Preview-Only content; Content Type = Article; Discipline = Computer Science and Engineering; Sub-discipline = Information Systems and Applications; Language = English; | Software AND ((Metrics OR Metric OR Measure OR Measures OR Measurement OR Measurements OR "Metrics Framework" OR "Measurements Framework" OR "Measure Framework" OR "Measures Framework") AND ("Product Line" OR "Product Family" OR "Family of Products") AND Architecture)' within English Engineering Computer Science Information Systems and Applications Article |
| Scopus | Subject Area = Computer Science and Engineering; Document Type: Conference; Paper and Article; Source Type = Conference Proceedings and Journals; Journals; Language = English and Portuguese | Software AND ((Metrics OR Metric OR Measure OR Measures OR Measurement OR Measurements OR "Metrics Framework" OR "Measurements Framework" OR "Measure Framework" OR "Measures Framework") AND ("Product Line" OR "Product Family" OR "Family of Products") AND Architecture) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"cp") OR LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar")) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA,"COMP") OR LIMIT-TO(SUBJAREA,"ENGL")) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE,"English") OR LIMIT-TO(LANGUAGE,"Portuguese")) AND (LIMIT-TO(SRCTYPE,"p") OR LIMIT-TO(SRCTYPE,"j")) |

A.3.4 Execução da string de busca

Uma vez definida a string de busca considerada no MS e as bases de dados que seriam utilizadas, a string foi executada nas bases de dados. Conforme já explicado na seleção das bases de dados, filtros específicos de cada base modificaram a string de busca original nessa etapa. Na Tabela - 1.2 é apresentado a quantidade de trabalhos retornados por base de dados, após a aplicação dos filtros.

Tabela 1.2: Quantidade de trabalhos retornados por bases de dados.

| Base de Dados | Quantidade de Trabalhos Retornados |
|---------------|------------------------------------|
| ACM | 249 |
| IEEE | 86 |
| Springer Link | 215 |
| Scopus | 38 |

A.3.5 Leitura dos trabalhos retornados

A leitura dos trabalhos retornados do MS considerou a realização das seguintes etapas:

- Primeira etapa: leitura do título e dos resumos dos trabalhos
- Segunda etapa: leitura da introdução e conclusão dos trabalhos
- Terceira etapa: leitura completa de todos os trabalhos selecionados

O procedimento definido para a leitura dos trabalhos retornados procurou definir uma sistemática para a avaliação, que direcionasse a leitura completa somente para os trabalhos que se mostrassem interessantes ao MS. Na primeira etapa, tanto os títulos quanto o resumos foram analisados de forma verificar se os critérios de inclusão necessários são satisfeitos.

Uma vez selecionado aqueles trabalhos que aparentemente apresentavam relação com o MS, a leitura da introdução e conclusão dos mesmos foi realizada (segunda etapa), com o objetivo de avaliar se o trabalho de fato, contribui com o MS. Por fim, aqueles trabalhos que apresentaram contribuição foram estudados detalhadamente (terceira etapa).

A.4 Seleção de trabalhos baseados nos critérios de inclusão/exclusão

O MS realizado considerou os seguintes critérios de inclusão/exclusão:

A.4.1 Inclusão

- C1: Trabalhos sobre medidas de software em Linhas de Produto de Software
- C2: Trabalhos sobre medições de software em Linhas de Produto de Software
- C3: Trabalhos sobre métricas de software em Linhas de Produto de Software
- C4: Idioma dos trabalhos deve ser inglês ou português
- C5: Trabalhos devem ser completos
- C6: Trabalhos que apresentem a aplicação das métricas
- C7: Trabalhos não introdutórios como capítulos de livros, *workshops* ou postêres

A.4.2 Exclusão

- E1: Trabalhos que não satisfaçam os critérios de inclusão de forma geral

Para que cada trabalho fosse aceito, ele deveria satisfazer obrigatoriamente C4, C5, C6, C7 e opcionalmente C1, C2, C3 exigindo pelo menos um destes (C1, C2 ou C3). Para que o trabalho seja rejeitado, basta que o mesmo não satisfaça as condições expressas.

Quanto à característica opcional dos critérios C1, C2 e C3, exigindo obrigatoriamente pelo menos um deles, tal exigência foi definida pela possibilidade de verificação de trabalhos que não considerem simultaneamente e explicitamente, medidas, medições e métricas, mas que mesmo assim possam satisfazer os outros critérios de inclusão. Logo, mesmo que os três conceitos (C1, C2 e C3) não sejam todos citados, pelo menos um desses deve ser citado para que exista a possibilidade de seleção do trabalho.

A.5 Classificação dos trabalhos

De acordo com *Wieringa* (Wieringa et al., 2005), os trabalhos científicos podem ser classificados considerando seis categorias:

1. **Pesquisa de Validação (*Validation Research*):** possui o interesse de avaliar novas técnicas, ainda não aplicadas na indústria. Nessa etapa, experimentos, simulações, construção de protótipos, análises matemáticas e outros métodos são utilizados para validar a pesquisa;

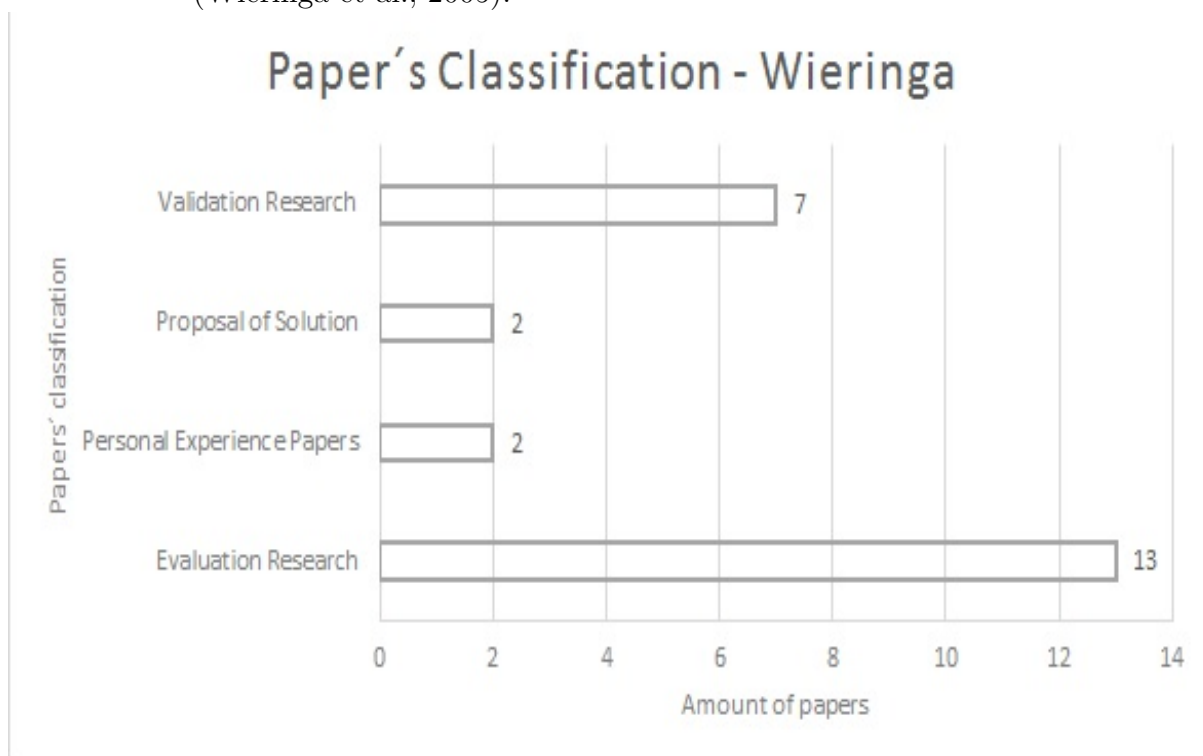
2. **Pesquisa de Avaliação (*Evaluation Research*):** normalmente realizada na indústria, com atividades práticas, esse tipo de pesquisa busca avaliar a pesquisa, o problema de pesquisa e alguma suposta técnica utilizada para resolver/minimizar tal problema;
3. **Proposta de Solução (*Proposal of Solution*):** interesse na discussão de novas técnicas propostas ou revisadas, envolvendo um determinado problema de pesquisa;
4. **Trabalhos Filosóficos (*Philosophical Papers*):** preocupação com a apresentação de novas direções de pesquisa;
5. **Trabalhos de Opinião (*Opinion Papers*):** contém a opinião do autor;
6. **Trabalhos de Experiência (*Personal Experience Papers*):** discussão de um assunto com base nas experiências adquiridas pelo autor, com a realização de tal pesquisa;

Cada categoria de *Wieringa* apresentada possui um conjunto de características associadas. Essas características podem auxiliar na classificação dos trabalhos, uma vez que sejam observadas nos mesmos. Os resultados da classificação são apresentados a seguir, na Figura - 1.1.

A Figura - 1.1 apresenta o resultado da classificação dos trabalhos selecionados no MS, de acordo com a estrutura apresentada por *Wieringa* (Wieringa et al., 2005). Percebe-se nessa figura, que 13 trabalhos foram classificados como *Evaluation Research*. Trabalhos classificados nessa categoria investigam um problema e/ou implementação de uma técnica em um dado ambiente.

Além de trabalhos sobre *Evaluation Research*, outros trabalhos também foram classificados como *Validation Research*, *Proposal of Solution* e *Personal Experience Papers*. Trabalhos classificados como *Validation Research* investigam as propriedades de uma solução proposta para um problema, antes da aplicação dessa solução. Nessa categoria, podem ser incluídos trabalhos sobre experimentos e simulação. Trabalhos classificados como *Proposal of Solution* propõem uma solução para determinado problema, enfatizando algumas características da solução, antes de iniciar a validação da mesma. Por fim, trabalhos classificados como *Personal Experience Papers* descrevem a experiência do(s) autor(es) em alguma situação, tal como um projeto por exemplo.

Figura 1.1: Classificação dos Trabalhos Seleccionados no MS, de acordo com Wieringa (Wieringa et al., 2005).



A.6 Extração dos dados e agregações

Com relação aos trabalhos e às medidas e métricas, as seguintes informações foram coletadas:

- Título do Trabalho;
- Nomes das Medidas e Métricas;
- Local de Publicação;
- Autores;
- Ano de Publicação;
- Classificação segundo *Wieringa*;
- Referência/Apresentação de algum *Framework* relacionado à Medidas/Métricas/Medições/Avaliação explicitamente;
- Base de Dados em que foi o trabalho encontrado; e

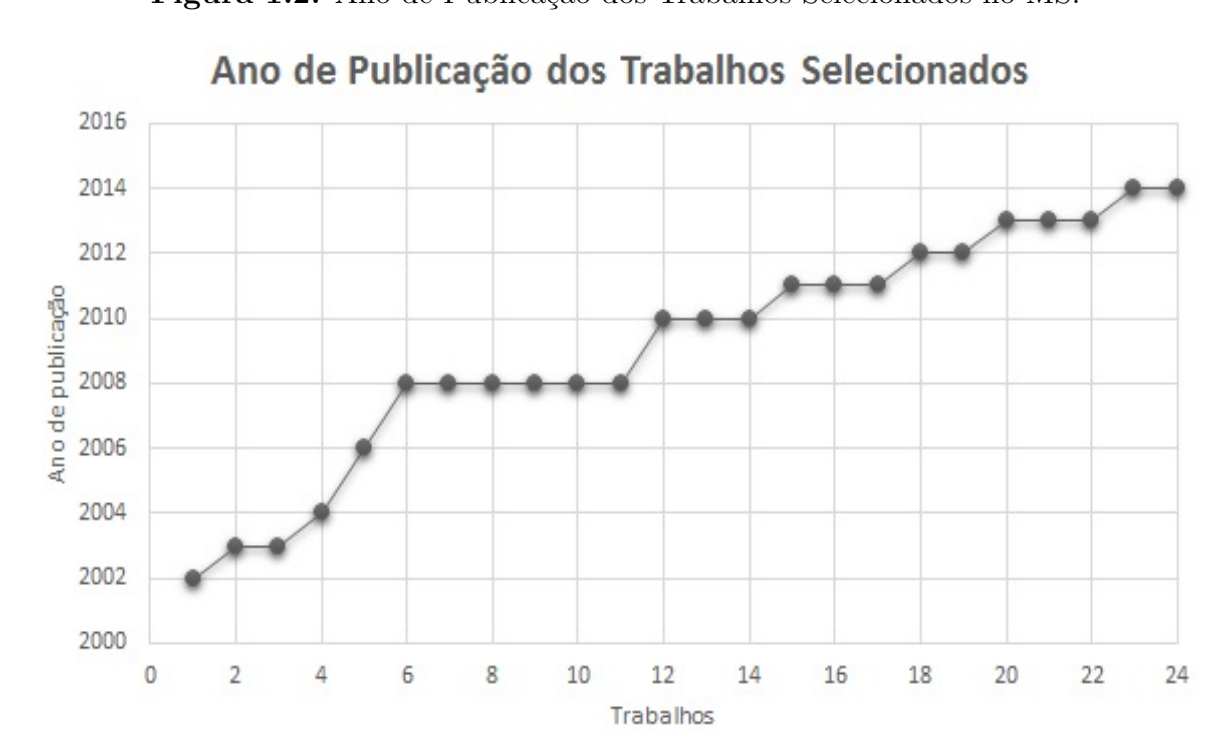
- Se foi retornado pela Análise das Referências;

Os trabalhos e as medidas/métricas do MS são apresentadas em duas tabelas, respectivamente, no final dessa seção. Com o propósito de melhorar a apresentação das informações coletadas, organizou-se tal apresentação em quatro subseções. A primeira subseção considera informações dos trabalhos. A segunda subseção considera informações das medidas e métricas. A terceira subseção apresenta informações da meta-análise realizada e por fim, na quarta subseção, tabelas com os trabalhos selecionados e medidas/métricas recuperadas são apresentadas.

A.6.1 Informações sobre os Trabalhos

Sobre o período de publicação, tem-se que os 24 trabalhos selecionados no MS foram publicados entre os anos de 2002 e 2014. A Figura - 1.2 apresenta esse intervalo de publicação.

Figura 1.2: Ano de Publicação dos Trabalhos Selecionados no MS.

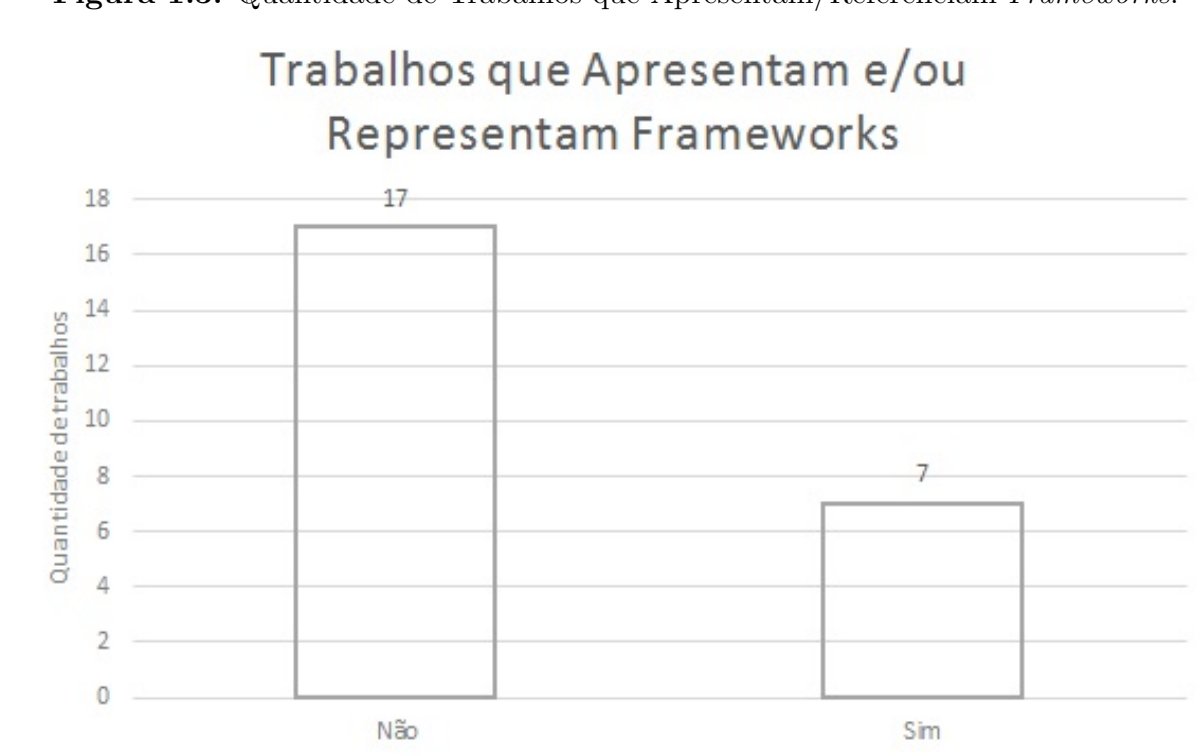


Na Figura - 1.2, observa-se que 6 dos 24 trabalhos selecionados foram publicados em 2008. Esse foi o ano de maior publicação, de acordo com os dados coletados. Nos outros anos, foram publicados entre um e três trabalhos. Esse intervalo observado nos anos de

publicação dos trabalhos surpreende, visto que nenhuma restrição relacionada ao tempo foi inserida nos critérios de inclusão/exclusão do MS.

A relação e/ou apresentação de *frameworks* de medidas e métricas, que sejam utilizados em medições e/ou avaliações no contexto de LPS é outra característica importante a ser avaliada nos trabalhos. Como o *SMartyMetrics* é projetado para auxiliar na avaliação de ALPs, entende-se a importância de investigar se a literatura apresenta trabalhos similares. Esses trabalhos poderiam colaborar com o entendimento do problema de pesquisa abordado pelo *SMartyMetrics*, além de possivelmente, relatar dificuldades que possam acontecer no decorrer da pesquisa. A Figura - 1.3 apresenta mais informações sobre a avaliação realizada.

Figura 1.3: Quantidade de Trabalhos que Apresentam/Referenciam *Frameworks*.



Na Figura - 1.3, é possível observar a quantidade de trabalhos que apresentam e/ou referenciam *frameworks*. São 7 trabalhos que apresentam tal característica. Esses trabalhos são exibidos na Tabela - 1.3, a seguir.

É possível observar na Tabela - 1.3, os trabalhos que apresentam e/ou referenciam *frameworks*. Esses trabalhos também foram verificados na análise das referências. Ao final da análise, 3 *frameworks* estruturados para o contexto de LPS foram considerados. Esses *frameworks* são apresentados/referenciados nos seguintes trabalhos:

Tabela 1.3: Trabalhos que Apresentam/Referenciam *Frameworks*.

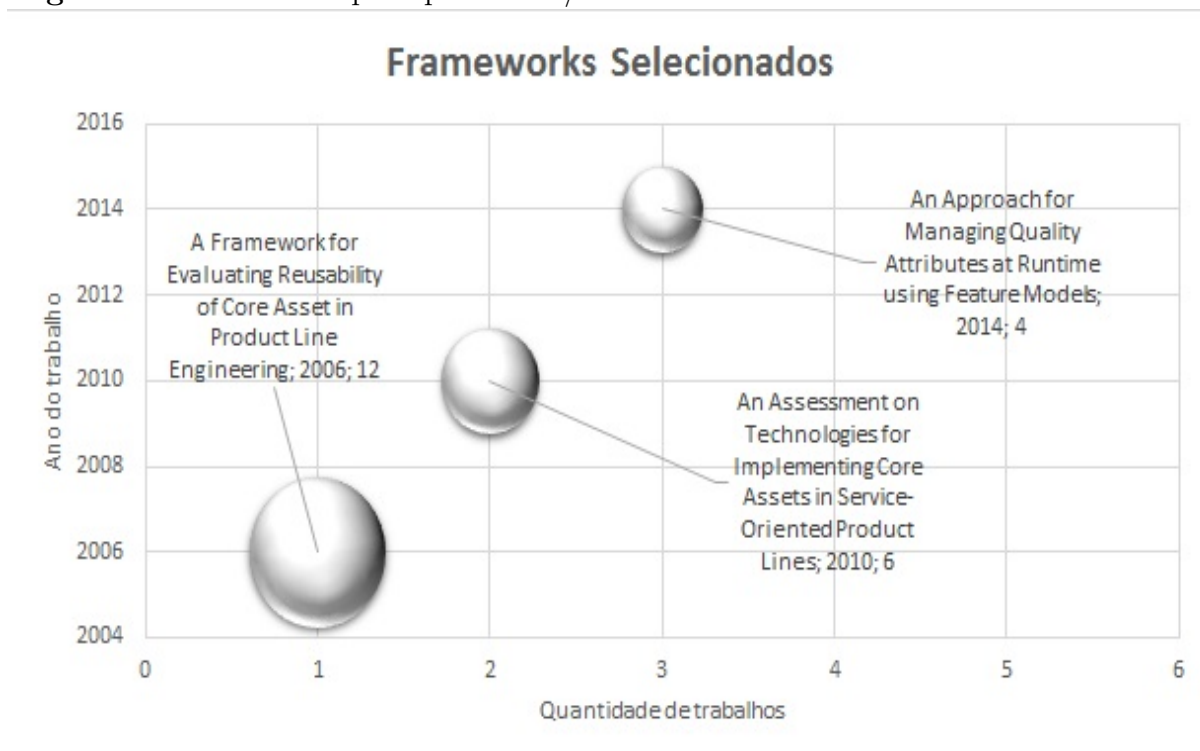
| ID | Título Trabalho | Framework Referenciado/Apresentado |
|-----|--|--|
| T5 | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | O próprio trabalho |
| T8 | Evolving Software Product Lines with Aspects: An Empirical Study on Design Stability | On the Maintainability of Aspect-Oriented Software: A Concern-Oriented Measurement Framework |
| T9 | How complex is my Product Line? The case for Variation Point Metrics | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering |
| T12 | An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines | ”On the Reuse and Maintenance of Aspect-Oriented Software: An Assessment Framework; O próprio trabalho |
| T16 | Concern-based Cohesion as Change Proneness Indicator: An Initial Empirical Study | On the Modularity of Software Architectures: A Concern-Driven Measurement Framework |
| T17 | Components meet aspects: Assessing design stability of a software product line | On the Reuse and Maintenance of Aspect-Oriented Software: An Assessment Framework |
| T24 | An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models | O próprio trabalho |

- *A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering;*
- *An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines;*
- *An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models.*

Os sete trabalhos selecionados apresentados na Tabela - 1.3 representam uma porcentagem aproximada de 29,16% do total de trabalhos selecionados. Essa porcentagem é reduzida ainda mais, visto que somente 3 trabalhos apresentam/descrevem *frameworks* diretamente relacionados com o contexto de LPS. Os outros trabalhos são estruturados para contextos diferentes de LPS.

Assim, o total de trabalhos relacionados com *frameworks* em LPS corresponde a 12,5%. Entende-se que essa porcentagem evidencia uma carência de trabalhos que considerem medidas e/ou métricas inseridas em estruturas mais sofisticadas, tal como *frameworks*, para auxílio em atividades de medição e/ou avaliação no contexto de LPS. A Figura - 1.4 a seguir, ilustra os três trabalhos que apresentam/referenciam *frameworks* diretamente relacionados com o contexto de LPS.

Figura 1.4: Trabalhos que Apresentam/Referenciam *Frameworks* no contexto de LPS.



Conforme pode ser observando na Figura - 1.4, três trabalhos foram considerados. Além de estarem relacionados com o contexto de LPS, tais trabalhos apresentam *frameworks* com medidas/métricas. É importante destacar que juntos, os três trabalhos contribuem com 22 medidas/métricas, recuperadas no MS. O tamanho das bolhas do gráfico está relacionado com a quantidade de medidas/métricas presentes no trabalho. Quanto maior for a quantidade, maior é a circunferência da bolha. Informações específicas sobre tais trabalhos podem ser encontradas em (Her et al., 2007); (Ribeiro et al., 2010); (Sánchez et al., 2014).

Apresentada a avaliação referente à *frameworks*, é importante analisar a avaliação realizada que considera Modelos de Qualidade. Alguns pesquisadores do grupo de pesquisa ao qual pertence o autor desse trabalho observaram uma suposta quantidade reduzida de trabalhos associados com Normas ou Modelos de Qualidade padronizados, tais como a ISO/IEC 9126 (ISO, 2001). Trabalhos associados com esses modelos e/ou normas padronizadas poderiam basear-se em conceitos e/ou atributos estabelecidos por uma ampla comunidade, responsável pela elaboração de tais documentos. Essa comunidade geralmente é composta por profissionais que atuam em diferentes locais, tais como universidades e empresas (Guerra e Colombo, 2009).

Diante disso, tal associação foi avaliada considerando os trabalhos selecionados. Posteriormente à avaliação, constatou-se que a observação sobre a quantidade reduzida de trabalhos associados com Normas ou Modelos de Qualidade padronizados estava correta. Apenas o trabalho ***A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering*** (Her et al., 2007) apresenta associação com o modelo ISO/IEC 9126. Esse trabalho apresenta um total de 12 medidas/métricas, que representam aproximadamente 5,35% do total de medidas/métricas recuperadas no MS. Tal valor evidencia uma possível oportunidade de pesquisa.

Além das análises envolvendo os trabalhos selecionados nesse MS, é importante destacar a quantidade de trabalhos como uma variável importante. Nesse estudo, entende-se que quanto mais trabalhos forem selecionados, mais representativas podem ser as análises, no que se refere ao estado da arte. Logo, para tentar incrementar o número de trabalhos, analisou-se as referências dos trabalhos selecionados. Além do incremento no número de trabalhos, a análise de referências pode auxiliar na descoberta de possíveis trabalhos importantes em uma determinada área de pesquisa. Essa técnica de análise das referências também é referenciada na literatura como *snowballing* (Kitchenham et al., 2015).

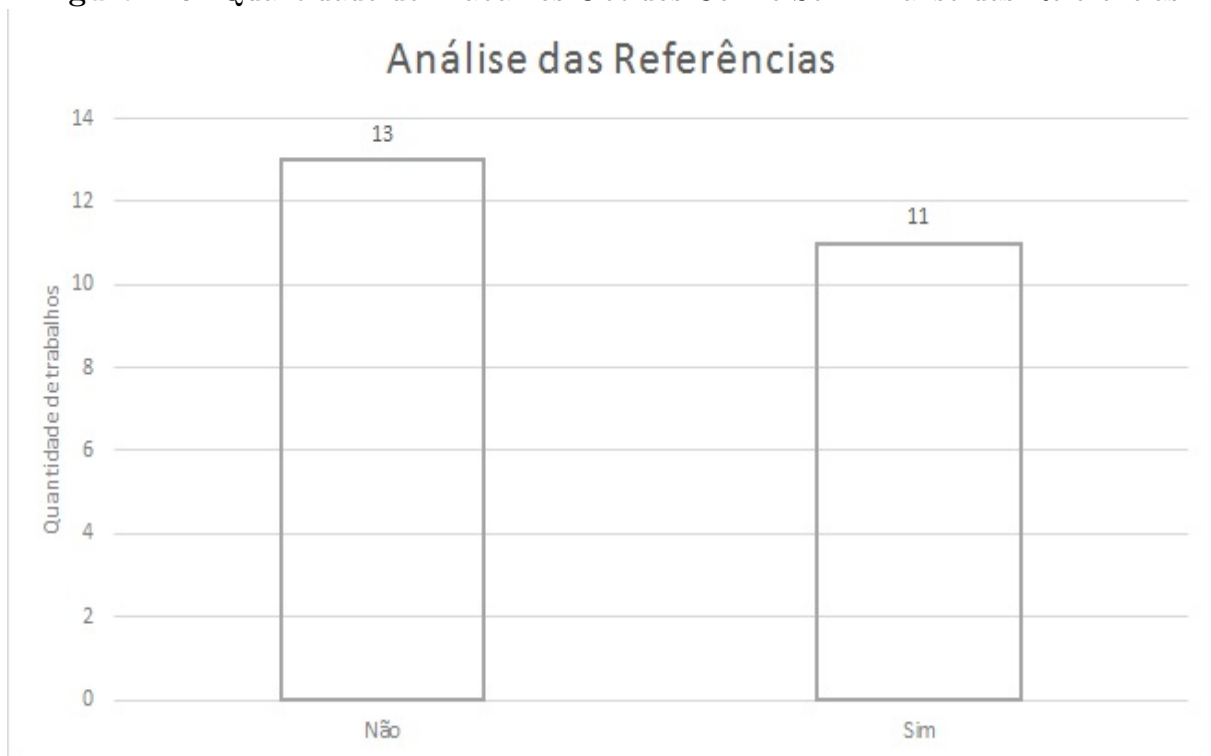
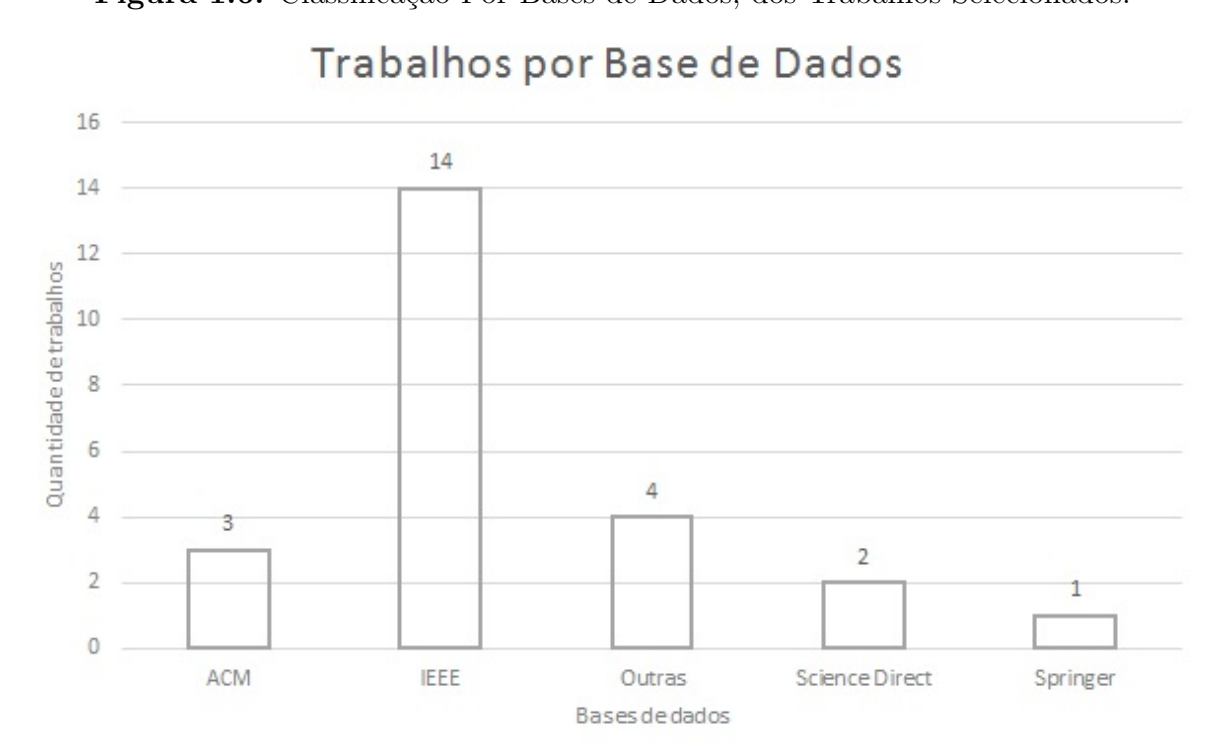
Nesse MS realizado, a análise das referências foi de suma importância. Isso pode ser observado pela quantidade de trabalhos recuperados e que foram selecionados. A Figura - 1.5 apresenta esses resultados.

Nesse gráfico, é possível observar que 11 trabalhos selecionados foram recuperados por meio da análise das referências. Isso possibilitou ampliar o escopo do MS. Vale destacar que 11 trabalhos representam aproximadamente 45,83% dos trabalhos selecionados nesse MS. Entende-se que tal porcentagem justifique a afirmação sobre a importância da análise das referências para esse estudo.

Ao realizar a análise das referências, recuperou-se trabalhos disponibilizados em bases de dados diferentes daquelas bases definidas inicialmente para o MS. Essas bases de dados foram agrupadas em uma categoria denominada Outras Bases de Dados. A Figura - 1.6 apresenta a quantidade de trabalhos selecionados por Base de Dado.

Ao observar a Figura - 1.6, nota-se que 14 trabalhos foram recuperados da base de dados IEEE, enquanto 4 trabalhos foram recuperados de outras bases de dados e 3 trabalhos foram obtidos da ACM. Por fim foram recuperados da *ScienceDirect* e *Springer* 2 e 1 trabalho respectivamente.

A partir das informações coletadas sobre os trabalhos selecionados no MS, as avaliações e análises foram realizadas. Essa seção apresentou os resultados de ambas. Na próxima subseção, são apresentadas informações das medidas/métricas recuperadas no MS.

Figura 1.5: Quantidade de Trabalhos Obtidos Com e Sem Análise das Referências.**Figura 1.6:** Classificação Por Bases de Dados, dos Trabalhos Selecionados.

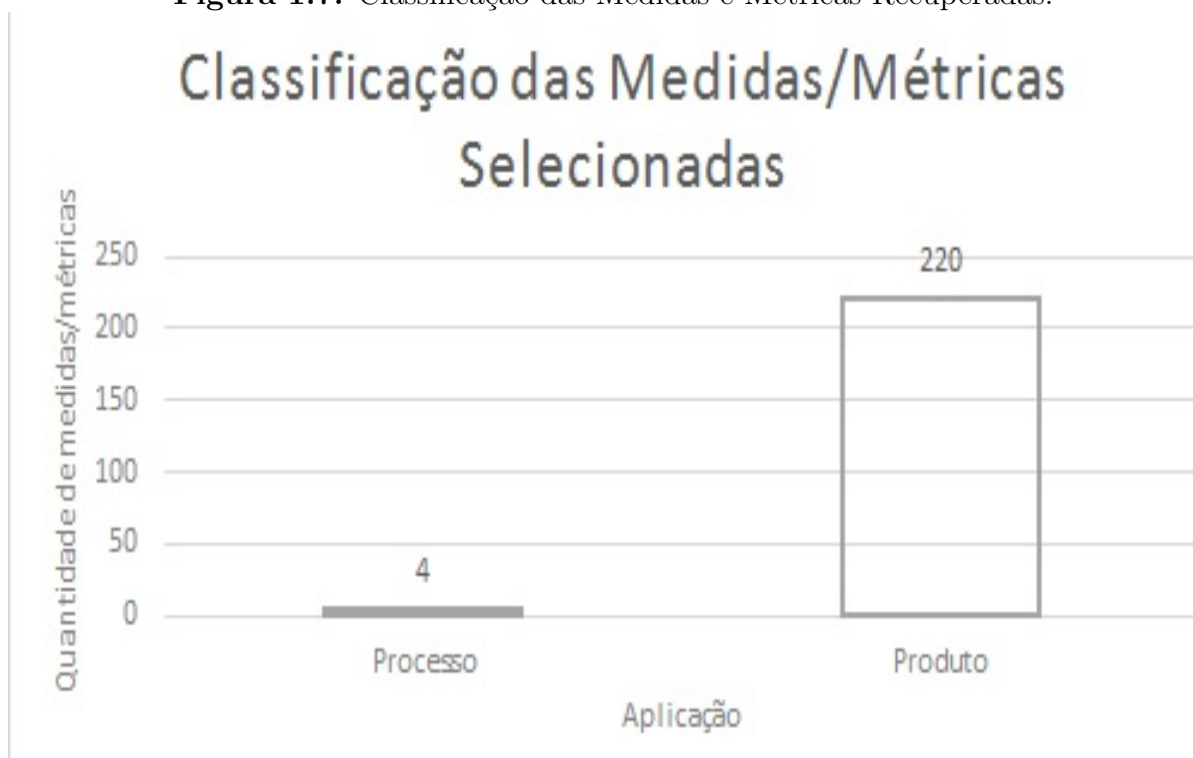
A.6.2 Informações sobre as Medidas e Métricas

Ao final da execução do MS, 224 medidas/métricas foram recuperadas. A avaliação e análise dessas medidas/métricas consideram os seguintes aspectos:

- Classificação quanto ao contexto de aplicação (produto, processo ou projeto);
- Presença em *frameworks*;
- Artefatos necessários à aplicação das medidas e métricas;
- Atributos considerados pelas medidas e métricas recuperadas;
- Classificação em medidas ou métricas;

Entende-se que a classificação quanto ao contexto de aplicação das medidas e métricas pode evidenciar tendências e novas oportunidades de pesquisa. A Figura - 1.7 apresenta os resultados dessa classificação.

Figura 1.7: Classificação das Medidas e Métricas Recuperadas.



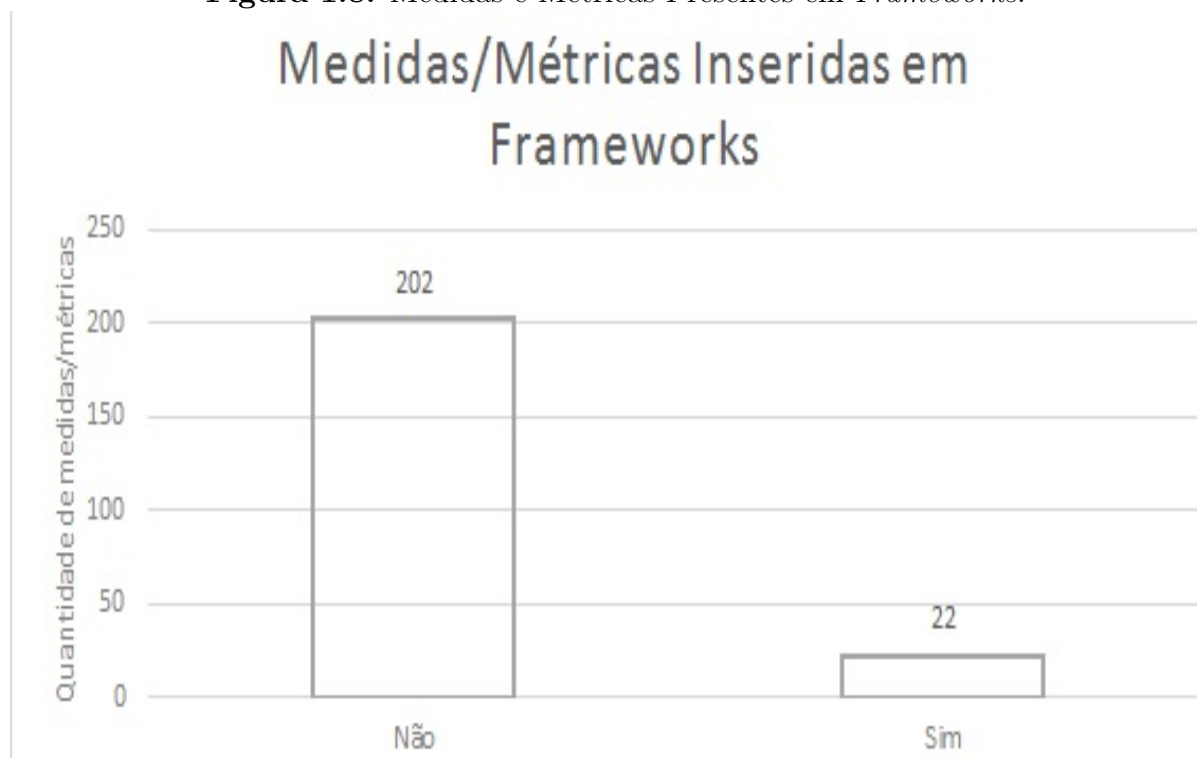
Observando a Figura - 1.7, verifica-se que a maioria das medidas/métricas recuperadas avaliam os artefatos relacionados ao produto. Apenas 4 medidas/métricas consideram

o processo de desenvolvimento. Com relação ao projeto de software, nenhuma medida/métrica foi recuperada.

Os resultados apresentados na Figura - 1.7 possibilitam observar tanto tendências, quanto oportunidades de pesquisa. Essas observações são essenciais para o mapeamento do estado da arte e contribuem para o direcionamento dos esforços futuros na área de pesquisa. Por exemplo, foi observado que aproximadamente 1,78% de todas as medidas/métricas recuperadas consideram o processo de desenvolvimento. Esse valor ilustra tanto uma tendência, de considerar medidas/métricas para produtos, quanto uma oportunidade de pesquisa, que seria a pesquisa e possível desenvolvimento de medidas/métricas que avaliem processos e projetos de desenvolvimento de software.

Uma vez realizada a classificação quanto ao contexto de aplicação, é importante avaliar o quanto tais medidas/métricas estão presentes em *frameworks*. A Figura - 1.8 apresenta tal resultado.

Figura 1.8: Medidas e Métricas Presentes em *Frameworks*.

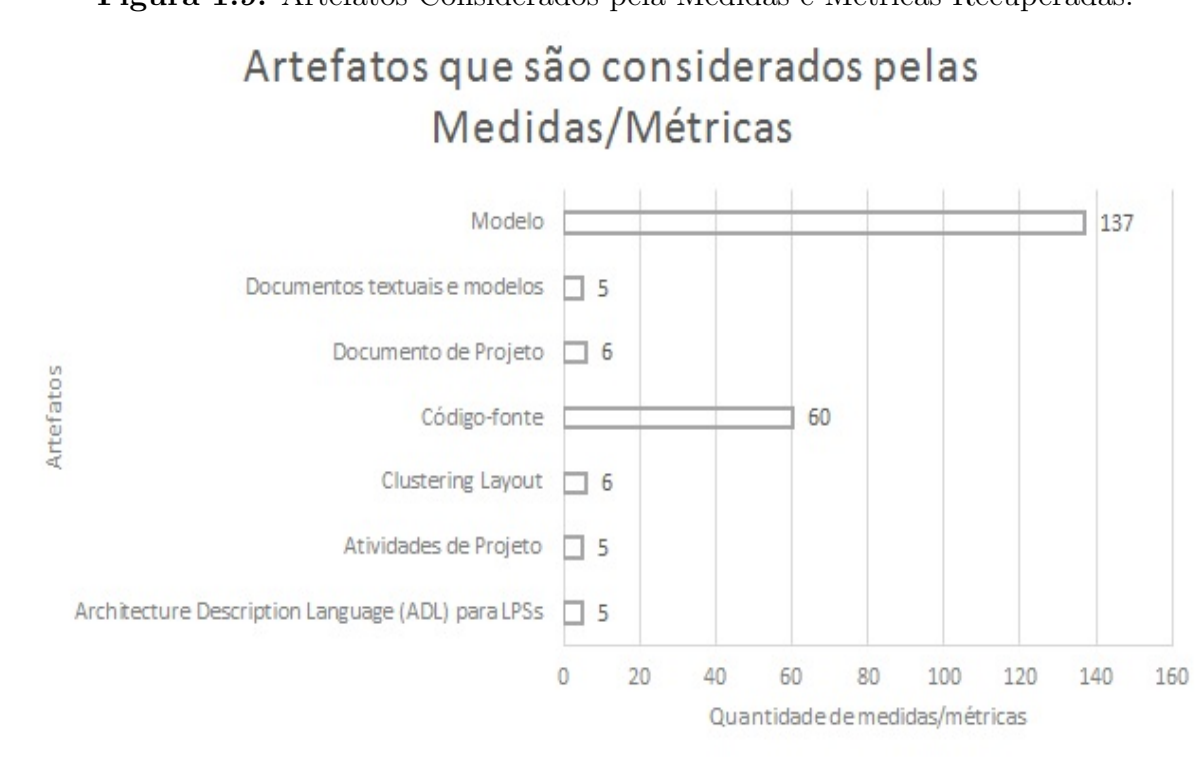


De acordo com a Figura - 1.8, 22 medidas/métricas estão presentes em *frameworks*. Esse número representa aproximadamente 9,82% do total de medidas/métricas recuperadas. Tal valor evidencia uma carência de *frameworks* que considerem medidas e métricas. Analisado por um outro referencial, é possível observar evidências sobre a carência de *frameworks* de medidas e métricas na literatura.

Analisando os resultados dos trabalhos que apresentam/referenciam *frameworks* e os resultados das medidas/métricas que estão presentes em *frameworks*, é possível estabelecer uma correlação. A existência de poucos trabalhos apresentando/referenciando *frameworks*, implica em poucas medidas/métricas presentes nos mesmos.

Outra avaliação a ser realizada por meio das informações coletadas no MS diz respeito aos artefatos utilizados na medição. Entende-se que a partir do artefato utilizado, é possível compreender em qual etapa do desenvolvimento de software as medidas/métricas são aplicadas. A Figura - 1.9 apresenta tais artefatos.

Figura 1.9: Artefatos Considerados pela Medidas e Métricas Recuperadas.



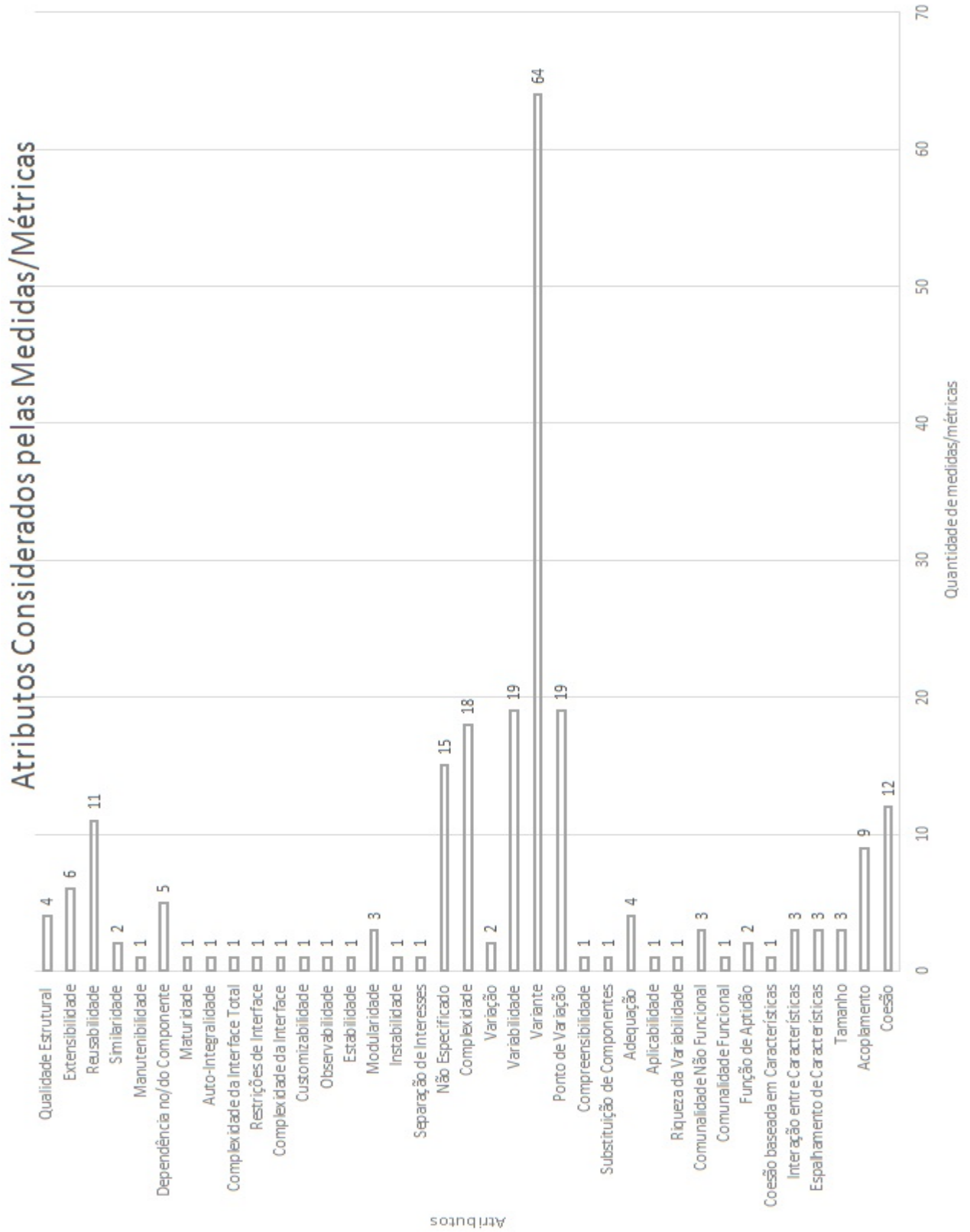
A maioria das medidas/métricas recuperadas, ou aproximadamente 61,16%, consideraram modelos como artefato principal. Em seguida, código-fonte foi o artefato mais considerado, por 60 medidas/métricas. Outros artefatos como documentos textuais e modelos (o conjunto de ambos os artefatos), documentos de projeto, *clustering layout*, atividades de projeto e ADLs para LPS apresentaram uma quantidade próxima de medidas e métricas, entre 5 e 6.

A recuperação de 137 medidas/métricas para modelo no MS evidencia que muitas avaliações são realizadas na etapa de projeto, onde decisões importantes, tais como a definição da arquitetura, são tomadas. É importante destacar também que alterações na etapa de projeto são mais fáceis e menos custosas, em comparação com as alterações

realizadas na etapa de implementação (Pressman, 2010). Tal situação colabora com o entendimento dos resultados obtidos.

Considerando os resultados obtidos com as análises realizadas, verificou-se que os atributos considerados pelas medidas e métricas também deveriam ser avaliados e analisados. Entende-se que tais atributos possam ajudar a explicar porque somente 12 medidas/métricas recuperadas no MS estão associadas com Normas ou Modelos de Qualidade padronizados (contidas no trabalho de (Her et al., 2007)). A Figura - 1.10 apresenta tais atributos.

Figura 1.10: Atributos das Medidas e Métricas Recuperadas no MS.

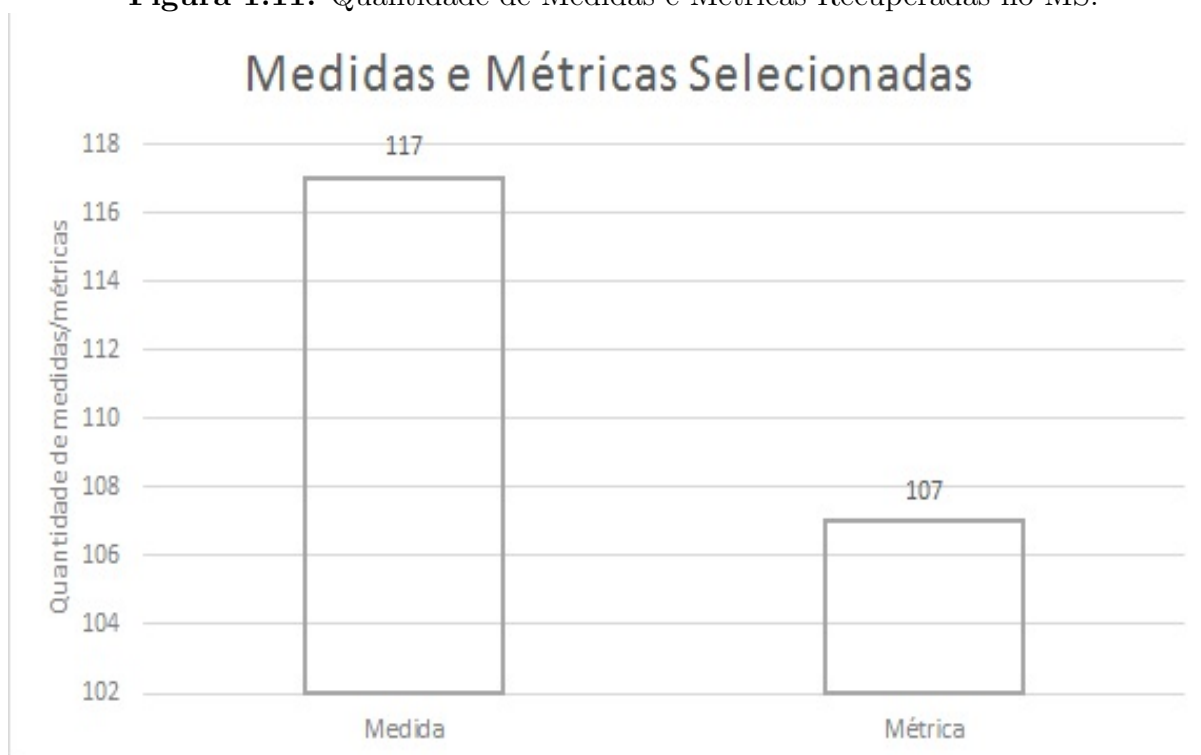


Na Figura - 1.10, é possível observar os atributos das medidas/métricas recuperadas. Foram observados 37 atributos diferentes. Esses atributos descrevem tanto atributos de *design* de software, como coesão e acoplamento, quanto conceitos característicos de LPS, como variabilidades, pontos de variação e variantes. Especificamente sobre esses conceitos, observou-se que os mesmos representam os atributos de 102 medidas/métricas.

Outra observação importante diz respeito à associação com atributos de normas e/ou modelos de qualidade padronizados. Observou-se que muitos atributos das medidas/métricas recuperadas não correspondem diretamente à atributos e/ou subatributos de Normas ou Modelos de Qualidade, como a ISO/IEC 9126 (ISO, 2001) por exemplo. Diante disso, é possível compreender o número reduzido de medidas/métricas associadas com Normas ou Modelos de Qualidade padronizados.

A última análise realizada nessa subseção apresenta a classificação separadamente as medidas e métricas recuperadas no MS. Tal análise foi realizada com o propósito de saber a quantidade de medidas e a quantidade de métricas especificamente. Os conceitos de medida e métrica são diferentes, mesmo que ocasionalmente, venham a ser utilizadas como sinônimos. A Figura - 1.11 apresenta os resultados dessa análise.

Figura 1.11: Quantidade de Medidas e Métricas Recuperadas no MS.



Os resultados apresentados na Figura - 1.11 ilustram o equilíbrio entre a quantidade de medidas e métricas recuperadas. O número maior de medidas sugere que mais operações

de contagem, características das medidas, tenham sido consideradas nos trabalhos selecionados. Considerando a execução do MS e os resultados apresentados pela Figura - 1.11, foi observado que muitos trabalhos utilizam medidas apresentadas como métricas. Isso pode evidenciar uma certa dificuldade em compreender a diferença entre medidas e métricas.

A partir das informações coletadas sobre as medidas/métricas recuperadas no MS, as avaliações e análises foram realizadas. Essa subseção apresentou os resultados de ambas. Na próxima subseção, são apresentados os resultados da meta-análise realizada, considerando os trabalhos selecionados no MS.

A.6.3 Meta-Análise Realizada

Realizadas as análises dos trabalhos e das medidas/métricas, foi realizada uma meta-análise. Essa atividade foi realizada com o propósito de identificar trabalhos relevantes, por meio da verificação das referências entre os trabalhos. Foi verificado para cada trabalho selecionado no MS, o conjunto de trabalhos que o referenciavam, também selecionados no MS. A Tabela - 1.4 apresenta tais resultados.

É possível observar com a Tabela - 1.4, que para cada trabalho (cada linha da tabela), o número de trabalhos em que tal trabalho é referenciado. O trabalho *Evolving Software Product Lines with Aspects: An Empirical Study on Design Stability?* por exemplo, foi referenciado em outros 7 trabalhos selecionados no MS, evidenciando a importância de tal trabalho na área de pesquisa.

A Tabela - 1.4 apresenta somente os trabalhos que foram referenciados por outros trabalhos selecionados no MS. Logo, aqueles trabalhos que não foram referenciados dessa maneira, não foram inseridos na tabela. Complementando a análise apresentada pela Tabela - 1.4, a Figura - 1.12 apresenta o grafo de relacionamento entre os trabalhos referenciados, considerando o conjunto de trabalhos selecionados no MS.

As informações contidas no grafo de relacionamento também estão representadas na Tabela - 1.4.

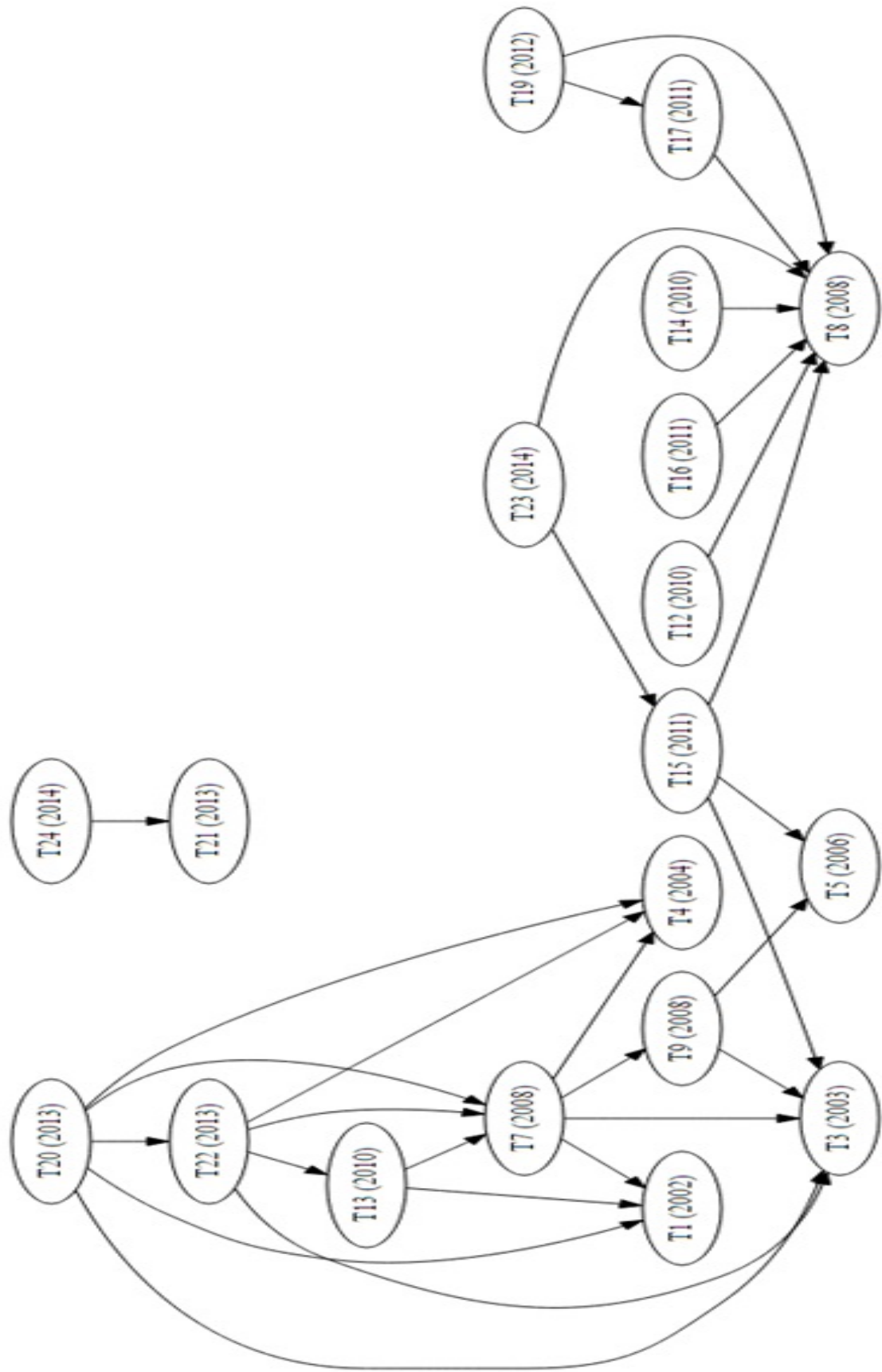
Tabela 1.4: Referências entre os Trabalhos Selecionados.

| Título Trabalho | Ano de Publicação | Trabalhos |
|---|-------------------|--|
| Measuring Product Line Architectures (T1) | 2002 | Empirical Validation of Complexity and Extensibility Metrics for Software Product Line Architectures (T13); Towards Validating Complexity-Based Metrics for Software Product Line Architectures (T20); A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation (T7). |
| Using Service Utilization Metrics to Assess the Structure of Product Line Architectures (T3) | 2003 | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study (T15); Towards Validating Complexity-Based Metrics for Software Product Line Architectures (T20); A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation (T7); How Complex is my Product Line? The case for Variation Point Metrics (T9); Systematic Evaluation of software Product Line Architectures (T22). |
| Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture (T4) | 2004 | Towards Validating Complexity-Based Metrics for Software Product Line Architectures (T20); A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation (T7); Systematic Evaluation of Software Product Line Architectures (T22). |
| A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering (T5) | 2006 | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study (T15); How complex is my Product Line? The case for Variation Point Metrics (T9). |
| How Complex is My Product Line? The Case for Variation Point Metrics (T9) | 2008 | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation (T7). |

| | | |
|---|------|---|
| A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation (T7) | 2008 | Empirical Validation of Complexity and Extensibility Metrics for Software Product Line Architectures (T13); Towards Validating Complexity-Based Metrics for Software Product Line Architectures (T20); Systematic Evaluation of software product line architectures (T22). |
| Evolving Software Product Lines with Aspects: An Empirical Study on Design Stability (T8) | 2008 | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization (T23); An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Line (T12); Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study (T15); On the Proactive Design of Product-Line Architectures with Aspects: An Exploratory Study (T19); Concern-based cohesion as change proneness indicator: An Initial Empirical Study (T16); Assessment of product derivation tools in the evolution of software product lines: An Empirical Study (T14); Components meet aspects: Assessing design stability of a software product line (T17). |
| Empirical Validation of Complexity and Extensibility Metrics for Software Product Line Architectures (T13) | 2010 | Systematic Evaluation of Software Product Line architectures (T22). |
| Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study (T15) | 2011 | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization (T23). |

| | | |
|--|------|---|
| Components meet Aspects: Assessing Design Stability of a Software Product Line (T17) | 2011 | On the Proactive Design of Product-Line Architectures with Aspects: an Exploratory Study (T19). |
| Metrics on Feature Models to Optimize Configuration Adaptation at Run Time (T21) | 2013 | An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models (T24). |
| Systematic Evaluation of Software Product Line Architectures (T22) | 2013 | Towards Validating Complexity-Based Metrics for Software Product Line Architectures (T20). |

Figura 1.12: Grafo de Relacionamento entre os Trabalhos Seleccionados no MS.



A.6.4 Tabelas - Trabalhos e Medidas e Métricas

Nessa subseção, são apresentados a lista do Trabalhos Seleccionados e a lista da Medidas e Métricas Recuperadas no MS.

Tabela 1.5: Trabalhos Seleccionados no MS.

| ID | Título do Trabalho | Ano de Publicação | Autores | Classificação Wieringa | Base de Dados em que foi Encontrado |
|----|---|-------------------|---|------------------------|-------------------------------------|
| T1 | Measuring Product Line Architectures | 2002 | Ebru Dincel; Nenad Medvidovic; André van der Hoek | Proposal of Solution | Springer |
| T2 | Goal-oriented assessment of product-line domains | 2003 | Birgit Geppert; David M. Weiss | Evaluation search | IEEE |
| T3 | Using Service Utilization Metrics to Assess the Structure of Product Line Architectures | 2003 | André van der Hoek; Ebru Dincel; Nenad Medvidovic | Evaluation search | IEEE |
| T4 | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | 2004 | Asim Rahman | Evaluation search | Outra |
| T5 | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asst in Product Line Engineering | 2006 | Jin Sun Her; Ji Hyeok Kim; Sang Hun Oh; Sung Yul Rhew; Soo Dong Kim | Evaluation search | Science Direct |

| | | | | | |
|-----|--|------|--|----------------------------|-------|
| T6 | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | 2008 | Tao Zhang; Lei Deng; Jian Wu; Qiaoming Zhou; Chunyan Ma | Personal Experience Papers | IEEE |
| T7 | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | 2008 | Edson Oliveira Jr; Itana M. S. Gímenes; José Carlos Maldonado | Proposal of Solution | Outra |
| T8 | Evolving Software Product Lines with Aspects: An Empirical Study on Design Stability | 2008 | Eduardo Figueiredo; Nelio Caicho; Claudio Sant'Anna; Mario Monteiro; Uira Kulesza; Alessandro Garcia; Sergio Soares; Fabiano Ferrari; Safoora Khan; Fernando Filho; Francisco Dantas | Evaluation Research | ACM |
| T9 | How complex is my Product Line? The case for Variation Point Metrics | 2008 | Roberto E. Lopez-Herrejon; Salvador Trujillo | Evaluation Research | Outra |
| T10 | Measuring Non-functional Properties in Software Product Lines for Product Derivation | 2008 | Norbert Siegmund; Marko Rosenmuller; Martin Kuhlemann; Christian Kastner; Gunter Saake | Evaluation Research | IEEE |
| T11 | Quantifying Maintainability in Feature Oriented Product Lines | 2008 | Gentzane Aldekoa; Salvador Trujillo; Goiuria Sagardui; Oscar Díaz | Personal Experience Papers | IEEE |

| | | | | | |
|-----|---|------|--|---------------------|------|
| T12 | An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines | 2010 | Heberth Braga G. Ribeiro; Silvio Romero de Lemos Meira; Eduardo Santana de Almeida; Daniel Lucrédio; Alexandre Álvaro; Vander Alves; Vinicius Cardoso Garcia | Evaluation Research | IEEE |
| T13 | Empirical Validation of Complexity and Extensibility Metrics for Software Product Line Architectures | 2010 | Edson Oliveira Jr; José C. Maldonado; Itana M. S. Gimenes | Validation Research | IEEE |
| T14 | Assessment of product derivation tools in the evolution of software product lines: An Empirical Study | 2010 | Mário Torres; Uirá Kulesza; Matheus Sousa; Thais Batista; Leopoldo Teixeira; Paulo Borba; Rosana Braga; Paulo Masiero; El-der Cirilo; Carlos Lucena | Evaluation Research | ACM |
| T15 | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study | 2011 | Sven Apel; Dirk Beyer | Evaluation Research | IEEE |
| T16 | Concern-based cohesion as change proneness indicator: An Initial Empirical Study | 2011 | Bruno C. da Silva; Cláudio Sant'Anna; Christina Chavez | Validation Research | ACM |

| T17 | Components meet aspects: Assessing design stability of a software product line | 2011 | Leonardo P. Tizzei; Marcelo Dias; Cecília M. F. Rubira; Alessandro Garcia; Jaejoon Lee | Validation Research | Science Direct | | |
|-----|--|------|--|---------------------|----------------|--|--|
| T18 | An Experimental Study to Evaluate a SPL Architecture Regression Testing Approach | 2012 | Paulo Anselmo da Mota Silveira Neto; Ivan do Carmo Machado; Yguarata Cerqueira Cavalcanti; Eduardo Santana de Almeida; Vinicius Cardoso Garcia; Silvio Romero de Lemos Meira | Validation Research | IEEE | | |
| T19 | On the Proactive Design of Product-Line Architectures with Aspects: an Exploratory Study | 2012 | Willian N. Oizumi; Antonio C. Contieri Junior; Guilherme G. Correia; Thelma E. Colanzi; Sandra Ferrari; Itana M. S. Gimenes; Edson OliveiraJr; Alessandro Fabricio Garcia; Paulo Cesar Masiero | Evaluation Research | IEEE | | |
| T20 | Towards Validating Complexity-Based Metrics for Software Product Line Architectures | 2013 | Anderson Marcolino; Edson OliveiraJr; Itana Gimenes; Tayana U. Conte | Validation Research | IEEE | | |
| T21 | Metrics on Feature Models to Optimize Configuration Adaptation at Run Time | 2013 | Luis Emiliano Sanchez; Sabine Moisan; Jean-Paul Rigault | Validation Research | IEEE | | |

| | | | | | | |
|-----|---|------|--|-------------------|-------|-------|
| T22 | Systematic evaluation of software product line architectures | 2013 | Edson Oliveira Jr; Itana M. S. Gímenes; José C. Maldonado; Paulo C. Masiero; Leonor Barroca | Evaluation search | Re- | Outra |
| T23 | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | 2014 | Thelma Elita Colanzi e Silvia Regina Vergilio | Validation arch | Rese- | IEEE |
| T24 | An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models | 2014 | Luis Emiliano Sánchez; J. Andrés Díaz-Face; Alejandro Zunino; Sabine Moisan; Jean-Paul Rigault | Evaluation search | Re- | IEEE |

Tabela 1.6: Medidas e Métricas recuperadas no MS.

| ID | Medida/Métrica | Título do Artigo | Tipo de Medida/Métrica | Artefato Medido/Avaliado | Atributo |
|----|--|---|------------------------|--------------------------|-------------|
| M1 | Relational Cohesion (H) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Coesão |
| M2 | Dependency of Packages (DepPack) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M3 | ClassDependencyIn (CDepIn) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M4 | ClassDependencyOut (CDepOut) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M5 | DependencyIn (DepIn) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M6 | DependencyOut (DepOut) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M7 | Number of Operations by Interface (NumOps) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Tamanho |

| | | | | | |
|-----|--|---|---------|--------------|-----------------------------------|
| M8 | Feature Diffusion over Architectural Components (CDAC) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Espalhamento de Características |
| M9 | Feature Diffusion over Architectural Interfaces (CDAI) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Espalhamento de Características |
| M10 | Feature Diffusion over Architectural Operations (CDAO) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Espalhamento de Características |
| M11 | Component-level Interlacing Between Features (CIBC) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Interação entre Características |
| M12 | Interface-level Interlacing Between Features (IIBC) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Interação entre Características |
| M13 | Operation-level Overlapping Between Features (OOBC) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Interação entre Características |
| M14 | Lack of Feature-based Cohesion (LCC) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Coesão baseada em Características |
| M15 | Conventional Metrics (CM) | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Função de Aptidão |

| | Feature-driven Metrics (FM) | Metrics | A Feature-Driven Crossover Operator for Product Line Architecture Design Optimization | Produto | Código-fonte | Função de Aptidão |
|-----|----------------------------------|---------|---|---------|--------------|--------------------------|
| M16 | Functional Coverage (FC) | | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Comunalidade Funcional |
| M17 | Architectural Commonality (AC) | | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Comunalidade Funcional |
| M18 | Non-Functional Coverage (NC) | | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Comunalidade Funcional |
| M19 | Non-Functional Commonality (NFC) | | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Comunalidade Funcional |
| M20 | Coverage of Variability (CV) | | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Riqueza da Variabilidade |
| M21 | Cumulative Applicability (CA) | | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Aplicabilidade |
| M22 | Effectiveness of Tailoring (ET) | | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Adequação |

| | | | | | |
|-----|--|--|---------|--------|-----------------------------|
| M24 | Tailorability of Closed variability (TC) | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Adequação |
| M25 | Tailorability of Open variability (TO) | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Adequação |
| M26 | Tailorability (TL) | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Adequação |
| M27 | Component Compliance (CC) | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Substituição de Componentes |
| M28 | Overall Understandability (OU) | A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering | Produto | Modelo | Compreensibilidade |
| M29 | UseCaseVP | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M30 | UseCaseAlternativeOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M31 | UseCaseAlternativeXOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M32 | UseCaseOptional | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |

| | | | | | |
|-----|-----------------------------|---|---------|--------|-------------------|
| M33 | UseCaseMandatory | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M34 | UseCaseNumVariantsAltOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M35 | UseCaseNumVariantsAltXOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M36 | UseCaseNumVariantsOptional | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M37 | UseCaseNumVariantsMandatory | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M38 | ClassVP | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M39 | ClassAlternativeOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M40 | ClassAlternativeXOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M41 | ClassOptional | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M42 | ClassMandatory | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M43 | ClassNumVariantsAltOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M44 | ClassNumVariantsAltXOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |

| | | | | | |
|-----|----------------------------|---|---------|--------|-------------------|
| M45 | ClassNumVariantsOptional | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M46 | ClassNumVariantsMandatory | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M47 | UseCaseTotalVP | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M48 | UseCaseTotalAlternativeOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M49 | UseCaseTotalAlternativeXOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M50 | UseCaseTotalOptional | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M51 | UseCaseTotalMandatory | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M52 | UseCaseTotalVariabilities | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M53 | ClassTotalVP | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M54 | ClassTotalAlternativeOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M55 | ClassTotalAlternativeXOR | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M56 | ClassTotalOptional | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |

| | | | | | |
|-----|-----------------------------|---|---------|--------|---------------|
| M57 | ClassTotalMandatory | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variante |
| M58 | ClassTotalVariabilities | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M59 | ComponentTotalVariabilities | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M60 | UseCaseTotalPLVariabilities | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M61 | ClassTotalPLVariabilities | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M62 | PLTotalVariability | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M63 | ComponentVariable | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Variação |
| M64 | CompVariant | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Complexidade |
| M65 | CompVP | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Complexidade |
| M66 | CompVariability | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Complexidade |
| M67 | CompPL | A Metric Suite to Support Software Product Line Architecture Evaluation | Produto | Modelo | Complexidade |

| | | | | | |
|-----|--|--|---------|--------------|-------------------------|
| M68 | Addition | An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models | Produto | Modelo | Não Especificado |
| M69 | Product | An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models | Produto | Modelo | Não Especificado |
| M70 | Maximum | An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models | Produto | Modelo | Não Especificado |
| M71 | Minimum | An Approach for Managing Quality Attributes at Runtime using Feature Models | Produto | Modelo | Não Especificado |
| M72 | Weighted Operations per Component or Service (WOCS) | An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines | Produto | Código-fonte | Tamanho |
| M73 | Cyclomatic Complexity (CC) | An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines | Produto | Código-fonte | Tamanho |
| M74 | Concern Diffusion over Components or Services (CDCS) | An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines | Produto | Código-fonte | Separação de Interesses |
| M75 | Instability Metric for Service or Component (IMSC) | An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines | Produto | Código-fonte | Instabilidade |

| | | | | | |
|-----|--|---|----------|-------------------------------|------------------|
| M76 | Couplin Between Components or Services (CBCS) | An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M77 | Lack of Cohesion over Operations (LCOO) | An Assessment on Technologies for Implementing Core Assets in Service-Oriented Product Lines | Produto | Código-fonte | Coesão |
| M78 | Effort to Apply the Approach (EAA) | An Experimental Study to Evaluate a SPL Architecture Regression Testing Approach | Processo | Atividades de Projeto | Não Especificado |
| M79 | Approach Understanding and Application Difficulties (AUAD) | An Experimental Study to Evaluate a SPL Architecture Regression Testing Approach | Processo | Atividades de Projeto | Não Especificado |
| M80 | Activities, Roles and Artifacts Missing (ARAM) | An Experimental Study to Evaluate a SPL Architecture Regression Testing Approach | Processo | Atividades de Projeto | Não Especificado |
| M81 | Number of Defects (ND) | An Experimental Study to Evaluate a SPL Architecture Regression Testing Approach | Produto | Atividades de Projeto | Não Especificado |
| M82 | Number of Tests Correctly Classified (NTCC) | An Experimental Study to Evaluate a SPL Architecture Regression Testing Approach | Processo | Atividades de Projeto | Não Especificado |
| M83 | Metric Scattering | Assessment of product derivation tools in the evolution of software product lines: An Empirical Study | Produto | Documentos textuais e modelos | Modularidade |

| | | | | | |
|-----|---|---|---------|-------------------------------|--------------|
| M84 | Metric Tangling | Assessment of product derivation tools in the evolution of software product lines: An Empirical Study | Produto | Documentos textuais e modelos | Modularidade |
| M85 | Number of Tokens in CK Sentence Expressions | Assessment of product derivation tools in the evolution of software product lines: An Empirical Study | Produto | Documentos textuais e modelos | Complexidade |
| M86 | Number of CK Sentence Expressions | Assessment of product derivation tools in the evolution of software product lines: An Empirical Study | Produto | Documentos textuais e modelos | Complexidade |
| M87 | Stability Metric | Assessment of product derivation tools in the evolution of software product lines: An Empirical Study | Produto | Documentos textuais e modelos | Estabilidade |
| M88 | Lack of Concern-based Cohesion (LCC) | Concern-based cohesion as change process indicator: An Initial Empirical Study | Produto | Código-fonte | Coesão |
| M89 | Coupling Between Objects (CBO) | Concern-based cohesion as change process indicator: An Initial Empirical Study | Produto | Código-fonte | Coesão |
| M90 | Lack of Cohesion in Methods (LCOM) | Concern-based cohesion as change process indicator: An Initial Empirical Study | Produto | Código-fonte | Coesão |
| M91 | Number of Changes | Concern-based cohesion as change process indicator: An Initial Empirical Study | Produto | Código-fonte | Coesão |

| | | | | | |
|------|---|--|---------|----------------------|------------------|
| M92 | Internal-ratio Feature Dependency (IFD) | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study | Produto | Clustering Layout | Coesão |
| M93 | External-ratio Feature Dependency (EFD) | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study | Produto | Clustering Layout | Coesão |
| M94 | Distance-based Internal-ratio Feature Dependency (IFDw) | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study | Produto | Clustering Layout | Coesão |
| M95 | Distance-based External-ratio Feature Dependency (EFDw) | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study | Produto | Clustering Layout | Coesão |
| M96 | Normalized Average Radius (NAR) | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study | Produto | Clustering Layout | Coesão |
| M97 | Normalized Maximum Radius (NMR) | Feature Cohesion in Software Product Lines: An Exploratory Study | Produto | Clustering Layout | Coesão |
| M98 | Active Domains (Act) | Goal-oriented assessment of product-line domains | Produto | Documento de Projeto | Não Especificado |
| M99 | Revenue-Producing Domains (Rev) | Goal-oriented assessment of product-line domains | Produto | Documento de Projeto | Não Especificado |
| M100 | Independent Domains (Ind) | Goal-oriented assessment of product-line domains | Produto | Documento de Projeto | Não Especificado |
| M101 | Viable Domains (Via) | Goal-oriented assessment of product-line domains | Produto | Documento de Projeto | Não Especificado |
| M102 | Corporate Impact | Goal-oriented assessment of product-line domains | Produto | Documento de Projeto | Não Especificado |

| | | | | | |
|------|--|--|---------|----------------------|---------------------------------|
| M103 | Likelihood of Success | Goal-oriented assessment of product-line domains | Produto | Documento de Projeto | Não Especificado |
| M104 | Observability | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Observabilidade |
| M105 | Customizability | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Customizabilidade |
| M106 | Interface Complexity | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Complexidade da Interface |
| M107 | Interface Constraints | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Restrições de Interface |
| M108 | Interface Packaging and Configurations | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Complexidade da Interface Total |
| M109 | Self-Completeness | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Auto-Integralidade |
| M110 | Modularity | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | Produto | Modelo | Modularidade |
| M111 | Maturity of a Software Component | Metrics for the Structural Assessment of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Maturidade |
| M112 | Afferent Coupling (Ca) | On the Proactive Design of Product-Line Architectures with Aspects: an Exploratory Study | Produto | Modelo | Dependência no/do Componente |
| M113 | Efferent Coupling (Ce) | On the Proactive Design of Product-Line Architectures with Aspects: an Exploratory Study | Produto | Modelo | Dependência no/do Componente |

| | | | | | | |
|------|--|--|---------|---|------------------------|-------|
| M114 | Instability (I) | On the Proactive Design of Product-Line Architectures with Aspects: an Exploratory Study | Produto | Modelo | Dependência Componente | no/do |
| M115 | Abstraction (A) | On the Proactive Design of Product-Line Architectures with Aspects: an Exploratory Study | Produto | Modelo | Dependência Componente | no/do |
| M116 | Distance of Main Sequence (D) | On the Proactive Design of Product-Line Architectures with Aspects: an Exploratory Study | Produto | Modelo | Dependência Componente | no/do |
| M117 | Maintainability Index (MI) | Quantifying Maintainability in Feature Oriented Product Lines | Produto | Código-fonte | Manutenibilidade | |
| M118 | Number of Common Components (Cc) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Architecture Description Language (ADL) para LPSs | Similaridade | |
| M119 | Number of Variable Components (Cv) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Architecture Description Language (ADL) para LPSs | Variabilidade | |
| M120 | Structure Similarity Coefficient (SSC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Architecture Description Language (ADL) para LPSs | Similaridade | |
| M121 | Variability Points Number (VP) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Architecture Description Language (ADL) para LPSs | Variabilidade | |

| | Number of Independent Variability Points (IVP) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Architecture Description Language (ADL) para LPSs | Variabilidade |
|------|--|---|---------|---|---------------|
| M122 | Strong Coupling Coefficient (SCC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M123 | Number of Weak Coupling Variability Points (CVP) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M124 | Weak Coupling Coefficient (WCC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Acoplamento |
| M125 | Structure Variability Coefficient (SVC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Variabilidade |
| M126 | Architecture Variability (AV) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Variabilidade |
| M127 | Component Reuse Rate (CRR) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M128 | Reuse Benefit Rate (RBR) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M129 | Lines of Code of Component (Size(Cj)) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M130 | Lines of Code of All Components (Sum Size(Cj)) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M131 | Interior Information Flow Complexity (IIFC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Complexidade |

| | | | | | |
|------|--|---|---------|--------------|---------------|
| M133 | Number of All Common Interior Information Flow Arcs (Icom) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M134 | Weighted Number of All Variable Interior Information Flow Arcs (Ivar) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M135 | Exterior Information Flow Complexity (EIFC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Complexidade |
| M136 | Number of All Common Exterior Information Flow Arcs (Ccom) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M137 | Weighted Number of All Variable Exterior Information Flow Arcs (Cvar) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M138 | Weighted Number of All Dynamic Exterior Information Flow Arcs (Dyn) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M139 | PLA-IFG Vertex Complexity (PVC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Complexidade |
| M140 | Number of all ports of common components and roles of common connectors (Vcom) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |

| | | | | | |
|------|---|---|---------|--------------|-----------------|
| M141 | Number of all ports of variable components and roles of variable connectors ($Wv * Vvar$) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Reusabilidade |
| M142 | PLA-IFG Information Flow Complexity (PIFC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Complexidade |
| M143 | PLA-IFG Total Complexity (PTC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Complexidade |
| M144 | PLA-IFG Cyclomatic Complexity (PCC) | Some Metrics for Accessing Quality of Product Line Architecture | Produto | Código-fonte | Complexidade |
| M145 | CompInterface | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Complexidade |
| M146 | CompClass | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Complexidade |
| M147 | CompVarPointClass | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Complexidade |
| M148 | CompVariabilityClass | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Complexidade |
| M149 | CompVarComponent | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Complexidade |
| M150 | CompPLA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Complexidade |
| M151 | ExtensInterface | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Extensibilidade |

| | | | | | |
|------|------------------------|--|---------|--------|-------------------|
| M152 | ExtensClass | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Extensibilidade |
| M153 | ExtensVarPointClass | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Extensibilidade |
| M154 | ExtensVariabilityClass | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Extensibilidade |
| M155 | ExtensVarComponent | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Extensibilidade |
| M156 | ExtensPLA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Extensibilidade |
| M157 | ITF_ITF_VPT_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M158 | ITF_ITF_INC_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M159 | ITF_ITF_EXC_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M160 | ITF_ITF_OPT_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M161 | ITF_ITF_MND_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M162 | ITF_ITF_INC_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M163 | ITF_ITF_EXC_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |

| | | | | | |
|------|---------------------|--|---------|--------|-------------------|
| M164 | ITF_ITF_OPT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M165 | ITF_ITF_MND_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M166 | ITF_ITF_VPT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M167 | ITF_CLS_BAS_INC_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M168 | ITF_CLS_BAS_EXC_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M169 | ITF_CLS_BAS_OPT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M170 | ITF_CLS_BAS_MND_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M171 | ITF_CLS_BAS_VPT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M172 | CLS_CLS_BAS_VPT_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M173 | CLS_CLS_BAS_INC_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M174 | CLS_CLS_BAS_EXC_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M175 | CLS_CLS_BAS_OPT_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |

| | | | | | |
|------|---------------------|--|---------|--------|-------------------|
| M176 | CLS_CLS_BAS_MND_ISA | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M177 | CLS_CLS_BAS_INC_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M178 | CLS_CLS_BAS_EXC_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M179 | CLS_CLS_BAS_OPT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M180 | CLS_CLS_BAS_MND_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M181 | CLS_CLS_BAS_VPT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M182 | CLS_ITF_BAS_INC_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M183 | CLS_ITF_BAS_EXC_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M184 | CLS_ITF_BAS_OPT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M185 | CLS_ITF_BAS_MND_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M186 | CLS_ITF_BAS_VPT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M187 | CPT_CPT_BAS_VTN_HAS | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Varição |

| | | | | | |
|------|---------------------|--|---------|--------|-------------------|
| M188 | CPT_CLS_BAS_VBT_NUM | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M189 | DGM_ACT_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M190 | DGM_ACT_BAS_INC_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M191 | DGM_ACT_BAS_EXC_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M192 | DGM_ACT_BAS_OPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M193 | DGM_ACT_BAS_MND_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M194 | DGM_UCS_BAS_INC_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M195 | DGM_UCS_BAS_EXC_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M196 | DGM_UCS_BAS_OPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M197 | DGM_UCS_BAS_MND_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M198 | DGM_UCS_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M199 | DGM_ITF_BAS_INC_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |

| | | | | | |
|------|---------------------|--|---------|--------|-------------------|
| M200 | DGM_ITF_BAS_EXC_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M201 | DGM_ITF_BAS_OPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M202 | DGM_ITF_BAS_MND_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M203 | DGM_ITF_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M204 | DGM_CLS_BAS_INC_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M205 | DGM_CLS_BAS_EXC_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M206 | DGM_CLS_BAS_OPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M207 | DGM_CLS_BAS_MND_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variante |
| M208 | DGM_CLS_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M209 | DGM_CPT_BAS_VBT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M210 | MDL_ACT_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M211 | MDL_UCS_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |

| | | | | | |
|------|------------------------------------|---|---------|--------------|----------------------|
| M212 | MDL_ITF_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M213 | MDL_CLS_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M214 | MDL_MDL_BAS_VPT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Ponto de Variação |
| M215 | MDL_ACT_BAS_VBT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M216 | MDL_UCS_BAS_VBT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M217 | MDL_ITF_BAS_VBT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M218 | MDL_CLS_BAS_VBT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M219 | MDL_MDL_BAS_VBT_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M220 | MDL_CPT_BAS_VTN_TOT | Systematic evaluation of software product line architectures | Produto | Modelo | Variabilidade |
| M221 | Provide Service Utilization (PSU) | Using Service Utilization Metrics to Assess the Structure of Product Line Architectures | Produto | Código-fonte | Qualidade Estrutural |
| M222 | Required Service Utilization (RSU) | Using Service Utilization Metrics to Assess the Structure of Product Line Architectures | Produto | Código-fonte | Qualidade Estrutural |

| | | | | | |
|------|--|---|---------|--------------|----------------------|
| M223 | Compound Provide Service Utilization (CPSU) | Using Service Utilization Metrics to Assess the Structure of Product Line Architectures | Produto | Código-fonte | Qualidade Estrutural |
| M224 | Compound Required Service Utilization (CRSU) | Using Service Utilization Metrics to Assess the Structure of Product Line Architectures | Produto | Código-fonte | Qualidade Estrutural |

Apêndice B - Artefatos utilizados na Estrutura de Atributos

B.1 Apresentação

Este apêndice apresenta os artefatos utilizados no desenvolvimento da Estrutura de Atributos, apresentada no capítulo 3. Os seguintes artefatos foram utilizados:

- documento com as definições dos atributos das medidas/métricas selecionadas no MS;
- documento com as definições dos atributos e subatributos de qualidade da ISO/IEC 25010

B.2 Definições dos Atributos das Medidas e Métricas

As definições dos atributos foram retiradas dos trabalhos que apresentam as medidas/métricas. As definições são apresentadas a seguir:

- **Coesão:** é definida como o nível em que elementos internos de uma unidade de *design* estão logicamente relacionados;
- **Acoplamento:** é definido como o nível de interdependência entre módulos distintos de software, ou seja, o nível em que unidades de *design* (classes, pacotes, componentes) diferentes estão conectadas
- **Tamanho:** basicamente considera o número de operações de um elemento. Esse elemento pode ser de *design* (modelos de classes, interfaces, pacotes e componentes) ou de código fonte (representações em código de classes, interfaces, pacotes e componentes).

- **Espalhamento de características:** verifica o quanto as características da aplicação estão espalhadas pelos diferentes elementos da mesma;
- **Interação entre características:** verificam a interação entre as diferentes características da aplicação, espalhadas pelos diferentes elementos da mesma;
- **Coesão baseada em características:** verifica quantas características estão associadas com um elemento avaliado;
- **Princípios básicos de *design*:** verifica um conjunto de atributos básicos de design nos elementos de uma arquitetura. Esses atributos básicos são coesão, acoplamento e tamanho;
- **Modularização em termos de características:** verifica a modularização das características de uma aplicação. A modularização é avaliada por meio do espalhamento e da interação entre características, além do número de características presente em um elemento avaliado;
- **Comunalidade não funcional:** essa métrica mede se o(s) requisito(s) não-funcional(is) de um determinado *asset* é comum para todos os membros da linha de produto (nesse contexto, o *asset* é a arquitetura);
- **Riqueza da variabilidade:** verifica se o ativo central (*core asset*) captura a variabilidade de forma adequada, considerando o escopo da LPS. Quanto mais o ativo capturar a variabilidade, mais reusável será o mesmo;
- **Substituição de componentes:** verifica o quanto a substituição de um componente influencia na arquitetura da linha de produto. Espera-se que a substituição de um ou mais componentes não apresente complicações para a linha de produto;
- **Compreensibilidade:** verifica a capacidade do ativo (*asset*) em ser facilmente entendido, aprendido e utilizado, no desenvolvimento de aplicações que considerem o mesmo;
- **Ponto de Variação:** verifica informações do ponto de variação, tais como variabilidades e variantes associadas;
- **Variante:** verifica informações das variantes, como o seu tipo, além das variabilidades e pontos de variação associados;

- **Variabilidade:** verifica informações das variabilidades, tais como pontos de variação e variantes associadas;
- **Complexidade:** verifica a complexidade ciclomática de todos os métodos de uma classe;
- **Extensibilidade:** verifica a adição de novas funcionalidades em um software projetado. Tal adição considera o reúso da estrutura já existente;
- **Dependência no/do componente:** verifica possíveis relacionamentos de dependência existentes em um componente;

B.3 Definições dos Atributos e Subatributos da ISO/IEC 25010

A ISO/IEC 25010 apresenta uma seção específica para definição dos atributos e subatributos considerados pela mesma. A norma está redigida em inglês, porém, em Wazlawick (Wazlawick, 2013), é observada a tradução das definições dos atributos e subatributos em português. Essas definições foram consideradas no desenvolvimento da Estrutura de Atributos.

Apêndice C - Artefatos para Validação Experimental das Métricas de Tamanho, Acoplamento e Coesão

C.1 Apresentação e Artefatos

Este apêndice apresenta os documentos utilizados nos experimentos de validação das Métricas de Tamanho, Acoplamento e Coesão. Documentos iguais, que foram utilizados nos dois experimentos, são apresentados somente uma vez.

Apesar de considerar documentos com as mesmas características, é importante destacar que a maioria dos documentos são diferentes.

Para cada experimento, a seguinte relação de documentos foi utilizada:

- Termo de Adesão a Estudo Experimental;
- Questionário de Caracterização;
- Documento sobre LPS e GV;
- Abordagem *SMarty*;
- Documento sobre Reusabilidade e Tamanho;
- LPS *Mobile Media* (MM);
- Instrumento de Avaliação.

Documento 01 - Termo de Adesão a Estudo Experimental

"Avaliação da Reusabilidade de Arquiteturas de Linha de Produto de Software"

Declaro estar ciente da participação no estudo experimental, denominado Avaliação da Reusabilidade de Arquiteturas de Linha de Produto de Software, a ser coordenado pelo Mestrando **André Felipe Ribeiro Cordeiro**, sob a orientação do **Prof. Dr. Edson A. Oliveira Junior (DIN-UEM)**. Neste estudo utilizarei um diagrama de classes representando a Arquitetura da Linha de Produto de Software (LPS) Mobile Media (MM), uma LPS para derivação de produtos que manipulam músicas, vídeos e fotos. A MM foi proposta por Young, 2005, em seu trabalho intitulado **Using AspectJ to Build a Software Product Line for Mobile Devices**.

Deverei avaliar a reusabilidade das classes e/ou interfaces representadas no diagrama, bem como avaliar a Arquitetura de LPS (ALPS), também considerando a reusabilidade. Deverei ainda preencher um questionário sucinto declarando minha formação, minha experiência com a notação UML e com a abordagem de LPS, além de um parecer a respeito do estudo após sua realização. Declaro estar ciente de que os resultados coletados a meu respeito serão confidenciais e de que não receberei nenhum tipo de ônus pela participação, com exceção do aprendizado de novas técnicas/tecnologias que contribuam para a minha formação profissional.

| Nome do Participante | ID do Participante | Local e Data |
|----------------------|--------------------|--------------|
| | | |

Documento 02 - Questionário de Caracterização de Participante em Estudo Experimental

"Avaliação da Reusabilidade de Arquiteturas de Linha de Produto de Software"

| |
|--------------------|
| ID do Participante |
| |

Nas perguntas a seguir, quando duas ou mais alternativas forem válidas, marque a alternativa que mais se aplica ao seu caso.

1. Qual o seu nível de formação?

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Graduando | <input type="checkbox"/> Graduado |
| <input type="checkbox"/> Mestrando | <input type="checkbox"/> Mestre |
| <input type="checkbox"/> Doutorando | <input type="checkbox"/> Doutor |

2. Em qual setor atua?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Acadêmico (ensino) | <input type="checkbox"/> Industrial (empresarial) |
|---|---|

3. Qual o nome da empresa/universidade que atua?

.....

4. Quanto tempo possui de experiência na área que atua?

..... meses ou anos

5. Qual a sua experiência com a notação UML com relação aos diagramas de classes?

- Eu **nunca** modeliei um software usando a UML.
- Minha experiência com a notação UML é básica.**
Eu modelo software somente no nível dos elementos mais comuns da UML como classes e herança.
- Minha experiência com a notação UML é moderada.**
Eu modelo software no nível dos elementos da opção anterior, além de: polimorfismo, associação (uni e bi-direcionais), dependência, agregação e composição em classes.
- Minha experiência com a notação UML é avançada.**
Eu modelo software que exige a utilização de todos os elementos de diagramas de classes, além de outros diagramas da UML como, por exemplo, diagramas de colaboração, seqüência, e componentes.

6. Qual a sua experiência com relação à abordagem de Linha de Produto de Software (LP) e Gerenciamento de Variabilidade?

[] Eu **nunca** ouvi falar a respeito de LP.

[] **Já lí**, de forma superficial, algo a respeito de LP.

[] **Minha experiência com LP é básica.**

Eu conheço os seguintes conceitos da abordagem: ciclo de desenvolvimento de LP e suas atividades (engenharia de domínio e engenharia de aplicação). Porém, **não tenho experiência com gerenciamento de variabilidades.**

[] **Minha experiência com LP é moderada.**

Eu conheço os conceitos da opção anterior, e com relação ao gerenciamento de variabilidades, eu sei o conceito de pontos de variação, variantes e os seus relacionamentos, além dos conceitos de resolução de variabilidades e tempos de resolução (*design time, link time, runtime*, entre outros).

[] **Minha experiência com LP é avançada.**

Eu conheço os conceitos da opção anterior, além de alguns processos existentes de desenvolvimento de LP (FODA, PLP, PLUS, PuLSE, entre outros). Com relação ao gerenciamento de variabilidades, eu sei os conceitos da opção anterior, além de: modelos de resolução; abordagens existentes para o gerenciamento de variabilidades, e representação de variabilidades (usando a UML, modelos de características, entre outras).

| Assinatura do Participante | Local e Data |
|----------------------------|--------------|
| <hr/> | |

Documento 03 - Conceitos Essenciais sobre Gerenciamento de Variabilidade em Linha de Produto de Software

I. Linha de Produto de Software

Uma linha de produto de software (LP) corresponde a um conjunto de sistemas de *software* que compartilham características (*features*) comuns e gerenciáveis que satisfazem a necessidade de um segmento particular ou de uma missão. Este conjunto de sistemas é denominado também, família de produtos. Os membros da família são produtos específicos desenvolvidos de maneira sistemática a partir da instanciação de uma infraestrutura comum de uma LP, chamada núcleo de artefatos.

O núcleo de artefatos é formado por um conjunto de características comuns (similaridades) e características variáveis (variabilidades). As variabilidades podem estar associadas a diferentes níveis de abstração, como a descrição da arquitetura, o código fonte, etc., e auxiliam na geração de produtos específicos distintos em um mesmo domínio e, desta forma, diminuem o custo e o tempo de desenvolvimento, reduzem riscos e perdas, além de reduzirem o *time to market* e justificarem o retorno de investimento (ROI).

O gerenciamento de variabilidades é uma das atividades mais importantes no gerenciamento de uma LP, tendo sido foco de atenção por diversos pesquisadores, com pode ser percebido pelas diversas abordagens presentes na literatura.

Em síntese **variabilidade é a forma como os membros de uma família de produtos podem se diferenciar entre si, ou seja, é o que permite distinguir os diversos produtos de uma LP.**

A variabilidade é descrita por pontos de variação e variantes:

- **Ponto de variação:** Um **local específico** de um artefato em que uma decisão de projeto ainda não foi tomada, ou seja, foi adiada;
- **Variante:** Corresponde a **uma alternativa** de projeto para resolver uma determinada variabilidade.
- **Restrições entre variantes:** define os relacionamentos entre duas ou mais variantes para que seja possível resolver um ponto de variação ou uma variabilidade.

A aplicação destes conceitos é apresentada na Figura 1.

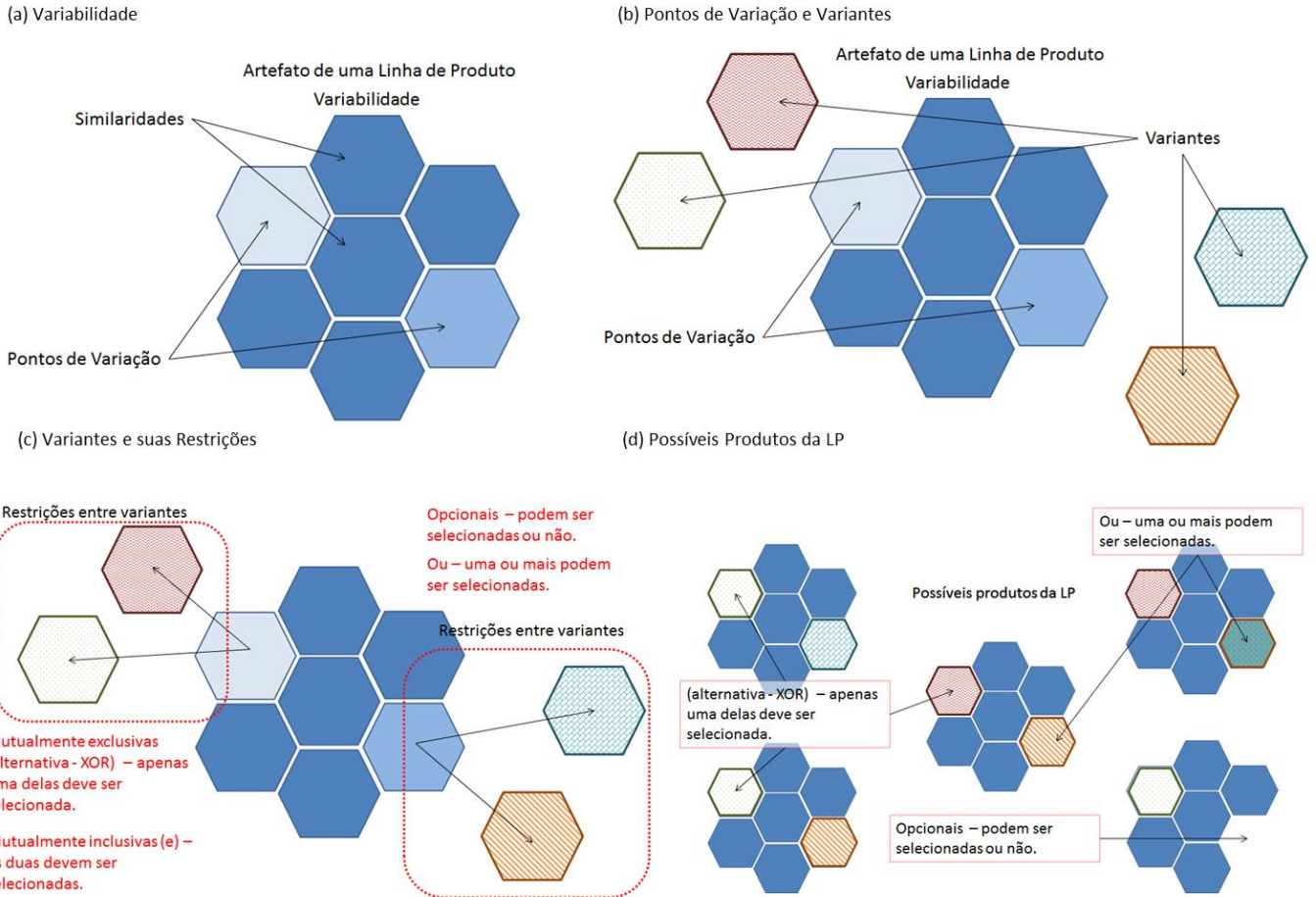


Figura 1 – Exemplo dos Conceitos de Variabilidade, Pontos de Variação, Variantes e Restrições entre Variantes.

II. Abordagens para Linha de Produto de Software

Para a representação de linhas de produto de software e o gerenciamento de suas variabilidades, como mencionado anteriormente, existem diversas abordagens presentes na literatura. Entre os itens que estas abordagens contemplam, temos os que seguem na Tabela I.

| Item | Identificação |
|--|--|
| Baseada em UML | Indica que a abordagem utiliza os modelos UML, meta atributos, etc., como forma de representação da LP e de suas variabilidades. |
| Perfil | Diversas abordagens apresentam um perfil específico que é formado por estereótipos e meta atributos, geralmente derivados de uma linguagem de modelagem, como a UML. |
| Processo | O processo contempla a sistematização da utilização de um perfil para o gerenciamento de variabilidades, guiando o usuário no uso das definições do perfil. |
| Estereótipos | Estereótipos, como os da UML, são um padrão de mecanismo de extensão e são usados para distinguir diferentes tipos de elementos modelados. Em LP são ferramentas úteis para identificar variabilidade, seus pontos de variação, variantes e outros itens necessários ao seu gerenciamento. |
| Diretrizes | São os passos sistematizados, definidos no processo, que permitem a aplicação facilitada do perfil da abordagem a que corresponde. |
| Representação formal de variabilidade | Indica se a abordagem suporta a representação formal de variabilidades, por meio de uma linguagem formal, como a <i>Object Constraint Language</i> (OCL). |

Documento 04 - Abordagem SMarty

I. Visão Geral Abordagem SMarty

Tabela I – Visão Geral Abordagem SMarty

| Abordagem SMarty | | | |
|--|-----|-----|---|
| Item | Sim | Não | Observação |
| Baseada em UML? | X | | |
| Possui um Perfil UML definido? | X | | |
| Possui um Processo definido? | X | | |
| Utiliza Estereótipos? | X | | Estereótipos específicos padrões para todos os modelos. |
| Possui Diretrizes? | X | | Diretrizes específicas para cada modelo. |
| Permite representação formal de variabilidade? | | X | |

II. Estereótipos e Diretrizes

Nesta seção são apresentados os estereótipos para aplicação em diagrama de classes, existentes no perfil da abordagem SMarty por meio da Tabela II, em seguida são apresentados exemplos do uso destes, seguidos pelas diretrizes para cada tipo de modelo.

Tabela II – Estereótipos da Abordagem SMarty

| Estereótipos Abordagem SMarty | | |
|-------------------------------|--|---------------|
| Estereótipo | Utilização | Exemplo |
| <<variationPoint>> | Representa o local em que ocorre uma variabilidade. Um ponto de variação está sempre associado a uma ou mais variantes. | Figura 1. |
| <<mandatory>> | A variante estará obrigatoriamente presente na configuração de qualquer produto da linha de produto. | Figura 1. |
| <<optional>> | A variante pode ou não estar presente na configuração de um produto da linha de produto. Variantes opcionais também podem ou não estar associadas a um ponto de variação. | Figura 3. |
| <<alternative_OR>> | Estão sempre associadas aos pontos de variação. Pelo menos uma das variantes deverá ser escolhida para resolver o ponto de variação, ou seja, para estar presente na configuração de um produto da linha de produto. | Figura 1. |
| <<alternative_XOR>> | Estão sempre associadas aos pontos de variação. Somente uma das variantes deverá ser escolhida para resolver o ponto de variação. | - |
| <<variability>> | Indica uma variabilidade existente em um modelo UML. | Figura 1 e 2. |
| <<requires>> | Indica um relacionamento de dependência (em UML) entre variantes no qual a variante dependente (origem da dependência) só existirá em uma configuração se a variante relacionada (destino da dependência) existir. | Figura 2. |
| <<mutex>> | Indica um relacionamento de dependência (em UML) entre variantes no qual a variante dependente (origem da dependência) só existirá em uma configuração se a variante relacionada (destino da dependência) obrigatoriamente não | Figura 2. |

existir. São conhecidas como variantes mutuamente exclusivas.

II. Exemplos Classes

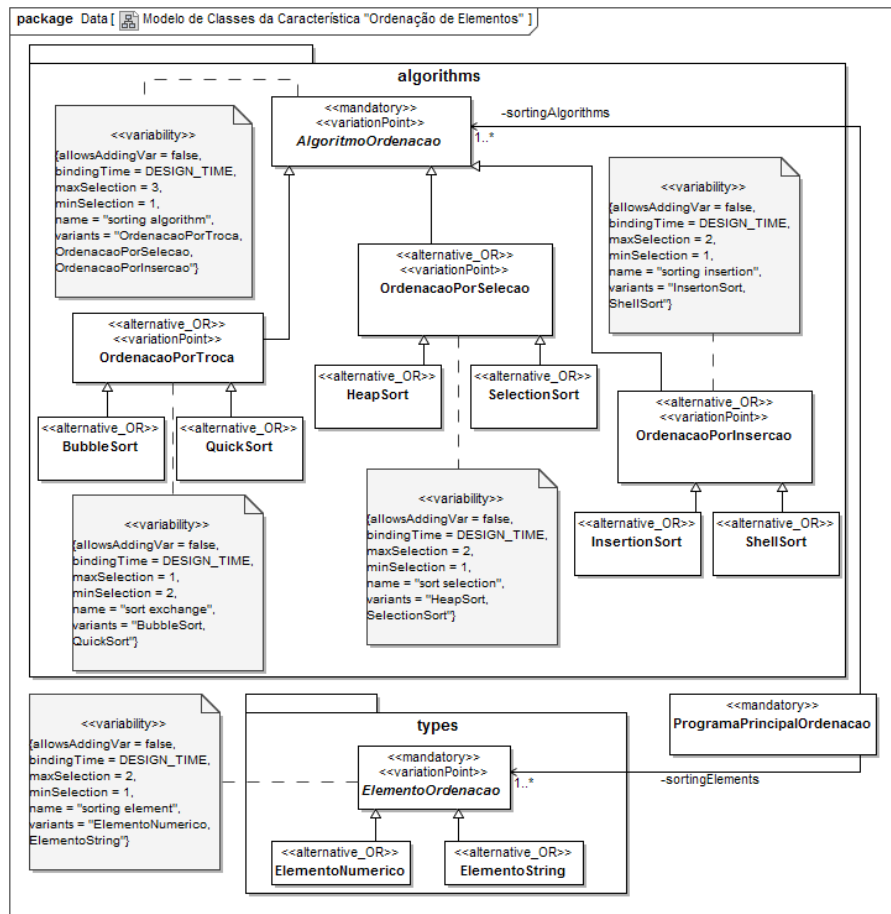


Figura 1 – Exemplo de Modelo de Variabilidade em Diagrama de Classes com a Abordagem Y.

Na Figura 1 observamos a aplicação da abordagem Y, e seus elementos. Passamos a analisar cada um deles, bem como as diretrizes presentes no processo da abordagem Y, que auxiliam sua utilização em outras LPs:

A classe **AlgoritmoOrdenacao** identifica uma classe obrigatória (*<<mandatory>>*) e representa também um ponto de variação (*<<variationPoint>>*), com três variantes. Estas variantes estão descritas no elemento comentário, relacionado à classe, por meio do *Tagged Value (variants)*. As três variantes desta classe são **OrdenacaoPorTroca**, **OrdenacaoPorSelecao** e **OrdenacaoPorInsercao**. Todas estas são estereotipadas como *<<alternative_OR>>*, o que indica o tipo de restrição para tais variantes, neste caso, significa que ao menos uma ou todas elas podem solucionar o ponto de variação.

OrdenacaoPorTroca, **OrdenacaoPorSelecao** e **OrdenacaoPorInsercao**, além de variantes, são, por sua vez, pontos de variação (*<<variationPoint>>*), e assim, cada uma delas apresenta um comentário, que descreve as suas variantes (*variants*), bem como o nome da mesma (*name*). Neste caso, todas as variantes são marcadas como *<<alternative_OR>>* e, como anteriormente, uma delas, ao menos, deve ser selecionada ou todas.

A classe **ProgramaPrincipalOrdenacao**, representa uma classe obrigatória, portanto é marcada como *<<mandatory>>*, e estará presente em todos os produtos desta LP.

A classe **ElementoOrdenacao**, também é obrigatória (*<<mandatory>>*) e representa um ponto de variação (*<<variationPoint>>*), logo possui o elemento comentário ligado a ela, com o estereótipo *<<variability>>*, que identifica os dados da variabilidade, que é nomeada, por exemplo, de "sorting

element" e possui duas classes variantes (**variants**): **ElementoNumerico** e **ElementoString**, marcadas como variantes alternativas `<<alternative_OR>>`, onde, ambas podem ser selecionadas, ou ao menos uma.

Desta forma, as variabilidades são identificadas por meio do comentário UML, estereotipada com `<<variability>>`. **Estas notas são inseridas em todas as variabilidades.**

Reusabilidade

A literatura apresenta diferentes definições para o atributo Reusabilidade. Segundo Wazlawick (2013), a Reusabilidade “avalia o grau em que partes do sistema podem ser usadas para construir outros sistemas”. Isso significa que no contexto de software, um artefato é considerado reusável quando pode ser utilizado no desenvolvimento de outros artefatos e/ou sistemas.

Para avaliar a Reusabilidade de um artefato e/ou sistema, um ou mais atributos podem ser considerados. Entre os possíveis atributos considerados estão complexidade, extensibilidade e tamanho, abordado nesse experimento.

O atributo Tamanho basicamente considera o número de operações de um elemento. Esse elemento pode ser de design (modelos de classes, interfaces, pacotes e componentes) ou de código fonte (representações em código de classes, interfaces, pacotes e componentes).

Entende-se que métricas de software relacionadas com o atributo tamanho podem ser utilizadas para estimar o esforço e o custo de atividades relacionadas com implementação, revisão, teste, manutenção e reúso. É observado que, quanto maior o elemento, mais difícil e complexo é o reúso do mesmo.

Além dos usos já mencionados, as métricas de tamanho também podem ajudar a identificar elementos que apresentem uma baixa coesão funcional. Esses elementos geralmente apresentam muitas responsabilidades não relacionadas, que impactam negativamente na compreensibilidade, manutenibilidade e reusabilidade do elemento.

Pelas razões destacadas acima e por outras razões, é que o atributo tamanho tem se mostrado um dos atributos mais interessantes e úteis na avaliação do estado dos elementos.

Referências

- SDMetrics Framework. Disponível em: <http://www.sdmetrics.com/DProp.html>. Acesso em 21/03/2017.
- FENTON, N.; PFLEEGER, S. Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach, 2nd ed. Thomson, 1996.
- HER, J. S.; KIM, J. H.; OH, S. H.; RHEW, S. Y.; KIM, S. D. A framework for evaluating reusability of core asset in product line engineering. Information and Software Technology (IST), v. 49, n. 1, pp. 740-760, 2007.
- WAZLAWICK, R. S. Engenharia de Software - Conceitos e Práticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

Documento 06 - Mobile Media: Descrição Geral da Linha de Produto

I. Identificação

Mobile Media (YOUNG, 2005) é uma LPS composta por aplicações que manipulam músicas, vídeos e fotos para dispositivos móveis, como celulares e palm tops. Ela provê suporte para gerenciar (criar, excluir, visualizar, executar, enviar) diferentes tipos de mídia.

A Mobile Media surgiu da extensão de uma LPS já existente denominada Mobile Photo (YOUNG, 2005), por meio da inserção de novas propriedades multimídia, como manipulação de vídeos e músicas, que somente podem ser realizados em alguns tipos de aparelhos. De certa forma, pode-se dizer que a inserção das características opcionais e alternativas a determinados aparelhos caracterizou o surgimento da Mobile Media.

II. Similaridades e Variabilidades

Nesta seção são apresentadas as similaridades da LPS que são os aspectos que devem estar em todos os produtos desta LPS, bem como as variabilidades que a compõem. As Tabelas 1 e 2 apresentam as características da Mobile Photo. A Tabela 1 contém as características básicas, inerentes a todas as aplicações, enquanto a Tabela 2 apresenta as características variáveis da Mobile Photo. É importante ressaltar que a utilização dessas características está diretamente relacionada aos aparelhos, que podem ou não apresentar suporte para uma determinada funcionalidade. A Figura 1 apresenta um resumo dos requisitos da Mobile Media.

Tabela 1: Características básicas da Mobile Photo (YOUNG, 2005)

| Característica | Descrição |
|------------------------|--|
| Criar Álbum de Fotos | Permite ao usuário definir novos álbuns de fotos para armazenar categorias de fotos no dispositivo. A persistência da informação do álbum é realizada utilizando RMS (J2ME Record Management System) |
| Armazenar Foto | Gerenciar a conversão e persistência dos arquivos de foto para o sistema de arquivos do dispositivo utilizando RMS. |
| Adicionar/Deletar Foto | Permite ao usuário excluir fotos permanentemente do dispositivo, ou adicionar novas fotos em álbuns definidos |
| Rotular Foto | Permite ao usuário determinar um texto para uma foto. Os rótulos aparecerão na lista de exibição, e podem ser utilizados para uma futura funcionalidade relacionada à busca. |
| Visualizar Foto | Mostra uma foto selecionada na tela do dispositivo. |

Tabela 2: Variabilidades da Mobile Photo (YOUNG, 2005)

| Característica | Descrição |
|--|---|
| Enviar Foto via SMS | Permite a um usuário enviar uma foto para outro via Short Messaging Service |
| Relacionar Foto com Registro na Agenda | Permite ao usuário associar um registro na sua lista de contatos com a foto do álbum. |
| Mostrar Foto nas Chamadas Recebidas | Intercepta chamadas recebidas e mostra a foto associada ao contato. |
| Tocar Melodia nas Chamadas Recebidas | Intercepta chamadas recebidas e toca uma melodia personalizada para aquele contato. |

III. Características (**FEATURES**)

Há doze características (features) presentes na LPS Mobile Media que podem ser mapeadas nos elementos arquiteturais. Elas foram extraídas do modelo de características da LPS apresentado na Figura 1.

- *Media Management*: refere-se ao gerenciamento de mídias;
- *Copy Media*: refere-se à ação de fazer cópias de uma determinada mídia;
- *Create/Delete*: refere-se às operações básicas de mídia como criar ou excluir;
- *Favourites*: itens relacionados ao gerenciamento de mídias favoritas;
- *View/Play Media*: itens relacionados a visualização de quaisquer tipos de mídias;
- *Label Media*: ação referente à nomeação ou renomeação de mídias;
- *SMS Transfer*: ação referente à transferência de mídia;
- *Video*: itens relativos exclusivamente ao tipo de mídia vídeo;
- *Music*: itens relativos exclusivamente ao tipo de mídia música;
- *Photo*: itens relativos exclusivamente ao tipo de mídia foto;
- *Media*: quando se tratar de mais de um tipo de mídia ao mesmo tempo.

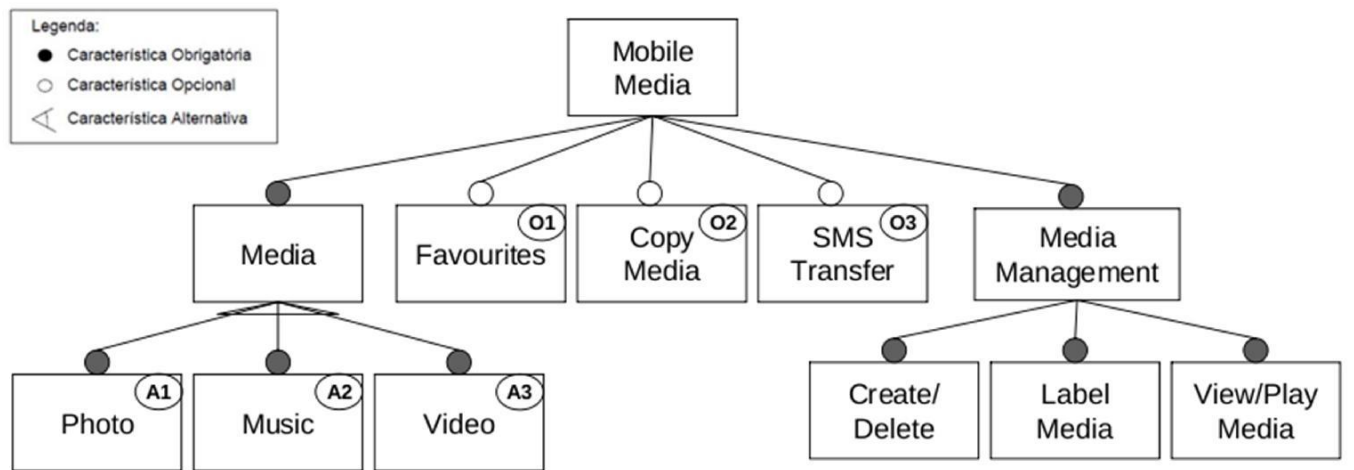


Figura 1: Modelo de Características da LPS Mobile Media (CONTIERI JUNIOR, 2010)

Referências

CONTIERI JUNIOR, A. C.; **Aplicação de Métricas em Arquiteturas de Linhas de Produto de Software**. 2010. 73 f. Monografia de TCC. Universidade Estadual de Maringá, 2010.

SANTOS, J. P.; et al. Generating Requirements Analysis Models from Textual Requirements, **MARK'08**, Workshop of 16th RE (IEEE International Requirements Engineering Conference), Barcelona, Sep 2008.

YOUNG, T. **Using AspectJ to Build a Software Product Line for Mobile Devices**. MSc Dissertation, University of British Columbia, 2005.

Documento 07 - Instrumento de Avaliação

Horário Início:

Horário Término:

ID do
Participante

I. Contextualização

Esse documento apresenta questões que devem ser resolvidas. A resolução de tais questões corresponde à avaliação da reusabilidade de uma Arquitetura de Linha de Produto de Software (ALPS). Inicialmente as classes/interfaces da ALPS são avaliadas com relação a reusabilidade e ao final, a ALPS também é avaliada.

II. Avaliação ALPS

Para a ALPS da Mobile Media (MM) entregue, avalie o número de operações e a reusabilidade de cada classe/interface.

| Classe/ Interface | Classe/ Interface presente na ALPS? | Qual o número de operações da classe/interface, desconsiderando métodos <u>get</u> e <u>set</u> , além de <u>construtores</u> (quando representados) | Dado o número de operações da classe/interface, você considera que tal classe/interface é facilmente reutilizada em outros projetos? |
|----------------------|---|---|--|
| Manager | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| AlbumManager | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| PhotoManager | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| Copyist | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| SmsTransfer | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| Sorter | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| Favourite | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| Photo | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| Media | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |
| Album | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não |

Considerando a avaliação realizada de todas as classes/interfaces da ALPS MM, qual a sua avaliação sobre o nível de reusabilidade da arquitetura?

| Nível de Reusabilidade Extremamente Baixo | Nível de Reusabilidade Baixo | Nível de Reusabilidade Nem Baixo, Nem Alto | Nível de Reusabilidade Alto | Nível de Reusabilidade Extremamente Alto |
|---|---------------------------------|--|--------------------------------|--|
| | | | | |

Documento 01 - Termo de Adesão a Estudo Experimental

"Avaliação da Modularidade de Arquiteturas de Linha de Produto de Software"

Declaro estar ciente da participação no estudo experimental, denominado Avaliação da Modularidade de Arquiteturas de Linha de Produto de Software, a ser coordenado pelo Mestrando **André Felipe Ribeiro Cordeiro**, sob a orientação do **Prof. Dr. Edson A. Oliveira Junior (DIN-UEM)**. Neste estudo utilizarei diagramas de componentes representando a Arquitetura da Linha de Produto de Software (LPS) Mobile Media (MM), uma LPS para derivação de produtos que manipulam músicas, vídeos e fotos. A MM foi proposta por Young, 2005, em seu trabalho intitulado **Using AspectJ to Build a Software Product Line for Mobile Devices**.

Deverei avaliar a modularidade dos componentes representados no diagrama, bem como avaliar a Arquitetura de LPS (ALPS), também considerando a modularidade. Deverei ainda preencher um questionário sucinto declarando minha formação, minha experiência com a notação UML e com a abordagem de LPS, além de um parecer a respeito do estudo após sua realização. Declaro estar ciente de que os resultados coletados a meu respeito serão confidenciais e de que não receberei nenhum tipo de ônus pela participação, com exceção do aprendizado de novas técnicas/tecnologias que contribuam para a minha formação profissional.

| Nome do Participante | ID do Participante | Local e Data |
|----------------------|--------------------|--------------|
| | | |

Modularidade

A literatura apresenta diferentes definições para o atributo Modularidade. Segundo Wazlawick (2013), a Modularidade “avalia o grau em que o sistema é subdividido em partes lógicas coesas, de forma que mudanças em uma dessas partes tenham impacto mínimo nas outras”. Isso significa que no contexto de software, um artefato é considerado modular quando a remoção e/ou inserção do mesmo no sistema não modifica os demais módulos. Para avaliar a Modularidade de um artefato e/ou sistema, um ou mais atributos podem ser considerados. Entre esses possíveis atributos estão acoplamento e coesão, abordados nesse experimento.

Existem diferentes definições para Acoplamento e Coesão. Nesse experimento, o Acoplamento é definido como o nível de interdependência entre módulos distintos de software, ou seja, o nível em que unidades de design (classes, pacotes, componentes) diferentes estão conectadas. Já Coesão é definida como o nível em que elementos internos de uma unidade de design estão logicamente relacionados (SDMetrics, 2017); (ISO/IEEE/IEC, 2010).

Myers (1975) apresenta algumas recomendações para o desenvolvimento de sistemas que estão diretamente relacionadas com Coesão e Acoplamento. Segundo o autor, maximizar os relacionamentos entre os elementos de um mesmo módulo possibilita a centralização das operações e um nível maior de independência do mesmo, em relação aos outros módulos do sistema. Além disso, minimizar os relacionamentos entre módulos externos do sistema evita e/ou minimiza possíveis situações de dependência entre esses módulos.

Tanto o Acoplamento quanto a Coesão podem ser verificados em diferentes elementos de design, desde modelos (classes, interfaces, pacotes e componentes), até código fonte. Entende-se que métricas de software relacionadas com Acoplamento e Coesão podem ser utilizadas para estimar a Modularidade, Reusabilidade, Modificabilidade e Testabilidade. Por exemplo, de acordo com Chidamber e Kemerer (1994), um nível alto de acoplamento é prejudicial para a modularidade e impede o reúso do módulo.

Referências

CHIDAMBER, S. R.; KEMERER, C. F. A metrics suite for object oriented design. IEEE Transactions on software engineering, v. 20, n. 6, p. 476-493, 1994.

ISO/IEEE/IEC Systems and software engineering vocabulary. ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E), p. 1-418, 2010.

MYERS, G. Reliable software through composite design. Petrocelli/charter edition. English, 1975.

SDMetrics Framework. Disponível em: <http://www.sdmetrics.com/DProp.html>. Acesso em 21/03/2017.

WAZLAWICK, R. S. Engenharia de Software - Conceitos e Práticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WÜST, J. SDMetrics. Disponível em: <http://www.sdmetrics.com/>. Acesso em 11/10/2016.

Documento 07 - Instrumento de Avaliação

Horário Início:

Horário Término:

ID do
Participante

I. Contextualização

Esse documento apresenta questões que devem ser resolvidas. A resolução de tais questões corresponde à Avaliação da Modularidade de uma Arquitetura de Linha de Produto de Software (ALPS), por meio da avaliação do nível de Acoplamento e Coesão. Inicialmente os componentes da ALPS são avaliados com relação ao Acoplamento e Coesão. Posteriormente, a ALPS também é avaliada. Por fim, são apresentadas três questões sobre Modularidade, Acoplamento e Coesão.

II. Avaliação ALPS

Para a ALPS da Mobile Media (MM) entregue, avalie os relacionamentos internos e externos dos componentes. Ao final, responda as questões solicitadas.

| Componente | Componente presente na ALPS? | O componente apresenta Interfaces Fornecidas, que são utilizadas por outros componentes? | O componente apresenta Interfaces Requeridas, que necessitam de outros componentes? | O componente apresenta mais relacionamentos: | Você considera esse componente mais: |
|------------|---|--|---|---|--|
| AlbumCtrl | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| AlbumMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| MediaMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| MusicMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| PhotoMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| VideoMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| SenderMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| LabelMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |

| Componente | Componente presente na ALPS? | O componente apresenta <u>Interfaces Fornecidas</u> , que são utilizadas por outros componentes? | O componente apresenta <u>Interfaces Requeridas</u> , que necessitam de outros componentes? | O componente apresenta mais relacionamentos: | Você considera esse componente mais: |
|-------------|---|--|---|---|--|
| FavoriteMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| MediaCtrl | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| CopyMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| SortMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| EntryMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |
| UserMgr | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não | <input type="checkbox"/> Internos <input type="checkbox"/> Externos | <input type="checkbox"/> Acoplado <input type="checkbox"/> Coeso |

Considerando a avaliação realizada de todos os componentes da ALPS MM, qual a sua avaliação sobre o nível de Acoplamento da Arquitetura?

| Nível de Acoplamento Extremamente Baixo | Nível de Acoplamento Baixo | Nível de Acoplamento Nem Baixo, Nem Alto | Nível de Acoplamento Alto | Nível de Acoplamento Extremamente Alto |
|---|----------------------------|--|---------------------------|--|
| | | | | |

Considerando a avaliação realizada de todos os componentes da ALPS MM, qual a sua avaliação sobre o nível de Coesão da Arquitetura?

| Nível de Coesão Extremamente Baixo | Nível de Coesão Baixo | Nível de Coesão Nem Baixo, Nem Alto | Nível de Coesão Alto | Nível de Coesão Extremamente Alto |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| | | | | |

Considerando a avaliação realizada de todos os componentes da ALPS MM, qual a sua avaliação sobre o nível de Modularidade da Arquitetura?

| Nível de Modularidade Extremamente Baixo | Nível de Modularidade Baixo | Nível de Modularidade Nem Baixo, Nem Alto | Nível de Modularidade Alto | Nível de Modularidade Extremamente Alto |
|--|-----------------------------|---|----------------------------|---|
| | | | | |

Apêndice D - Artefatos para Avaliação Qualitativa do SMartyMetrics

D.1 Apresentação e Artefatos

Este apêndice apresenta os documentos utilizados na Avaliação Qualitativa do *SMartyMetrics*. Na avaliação, os seguintes documentos foram considerados:

- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido;
- Questionário de Caracterização;
- Documento sobre a ISO/IEC 25010;
- Estrutura de Associação do *SMartyMetrics*;
- Diretrizes *SMartyMetrics*;
- Instrumento de Avaliação Qualitativa .

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

| | |
|--|--|
| Mestrando / Pesquisador: André Felipe Ribeiro Cordeiro | Grupo de Pesquisa: GRSSE - Grupo de Pesquisa em Reuso Sistemático de Software e Experimentação. |
| Participante: | |
| Email para Contato: | Data: |

Prezado(a) Senhor(a), _____

O grupo de pesquisa GRSSE realiza estudos experimentais para caracterizar/avaliar tecnologias de software e/ou metodologias científicas. Estes estudos são conduzidos por alunos de Pós-graduação em Ciência da Computação (PCC) do Departamento de Informática (DIN), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), sob a orientação do Prof. Edson Alves de Oliveira Júnior. Você foi previamente selecionado pelo seu perfil/conhecimento/experiência e está sendo convidado a participar desta pesquisa. Essa pesquisa será feita com base em dados coletados por meio de avaliações. Informações pessoais não são consideradas na pesquisa.

1. Procedimentos

O estudo será realizado com os participantes pré-selecionados. Inicialmente, um formulário de caracterização de perfil é apresentado. Tal formulário apresenta o propósito de identificar seu nível de conhecimento/experiência. Após o preenchimento do formulário, o estudo é executado de forma individual ou em grupos formados, seguindo sempre o planejamento do estudo feito pelo pesquisador responsável. Caso seja necessário, ao final do estudo será solicitado ao participante que responda um questionário de avaliação sobre a tecnologia de software e/ou metodologia científica que está sendo caracterizada/avaliada.

2. Tratamento de possíveis riscos e desconfortos

Serão tomadas todas as providências durante a coleta de dados de forma a garantir a sua privacidade e seu anonimato. Além disso, não existem riscos ou desconfortos que poderão afetar o participante durante a condução do estudo. Exemplos de desconfortos: fadiga, estresse, mal estar, dentre outros.

3. Benefícios e Custos

Espera-se que esse estudo contribua positivamente com o seu aperfeiçoamento profissional, ampliando seus conhecimentos. Espera-se também que os resultados desses estudos contribuam com os trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa GRSSE. Você não terá nenhum gasto ou ônus com a sua participação no estudo e também não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à autorização dos seus dados na pesquisa.

4. Confidencialidade da Pesquisa

Toda informação coletada neste estudo é confidencial e seu nome não será identificado de modo algum, a não ser em caso de autorização explícita para este fim. Quando os dados forem coletados, seu nome será removido dos mesmos e não será utilizado em nenhum momento durante a análise ou apresentação dos resultados.

5. Participação

Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária, pois requer a sua aprovação para utilização dos dados coletados neste estudo. Segundo a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), o respeito devido à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após assentimento livre e esclarecido. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades. Em caso de você decidir se retirar do estudo, favor notificar o pesquisador responsável. Os pesquisadores responsáveis pelo estudo poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre o mesmo, assim como tirar dúvidas.

Coordenador do Grupo de Pesquisa GRSSE: Prof. Edson Alves de Oliveira Júnior - edson@din.uem.br

Pesquisador do Grupo de Pesquisa GRSSE: Mestrando André Felipe Ribeiro Cordeiro – cordeiroandrefelipe@gmail.com

6. Declaração de Consentimento

Declaro que li e estou de acordo com as informações contidas neste documento e que toda linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi explicada satisfatoriamente, recebendo respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que recebi uma cópia deste Termo (TCLE), compreendo que sou livre para não autorizar a utilização dos meus dados neste estudo em qualquer momento, sem qualquer penalidade. Declaro ter mais de 18 anos e concordo de espontânea vontade em participar deste estudo.

Obrigado pela sua colaboração!

Mestrando André Felipe Ribeiro Cordeiro
Grupo de Pesquisa GRSSE

Assinatura do Participante

Questionário de Caracterização de Participante em Estudo Experimental

"Avaliação Qualitativa do SMartyMetrics"

ID do
Participante

Nas perguntas a seguir, quando duas ou mais alternativas forem válidas, marque a alternativa que mais se aplica ao seu caso.

1. Qual o seu nível de formação?

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Graduando | <input type="checkbox"/> Graduado |
| <input type="checkbox"/> Mestrando | <input type="checkbox"/> Mestre |
| <input type="checkbox"/> Doutorando | <input type="checkbox"/> Doutor |

2. Em qual setor atua?

- Acadêmico (ensino e/ou pesquisa) Industrial/Empresarial Ambos

3. Qual o nome da empresa/universidade que atua?

.....

4. Quanto tempo possui de experiência na área em que atua, seja na academia ou na indústria?

..... meses ou anos

5. Qual a sua experiência com relação à abordagem de Linha de Produto de Software (LP) e Gerenciamento de Variabilidade?

- Eu **nunca** ouvi falar a respeito de LP.
- Já lí**, de forma superficial, algo a respeito de LP.
- Minha experiência com LP é básica.**

Eu conheço os seguintes conceitos da abordagem: ciclo de desenvolvimento de LP e suas atividades (engenharia de domínio e engenharia de aplicação). Porém, **não tenho experiência com gerenciamento de variabilidades.**

[] **Minha experiência com LP é moderada.**

Eu conheço os conceitos da opção anterior, e com relação ao gerenciamento de variabilidades, eu sei o conceito de pontos de variação, variantes e os seus relacionamentos, além dos conceitos de resolução de variabilidades e tempos de resolução (*design time, link time, runtime*, entre outros).

[] **Minha experiência com LP é avançada.**

Eu conheço os conceitos da opção anterior, além de alguns processos existentes de desenvolvimento de LP (FODA, PLP, PLUS, PuLSE, entre outros). Com relação ao gerenciamento de variabilidades, eu sei os conceitos da opção anterior, além de: modelos de resolução; abordagens existentes para o gerenciamento de variabilidades, e representação de variabilidades (usando a UML, modelos de características, entre outras).

6. Qual a sua experiência com relação à Arquitetura de Linha de Produto (ALP) e Método de Avaliação de ALP?

[] Eu **nunca** ouvi falar a respeito de ALP e/ou Método de Avaliação de ALP.

[] **Já lí**, de forma superficial, algo a respeito de ALP e/ou Método de Avaliação de ALP.

[] **Minha experiência com ALP e/ou Método de Avaliação de ALP é básica.**

Eu conheço os conceitos de ALP e/ou Métodos de Avaliação, entretanto, não trabalhei diretamente com ALP e/ou Método de Avaliação de ALP.

[] **Minha experiência com ALP é moderada.**

Eu conheço os conceitos da opção anterior, e já trabalhei diretamente com

pelo menos um método de Avaliação de ALP.

[] **Minha experiência com ALP é avançada.**

Eu conheço os conceitos da opção anterior, já trabalhei com mais de um Método de Avaliação de ALP e desenvolvi(o) estudos específicos sobre ALP.

| Assinatura do Participante | Local e Data |
|----------------------------|--------------|
| <hr/> | |

ISO/IEC 25010

A norma ISO/IEC 25010 é uma norma para Avaliação da Qualidade de Produtos de Software. Tal norma é uma atualização da norma ISO/IEC 9126.

Tanto a ISO/IEC 9126 quanto a ISO/IEC 25010 consideram que a qualidade de um produto de software é obtida por meio de um conjunto de atributos. Tais atributos representam características desejáveis em um software. No contexto da norma, esses atributos são denominados Atributos de Qualidade (AQ).

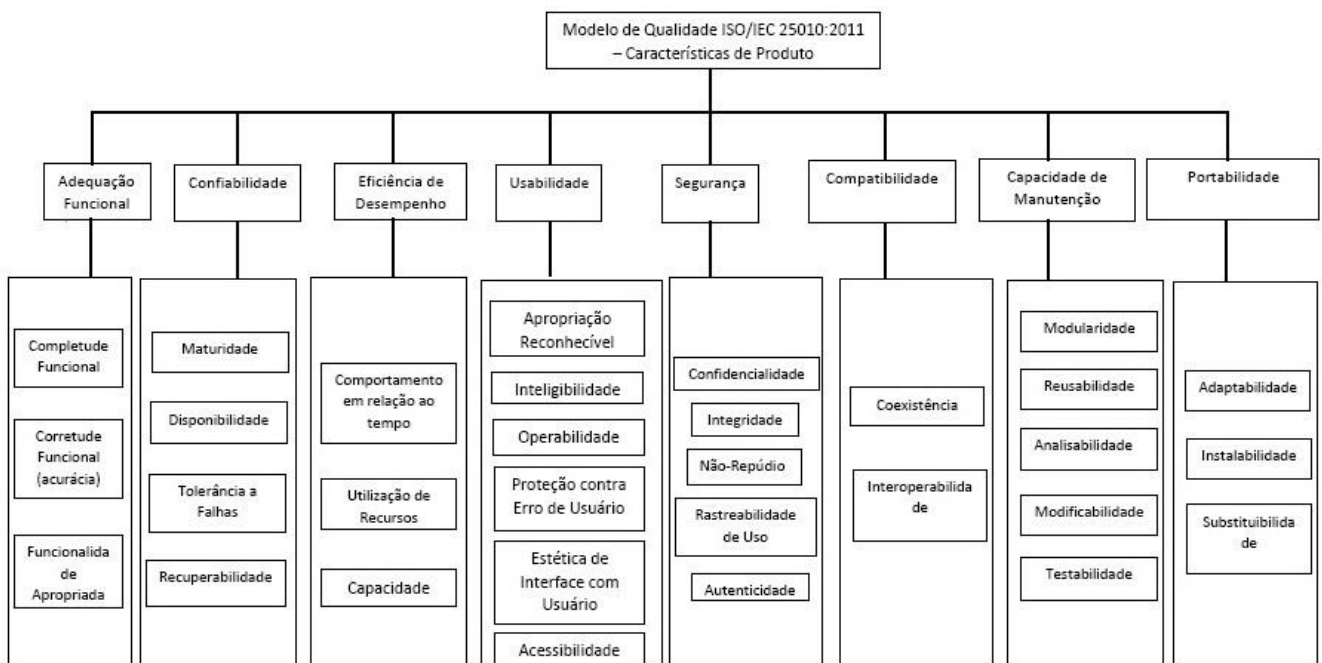
Os AQ são verificados/observados por meio de outros atributos. No contexto da norma, esses outros atributos são denominados Subatributos de Qualidade (SAQ). Para todos os AQ da norma ISO/IEC 25010, existem SAQ utilizados na verificação/observação desse atributo.

Na ISO/IEC 25010, os AQ e SAQ estão representados de maneira hierárquica. O conceito de qualidade está no nível mais alto. Em seguida, estão os AQ e por fim, estão os SAQ. Tal hierarquia pode ser observada na Figura 1, apresentada a seguir.

É possível perceber na Figura 1, que oito AQ são considerados: Adequação Funcional, Eficiência de Desempenho, Compatibilidade, Usabilidade, Confiabilidade, Segurança, Capacidade de Manutenção e Portabilidade. Considerando o atributo Capacidade de Manutenção, é possível observar os seguintes SAQ associados: Analisabilidade, Modificabilidade, Modularidade, Reusabilidade e Testabilidade.

No *SMartyMetrics*, utiliza-se a ISO/IEC 25010 para o desenvolvimento de uma Estrutura de Associação que considere Modelo/Norma de Qualidade, AQ, SAQ e Medidas/Métricas. Tal estrutura possibilita que AQ e SAQ padronizados sejam considerados na Avaliação de Arquitetura de Linha de Produto (ALP).

Figura 1. Modelo de Qualidade ISO/IEC 25010



Estrutura de Associação do *SMartyMetrics*, relacionada com a ISO/IEC 25010

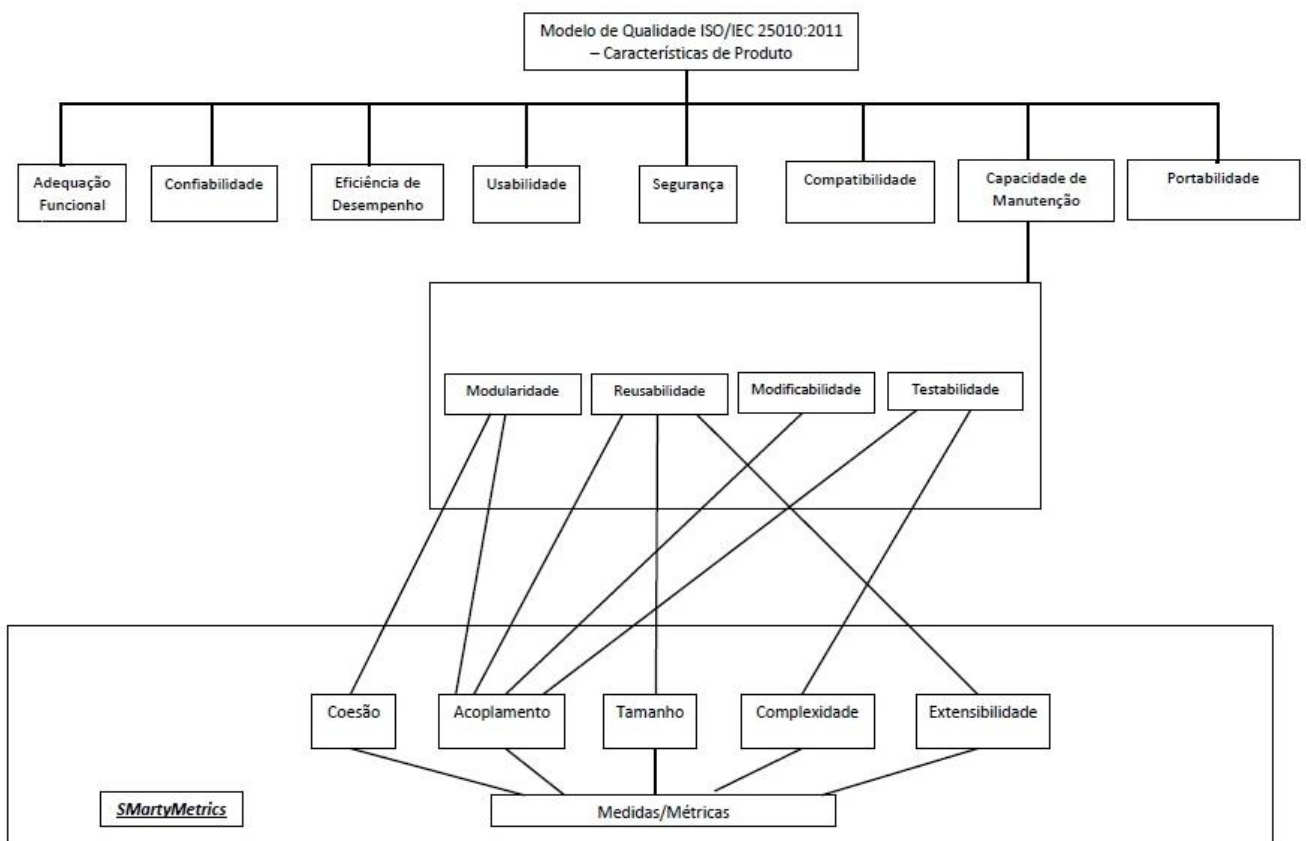
A norma ISO/IEC 25010 foi considerada no desenvolvimento de uma Estrutura de Associação, relacionada com o *SMartyMetrics*. Tal estrutura apresenta um Modelo/Norma de Qualidade, um Atributo de Qualidade, um conjunto de Subatributos de Qualidade e um conjunto de Medidas/Métricas.

Apesar da ISO/IEC 25010 considerar oito Atributos de Qualidade (Adequação Funcional, Eficiência de Desempenho, Compatibilidade, Usabilidade, Confiabilidade, Segurança, Capacidade de Manutenção e Portabilidade), somente o atributo Capacidade de Manutenção é considerado.

No contexto da ISO/IEC 25010, Capacidade de Manutenção é verificada/observada por meio dos subatributos Analisabilidade, Modificabilidade, Modularidade, Reusabilidade e Testabilidade. No contexto do *SMartyMetrics*, o subatributo Analisabilidade foi retirado. Isso aconteceu pela ausência de medidas/métricas que pudessem ser associadas com tal atributo.

A Figura 1, apresentada a seguir, considera a Estrutura de Associação desenvolvida, relacionada com o *SMartyMetrics*.

Figura 1. Estrutura de Associação do SMartyMetrics.



A Figura 1 ilustra a Estrutura de Associação desenvolvida no contexto do *SMartyMetrics*. Conforme já mencionado, tal estrutura considera além da ISSO/IEC 25010, um Atributo de Qualidade, Subatributos de Qualidade e Medidas/Métricas. Na Estrutura de Associação, os subatributos foram organizados em dois níveis. Os subatributos do primeiro nível estão diretamente associadas com o Atributo de Qualidade Capacidade de Manutenção. Os subatributos do segundo nível estão diretamente associados com as medidas/métricas selecionadas para o *SMartyMetrics*.

No *SMartyMetrics*, os Subatributos de Qualidade associados com Capacidade de Manutenção foram Modularidade, Reusabilidade, Modificabilidade, Testabilidade, Coesão, Acoplamento, Tamanho, Complexidade e Extensibilidade. Com relação aos atributos Coesão, Acoplamento, Tamanho e Complexidade, é importante destacar que tais atributos estão associados diretamente com Modularidade, Reusabilidade, Modificabilidade e Testabilidade.

A Tabela 1, apresentada a seguir, contém as definições do atributo e dos subatributos.

| <u>Atributo/Subatributo</u> | <u>Definição</u> |
|------------------------------------|--|
| Capacidade de Manutenção | facilidade para realizar alterações no software, considerando a manutenção e/ou evolução do mesmo |
| | |
| Modularidade | grau em que o software é subdividido, de forma a possibilitar que mudanças em uma parte do software impacte o mínimo nas outras partes |
| Reusabilidade | grau em que partes do software podem ser usadas para desenvolver outros softwares |
| Modificabilidade | facilidade que o software oferece para que erros sejam corrigidos quando detectados, sem que as modificações introduzam novos defeitos ou degradem sua organização interna |
| Testabilidade | facilidade de se realizar testes no software |
| | |
| Coesão | nível em que elementos internos de uma unidade de design (classes, pacotes, componentes) estão logicamente relacionados |
| Acoplamento | nível de interdependência entre módulos distintos de software, ou seja, o nível em que unidades de design (classes, pacotes, componentes) diferentes estão conectadas |

| | |
|-----------------|---|
| Tamanho | número de operações de um elemento. Esse elemento pode ser de design (modelos de classes, interfaces, pacotes e componentes) ou de código fonte (representando classes, interfaces, pacotes e componentes). |
| Complexidade | quantidade de lógica de decisão de um módulo de software, representada pelo número de caminhos que devem ser testados |
| Extensibilidade | nível de extensão de uma unidade de <i>design</i> . Atributo baseado em classes abstratas |

Diretrizes *SMartyMetrics*

Além da Estrutura de Associação desenvolvida, o *SMartyMetrics* também apresenta um conjunto de Diretrizes, com orientações e/ou recomendações sobre Linha de Produto de Software (LPS), Arquitetura de Linha de Produto (ALP), Medidas/Métricas e Restrições.

As diretrizes para LPS apresentam recomendações no planejamento e concepção da LPS. As diretrizes para ALP apresentam orientações para a arquitetura de uma LPS, que será avaliada por um ou mais Métodos de Avaliação. As diretrizes para Medidas/Métricas apresentam orientações para as medidas/métricas consideradas nas avaliações. Por fim, Diretrizes de Restrições são apresentadas. Tais diretrizes apresentam as condições que possibilitam utilizar o *SMartyMetrics* de maneira adequada. A não-satisfação das condições apresentadas nas diretrizes de restrição podem comprometer ou até mesmo inviabilizar a utilização do *SMartyMetrics* no auxílio a Métodos de Avaliação de ALPs.

A seguir, as diretrizes são apresentadas.

Tabela 1. Diretrizes para LPS.

| <u>Diretriz</u> | <u>Tipo da Diretriz</u> |
|---|--------------------------------|
| O domínio da LPS deve ser identificado antes do desenvolvimento da arquitetura | Específica para LPS |
| O escopo da LPS deve ser definido após a identificação do domínio e antes do desenvolvimento da arquitetura | Específica para LPS |
| Os possíveis segmentos de mercado da LPS devem ser analisados | Específica para LPS |
| As empresas concorrentes, considerando o domínio e escopo da LPS, devem ser estudadas e/ou analisadas | Específica para LPS |
| Todos os <i>stakeholders</i> da LPS devem ser identificados | Específica para LPS |
| Todos os interesses dos <i>stakeholders</i> devem ser identificados | Específica para LPS |
| Deve ser possível a alteração, modificação e/ou evolução das comunalidades e variabilidades da LPS | Específica para LPS |
| Documentos de registro das comunalidades e variabilidades da LPS devem ser desenvolvidos | Específica para LPS |
| Materiais de suporte podem ser desenvolvidos para apresentar o domínio, o escopo e a arquitetura da LPS | Específica para LPS |

Tabela 2. Diretrizes para ALP.

| <u>Diretriz</u> | <u>Tipo da Diretriz</u> |
|--|--------------------------------|
| Uma Arquitetura de Domínio pode ser desenvolvida, considerando o domínio e o escopo da LPS | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura desenvolvida deve refletir o domínio e o escopo da LPS | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura da LPS deve representar os interesses de todos os <i>stakeholders</i> | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura da LPS deve satisfazer os requisitos estabelecidos para o domínio e escopo da LPS | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura deve representar todas as comunalidades e variabilidades identificadas e analisadas da LPS | Específica para Arquitetura |
| A Arquitetura de Domínio deve representar todas as comunalidades e variabilidades identificadas e analisadas da LPS | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura deve possibilitar a alteração, modificação e/ou evolução das comunalidades e variabilidades da LPS | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura deve refletir a aplicação de um método de Gerenciamento de Variabilidades | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura apresentada deve ser rastreável por meio de outros artefatos, como documentos de variabilidades e modelos de <i>features</i> | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura deve ser desenvolvida de modo a auxiliar na pesquisa e análise das tecnologias de implementação para a LPS | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura deve possibilitar a extração de detalhes técnicos e/ou tecnológicos, como interfaces e componentes | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura deve possibilitar a identificação e o relacionamento entre módulos funcionais do sistema | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura deve representar o entendimento do domínio e do escopo da LPS | Específica para Arquitetura |
| Se necessário, o processo de instanciação de produtos por meio da arquitetura deve ser especificado | Específica para Arquitetura |
| A arquitetura apresentada deve possibilitar a instanciação de diferentes produtos | Específica para Arquitetura |
| Se necessário, a arquitetura deve ser descrita. Tal descrição auxilia no entendimento da arquitetura | Específica para Arquitetura |

Tabela 3. Diretrizes para Medidas/Métricas.

| Diretriz | Tipo da Diretriz |
|---|----------------------------------|
| A medida deve ser simples | Específica para Medidas/Métricas |
| A medida deve ser independente de Linguagem | Específica para Medidas/Métricas |
| A medida deve ser desenvolvida em escala adequada | Específica para Medidas/Métricas |
| A medida deve apresentar uma justificativa para ser elaborada/criada/desenvolvida | Específica para Medidas/Métricas |

Tabela 4. Diretrizes de Restrições.

| Diretriz | Tipo da Diretriz |
|--|-------------------------|
| O <i>SMartyMetrics</i> considera arquiteturas representadas em Modelos UML <i>SMarty</i> , mais precisamente modelos de classes e componentes | Restrição |
| Para cada Atributo/Subatributo de Qualidade selecionado na Avaliação auxiliada pelo <i>SMartyMetrics</i> , deve existir pelo menos uma medida e/ou métrica associada | Restrição |
| Os Métodos de Avaliação de Arquitetura a serem auxiliados pelo <i>SMartyMetrics</i> devem possibilitar a representação de arquiteturas em modelos UML | Restrição |

Questões – Avaliação Qualitativa *SMartyMetrics*

- 1) Qual a sua avaliação sobre a Estrutura de Associação desenvolvida no contexto do *SMartyMetrics*, destacando que tal estrutura é composta por um Modelo/Norma de Qualidade, Atributo de Qualidade, Subatributos de Qualidade e Medidas/Métricas?
- 2) Qual a sua avaliação sobre as Diretrizes desenvolvidas no contexto do *SMartyMetrics*, que consideram recomendações e/ou orientações para Linha de Produto de Software, Arquitetura de Linha de Produto e Medidas/Métricas?
- 3) Considerando a Estrutura de Associação e as Diretrizes desenvolvidas, você considera que Métodos de Avaliação de Arquiteturas de Linha de Produto podem ser auxiliados pelo *SMartyMetrics*?
- 4) Considerando o seu entendimento do *SMartyMetrics* e as respostas das questões anteriores, apresente críticas e/ou sugestões de melhorias para o *SMartyMetrics*.
- 5) Se desejar, apresente também críticas e/ou sugestões de melhorias para este estudo experimental.

Apêndice E - Respostas dos participantes - Avaliação Qualitativa do SMartyMetrics

E.1 Apresentação

Este apêndice apresenta as respostas fornecidas pelo participantes, na Avaliação Qualitativa do *SMartyMetrics*.

E.2 Questões e Respostas dos Participantes

Qual a sua avaliação sobre a Estrutura de Associação desenvolvida no contexto do *SMartyMetrics*, destacando que tal estrutura é composta por um Modelo/Norma de Qualidade, Atributo de Qualidade, Subatributos de Qualidade e Medidas/Métricas?

- **Participante 01:** considero a Estrutura de Associação válida no contexto do *SMartyMetrics*. Recomendo que em cada um dos retângulos da Figura 1 contenha uma legenda indicando quais são realmente os atributos e os subatributos. Sugiro que a Coesão poderia estar associada também com Modificabilidade devido a sua definição tratar de elementos internos. O Tamanho poderia estar associado com Testabilidade, pois também é possível testar o número de operações. Já Complexidade, poderia estar associada com Reusabilidade devido à complexidade de elementos que poderiam ou não serem reutilizados. Por que a Estrutura de Associação do *SMartyMetrics* foi projetada apenas considerando o atributo de qualidade Capacidade de Manutenção? Não ficou claro para mim. Por fim, por que apenas os atributos/subatributos foram associados e não generalizados (<<extend>>) ou incluídos (<< include >>)?

- **Participante 02:** a Estrutura de Associação se mostra completa, visto que foi derivada pela Norma de Qualidade e seus sub itens.
- **Participante 03:** a estrutura em si está adequada, visto que não existe possibilidade de abertura da estrutura da árvore. Fácil entendimento do relacionamento.
- **Participante 04:** a estrutura de associação é interessante pois permite ver como as métricas afetam atributos de qualidade. A Figura 1. Estrutura de Associação do *SMartyMetrics* é bem interessante. Através dela é possível identificar rapidamente como as métricas estão associadas aos atributos de qualidade. Vale a pena ressaltar que a Figura foca somente em atributos de Manutenção. Seria interessante deixar isso claro na legenda da Figura e no texto.
- **Participante 05:** eu não consegui entender como foi feita a relação entre os atributos e qualidade e as métricas. Não está claro como foi definida essa relação. Quais parâmetros ou técnicas foram utilizados para associar uma métrica a um atributo e não a outro. Por exemplo, a coesão, será que também não estaria ligada a reusabilidade? Acho que faltou algo para fortalecer e justificar essas associações.
- **Participante 06:** acredito que o fato de se basear na ISO é algo extremamente importante e aumenta muito a relevância da Estrutura de Associação. Entretanto, tenho dificuldades em saber como alguns atributos seriam aplicados em uma LPS real, pois muitos deles são abstratos e difíceis de mensurar (capacidade de manutenção, testabilidade, reusabilidade etc). Acredito que isso tenha de ser muito bem justificado.

Qual a sua avaliação sobre as Diretrizes desenvolvidas no contexto do *SMartyMetrics*, que consideram recomendações e/ou orientações para Linha de Produto de Software, Arquitetura de Linha de Produto e Medidas/Métricas?

- **Participante 01:** de forma geral, as diretrizes estão bem definidas. No entanto, sugiro que numere tais diretrizes e busque agrupá-las em categorias para facilitar o entendimento, bem como seu objetivo fim. Nas primeiras diretrizes pense em qual diferença existe em domínio e escopo. Isso não ficou claro para mim. Qual o objetivo de documentos de registro (quais? que tipos?) e materiais de suporte (quais? que tipos?) nas últimas diretrizes para LPS? A segunda, quarta e décima terceira diretrizes para ALP significam a mesma coisa? Qual a diferença entre elas? Recomendo que mantenha apenas uma por parecem redundantes. As diretrizes

décima quarta e décima quinta também parecem redundantes. A última diretriz de ALP comenta sobre a descrição de uma ALP, sendo assim, como seria esta descrição ou especificação? A terceira diretriz para Medidas/Métricas me parece confusa. Qual escala seria essa? A primeira e terceira diretrizes de Restrições também parecem ser a mesma coisa. Sugiro que as reescreva.

- **Participante 02:** as diretrizes apresentam-se completas. Contudo, delimitar o escopo da LPS após o domínio e permitir a alteração e extensão da LPS não ficou claro. Visto que, a evolução da LPS pode alterar diretamente o escopo da LPS, a não ser que o escopo tenha limitações quanto ao que abrange. Mais detalhes são necessários para que seja fornecida uma conclusão mais precisa.
- **Participante 03:** coerentes com os atributos que serão entregues, porém fica não encontrei nenhuma diretriz relacionada ao modelo de qualidade ISO, os pré-requisitos que serão entregues, ou subentende que todos seguiram o modelo ISO?
- **Participante 04:** as diretrizes são claras de modo a permitir o fácil entendimento dos *stakeholders*. Aqui acredito que caberia um ambiente iterativo aonde o usuário incluiria as diretrizes de interesse e rapidamente uma ferramenta ou filtro disponibilizaria algumas opções de diretrizes relacionadas com a busca.
- **Participante 05:** sobre as diretrizes de LPS (Todos os *stakeholders* da LPS devem ser identificados; e todos os interesses ...) não sei se é possível identificar todos. Sobre diretrizes ALP (A arquitetura da LPS deve representar os interesses de todos os *stakeholders*) Também não sei se é possível identificar todos. Sobre diretrizes de medidas (A medida deve ser simples) como assim simples? (A medida deve ser desenvolvida em escala adequada) como saber se está adequado? Após ler todas as diretrizes, acredito que fazem sentido. No entanto, não consigo ver como aplicar as diretrizes. Parece que falta um guia para ajudar a aplicar, ou algum exemplo de como aplicá-las.
- **Participante 06:** as diretrizes são muito importantes para a aplicação de uma nova proposta. Acredito que estão bem estruturadas no contexto do *SMartyMetrics*, mas acho que poderiam ser mais detalhadas. Digo isso porque elas ainda não me deixaram tranquilo com relação ao problema (na minha opinião) que citei na questão anterior.

Considerando a Estrutura de Associação e as Diretrizes desenvolvidas, você considera que Métodos de Avaliação de Arquiteturas de Linha de Produto podem ser auxiliados pelo *SMartyMetrics*?

- **Participante 01:** sim. Contudo, o *SMartyMetrics* deve aplicar estereótipos e um processo bem definido para aplicar tais diretrizes. Em adição, como o *SMartyMetrics* irá tratar isso na prática? Acredito que apenas utilizar a Estrutura de Associação não corrobora para utilizar o *SMartyMetrics*. Penso que estereótipos poderiam ser adaptados neste sentido para os atributos e subatributos.
- **Participante 02:** sim. Tanto a estrutura de associação quanto as diretrizes propostas são de grande auxílio nos métodos de avaliação. Contudo, a identificação de tais métodos, considerando apenas as diretrizes, sem o fornecimento de possíveis sugestões de métodos, ainda que apenas mencionados sem um alto grau de detalhamento, acaba deixando uma lacuna propícia a gerar erros e inconsistências. Seria interessante a disponibilização de um conjunto de possíveis métodos - e o quão bem atendem as diretrizes propostas no *SMartyMetrics* para auxiliar na seleção de métodos de avaliação.
- **Participante 03:** sim, podem ser sim, embora eu considere uma tabela indicativa de diretrizes com as associações dos atributos e sub atributos.
- **Participante 04:** com certeza. Ao se trabalhar com métodos de avaliação de arquitetura os atributos de qualidade (em avaliação) precisam estar definidos claramente. Além disso, é preciso analisar as métricas associadas com o atributo de qualidade. Desta forma, o *SMartyMetrics* auxilia na identificação das métricas e dos atributos de qualidade necessário no processo de avaliação.
- **Participante 05:** acredito que sim, porém falta um guia de como fazer ou até um passo a passo de como usar as diretrizes para fazer uma avaliação.
- **Participante 06:** com certeza, acredito que é uma iniciativa muito importante e que pode sim ser uma ferramenta de apoio.

Considerando o seu entendimento do *SMartyMetrics* e as respostas das questões anteriores, apresente críticas e/ou sugestões de melhorias para o *SMartyMetrics*.

- **Participante 01:** os atributos, subatributos, diretrizes e métricas poderiam ser categorizados(as) e agrupados(as) em diagramas específicos. Quais métricas estão

relacionadas com quais diretrizes? Quais atributos e subatributos estão relacionadas com quais métricas ou diretrizes? Posso utilizá-los em conjunto? Se sim, quando e por que? Qual o nível de abstração tenho neste cenário? * Nas questões 1, 2 e 3 também apresento, críticas, dúvidas e sugestões de melhoria.

- **Participante 02:** críticas e sugestões foram fornecidas à cada resposta anteriormente fornecidas. Adicionalmente, com base na sugestão da questão 4 questiono qual/quais métodos de avaliação são fortemente sugeridos, se aplicados às diretrizes propostas no *SMartyMetrics*?
- **Participante 03:** poderia haver uma distribuição das tabelas de diretrizes indicando os relacionamentos entre os atributos e subatributos, pois não ficou claro visualmente se as diretrizes perfazem somente atributos ou sub atributos ou ambos.
- **Participante 04:** procurei disponibilizar algumas sugestões ao longo das respostas. É preciso deixar claro o foco na Capacidade de Manutenção. Seria interessante identificar de onde saiu o relacionamento. Acredito que veio de trabalhos relacionados, seria interessante ressaltar essa informação do leitor. Ou seja, ao se basear em trabalhos existentes isso fortalece o estabelecimento dos relacionamentos.
- **Participante 05:** acho que precisa de um pouco mais de informação de como utilizar essas diretrizes ou um guia. Eu preciso atender todas as diretrizes? E se a LPS ou ALP que eu estiver projetando não atender todas as diretrizes isso pode prejudicar a utilização das métricas? A ordem das diretrizes é importante?
- **Participante 06:** como sugestão, eu daria uma atenção maior a características abstratas, pois quando adicionei *features* desse tipo no modelo de *features* do meu mestrado foi criticado. Isso porque a *feature* de uma LPS é por definição algo concreto/implementável/configurável, espero que ajude.

Se desejar, apresente também críticas e/ou sugestões de melhorias para este estudo experimental.

- **Participante 01:** neste estudo experimental senti a falta de exemplos de aplicação (*toy example*) do *SMartyMetrics* para facilitar seu entendimento e utilização na prática. Nesse contexto, uma ALP ou LPS pedagógica poderia ser adotada para representar seu funcionamento adaptado em conjunto com as diretrizes propostas apoiadas por possível métricas de exemplo. Portanto, qual a motivação em utilizar o *SMartyMetrics*? Além disso, no questionário de caracterização não foi questionário ao participante qual seria seu conhecimento sobre a abordagem *SMarty*.

- **Participante 02:** não foram apresentadas críticas e/ou sugestões explícitas de melhorias para este estudo experimental.
- **Participante 03:** no experimento, poderia se colocar um caso de uso prático, mesmo que seja extenso, mas que abordasse um atributos apenas do início ao fim, seria interessante para o entendimento, por conter muito texto (embora seja necessário para entendimento) eu fiquei confuso em alguns momentos, talvez com um exemplo demonstrativo prático e que fosse visual seria de maior entendimento da abordagem.
- **Participante 04:** seria interessante mapear as métricas e atributos de qualidade através de um apoio ferramental. Ao pesquisar pelo atributo de qualidade, a ferramenta informa quais são as métricas associadas a ele.
- **Participante 05:** acho que mais detalhes ou um guia ajudaria.
- **Participante 06:** não foram apresentadas críticas e/ou sugestões explícitas de melhorias para este estudo experimental.

Apêndice F - ALPs Utilizadas nos Experimentos

F.1 Apresentação

Este apêndice apresenta as ALPs utilizadas na validação das métricas propostas para o *SMartyMetrics*. As métricas de Tamanho, Acoplamento e Coesão propostas e validadas auxiliam na avaliação da Reusabilidade e da Modularidade de ALPs. Neste apêndice, as seguintes informações são apresentadas:

- processo de derivação das ALPs;
- ALPs utilizadas na validação das métricas de tamanho;
- ALPs utilizadas na validação das métricas de acoplamento e coesão;

F.2 Processo de Derivação das ALPs

As ALPs apresentadas neste apêndice são resultantes das seguintes atividades realizadas:

- pesquisa de uma ou mais LPS(s) a ser(em) utilizada(s) nos experimentos de validação;
- estudo da LPS selecionada para entendimento das principais características da mesma;
- modelagem da LPS selecionada;
- elaboração de uma estratégia de derivação de ALPs, baseada na LPS modelada;
- derivação das ALPs, baseadas na LPS modelada;

A pesquisa de uma ou mais LPSs que pudessem ser utilizadas nos experimentos de validação do *SMartyMetrics* considerou trabalhos que descrevessem linhas de produto. Inicialmente, artigos foram consultados. Os artigos apresentaram sucintamente tais LPSs. Foi observado a ausência de informações que possibilitassem o entendimento detalhado da linha. Diante disso, buscou-se por dissertações e teses que apresentassem LPSs. As buscas foram realizadas de forma não-sistemática.

Nessa segunda etapa, os seguintes trabalhos foram consultados:

- *SMartyComponents*: um processo para especificação de arquiteturas de linha de produto de software componentizadas (Bera, 2015);
- *SMartyCheck*: uma Técnica de Inspeção baseada em *Checklist* para Diagramas de Casos de Uso e de Classes da Abordagem *SMarty* (Geraldi, 2015);
- Análise de Impacto Baseada em Rastreabilidade de Artefatos para Linhas De Produto De Software (Oliveira, 2011).

Em Bera (Bera, 2015) e Geraldi (Geraldi, 2015), foram observados casos de uso da LPS MM. Dois diagramas de casos de uso foram apresentados. Um diagrama contém somente os casos de uso, enquanto o outro diagrama contém os casos de uso com estereótipos do *SMartyProfile*, um perfil UML desenvolvido no contexto da abordagem *SMarty*. Além dos casos de uso, uma descrição textual da MM é apresentada. Em Oliveira (Oliveira, 2011), são apresentados modelos de características das versões da LPS MM. Além dos modelos, são apresentadas informações sobre características que foram alteradas e/ou inseridas em cada versão da linha.

Analisando especificamente os trabalhos de Geraldi (2015) e Bera (2015), observou-se referências para os seguintes trabalhos:

- Aplicação de Métricas em Arquiteturas de Linhas de Produto de Software (Contieri Júnior, 2010);
- Análise de estabilidade de diferentes versões de arquiteturas de linha de produto de software (Xavier, 2011).

Em Contieri (Contieri Júnior, 2010), são apresentadas as características e variabilidades da LPS MM, além das evoluções da MM ao longo de suas versões. Arquiteturas em UML são apresentadas em diagramas de pacotes.

Em Xavier (Xavier, 2011), diferentes versões da LPS MM são apresentadas. Assim como em Contieri Junior (2010), arquiteturas em diagramas UML são apresentadas, porém, nesse caso o diagrama é de componentes.

Ao avaliar os trabalhos mencionados nesta seção, concluiu-se que a LPS MM poderia ser utilizada nos experimentos. A conclusão foi baseada principalmente nos diagramas de pacotes e componentes e nas informações disponíveis sobre a MM. Tais informações destacam a evolução da linha.

Após a seleção da LPS a ser utilizada, as seguintes dificuldades foram observadas:

- ausência de ALPs estereotipadas com o perfil UML *SMartyProfile*
- necessidade de várias ALPs para utilização nos experimentos

As ALPs em diagramas de pacotes e componentes, encontradas nos trabalhos pesquisados, não estavam estereotipadas. Como ALPs em modelos UML *SMarty* são necessárias para a utilização do *SMartyMetrics*, foi necessário aplicar os estereótipos do *SMartyProfile* nas ALPs.

A aplicação dos estereótipos considerou as diretrizes do *SMartyProcess* (Oliveira Jr et al., 2010a), que auxiliam na identificação de variabilidades, pontos de variação e variantes em diagramas UML suportados pela abordagem *SMarty*.

A necessidade de utilizar várias ALPs nos experimentos surgiu pelo objetivo de permitir a cada participante avaliar uma ALP diferente. Entendeu-se que várias ALPs possibilitariam a validação das métricas em um escopo mais amplo, devido às diferenças existentes entre as arquiteturas.

A necessidade de várias ALPs exigiu a elaboração de duas estratégias de derivação de arquiteturas. Ambas as estratégias consideraram as diferentes versões da LPS MM e as ALPs apresentadas em Contieri Junior (Contieri Júnior, 2010).

A primeira estratégia consistiu na modelagem de diagramas de classes que considerassem somente as características definidas em determinada versão da MM, com variações no número de variabilidades e em outras informações, tais como atributos e métodos. As ALPs utilizadas na validação das métricas de tamanho foram derivadas da aplicação dessa estratégia.

A segunda estratégia consistiu na modelagem de uma ALP com todas as variabilidades da MM. Posteriormente, combinações dessas variabilidades foram realizadas e novas ALPs foram originadas. As ALPs utilizadas na validação das métricas de acoplamento e coesão foram derivadas da aplicação dessa estratégia.

Figura 6.2: Arquitetura Tamanho 2.

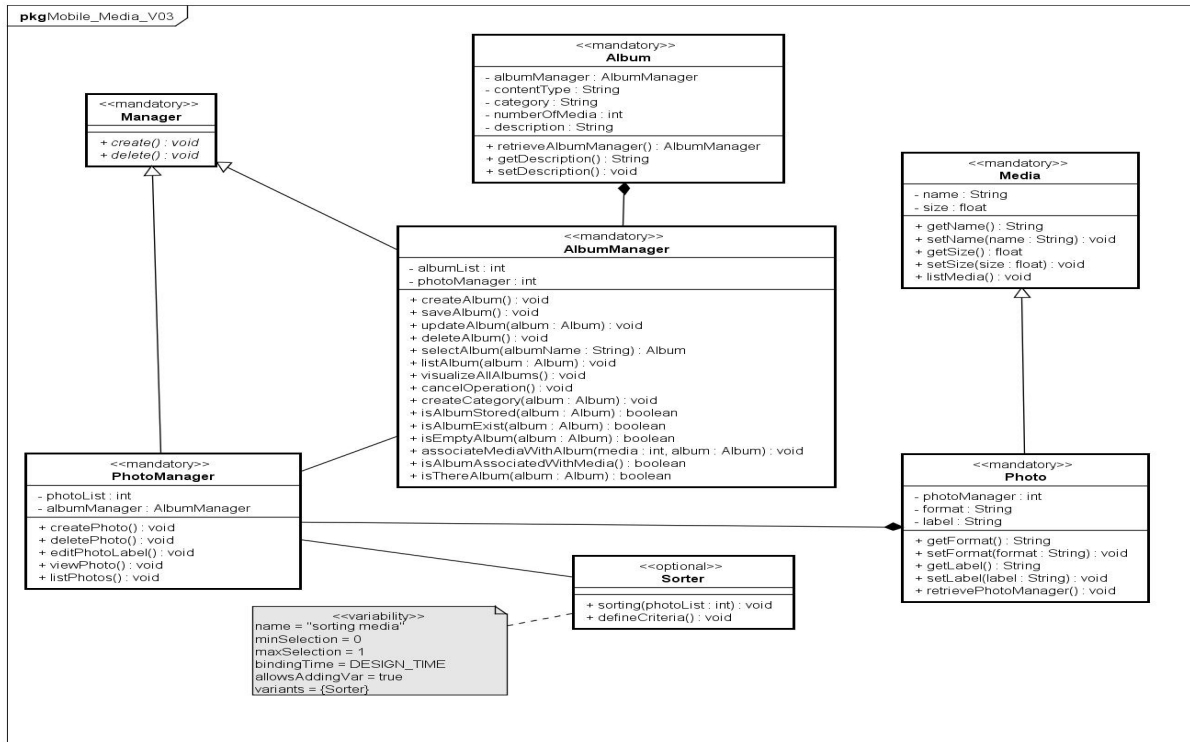


Figura 6.3: Arquitetura Tamanho 3.

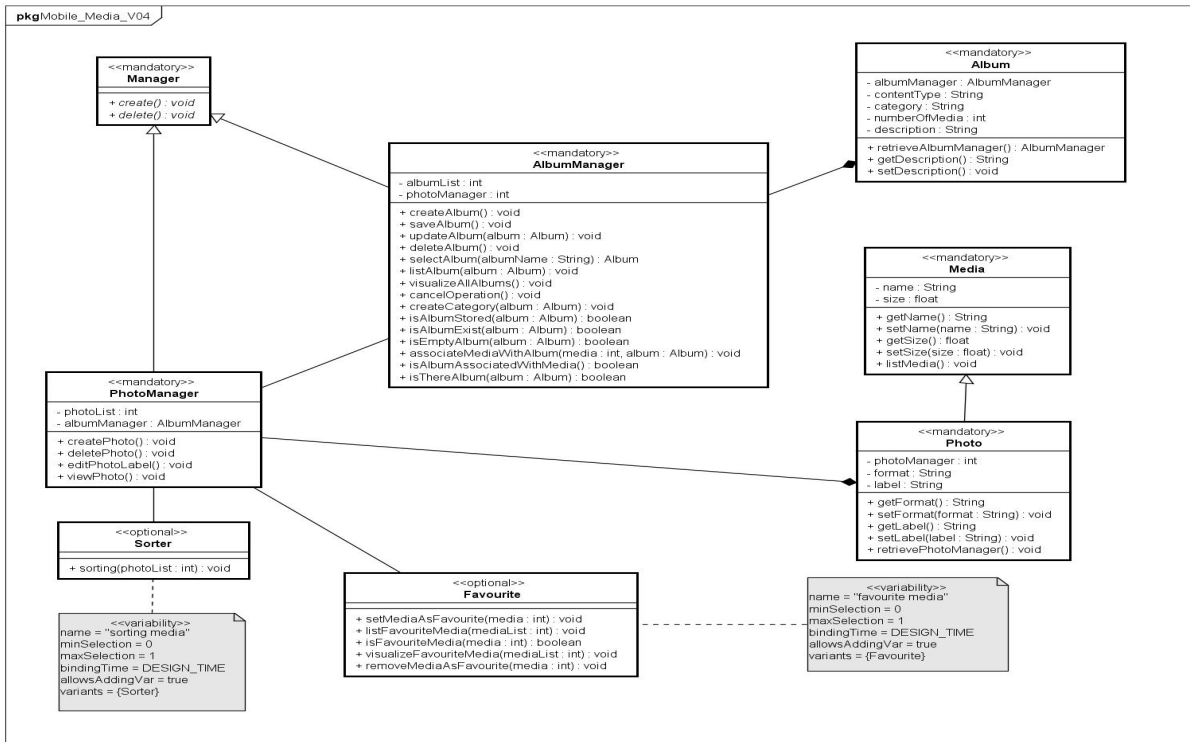


Figura 6.4: Arquitetura Tamanho 4.

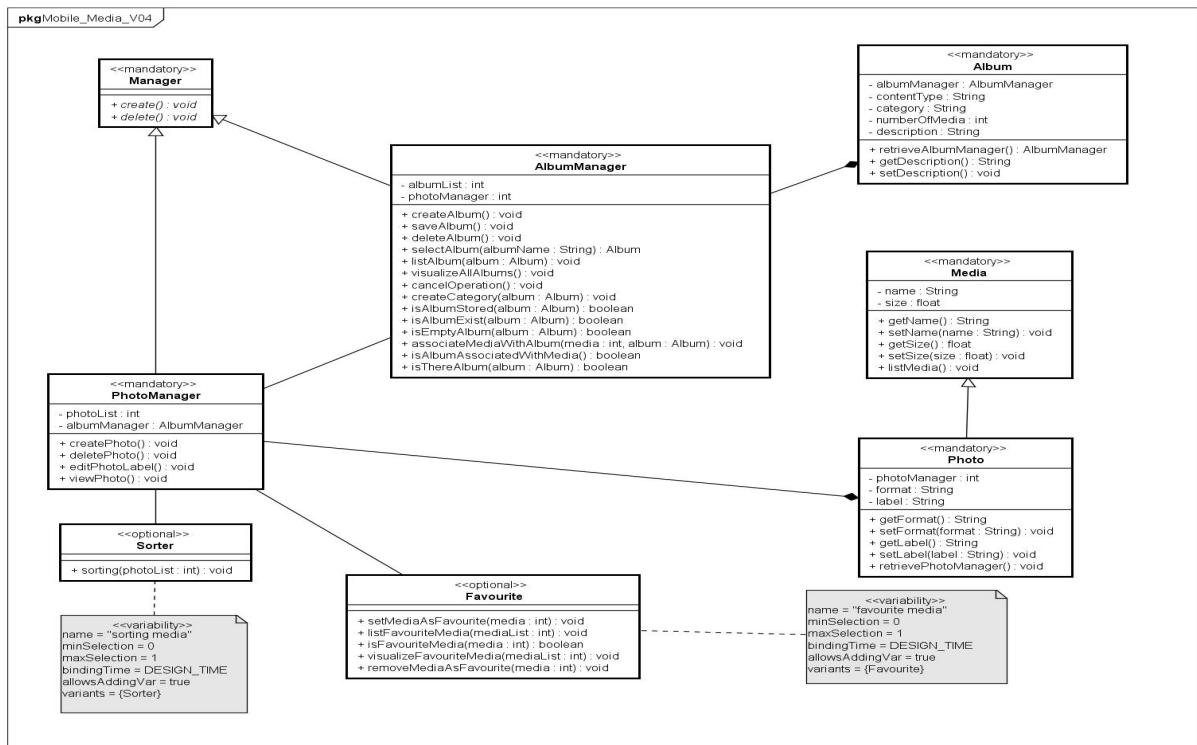


Figura 6.5: Arquitetura Tamanho 5.

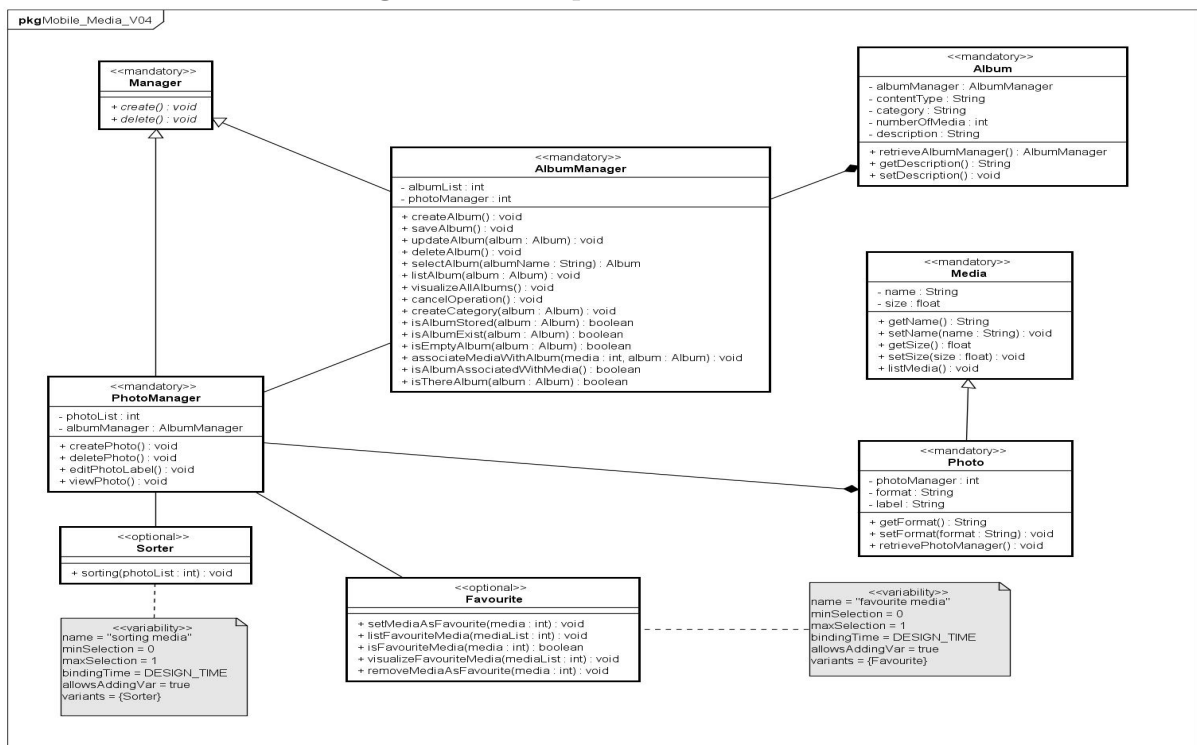


Figura 6.8: Arquitetura Tamanho 8.

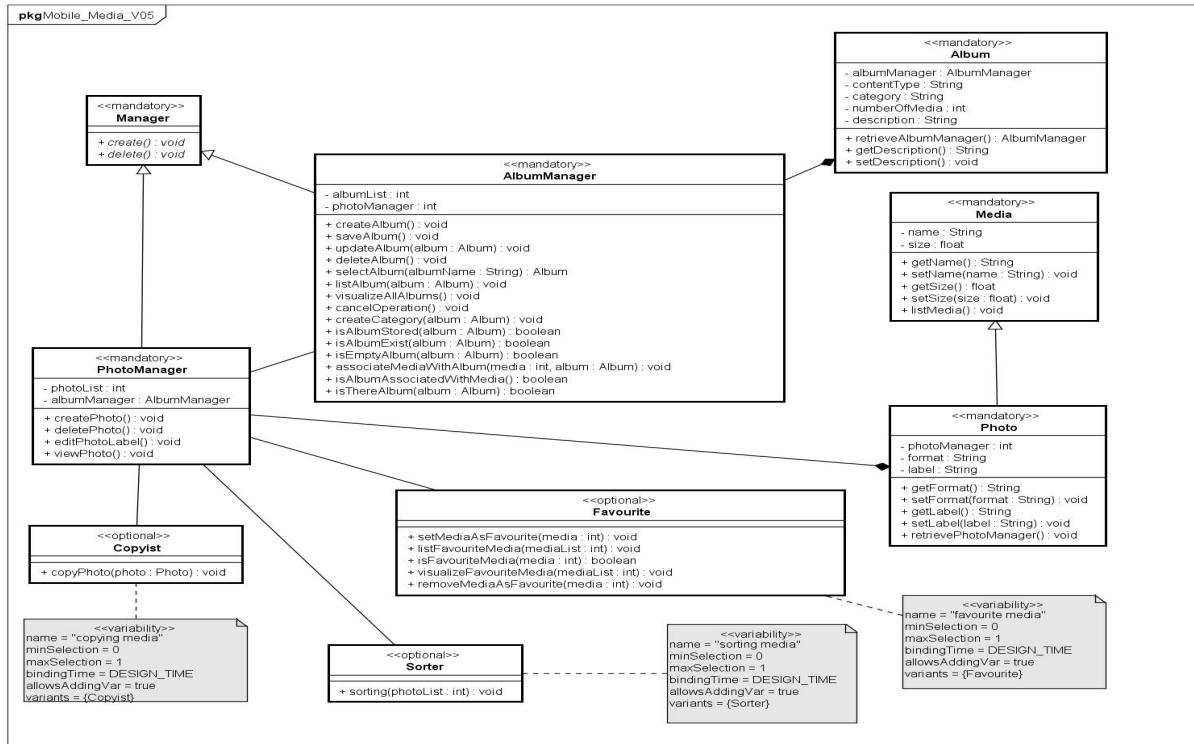


Figura 6.9: Arquitetura Tamanho 9.

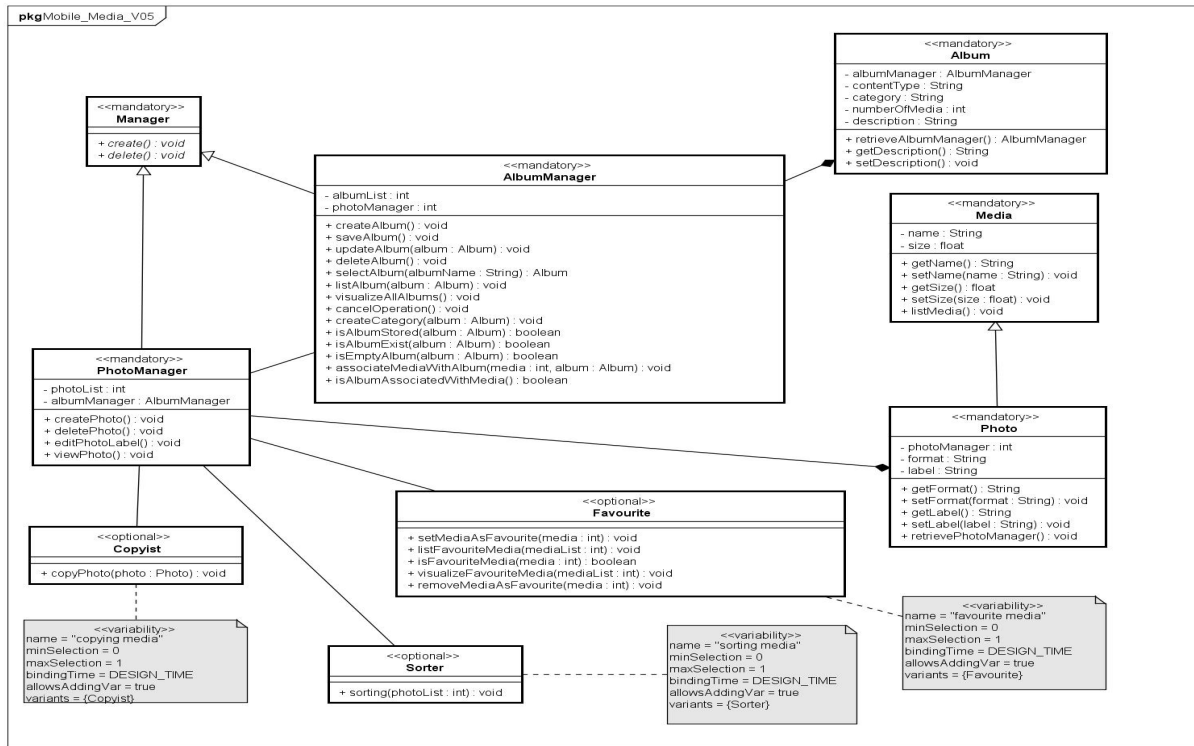


Figura 6.10: Arquitetura Tamanho 10.

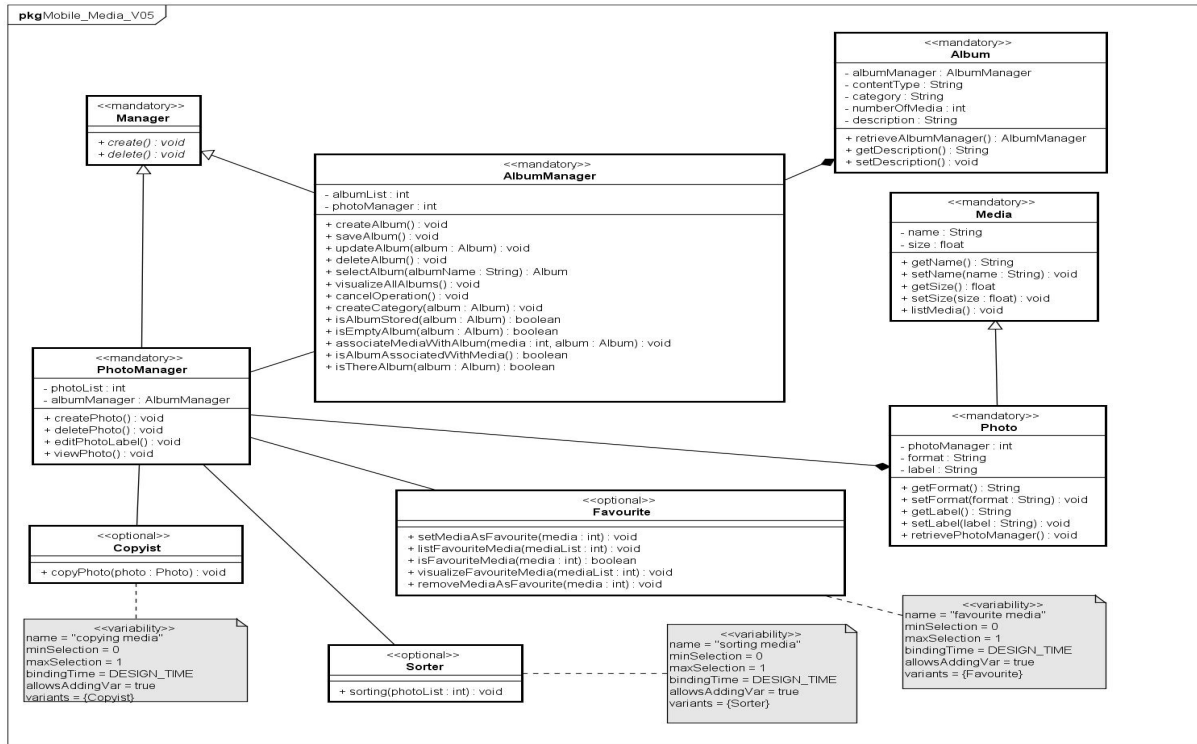


Figura 6.11: Arquitetura Tamanho 11.

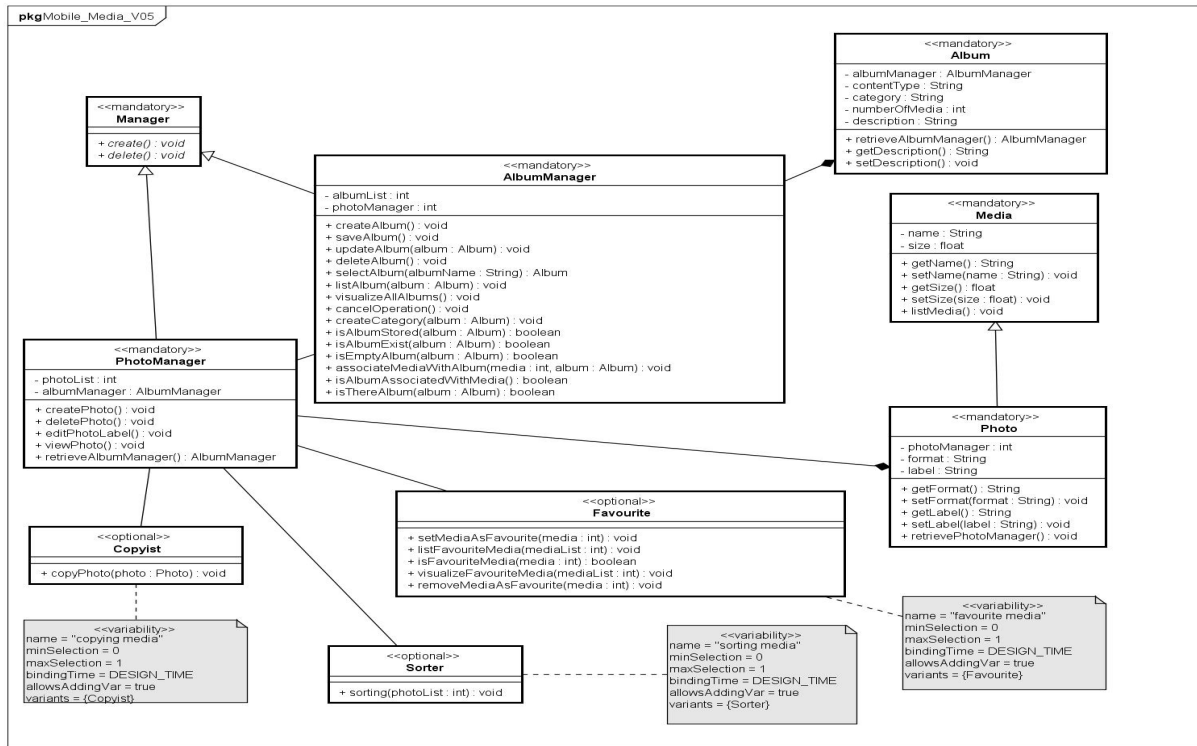


Figura 6.14: Arquitetura Tamanho 14.

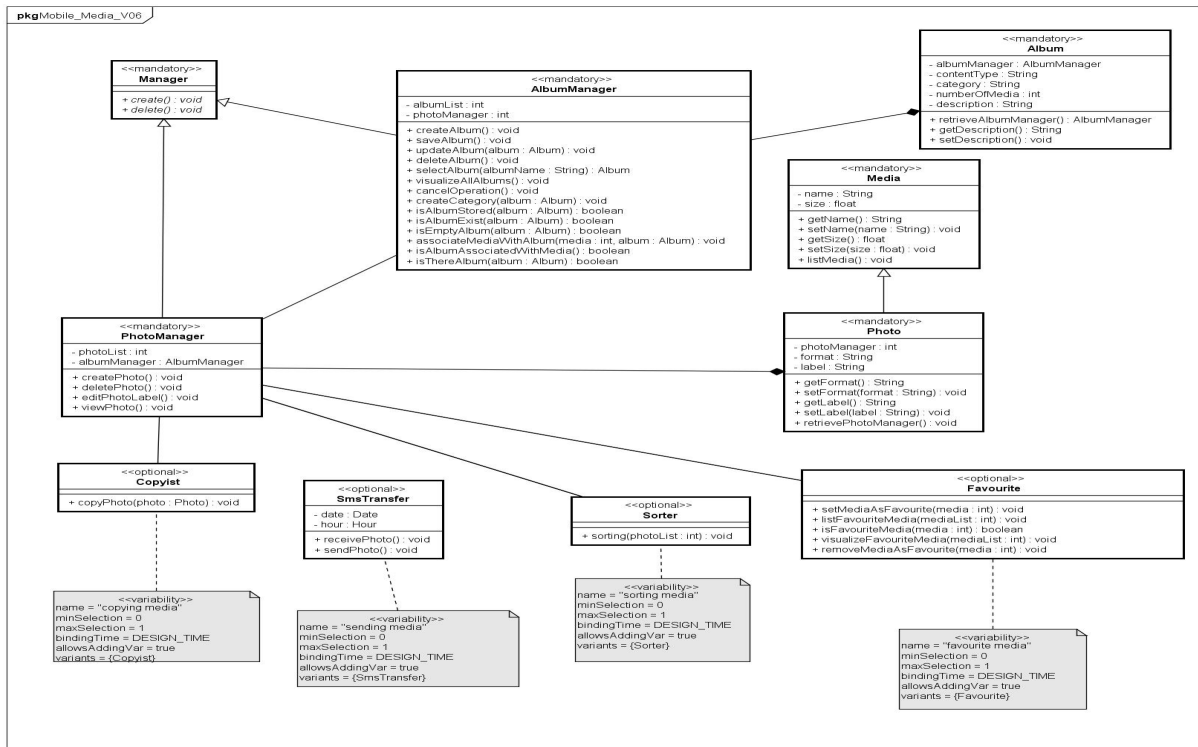
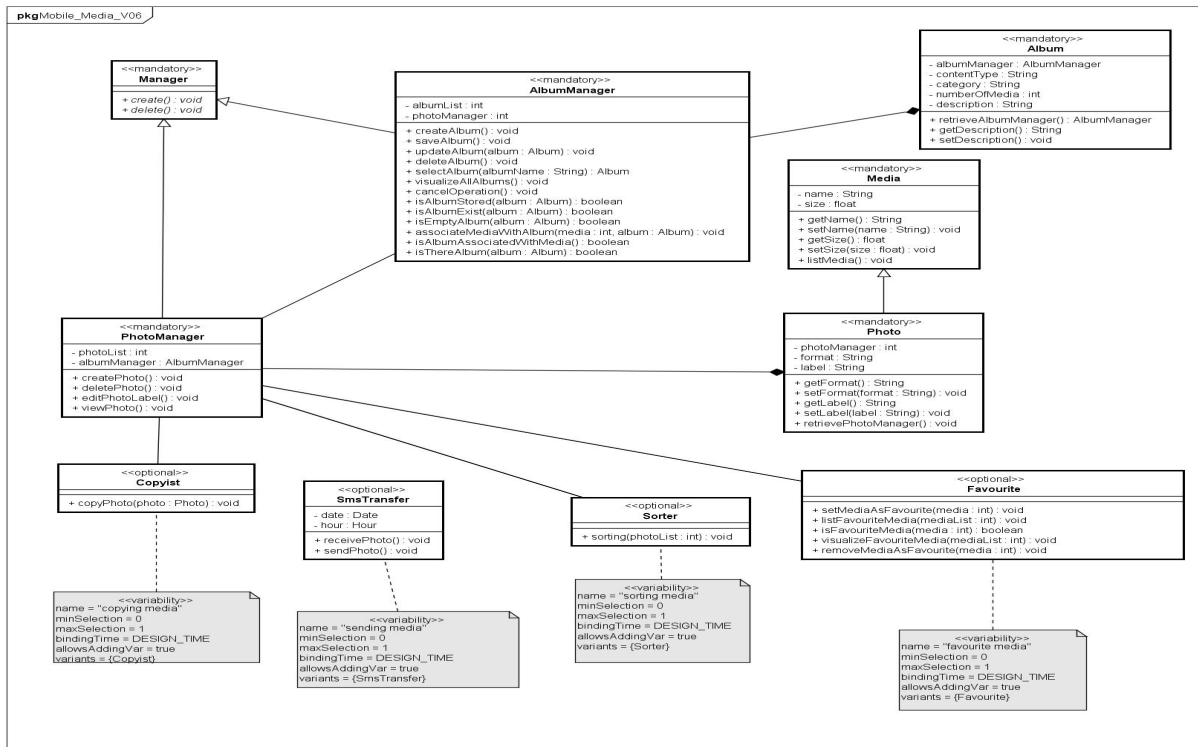


Figura 6.15: Arquitetura Tamanho 15.



F.4 ALPs utilizadas na Validação das Métricas de Acoplamento e Coesão

Figura 6.16: Arquitetura Acoplamento e Coesão 1.

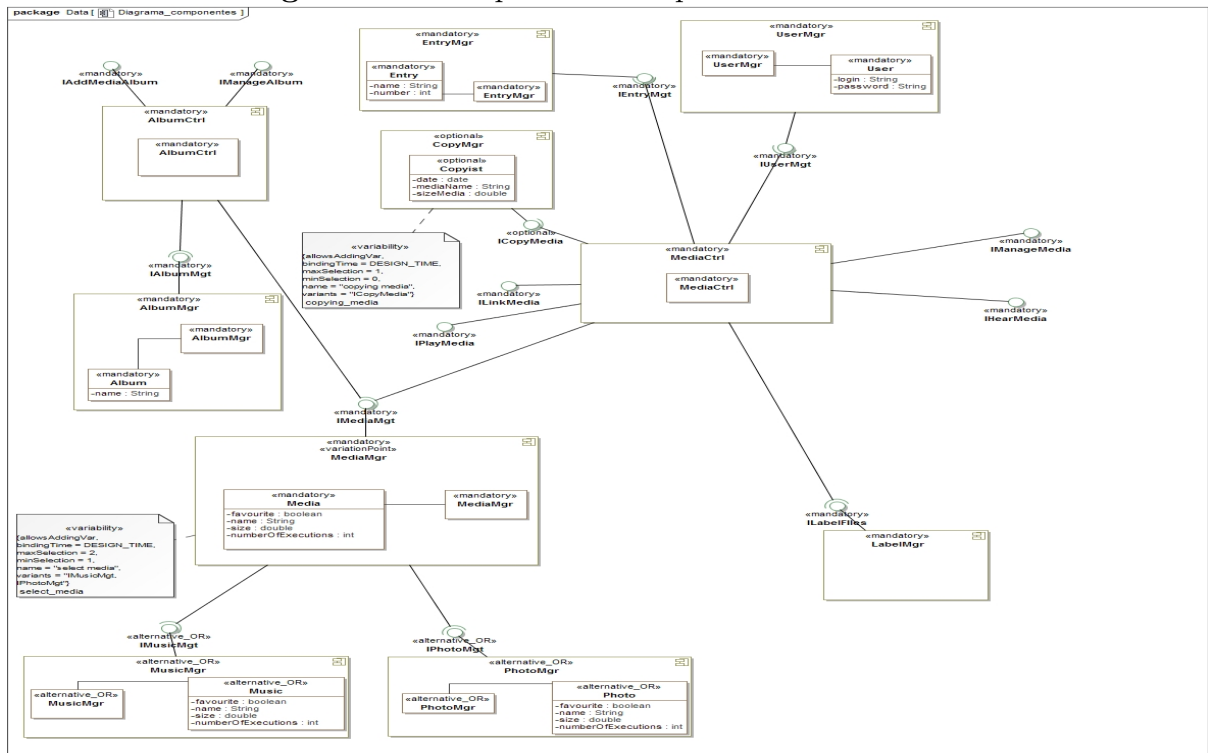


Figura 6.17: Arquitetura Acoplamento e Coesão 2.

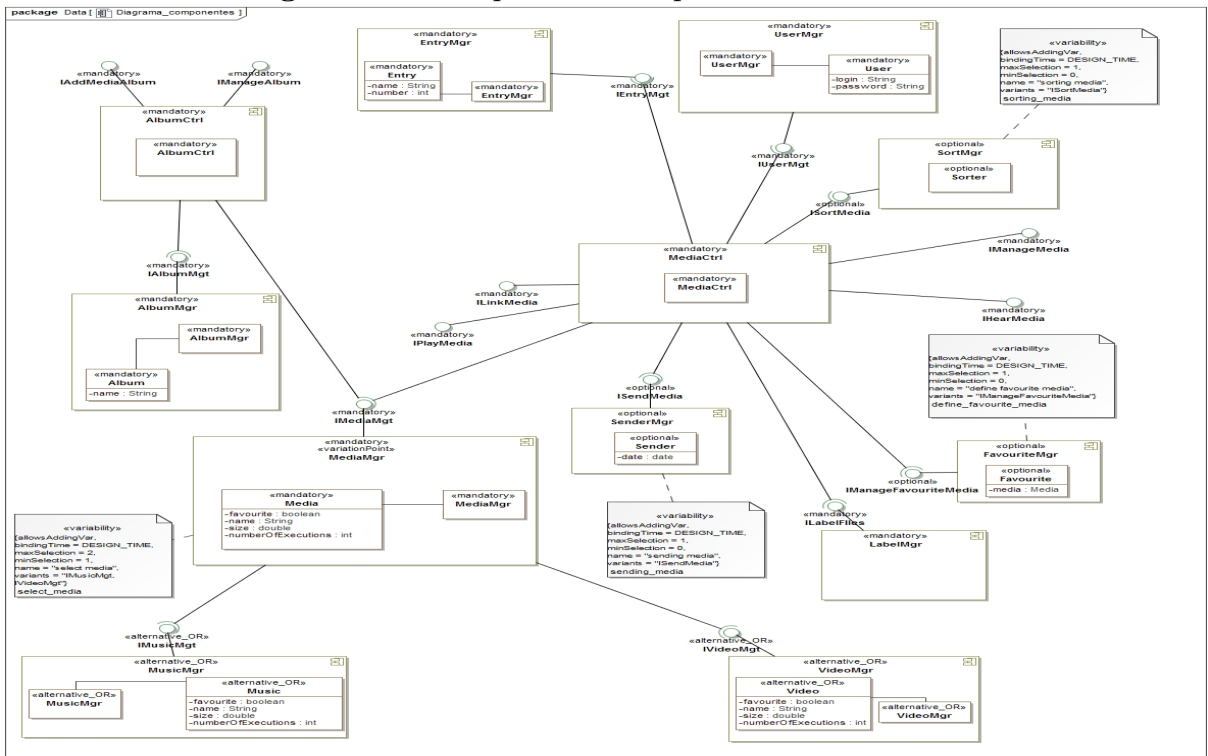


Figura 6.18: Arquitetura Acoplamento e Coesão 3.

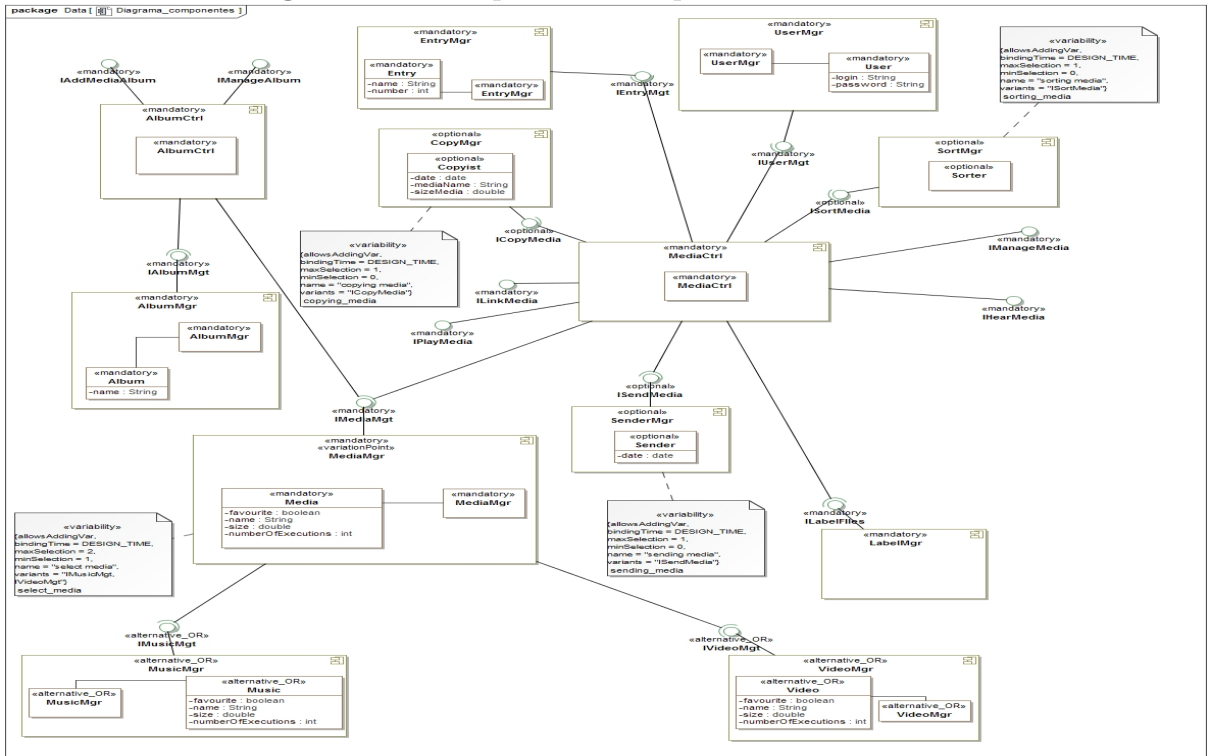


Figura 6.19: Arquitetura Acoplamento e Coesão 4.

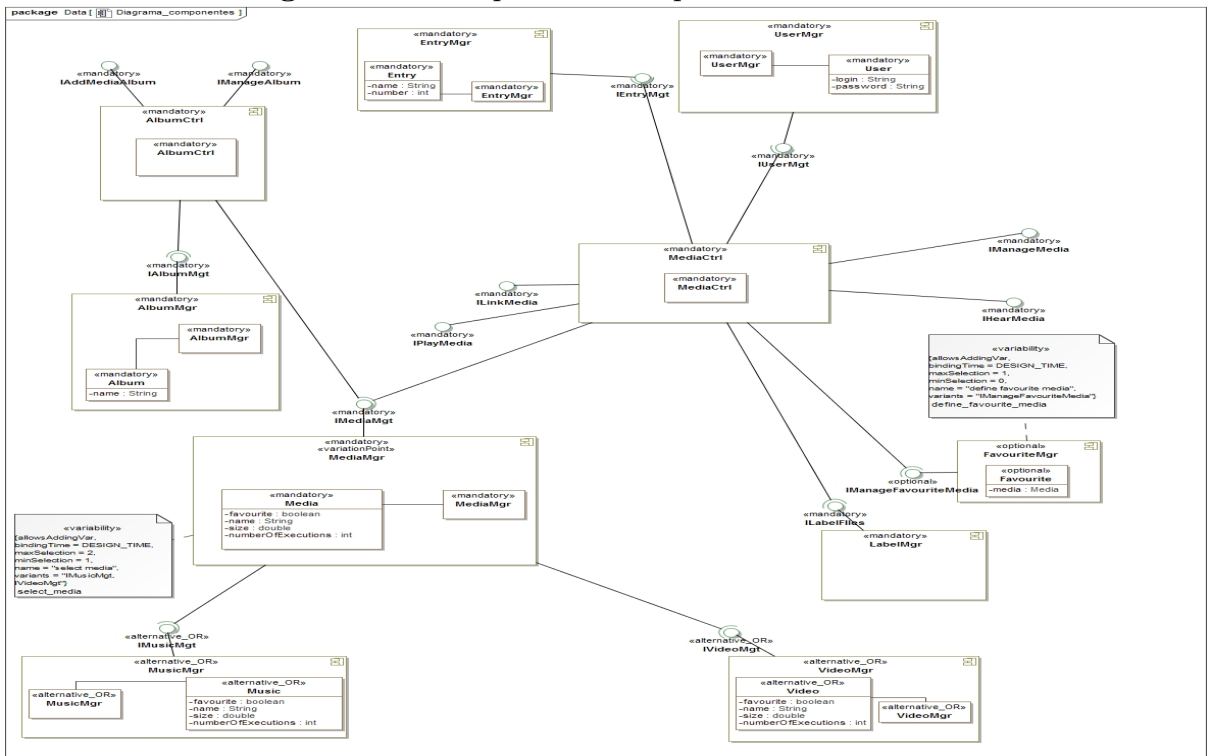


Figura 6.20: Arquitetura Acoplamento e Coesão 5.

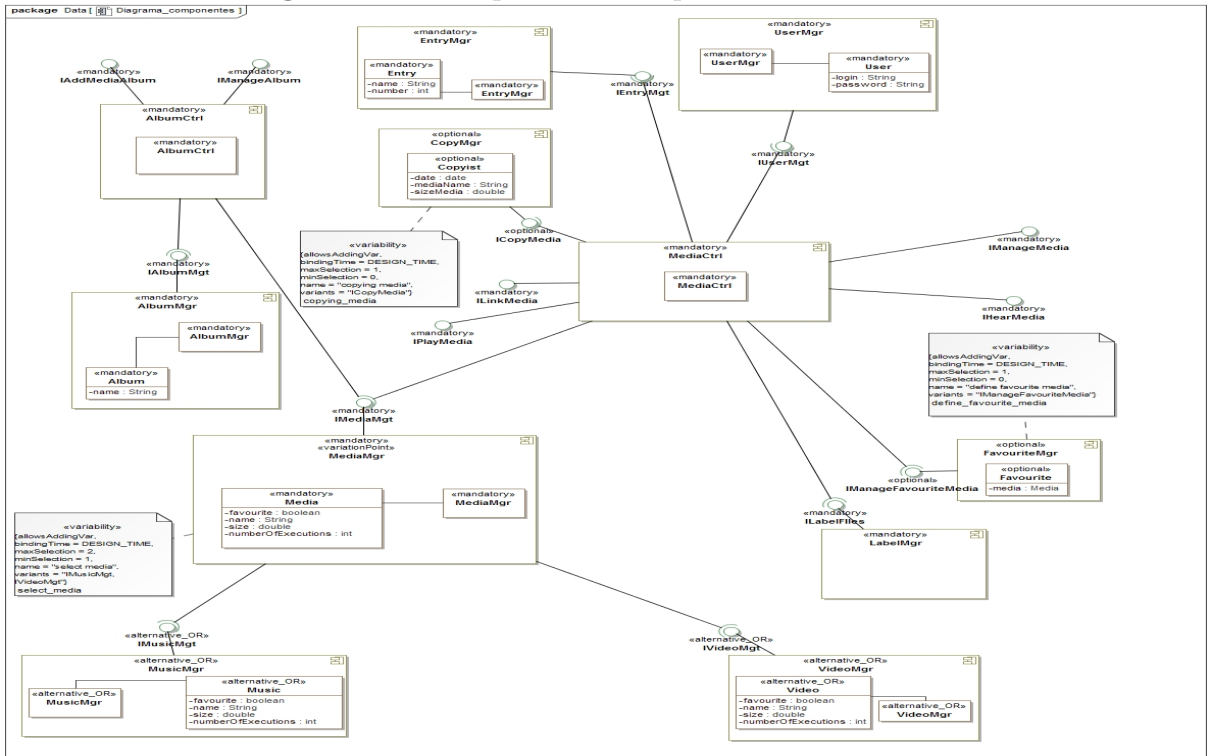


Figura 6.21: Arquitetura Acoplamento e Coesão 6.

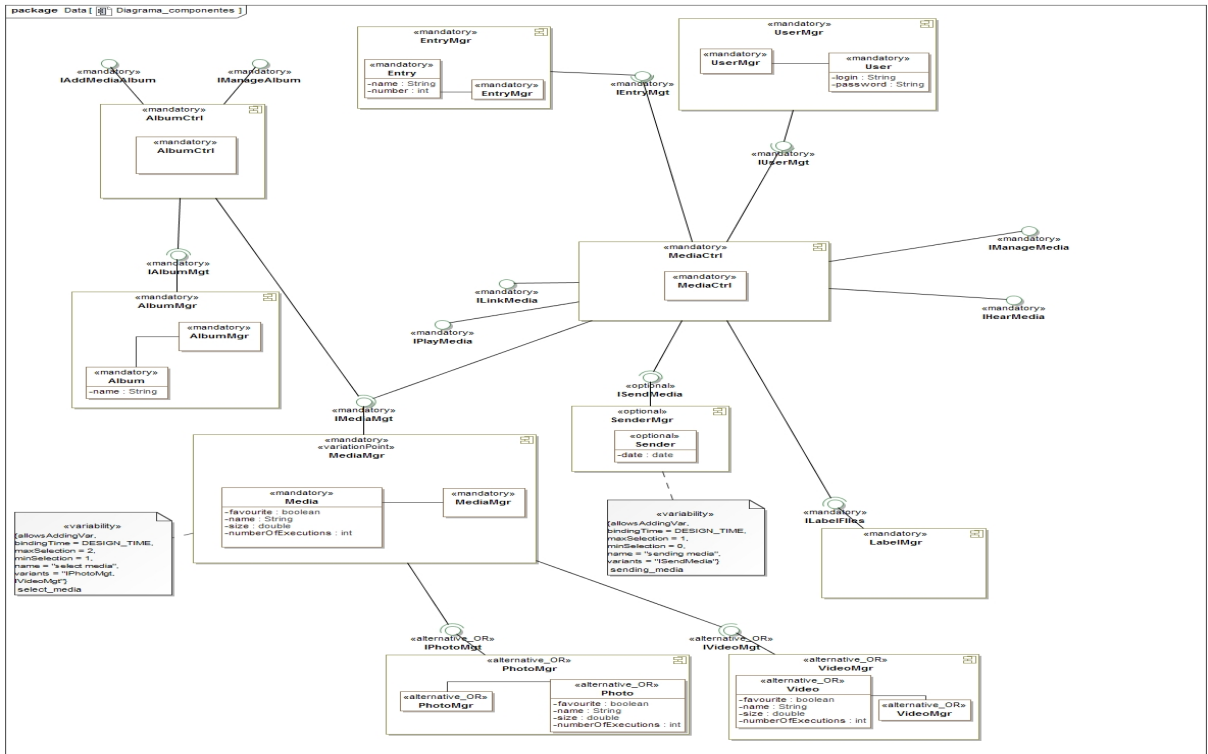


Figura 6.22: Arquitetura Acoplamento e Coesão 7.

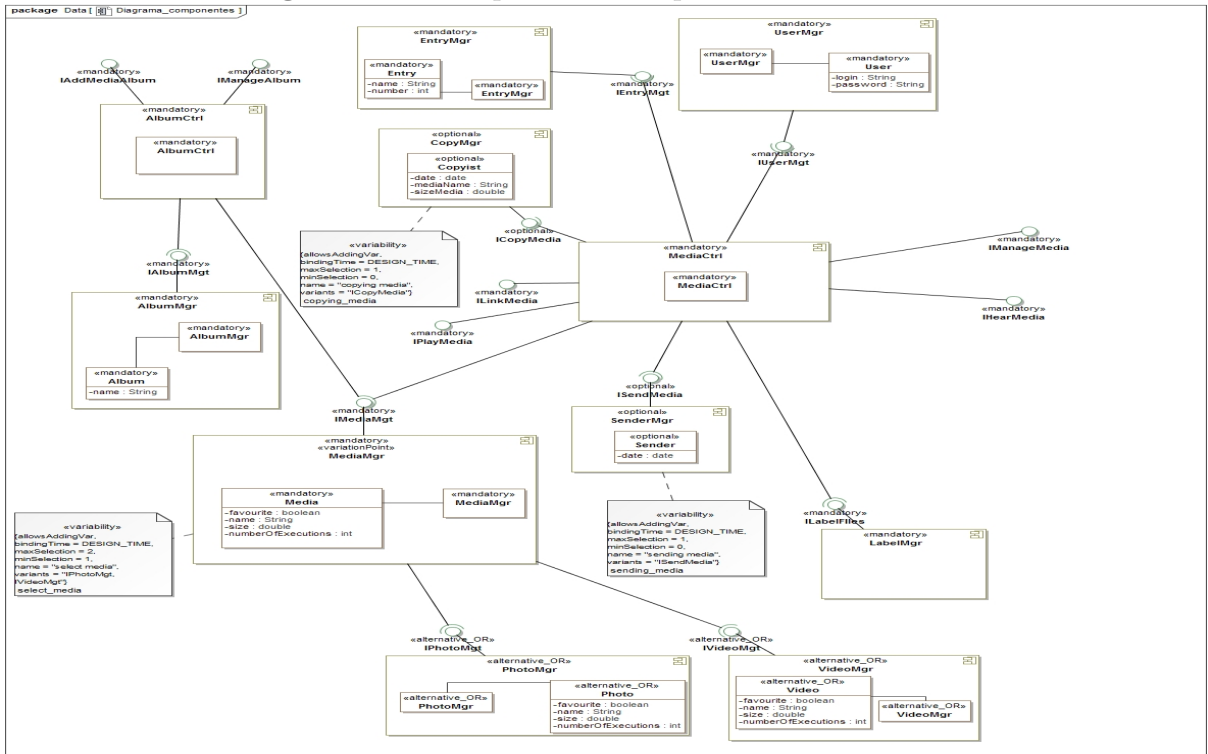
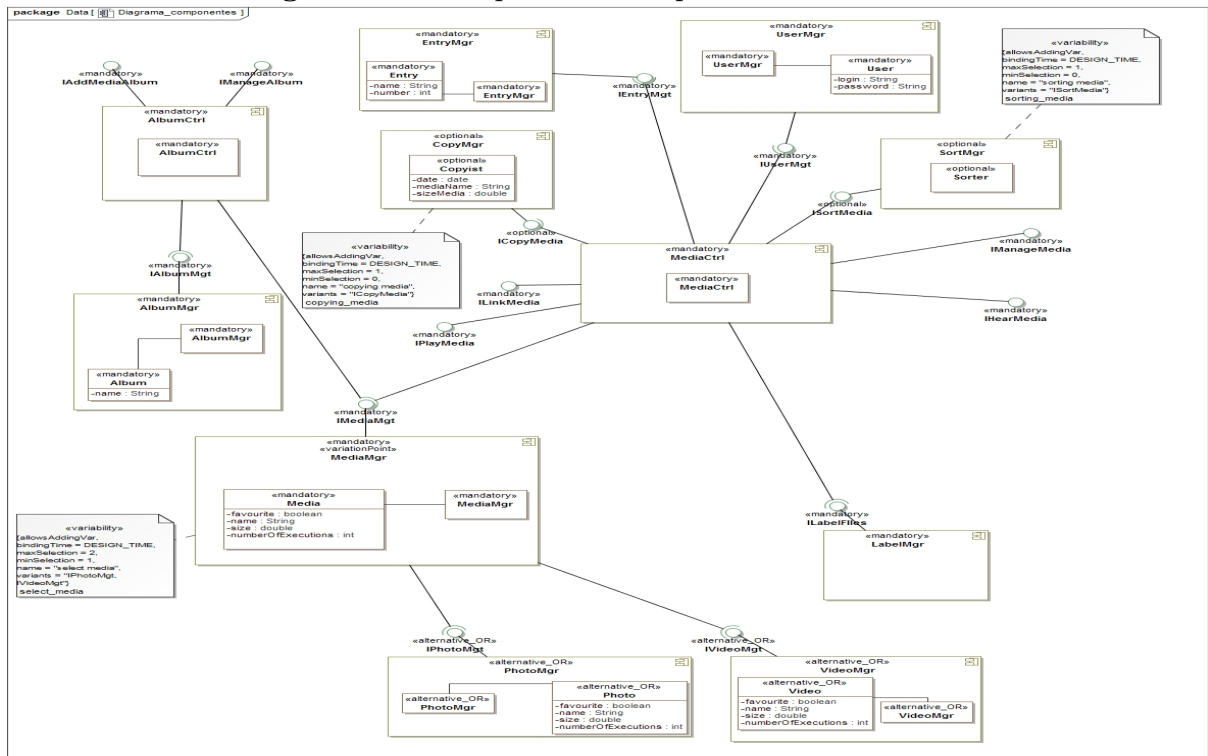
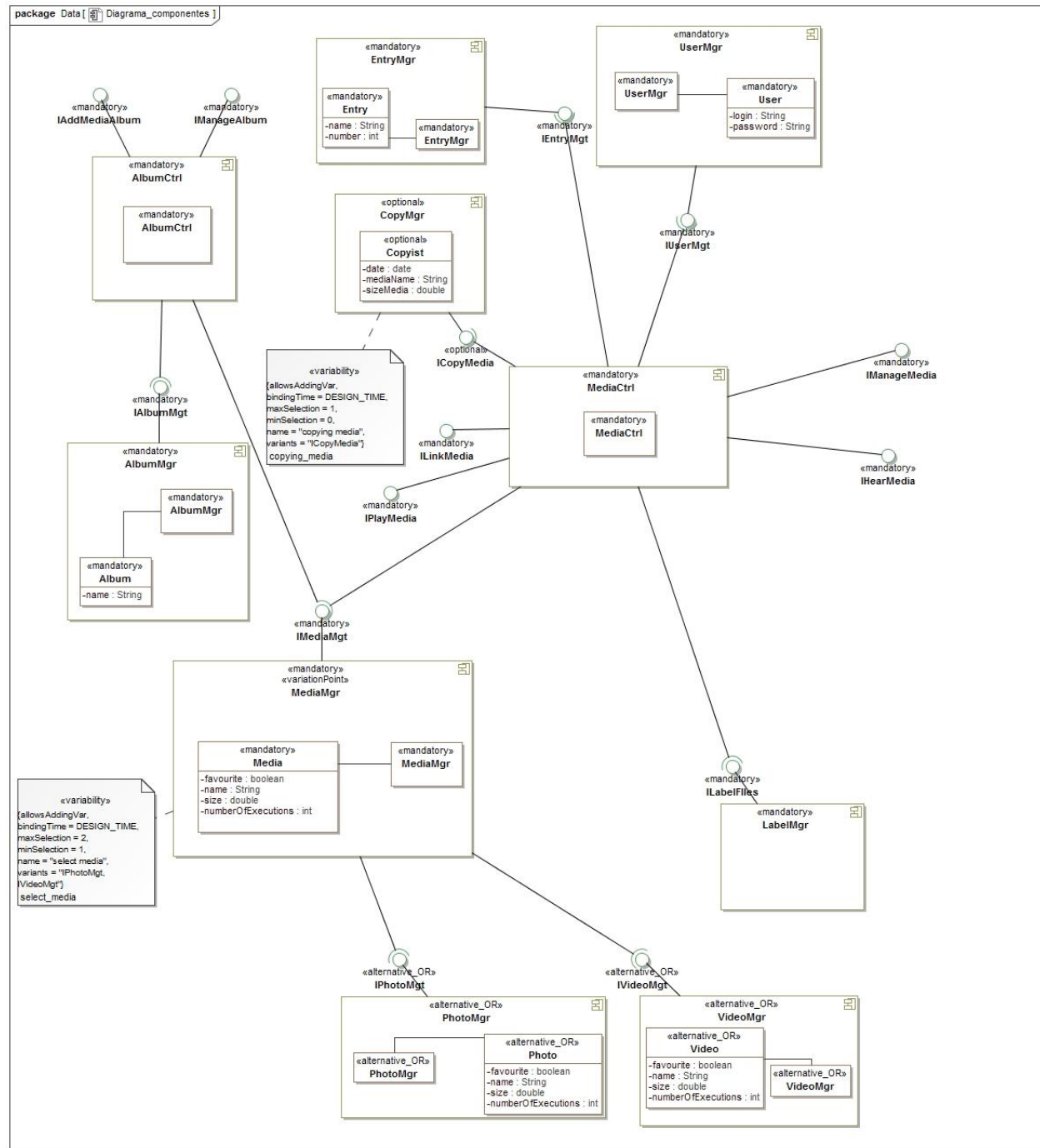


Figura 6.23: Arquitetura Acoplamento e Coesão 8.



F.5 PLAs utilizadas na Avaliação Inicial da Estrutura de Atributos utilizando GQM



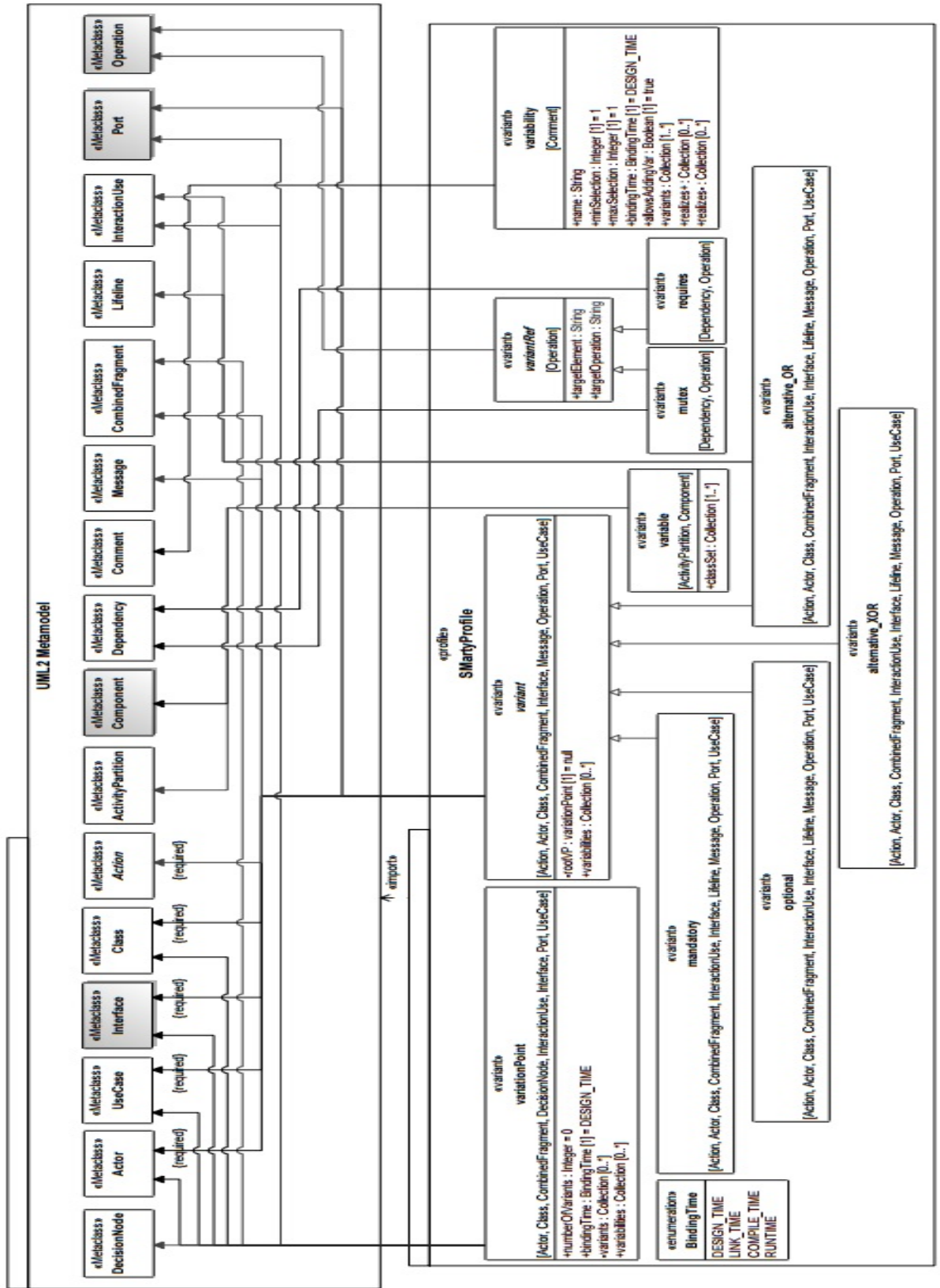
ALP em componentes utilizada na Avaliação da Estrutura de Atributos do *SMartyMetrics*

Anexo: Abordagem SMarty

A abordagem *SMarty* (Bera et al., 2015); (Geraldi et al., 2015); (Marcolino et al., 2014a); (Marcolino et al., 2014b); (Marcolino et al., 2013b); (OliveiraJr et al., 2010a) possibilita o gerenciamento de variabilidades em LPSs modeladas em *Unified Modeling Language* (UML), a partir de um conjunto de estereótipos e diretrizes, que aplicadas aos elementos dos modelos, permitem a representação das variabilidades.

Os estereótipos fornecidos por *SMarty* estão organizados em um perfil UML denominado *SMartyProfile* (apresentado abaixo) e em um conjunto de diretrizes para auxiliar na identificação, delimitação e representação das variabilidades, com base em tais estereótipos, denominado *SMartyProcess*.

Figura 7.1: Versão 5.2 do *SMartyProfile*, com suporte a Componentes, Portas, Interfaces e Operações (Bera, 2015).



O *SMartyProfile* é uma extensão dos metamodelos da UML, versão 2.5. É possível perceber todos os estereótipos suportados pelo perfil na região inferior da Figura - 7.1. Os estereótipos representam conceitos característicos de LPS, como variabilidades, pontos de variação e variantes nos modelos UML. A seguir, são apresentados os estereótipos do *SMartyProfile*:

<< variability >> estereótipo de variabilidade. Esse estereótipo é uma extensão da metaclassa UML *Comment*, para representar explicitamente as variabilidades nos modelos UML. Tal estereótipo apresenta os seguintes meta-atributos;

- **name:** nome utilizado para referenciar uma variabilidade;
- **minSelection:** corresponde ao número mínimo de variantes selecionadas para resolver um ponto de variação e/ou uma variabilidade;
- **maxSelection:** corresponde ao número máximo de variantes selecionadas para resolver um ponto de variação e/ou uma variabilidade;
- **bindingTime:** corresponde ao momento de resolução da variabilidade. Os possíveis momentos de resolução são representados pela classe de enumeração *BindingTime*;
- **allowsAddingVar:** indica se novas variantes podem ser incluídas após a resolução de uma variabilidade;
- **variants:** coleção de instâncias, associadas à variabilidade; e
- **realizes:** coleção de variabilidades de modelos de menor nível que realiza a variabilidade.

<< variationPoint >> estereótipo de ponto de variação. Esse estereótipo estende as metaclasses *Actor*, *Class*, *CombinedFragment*, *DecisionNode*, *InteractionUse*, *Interface*, *Port*, *UseCase* e possui os seguintes meta-atributos:

- **numberOfVariants:** número de variantes associadas ao ponto de variação;
- **bindingTime:** estabelece o tempo de resolução do ponto de variação. Os possíveis tempos de resolução são determinados pela classe de enumeração *BindingTime* do Figura - 7.1;
- **variants:** coleção de instâncias de variantes associadas ao ponto de variação; e
- **variabilities:** coleção de variabilidades associadas com este ponto de variação.

<< **variant** >> estereótipo de variante. Tal estereótipo é especializado em outros quatros estereótipos (<< **mandatory** >>, << **optional** >>, << **alternative_XOR** >> e << **alternative_OR** >>), estende as metaclasses *Action*, *Actor*, *Class*, *CombinedFragment*, *Interface*, *Message*, *Operation*, *Port*, *UseCase* e possui os seguintes meta-atributos:

- **rootVP**: representa o ponto de variação ao qual a variante está associada; e
- **variabilities**: coleção de variabilidades ao qual a variante está associada.

<< **mandatory** >> estereótipo de variante obrigatória. Isso indica que essa variante sempre deve estar na resolução de um ponto de variação e/ou variabilidade associado(a). As seguintes metaclasses são estendidas por esse estereótipo: *Action*, *Actor*, *Class*, *CombinedFragment*, *InteractionUse*, *Interface*, *Lifeline*, *Message*, *Operation*, *Port*, *UseCase*;

<< **optional** >> estereótipo opcional, na resolução de um ponto de variação e/ou variabilidade associado(a). Tal estereótipo é uma extensão das seguintes metaclasses: *Action*, *Actor*, *Class*, *CombinedFragment*, *InteractionUse*, *Interface*, *Lifeline*, *Message*, *Operation*, *Port* e *UseCase*;

<< **alternative_XOR** >> estereótipo que indica a existência de um grupo de variantes exclusivas, do qual a variante marcada com tal estereótipo faz parte. Isso significa que apenas uma variante desse grupo pode ser selecionada para a resolução de um ponto de variação e/ou variabilidade associado(a). Esse estereótipo é uma extensão das metaclasses *Action*, *Actor*, *Class*, *CombinedFragment*, *InteractionUse*, *Interface*, *Lifeline*, *Message*, *Operation*, *Port* e *UseCase*;

<< **alternative_OR** >> estereótipo que indica que a variante pertence a um grupo de variantes inclusivas. Isso significa que diferentes combinações de variantes inclusivas podem ser selecionadas para a resolução de um ponto de variação e/ou variabilidade associado(a). Esse estereótipo é uma extensão das metaclasses *Action*, *Actor*, *Class*, *CombinedFragment*, *InteractionUse*, *Interface*, *Lifeline*, *Message*, *Operation*, *Port* e *UseCase*;

<< **mutex** >> estereótipo que representa o relacionamento mutuamente exclusivo entre variantes. Isso significa que a escolha de uma variante desse relacionamento exige a não-escolha da outra variante do relacionamento. Tal estereótipo é uma extensão das metaclasses *Dependency* e *Operation*;

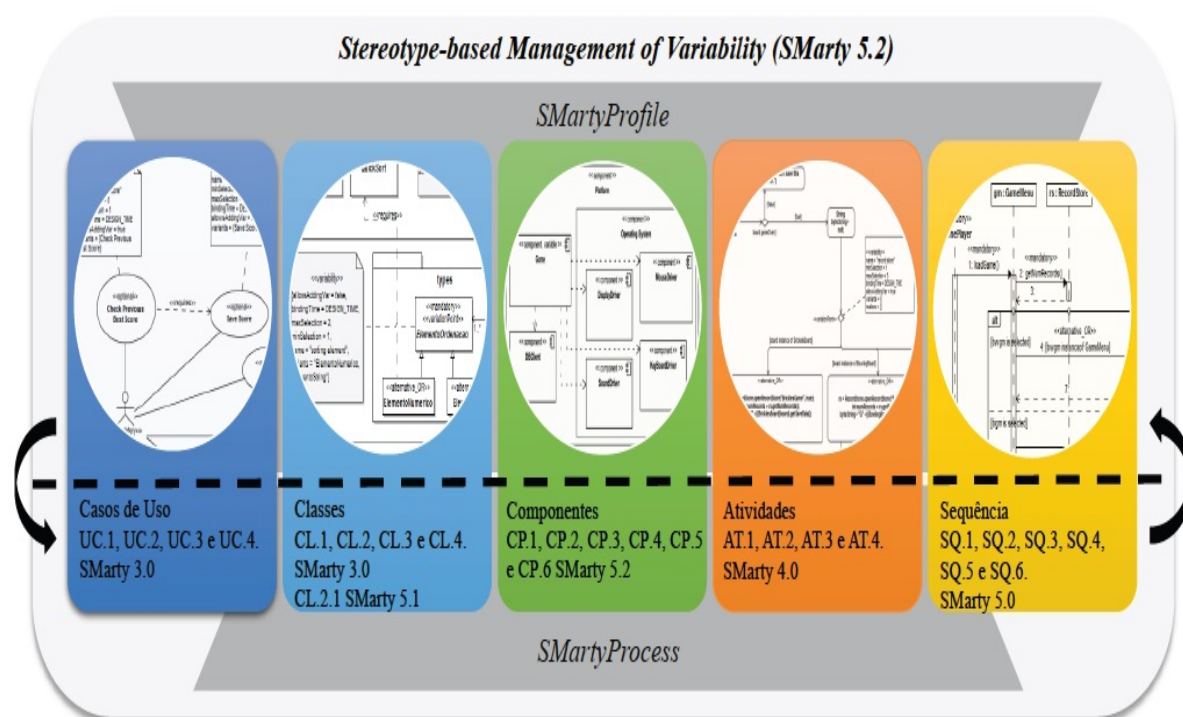
<< **requires** >> estereótipo que representa um relacionamento de complemento entre duas variantes. Isso significa que a escolha de uma variante desse relacionamento requer a seleção da outra variante relacionada. As metaclasses *Dependency* e *Operation* são estendidas por << *requires* >>;

<< *variable* >> estereótipo extensão das metaclasses *ActivityPartition* e *Component*, que indica a existência de classes com variabilidades explícitas em um componente. O atributo *classSet* representa a coleção de instâncias das classes variáveis existentes no componente.

Os estereótipos do *SMartyProfile* permitem a representação explícita dos conceitos de LPS e possibilitam que o processamento automatizado de modelos UML, realizado por ferramentas de modelagem UML, também considere as características de LPS (Lanceloti et al., 2013).

A Figura - 7.2 exibe uma visão geral da abordagem *SMarty*.

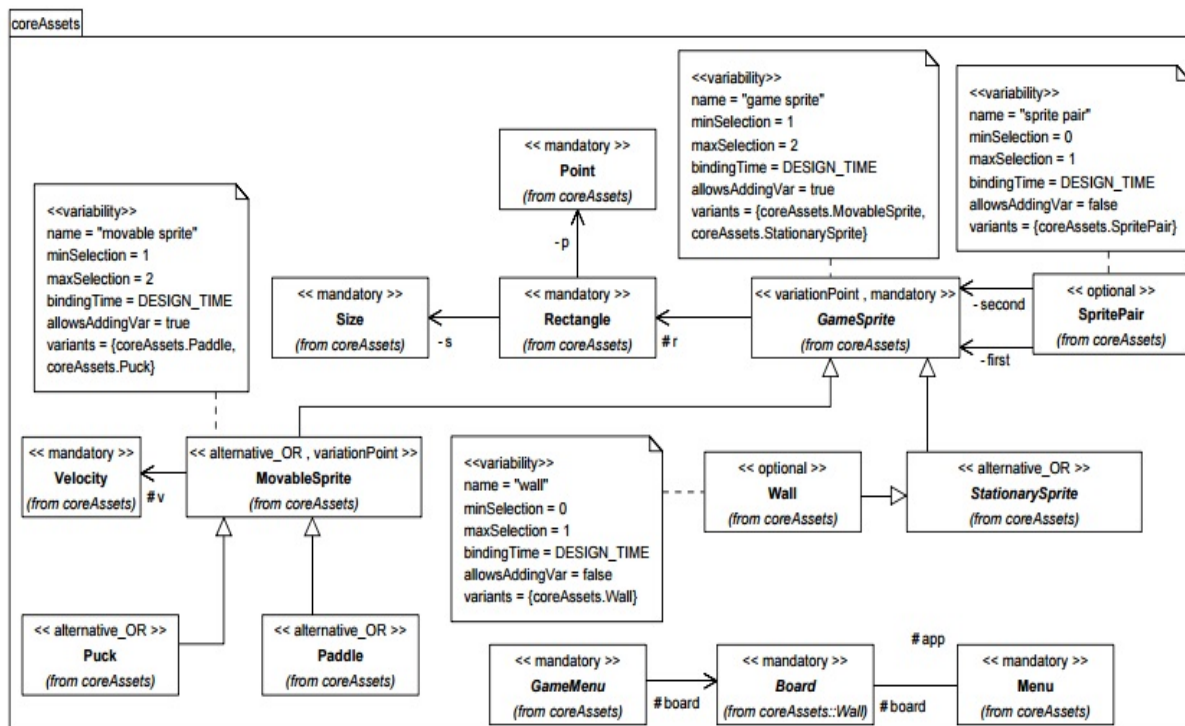
Figura 7.2: Visão Geral *SMarty* 5.2 (Bera, 2015).



A Figura - 7.2 possibilita visualizar os modelos UML para o qual a abordagem *SMarty* oferece suporte. Para cada modelo suportado, tem-se os estereótipos, definidos pelo *SMartyProfile* e um conjunto de diretrizes específicas para cada diagrama. As diretrizes são apresentadas por diferentes siglas, representando seus respectivos diagramas. UC representa as diretrizes para o diagrama de casos de uso, CL representa as diretrizes para o diagrama de classes, CP representa as diretrizes para o diagrama de componentes, AT representa as diretrizes para o diagrama de atividades e SQ representa as diretrizes para o diagrama de sequência. Cada conjunto de diretrizes foi especificado em uma versão do *SMarty*. Atualmente, o *SMarty* está na versão 5.2.

A Figura - 7.3 ilustra a aplicação dos estereótipos do *SMartyProfile* em um diagrama de classes da LPS *Arcade Game Maker* (AGM) .

Figura 7.3: Diagrama de Classes da LPS AGM (OliveiraJr et al., 2010a).



A relação entre variabilidades, pontos de variação e variantes pode ser percebida claramente na Figura - 7.3. Considerando a classe *GameSprite* presente na figura, percebe-se os estereótipos `<< variationPoint >>` e `<< mandatory >>`, indicando que a classe é um ponto de variação e simultaneamente uma variante obrigatória. Por ser um ponto de variação, tal classe está associada com uma variabilidade, no caso o comentário *game sprite*, estereotipado com `<< variability >>`. Duas variantes estão associadas ao ponto de variação, *StationarySprite* e *MovableSprite*, ambas estereotipadas com `<< alternative_OR >>`. Outros estereótipos também são observados, tais como o `<< optional >>`, na classe *SpritePair* e o `<< alternative_OR >>`, nas classes *Puck* e *Paddle*. Na geração de um produto por exemplo, o arquiteto de LPS pode escolher se o produto conterá elementos estáticos (*StationarySprite*), móveis (*MovableSprite*) ou mesmo ambos no jogo gerado.