

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

Daisy Ferreira Brito Tomaz

**Linguagem de Padrões para apoiar o
Planejamento de Medição para o Controle
Estatístico de Processos de Software**

VITÓRIA
2017

Daisy Ferreira Brito Tomaz

Linguagem de Padrões para apoiar o Planejamento de Medição para o Controle Estatístico de Processos de Software

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Informática.

Orientador(a): Monalessa Perini Barcellos
Coorientador: Gleison dos Santos Souza

VITÓRIA
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

T655l Tomaz, Daisy Ferreira Brito, 1988-
Linguagem de padrões para apoiar o planejamento de
medição para o controle estatístico de processos de software /
Daisy Ferreira Brito Tomaz. – 2017.
203 f. : il.

Orientador: Monalessa Perini Barcellos.
Coorientador: Gleison dos Santos Souza.
Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Medição de software. 2. Controle de processo – Métodos
estatísticos. 3. Linguagem padrão. I. Barcellos, Monalessa
Perini. II. Souza, Gleison dos Santos. III. Universidade Federal
do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 004

Daisy Ferreira Brito Tomaz

Linguagem de Padrões para apoiar o Planejamento de Medição para o Controle Estatístico de Processos de Software

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Monalessa Perini Barcellos, D. Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Orientador

Prof. Gleison dos Santos Souza, D. Sc.
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Coorientador

Prof. Ricardo de Almeida Falbo, D. Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Prof. Adriano Bessa Albuquerque, D. Sc.
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Vitória, 20 de fevereiro de 2017

À minha família e ao meu esposo, Acley, por estarem ao meu lado em todos os momentos,
por todo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, pela minha vida e por todas as conquistas que me proporcionou até aqui.

Aos meus pais, *Ruth* e *Carlos*, pelo amor, conselhos, apoio e por me darem a base de tudo o que sou. Aos meus irmãos, *Ester*, *Carlos Jr.* e *Thaís*, pelo carinho, amizade e torcida de sempre.

Ao meu esposo, *Aclej*, pelas motivações, apoio, compreensão e amor que foram fundamentais para conclusão deste trabalho.

Aos professores do mestrado por contribuírem para a minha aquisição de conhecimento.

A minha orientadora, *Monalessa*, pela dedicação e prestatividade, pela paciência, pelos ensinamentos ao longo desse período e principalmente por acreditar em mim.

Ao meu coorientador, *Gleison Santos*, por aceitar fazer parte desse trabalho e pelas contribuições que foram essenciais.

Aos professores *Ricardo Falbo* e *Adriano Albuquerque*, por aceitarem participar da banca e contribuírem para a melhoria da pesquisa.

Aos colegas do NEMO, por me ajudarem em tantos momentos, pelas experiências compartilhadas e palavras de incentivo.

Às pessoas que participaram do *survey* e avaliação realizada no contexto do trabalho.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma com este trabalho.

RESUMO

Medição de software é um processo essencial para as organizações alcançarem a maturidade no desenvolvimento de software. É uma prática fundamental para a melhoria de processos e a gerência de projetos, uma vez que fornece dados para apoiar a tomada de decisão nos níveis organizacional e de projetos. Para isso, deve ser orientada aos objetivos da organização e dos projetos. Em modelos de maturidade que tratam a melhoria de processos em níveis, como o CMMI e MR-MPS-SW, medição de software tem início nos níveis iniciais e nos níveis de mais alta maturidade inclui o controle estatístico de processos. O uso do controle estatístico de processos no desenvolvimento de software requer alguns cuidados. A seleção de medidas adequadas ao controle estatístico de processos tem sido apontada como uma das dificuldades na implementação do controle estatístico de processos de software. É possível encontrar na literatura medidas apropriadas para o controle estatístico de processos, porém essa informação está dispersa e, usualmente, não há orientações explícitas sobre quais medidas devem ser selecionadas em um dado contexto. Analisando-se medidas sugeridas na literatura ou utilizadas em experiências práticas é possível observar que algumas delas podem ser reutilizadas em diferentes organizações que têm objetivos similares. Assim, é possível identificar padrões que podem ser utilizados para apoiar organizações no seu planejamento de medição. Um padrão pode ser entendido como uma solução para um problema recorrente. Assim, padrões para planejamento de medição apresentam soluções para problemas relacionados ao planejamento de medição, tais como a seleção de medidas a serem incluídas em um plano de medição. Padrões podem ser organizados em linguagens de padrões, que buscam representar os padrões e suas relações e definir um processo que guie na seleção e utilização dos padrões. O uso de linguagens de padrões favorece o reúso e, conseqüentemente, contribui para a melhoria da produtividade. Considerando esse cenário, este trabalho advoga pela utilização de padrões na definição de planos de medição visando ao controle estatístico de processos. Para isso, é proposta MePPLa (*Measurement Planning Pattern Language*), que foi desenvolvida com base em achados de um mapeamento sistemático da literatura e de um *survey* realizado com profissionais com experiência em controle estatístico de processos e foi avaliada por meio de um estudo experimental. MePPLa foi criada seguindo a abordagem SAMPPLa (*Systematic Approach for creating Measurement Planning Pattern Languages*), uma abordagem para guiar a criação de linguagens de padrões para planejamento de medição visando ao controle estatístico de processos, também proposta neste trabalho. Uma vez que linguagens de padrões podem ser constantemente evoluídas SAMPPLa pode ser utilizada para evoluir MePPLa ou até mesmo guiar a criação de novas linguagens de padrões.

Palavras-chave: Medição de Software, Controle Estatístico de Processos, Linguagem de Padrões.

ABSTRACT

Software measurement is an essential process for organizations to achieve maturity in software development. It is a fundamental practice for process improvement and project management, since it provides data to support decision making at organizational and project levels. For that, measurement should be guided by organizational and project goals. In maturity models that deal with process improvement in levels, such as CMMI and MR-MPS-SW, software measurement starts at the initial levels and at the highest maturity levels it includes statistical process control. The use of statistical process control in software development requires some care. The selection of suitable measures for statistical process control has been identified as one of the difficulties to implement statistical control to software processes. Suitable measures can be found in the literature, but information is dispersed and usually there are no explicit guidelines on which measures should be selected in a given context. By analyzing measures suggested in the literature or used in practical experiences, it is possible to notice that some of them can be reused by different organizations with similar goals. Thus, it is possible to identify patterns that can be used to support organizations in measurement planning. A pattern can be understood as a solution to a recurring problem. Thus, measurement planning patterns present solutions to problems related to measurement planning, such as selecting measures to be included in a measurement plan. Patterns can be organized as pattern languages, which aim to represent patterns and their relationships and define a process that guides patterns selection and use. The use of pattern languages favors reuse and consequently contributes to improve productivity. Considering this scenario, this work advocates the use of patterns in the definition of measurement plans for statistical process control. It proposes MePPLa, a *Measurement Planning Pattern Language* developed based on findings of a systematic mapping of the literature and a survey conducted with experienced professionals in statistical process control. MePPLa was evaluated through an experimental study. MePPLa was created by following SAMPPLa (*Systematic Approach for creating Measurement Planning Pattern Languages*), an approach to guide the creation of pattern languages for measurement planning aiming at statistical process control. Since pattern languages can be continuously evolved, SAMPPLa can be used to evolve MePPLa or even to guide the creation of new pattern languages.

Keywords: Software Measurement, Statistical Process Control, Pattern Language.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTO.....	11
1.2 MOTIVAÇÃO	13
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	14
1.4 MÉTODO DE PESQUISA	15
1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	17
CAPÍTULO 2 MEDIÇÃO DE SOFTWARE, CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS E LINGUAGENS DE PADRÕES.....	19
2.1 MEDIÇÃO DE SOFTWARE	19
2.2 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS.....	22
2.3 LINGUAGENS DE PADRÕES	29
2.3.1 Linguagens de Padrões na Engenharia de Software	33
2.3.2 Abordagens para Criação de Linguagens de Padrões	35
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
CAPÍTULO 3 MEDIDAS PARA O CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS DE SOFTWARE: INVESTIGAÇÃO DA LITERATURA E DA PRÁTICA	40
3.1 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA.....	40
3.1.1 Protocolo de Pesquisa.....	41
3.1.2 Execução do Mapeamento e Síntese dos Dados.....	43
3.1.3 Discussões	59
3.2 SURVEY PARA INVESTIGAÇÃO DA PRÁTICA	62
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
CAPÍTULO 4 UMA ABORDAGEM PARA CRIAÇÃO DE LINGUAGENS DE PADRÕES PARA PLANEJAMENTO DE MEDIÇÃO DE SOFTWARE VISANDO AO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS	69
4.1 INTRODUÇÃO	69
4.2 <i>SYSTEMATIC APPROACH FOR CREATING MEASUREMENT PLANNING PATTERN LANGUAGES (SAMPPLA)</i>	70
4.2.1 Desenvolver Fonte para Extração dos Padrões	71
4.2.1.1 Definir Propósito e Contexto de Aplicação da Linguagem de Padrões	72
4.2.1.2 Selecionar Processos	72
4.2.1.3 Identificar Conjunto de Objetivos de Medição e Medidas para Extração dos Padrões	72
4.2.1.4 Selecionar Objetivos de Medição para o CEP	73
4.2.1.5 Selecionar Medidas Adequadas ao CEP.....	74
4.2.1.6 Rever/Refinar Processos, Objetivos de Medição e Medidas para o CEP	74
4.2.2 Desenvolver Linguagem de Padrões	75
4.2.2.1 Identificar Padrões de Planejamento de Medição.....	76

4.2.2.2	<i>Construir a Linguagem de Padrões</i>	80
4.2.2.2.1	<i>Desenvolver Modelo Estrutural</i>	81
4.2.2.2.2	<i>Desenvolver Modelo Comportamental</i>	82
4.2.2.3	<i>Avaliar Linguagem de Padrões</i>	84
4.2.2.4	<i>Disponibilizar Linguagem de Padrões</i>	85
4.3	TRABALHOS RELACIONADOS.....	85
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
CAPÍTULO 5 LINGUAGEM DE PADRÕES PARA PLANEJAMENTO DE MEDIÇÃO DE SOFTWARE		
VISANDO AO CEP.....88		
5.1	MEASUREMENT PLANNING PATTERN LANGUAGE (MEPPLA).....	88
5.1.1	Desenvolver Fonte para Extração dos Padrões.....	88
5.1.1.1	<i>Definir Propósito e Contexto de Aplicação da Linguagem de Padrões</i>	88
5.1.1.2	<i>Selecionar Processos</i>	89
5.1.1.3	<i>Identificar Conjunto de Objetivos de Medição e Medidas para Extração dos Padrões</i>	89
5.1.1.4	<i>Selecionar Objetivos de Medição para CEP</i>	90
5.1.1.5	<i>Selecionar Medidas Adequadas ao CEP</i>	90
5.1.1.6	<i>Rever/ Refinar Processos, Objetivos de Medição e Medidas para o CEP</i>	91
5.1.2	Desenvolver Linguagem de Padrões.....	98
5.1.2.1	<i>Identificar Padrões de Planejamento de Medição</i>	98
5.1.2.2	<i>Construir a Linguagem de Padrões</i>	103
5.1.2.2.1	<i>Desenvolver Modelo Estrutural</i>	103
5.1.2.2.2	<i>Desenvolver Modelo Comportamental</i>	106
5.1.2.3	<i>Avaliação da Linguagem de Padrões</i>	109
5.1.2.3.1	<i>Planejamento do Estudo</i>	110
5.1.2.3.2	<i>Resultados</i>	113
5.1.2.3.3	<i>Discussões</i>	116
5.1.2.3.4	<i>Ameaças à Validade</i>	120
5.1.2.4	<i>Disponibilizar Linguagem de Padrões</i>	121
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	126
CAPÍTULO 6 CONCLUSÃO 128		
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
6.2	CONTRIBUIÇÕES.....	130
6.3	TRABALHOS FUTUROS.....	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 133		
APÊNDICE A..... 142		
A.1	QUESTIONÁRIO PARTICIPANTE #1.....	142
A.2	QUESTIONÁRIO PARTICIPANTE #2.....	144
A.3	QUESTIONÁRIO PARTICIPANTE #3.....	145
APÊNDICE B..... 147		
B.1	INTRODUÇÃO.....	147
B.2	MODELO ESTRUTURAL.....	149
B.3	MODELO COMPORTAMENTAL.....	152

B.4	PADRÕES DE PLANEJAMENTO DE MEDIÇÃO	156
B.4.1	<i>Grupo Gerência de Projetos</i>	158
B.4.2	<i>Grupo Codificação</i>	170
B.4.3	<i>Grupo Testes</i>	176
APÊNDICE C	191
C.1	DOCUMENTAÇÃO DISPONIBILIZADA AOS PARTICIPANTES.....	191
C.2	TERMO DE CONSENTIMENTO	199
C.3	PERFIL DO USUÁRIO.....	200
C.4	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO.....	201

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta o contexto, motivação e objetivos do trabalho, bem como o método de pesquisa adotado e a organização do texto desta dissertação.

1.1 Contexto

Medição de software é um processo aplicado pelas organizações em vários contextos. Por exemplo, na gerência de projetos, é usada para desenvolver planos realísticos, monitorar o progresso dos projetos, identificar problemas e justificar decisões (MCGARRY *et al.*, 2002). Em iniciativas de melhoria de processos, medição apoia a análise do comportamento dos processos, permitindo a identificação de oportunidades de melhoria e a predição da capacidade de os processos alcançarem os objetivos estabelecidos (FLORAC; CARLETON; BARNARD, 2000).

Fenton e Pfleeger (1997) afirmam que medir produtos, processos e projetos de software é crucial para as organizações de software, pois as medidas quantificam as propriedades dessas entidades e permitem que se obtenha informações relevantes sobre o trabalho feito e o trabalho a ser feito. No contexto dos projetos de software, desenvolvedores podem usar a medição para verificar a consistência e completeza dos requisitos, a qualidade do projeto do sistema, o tamanho do código fonte, os defeitos, a cobertura dos testes, entre outros. Gerentes de projetos, por sua vez, podem aplicar a medição para prever quando um projeto será concluído e se o orçamento será suficiente. Clientes também podem se beneficiar de informações fornecidas pela medição. Por exemplo, medidas podem ser usadas para mostrar se o produto final está em conformidade com os padrões estabelecidos e satisfazem os requisitos acordados.

Medição de software é um processo essencial para as organizações alcançarem a maturidade no desenvolvimento de software. Dependendo do nível de maturidade da organização, a medição de software é realizada de diferentes formas. Nos níveis iniciais, ocorre a medição tradicional, que envolve estatística descritiva e consiste basicamente na coleta de dados dos projetos e na comparação desses dados com os valores planejados correspondentes. Nos níveis mais altos de maturidade, além da medição tradicional é necessário executar o controle estatístico de processos (CEP) a fim de conhecer o comportamento dos processos, determinar seu desempenho em execuções anteriores e, a

partir daí, prever seu desempenho nos projetos correntes e futuros, verificando se são capazes de alcançar os objetivos para eles estabelecidos (SEI, 2010 e FLORAC; CARLETON, 1999).

No contexto de organizações de software, o uso do CEP é recente e existem ainda algumas questões a ser exploradas. Relatos de sua aplicação em organizações de software revelaram muitos problemas que afetam o sucesso da sua implementação. A definição de medidas e coleta de dados não adequados ao CEP é um dos principais problemas, uma vez que retardam as práticas do CEP até que medidas úteis sejam identificadas e dados adequados sejam coletados (BARCELLOS *et al.*, 2013; KITCHENHAM *et al.*, 2007 e TAKARA *et al.*, 2007).

Para realizar medição de software é preciso planejá-la. O planejamento da medição produz um Plano de Medição no qual os objetivos da medição devem ser estabelecidos e as medidas a serem usadas devem ser definidas, bem como as orientações para coleta e análise de dados para essas medidas. Para auxiliar as organizações no planejamento da medição, existem algumas abordagens que se destacam, tais como o GQM (*Goal-Question-Metric*) (BASILI *et al.*, 1994 e SOLINGEN; BERGHOUT, 1999) e o PSM (*Practical Software Measurement*) (MCGARRY *et al.*, 2002).

O GQM é um método bastante utilizado para apoio à definição de medidas devido à sua simplicidade de uso e à estrutura *top down* que possibilita a identificação das medidas a partir de questões associadas aos objetivos de medição. O PSM, por sua vez, define um processo de medição e um modelo de informação para medição com uma terminologia padrão e o relacionamento entre os conceitos de medição, associando informações necessárias para atingir os objetivos aos atributos a serem medidos (ROCHA *et al.*, 2012).

Mesmo havendo abordagens para apoiar o planejamento de medição, a identificação das medidas a serem incluídas no Plano de Medição não é uma tarefa trivial. Além disso, quando se trata de medidas para serem usadas no CEP, alguns critérios precisam ser levados em consideração para que uma medida seja adequada ao CEP. Por exemplo, a definição operacional da medida deve ser correta e satisfatória e o nível de granularidade da medida deve permitir a análise frequente do comportamento do processo ao qual está associada, bem como a obtenção do volume de dados necessários para analisar o processo utilizando-se CEP (BARCELLOS, 2009). Uma abordagem que auxilie as organizações nesse sentido, orientando o usuário na criação de planos de medição e seleção de medidas adequadas ao controle estatístico de processos pode ser benéfica.

1.2 Motivação

A utilização do controle estatístico permite conhecer o comportamento dos processos e fazer previsões sobre seu desempenho. O comportamento de um processo é analisado através das medidas a ele associadas (ROCHA *et al.*, 2012).

Benefícios obtidos a partir do uso do CEP em organizações de software podem ser encontrados em diversos relatos na literatura. Por exemplo, Florac e Carleton (2000) apresentam um estudo realizado colaborativamente entre membros do *Software Engineering Institute* (SEI) e do projeto *Space Shuttle Onboard* para verificar se o uso do CEP para analisar o comportamento de processos relacionados à inspeção seria capaz de aprimorar as previsões de confiabilidade de um software de transporte espacial. Os resultados permitiram maior conhecimento sobre as variações de comportamento dos processos de inspeção, permitindo compreensão abrangente do comportamento do processo, o que forneceu um entendimento da confiabilidade do software e a percepção dos principais problemas e suas causas, que puderam ser eliminadas ou minimizadas. Além disso, ao se utilizar o CEP, a compreensão da variação inerente do processo estabeleceu limites pragmáticos para as expectativas de gerenciamento.

Outro exemplo refere-se às experiências de implantação do CEP na *BAE Systems Network Systems* (BAE NS), uma organização de software CMMI nível 5, relatadas por Card *et al.* (2008). O objetivo do uso do CEP nesta iniciativa centrou-se na redução da variabilidade no desempenho do processo de revisão por pares e subprocessos vinculados. Como resultados, o uso do CEP melhorou a tomada de decisão, tornando o processo e os resultados mais objetivos, visíveis, repetitivos e delimitados.

Para a aplicação do CEP é necessário ter uma boa fundação, isto é, processos caracterizados por medidas adequadas e dados de qualidade que possam ser utilizados para analisar o comportamento e a previsibilidade dos processos. Porém, uma das maiores dificuldades que as organizações de software enfrentam está relacionada à definição de medidas adequadas ao controle estatístico de processo (BARCELLOS, 2009c).

Na literatura existem vários trabalhos que apresentam medidas que podem ser aplicadas ao CEP ou relatam o uso de medidas em iniciativas de CEP. Essas medidas podem ser reutilizadas por organizações que desejam realizar o CEP. Entretanto, a seleção dessas medidas não é trivial, uma vez que as informações sobre elas estão dispersas, tornando o acesso difícil e, às vezes, ineficiente.

A partir de um conjunto de medidas usadas no CEP é possível identificar alguns *padrões* formados por medidas que podem ser usadas para monitorar certos objetivos e

realizar o controle estatístico de determinados processos. Segundo Deutsch *et al.* (2004), padrões são veículos para o encapsulamento de conhecimento e permitem capturar o que deve ser feito para resolver um dado problema. Um padrão pode ser entendido como uma solução bem-sucedida para um problema recorrente. Assim, padrões para planejamento de medição apresentam soluções para problemas relacionados ao planejamento de medição, tais como a seleção de medidas a serem incluídas em um Plano de Medição.

O uso de padrões raramente ocorre de maneira isolada, ou seja, padrões, tipicamente, são usados de forma combinada para resolver problemas, considerando algumas relações existentes entre eles. Assim, padrões podem ser organizados em uma *Linguagem de Padrões* (LP), a qual busca representar os padrões e suas relações e prover mecanismos para seleção e utilização dos padrões visando à resolução sistemática de problemas (DEUTSCH *et al.*, 2004; BUSCHMANN, 2007).

O uso de linguagens de padrões favorece o reúso e, conseqüentemente, contribui para a melhoria da produtividade. Além disso, uma vez que uma linguagem de padrões fornece um mecanismo para seleção dos padrões (por exemplo, um fluxo que guia o usuário na seleção dos padrões), até mesmo usuários sem muito conhecimento no domínio do problema podem ser guiados para sua solução. Ainda, uma linguagem de padrões existente pode ter novos padrões a ela adicionados, permitindo a evolução do conhecimento provido pela linguagem para a resolução de problemas (DEUTSCH *et al.*, 2004; BUSCHMANN, 2007).

Considerando-se os benefícios providos pelas linguagens de padrões, o uso dessa abordagem pode ser útil no âmbito do planejamento de medição de software para o CEP, uma vez que pode permitir o reúso de padrões de planejamento de medição para auxiliar as organizações a elaborarem planos de medição adequados ao CEP.

1.3 Objetivos da Pesquisa

Este trabalho tem como **objetivo geral** *definir uma abordagem que permita o uso de padrões para apoiar o planejamento de medição de software adequada ao controle estatístico de processos.*

Esse objetivo geral pode ser detalhado nos seguintes **objetivos específicos**:

- (i) Investigar o estado da arte sobre medidas utilizadas no CEP de software;
- (ii) Investigar o estado da prática sobre medidas utilizadas no CEP de software;
- (iii) Definir uma abordagem para criação de linguagens de padrões para planejamento de medição de software visando ao CEP;

- (iv) Definir uma linguagem de padrões de apoio ao planejamento de medição de software para o CEP utilizando a abordagem proposta.

1.4 Método de Pesquisa

O método de pesquisa adotado nesse trabalho seguiu o paradigma *Design Science Research* (HEVNER, 2004). De acordo com Hevner (2007), o paradigma *Design Science* considera três ciclos de atividades intimamente relacionados: Relevância, *Design* e Rigor.

O *Ciclo de Relevância* inicia a pesquisa e nele são definidos os problemas a serem abordados, os requisitos da pesquisa e os critérios para avaliar os resultados (HEVNER, 2007). O problema abordado neste trabalho refere-se à dificuldade de as organizações realizarem planejamento de medição adequada ao controle estatístico de processos de software, especialmente no que diz respeito à seleção das medidas que devem ser consideradas. Com o objetivo de compreender o estado da arte sobre medidas utilizadas em iniciativas de controle estatístico de processos ou sugeridas para tal, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura (BRITO; BARCELLOS, 2016). Os resultados da investigação da literatura levaram a algumas percepções: (i) predomínio de medidas relacionadas a defeitos; (ii) falta de preocupação com relações entre as medidas; (iii) falta de abordagens para apoiar a seleção das medidas; e (iv) ausência de definições operacionais para as medidas, mesmo que contendo apenas informações básicas, o que dificulta o entendimento das medidas. Considerando-se o problema identificado, as lacunas percebidas a partir do mapeamento sistemático e os benefícios reportados na literatura sobre o uso de linguagens de padrões, percebeu-se que o uso de linguagens de padrões de planejamento de medição visando ao CEP de software poderia auxiliar as organizações na elaboração de planos de medição adequados para o CEP. Dada a ausência de uma abordagem sistemática para guiar a criação ou evolução de linguagens de padrões com esse objetivo, decidiu-se, também, propor uma abordagem e usá-la para desenvolver a linguagem de padrões proposta. Como principais requisitos, estabeleceu-se que a linguagem deve ser capaz de guiar o usuário na seleção de padrões a serem inclusos no plano de medição e deve ser capaz de identificar relações entre medidas. Em relação aos critérios para avaliação dos resultados, definiu-se que deveriam ser consideradas a viabilidade de uso e a utilidade.

O *Ciclo de Design* refere-se ao desenvolvimento e avaliação de artefatos ou teorias para resolver os problemas identificados (HEVNER, 2007). Conforme mencionado anteriormente, o problema que motivou este trabalho é a dificuldade para elaborar planos de medição adequados ao CEP de software e, para tratá-lo, propõe-se a utilização de

linguagens de padrões de planejamento de medição de software. Assim, para alcançar o objetivo deste trabalho foi desenvolvida uma linguagem de padrões para planejamento de medição para o CEP chamada MePPLa - *Measurement Planning Pattern Language*. Para a identificação dos padrões a serem inclusos na linguagem de padrões foram utilizados resultados de um mapeamento sistemático da literatura (BRITO; BARCELLOS, 2016) e de um *survey* realizado com alguns profissionais para se obter informações sobre o estado da prática sobre medidas utilizadas no CEP. Para desenvolver MePPLa, neste trabalho também foi desenvolvida uma abordagem para criação de linguagens de padrões para planejamento de medição para o CEP chamada SAMPPLa - *Systematic Approach for creating Measurement Planning Pattern Languages*. SAMPPLa foi aplicada para desenvolver a linguagem de padrões MePPLa que foi avaliada por meio de um estudo experimental no qual os participantes utilizaram a linguagem de padrões e forneceram suas percepções.

Finalmente, o *Ciclo de Rigor* refere-se ao uso e geração do conhecimento. O rigor é alcançado através da aplicação adequada de fundamentos e metodologias existentes (HEVNER, 2004). Uma base de conhecimento é usada para fundamentar a pesquisa e o conhecimento gerado pela pesquisa contribui para o crescimento dessa base (HEVNER, 2007). Neste trabalho, os principais fundamentos utilizados são conhecimentos relacionados a estudos secundários (mapeamento sistemático da literatura), medição de software, controle estatístico de processos, linguagem de padrões e métodos de avaliação (particularmente, estudo experimental e *survey*). Como contribuições para a base de conhecimento destacam-se: (i) a linguagem de padrões MePPLa para planejamento de medição para CEP, que pode ser utilizada pelas organizações e evoluída para incorporar novos padrões; (ii) a abordagem SAMPPLa para criação de linguagens de padrões para planejamento de medição para o CEP, que pode ser utilizada para criar novas linguagens de padrões ou evoluir MePPLa; (iii) o mapeamento sistemático da literatura (BRITO; BARCELLOS, 2016), que consolida informações sobre medidas utilizadas em iniciativas de controle estatístico de processo ou sugeridas para tal, fornecendo um panorama do tópico de pesquisa e indicando possíveis pesquisas futuras; (iv) o *survey* realizado com profissionais com experiência em CEP, que fornece informações sobre medidas que têm sido usadas em iniciativas de controle estatístico de processos de software em organizações brasileiras; e (v) a ferramenta desenvolvida para apoiar o uso da linguagem de padrões produzida.

A Figura 1 resume as principais informações relacionadas aos ciclos de *Design Science* nesta pesquisa. Como mostra a figura, as atividades realizadas no Ciclo de *Design* consideram o Ciclo de Relevância (por exemplo, SAMPPLa deve satisfazer os requisitos estabelecidos) e o Ciclo de Rigor (por exemplo, o desenvolvimento de SAMPPLa deve estar fundamentado em teorias e métodos científicos).

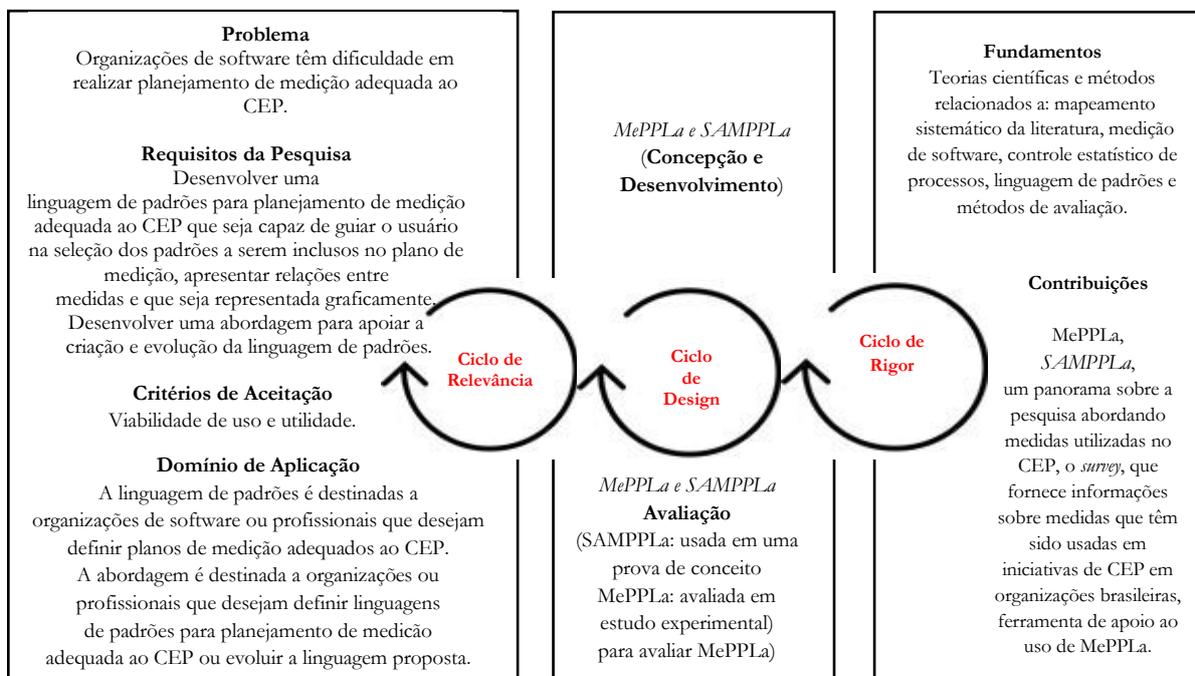


Figura 1 – Visão geral dos ciclos Design Science neste trabalho.

1.5 Organização da Dissertação

Este capítulo inicial apresentou as ideias principais desta dissertação descrevendo o contexto, motivação, objetivos e o método adotado nesta pesquisa. Além desta introdução, esta dissertação é composta pelos seguintes capítulos:

- **Capítulo 2 – Medição de Software, Controle Estatístico de Processos e Linguagens de Padrões:** aborda aspectos teóricos relacionados a medição de software, controle estatístico de processos e linguagens de padrões, relevantes a este trabalho.
- **Capítulo 3 - Medidas para o Controle Estatístico de Processos de Software: Investigação da Literatura e da Prática:** apresenta os principais resultados de um mapeamento sistemático que investigou a literatura para identificar medidas para o controle estatístico de processos de software. Também são apresentados os resultados de um *survey* realizado

com profissionais para investigar medidas utilizadas no controle estatístico de processos de software em organizações brasileiras.

- **Capítulo 4 - Uma Abordagem para Criação de Linguagens de Padrões para Planejamento de Medição de Software visando ao CEP:** apresenta *SAMPPLa* (*Systematic Approach for creating Measurement Planning Pattern Languages*), a abordagem proposta neste trabalho para apoiar a criação de linguagens de padrões para planejamento de medição de software para o CEP.
- **Capítulo 5 – Linguagem de Padrões para Planejamento de Medição de Software visando ao CEP:** apresenta MePPLA (*Measurement Planning Pattern Language*), uma linguagem de padrões para apoiar a definição de planos de medição para o controle estatístico de processos, criada utilizando-se *SAMPPLa*, e a ferramenta de apoio desenvolvida para apoiar o uso da linguagem de padrões. Os resultados do estudo realizado para avaliação da linguagem de padrões também são apresentados neste capítulo.
- **Capítulo 6 - Conclusão:** apresenta as considerações finais deste trabalho, suas contribuições e propostas de trabalhos futuros.
- **Apêndice A – Questionários Aplicados no Survey para Investigação do Estado da Prática:** apresenta as respostas dos questionários aplicados no *survey* realizado para investigar o estado da prática sobre medidas utilizadas no CEP.
- **Apêndice B – Especificação de MePPLA:** apresenta a especificação completa de MePPLA (*Measurement Planning Pattern Language*), incluindo seus diagramas e a descrição detalhada dos padrões.
- **Apêndice C - Material Disponibilizado no Estudo Experimental:** apresenta a documentação disponibilizada para os participantes do estudo realizado para avaliação da linguagem de padrões MePPLA e os formulários utilizados para obter as respostas dos participantes.

Capítulo 2

Medição de Software, Controle Estatístico de Processos e Linguagens de Padrões

Este capítulo tem como objetivo apresentar a fundamentação teórica do trabalho. A Seção 2.1 aborda Medição de Software. A Seção 2.2 aborda Controle Estatístico de Processos. A Seção 2.3 trata aspectos relacionados a Linguagens de Padrões. Por fim, na Seção 2.4 são apresentadas as considerações finais do capítulo.

2.1 Medição de Software

Medição de software é o processo contínuo de definir, coletar e analisar dados relacionados aos processos e produtos de software, a fim de entendê-los, controlá-los e fornecer informação relevante para melhorá-los (SOLINGEN; BERGHOUT, 1999). Segundo Bass *et al.* (1999), a medição de software pode ser entendida como uma avaliação quantitativa de qualquer aspecto dos processos e produtos da Engenharia de Software, que permite seu melhor entendimento e, com isso, auxilia o planejamento, controle e melhoria do que se produz e de como é produzido. A medição é uma ferramenta fundamental para o gerenciamento de atividades do ciclo de vida de software e sistema, permitindo avaliar a viabilidade dos planos de projeto e monitorar a aderência da execução das atividades dos projetos em relação a seus planos (ISO/IEC, 2007).

No contexto da gerência de projetos, a medição auxilia no desenvolvimento de planos realísticos, no monitoramento do progresso do projeto, na identificação de problemas e no embasamento para a tomada de decisão (MCGARRY *et al.*, 2002). No contexto organizacional, a medição apoia a análise do desempenho dos processos e a identificação de ações para melhorar a competitividade das organizações (TARHAN; DEMIRÖRS, 2006).

Realizar medição de maneira efetiva contribui para o sucesso das organizações, uma vez que permite que elas entendam suas capacidades e elaborem planos alcançáveis a fim de produzir e entregar produtos e serviços. Medição também auxilia as organizações a detectarem tendências e se anteciparem a problemas, permitindo um melhor controle dos

custos, reduzindo riscos, melhorando a qualidade e garantindo que os objetivos de negócio estabelecidos sejam alcançáveis (FLORAC; CARLETON, 1997).

O principal objetivo da medição de software é prover informação quantitativa para apoiar a tomada de decisões. Em outras palavras, as organizações de software definem medidas e coletam dados que, ao serem analisados, fornecem informações que sejam úteis à tomada de decisões, que envolve a análise do alcance aos objetivos estabelecidos e identificação de ações corretivas e de melhoria (BARCELLOS, 2010).

A medição de software fornece informações que ajudam o gerente de projeto na comunicação efetiva entre os envolvidos no projeto, reduzindo a ambiguidade, e no acompanhamento de objetivos específicos do projeto descrevendo precisamente o *status* dos processos e produtos. Por exemplo, com a medição é possível saber se o projeto está cumprindo o cronograma ou se o produto está pronto para a entrega. A medição também possibilita identificar e corrigir problemas o mais cedo possível, pois quanto mais tarde os problemas são identificados, mais difícil e custoso é resolvê-los (MCGARRY *et. al.*, 2002).

O elemento básico da medição, que propicia a análise quantitativa, são as medidas. Elas caracterizam, em termos quantitativos, alguma propriedade de um objeto da Engenharia de Software (BASILI; ROMBACH, 1994).

Muitas organizações consideram a medição de software uma tarefa complexa e difícil, e muitas das tentativas de implantar medição de software acabam falhando ou não atingem o objetivo pretendido (GOPAL *et al.*, 2002). As organizações de software só usufruirão dos benefícios da medição de software caso esta seja aplicada corretamente (DUMKE; EBERT, 2007).

O sucesso de um programa de medição está relacionado a dois fatores principais: (i) a coleta e a análise dos dados devem estar diretamente relacionados à informação necessária para a tomada de decisão; e (ii) o processo de medição deve ser bem estruturado e repetível (MCGARRY, *et al.*, 2002).

Existem diversos modelos, padrões e metodologias que auxiliam as organizações a definir processos de medição de software, tais como a ISO/IEC 15939 (2007), que reúne atividades e tarefas necessárias para a identificação, definição, seleção, aplicação e melhoria do processo de medição de software. O PSM (*Practical Measurement Software*) (MCGARRY, *et al.*, 2002), por sua vez, fornece orientações baseadas em experiência em como definir e implementar um processo de medição viável para um projeto de software.

Considerando que o desenvolvimento de software é uma atividade complexa que envolve vários processos e uma série de fatores que devem ser controlados para que seja

concluída com sucesso, é preciso realizar a medição dos processos de software. Assim, medição de software também é tratada em modelos de melhoria de processos, como o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) (SEI, 2010) e o MR-MPS-SW (Modelo de Referência para Melhoria de Processo de Software Brasileiro) (SOFTEX, 2016), que tratam a melhoria de processos em níveis. No CMMI a medição é introduzida no nível 2 e no MR-MPS-SW no nível F.

Para realizar medição de software, inicialmente, uma organização deve planejá-la. Baseada em seus objetivos, a organização deve definir quais entidades (processos, produtos, etc.) devem ser consideradas para a medição de software e quais propriedades (tamanho, custo, tempo, etc.) devem ser mensuradas. A organização deve definir também quais medidas devem ser usadas para quantificar essas propriedades. Para cada medida, uma definição operacional de medida deve ser especificada, indicando como a medida deve ser coletada e analisada. Uma vez planejada, pode-se executar a medição. A execução da medição envolve coletar dados para as medidas definidas, armazená-los e analisá-los. A análise de dados fornece informação para a tomada de decisão, apoiando a identificação de ações corretivas. Finalmente, o processo de medição e seus produtos devem ser avaliados visando identificar potenciais melhorias (BARCELLOS; FALBO; ROCHA, 2010).

Existem na literatura algumas propostas de abordagens para apoiar o planejamento de medição. Uma das mais conhecidas é o GQM (*Goal-Question-Metric*) (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994), que é uma abordagem sistemática para a adaptação e integração de objetivos com processos, produtos e perspectivas de interesse de qualidade, baseado nas necessidades específicas dos projetos e da organização (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994).

Um modelo GQM é uma estrutura hierárquica, iniciando com um objetivo que é refinado em várias questões que, normalmente, dividem o problema em partes menores. Cada questão é então refinada em medidas. Uma mesma medida pode ser usada para responder diferentes questões sob um mesmo objetivo. Vários modelos GQM podem também ter questões e medidas em comum (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994).

O GQM define medidas a partir de uma perspectiva *top-down* e analisa e interpreta os dados de medição em uma perspectiva *bottom-up*. Uma vez que as medidas foram definidas com um objetivo explícito em mente, a informação provida por elas deve ser interpretada e analisada considerando esse objetivo, a fim de concluir se ele foi ou não alcançado (SOLINGEN; BERGHOUT, 1999). A Figura 2.1 ilustra a estrutura hierárquica do GQM.

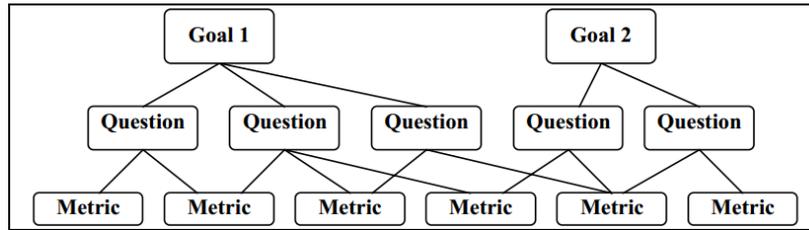


Figura 2.1 - Estrutura hierárquica do modelo GQM (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994).

Dependendo do nível de maturidade da organização, a medição é realizada de diferentes formas. Nos níveis iniciais dos modelos de maturidade como CMMI e MR-MPS-SW, ela consiste, basicamente, na coleta de dados dos projetos e comparação desses dados com os valores planejados correspondentes. Na alta maturidade (níveis 4 e 5 do CMMI e B e A do MR-MPS-BR), a medição tradicional não é suficiente, sendo necessário realizar o controle estatístico de processos para conhecer seu comportamento, determinar seu desempenho em execuções anteriores e prever seu desempenho em execuções futuras, verificando se são capazes de alcançarem os objetivos estabelecidos (FLORAC; CARLETON, 1999). O controle estatístico de processos é abordado na próxima seção.

2.2 Controle Estatístico de Processos

O controle estatístico de processos (CEP) foi originalmente desenvolvido para implementar um processo de melhoria contínua em linhas de produção na área de manufatura, envolvendo o uso de ferramentas estatísticas e técnicas de resolução de problemas com o objetivo de detectar padrões de variação no processo de produção para garantir que os padrões de qualidade estabelecidos para os produtos fossem alcançados (WHEELER; CHAMBERS, 1992 e WHEELER; PFADT, 1995). É utilizado para determinar se um processo está sob controle, sob o ponto de vista estatístico (LANTZY, 1992).

O CEP é conhecido por ser uma poderosa ferramenta para melhoria de processos aumentando, assim, a qualidade e a produtividade (FLORAC; CARLETON, 1999; MONTGOMERY, 1985 e HUMPHREY, 1989). É um método de gestão de processos através de análise estatística, que inclui definir, medir, controlar e melhorar os processos (FLORAC; CARLETON, 1999). Através do CEP é possível entender variações de processo e melhorar o seu desempenho (WHEELER, 1995).

Uma diferença entre os processos de manufatura e de software é que o último é mais humano-intensivo e criativo. Devido a essa diferença, cada execução do processo de

desenvolvimento de software tem características únicas e o desempenho do processo pode variar amplamente (KOMURO, 2006).

O CEP visa estabilizar e melhorar os processos, reduzindo a variabilidade, porém sua aplicação no domínio de software ainda é pequena quando comparada ao domínio de manufatura. A aplicação do CEP para processos de software requer várias considerações adicionais, tais como definições operacionais de medição, a homogeneidade de dados e subgrupos racionais (FLORAC; CARLETON, 1999).

A fim de aplicar o CEP para processos de desenvolvimento de software, é preciso abordar várias questões, incluindo (i) controlar atividades humano intensivas e criativas, (ii) lidar com múltiplas causas comuns, ou seja, fatores que afetam o desempenho do processo (iii) analisar e controlar com quantidade limitada de dados disponíveis, pois é difícil obter um grande conjunto de dados homogêneos (KOMURO, 2006).

As questões críticas para a implementação bem sucedida do CEP são a estabilidade do processo, a capacidade de medição e a confiabilidade dos dados. Em outras palavras, se o processo for realizado de forma consistente, se as medidas corretas forem selecionadas e um mecanismo de coleta de dados de confiança for estabelecido pode-se obter os benefícios com a aplicação das técnicas do CEP (SARGUT; DEMIRÖRS, 2006; ABUBAKAR; JAWAWI, 2013).

O CEP é realizado a fim de conhecer o comportamento dos processos, determinar seu desempenho em execuções anteriores e, a partir daí, prever seu desempenho nos projetos correntes e futuros, verificando se são capazes de alcançar os objetivos para eles estabelecidos (BARCELLOS, 2009a).

Considerando o comportamento dos processos, dois conceitos são importantes: *estabilidade* e *capacidade*. Os processos sob controle estatístico conseguem estabelecer e manter níveis *estáveis* de variabilidade e conseqüentemente esses processos produzirão resultados previsíveis. Processos controlados são processos estáveis e processos estáveis podem ter os resultados previstos, o que, por sua vez, permite preparar planos alcançáveis, cumprir os compromissos de estimativa de custos e cronograma, e entregar as funcionalidades desejadas do produto com qualidade e consistência aceitável e razoável. Por outro lado, um processo é *capaz* se ele, além de ser estável, alcança os objetivos para ele estabelecidos. Se o processo controlado não é capaz de cumprir com os requisitos do cliente ou outros objetivos de negócio, então o processo deve ser melhorado ou os compromissos devem ser renegociados (FLORAC; CARLETON; BARNARD, 2000).

Processos estáveis são aqueles que apresentam variações aceitáveis, ou seja, variação que se encontram dentro dos limites previstos. Esse tipo de variação é provocado por *causas comuns*, causas que fazem parte do processo, ou seja, é o resultado de interações normais dos componentes do processo: pessoas, equipamentos, ambientes e métodos. Esse tipo de variação também é chamado de *ruido* no processo. Existem também as variações que surgem devido a circunstâncias especiais, são as chamadas *causas especiais*. As causas especiais são eventos que não fazem parte do curso normal do processo e provocam mudança no padrão de variação esperado, ou seja, provocam desvios que excedem os limites de variação aceitável para o comportamento do processo. Por exemplo, uma falha em um sistema de comunicação de problemas pode causar poucos relatos de problemas durante uma semana, seguido por um valor elevado na semana seguinte. Essa variação também é conhecida como *signal* no processo. Esse tipo de causa é responsável pela instabilidade do processo e precisa ser rapidamente removida. A remoção das causas especiais busca estabilizar a variabilidade do processo e prover melhoria no seu desempenho (SHEWHART, 1980 e BARCELLOS, 2009a).

A partir do momento que um processo torna-se estável, uma *baseline* que caracteriza o comportamento atual do processo pode ser definida (WHEELER; CHAMBERS, 1992). Esse comportamento descreve o desempenho com o qual as próximas execuções do processo serão comparadas (BARCELLOS, 2009a).

Para analisar o comportamento do processo são utilizados gráficos de controles, que permitem analisar o desempenho do processo ao longo do tempo e fornece informações sobre sua estabilidade e capacidade (FLORAC; CARLETON; BARNARD, 2000).

Os gráficos de controle possuem uma linha central e dois limites de controle (superior e inferior). A linha central indica o desempenho médio esperado para o processo e os limites de controle indicam a variação normal esperada. Esses valores são calculados com base nos dados plotados no gráfico. Se a distribuição dos valores estiver dentro dos limites de controle, quer dizer que o processo é estável e as variações são devido a causas comuns. Se os valores estiverem fora dos limites de controle, o processo é considerado instável devido a causas especiais e ações precisam ser tomadas para melhorar o processo de forma a cumprir com as especificações de desempenho desejado do processo ou especificações de cliente (FLORAC; CARLETON, 1999 e WHEELER; CHAMBERS, 1992). O *layout* básico de um gráfico de controle é ilustrado na Figura 2.2.

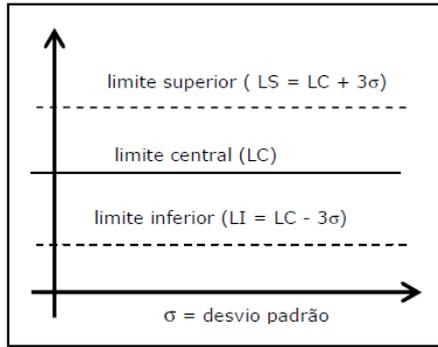


Figura 2.2 – Layout básico de um gráfico de controle.

A Figura 2.3 ilustra um exemplo de aplicação de um gráfico de controle para representar dados coletados para um processo estável, ou seja, onde não há causas especiais. O gráfico representa dados coletados para a medida média diária de horas dedicadas a atividades de suporte por semana em uma determinada organização (ROCHA *et al.*, 2012).

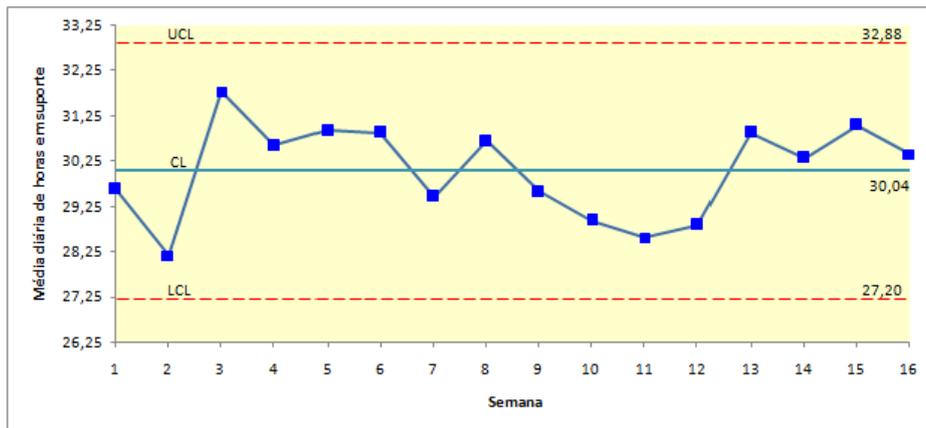


Figura 2.3 – Processo estável

Na Figura 2.4 é apresentado um gráfico que ilustra um processo cujo comportamento extrapolou os limites de variação aceitáveis, sendo identificados pontos cujas causas de variação (causas especiais) devem ser investigadas. O gráfico representa dados para a medida número de problemas relatados pelos clientes diariamente à área de suporte de uma organização que não foram resolvidos (ROCHA *et al.*, 2012).

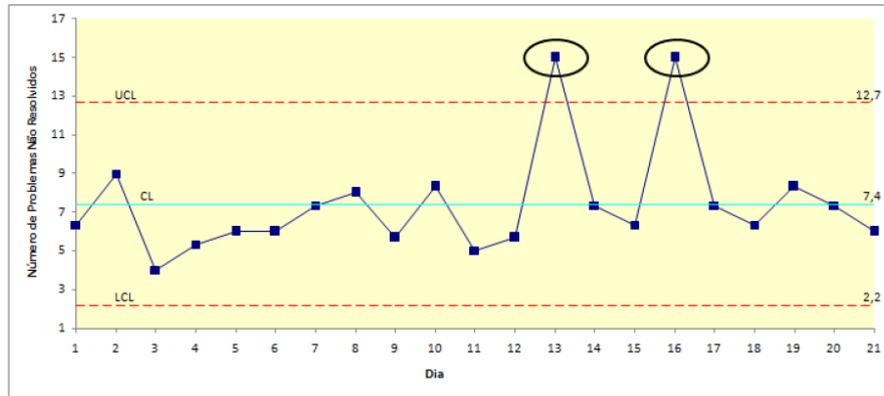


Figura 2.4 – Processo com causas especiais explícitas.

Na Figura 2.4 é possível visualizar explicitamente os pontos que caracterizam instabilidade devido a causas especiais, porém é importante ressaltar que esses pontos nem sempre aparecem fora dos limites, existindo outros sinais que revelam a instabilidade de um processo, detectáveis por testes específicos, como os quatro testes de WHEELER e CHAMBERS (1992).

Exemplos de gráficos de controle são: X-bar R, X-bar S, XmR, XMmR, mXmR, mAmR, C-chart, U-chart e Z-chart (WHEELER; POLING, 1998; FLORAC; CARLETON, 1999 e WELLER, 2000). As principais características desses tipos de gráficos de controle e exemplos de situações onde se aplicam podem ser encontrados em (BARCELLOS, 2009b).

Como dito anteriormente, o uso do controle estatístico de processo em processos de software é recente e enfrenta algumas dificuldades. Dentre os principais problemas, a seleção/definição de medidas e a coleta de dados não adequados para o CEP têm sido destacadas. Com relação ao uso de uma medida no CEP é importante salientar que existe um conjunto de critérios que uma medida deve satisfazer, tais como (ROCHA *et al.*, 2012):

C1 – A definição operacional da medida é correta e satisfatória.

Estabelecer definições operacionais adequadas para as medidas é fundamental para que as medidas sejam consistentes, os dados coletados sejam válidos e seja possível realizar comparação entre eles. A definição operacional da medida deve conter todas as informações necessárias para que sua coleta possa ser realizada de forma consistente e para que sua análise seja realizada de forma a fornecer as informações necessárias. Uma definição operacional deve conter: definição da medida, entidade medida, propriedade medida, unidade de medida, tipo de escala, valores da escala, intervalo esperado dos dados (se possível), fórmulas (se aplicáveis), descrição detalhada e precisa dos procedimentos de

medição e análise, responsável pela medição, momento de medição e periodicidade de medição.

C2 - A medida está alinhada a objetivos da organização.

Uma vez que medidas utilizadas no controle estatístico de processos apoiam a análise do alcance a objetivos, elas devem estar associadas a pelo menos um objetivo da organização e dos projetos.

C3 – Os resultados da análise da medida são relevantes à tomada de decisão e para a melhoria de processos

Os dados coletados para a medida, ao serem analisados, devem fornecer subsídios relevantes para a tomada de decisão no contexto da melhoria de processos da organização ou projetos. Medidas que desempenham o papel de indicadores (diretamente associadas aos objetivos e responsáveis por fornecer as informações necessárias para a análise do alcance a esses objetivos) são medidas relevantes à tomada de decisão, bem como suas medidas correlatas.

C4 – A medida fornece informações sobre o desempenho de um processo/subprocesso crítico.

A medida deve estar relacionada a um processo/subprocesso crítico e deve ser capaz de fornecer informações sobre o seu desempenho. Medidas que registram estimativas, por exemplo, são medidas essencialmente de controle e não descrevem o desempenho dos processos, logo, isoladas, não são aplicáveis ao controle estatístico de processos. Porém, vale ressaltar que medidas que registram estimativas podem ser utilizadas para formar medidas derivadas que descrevam o desempenho de um processo. Por exemplo, a medida aderência ao cronograma, obtida pela razão entre as medidas prazo estimado e prazo real, é uma medida que provê informações sobre o desempenho de um processo.

C5 – As medidas correlatas à medida estão identificadas e são válidas para o controle estatístico.

Uma medida que será utilizada no controle estatístico de processos deve ter suas medidas correlatas identificadas. Medidas correlatas são aquelas que, como o próprio nome diz, apresentam algum tipo de relação entre si. Alguns exemplos são medidas com relação de causa e efeito (por exemplo, nível de experiência do programador influencia na produtividade), medidas utilizadas para compor outras medidas (por exemplo, número de casos de uso alterados = número de casos de uso incluídos + número de caso de uso

excluídos + número de casos de uso modificados) e medidas relacionadas a um mesmo objetivo.

A definição de medidas correlatas, necessárias ao entendimento do comportamento dos processos, contribui para o alcance dos objetivos estabelecidos, uma vez que apoia a investigação das causas de variações no comportamento dos processos, auxiliando a identificação das ações corretivas adequadas (CAIVANO, 2005).

C6 – A medida possui baixo nível de granularidade.

A granularidade da medida deve permitir o acompanhamento frequente (diário) dos projetos. Para isso a medida deve estar relacionada a atividades ou processos de curta duração. Algumas medidas, apesar de não apresentarem granularidade baixa, podem ser úteis no controle estatístico de processos como medidas de normalização. Por exemplo, a medida “número de casos de uso do projeto”, sozinha, não é adequada ao controle estatístico de processos. Porém, ela pode ser utilizada para normalizar outras (por exemplo, a medida “número de casos de uso alterados” pode ser normalizada pelo número de casos de uso do projeto, a fim de permitir comparações), o que a torna útil ao controle estatístico dos processos.

C7 - A medida é passível de normalização (se aplicável).

Algumas vezes faz-se necessário normalizar uma medida para que seja possível realizar comparações. Caso a medida definida seja normalizável, as medidas necessárias para normalizá-la devem estar disponíveis e serem válidas. Por exemplo, para normalizar esforço considerando tamanho, é preciso que as medidas de tamanho estejam disponíveis e sejam válidas.

C8 - A medida está normalizada corretamente (se aplicável).

Caso a medida já esteja normalizada, é preciso assegurar-se de que sua normalização está correta. Por exemplo, para a medida “esforço de codificação”, normalizada pelo “número de linhas de código fonte”, é preciso assegurar-se de que seja correto normalizar esforço utilizando o tamanho e, além disso, de que as medidas “número de linhas de código fonte” e “esforço de codificação” sejam referentes à mesma porção de código.

C9 - A medida não considera dados agregados.

Os dados coletados para a medida não devem ser referentes a valores agregados, pois estes não permitem uma análise acurada e, uma vez agregados, dificilmente os dados podem ser separados. Como exemplo de uma medida que considera dados agregados tem-se a medida “esforço de análise”, que quantifica o esforço despendido na organização na fase de Análise dos projetos. O valor coletado para a medida corresponde à agregação dos

dados dos esforços despendidos na fase Análise de todos os projetos, que não é útil ao controle estatístico dos processos.

2.3 Linguagens de Padrões

Segundo Deutsch *et al.* (2004), **padrões** são veículos para o encapsulamento de conhecimento e permitem capturar o que deve ser feito para resolver um dado problema. Para utilizar um padrão é necessário reconhecer a oportunidade de aplicá-lo, ou seja, é preciso entender e reconhecer o contexto em que o problema recorrente tratado pelo padrão ocorre e identificar se o problema que se deseja tratar é uma instância do problema recorrente. Para isso, padrões devem conter descrições para o problema, a solução e o contexto em que ocorrem.

Buschmann (2007) ressalta que muitos padrões encontrados na literatura são relacionados a outros, mas a maioria falha em explicar como os padrões podem ser combinados para formar soluções para problemas maiores do que os tratados por cada padrão. As descrições de soluções tendem a se concentrar em aplicar os padrões de forma isolada e não resolvem adequadamente os problemas que surgem quando vários padrões devem ser aplicados de forma combinada. Essa situação é problemática, uma vez que características introduzidas por um padrão podem ser requeridas por outros. Portanto, é necessário um contexto mais amplo para descrever os problemas maiores que podem ser resolvidos e os que podem surgir quando os padrões são usados de maneira combinada. Esse contexto pode ser provido pelo que é conhecido na Engenharia de Software como **Linguagem de Padrões** (LP).

Uma Linguagem de Padrões de Software é uma rede de padrões inter-relacionados que define um processo para resolução sistemática de problemas relacionados ao desenvolvimento de software (DEUTSCH, 2004). Esse processo tem como objetivo fornecer suporte global para a utilização dos padrões de modo a resolver problemas relacionados a um domínio técnico ou de alguma aplicação específica. Essa visão holística deve fornecer orientação explícita sobre os problemas que podem surgir no domínio, informar os possíveis meios de resolvê-los e sugerir um ou mais padrões para resolver cada problema específico (FALBO *et al.*, 2013a).

As linguagens de padrões refletem o fato de que os padrões tendem a ser fortemente acoplados e é difícil, ou até mesmo impossível, utilizá-los de forma isolada (FALBO *et al.*, 2013a). Nesse sentido, para que uma LP seja eficaz no seu objetivo de guiar

o usuário na aplicação dos padrões e trate de maneira adequada a aplicação combinada de vários padrões, é necessário que as relações entre os padrões sejam definidas e explicitadas na LP.

Notações visuais podem ser utilizadas para representar graficamente LPs. O propósito da adoção de notações visuais é dar uma visão geral dos padrões e seus relacionamentos, para prover o entendimento holístico da LP e auxiliar na seleção dos padrões (QUIRINO, 2016).

Linguagens de Padrões, embora tenham sido originalmente propostas na área de arquitetura e venham sido utilizadas já há algum tempo na área de software, também podem ser usadas em outras áreas, como por exemplo, em Engenharia de Ontologias. Nesse contexto, Quirino (2016) propôs uma notação visual para representação de Linguagem de Padrões Ontológicos chamada OPL-ML (*Ontology Pattern Language Modeling Language*). Como bases para a proposta, foram utilizados os resultados de um mapeamento sistemático que investigou notações visuais em Linguagens de Padrões da área de software e resultados de estudos experimentais nos quais a notação foi avaliada e evoluída até se obter a notação visual proposta. Buscando-se obter uma notação cognitivamente rica, os princípios de PoN (*Physics of Notation*) (MOODY, 2009) foram considerados no desenvolvimento da notação.

Neste trabalho, propõe-se que as linguagens de padrões de planejamento de medição sejam representadas visualmente utilizando-se a notação proposta em (QUIRINO, 2016), uma vez que, embora a notação tenha sido proposta para padrões ontológicos, ela também pode ser aplicada em outras áreas. A seguir são apresentados aspectos de OPL-ML fundamentais para este trabalho. Informações detalhadas e exemplos de linguagens de padrões construídas utilizando-se OPL-ML podem ser encontrados em (QUIRINO, 2016).

OPL-ML trata a representação de linguagens de padrões considerando duas perspectivas, estrutural e comportamental, e propõe o uso de diferentes modelos para representar cada uma delas. Na perspectiva estrutural são representados os padrões e as relações estruturais (dependência, composição e agrupamento) entre eles. Na perspectiva comportamental é representado o processo que guia a aplicação dos padrões.

Uma notação visual é composta pelos seguintes elementos: um conjunto de símbolos gráficos (vocabulário visual), um conjunto de regras de composição para formação de expressões válidas (gramática visual) e as definições semânticas para cada símbolo (semântica visual). A formação da *sintaxe concreta* é feita pela junção do conjunto de

símbolos e das regras de composição. As definições semânticas de cada símbolo, ou seja, os constructos semânticos e seus significados formam a *sintaxe abstrata* (MOODY *et al.*, 2010).

Uma sintaxe abstrata define quais elementos são necessários para expressar o objetivo da notação. É nela que se encontra cada constructo semântico e seu significado. A Tabela 2.1 sumariza os constructos da sintaxe abstrata referente às perspectivas estruturais e de comportamento de uma LP.

Tabela 2.1 - Constructos semânticos da sintaxe abstrata das visões estrutural e de processo de LPOs.

Perspectiva Estrutural
Padrão
Grupo de Padrões
Grupo de Padrões Variantes
Relação <i>requires</i>
Relação <i>requires a pattern of</i>
Perspectiva Comportamental
Ação de Aplicação de Padrão
Grupo de Ações de Aplicação de Padrões
Grupo de Ações de Aplicação de Padrões Variantes
Fluxo de Controle
Ponto de Entrada
Ponto Final
Nó de Bifurcação
Nó de Junção
Nó de Decisão

O conjunto de símbolos forma a sintaxe concreta da notação visual. A Tabela 2.2 apresenta os símbolos definidos para cada constructo semântico do modelo estrutural de OPL-ML e a Tabela 2.3 apresenta os símbolos definidos para cada constructo semântico do modelo comportamental de OPL-ML.

Tabela 2.2 - Elementos da sintaxe concreta da notação visual proposta: Modelo Estrutural.

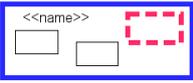
Perspectiva Estrutural		
Elemento	Representação gráfica	Descrição
Padrão		Retângulo com rótulo
Grupo de Padrões (no formato expandido)		Região limitada por linhas retas com rótulo. Sugere-se o uso da cor azul nas linhas sempre que for possível.
Grupo de Padrões (no formato caixa-preta)		Retângulo com o símbolo usado em alguns constructos da UML na parte inferior à direita e com rótulo.

Tabela 2.2 - Elementos da sintaxe concreta da notação visual proposta: Modelo Estrutural (cont).

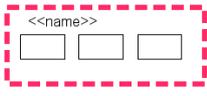
Perspectiva Estrutural		
Grupo de Padrões Variantes (no formato expandido)		Região limitada por linhas retas tracejadas e com rótulo. Sugere-se o uso da cor vermelha nas bordas sempre que for possível.
Grupo de Padrões Variantes com Gerência de complexidade (no formato caixa-preta)		Região limitada por linhas retas tracejadas e com o símbolo usado em alguns constructos da UML na parte inferior à direita e rótulo. Sugere-se o uso da cor vermelha nas bordas sempre que for possível.
Relação requires		Seta direcionada sólida
Relação requires a pattern of		Seta direcionada tracejada

Tabela 2.3 - Elementos da sintaxe concreta da notação visual proposta: Modelo Comportamental.

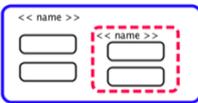
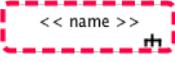
Perspectiva Comportamental		
Elemento	Representação gráfica	Descrição
Ponto de Entrada		Círculo preenchido
Ponto Final		Círculo preenchido com borda dupla
Ação de Aplicação de Padrão		Retângulo com bordas arredondadas e rótulo
Fluxo de Controle		Seta direcionada
Nó de Decisão		Losango
Nó de Bifurcação (<i>Fork Node</i>)		Barra preta com um fluxo de entrada e vários de saída.
Nó de Junção (<i>Join Node</i>)		Barra preta com vários fluxos de entrada e apenas um de saída.
Grupo de Ações de Aplicação de Padrões (no formato expandido)		Região limitada por linhas retas com cantos arredondados e com rótulo. Sugere-se usar a cor azul nas linhas sempre que for possível.
Grupo de Ações de Aplicação de Padrão (no formato caixa-preta)		Retângulo com bordas arredondadas e o símbolo usado em alguns constructos da UML na parte inferior à direita do retângulo e com rótulo. Sugere-se usar a cor azul nas linhas sempre que for possível.

Tabela 2.3 - Elementos da sintaxe concreta da notação visual proposta: Modelo Comportamental (cont).

Perspectiva Comportamental		
<p>Grupo de Ações de Aplicação de Padrões Variantes (no formato expandido)</p>		<p>Região limitada por linhas retas tracejadas com cantos arredondados e com o símbolo usado em alguns constructos da UML na parte inferior à direita e rótulo. Sugere-se usar a cor vermelha nas linhas sempre que for possível.</p>
<p>Grupo de Ações de Aplicação de Padrões Variantes (no formato caixa-preta)</p>		<p>Retângulo com linhas tracejadas e bordas arredondadas e com o símbolo usado em alguns constructos da UML na parte inferior à direita e rótulo. Sugere-se usar a cor vermelha nas linhas sempre que for possível.</p>

Além do conjunto de símbolos apresentados, algumas orientações devem ser consideradas para um efetivo uso da sintaxe concreta (QUIRINO, 2016):

- i. Deve-se usar o mesmo nome para representar elementos equivalentes nos modelos estrutural e comportamental. Por exemplo, um padrão no modelo estrutural possui uma ação de aplicação de padrão correspondente no modelo de processo, devendo esses elementos serem identificados pelo menos nome.
- ii. Caso opte-se por adotar cores diferentes em um diagrama, deve-se usar a mesma cor para representar os padrões de um mesmo grupo.
- iii. Caso opte-se por adotar cores diferentes, deve-se usar a mesma cor para representar elementos equivalentes nos modelos estrutural e comportamental. Por exemplo, se os padrões de um grupo no modelo estrutural são preenchidos pela cor amarela, as ações de aplicação de padrão equivalentes no modelo comportamental também deverão ser preenchidas em amarelo.

2.3.1 Linguagens de Padrões na Engenharia de Software

Linguagens de padrões têm sido usadas como mecanismo de apoio a diversas atividades da Engenharia de Software, tais como análise de requisitos, projeto de sistemas e definição de processos. No âmbito de medição de software o uso de linguagens de padrões não tem sido muito explorado. A seguir são apresentados dois exemplos de linguagens de padrões relacionadas à medição de software.

Andrade e Souza (2008) apresentam uma linguagem de padrões para apoiar a estimativa de software em micro e pequenas empresas. O objetivo da linguagem de padrões é auxiliar o gerente de projeto a estimar o software na fase de planejamento do projeto. Os padrões dão orientações sobre o que o gerente deve fazer para coletar dados reais e usá-los para apoiar a realização de estimativas e decisões. A linguagem é composta por dez padrões e é apresentada na Figura 2.5. A descrição de cada padrão inclui:

- Nome: nome do padrão;
- Contexto: situação em que o padrão deve ser aplicado;
- Problema: problema que o padrão resolve;
- Forças: aspectos que influenciam na escolha da solução do padrão;
- Solução: apresenta a solução para o problema, no contexto definido;
- Variantes: variações da solução para o problema, no contexto definido;
- Exemplo: exemplo da aplicação do padrão;
- Contexto Resultante: cenário posterior à aplicação do padrão;
- Racional: mostra porque a solução resolve o problema, e como as forças foram priorizadas;
- Usos Conhecidos: descreve situações existentes onde o padrão é utilizado;
- Padrões Relacionados: identificam e relacionam outros padrões que são importantes para o padrão descrito.

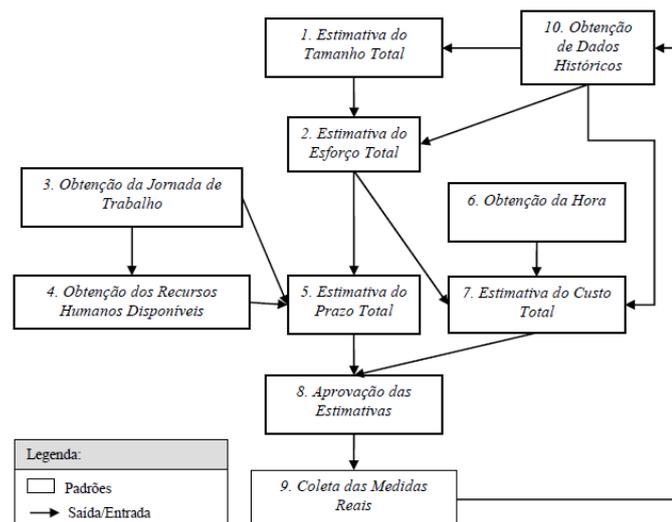


Figura 2.5 – Linguagem de Padrões para estimativas de software (ANDRADE e SOUZA, 2008).

Baseando-se no trabalho de Andrade e Souza (2008), Braga *et al.* (2012) propõem uma linguagem de padrões para estimativas de software em projetos ágeis. A linguagem é constituída por oito padrões que podem ajudar as equipes ágeis na obtenção das principais estimativas necessárias no contexto do desenvolvimento ágil de projetos de software. A Figura 2.6 apresenta a linguagem de padrões proposta por Braga *et al.* (2012).

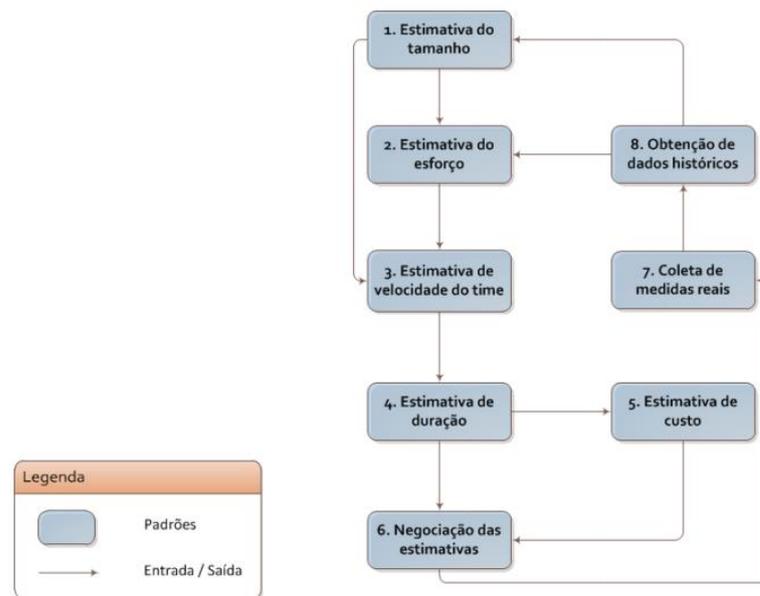


Figura 2.6 – Linguagem de Padrões para Estimativas de Software em Projetos Ágeis (BRAGA *et al.*, 2012).

2.3.2 Abordagens para Criação de Linguagens de Padrões

Embora existam diversas linguagens de padrões na literatura, na maior parte dos casos não há descrição do procedimento adotado para criá-las. No entanto, há algumas propostas de abordagens para criação de linguagens de padrões. Até a finalização deste trabalho não foi encontrada nenhuma proposta para auxiliar na criação de linguagens de padrões para medição de software. Assim, nesta seção são apresentadas três abordagens para apoiar a criação de linguagens de padrões: uma que lida com padrões de projeto de interação humano-computador, uma que lida com padrões de segurança e uma que lida com padrões que capturam conhecimento tácito.

Pauwels *et al.* (2010) definiram um processo para criação de uma linguagem de padrões de projeto de interação humano-computador (*Human-Computer Interaction design patterns*). A Figura 2.7 apresenta o processo, o qual possui quatro passos que são descritos em seguida.

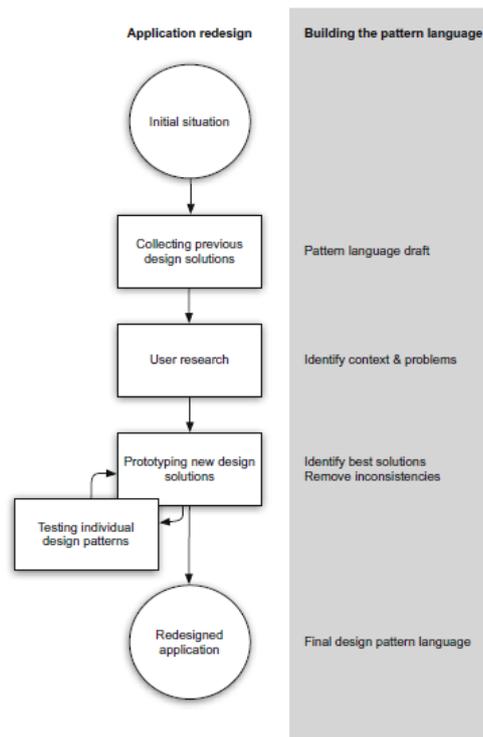


Figura 2.7 - Procedimento para criação de linguagem de padrões de projeto (PAUWELS *et al.*, 2010).

O primeiro passo (*Collecting previous design solutions*) consiste em coletar soluções de projeto adotadas anteriormente. Para isso, aplicações já desenvolvidas devem ser sistematicamente analisadas para a identificação de possíveis padrões de projeto de interação. Como resultado tem-se um conjunto de padrões que servem como “rascunho” inicial para a elaboração da linguagem de padrões.

No segundo passo (*User research*), usuários são observados e entrevistados para que sejam obtidas informações que permitam refinar a base de padrões definida na atividade anterior, identificando-se aqueles padrões que são realmente úteis e definindo-se claramente seu contexto de aplicação e os problemas por eles tratados.

O terceiro passo (*Prototyping new design solutions*) consiste na criação de protótipos dos padrões de projeto de interação. Com a prototipação torna-se mais fácil identificar relações entre padrões, necessidades de novos padrões ou a existência de padrões que podem ser descartados.

Por fim, no quarto passo (*Testing individual design patterns*) devem ser realizados estudos (validação empírica) para comparar a usabilidade das soluções de projeto apresentadas nos padrões. Os testes permitem fechar lacunas na linguagem de padrões e identificar as melhores soluções para um determinado contexto.

Outra abordagem para desenvolvimento de linguagens de padrões é apresentada por Hafiz *et al.* (2012). A abordagem foi definida para o desenvolvimento de uma linguagem de padrões para Segurança, mas segundo os autores ela pode ser aplicada para desenvolver linguagens de padrões para outros domínios relacionados a software. A abordagem proposta contém quatro passos:

- (i) *Criação de um catálogo de padrões de segurança*: é o primeiro passo para criação de uma linguagem de padrões e consiste na extração de padrões a partir de fontes como livros, artigos e documentos sobre padrões de segurança, devendo ser excluídas as duplicações e tratadas as sobreposições.
- (ii) *Organização dos padrões de segurança*: os padrões encontrados no passo anterior devem ser organizados em agrupamentos menores, ou seja, em pequenos conjuntos de padrões correlacionados utilizando-se o esquema de classificação hierárquico. O esquema de classificação facilita a pesquisa e seleção de padrões, pois agrupa padrões relacionados.
- (iii) *Criação de uma linguagem de padrões para cada grupo de padrões*: o esquema de classificação hierárquico agrupa padrões que objetivam resolver problemas semelhantes em um contexto de aplicação. Deve-se, então, explorar as relações entre os padrões em pequena escala e definir uma pequena linguagem de padrões para cada grupo.
- (iv) *Criação da linguagem de padrões completa*: a fim de produzir uma linguagem de padrões completa, as pequenas linguagens de padrões devem ser reunidas em uma grande linguagem de padrões, adicionando-se relações para interligá-las.

Iba *et al.* (2010) discutem as dificuldades de se capturar em padrões o conhecimento tácito. Os autores propõem um procedimento para a criação de linguagens de padrões que explicitam o conhecimento tácito capturado a partir da colaboração de pessoas que têm conhecimento sobre problemas e soluções em um domínio de interesse. A Figura 2.8 apresenta o procedimento, cujas etapas são descritas em seguida.

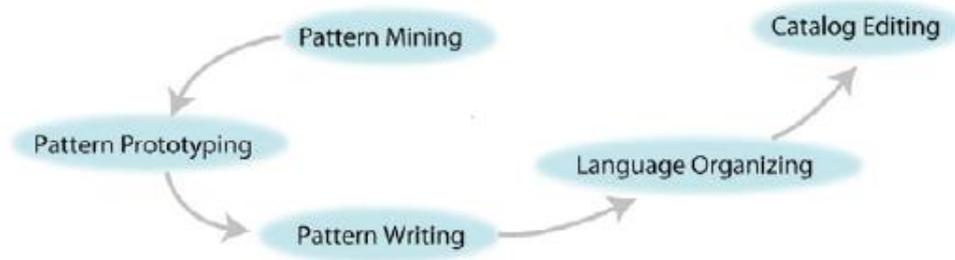


Figura 2.8 – Procedimento para desenvolvimento de uma Linguagem de Padrões (IBA *et al.*, 2010)

- (i) *Pattern mining*: é responsável pela extração dos padrões incorporados nas mentes das pessoas. Deve-se buscar informações diretamente com as pessoas e também observá-las para entender as habilidades dos seus atos. Os resultados levarão a potenciais ideias para padrões, que devem ser organizadas, compilando-se ideias semelhantes, dividindo-as em grupos de ideias, dando nomes aos grupos e conectando-os de acordo com o seu significado. Em seguida, deve-se explicitamente representar o problema e a solução tratados em cada padrão.
- (ii) *Pattern Prototyping*: nesta etapa são elaborados alguns protótipos com a descrição dos padrões (por exemplo, nome do padrão, introdução, ilustração, contexto, problema, forças, solução, ações e padrões relacionados). Nesta etapa essas descrições são ainda hipotéticas e incompletas e deverão ser melhoradas na próxima etapa. O objetivo aqui é, de alguma forma, registrar todas as informações sobre os padrões.
- (iii) *Pattern Writing*: é responsável pela descrição completa de todos os padrões. Sugere-se que a descrição dos padrões seja feita ou acompanhada por alguém que serviu como fonte das informações do padrão. Essa estratégia é importante, porque a descrição dos padrões requer o conhecimento tácito sobre o que está sendo descrito. Ilustrações podem ser adicionadas quando pertinente, pois elas ajudam a moldar o significado dos padrões e podem, também, revelar a falta de clareza do padrão.
- (iv) *Language Organizing*: etapa responsável pela organização dos padrões em uma linguagem de padrões, identificando-se as relações entre eles. Nessa fase pode

ser necessário reescrever alguns padrões, ou às vezes até mesmo adicionar novos padrões.

- (v) *Catalog Editing*: nesta etapa é projetado o catálogo que contém a linguagem de padrões. O catálogo deve conter não só a linguagem de padrões, mas também outras informações como explicações sobre como ler a linguagem, como fazer a navegação para cada padrão e assim por diante. O catálogo é a interface que conecta a linguagem de padrões a seus usuários.

2.4 Considerações Finais

Para tratar de assuntos considerados importantes ao entendimento deste trabalho, este capítulo apresentou o conteúdo relacionado à medição de software, controle estatístico de processos e linguagens de padrões. Foi apresentada a notação visual de OPL-ML, que é fundamental no contexto desse trabalho, pois será adotada na abordagem e linguagem de padrões propostas. Foram apresentados alguns exemplos de linguagens de padrões, bem como algumas abordagens que foram definidas como o propósito de auxiliar na criação de linguagens de padrões.

No próximo capítulo são apresentados os principais resultados de um mapeamento sistemático no qual foram investigadas medidas usadas (ou sugeridas para uso) em iniciativas de controle estatístico de processo de software reportadas na literatura, a fim de se obter uma visão do estado da arte relacionado a esse tópico de pesquisa.

Capítulo 3

Medidas para o Controle Estatístico de Processos de Software: Investigação da Literatura e da Prática

Este capítulo descreve os resultados de dois estudos realizados para investigar medidas utilizadas no CEP. A Seção 3.1 descreve um mapeamento sistemático da literatura e a Seção 3.2 apresenta um survey realizado com profissionais de empresas brasileiras. A Seção 3.3 apresenta as considerações finais do capítulo.

3.1 Mapeamento Sistemático da Literatura

Buscando-se investigar medidas adequadas para o CEP de software, foi realizada uma investigação na literatura através de um mapeamento sistemático. Um mapeamento sistemático é um estudo secundário, ou seja, um estudo que investiga estudos primários.

Um mapeamento sistemático fornece uma visão ampla de uma área de pesquisa a fim de determinar se existe evidência de pesquisa em um tópico particular (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Mapeamentos sistemáticos auxiliam a identificar lacunas e sugerir áreas para pesquisas futuras, fornecendo um mapa que permite posicionar apropriadamente novas atividades de pesquisa (KITCHENHAM; BUDGEN; BRERETON, 2011).

Buscando-se assegurar um estudo imparcial, rigoroso e repetível, o estudo foi realizado seguindo-se o processo definido em (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), o qual envolve três atividades:

- i. *Desenvolver o Protocolo:* nesta atividade o pesquisador realiza a prospecção sobre o tema de interesse do estudo, definindo o contexto e o objeto de análise. Em seguida, o protocolo que será o guia para execução do estudo é definido, testado e avaliado. O protocolo deve conter todas as informações necessárias para executar a pesquisa (questões de pesquisa, critérios para seleção das fontes, critérios para seleção das publicações, procedimentos para armazenar e analisar os resultados, e assim por diante).

- ii. *Conduzir a Pesquisa*: nesta atividade o pesquisador executa o protocolo definido e, assim, seleciona, armazena e realiza análises quantitativas e qualitativas dos dados coletados.
- iii. *Relatar Resultados*: nesta atividade o pesquisador empacota os resultados gerados ao longo da execução do estudo e os publica em alguma conferência, revista, relatório técnico, biblioteca de trabalhos científicos ou outro veículo.

3.1.1 Protocolo de Pesquisa

Nesta subseção é apresentado o protocolo de pesquisa utilizado para execução do mapeamento sistemático da literatura (MSL).

O **objetivo** do mapeamento é identificar na literatura medidas que têm sido usadas em iniciativas de CEP para processos de software ou sugeridas para tal. Para alcançar o objetivo do estudo, foram definidas sete **questões de pesquisa (QP)**, as quais são apresentadas na Tabela 3.1 junto com o raciocínio seguido para considerá-las (*rationale*).

Tabela 3.1 – Questões de Pesquisa do Mapeamento Sistemático.

ID	Questões de Pesquisa	<i>Rationale</i>
QP1	Quando e em quais tipos de veículos (periódico/evento científico) as publicações foram publicadas?	Prover um panorama sobre quando e onde os trabalhos foram publicados, permitindo analisar a maturidade do tópico de pesquisa. Além disso, verificar se há períodos com maior ou menor quantidade de publicações e qual a distribuição dos trabalhos considerando eventos científicos e periódicos.
QP2	Quais medidas têm sido utilizadas no CEP de software?	Identificar medidas que tenham sido aplicadas no controle estatístico de processos de software ou que são apresentadas como apropriadas para tal.
QP3	Quais os objetivos de medição relacionados às medidas?	Identificar os objetivos de medição aos quais as medidas identificadas se relacionam.
QP4	Quais processos estão relacionados às medidas?	Identificar os processos de software com os quais as medidas identificadas estão relacionadas e verificar se alguns processos se destacam no contexto do controle estatístico de processos.
QP5	Quais as categorias das medidas identificadas?	Identificar as categorias às quais as medidas identificadas pertencem e investigar se alguma categoria se destaca no contexto do controle estatístico de processos.
QP6	As medidas foram usadas em iniciativas práticas de melhoria de processos de software?	Investigar se as medidas apresentadas nas publicações foram utilizadas em alguma experiência prática de controle estatístico de processos de software.
QP7	As medidas foram usadas/sugeridas no contexto de padrões/modelos de melhoria de processos de software? Quais?	Investigar se as medidas apresentadas nas publicações foram propostas/ utilizadas para controle estatístico de processos no contexto de modelos ou padrões usados em programas de melhoria de processos de software.

A **expressão de busca** foi desenvolvida considerando-se três grupos de termos que foram conectados com o operador AND. O primeiro grupo inclui termos relacionados a CEP. O segundo grupo inclui termos relacionados a medidas e o terceiro grupo inclui termos relacionados a software. Dentro dos grupos foi usado o operador OR para permitir sinônimos. A seguinte expressão de busca foi utilizada:

("statistical process control" OR "SPC" OR "quantitative management") AND ("measurement" OR "measure" OR "metric" OR "indicator") AND ("software").

Para estabelecer essa expressão de busca foram realizados alguns testes usando diferentes termos, conectores lógicos e combinações entre eles. Expressões de busca mais restritivas excluíram algumas publicações importantes identificadas durante a revisão de literatura informal que precedeu o mapeamento sistemático. Essas publicações foram usadas como publicações de controle, significando que a expressão de busca deveria ser capaz de retorná-las. Decidiu-se usar uma expressão de busca mais abrangente, pois ela forneceu melhores resultados em termos de número e relevância das publicações selecionadas, apesar de terem sido selecionadas muitas publicações que tiveram de ser eliminadas em etapas subsequentes.

Sete bibliotecas digitais foram usadas como **fonte das publicações**: IEEE Xplore (ieeexplore.ieee.org), ACM Digital Library (dl.acm.org), Springer Link (www.springerlink.com), Engineering Village (www.engineeringvillage.com), Web of Science (webofscience.com), Science Direct (www.sciencedirect.com) e Scopus (www.scopus.com).

A **seleção das publicações** foi realizada em cinco passos:

1º Passo (P1) - Seleção Preliminar e Catalogação: a expressão de busca foi aplicada nos mecanismos de pesquisa das bibliotecas digitais (o escopo de pesquisa foi limitado para artigos da área de Ciência de Computação).

2º Passo (P2) - Remoção de Duplicações: estudos indexados por mais de uma biblioteca digital foram identificados e as duplicações foram removidas.

3º Passo (P3) - Seleção de Publicações Relevantes - 1º Filtro: o título, resumo e palavras-chave das publicações selecionadas foram analisados considerando-se os seguintes critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE): (CI1) a publicação aborda o CEP em processos de software e medidas usadas nesse contexto; (CE1) a publicação não tem um resumo; (CE2) a publicação está publicada apenas como um resumo; e (CE3) a publicação é um estudo secundário, um estudo terciário, um sumário ou um editorial.

4º Passo (P4) - Seleção de Publicações Relevantes – 2º Filtro: o texto completo das publicações selecionadas em P3 foi lido com o propósito de identificar aquelas que

forneem informações úteis considerando os seguintes critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE): (CI2) a publicação apresenta medidas adequadas ao CEP em processos de software ou apresenta aplicações do CEP em que as medidas usadas são citadas; (CE4) a publicação é uma cópia ou uma versão antiga de uma publicação já considerada; (CE5) a publicação não está escrita em inglês; e (CE6) o texto completo da publicação não está disponível.

5º Passo (P5) – *Snowballing*: Como sugerido em (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007), as referências das publicações selecionadas no estudo foram analisadas procurando aquelas capazes de apresentar evidências para o estudo. Assim, neste passo, as referências das publicações selecionadas em P4 foram investigadas aplicando-se o primeiro e segundo filtro.

3.1.2 Execução do Mapeamento e Síntese dos Dados

O mapeamento sistemático considerou estudos publicados até abril de 2016. Como resultado de P1 foram obtidas 558 publicações (79 da IEEE Xplore, 88 da Scopus, 69 da ACM, 20 da Science Direct, 239 da Engineering Village, 40 da Web of Science e 23 da Springer Link). Em P2 foram eliminadas 240 duplicações, restando 318 publicações. Após P3, 84 estudos foram selecionados (uma redução de aproximadamente 73,58%). Após P4 foram selecionados 39 estudos. Aplicando-se o *snowballing* (P5), 11 publicações foram adicionadas, totalizando 50 publicações.

A Figura 3.1 ilustra o processo seguido para a seleção das publicações, que resultou em 50 publicações selecionadas.

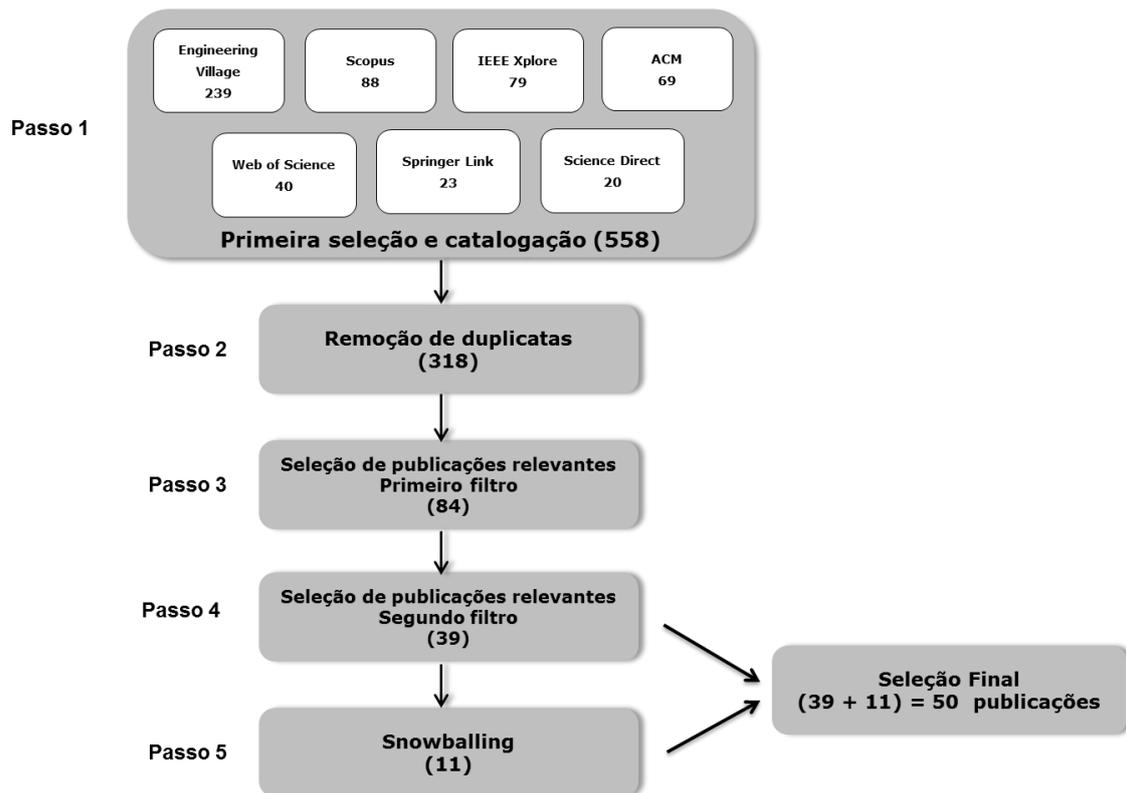


Figura 3.1 - Processo de seleção de publicações.

As publicações que passaram por todos os filtros e tinham seus textos disponíveis são listadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Publicações selecionadas.

Título	Autores	Ano	Dados da Publicação
Comparative study of Pareto Type II with HLD in assessing the software reliability with order statistics approach using SPC	Amulya, B.	2014	International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies (ICCPCT), p. 1630–1636.
Sequential strategy for software process measurement that uses Statistical Process Control	Alhassan, M. A.	2014	8th Malaysian Software Engineering Conference (MySEC), p. 37–42.
Enhancing Software Process Management through Control Charts	Vashisht, V	2014	Journal of Software Engineering and Applications, Feb, p 87–93.
Application of Statistical Process Control to Software Defect Metrics: An Industry Experience Report	Fernandez-Corrales, C., Jenkins, M., Villegas, J.	2013	ACM / IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, p 323–33.
A Study on Code Peer Review Process Monitoring using Statistical Process Control	Abubakar, A.M., Jawawi, D.N.A.	2013	Software Engineering Postgraduates Workshop (SEPoW), p 136–141.
Control charts for improving the process performance of software development life cycle	Pandian, S.S.A., Puthiyanyagam, P.	2013	Ijrras, vol. 14, no. February, p 248–256.
Apply Quantitative Management Now	Tarhan, A., Demirors, O.	2012	IEEE Software, v. 29, n. 3, p 77–85.
Assessment of Software Process and Metrics to Support Quantitative Understanding: Experience from an Undefined Task Management Process	Tarhan, A., Demirors, O.	2011	Communications in Computer and Information Science (CCIS0), v. 155, p 108–120.

Tabela 3.2 – Publicações selecionadas (cont.).

Título	Autores	Ano	Dados da Publicação
Investigating the effect of variations in the test development process: a case from a safety-critical system	Tarhan, A., Demirors, O.	2011	Software Quality Journal, v. 19, n. 4, p 615–642.
What can software engineers learn from manufacturing to improve software process and product?	Schneidewind, N.	2011	Intelligent Information Management, 01, p 98–107. http://doi.org/10.4236/iim.2009.12015
Monitoring the stability of the processes in defined level software companies using control charts with three sigma limits	Vijaya, G., Arumugam, S.	2010	WSEAS Trans. Info. Sci. and App., 7(10), p 1200–1209. Retrieved from http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1865374.1865383
Monitoring Software Quality Evolution for Defects	Zhang, H., Kim, S.	2010	IEEE Software, 27, 58–64. http://doi.org/10.1109/MS.2010.66
Statistical process control for system development using Six Sigma techniques	Selby, R.W.	2009	AIAA SPACE Conference & Exposition, Sept.
Software development process monitoring based on nominal transformation	Zhao, F., Peng, X., Zhao, W.	2009	Eighth IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, p 983–988.
Target Based Software Process Evaluation Model and Application	Zhu, M., Liu, W., Hu, W., Fang, Z.	2009	Second International Conference on Information and Computing Science (ICIC), v. 1, p 107–110.
Quantitative defects management in iterative development with BiDefect	Gou, L., Wang, Q., Yuan, J., <i>et al.</i>	2009	Software Process: Improvement and Practice - Addressing Management Issues, v. 14, n. 4, p 227–241.
Assessment of software process and metrics to support quantitative understanding	Tarhan, A., Demirors, O.	2008	IWSM-Mensura, p 102–113.
Applying SPC to software development: Where and why	Weller, E.F., Card, D.	2008	IEEE Software, v. 25, p 48–50.
Estimating fixing effort and schedule based on defect injection distribution	Wang, Q., Gou, L., Jiang, N., <i>et al.</i>	2008	Software Process Improvement and Practice, v. 11, p 361–371.
Improvement of causal analysis using multivariate statistical process control	Chang, C-P., Chu, C-P.	2008	Software Quality Journal, v. 16, n. 3, p 377–409.
Making Statistics Part of Decision Making in an Engineering Organization	Card, D.N., Domzalski, K., Davies, G.	2008	IEEE Software, v. 25, n. 3, p 37 – 47.
Non invasive monitoring of a distributed maintenance process	Baldassarre, M.T., Caivano, D., Visaggio, G.	2006	Conference Record - IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, no. April, p 1098–1103.
BSR: A statistic-based approach for establishing and refining software process performance baseline	Wang, Q., Jiang, N., Gou, L., <i>et al.</i>	2006	Proceedings of the 28th international conference on Software engineering, p. 585–594.
Experiences of applying SPC techniques to software development processes	Komuro, M.	2006	In: 28th international conference on Software engineering - ICSE, p 577.
Investigating suitability of software process and metrics for statistical process control	Tarhan, A., Demirors, O.	2006	Software Process Improvement, vol. 4257, p 88–99.
Mining software repositories for model-driven development	Zhang, Y., Sheth, D.	2006	IEEE Software, v. 23, n. 1, p 82 – 90.

Tabela 3.2 – Publicações selecionadas (cont.).

Título	Autores	Ano	Dados da Publicação
Non-Intrusive Monitoring of Software Quality	Boffoli, N.	2006	Proceedings of the European Conference on Software Maintenance and Reengineering, p 319–322.
Utilization of statistical process control (SPC) in emergent software organizations: Pitfalls and suggestions	Sargut, K.U., Demirörs, O.	2006	Software Quality Journal, vol. 14, no. 2, p 135–15.
Practical experiences of cost/schedule measure through earned value management and statistical process control	Wang, Q., Jiang, N., Gou, L., Che, M., Zhang, R.	2006	Software Process Change, p 348–354.
Measuring and improving software process in China	Wang, Q., Li, M.	2005	International Symposium on Empirical Software Engineering, p 177–186.
Improving Dynamic Calibration Through Statistical Process Control	Baldassarre, M.T., Boffoli, N., Caivano, D., Visaggio, G.	2005	21st IEEE International Conference on Software Maintenance (ICSM'05), p 273–282.
Experiences in the Inspection Process Characterization Techniques	Narayana, V., Swamy, R.	2003	In: International Conference on Quality Software, n. Jan, p 388–395.
Statistical process control: What you don't measure can hurt you!	Eickelmann, N., Anant, A.	2003	IEEE Software, vol. 20, no. 2, p 49–51.
Statistical Process Control to Improve Coding and Code Review	Jacob, A.L., Pillai, S.K.	2003	IEEE Software, v. 20, n. 3, p 50–55.
Utilization of a Defect Density Metric for SPC Analysis	Sargut, K.U., Demirörs, O.	2003	In: 13th International Conference on Software Quality, no. Cmm.
Experience of applying statistical control techniques to the function test phase of a large telecommunications system	Bertolino, A., Marchetti, E., Mirandola, R., Lombardi, G. and Peciola, E.	2002	IEEE Software, v. 149, n. 4, p 349–357.
Optimum control limits for employing statistical process control in software process	Jalote, P., Saxena, A.	2002	IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 28, no. 12, p 1126–1134, 2002.
CMM Level 4 Quantitative Analysis and Defect Prevention	Florence, A.	2001	Crosstalk, Feb, p. 20–21.
Defect prevention through defect prediction: A case study at Infosys	Mohapatra, S., Mohanty, B.	2001	IEEE International Conference on Software Maintenance, p 260 – 272.
Practical applications of statistical process control [in software development projects]	Weller, E.F.	2000	IEEE Software, v. 17, n. 3, p 48–55.
Statistical Process Control: Analyzing a Space Shuttle Onboard Software Process	Florac, W.A., Carleton, A.D., Barnard, J.R.	2000	IEEE Software, vol. 17, no. 4, p 97–106.
Applying SPC to the Personal Software Process	Paulk, M	2000	10th Intl. Conf. Software Quality, p 77-87.
Quantitative Quality Management through Defect Prediction and Statistical Process Control	Jalote, P., Dinesh, K., Raghavan, S., Bhashyam, M.R., Ramakrishnan, M.	2000	Proceedings of Second World Quality Congress for Software.
The Evolution of Quality Processes at Tata Consultancy Services	Keeni, G.	2000	IEEE Software, v. 17, n. 4, p 79–88.

Tabela 3.2 – Publicações selecionadas (cont.).

Título	Autores	Ano	Dados da Publicação
A statistical method for controlling software defect detection process	Hong, G.Y., Xie, M., Shanmugan, P.	1999	Computers & Industrial Engineering, vol. 37, p 137–140.
Assessing the evidence from the use of SPC in monitoring, predicting & improving software quality	Lewis, N.D.C.	1999	24th International conference on computers and industrial engineering, vol. 37, no. 1–2, p 157–160.
Using a Personal Software Process(SM) to Improve Performance	Hayes, W.	1998	Proceedings Fifth International Software Metrics Symposium, p 61–71.
Applying software engineering and process improvement to legacy defence system maintenance: An experience report	French, V.A.	1995	International Conference on Software Maintenance, p 337 – 343.
Statistical Process Control for Software?	Card, D.	1994	IEEE Software, v. 11, n. 3, p 95–97.
An Industrial Engineering Approach to Software Development	Card, D.N., Berg, R.A.	1989	Journal of Systems and Software, v. 10, n. 3, p 159–168.

A seguir são apresentados os principais resultados obtidos considerando-se cada questão de pesquisa (QP).

QP1. Quando e em quais tipos de veículos (periódico/evento científico) as publicações foram publicadas?

As publicações encontradas foram publicadas entre os anos de 1989 e 2014, com algumas lacunas, como mostra a Figura 3.2. A respeito do veículo de publicação, 26 publicações (52%) foram publicadas em eventos científicos e 24 (48%) em periódicos. Entre as publicações publicadas em eventos científicos, 22 foram publicadas em conferências, 3 em simpósios e 1 em workshop. A distribuição homogênea dos estudos em eventos científicos e periódicos pode ser entendida como um sinal de que o tema tem sido explorado, discutido e amadurecido, uma vez que, normalmente, periódicos exigem trabalhos mais maduros.

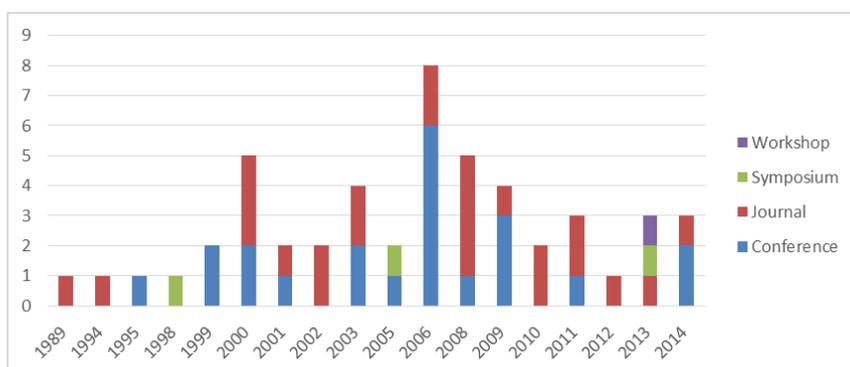


Figura 3.2 – Ano e veículo das publicações.

QP2. *Quais medidas têm sido utilizadas no CEP de software?*

No total, 108 medidas consideradas adequadas ao CEP ou utilizadas em aplicações de CEP foram identificadas nas publicações. Para obter esses resultados, adotou-se o seguinte procedimento: primeiro, foram extraídas as medidas, processos e objetivos das publicações exatamente como elas foram registradas (por exemplo, a medida *taxa de erros entregues*, que se refere ao número de erros por mil linhas de código entregues, é citado em (CARD; BERG, 1989)). Em seguida, os nomes foram ajustados com o objetivo de tornar o significado o mais claro possível (por exemplo, a medida citada foi renomeada para *taxa de erros escapados*). Finalmente, foram identificados os resultados com mesmo significado e utilizou-se o mesmo nome para representá-los (por exemplo, a medida citada e todas as demais com o mesmo significado foram nomeadas como *densidade de defeitos escapados*).

A Tabela 3.4 apresenta o conjunto de medidas identificadas, os processos, os objetivos e as categorias relacionados a elas. A tabela também apresenta as publicações a partir das quais foram extraídos os dados. Quando uma medida está relacionada com um processo/objetivo, isso significa que pelo menos uma publicação citou aquela medida relacionada com aquele processo/objetivo. As medidas precedidas por * foram usadas na prática em iniciativas que envolvem padrões/modelos de maturidade e as medidas precedidas por ° foram usadas em iniciativas na prática, mas que não envolvem padrões/modelos de maturidade. Na tabela, as categorias das medidas são indicadas por: T (*Time*), C (*Cost*), E (*Effort*), P (*Performance*) e S (*Size*). Os objetivos de medição são referenciados por números, considerando a lista de objetivos de medição apresentada na Tabela 3.3. Quando o objetivo de medição é 0 significa que não foi possível identificar o objetivo nas publicações que citam a medida.

Tabela 3.3 – Objetivos de medição identificados.

Id	Objetivo de Medição	Publicações
1	Avaliar e monitorar o processo de manutenção	(BALDASSARRE; CAIVANO; VISAGGIO, 2006), (BOFFOLI, 2006)
2	Minimizar o retrabalho	(VIJAYA; ARUMUGAM, 2010)
3	Controlar as variações nos processos de codificação e revisão de código	(JACOB; PILLAI, 2003)
4	Entregar um sistema o mais próximo de livre de defeitos	(FLORENCE, 2001)
5	Avaliar a eficiência da remoção de defeito	(GOU <i>et al.</i> , 2009)
6	Avaliar a eficiência de testes	(CARD; BERG, 1989), (CARD, 1994), (GOU <i>et al.</i> , 2009), (KOMURO, 2006)
7	Melhorar a produtividade	(FERNANDES-CORRALES; JENKINS; VILLEGAS, 2013), (GOU <i>et al.</i> , 2009), (KEENI, 2000), (MOHAPATRA; MOHANTY, 2001)

Tabela 3.3 – Objetivos de medição identificados (cont).

Id	Objetivo de Medição	Publicações
8	Estimar e controlar defeitos, esforço e prazo do processo de teste	(WANG <i>et al.</i> , 2006a)
9	Avaliar a eficiência da codificação	(CARD, 1994)
10	Avaliar a eficiência do projeto	
11	Avaliar a eficácia da detecção de defeito	(FLORAC; CARLETON; BARNARD, 2000)
12	Melhorar a detecção de defeitos	(WELLER; CARD, 2008)
13	Melhorar a estimativa e planejamento	(KEENI, 2000)
14	Melhorar a qualidade do produto	(ABUBAKAR; JAWAWI, 2013), (CARD; BERG, 1989), (CHANG; CHU, 2008), (GOU <i>et al.</i> , 2009), (KEENI, 2000), (KOMURO, 2006), (MOHAPATRA; MOHANTY, 2001), (SARGUT; DEMIRÖRS, 2003), (SCHNEIDEWIND, 2011), (WANG <i>et al.</i> , 2006b), (ZHANG; KIM, 2010)
15	Melhorar a confiabilidade do software	(KUMARI; AMULYA; PRASAD, 2014)
16	Melhorar a eficácia do processo de software	(NARAYANA; SWAMY, 2003), (SCHNEIDEWIND, 2011), (VASHISHT, 2014)
17	Aumentar a satisfação do cliente	(FERNANDES-CORRALES; JENKINS; VILLEGAS, 2013)
18	Avaliar a eficácia da revisão por pares	(CARD; DOMZALSKI; DAVIES, 2008), (KEENI, 2000), (KOMURO, 2006)
19	Avaliar a qualidade do processo	(CARD; BERG, 1989), (SARGUT; DEMIRÖRS, 2003)
20	Monitorar o desempenho do processo	(BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2005)
21	Monitorar o tempo de resposta, a fim de não atrasar as atualizações de software e mudanças	(LEWIS, 1999)
22	Melhorar o processo de revisão	(JALOTE <i>et al.</i> , 2000), (TARHAN; DEMIRORS, 2006)
23	Reduzir os custos gastos com desempenho de má qualidade	(ZHANG; SHETH, 2006)
24	Reduzir defeitos nos produtos	(BERTOLINO <i>et al.</i> , 2014), (NARAYANA; SWAMY, 2003), (SELBY, 2009)
25	Reduzir os custos operacionais	(FERNANDES-CORRALES; JENKINS; VILLEGAS, 2013)
26	Reduzir a quantidade de esforço despendido no desempenho de má qualidade	(ZHANG; SHETH, 2006)
27	Reduzir mudança nos requisitos	(WANG <i>et al.</i> , 2006b)
28	Reduzir o número de defeitos escapados	(JALOTE <i>et al.</i> , 2000)
29	Monitorar custos e prazos dos projetos	(CHANG; CHU, 2008), (WANG <i>et al.</i> , 2006c)
30	Melhorar o desempenho do cronograma	(WANG <i>et al.</i> , 2006b)
31	Gerenciar a distribuição de injeção de defeitos nos diferentes tipos de atividades	(GOU <i>et al.</i> , 2009)
32	Gerenciar as atividades de teste do sistema e remoção de defeitos	
33	Gerenciar a eficácia das atividades de remoção de defeitos	
34	Reduzir defeito injectado	(JALOTE <i>et al.</i> , 2000), (PANDIAN; PUTHIYANAYAGAM, 2013)
35	Entender o desempenho do processo de remoção de defeitos	(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (TARHAN; DEMIRORS, 2008)
36	Entender o desempenho do processo de revisão	

Tabela 3.3 – Objetivos de medição identificados (cont).

Id	Objetivo de Medição	Publicações
37	Entender o desempenho do processo de gerência de projetos	(TARHAN; DEMIORS, 2012), (TARHAN; DEMIORS, 2008), (TARHAN; DEMIORS, 2011b)
38	Entender o desempenho do processo de recrutamento	(TARHAN; DEMIORS, 2012), (TARHAN; DEMIORS, 2008)
39	Entender o desempenho dos processos de software	(CHANG; CHU, 2008), (TARHAN; DEMIORS, 2012)
40	Entender o desempenho do processo de teste	(TARHAN; DEMIORS, 2012)
41	Entender os efeitos das revisões como atividade de verificação nos testes	(TARHAN; DEMIORS, 2011a)
42	Entender os efeitos do projeto de teste no desenvolvimento de testes	(TARHAN; DEMIORS, 2012), (TARHAN; DEMIORS, 2008), (TARHAN; DEMIORS, 2011a)
43	Entender a relação entre as atividades de produtividade e garantia de qualidade durante o desenvolvimento do teste	
44	Entender o desempenho do processo de teste	(TARHAN; DEMIORS, 2012)
45	Entender e prever a qualidade do produto e do processo de desenvolvimento	(WELLER, 2000)
46	Verificar mudanças no processo de teste	(ZHANG; SHETH, 2006)
47	Verificar se o desenvolvimento atende às metas de qualidade	
48	Avaliar a eficácia de inspeção	(SARGUT; DEMIORS, 2006), (VASHISHT, 2014)
49	Ganhar a concorrência no mercado	(ZHU <i>et al.</i> , 2009)

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas.

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
°Tempo de manutenção	T	(LEWIS, 1999)	Manutenção	0
° Tempo gasto em responder a relatórios de problemas				21
°Custo da má qualidade (<i>custo de correção de falha interna + custo de correção de falha externa</i>)	C	(ZHANG; SHETH, 2006)	Codificação	23
°Custo da qualidade (<i>custo de avaliação + custo de prevenção de defeitos + custo de correção de falha interna + custo de correção de falha externa</i>)				
*Índice de desempenho de custo (<i>custo orçamentário do trabalho realizado / custo real do trabalho realizado</i>)	C	(CHANG; CHU, 2008), (WANG <i>et al.</i> , 2006c)	Gerência de Projetos	29
*Índice de desempenho de prazo (<i>custo orçamentário do trabalho realizado / custo orçamentário do trabalho programado</i>)	T			
°Índice de desempenho de custo cumulativo (<i>Custo orçamentário para o trabalho programado / Esforço total utilizado por todas as ações</i>)	C	(CHANG; CHU, 2008)		
*Precisão da estimativa de esforço da tarefa (<i>esforço estimado da tarefa / esforço real da tarefa</i>)	E	(TARHAN; DEMIORS, 2008)	37	
* Variação do esforço de tarefa (<i>esforço estimado da tarefa - esforço real da tarefa</i>)	E			

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas (cont).

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
°Precisão da estimativa de código (<i>tamanho real do código / tamanho estimado do código</i>)	Q	(ZHU <i>et al.</i> , 2009)	Gerência de Projetos	49
°Precisão da estimativa de arquivo (<i>número real de arquivos / número estimado de arquivos</i>)				
°Precisão da estimativa de custo (<i>custo real / custo estimado</i>)	C			
*Precisão da estimativa de esforço (<i>esforço estimado / esforço real</i>)	E	(KEENI, 2000), (TARHAN; DEMIRORS, 2012), (ZHU <i>et al.</i> , 2009)		7; 13; 14; 37; 49
*Precisão da estimativa de duração (<i>duração real / duração estimada</i>)	T	(KEENI, 2000), (TARHAN; DEMIRORS, 2011b), (WANG <i>et al.</i> , 2006b), (WANG; LI, 2005), (ZHAO; PENG; ZHAO, 2009), (ZHU <i>et al.</i> , 2009)		7; 13; 14; 30; 37; 49
° Eficácia da inspeção do projeto (<i>defeitos detectados / defeitos escapados</i>)	Q	(HAYES, 1998)	Inspeção	0
°Produtividade da inspeção (<i>número de defeitos detectados / esforço gasto</i>)		(FRENCH, 1995)		
°Eficácia da inspeção (<i>número de defeitos detectados / número de defeitos escapados</i>)		(ZHANG; SHETH, 2006)		
°Defeitos escapados (<i>número de defeitos detectados – número de defeitos removidos + número de defeitos injetados</i>)		(WELLER, 2000)		45
°Taxa de chegada de problemas (<i>problemas detectados / tamanho do produto</i>)		(WELLER; CARD, 2008), (WELLER, 2000)		12; 45
°Taxa de remoção de defeitos (<i>número de defeitos removidos / esforço gasto na remoção dos defeitos</i>)		(LEWIS, 1999)		
°Taxa de detecção de defeitos (<i>número de defeitos detectados / inspeções</i>)				
*Desempenho da inspeção (<i>tamanho do produto inspecionado / esforço da inspeção</i>)	P	(SARGUT; DEMIRÖRS, 2006), (VIJAYA; ARUMUGAM, 2010)		0
*Eficiência de retrabalho (<i>número de defeitos removidos / esforço de remoção de defeitos</i>)	P	(GOU <i>et al.</i> , 2009)	Remoção de Defeitos	5
*Porcentagem do esforço de remoção (<i>esforço gasto em atividades de remoção de defeitos / esforço total do projeto * 100%</i>)	E			32
*Taxa de mudança de requisito (<i>requisitos alterados / total de requisitos</i>)	Q	(WANG <i>et al.</i> , 2006b)	Gerência de Requisitos	27
*Taxa do esforço de resolução de anomalia (<i>esforço gasto na resolução de anomalia / número de anomalias resolvidas</i>)	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2012)	Remoção de Defeitos	35

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas (cont).

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
*Duração do defeito (<i>data de resolução - data de criação + 1</i>)	T	(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (TARHAN; DEMIRORS, 2008)	Remoção de Defeitos	35
°Densidade de problema da tarefa concluída (<i>número de tarefas concluídas / número de defeitos de todas as tarefas concluídas</i>)	Q	(CHANG; CHU, 2008)	Desenvolvimento de Software	14
°Densidade de problema da tarefa esperada (<i>número de tarefas esperadas para ser concluídas / número de defeitos de todas as tarefas</i>)				2; 39
*Porcentagem de retrabalho (<i>esforço de retrabalho / esforço total *100</i>)		(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (VIJAYA; ARUMUGAM, 2010), (SARGUT; DEMIRORS, 2006), (VASHISHT, 2014)		
*Densidade de defeitos efetiva (<i>defeitos detectados em todas as revisões do produto / tamanho do produto</i>)		(JACOB; PILLAI, 2003)	Codificação, Revisão	3
*Distribuição de Injeção de Defeitos (<i>defeitos injetados nos requisitos (ou projeto, codificação e teste) / todos os defeitos removidos no teste do sistema * 100%</i>)	Q	(GOU <i>et al.</i> , 2009)	Codificação, Projeto, Desenvolvimento de Requisitos, Teste	32
*Eficácia da remoção de defeitos (<i>número de defeitos removidos nos requisitos (ou projeto, codificação e teste) / número de defeitos detectados</i>)		(GOU <i>et al.</i> , 2009), (JALOTE <i>et al.</i> , 2000)		33
*Taxa de detecção precoce de defeitos (<i>número de defeitos detectados nas revisões / número de todos os defeitos detectados</i>)	Q	(KOMURO, 2006)	Revisão	18
*Eficiência da revisão (<i>Número de defeitos detectados / esforço gasto na revisão</i>)				
*Eficácia da revisão (<i>Número de defeitos detectados nas revisões por pares / número total de defeitos</i>)		(KEENI, 2000)		
Taxa de preparação da revisão (<i>Tamanho do produto a ser revisado / tempo gasto para preparar a revisão</i>)		(JALOTE <i>et al.</i> , 2000)		22
Taxa de revisão (<i>Tamanho do produto revisado / tempo gasto na revisão</i>)				
*Número de itens de ação detectados na revisão por pares	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)	41; 43		
°Variação da data de encerramento do item de ação (<i>Data de encerramento real - data de encerramento planejada</i>)	P	(SELBY, 2009)		24
*Desempenho da revisão (<i>esforço de revisão / tamanho do produto revisado</i>)		(TARHAN; DEMIRORS, 2012)	39	
*Esforço de revisão por item de ação (<i>esforço de revisão total / número de itens de ação detectado na revisão por pares</i>)	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)		0

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas (cont).

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
*Esforço total de revisão (<i>esforço de revisão por pares do desenvolvimento de teste + esforço de revisão interna do desenvolvimento de teste</i>)	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)	Revisão	41
*Duração média da revisão por não conformidade (<i>soma das durações da revisão/ número de não conformidades</i>)	T	(TARHAN; DEMIRORS, 2006), (TARHAN; DEMIRORS, 2012), (TARHAN; DEMIRORS, 2008)		22; 36
*Duração da revisão (<i>data de encerramento - data de abertura</i>)				
*Eficiência na detecção de não-conformidades (<i>número de não-conformidades/ esforço de detecção</i>)	P			
*Eficiência na resolução de não-conformidades (<i>número de não-conformidades resolvidas / esforço de resolução</i>)	P			
*Tempo médio gasto na preparação da revisão (<i>soma do tempo gasto por cada pessoa na preparação da revisão / número de revisores</i>)	T	(JACOB; PILLAI, 2003)		3
*Eficácia da velocidade de preparação (<i>tamanho do produto/ média de tempo gasto na preparação da revisão + medida de tempo gasta na preparação da rerevisão</i>)	Q			
*Eficácia da velocidade de revisão (<i>tamanho do produto/ tempo gasto em todas as revisões do produto</i>)				
*Velocidade de preparação (<i>tamanho do produto/ tempo médio gasto na preparação da revisão</i>)				
*Esforço	E	(WANG <i>et al.</i> , 2006a), (ZHANG; SHETH, 2006)	Entrega, Desenvolvimento de Software, Teste	8; 26
Eficácia do teste (<i>número de defeitos detectados por teste / número de todos defeitos</i>)	Q	(JALOTE <i>et al.</i> , 2000)	Teste	0
*Eficiência do teste (<i>defeitos detectados/ defeitos detectados + defeitos escapados</i>)		(CARD; BERG, 1989), (GOU <i>et al.</i> , 2009)		6
°Diferença do tempo médio entre falhas		(KUMARI; AMULYA; PRASAD, 2014)		15
*Esforço de detecção de defeitos		E		(WANG <i>et al.</i> , 2006a)
*Esforço de Desenvolvimento				
*Número de defeitos injetados na codificação	Q			
*Número de defeitos injetados no projeto	Q	(WANG <i>et al.</i> , 2006a)	Teste	8
*Número de defeitos injetados nos requisitos				

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas (cont).

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
*Porcentagem do esforço de detecção no teste de sistema (<i>esforço gasto em atividades de detecção de defeitos / esforço total do projeto * 100%</i>)	E	(GOU <i>et al.</i> , 2009)	Teste	32
*Densidade de anomalia de teste (<i>número de anomalia de teste encontrado pela verificação e validação / número de testes revisados pela verificação e validação</i>)	Q	(TARHAN; DEMIRORS, 2012)		40
*Eficácia da verificação e validação do teste (<i>número de anomalia de teste encontrado pela verificação e validação / número de anomalias de teste encontrado por todas as fontes</i>)				
*Taxa do esforço de revisão interna do desenvolvimento de teste (<i>esforço de revisão interna do desenvolvimento do teste / esforço de desenvolvimento do teste</i>)	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)		42
*Esforço do desenvolvimento de teste (<i>esforço do projeto de teste + esforço de preparação dos procedimentos de teste</i>)				
*Esforço de revisão interna do desenvolvimento de teste (<i>esforço de revisão interna do projeto de teste + esforço de revisão interna da preparação dos procedimentos de teste</i>)				
*Produtividade do desenvolvimento de teste (<i>número de casos de teste / esforço do desenvolvimento de teste</i>)	P			
*Taxa do esforço de revisão interna do projeto de teste (<i>esforço de revisão interna do projeto de teste / esforço do projeto de teste</i>)	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (TARHAN; DEMIRORS, 2008), (TARHAN; DEMIRORS, 2011a)		
*Produtividade do projeto de teste (<i>número de casos de teste / esforço do projeto de teste</i>)	P			
*Esforço do projeto de teste	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)		
*Esforço de revisão interna do projeto de teste				
*Densidade de anomalia de teste no desenvolvimento (<i>número de anomalias de teste encontrado pela verificação e validação no desenvolvimento / número de testes revisados pela verificação e validação no desenvolvimento</i>)	Q	(TARHAN; DEMIRORS, 2012)		39
*Eficácia da verificação e validação dos testes de unidade (<i>número de anomalias de teste de unidade encontrado pela verificação e validação / número de anomalias de teste de unidade encontrado por todas as fontes</i>)				
*Velocidade do teste de unidade (<i>tamanho do produto testado / tempo gasto no teste de unidade</i>)				

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas (cont).

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
*Eficiência de detecção de itens de ação (<i>número de itens de ação / esforço de revisão por pares do desenvolvimento de teste</i>)	P	(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (TARHAN; DEMIRORS, 2008)	Teste	43
*Eficiência da resolução de itens de ação (<i>número de itens de ação / esforço da resolução de itens de ação</i>)				
*Esforço da resolução de itens de ação	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)		43
*Densidade de itens de ação (<i>número de itens de ação detectados na revisão por pares/ número de casos de teste</i>)	Q	(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (TARHAN; DEMIRORS, 2008), (TARHAN; DEMIRORS, 2011a)		43
*Taxa do esforço de revisão interna do desenvolvimento de procedimentos de teste (<i>esforço de revisão interna do desenvolvimento de script de teste / esforço de desenvolvimento de script de teste real</i>)	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (TARHAN; DEMIRORS, 2008)		
*Esforço de revisão por pares do desenvolvimento de teste		(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)		
*Produtividade do desenvolvimento dos procedimentos de teste (<i>número de casos de teste/ esforço de desenvolvimento de script de teste real</i>)	P	(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (TARHAN; DEMIRORS, 2008)		
*Densidade de defeitos escapados (<i>defeitos detectados após a entrega do produto / tamanho do produto</i>)	Q	(CARD; BERG, 1989), (GOU <i>et al.</i> , 2009), (JALOTE <i>et al.</i> , 2000)		14; 28
*Eficácia do teste de sistema (<i>número de defeitos detetados pelo teste de sistema / número de todos os defeitos</i>)		(TARHAN; DEMIRORS, 2012)		44
*Eficácia da verificação e validação do teste de sistema (<i>número de anomalias de teste do sistema encontradas pela verificação e validação/ número de anomalias de teste do sistema encontradas por todas as fontes</i>)				
*Densidade de anomalia de teste no teste de sistema (<i>número de anomalias de teste encontradas pela verificação e validação no teste do sistema / número de testes revisados pela verificação e validação no teste do sistema</i>)				
*Precisão da estimativa do esforço de teste do sistema (<i>esforço estimado do teste de sistema / esforço real do teste de sistema</i>)		E		
*Velocidade do teste de sistema (<i>tamanho do produto testado/ tempo gasto no teste de sistema</i>)		P		
*Esforço de revisão interna da preparação dos procedimentos de teste		E	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)	Teste

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas (cont).

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
*Produtividade da preparação dos procedimentos de teste (<i>número de casos de teste/esforço de preparação dos procedimentos de teste</i>)	P	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)	Teste	0
*Eficácia do teste de unidade (<i>número de defeitos detectados pelo teste de unidade / número de todos os defeitos</i>)	Q	(TARHAN; DEMIRORS, 2012), (ZHANG; SHETH, 2006)		39; 46
*Taxa do esforço de revisão interna da preparação dos procedimentos de teste (<i>esforço de revisão interna da preparação dos procedimentos de teste/esforço de preparação dos procedimentos de teste</i>)	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2011a)		0
*Esforço de preparação dos procedimentos de teste				
*Produtividade (Tamanho do produto (ou duração da tarefa)/esforço)	P	(BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2005), (BOFFOLI, 2006), (CARD, 1994), (CHANG; CHU, 2008), (GOU <i>et al.</i> , 2009), (TARHAN; DEMIRORS, 2012), (VASHISHT, 2014), (WANG <i>et al.</i> , 2006a), (WANG; LI, 2005),	Manutenção, Desenvolvimento de Software, Teste	1; 7; 8; 16; 20; 39
*Taxa de preparação da inspeção (<i>tamanho do produto a ser inspecionado / tempo gasto para preparar a inspeção</i>)	E	(CARD; DOMZALSKI; DAVIES, 2008), (JALOTE; SAXENA, 2002), (WELLER; CARD, 2008), (WELLER, 2000), (ZHANG; SHETH, 2006)	Inspeção, Revisão	12; 18; 45
*Taxa de inspeção (<i>tamanho do produto inspecionado/ tempo gasto na inspeção</i>)	Q	(CARD; DOMZALSKI; DAVIES, 2008), (FLORAC; CARLETON; BARNARD, 2000), (JALOTE; SAXENA, 2002), (NARAYANA; SWAMY, 2003), (PAULK, 2000), (WELLER; CARD, 2008), (WELLER, 2000), (ZHANG; SHETH, 2006)		11; 12; 16; 18; 45
*Velocidade da revisão (<i>tamanho do produto/ tempo gasto na revisão</i>)	P	(JACOB; PILLAI, 2003), (KOMURO, 2006), (VASHISHT, 2014)	Codificação, Revisão	3; 18
*Esforço da remoção de defeitos	E	(TARHAN; DEMIRORS, 2008), (TARHAN; DEMIRORS, 2012), (WANG <i>et al.</i> , 2006a)	Remoção de Defeitos, Teste	8; 35

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas (cont).

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
*Número de defeitos	Q	(BALDASSARRE; CAIVANO; VISAGGIO, 2006), (MOHAPATRA; MOHANTY, 2001), (SCHNEIDEWIND, 2011), (WANG <i>et al.</i> , 2006a), (ZHANG; KIM, 2010), (ZHANG; SHETH, 2006)	Codificação, Inspeção, Manutenção, Revisão, Teste	1; 7; 8; 14; 16
* Tempo real de aquisição (<i>data de início da aquisição do novo membro do projecto - data inicial do processo de recrutamento + 1</i>)	T	(TARHAN; DEMIRORS, 2008), (TARHAN; DEMIRORS, 2012)	Recrutamento	38
* Variação do tempo de aquisição (<i>tempo de aquisição real – tempo de aquisição planejado</i>)				
*Densidade de defeitos (<i>número de defeitos detectados / tamanho do produto</i>)	Q	(ABUBAKAR; JAWAWI, 2013), (ALHASSAN; JAWAWI, 2014), (BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2005), (BERTOLINO <i>et al.</i> , 2014), (CARD; BERG, 1989), (CARD, 1994), (CARD; DOMZALSKI; DAVIES, 2008), (CHANG; CHU, 2008), (EICKELMANN; ANANT, 2003), (FLORENCE, 2001), (FRENCH, 1995), (GOU <i>et al.</i> , 2009), (HONG; XIE; SHANMUGAN, 1999), (JACOB; PILLAI, 2003), (JALOTE <i>et al.</i> , 2000), (JALOTE; SAXENA, 2002), (KEENI, 2000), (KOMURO, 2006), (LEWIS, 1999), (NARAYANA; SWAMY, 2003), (PAULK, 2000), (SARGUT; DEMIRÖRS, 2003), (SARGUT; DEMIRÖRS, 2006), (SELBY, 2009), (TARHAN; DEMIRORS, 2012), (VIJAYA; ARUMUGAM, 2010), (WANG <i>et al.</i> , 2006a), (WANG <i>et al.</i> , 2006b), (WANG; LI, 2005), (WELLER; CARD, 2008), (WELLER, 2000), (ZHANG; SHETH, 2006), (ZHU <i>et al.</i> , 2009)	Revisão, Codificação, Inspeção, Manutenção, Desenvolvimento de Software, Teste	3; 4; 6; 8; 12; 14; 18; 19; 24; 39; 45; 47; 48; 49

Tabela 3.4. Medidas para CEP, processos e objetivos relacionados a elas (cont).

Medidas	Categoria	Publicações	Processos	Objetivos
*Porcentagem de esforço economizado para automação de processos	E	(KEENI, 2000)	Gerência de Projetos, Garantia da Qualidade, Gerência de Riscos, Teste	7
*Porcentagem de defeitos causados por lógica defeituosa (<i>número de defeitos causados por defeitos de lógica / número total de defeitos detectados*100</i>)		(FERNANDES-CORRALES; JENKINS; VILLEGAS, 2013)	Inspeção, Teste	7; 17; 25
*Porcentagem de defeitos encontrados em operação (<i>número de defeitos encontrados em operação / número total de defeitos detectados*100</i>)				
* Percentagem de defeitos de alta gravidade identificados em produção (<i>número de defeitos de alta severidade identificados na produção / número total de defeitos detectados*100</i>)				
*Percentagem de defeitos de alta gravidade identificados nos testes (<i>número de defeitos de alta gravidade identificados no teste / número total de defeitos detectados *100</i>)				
*Porcentagem de defeitos rejeitados (<i>número de defeitos rejeitados / número total de defeitos detectados *100</i>)				
*Taxa de injeção de defeitos (por fase) (<i>número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos</i>)	Q	(CARD, 1994), (GOU <i>et al.</i> , 2009), (JALOTE <i>et al.</i> , 2000), (PANDIAN; PUTHIYANAYAGAM, 2013), (WELLER, 2000), (ZHU <i>et al.</i> , 2009)	Codificação, Projeto, Desenvolvimento de Requisitos, Teste, Inspeção	9; 10; 31; 34; 45; 49

QP3. Quais os objetivos de medição relacionados às medidas?

Foram identificados 49 objetivos de medição relacionados às medidas apresentadas na questão de pesquisa anterior. Esses objetivos de medição são apresentados na tabela 3.3.

QP4. Quais os processos medidos?

Foram identificados 15 processos relacionados às medidas encontradas. Conforme mostra a Tabela 3.4, os processos identificados são: Codificação, Entrega, Projeto, Remoção de Defeitos, Inspeção, Manutenção, Gerência de Projetos, Garantia da Qualidade, Recrutamento, Desenvolvimento de Requisitos, Gerência de Requisitos, Revisão, Gerência de Riscos, Desenvolvimento de Software e Teste.

QP5. Quais são as categorias das medidas?

Para identificar as categorias das medidas foi utilizada a categorização sugerida no PSM (McGarry *et al.*, 2002), a saber: Custo, Esforço, Desempenho, Qualidade, Tamanho e Tempo. Das 108 medidas identificadas, 53 (49,07%) são relacionadas a Qualidade, 27 (25%) a Esforço, 15 (13,89%) a Desempenho, 8 (7,41%) a Tempo e 5 (4,63%) a Custo.

QP6. As medidas foram usadas em iniciativas de melhoria de processo de software?

QP7. As medidas foram usadas/sugeridas no contexto de padrões/modelos de maturidade? Quais?

A maioria das medidas identificadas foi aplicada na prática (105 medidas, 97,22%) e a maioria dessas (86 medidas, 79,63%) foi usada em iniciativas de CEP realizadas no contexto de padrões/modelos de maturidade. Todas essas medidas foram usadas no contexto do CMMI. Entre elas, as seguintes medidas também foram usadas no contexto da ISO 9001 (ISO, 2015) (correspondente a 12,79% das 86 medidas): densidade de defeitos, precisão da estimativa de esforço, precisão da estimativa de duração, porcentagem de esforço economizado pela automação dos processos, eficácia da revisão, tempo médio gasto na preparação da revisão, eficácia da densidade de defeitos, eficácia da velocidade de preparação, eficácia da velocidade de revisão, velocidade da preparação e velocidade da revisão.

3.1.3 Discussões

Esta seção fornece algumas discussões sobre os resultados apresentados na seção anterior.

A maioria das medidas identificadas é relacionada a defeitos e, conseqüentemente, aos processos que lidam com eles (*Teste, Revisão, Inspeção*). Medidas relacionadas a defeitos são frequentemente usadas no CEP por duas razões principais: (i) processos que abordam medidas relacionadas a defeitos estão diretamente relacionados com a qualidade do software e, assim, são processos críticos para a organização e candidatos naturais a serem submetidos ao CEP, já que os processos críticos são os indicados para serem estatisticamente controlados (TARHAN; DEMIRORS, 2008; SEI, 2010 e BARCELLOS *et al.*, 2013); (ii) esses processos são realizados muitas vezes ao longo dos projetos, favorecendo a coleta de dados e a obtenção da quantidade de dados requerida para aplicar uma medida ao CEP.

Densidade de defeitos foi a medida mais citada, estando presente em 33 publicações (66%), dentre elas (FLORENCE, 2001; JACOB; PILLAI, 2003; WELLER; CARD, 2008;

VIJAYA; ARUMUGAM, 2010; TARHAN; DEMIRORS, 2012; ALHASSAN; JAWAWI, 2014 e VASHISHT, 2014). Em alguns estudos, essa medida é usada para quantificar diferentes tipos de defeitos (por exemplo, densidade de defeitos de código e densidade de defeitos de arquivo (ZHU *et al.*, 2009)).

Teste foi o processo mais citado, sendo objeto do controle estatístico em 17 publicações (34%) (por exemplo, (JALOTE *et al.*, 2000; KOMURO, 2006; TARHAN; DEMIRORS, 2011a; FERNANDEZ-CORRALES *et al.*, 2013)), e *Inspeção* foi o segundo processo mais citado, tendo sido submetido ao CEP em 15 publicações (30%) (por exemplo, (HAYES, 1998; WELLER, 2000; NARAYANA; SWAMY, 2003; ZHANG; SHETH, 2006; VIJAYA e ARUMUGAM, 2010)). O processo *Gerência de Projetos* foi objeto de análise em 8 publicações ((KEENI, 2000; WANG *et al.*, 2006; CHANG; CHU, 2008; TARHAN; DEMIRORS, 2008, 2011b, 2012; ZHU *et al.*, 2009)). *Gerência de Projetos* também é um processo propenso a ser submetido ao CEP, porque geralmente é um processo crítico para as organizações (orçamento e prazos são abordados por ele) e os dados podem ser frequentemente coletados. Outros processos, como *Gerência de Riscos* e *Entrega*, foram citados em apenas uma publicação.

Algumas publicações referem-se ao *Processo de Desenvolvimento* como o processo submetido ao CEP e relacionado com as medidas identificadas. Normalmente, o processo de desenvolvimento como um todo (envolve análise de requisitos, projeto e codificação) não é indicado para ser controlado através da utilização de CEP, uma vez que é muito grande e o CEP é indicado para processos menores (TARHAN; DEMIRORS, 2008; BARCELLOS *et al.*, 2013). No entanto, embora as publicações citem o processo de desenvolvimento, as medidas são, na verdade, relacionadas com parte do processo e, assim, podem ser adequadas para CEP. Por exemplo, as medidas *esforço* (WANG *et al.*, 2006) e *produtividade* (CARD, 1994; BALDASSARRE *et al.*, 2005; WANG; LI, 2005; BOFFOLI, 2006; WANG; QING *et al.*, 2006; CHANG; CHU, 2008; GOU *et al.*, 2009; TARHAN; DEMIRORS, 2012; VASHISHT, 2014) são obtidas para cada tarefa, atividade ou fase, produzindo dados úteis para descrever o desempenho dos processos/subprocessos. Considerando que processos menores são mais adequados ao CEP, algumas medidas são relacionadas a partes dos processos. Por exemplo, as medidas *esforço para preparação do procedimento de teste* e *produtividade na preparação do procedimento de teste* (TARHAN; DEMIRORS, 2011a) estão relacionadas ao processo de *Teste*, mas mais especificamente ao subprocesso *Preparação do Teste*.

Com relação às categorias das medidas, medidas de *qualidade* são quase metade das medidas encontradas (49,07%). Essa é uma consequência do fato de que a maioria das medidas refere-se a defeitos, os quais estão diretamente relacionados à qualidade. Medidas de *desempenho* foram a segunda categoria mais citada, particularmente aquelas relacionadas a produtividade, que descreve o comportamento do processo por meio do esforço despendido e do trabalho realizado. Nenhuma medida relacionada a *tamanho* foi encontrada. Medidas de tamanho não são indicadas para serem usadas no CEP porque elas não são capazes de descrever o desempenho processos. Elas são frequentemente usadas para compor outras medidas capazes de fornecer informações sobre o comportamento dos processos ou para avaliar os efeitos das ações corretivas/ de melhorias (por exemplo, após o uso do CEP para analisar o comportamento do processo de codificação ou realizar ações para melhorar esse processo, pode-se medir o tamanho do produto para avaliar se as ações impactaram nele).

Quanto aos objetivos de medição, algumas publicações apresentam explicitamente os objetivos que motivaram o uso do CEP e a seleção das medidas. Outras não mencionam explicitamente os objetivos de medição, mas é possível obtê-los a partir do texto. No entanto, algumas publicações não apresentam os objetivos de medição e não é possível inferir a partir do texto. O CEP deve ser realizado para apoiar os objetivos de medição (FLORAC; CARLETON, 1999; SEI, 2010 e BARCELLOS *et al.*, 2013). Nesse sentido, é importante explicitar quais os objetivos de medição devem ser monitorados e quais medidas serão utilizadas para isso. Dentre os objetivos de medição identificados, existem alguns muito específicos, tais como *Entender os efeitos das revisões como atividade de verificação nos testes* (TARHAN; DEMIRORS, 2011a). Em linha com as medidas mais citadas, a maioria dos objetivos está relacionada a aspectos de qualidade (por exemplo, *Reduzir os defeitos nos produtos* (BERTOLINO *et al.*, 2014; NARAYANA; SWAMY, 2003 e SELBY, 2009), *Melhorar a qualidade do produto* (MOHAPATRA; MOHANTY, 2001; SCHNEIDEWIND, 2011 e WANG *et al.*, 2006), *Melhorar a detecção de defeitos* (WELLER; CARD, 2008)). Vários objetivos de medição identificados envolvem o entendimento do desempenho de um processo (por exemplo, *Entender o desempenho do processo de remoção de defeitos* (TARHAN; DEMIRORS, 2012), *Entender o desempenho do processo de gerência de projetos* (TARHAN; DEMIRORS, 2008, 2011b, 2012)). Nota-se que na maioria desses casos as práticas do CEP estavam iniciando e, como consequência, o primeiro resultado esperado do CEP era conhecer o comportamento dos processos, de modo que fosse possível melhorá-los. Finalmente, foram encontrados alguns objetivos que parecem estar mais próximos de

objetivos de negócio do que de objetivos de medição (por exemplo, *Ganhar a concorrência no mercado* (ZHU *et al.*, 2009)). No entanto, uma vez que os objetivos de medição podem ser entendidos como objetivos que conduzem a ações de medição (BARCELLOS *et al.*, 2013) e as publicações não apresentam objetivos mais específicos, esses objetivos foram identificados como objetivos de medição relacionados às medidas selecionadas.

Com respeito ao uso das medidas, a maioria das medidas (97,22%) foi usada em iniciativas práticas. Somente as medidas *eficácia do teste*, *taxa de preparação da revisão* e *taxa de revisão*, citadas em (CARD, 1994 e JALOTE *et al.*, 2000), não foram aplicadas em uma situação real relatada nas publicações. Essas medidas não foram eliminadas porque os autores argumentaram que elas são adequadas ao CEP e concorda-se com eles.

O CEP pode ser aplicado no contexto de programas de melhoria de processos ou isoladamente. Em outras palavras, uma organização pode aplicar o CEP para alguns processos com o objetivo de entender e melhorar o seu comportamento em um contexto particular ou para atingir um determinado objetivo. Por outro lado, uma organização pode aplicar o CEP no contexto de modelos como o CMMI, objetivando uma melhoria mais ampla do processo em um programa de melhoria de processos. 79,63% das medidas identificadas foram usadas em iniciativas práticas envolvendo CMMI ou ISO 9001. Isso mostra que, no contexto dos processos de software, o CEP tem sido utilizado predominantemente no contexto de programas de melhoria de processos guiados pelos padrões ou modelos de maturidade, particularmente pelo CMMI.

3.2 Survey para Investigação da Prática

O mapeamento sistemático forneceu informações sobre medidas utilizadas no CEP segundo os registros da literatura. Para complementar o estudo realizado, decidiu-se realizar uma investigação do estado da prática para identificar medidas que têm sido usadas no CEP em organizações brasileiras. Para isso, foi conduzido um *survey*, que é apresentado nesta seção.

Um *survey* é uma pesquisa de opinião que, frequentemente, é realizada em retrospecto. Ela pode ser realizada, por exemplo, após a utilização de uma ferramenta ou técnica (PFLEEGER, 1994). Dessa forma, um *survey* permite capturar um ‘retrato instantâneo’ de uma situação. Os principais meios de aplicação de um *survey* são questionários e entrevistas, que são realizados com uma amostra representativa da população. Os questionários são respondidos pela amostra selecionada e os resultados são

coletados e analisados para derivar uma conclusão. O resultado é, então, generalizado para a população representada (MAFRA; TRAVASSOS, 2006).

O **objetivo** do *survey* foi investigar o estado da prática sobre medidas utilizadas no CEP de software, considerando organizações brasileiras.

O **procedimento** de realização do *survey* consistiu na aplicação de um questionário no qual os participantes deveriam informar os processos que têm sido submetidos ao controle estatístico de processos de software e as medidas e objetivos de medição considerados nesse contexto.

Os **participantes** do *survey* foram profissionais com experiência na implementação ou avaliação do controle estatístico de processos em organizações de software. Vale ressaltar que são muito poucos os profissionais que têm esse perfil no Brasil. Foram identificados 6 profissionais, dos quais 3 responderam o questionário. Um dos participantes que não respondeu, informou não dispor de dados para responder o questionário e outros dois reportaram que suas respostas seriam iguais às de um dos participantes que já havia respondido, pois trabalharam nos mesmos projetos. O *Participante #1* foi membro de uma organização que implementou o nível 5 do CMMI-Dev e declarou ter 6 anos de experiência com controle estatístico de processos. O *Participante #2* é um implementador/avaliador do MR-MPS-SW que já prestou consultoria para 3 organizações avaliadas com sucesso no nível 5 do CMMI-Dev. O *Participante #3* é um implementador/avaliador do MR-MPS-SW que fez a avaliação de uma empresa no nível 5 do CMMI-Dev e prestou consultoria de implementação para 2 empresas nível A do MR-MPS-SW.

O **instrumento** utilizado no *survey* foi o questionário ilustrado na Figura 3.3.

Medidas Utilizadas no Controle Estatístico de Processos de Software

Este questionário visa identificar processos/subprocessos que têm sido submetidos ao controle estatístico de processos e medidas que têm sido usadas nesse contexto, bem como objetivos de medição relacionados. Todos os campos do questionário devem ser preenchidos.

Nota: As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa. A identidade dos participantes (pessoas ou empresas) não será divulgada.

1. Dados do Implementador/Avaliador

Nome:

E-mail:

Em quantas empresas já implementou/avaliou o controle estatístico de processos?

2. Processos, Objetivos e Medidas usadas no CEP

Que processos/subprocessos têm sido submetidos de forma bem-sucedida ao controle estatístico de processos de software pelas empresas? Quais os objetivos de medição têm sido considerados e que medidas relacionadas a esses processos têm sido usados de forma bem-sucedida no controle estatístico de processos?

Para responder esta pergunta, utilize a tabela disponível abaixo e siga o exemplo apresentado a seguir. Caso o nome das medidas não sejam expressivos o suficiente para que sejam entendidas, utilize a coluna Comentários para apresentar esclarecimentos. Inclua na tabela quantas linhas forem necessárias.

Exemplo:

Processo/Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários
Monitoração e Controle de Projetos	Monitorar desempenho de cronograma e custos do projeto	Índice de Desempenho de Prazo	Indicadores da técnica Análise de Valor Agregado
		Índice de Desempenho de Custo	

Processo/Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários

Figura 3.3 – Questionário utilizado no *survey*.

A seguir, na Tabela 3.5, são apresentados os principais **resultados** obtidos a partir dos questionários respondidos pelos participantes. Os questionários respondidos encontram-se no Apêndice A desta dissertação.

Tabela 3.5 – Consolidação dos dados fornecidos nos questionários.

Medida	Processo	Objetivo	Participante
Densidade de defeitos (<i>número de defeitos / tamanho do produto</i>)	Especificar requisitos do produto	Monitorar a qualidade na execução da atividade	#1
	Projeto		
	Codificação		
	Teste		
Produtividade (<i>esforço / tamanho</i>)	Especificar requisitos do produto	Monitorar o desempenho na execução da atividade	#1, #2
	Codificação	Melhorar a produtividade	
	Teste		
	Projeto		
Qualidade (<i>quantidade de defeitos injetados / removidos</i>)	Análise	Melhorar a qualidade do produto	#2
	Projeto		
	Codificação		
	Teste		
Retrabalho (<i>esforço / tamanho</i>)	Análise	Melhorar a produtividade	#2
	Projeto		
	Codificação		
	Teste		
Índice de defeitos encontrados (<i>índice de defeitos retirados × índice de erros cliente</i>)	Verificação de arquitetura	Monitorar índice de defeitos encontrados	#3
	Validação de cenários (requisitos)		
	Testes		

A consolidação dos dados obtidos nos questionários resultou em 5 medidas, 5 objetivos de medição e 8 processos relacionados.

Das medidas citadas, 60% (3 medidas) estão relacionadas à qualidade e 40% (2 medidas) estão relacionadas a desempenho. Nos resultados do mapeamento sistemático, as medidas de qualidade e desempenho também foram as medidas mais citadas.

Três medidas informadas pelos participantes (*densidade de defeitos, produtividade e qualidade*) também foram identificadas no mapeamento sistemático literatura. A medida *produtividade* foi a única medida informada por mais de um participante. A Tabela 3.6 mostra a equivalência entre as medidas do mapeamento sistemático e as medidas do *survey*.

Tabela 3.6 – Equivalência entre medidas do Mapeamento Sistemático e do *survey*.

Mapeamento Sistemático	Survey
Densidade de defeitos (<i>número de defeitos / tamanho do produto</i>)	Densidade de defeitos (<i>número de defeitos / tamanho do produto</i>)
Produtividade (<i>Tamanho do produto (ou duração da tarefa) / esforço</i>)	Produtividade (<i>Esforço / tamanho</i>)
Taxa de injeção de defeitos (<i>número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos</i>)	Qualidade (<i>quantidade de defeitos injetados / removidos</i>)

Nenhuma das medidas informadas pelos participantes está relacionada ao processo de *Gerência de Projetos*. Era esperado que medidas relacionadas a esse processo fossem citadas, uma vez que é um processo considerado adequado para ser submetido ao CEP por

ser um processo crítico, presente em todos os projetos e com coleta frequente dos dados. Também não foram informadas medidas relacionadas ao processo de *Inspeção* que foi o segundo processo mais citado na literatura.

Na literatura os processos mais citados foram *Teste e Inspeção* e no *survey* foram *Teste e Codificação*.

Os processos Especificar Requisitos do Produto e Validação de Cenários relatados nos questionários podem ser entendidos como parte do processo Desenvolvimento de Requisitos encontrado na literatura. O processo Análise identificado nos questionários não apareceu de forma explícita nos resultados da literatura, mas está incluso no processo de Desenvolvimento de Software encontrado na literatura e também está relacionado ao processo Desenvolver Requisitos. Por fim, o processo Verificação de Arquitetura pode ser entendido como uma parte do processo Design identificado na literatura. Os demais processos informados no *survey* (Design, Codificação, Teste) também foram identificados no mapeamento. Na literatura os processos mais citados foram Teste e Inspeção e no *survey* foram Teste e Codificação.

Os objetivos *Melhorar a qualidade do produto* e *Melhorar a produtividade* são objetivos que também foram identificados no mapeamento sistemático da literatura.

Os resultados obtidos no *survey* fornecem indícios de que em aplicações práticas do CEP em organizações brasileiras tem-se usado um número reduzido de medidas, sendo essas relacionadas à qualidade e à produtividade. Uma justificativa para isso pode ser o fato de ser custosa a submissão de um processo ao CEP, uma vez que a coleta de dados deve ser mais frequente e que a gerência quantitativa dos projetos e análise de desempenho dos processos, que são realizadas usando-se o CEP, tendem a demandar mais esforço que o gerenciamento tradicional (daí, tipicamente, apenas processos críticos são submetidos ao CEP). Vale a pena ressaltar que todos os participantes do *survey* têm experiência em CEP no contexto de modelos de maturidade e, nesses modelos, para atender requisitos da alta maturidade que envolvem o CEP, basta que processos críticos sejam submetidos ao CEP e que algumas medidas estejam envolvidas nesse contexto. Isso também pode contribuir para o pequeno número de medidas encontradas.

É importante destacar que o *survey* possui algumas limitações, destacando-se a pequena quantidade de participantes e o fato de a maioria dos participantes ter perfis similares. Porém, embora o estudo seja limitado, os resultados obtidos podem ser entendidos como evidências iniciais sobre o uso do CEP em organizações brasileiras.

3.3 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os principais resultados de um mapeamento sistemático que investigou medidas utilizadas no CEP, processos a elas relacionados e objetivos por elas apoiados. Um total de 318 publicações foram analisadas e 108 medidas foram identificadas a partir de 50 publicações.

Antes de realizar o mapeamento sistemático investigou-se a literatura buscando-se estudos secundários sobre medidas para o CEP. Não tendo sido encontrado nenhum estudo secundário sobre o tópico de pesquisa investigado, decidiu-se por realizar o mapeamento sistemático da literatura. Embora não se tenha encontrado um estudo secundário investigando medidas para o CEP, existem alguns trabalhos relacionados a esse tópico. Monteiro e Oliveira (2011), por exemplo, apresentam um catálogo de medidas para análise de desempenho de processo. No entanto, embora os autores afirmem terem feito uma ampla revisão da literatura, não seguiram uma abordagem sistemática. Além disso, categorias das medidas, objetivos de medição e informações sobre a utilização das medidas não foram investigadas no estudo. Rocha, Santos e Barcellos (2012) sugerem um conjunto de medidas relacionadas com os processos do MR-MPS-SW, incluindo medidas que podem ser aplicadas ao CEP. No entanto, o conjunto de medidas não é focado para o uso no CEP. Além disso, as medidas sugeridas não foram obtidas a partir de uma investigação da literatura, não estão relacionadas com os objetivos de medição, as suas categorias não são analisadas e informações sobre a sua utilização não são fornecidas.

O principal resultado do mapeamento sistemático é o conjunto de medidas adequadas ao CEP, suas categorias, processos e objetivos de medição relacionados. Como mostra a Tabela 3.3, uma medida pode estar relacionada a mais de um objetivo de medição. Isso significa que a medida foi usada em diferentes publicações para apoiar o monitoramento de diferentes objetivos. A partir da Tabela 3.3 seria possível inferir que uma certa medida também poderia ser usada para apoiar outros objetivos identificados. Entretanto, é importante ressaltar que o objetivo do estudo foi identificar evidências na literatura sobre medidas para iniciativas de CEP, assim neste capítulo limitou-se a apresentar os achados da literatura.

Os resultados do mapeamento indicam que a aplicação do CEP de software tem focado em medidas e processos relacionados a defeitos, mesmo havendo muitos outros processos que podem ser explorados e melhorados através do uso do CEP. Além disso, observou-se uma falta de preocupação com as medidas correlatas que são necessárias para apoiar a investigação das causas dos problemas ao analisar um comportamento do

processo. Além disso, percebeu-se ausência de abordagens para selecionar as medidas adequadas considerando um determinado contexto.

Notou-se, também, que, embora as medidas sejam citadas, suas definições operacionais não são apresentadas. Mesmo informações básicas sobre as medidas não são explícitas nas publicações. Isso pode limitar o reuso das medidas, uma vez que o leitor pode não entender corretamente as medidas. Finalmente, é importante salientar que para a utilização de uma medida no CEP, conforme discutido no Capítulo 2, devem ser observados alguns critérios, tais como a sua definição operacional e dados coletados (BARCELLOS *et al.*, 2013). Assim, ao selecionar as medidas a serem utilizadas, também é necessário garantir que atendam os critérios necessários.

Também foi apresentado neste capítulo os resultados de um *survey* realizado com profissionais com experiência em controle estatístico de processos de software a fim de identificar medidas usadas no CEP em organizações de software brasileiras. Foram identificadas similaridades e diferenças entre os resultados do mapeamento sistemático da literatura e do *survey*, as quais foram discutidas no capítulo.

Considerando-se os resultados dos estudos realizados, as lacunas identificadas e os potenciais benefícios de uso de uma abordagem baseada em padrões para apoiar o planejamento de medição para o CEP, decidiu-se pela criação de uma linguagem de padrões para apoiar o planejamento de medição visando ao CEP. Dada a ausência de uma abordagem para auxiliar na criação de linguagens de padrões com esse propósito, decidiu-se definir uma abordagem para ser utilizada na criação da linguagem de padrões proposta. Além de apoiar a criação da linguagem de padrões proposta neste trabalho, a abordagem pode ser utilizada para criar outras linguagens de padrões, bem como para evoluir a linguagem de padrões proposta neste trabalho.

Capítulo 4

Uma Abordagem para Criação de Linguagens de Padrões para Planejamento de Medição de Software visando ao Controle Estatístico de Processos

Este capítulo apresenta SAMPPLa (Systematic Approach for creating Measurement Planning Pattern Languages). A Seção 4.1 faz uma introdução à abordagem, a Seção 4.2 descreve SAMPPLa, a Seção 4.3 apresenta algumas discussões sobre trabalhos relacionados e na Seção 4.4 são feitas as considerações finais do capítulo.

4.1 Introdução

Conforme já discutido neste trabalho, relatos da utilização do controle estatístico de processos (CEP) em organizações de software têm revelado muitos problemas que afetam o sucesso da sua implementação (BARCELLOS *et al.*, 2013 e TAKARA *et al.*, 2007). Os principais problemas estão relacionados à definição de medidas e consequente coleta de dados não adequados ao CEP (BARCELLOS *et al.*, 2013; KITCHENHAM *et al.*, 2007 e TAKARA *et al.*, 2007). A definição das medidas a serem usadas no CEP é realizada no âmbito do planejamento da medição. Apesar de na literatura existirem vários trabalhos que apresentam medidas que podem ser aplicadas ao CEP, essas informações estão dispersas e nem sempre há informações sobre em que contextos as medidas poderiam ser utilizadas. A seleção das medidas não é uma tarefa trivial e organizações enfrentam dificuldades para planejar a medição visando ao CEP.

Para realizar o planejamento da medição, como apresentado no Capítulo 2, é necessário definir os objetivos que se deseja alcançar e as medidas que serão utilizadas para monitorar este alcance. No âmbito do CEP, essas medidas devem estar relacionadas aos processos que se deseja controlar estatisticamente. Embora organizações sejam distintas entre si, é possível observar que alguns objetivos são comuns a algumas organizações, assim como as medidas utilizadas para monitorá-los e os processos associados a elas. Por exemplo, diversas organizações de software podem ter como objetivo *Melhorar a qualidade dos produtos de software entregues* e, para avaliar o alcance a esse objetivo, podem utilizar a

medida *densidade de defeitos escapados* (ou seja, defeitos detectados pelo usuário após a entrega do software), que está associada ao processo de *Testes*, uma vez que pode indicar a eficácia desse processo. Assim, organizações diferentes que desejam submeter o processo de Testes ao CEP poderiam incluir em seus planos de medição o objetivo de medição e a medida citados. Logo, objetivos de medição e medidas podem ser reutilizados em diversos planos de medição. Isso pode, inclusive, ser percebido nos resultados do mapeamento sistemático, uma vez que certos processos, medidas e objetivos foram utilizados em diversas iniciativas.

Levando-se em conta que Deutsch *et al.* (2004) definem padrões como veículos para o encapsulamento de conhecimento que permitem capturar o que deve ser feito para resolver um dado problema, pode-se considerar que, no âmbito do planejamento de medição e utilizando-se o exemplo citado no parágrafo anterior, para o problema *submeter o processo de Testes ao CEP*, poderia ser reutilizado o padrão formado pelo objetivo de medição *Melhorar a qualidade dos produtos de software entregues* e pela medida *densidade de defeitos escapados* para auxiliar na resolução. Nesse sentido, considerando-se experiências relatadas na literatura ou na prática, podem ser identificados padrões para serem aplicados a fim de resolver problemas no contexto do planejamento de medição visando ao CEP. E, para potencializar o reuso desses padrões, eles podem ser organizados em uma linguagem de padrões.

A seguir é apresentada SAMPPLa, que é proposta neste trabalho com objetivo apoiar a criação de linguagens de padrões que possam ser utilizadas para auxiliar no planejamento de medição de software para realização do controle estatístico de processos.

4.2 *Systematic Approach for creating Measurement Planning Pattern Languages (SAMPPLa)*

SAMPPLa é uma abordagem que apresenta um conjunto de atividades que orienta a criação de linguagens de padrão que auxiliem no planejamento de medição para o CEP. A abordagem é formada por duas atividades, que são compostas por outras. A Figura 4.1 apresenta uma visão geral de SAMPPLa.

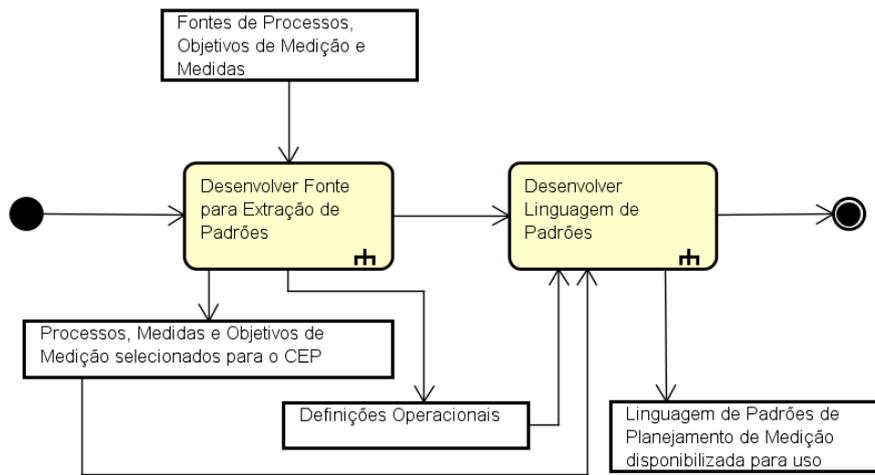


Figura 4.1 – Visão geral de SAMPPPLA.

A primeira atividade (*Desenvolver Fonte para Extração de Padrões*) é responsável pela obtenção de um conjunto de processos, objetivos de medição e medidas a partir do qual podem ser identificados padrões para planejamento de medição de software visando ao CEP. A segunda atividade (*Desenvolver Linguagens de Padrões*) trata da extração dos padrões de planejamento de medição para o CEP e do desenvolvimento da linguagem de padrões. A seguir, cada uma das atividades de SAMPPPLA é detalhada.

4.2.1 Desenvolver Fonte para Extração dos Padrões

A Figura 4.2 apresenta o detalhamento da atividade *Desenvolver Fonte para Extração de Padrões*. Em seguida as atividades são descritas.

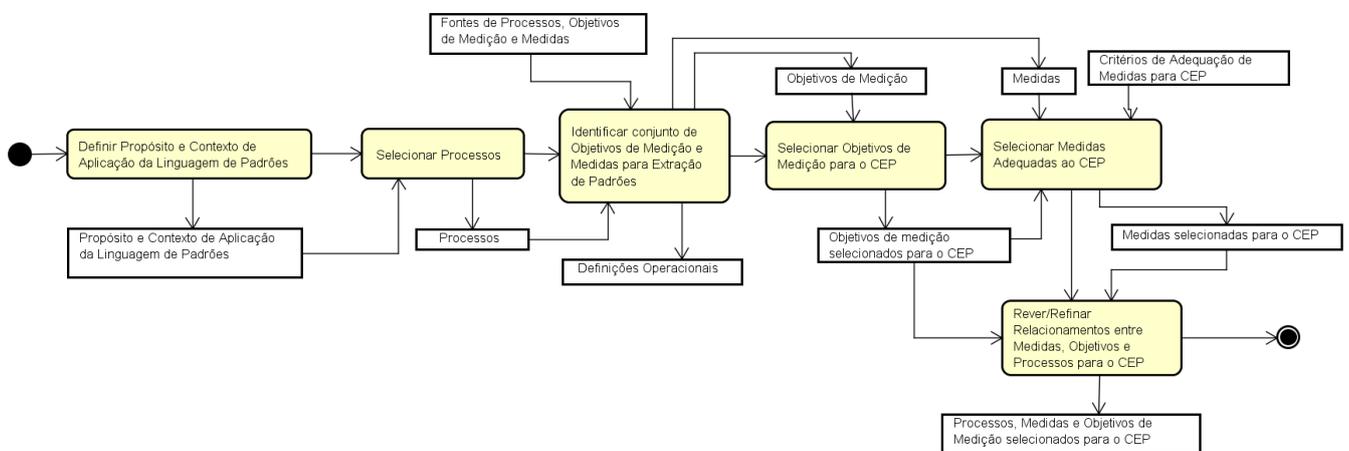


Figura 4.2 – Detalhamento de Desenvolver Fontes para Extração de Padrões.

4.2.1.1 Definir Propósito e Contexto de Aplicação da Linguagem de Padrões

Nesta atividade, o propósito (por exemplo, *apoiar o planejamento de medição visando ao CEP para atendimento aos requisitos dos níveis 4 e 5 do CMMI*) e o contexto de aplicação da linguagem de padrões (por exemplo, *organizações avaliadas CMMI nível 3 e que desejam implementar as práticas do CEP*) devem ser estabelecidos. Conhecer essas informações é importante para que seja possível desenvolver uma fonte a partir da qual possam ser extraídos padrões que componham uma linguagem de padrões capaz de atingir o propósito desejado no contexto estabelecido.

4.2.1.2 Selecionar Processos

Nesta atividade, os processos que podem ser submetidos ao CEP e que serão tratados na linguagem de padrões devem ser selecionados. A decisão sobre quais processos selecionar depende diretamente do propósito da linguagem de padrões a ser criada e seu contexto de uso. Por exemplo, considerando o propósito e contexto de aplicação apresentados como exemplo na primeira atividade, deveriam ser selecionados, pelo menos, três processos: um processo que trate aspectos gerenciais do desenvolvimento, um referente ao desenvolvimento de software propriamente dito e um referente à qualidade de software (SEI, 2010).

4.2.1.3 Identificar Conjunto de Objetivos de Medição e Medidas para Extração dos Padrões

A criação de uma linguagem de padrões depende da existência de padrões e estes devem ser identificados a partir de alguma fonte. Assim, nesta atividade, é identificado o conjunto de objetivos de medição e medidas (com suas definições operacionais, quando disponíveis), relacionados aos processos selecionados na atividade anterior, a partir do qual podem ser identificados padrões. Esse conjunto pode ser obtido, por exemplo, a partir de repositórios de medição de organizações, de consultas a literatura ou a profissionais com experiência em medição de software.

É importante ressaltar que neste momento não há preocupação de que todos os elementos do conjunto identificado sejam realmente adequados ao CEP, uma vez que essa questão será tratada em atividades subsequentes. Neste momento, o objetivo é obter um conjunto de objetivos de medição e medidas que sirva como ponto de partida para que, mais adiante, seja possível extrair padrões de planejamento de medição.

Dependendo das fontes utilizadas como entrada para esta atividade, é possível que o conjunto de objetivos de medição e medidas contenha repetição de elementos. Por exemplo, caso sejam utilizados como fonte repositórios de medição de diversas organizações, é possível que haja repetições, mesmo que não explícitas, tais como elementos com o mesmo significado, mas escritos de forma diferente. Por exemplo, em um dos repositórios usados como fonte poderia haver o objetivo de medição *melhorar a qualidade do produto* e em outro o objetivo *melhorar a qualidade do software*. Embora não sejam expressos de forma idêntica, esses objetivos são equivalentes.

Além disso, é possível que um elemento esteja relacionado a diferentes elementos nas diferentes fontes usadas como entrada. Por exemplo, em um repositório poderia constar o objetivo *melhorar a gerência dos projetos* e a ele estarem relacionadas as medidas *precisão das estimativas de tempo* e *precisão das estimativas de custos*. Em outro repositório, poderia constar o mesmo objetivo, mas estando associadas a ele as medidas *índice de desempenho de prazos* e *índice de desempenho de custos*. Portanto, as quatro medidas citadas estariam relacionadas ao objetivo de medição *melhorar a gerência dos projetos*.

Considerando-se essas situações, para identificar o conjunto de objetivos de medição e medidas que deve resultar desta atividade, é preciso: (i) extrair os elementos (objetivos de medição e medidas) como estão registrados nas fontes de entrada; (ii) buscar equivalências entre os elementos; (iii) representar elementos equivalentes de maneira única; (iv) representar todas as relações entre os elementos identificados nas fontes de entrada.

4.2.1.4 Selecionar Objetivos de Medição para o CEP

Esta atividade consiste analisar os objetivos anteriormente identificados e selecionar aqueles que podem ser utilizados no contexto do CEP. É importante destacar que só devem ser selecionados objetivos de medição diretamente relacionados aos processos. É possível que no conjunto identificado na atividade anterior haja inadequações oriundas das fontes utilizadas como entrada. Por exemplo, o objetivo de medição *melhorar a qualidade do software* poderia estar associado ao processo *Gerência de Projetos*. Embora haja alguma relação entre a qualidade do software e o processo *Gerência de Projetos* (por exemplo, se a qualidade do software for ruim, será necessário despender mais tempo com retrabalho, o que pode impactar no cronograma do projeto), o objetivo de medição *melhorar a qualidade do software* não tem uma relação direta com o processo *Gerência de Projetos* e o controle estatístico desse

processo não fornecerá informações que permitam verificar o alcance daquele objetivo. Assim, mesmo que a relação entre o objetivo de medição e o processo existisse no conjunto de elementos inicialmente identificado, o objetivo não deveria ser selecionado nesta atividade.

4.2.1.5 Selecionar Medidas Adequadas ao CEP

Nesta atividade, para cada processo/objetivo de medição devem ser selecionadas as medidas a eles relacionadas que sejam capazes de medir aspectos do desempenho do processo e fornecer informações que permitam monitorar o alcance ao objetivo de medição. Os critérios apresentados no Capítulo 2 podem auxiliar na seleção das medidas adequadas, com exceção do C1 (A definição operacional da medida é correta e satisfatória), pois definições operacionais das medidas são tratadas mais adiante, na atividade *Identificar Padrões de Planejamento de Medição*.

4.2.1.6 Rever/Refinar Processos, Objetivos de Medição e Medidas para o CEP

Até a atividade anterior, limitou-se a extrair do conjunto inicial de objetivos de medição e medidas obtidos a partir das fontes utilizadas, os elementos adequados ao CEP. Nesta atividade, esses elementos e as relações entre eles devem ser revistos e refinados/ajustados, a fim de garantir que sirvam como base para a extração de padrões para o planejamento de medição de software visando ao CEP.

Neste momento, pode-se, por exemplo, decompor objetivos para tornar as relações com as medidas mais diretas. Por exemplo, o objetivo *melhorar a gerência dos projetos*, relacionado às medidas *precisão das estimativas de tempo*, *precisão das estimativas de custos*, *índice de desempenho de prazos* e *índice de desempenho de custos*, poderia ser decomposto em *melhorar o planejamento dos projetos*, sendo associadas a ele as medidas *precisão das estimativas de tempo* e *precisão das estimativas de custos*, e em *melhorar o monitoramento dos projetos*, sendo associadas a ele as medidas *índice de desempenho de prazos* e *índice de desempenho de custos*.

De maneira similar, processos podem ser decompostos em subprocessos, para tornar mais diretas as relações destes com os objetivos e medidas. Por exemplo, o objetivo de medição *melhorar a gerência dos projetos*, citado no parágrafo anterior, estaria associado ao processo *Gerência de Projetos*. Porém, ao se decompor o objetivo de medição em *melhorar o planejamento dos projetos* e *melhorar o monitoramento dos projetos*, torna-se adequado decompor o

processo *Gerência de Projetos em Planejamento do Projeto e Monitoramento do Projeto* e associar esses subprocessos aos respectivos objetivos de medição.

Medidas também podem ser ajustadas para se adequarem melhor aos processos e objetivos considerados. Medidas mais específicas (i.e., medidas que são usadas em contextos mais específicos, como, por exemplo, quando uma certa tecnologia é utilizada) podem ser generalizadas. Por exemplo, a partir das medidas *esforço de codificação em Java* e *esforço de codificação em Python* poderia ser definida a medida mais geral *esforço de codificação*. Analogamente, medidas mais específicas podem ser definidas a partir de mais gerais. Por exemplo, *eficiência do teste de sistema*, *eficiência do teste de integração* e *eficiência do teste de aceitação* poderiam ser definidas a partir da medida *eficiência dos testes*.

Por fim, os processos também podem ser ajustados. Por exemplo, quando medidas mais específicas são derivadas de medidas mais gerais, pode-se dividir o processo ao qual se referem em subprocessos relacionados às medidas mais específicas. Para o exemplo anterior, onde as medidas *eficiência do teste de sistema*, *eficiência do teste de integração* e *eficiência do teste de aceitação* poderiam ser definidas a partir da medida *eficiência dos testes*, seria possível definir como subprocessos do processo de *Testes* os processos *Teste de Sistema*, *Teste de Integração* e *Teste de Aceitação* para que a relação entre as medidas e os processos fique mais direta.

Além de ajustes nos elementos propriamente ditos, nesta atividade também devem ser revistas as relações entre eles, pois algumas relações pertinentes podem não ter sido capturadas até então e os ajustes realizados nos elementos podem implicar em novas relações.

4.2.2 Desenvolver Linguagem de Padrões

A Figura 4.3 apresenta o detalhamento da atividade *Desenvolver Linguagem de Padrões*. Em seguida as atividades são descritas.

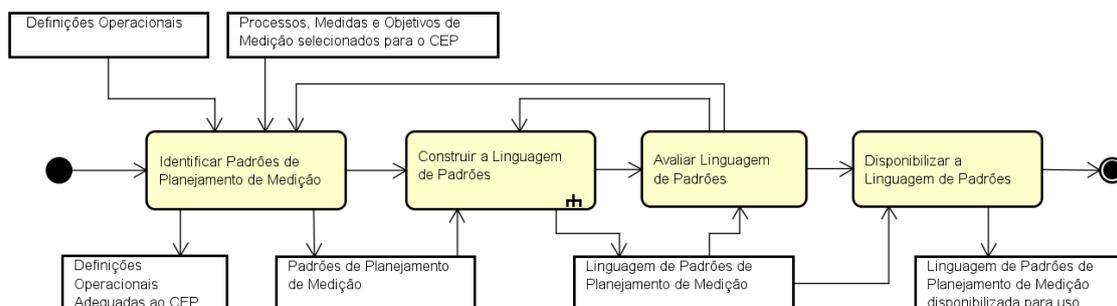


Figura 4.3 – Detalhamento de Desenvolver Linguagem de Padrões.

4.2.2.1 Identificar Padrões de Planejamento de Medição

A execução da primeira atividade de SAMPPLa resulta em um conjunto de processos, objetivos de medição e medidas adequados ao CEP. Até este momento, as definições operacionais associadas às medidas são as que foram encontradas nas fontes utilizadas. Nesta atividade, o conjunto processos, objetivos de medição e medidas deve ser analisado para que sejam identificados padrões de planejamento de medição.

Um padrão de planejamento de medição está relacionado a um ou mais processos e segue o formato GQM (BASILI *et al.*, 1994). Dessa forma, um padrão de planejamento de medição inclui um objetivo de medição, questões que indicam necessidades de informação que devem ser atendidas para que seja possível monitorar o objetivo de medição e medidas que atendem as necessidades de informação.

Assim, utilizando como base o conjunto de processos, objetivos de medição e medidas resultante da atividade anterior, nesta atividade devem ser selecionados aqueles que representam padrões de planejamento de medição a serem incluídos na linguagem de padrões. Os padrões devem emergir do conjunto de processos, objetivos de medição e medidas, lembrando que um padrão deve ser uma solução bem sucedida para um problema recorrente.

Cada medida que compõe os padrões identificados deve ter uma definição operacional adequada para o CEP. Assim, para cada medida incluída em padrões, caso haja definição operacional obtida a partir das fontes utilizadas, esta deve ser analisada e, se necessário, adequada ao CEP. Caso não haja definição operacional disponível, deve ser criada uma adequada ao CEP.

É importante ressaltar que alguns padrões considerados importantes para o planejamento de medição adequado para a organização podem não estar explícitos no conjunto de processos, objetivos de medição e medidas. Assim, o usuário da abordagem poderá incluir esses padrões com base no seu conhecimento tácito, desde que o padrão de fato exista, ou seja, já tenha sido utilizado várias vezes pelo usuário para resolver um problema recorrente.

Os padrões identificados devem ser descritos fornecendo-se as seguintes informações:

- Nome: indica o nome do padrão.
- Processo/Subprocesso: indica o processo ou subprocesso ao qual o padrão se relaciona.

- Objetivo: indica o objetivo de medição considerado no padrão.
- Necessidades de Informação: questões que indicam necessidades de informação que devem ser atendidas para que seja possível monitorar o objetivo de medição. Este item representa o item “Questão” do modelo GQM (*Goal-Question-Metric*) apresentado no Capítulo 2.
- Medidas: medidas que atendem as necessidades de informação.
- Definição Operacional das Medidas: detalhamento associado a uma medida que fornece informações sobre sua coleta e análise.
- Padrões Relacionados: padrões que estão relacionados ao padrão definido.

No que diz respeito às definições operacionais, como dito anteriormente, elas devem ser claras e devem fornecer as informações essenciais para a coleta consistente dos dados. De acordo com Barcellos *et al.* (2013), idealmente, a definição operacional de uma medida a ser utilizada no CEP deve conter: definição da medida, entidade medida, propriedade medida, unidade de medida, tipo de escala, valores da escala, intervalo esperado dos valores medidos, fórmula(s) de medição (se aplicável), procedimento de medição, responsável pela medição, momento da medição, periodicidade de medição, procedimento de análise de medição, responsável pela análise de medição, momento da análise de medição e periodicidade da análise de medição. Para medidas base, que só são analisadas quando compoem outras, não é necessário definir as informações referentes à análise de medição.

Considerando-se que serão definidos padrões de planejamento de medição que poderão ser utilizados por organizações diferentes, que adotam processos diferentes, algumas das informações sugeridas em (BARCELLOS *et al.*, 2013) não podem ser definidas, pois diferem de organização para organização (tais como o momento da medição, que indica a atividade do processo do projeto na qual a coleta de dados para a medida deve ser feita). Dessa forma, para definir os padrões, a definição operacional das medidas deve conter, pelo menos, as seguintes informações: nome da medida, entidade medida, propriedade medida, unidade de medida, escala, fórmula (se aplicável), descrição dos procedimentos de medição e análise e periodicidade de medição.

Cabe notar que algumas das informações mais específicas sugeridas em (BARCELLOS *et al.*, 2013), como o momento da medição, podem ser inclusas em casos em que os padrões a serem extraídos serão utilizados em um contexto em que essas informações possam ser reutilizadas (por exemplo, quando os padrões serão usados para definir linguagem de padrões para organizações que adotam o mesmo processo padrão).

As informações que não constarem nas definições operacionais das medidas deverão ser completadas quando os padrões forem aplicados.

A seguir, na Tabela 4.1, é apresentada como exemplo a descrição de um padrão relacionado ao processo *Gerência de Projetos*. Textos em *itálico* e entre << >> na descrição do padrão são orientações que devem ser seguidas para estabelecer a definição operacional das medidas quando o padrão for aplicado.

Tabela 4.1 – Descrição do Padrão Desempenho de Prazo.

Desempenho de Prazo	
Nome: Desempenho de Prazo	
Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Monitoramento e Controle de Projetos	
Objetivo: Monitorar prazo do projeto	
Necessidades de Informação: Qual é o desempenho de prazo do projeto?	
Medidas: Índice de Desempenho de Prazo, Valor Agregado e Valor Planejado.	
Definição Operacional das Medidas:	
Medida Composta	Índice de Desempenho de Prazo
Mnemônico	IDP
Descrição	Medida utilizada para quantificar o índice de desempenho do cronograma do projeto, ou seja, razão entre o valor agregado e o valor planejado.
Entidade	Subprocesso Monitoramento e Controle do Projeto
Propriedade	Desempenho do cronograma
Escala	Números reais positivos.
Unidade de Medida	-
Fórmula	(VA/ VP)
Procedimento de Medição	Calcular o índice de desempenho do cronograma utilizando a fórmula de cálculo da medida
Periodicidade de Medição	<<Deve-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições nos projetos. A periodicidade deve permitir várias medições ao longo de um mesmo projeto, para que seja possível obter o volume de dados adequado para o CEP>>
Procedimento de Análise	<<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos – vide Tabela 4.2 >>
Medida Base 1	Valor Agregado
Mnemônico	VA
Descrição	Medida que quantifica o custo planejado para o trabalho realizado no projeto até o momento da medição.
Entidade	Projeto
Propriedade	Valor agregado
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o custo planejado para o trabalho realizado no projeto até o momento da medição.
Medida Base 2	Valor Planejado
Mnemônico	VP
Descrição	Medida que quantifica o valor planejado para o trabalho previsto para ser realizado no projeto até o momento da medição.
Entidade	Projeto
Propriedade	Valor planejado
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o valor planejado para o trabalho previsto para ser realizado no projeto até o momento da medição.
Padrões Relacionados: -	

Para as medidas a serem usadas no CEP no contexto de modelos de maturidade como o CMMI e o MR-MPS-SW, pode-se utilizar o procedimento de análise de medição descrito na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos

Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional):

- Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários projetos.
- Obter os limites de controle do processo e analisar o comportamento do processo:
 - (i) Se os valores coletados para a medida passam pelos testes de estabilidade, então o desempenho do processo é estável e uma *baseline* de desempenho de processo pode ser estabelecida. Os testes de estabilidade são (WHEELER; CHAMBERS, 2010):
 - Teste 1: presença de algum ponto fora dos limites de controle 3σ .
 - Teste 2: presença de pelo menos dois de três valores sucessivos do mesmo lado e a mais de 2σ da linha central (chamada zona C).
 - Teste 3: presença de pelo menos quatro de cinco valores sucessivos do mesmo lado e a mais de 1σ da linha central (chamada zona B).
 - Teste 4: presença de oito pontos sucessivos no mesmo lado da linha central.
 - (ii) Se os valores coletados para a medida não passam pelos testes de estabilidade o comportamento do processo é instável. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo, identificar ações corretivas e executá-las.

Para gerência quantitativa dos projetos (âmbito do projeto):

- Representar em um gráfico de controle os valores medidos para a medida no projeto em análise.
- Analisar o desempenho do processo no projeto em relação ao desempenho previsto no âmbito da organização. Para isso, os dados coletados para a medida devem ser representados em um gráfico de controle cujos limites são fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo na organização.
 - (i) Se os valores coletados para a medida no projeto passam pelos testes de estabilidade considerando-se os limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo, então o desempenho do processo no projeto está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização.
 - (ii) Se há valores coletados para a medida no projeto que não passam pelos testes de estabilidade considerando-se os limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo, então o desempenho do processo no projeto não está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo no projeto e identificar as ações corretivas adequadas.

4.2.2.2 Construir a Linguagem de Padrões

Nesta atividade a linguagem de padrões propriamente dita é desenvolvida. Conforme discutido no Capítulo 2, representações visuais favorecem o entendimento e utilização das linguagens de padrões. Ainda, como definido em (QUIRINO, 2016), uma linguagem de padrões deve ter as perspectivas estrutural e comportamental representadas.

Assim, nesta atividade os modelos referentes às perspectivas estrutural e comportamental da linguagem devem ser construídos. Para criação dos modelos, deve ser adotada a notação visual OPL-ML, definida em (QUIRINO, 2016) e apresentada resumidamente no Capítulo 2. A Figura 4.4 mostra o detalhamento desta atividade.

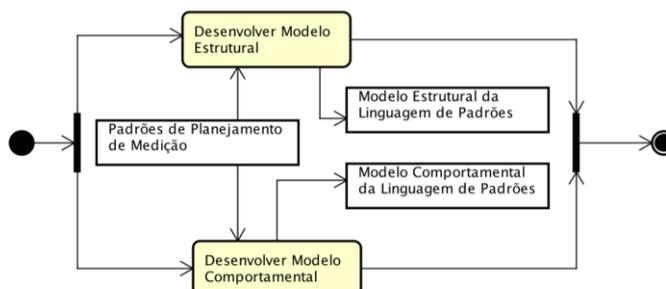


Figura 4.4 – Detalhamento de Desenvolver Linguagem de Padrões.

4.2.2.2.1 *Desenvolver Modelo Estrutural*

Nesta atividade deve ser desenvolvido um modelo estrutural da linguagem de padrões, o qual apresenta os padrões que compõem a linguagem e as relações estruturais entre eles. Em (QUIRINO, 2016) foram definidos dois tipos de relação para designarem dependência e composição entre padrões. Neste trabalho, propõe-se o uso de um terceiro tipo de relação, *is correlated to*, para indicar padrões cujas medidas são correlatas, porém os padrões não são necessariamente dependentes ou parte um do outro. Por exemplo, a medida *taxa de alteração de requisitos* é correlata à medida *quantidade de retrabalho*, uma vez que muitas alterações nos requisitos podem impactar na quantidade de retrabalho. No entanto, um padrão que inclui a medida *quantidade de retrabalho* não depende da aplicação de um padrão que contenha a medida *taxa de alteração de requisitos* para ser aplicado. Nesse sentido, um padrão incluindo a medida *taxa de alteração de requisitos* teria uma relação *is correlated to* com um padrão incluindo a medida *quantidade de retrabalho*. A relação *is correlated to* tem como sintaxe concreta uma seta bidirecional tracejada com pontas duplas.

Informações sobre as relações estruturais são especialmente úteis durante a análise dos dados coletados para as medidas, pois revelam medidas correlatas e objetivos que impactam em outros. Esse modelo pode ser útil no planejamento de medição, uma vez que pode auxiliar na identificação de quais padrões podem ser selecionados para uma melhor análise do alcance aos objetivos e de causas que possam estar neles interferindo. O modelo estrutural também é útil para a elaboração do modelo comportamental (descrito adiante),

uma vez que indica as dependências que devem ser consideradas no fluxo que guia a seleção dos padrões a serem aplicados.

Assim como sugere Quirino (2016), padrões podem ser organizados em grupos. Aqui, orienta-se que processos e subprocessos aos quais os padrões se relacionam sejam usados como base para agrupar os padrões. A Figura 4.5 apresenta, como exemplo, um modelo estrutural contendo padrões relacionados ao processo *Gerência de Projetos*. Os retângulos com preenchimento sólido representam padrões. Os retângulos que envolvem os padrões representam grupos e subgrupos. As setas direcionadas sólidas representam relações de dependência entre padrões e as setas bidirecionadas tracejadas com pontas duplas representam correlações entre padrões. Para evitar poluir o modelo ou torná-lo muito complexo, as relações transitivas entre os padrões podem ser omitidas.

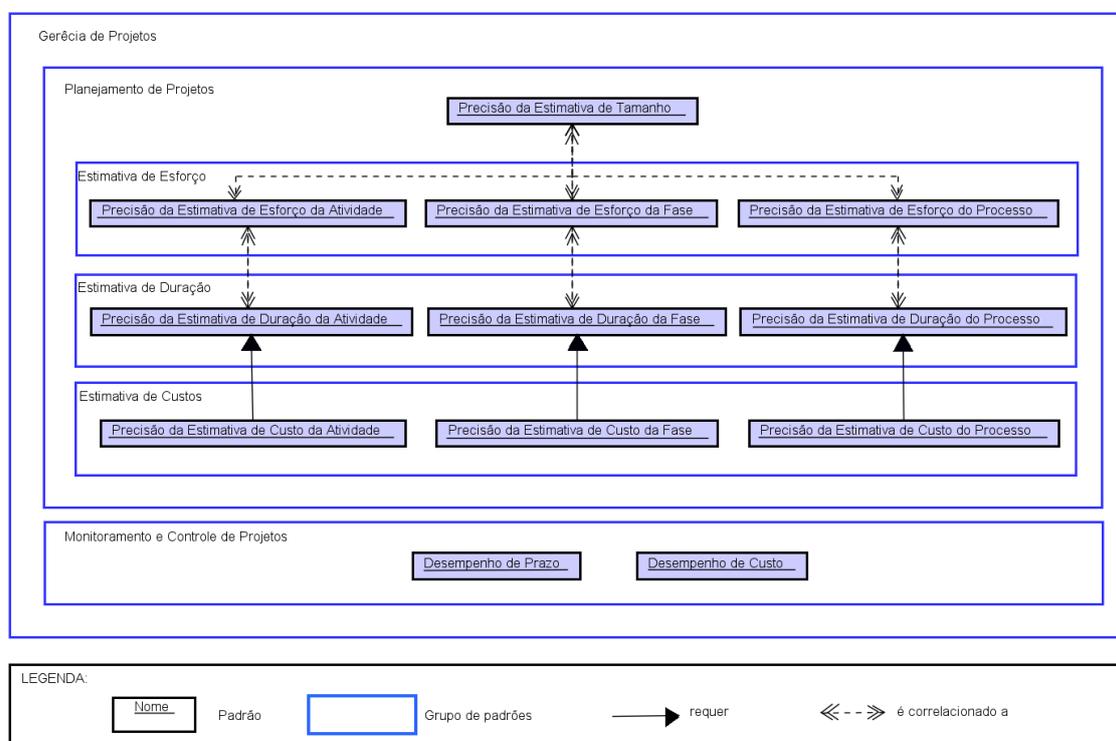


Figura 4.5 – Exemplo de Modelo Estrutural

4.2.2.2.2 *Desenvolver Modelo Comportamental*

Nesta atividade deve ser desenvolvido um modelo que descreve o processo de aplicação dos padrões. O modelo comportamental ou modelo de processo de uma linguagem de padrões possui dois formatos que são o formato caixa-preta, que fornece a visão geral da linguagem, e o formato detalhado, que fornece a visão comportamental detalhada da linguagem de padrões, contendo os fluxos que guiam a aplicação dos padrões.

Ambos os formatos dos modelos devem ser entendidos como um processo a ser seguido passo a passo, de um ponto de entrada até um ponto final. O formato caixa-preta é composto por grupos e nós de decisões a serem tomadas pelo usuário que definirá o fluxo a ser seguido. Como dito na atividade anterior, orienta-se que os grupos dos padrões sejam definidos a partir dos processos aos quais eles se relacionam. Assim, no formato caixa-preta é possível visualizar os processos considerados na linguagem de padrões. Como o próprio nome sugere, no formato caixa-preta não é possível visualizar os padrões e fluxos existentes dentro de cada grupo. A Figura 4.6 apresenta um exemplo do formato caixa-preta do modelo comportamental.

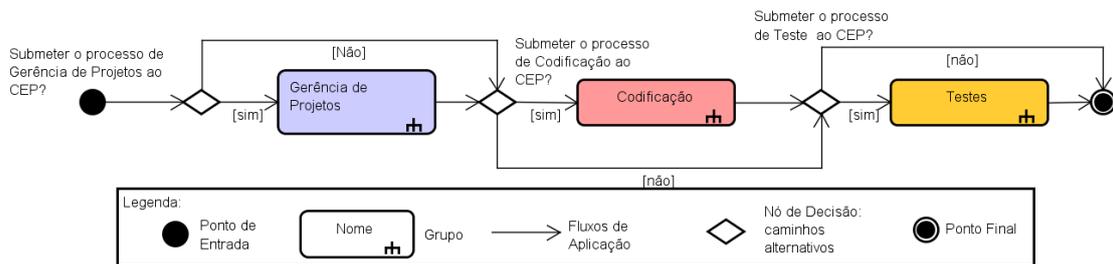


Figura 4.6 – Formato caixa-preta do modelo comportamental

O modelo comportamental detalhado mostra o conteúdo interno dos grupos. Assim como no modelo estrutural, nesse modelo os padrões referentes a cada grupo de processo podem ser organizados em subgrupos para agrupar padrões relacionados a subprocessos. O fluxo que orienta a aplicação dos padrões deve ser definido, incluindo os constructos necessários para que seja possível utilizar o modelo de forma não ambígua.

Os objetivos de medição podem ser considerados para elaborar o fluxo entre os padrões. Cada padrão possui um objetivo de medição específico e este pode ser usado para guiar os fluxos para seleção dos padrões, ou seja, indicar os nós de decisão que irão guiar a seleção dos padrões. Existem também objetivos de medição gerais que podem ser usados para agrupar os padrões. Por exemplo, todos os padrões do subprocesso Planejamento de Projetos poderiam estar associados a um objetivo mais geral “*Melhorar planejamento do projeto e estimativas*” em um plano de medição. Esses objetivos gerais podem estar associados ao grupo de padrões e indicar o ponto de entrada de cada grupo. Os objetivos mais gerais podem ser identificados a partir dos objetivos específicos de cada padrão do grupo de padrões. Por exemplo, os objetivos *Melhorar as estimativas e planejamento de tamanho*, *Melhorar as estimativas e planejamento do esforço* e *Melhorar as estimativas e planejamento da duração* poderiam ser generalizados em *Melhorar planejamento do projeto e estimativas*.

A Figura 4.7 apresenta, como exemplo, o modelo comportamental detalhado de padrões relacionados ao processo *Gerência de Projetos*. No modelo, objetivos de medição são usados para indicar diferentes pontos de entrada e pontos de decisão.

É importante notar que, como definido em OPL-ML (QUIRINO, 2016), deve haver consistência entre os modelos estrutural e comportamental. Nesse sentido, ambos os modelos devem conter os mesmos grupos/subgrupos e padrões. Ainda, o fluxo que guia a aplicação dos padrões no modelo comportamental deve respeitar as relações estabelecidas no modelo estrutural.

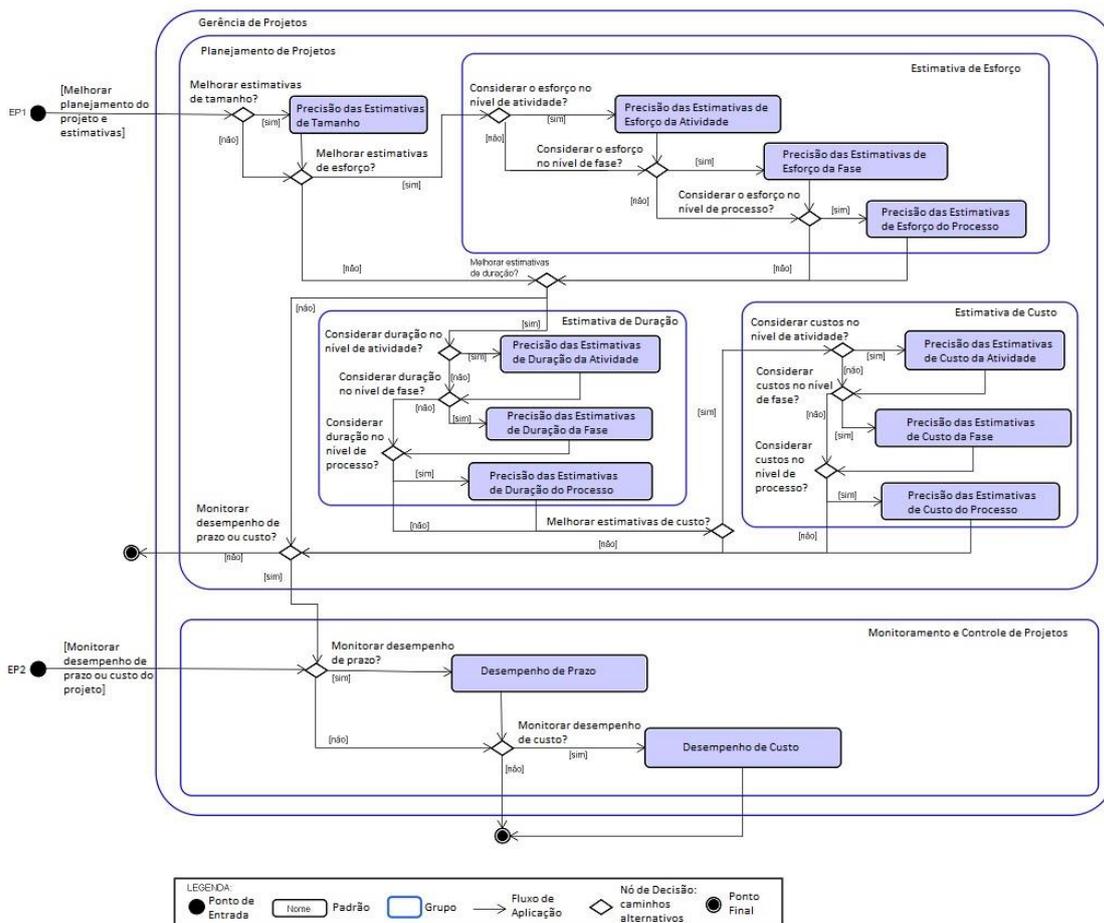


Figura 4.7 – Exemplo de Modelo Comportamental Detalhado para o processo Gerência de Projetos.

4.2.2.3 Avaliar Linguagem de Padrões

Após a criação da linguagem de padrões, ela deve ser avaliada. De acordo com os resultados da avaliação, ajustes devem ser realizados na linguagem de padrões para melhor atender ao propósito definido. Sendo assim, ao final desta atividade, caso os resultados da avaliação sejam positivos e a linguagem de padrões tenha cumprido o seu propósito, ela poderá ser disponibilizada através da execução da próxima atividade. Caso contrário, é

necessário voltar às atividades anteriores, executando-se as que forem necessárias para que linguagem de padrões seja realmente capaz de atender seu propósito e tenha resultado positivo na avaliação realizada nesta atividade. Algumas formas de avaliar a linguagem de padrões são revisões por pares, onde especialistas avaliam a linguagem de padrões criadas a fim de identificar problemas e oportunidades de melhoria, e estudos experimentais, onde um grupo de pessoas utilizam a linguagem e fornecem *feedback* sobre a viabilidade de uso e a utilidade da linguagem de padrões.

4.2.2.4 Disponibilizar Linguagem de Padrões

Após a criação e aprovação da linguagem de padrões durante a avaliação, ela deve ser disponibilizada para uso. A linguagem pode ser disponibilizada em uma especificação textual como a que é apresentada no Apêndice B para a linguagem de padrões criada no contexto deste trabalho. No entanto, para potencializar o uso da linguagem de padrões, sugere-se que seja provido algum apoio computacional.

4.3 Trabalhos Relacionados

Conforme apresentado no Capítulo 2, há na literatura algumas abordagens propostas para auxiliar na criação de linguagens de padrões. A seguir são apresentadas algumas discussões comparando-se SAMPPLa com abordagens introduzidas no Capítulo 2.

Embora os domínios das linguagens de padrões geradas a partir das abordagens sejam distintos, uma característica comum a SAMPPLa e às três abordagens analisadas é a existência de atividades dedicadas à extração de padrões e à organização dos padrões na linguagem. De fato, isso era esperado, uma vez que essas são as atividades básicas necessárias para a elaboração de linguagens de padrões.

Outras similaridades também podem ser destacadas: (i) SAMPPLa e o procedimento proposto em (IBA *et al.*, 2010) incluem atividades específicas para tratar da disponibilização da linguagem de padrões; (ii) SAMPPLa e a abordagem proposta por (HAFIZ *et al.*, 2012) orientam a criação de uma base para extração de padrões obtida a partir de fontes como a literatura e especialistas. Na proposta de Pauwels *et al.* (2010) uma base “rascunho” é elaborada a partir de análise de aplicações e observações de usuários; (iii) SAMPPLa e a abordagem proposta por (HAFIZ *et al.*, 2012) orientam para uma organização de padrões em grupos para facilitar a criação da linguagem de padrões e o entendimento do usuário, uma vez que uma linguagem de padrões muito grande pode não ser muito legível; (iv) SAMPPLa orienta que linguagem de padrões seja avaliada antes de sua

disponibilização de forma a garantir a qualidade da linguagem criada, assim como a abordagem proposta por (PAUWELS *et al.*, 2010) que possui uma atividade para testar os padrões.

Embora haja algumas similaridades, há diferenças importantes entre SAMPPLa e as demais abordagens analisadas. Uma diferença significativa é o fato de que SAMPPLa usa OPL-ML (QUIRINO, 2016) como notação visual para a representação das linguagens de padrões criadas. OPL-ML é, assim, incorporada a SAMPPLa fornecendo recursos e diretrizes que auxiliam na elaboração e representação visual de linguagens de padrões. As demais abordagens não definem uma notação visual clara a ser adotada para representar as linguagens de padrões criadas. Outra importante diferença, resultante do uso de OPL-ML, é que SAMPPLa separa a visão estrutural da visão comportamental da linguagem de padrões, o que não é feito nas demais abordagens. Misturar relações comportamentais e estruturais em um mesmo modelo representando a linguagem de padrões pode gerar confusão no entendimento e uso da LP. Por fim, SAMPPLa trata de linguagens de padrões para apoiar o planejamento de medição visando ao CEP. Embora as abordagens propostas em (HAFIZ *et al.*, 2012) e (IBA *et al.*, 2010) possam ser aplicadas em domínios distintos, elas não tratam as particularidades da medição de software visando ao CEP.

A Tabela 4.3 apresenta um quadro relacionando as atividades similares encontradas nas abordagens apresentadas no Capítulo 2 e em SAMPPLa.

Tabela 4.3 – Abordagens para criação de linguagens de padrões.

SAMPPLa	(HAFIZ <i>et al.</i> , 2012)	(IBA <i>et al.</i> , 2010)	(PAUWELS <i>et al.</i> , 2010)
Desenvolver Fonte para Extração de Padrões	-	-	Coletar soluções de projeto anteriores
Definir Propósito e Contexto de Aplicação da Linguagem de Padrões	-	-	Pesquisa de Usuário (identificar contexto)
Identificar Padrões de Planejamento de Medição	Criação de Catálogo de Padrões	Extração de Padrões	Prototipagem de Soluções de Projeto (seleção das melhores soluções e remoção de inconsistências)
	Organização dos Padrões (classificação)	Prototipagem de Padrões	
		Escrita de Padrões	
Construir Linguagem de Padrões (Modelo Estrutural e Comportamental)	Criação de linguagem de padrões para cada grupo de padrões	Organização da Linguagem	Os padrões já são organizados na LP desde a primeira atividade. É feito em paralelo com as demais atividades.
	Criação da linguagem de padrões completa		
Avaliar Linguagem de Padrões	-	-	Teste de Padrões
Disponibilizar Linguagem de Padrões	-	Edição de Catálogo	-

4.4 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada SAMPPLa, uma abordagem para apoiar a criação de linguagens de padrões para auxiliar no planejamento de medição de software visando ao CEP. SAMPPLa contém atividades que guiam a identificação de um conjunto de processos, objetivos de medição e medidas para servir como fonte para extração de padrões e no desenvolvimento de padrões e linguagens de padrões que buscam facilitar o reúso de padrões de planejamento de medição.

Uma vez criada uma linguagem de padrões, ela pode ser constantemente evoluída e ter novos padrões adicionados a ela. SAMPPLa também pode ser usada para apoiar a adição de novos padrões a uma linguagem de padrões já existente. Além disso, embora SAMPPLa tenha sido proposta para apoiar medição de software visando ao CEP, a abordagem também pode ser útil no âmbito da medição tradicional. Nesse caso, algumas adaptações são necessárias, como, por exemplo, desconsiderar a atividade onde são selecionados apenas os elementos adequados ao CEP.

O desenvolvimento de linguagens de padrões não é uma atividade trivial. Nesse sentido, a utilização de SAMPPLa requer de seus usuários conhecimento em medição de software e controle estatístico de processos para que seja possível identificar padrões adequados e organizá-los apropriadamente.

Uma vez que SAMPPLa deve ser usada para criar linguagens de padrões para auxiliar organizações no planejamento de medição de software, algumas entidades que podem se beneficiar do uso de SAMPPLa são as instituições implementadoras ou de consultoria em modelos de maturidade de processo de software, que podem definir suas linguagens de padrões e utilizá-las nas organizações onde as práticas dos modelos são implementadas. Corporações ou grupos de organizações com interesse em implementar o CEP podem também se beneficiar, definindo uma linguagem de padrões que pode ser utilizada por todas as organizações.

No próximo capítulo é descrito o uso de SAMPPLa na criação de MePPLa (*Measurement Planning Pattern Language*), uma linguagem de padrões que contém padrões obtidos considerando-se processos, objetivos de medição e medidas identificados na literatura e na prática. A criação de MePPLa serviu como prova de conceito para demonstrar a viabilidade de uso de SAMPPLa.

Capítulo 5

Linguagem de Padrões para Planejamento de Medição de Software visando ao CEP

Este capítulo apresenta a aplicação de SAMPPLa para criar a linguagem de padrões para planejamento de medição para o CEP proposta neste trabalho, a qual é chamada MePPLa (Measurement Planning Pattern Language). Na Seção 5.1 são apresentados os principais resultados da execução de cada atividade de SAMPPLa. Na Seção 5.2 é apresentado o estudo realizado para avaliar MePPLa. Na Seção 5.3 são feitas as considerações finais do capítulo.

5.1 *Measurement Planning Pattern Language* (MePPLa)

Conforme discutido em capítulos anteriores, um dos objetivos deste trabalho é a criação de uma linguagem de padrões para planejamento de medição de software para o CEP. Para atender esse objetivo, SAMPPLa foi aplicada para desenvolver MePPLa (*Measurement Planning Pattern Language*). O uso de SAMPPLa no desenvolvimento de MePPLa serviu como prova de conceito para SAMPPLa. Segundo Oates (2006), uma prova de conceito mostra que uma proposta é exequível, porém não permite afirmar se ela funciona em um contexto real. A seguir são apresentados os principais resultados produzidos em cada atividade de SAMPPLa, durante o desenvolvimento de MePPLa.

5.1.1 Desenvolver Fonte para Extração dos Padrões

Conforme apresentado no Capítulo 4, a primeira atividade de SAMPPLa é responsável pela obtenção de um conjunto de processos, objetivos de medição e medidas (com suas definições operacionais) a partir do qual poderão ser extraídos os padrões. Para isso, foram realizadas as atividades a seguir.

5.1.1.1 Definir Propósito e Contexto de Aplicação da Linguagem de Padrões

Nesta atividade o propósito e o contexto de aplicação da linguagem foram estabelecidos. MePPLa tem como propósito apoiar o planejamento de medição visando ao CEP para atendimento aos requisitos dos níveis 4 e 5 do CMMI e dos níveis B e A do MR-

MPS-SW. O contexto de aplicação abrange organizações avaliadas CMMI nível 3 ou MR-MPS-SW nível C e que desejam implementar as práticas do CEP visando à alta maturidade.

5.1.1.2 Selecionar Processos

Considerando-se o propósito e o contexto estabelecidos, notou-se que MePPLa deveria incluir padrões relacionados a, pelo menos, três processos: um processo que trate aspectos gerenciais do desenvolvimento, um referente ao desenvolvimento de software propriamente dito e um referente à qualidade de software (SEI, 2010). Considerando os resultados do mapeamento sistemático da literatura e do *survey*, foram selecionados os processos *Gerência de Projetos*, *Codificação* e *Testes*. Os processos de *Codificação* e *Testes* foram identificados tanto no *survey* como na literatura. O processo de *Teste* foi o processo mais citados em ambos os estudos, sendo que no *survey* foi citado por todos os participantes e na literatura foi abordado em 17 publicações (34% das publicações selecionadas no estudo). O processo de *Gerência de Projetos* foi identificado na literatura, mas não no *survey*. Sendo um processo considerado adequado para ser submetido ao CEP e normalmente executado em todos os projetos, ele também foi selecionado para ser tratado na linguagem.

5.1.1.3 Identificar Conjunto de Objetivos de Medição e Medidas para Extração dos Padrões

Para obter o conjunto de processos, objetivos de medição e medidas foram realizadas uma investigação na literatura através de um mapeamento sistemático e um *survey* com profissionais com experiência em CEP, ambos apresentados no Capítulo 3. Assim, como resultado desta atividade foram obtidos os objetivos de medição e medidas apresentados nas tabelas 3.3 e 3.4 (apresentadas no Capítulo 3) e que estão associados aos processos *Gerência de Projetos*, *Codificação* e *Testes*, considerando-se apenas uma vez os elementos repetidos (densidade de defeitos, produtividade e taxa de injeção de defeitos). É importante salientar que os dados dessas tabelas já estão consolidados, ou seja, como sugere a atividade de SAMPPLa, primeiramente os elementos foram extraídos como registrados nas fontes de entrada, em seguida os elementos equivalentes foram unificados e todas as relações entre os elementos foram identificadas e devidamente representadas.

5.1.1.4 Selecionar Objetivos de Medição para CEP

Nesta atividade foram selecionados apenas os objetivos diretamente relacionados aos processos a ser tratados em MePPLa, ou seja, aqueles cujo alcance está realmente associado ao processo relacionado. Assim, foram excluídos objetivos de medição que, apesar de relacionados aos processos nos estudos realizados, não são diretamente relacionados a eles. Por exemplo, o objetivo *Melhorar a detecção de defeitos* está relacionado ao processo de *Codificação* no conjunto inicial de processos, mas não há uma relação direta entre esse objetivo e esse processo. Assim, o objetivo foi desconsiderado. Da mesma forma, foram desconsiderados os objetivos *Avaliar a eficácia da inspeção*, *Avaliar a eficiência do projeto* e *Avaliar a eficiência da codificação* relacionados ao processo de Testes.

5.1.1.5 Selecionar Medidas Adequadas ao CEP

Nesta atividade, para cada processo/objetivo de medição identificado nas atividades anteriores foram selecionadas as medidas adequadas ao CEP. Para a seleção, os critérios apresentados no Capítulo 2 foram levados em consideração. Por exemplo, a medida *número de defeitos*, *Tempo de manutenção*, *Tempo gasto em responder a relatórios de problemas*, *Número de itens de ação detectados na revisão por pares*, *Número de defeitos injetados na codificação*, *Número de defeitos injetados no projeto* e *Número de defeitos injetados nos requisitos* não foram selecionadas, pois não estão normalizadas e, assim, não são recomendadas para o CEP. Uma vez que as medidas do conjunto inicial de processos, objetivos de medição e medidas foram obtidas através de estudos sobre nos quais foram identificadas medidas que são utilizadas no CEP, poucas foram as medidas excluídas nesta atividade, uma vez que a maioria delas foi considerada adequada para o CEP.

Assim como na seleção dos objetivos, foram selecionadas as medidas com relações diretas com os processos/objetivos de medição. Por exemplo, a medida *eficácia na remoção dos defeitos*, relacionada ao processo de *Testes*, não foi selecionada, uma vez que o processo de Testes não é responsável pela remoção dos defeitos e sim pela detecção dos defeitos.

Considerando-se que na atividade anterior alguns objetivos de medição do conjunto inicial não foram selecionados, algumas medidas relacionadas a esses objetivos podem ter ficado sem objetivos a elas associados. Nesse caso, as medidas adequadas para o CEP podem ser associadas a outros objetivos de medição. Vale lembrar que na próxima atividade os relacionamentos entre todos os elementos serão revistos e adequados.

5.1.1.6 Rever/ Refinar Processos, Objetivos de Medição e Medidas para o CEP

Até a atividade anterior os elementos e suas relações foram extraídos do conjunto inicial de processos, objetivos de medição e medidas obtidos a partir da literatura e do *survey*. Nesta atividade, seguindo as orientações de SAMPPLa, foram realizados alguns ajustes para que o conjunto de elementos resultante pudesse servir para extração dos padrões.

Objetivos mais gerais foram decompostos em objetivos mais específicos. Por exemplo, o objetivo *Monitorar custos e prazos do projeto* foi decomposto em *Monitorar custos do projeto* e *Monitorar prazos do projeto*. Ainda, *Estimar e controlar defeitos e esforço do processo de teste* foi decomposto em *Estimar e controlar defeitos do processo de teste* e *Estimar e controlar esforço do processo de teste*.

Foram definidas medidas mais gerais a partir de medidas mais específicas. Por exemplo, a partir das medidas *Precisão da estimativa de código* e *Precisão da estimativa de arquivo* que foi definida a medida *Precisão da estimativa de tamanho*.

Alguns processos foram decompostos em subprocessos, como, por exemplo, *Gerência de Projetos* foi decomposto em *Planejamento de Projetos* e *Monitoramento de Projetos*, e *Remoção de Defeitos* foi identificado como um subprocesso de *Codificação*.

Alguns objetivos de medição que tinham sido selecionados anteriormente foram eliminados, porque após a seleção das medidas adequadas (atividade que antecedeu esta) não restaram medidas associadas a eles. Esse foi o caso do objetivo *Melhorar a eficácia do processo de software*, que estava relacionado aos processos de *Codificação* e *Revisão*.

A Tabela 5.1 apresenta os resultados desta atividade, contendo os elementos associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste.

Tabela 5.1 – Elementos refinados associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste.

Processo	Subprocesso	Objetivo	Medidas
Gerência de Projetos	Monitoramento de Projetos	Monitorar prazos dos projetos	Índice de desempenho de prazo (<i>custo orçamentário do trabalho realizado / custo orçamentário do trabalho programado</i>)
		Monitorar custos dos projetos	Índice de desempenho de custo (<i>custo orçamentário do trabalho realizado / custo real do trabalho realizado</i>)
			Índice de desempenho de custo cumulativo (<i>Custo orçamentário para o trabalho programado / Esforço total utilizado por todas as ações</i>)
	Planejamento de Projetos	Melhorar a estimativa e planejamento	Precisão da estimativa de esforço (<i>esforço estimado / esforço real</i>)
			Precisão da estimativa de duração (<i>duração real / duração estimada</i>)

Tabela 5.1 – Elementos refinados associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste (cont.).

Processo	Subprocesso	Objetivo	Medidas
Gerência de Projetos	Planejamento de Projetos	Melhorar o desempenho do cronograma	Precisão da estimativa de duração <i>(duração real / duração estimada)</i>
		Entender o desempenho do processo de gerência de projetos	Precisão da estimativa de esforço da tarefa <i>(esforço estimado da tarefa/ esforço real da tarefa)</i>
			Variação do esforço de tarefa <i>(esforço estimado da tarefa - esforço real da tarefa)</i>
			Precisão da estimativa de esforço <i>(esforço estimado/ esforço real)</i>
			Precisão da estimativa de duração <i>(duração real / duração estimada)</i>
			Porcentagem de esforço economizado pela automação de processos
			Ganhar a concorrência no mercado
		Precisão da estimativa de arquivo <i>(número real de arquivos/ número estimado de arquivos)</i>	
		Precisão da estimativa de tamanho <i>(tamanho real/ tamanho estimado)</i>	
		Precisão da estimativa de custo <i>(custo real / custo estimado)</i>	
		Precisão da estimativa de esforço <i>(esforço estimado/ esforço real)</i>	
		Precisão da estimativa de duração <i>(duração real / duração estimada)</i>	
		Codificação	
Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados / tamanho do produto)</i>			
	Melhorar a produtividade		Retrabalho <i>(Horas / tamanho)</i>
			Produtividade <i>(tamanho do produto(ou duração da tarefa)/ esforço)</i>
	Melhorar a qualidade do produto		Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados / tamanho do produto)</i>
	Avaliar a qualidade do processo		Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados / tamanho do produto)</i>
	Reduzir os custos gastos com desempenho de má qualidade		Custo da má qualidade <i>(custo de correção de falha interna + custo de correção de falha externa)</i>
			Custo da qualidade <i>(custo de avaliação + custo de prevenção de defeitos + custo de correção de falha interna + custo de correção de falha externa)</i>
	Reduzir defeitos nos produtos		Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados / tamanho do produto)</i>
	Gerenciar a distribuição de injeção de defeitos nos diferentes tipos de atividades		Taxa de injeção de defeitos (por fase) <i>(número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos)</i>

Tabela 5.1 – Elementos refinados associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste (cont.).

Processo	Subprocesso	Objetivo	Medidas
Codificação	Remoção de Defeitos	Gerenciar as atividades remoção de defeitos	Distribuição de Injeção de Defeitos (defeitos injetados nos requisitos (ou projeto, codificação e teste) / todos os defeitos removidos no teste do sistema * 100%)
	Remoção de Defeitos	Gerenciar a eficácia das atividades de remoção de defeitos	Eficácia da remoção de defeitos (número de defeitos removidos nos requisitos (ou projeto, codificação e teste) / número de defeitos detectados)
	Remoção de Defeitos	Reduzir defeito injectado	Taxa de injeção de defeitos (por fase) (número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos)
		Entender o desempenho dos processos de software	Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
		Entender e prever a qualidade do produto e do processo de desenvolvimento	Taxa de injeção de defeitos (por fase) (número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos)
			Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
		Verificar se o desenvolvimento atende às metas de qualidade	Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
		Ganhar a concorrência no mercado	Taxa de injeção de defeitos (por fase) (número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos)
		Ganhar a concorrência no mercado	Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
		Monitorar a qualidade na execução da atividade	Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto testado)
		Monitorar o desempenho na execução da atividade	Produtividade (tamanho do produto(ou duração da tarefa) / esforço)
Teste		Entregar um sistema o mais próximo de livre de defeitos	Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
		Melhorar a detecção de defeitos	Porcentagem de defeitos causados por lógica defeituosa (número de defeitos causados por defeitos de lógica / número total de defeitos detectados*100)
			Porcentagem de defeitos encontrados em operação (número de defeitos encontrados em operação / número total de defeitos detectados*100)
			Porcentagem de defeitos de alta gravidade identificados em produção (número de defeitos de alta severidade identificados na produção / número total de defeitos detectados*100)
			Porcentagem de defeitos de alta gravidade identificados nos testes (número de defeitos de alta gravidade identificados no teste / número total de defeitos detectados *100)
			Porcentagem de defeitos rejeitados (número de defeitos rejeitados / número total de defeitos detectados *100)
			Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)

Tabela 5.1 – Elementos refinados associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste (cont.).

Processo	Subprocessos	Objetivo	Medidas
Teste		Melhorar a produtividade	Retrabalho (Horas / tamanho)
			Produtividade (Tamanho do produto (ou duração da tarefa)/esforço)
			Porcentagem de esforço economizado pela automação de processos
		Estimar e controlar esforço do processo de teste	*Esforço
			Esforço de detecção de defeitos
			Produtividade (Tamanho do produto (ou duração da tarefa)/esforço)
		Estimar e controlar defeitos do processo de teste	Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
		Melhorar a qualidade do produto	Densidade de defeitos escapados (defeitos detectados após a entrega do produto / tamanho do produto)
			Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
			Taxa de injeção de defeitos (número de defeitos injetados/número de defeitos detectados removidos)
		Avaliar a eficiência de testes	Eficiência do teste (defeitos detectados/ defeitos detectados + defeitos escapados)
			Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
		Melhorar a confiabilidade do software	Diferença do tempo médio entre falhas
		Aumentar a satisfação do cliente	Porcentagem de defeitos causados por lógica defeituosa (número de defeitos causados por defeitos de lógica / número total de defeitos detectados*100)
			Porcentagem de defeitos encontrados em operação (número de defeitos encontrados em operação/ número total de defeitos detectados*100)
			Porcentagem de defeitos de alta gravidade identificados em produção (número de defeitos de alta severidade identificados na produção / número total de defeitos detectados*100)
			Porcentagem de defeitos de alta gravidade identificados nos testes (número de defeitos de alta gravidade identificados no teste / número total de defeitos detectados *100)
			Porcentagem de defeitos rejeitados (número de defeitos rejeitados / número total de defeitos detectados *100)
		Avaliar a qualidade do processo	Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)
		Monitorar o desempenho do processo	Produtividade (Tamanho do produto (ou duração da tarefa)/ esforço)

Tabela 5.1 – Elementos refinados associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste (cont.).

Processo	Subprocessos	Objetivo	Medidas
Teste		Reduzir defeitos nos produtos	Densidade de defeitos (<i>número de defeitos detectados / tamanho do produto</i>)
		Reduzir os custos operacionais	Porcentagem de defeitos causados por lógica defeituosa (<i>número de defeitos causados por defeitos de lógica / número total de defeitos detectados*100</i>)
			Porcentagem de defeitos encontrados em operação (<i>número de defeitos encontrados em operação/ número total de defeitos detectados*100</i>)
			Porcentagem de defeitos de alta gravidade identificados em produção (<i>número de defeitos de alta severidade identificados na produção / número total de defeitos detectados*100</i>)
			Porcentagem de defeitos de alta gravidade identificados nos testes (<i>número de defeitos de alta gravidade identificados no teste / número total de defeitos detectados *100</i>)
			Porcentagem de defeitos rejeitados (<i>número de defeitos rejeitados / número total de defeitos detectados *100</i>)
		Reduzir a quantidade de esforço despendido no desempenho de má qualidade	Esforço
Teste	Teste de Sistema	Gerenciar as atividades de teste do sistema	Distribuição de Injeção de Defeitos (defeitos injetados nos requisitos (ou projeto, codificação e teste) / todos os defeitos removidos no teste do sistema * 100%)
			Porcentagem do esforço de detecção no teste de sistema (esforço gasto em atividades de detecção de defeitos / esforço total do projeto * 100%)
	Teste de Unidade	Entender o desempenho dos processos de software	Densidade de anomalia de teste no desenvolvimento (número de anomalias de teste encontrado pela verificação e validação no desenvolvimento/número de testes revisados pela verificação e validação no desenvolvimento)
			Eficácia da verificação e validação dos testes de unidade (número de anomalias de teste de unidade encontrado pela verificação e validação/número de anomalias de teste de unidade encontrado por todas as fontes)
			Velocidade do teste de unidade (tamanho do produto testado/tempo gasto no teste de unidade)
			Eficácia do teste de unidade (número de defeitos detectados pelo teste de unidade / número de todos os defeitos)
			Produtividade (Tamanho do produto (ou duração da tarefa)/esforço)
			Densidade de defeitos (número de defeitos detectados / tamanho do produto)

Tabela 5.1 – Elementos refinados associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste (cont.).

Processo	Subprocessos	Objetivo	Medidas
Teste		Reduzir o número de defeitos escapados	Densidade de defeitos escapados <i>(defeitos detectados após a entrega do produto / tamanho do produto)</i>
		Gerenciar a distribuição de injeção de defeitos nos diferentes tipos de atividades	Taxa de injeção de defeitos (por fase) <i>(número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos)</i>
		Entender o desempenho do processo de teste	Densidade de anomalia de teste <i>(número de anomalia de teste encontrado pela verificação e validação / número de testes revisados pela verificação e validação)</i>
			Eficácia da verificação e validação do teste <i>(número de anomalia de teste encontrado pela verificação e validação / número de anomalias de teste encontrado por todas as fontes)</i>
	Desenvolvimento de Teste	Entender os efeitos do projeto de teste no desenvolvimento de testes	Taxa do esforço de revisão interna do desenvolvimento de teste <i>(esforço de revisão interna do desenvolvimento do teste / esforço de desenvolvimento do teste)</i>
	Desenvolvimento de Teste	Entender os efeitos do projeto de teste no desenvolvimento de testes	Esforço do desenvolvimento de teste <i>(esforço do projeto de teste + esforço de preparação dos procedimentos de teste)</i>
			Esforço de revisão interna do desenvolvimento de teste <i>(esforço de revisão interna do projeto de teste + esforço de revisão interna da preparação dos procedimentos de teste)</i>
	Produtividade do desenvolvimento de teste <i>(número de casos de teste / esforço do desenvolvimento de teste)</i>		
	Taxa do esforço de revisão interna do projeto de teste <i>(esforço de revisão interna do projeto de teste / esforço do projeto de teste)</i>		
	Projeto de Teste		Produtividade do projeto de teste <i>(número de casos de teste / esforço do projeto de teste)</i>
			Esforço do projeto de teste
	Projeto de Teste		Entender os efeitos do projeto de teste no desenvolvimento de testes
		Eficácia do teste <i>(número de defeitos detectados por teste / número de todos defeitos)</i>	
	Preparação dos Testes	Taxa do esforço de revisão interna da preparação dos procedimentos de teste <i>(esforço de revisão interna da preparação dos procedimentos de teste / esforço de preparação dos procedimentos de teste)</i>	
		Esforço de preparação dos procedimentos de teste	
		Esforço de revisão interna da preparação dos procedimentos de teste	
		Produtividade da preparação dos procedimentos de teste <i>(número de casos de teste / esforço de preparação dos procedimentos de teste)</i>	
	Monitorar a qualidade na execução da atividade	Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados / tamanho do produto testado)</i>	

Tabela 5.1 – Elementos refinados associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste (cont.).

Processo	Subprocessos	Objetivo	Medidas
Teste		Monitorar o desempenho na execução da atividade	Produtividade <i>(tamanho do produto(ou duração da tarefa)/ esforço)</i>
		Entender a relação entre as atividades de produtividade e garantia de qualidade durante o desenvolvimento do teste	Eficiência de detecção de itens de ação <i>(número de itens de ação / esforço de revisão por pares do desenvolvimento de teste)</i>
			Eficiência da resolução de itens de ação <i>(número de itens de ação / esforço da resolução de itens de ação)</i>
			Esforço da resolução de itens de ação
			Densidade de itens de ação <i>(número de itens de ação detectados na revisão por pares/ número de casos de teste)</i>
			Taxa do esforço de revisão interna do desenvolvimento de procedimentos de teste <i>(esforço de revisão interna do desenvolvimento de script de teste / esforço de desenvolvimento de script de teste real)</i>
			Esforço de revisão por pares do desenvolvimento de teste
			Produtividade do desenvolvimento dos procedimentos de teste <i>(número de casos de teste/ esforço de desenvolvimento de script de teste real)</i>
			Entender o desempenho do processo de teste
		Entender o desempenho do processo de teste	Eficácia da verificação e validação do teste de sistema <i>(número de anomalias de teste do sistema encontradas pela verificação e validação/ número de anomalias de teste do sistema encontradas por todas as fontes)</i>
			Densidade de anomalia de teste no teste de sistema <i>(número de anomalias de teste encontradas pela verificação e validação no teste do sistema / número de testes revisados pela verificação e validação no teste do sistema)</i>
			Precisão da estimativa do esforço de teste do sistema <i>(esforço estimado do teste de sistema / esforço real do teste de sistema)</i>
			Velocidade do teste de sistema <i>(tamanho do produto testado/ tempo gasto no teste de sistema)</i>
		Entender e prever a qualidade do produto e do processo de desenvolvimento	Taxa de injeção de defeitos (por fase) <i>(número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos)</i>
			Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados / tamanho do produto)</i>
		Verificar mudanças no processo de teste	Eficácia do teste de unidade <i>(número de defeitos detectados pelo teste de unidade / número de todos os defeitos)</i>
		Verificar se o desenvolvimento atende às metas de qualidade	Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados / tamanho do produto)</i>
		Ganhar a concorrência no mercado	Taxa de injeção de defeitos (por fase) <i>(número de defeitos injetados / número de defeitos detectados removidos)</i>

Tabela 5.1 – Elementos refinados associados aos processos Gerência de Projetos, Codificação e Teste (cont.).

Processo	Subprocessos	Objetivo	Medidas
Teste		Ganhar a concorrência no mercado	Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados / tamanho do produto)</i>
		Monitorar índice de defeitos encontrados	Índice de defeitos encontrados <i>(índice de defeitos retirados × índice de erros cliente)</i>

5.1.2 Desenvolver Linguagem de Padrões

Nesta atividade a linguagem de padrões foi desenvolvida. Para isso foram realizadas as atividades descritas a seguir.

5.1.2.1 Identificar Padrões de Planejamento de Medição

Nesta atividade o conjunto de elementos resultantes da atividade *Desenvolver Fontes para extração dos Padrões* foi analisado para identificar os padrões de planejamento de medição da linguagem de padrões. Nesta atividade também foram estabelecidas definições operacionais adequadas ao CEP para as medidas incluídas nos padrões.

Como dito anteriormente, os padrões de planejamento de medição seguem o formato GQM (BASILI *et al.*, 1994), ou seja, um padrão de planejamento de medição possui objetivo de medição, necessidades de informações e medidas.

Para identificar os padrões a serem incluídos na linguagem, os resultados do *survey* foram utilizados como base para ajudar a selecionar os padrões para os processos de Codificação e Teste, uma vez que esses processos foram identificados tanto no *survey* como na literatura. Assim, as medidas e objetivos de medição encontrados no *survey* foram usados para indicar que elementos deveriam estar nos padrões relacionados a esses processos.

Algumas ações foram realizadas durante o processo de extração dos padrões a fim de criar uma linguagem de padrões que possa ser utilizada por diferentes organizações que desejam submeter processos ao CEP.

Em relação aos objetivos de medição, objetivos de medição muito gerais, como por exemplo, *Ganhar a concorrência no mercado* e *Entender o desempenho do processo de software*, foram desconsiderados, pois, embora possam ser utilizados no contexto do CEP, eles são muito gerais e para a linguagem desejava-se padrões com objetivos de medição um pouco mais específicos. Alguns objetivos de medição similares ou complementares foram unificados. Por exemplo, os objetivos do processo de Gerência de Projetos, *Melhorar desempenho de prazo* e *Melhorar planejamento e estimativas do projeto* foram unificados em *Melhorar planejamento e*

estimativas do projeto, e os objetivos do processo de Teste, *Reduzir o número de defeitos escapados* e *Melhorar a detecção de defeitos* foram unificados em *Melhorar a eficácia dos testes*. É importante notar que os objetivos citados poderiam ser usados no contexto do CEP, porém a utilização ou não de certos elementos e ajustes destes para comporem padrões são decisões que dependem do propósito da linguagem e do conhecimento do engenheiro da linguagem. Daí, para a linguagem sendo criada, optou-se por unificar alguns objetivos.

Em relação às medidas, medidas muito específicas, como por exemplo, *Porcentagem de esforço economizado pela automação dos processos*, *Eficácia da verificação e validação dos testes* e *Taxa do esforço de revisão interna do desenvolvimento dos testes* foram desconsideradas.

Na identificação dos padrões do processo de Gerência de Projetos, mais especificamente para alguns padrões do subprocesso Planejamento de Projetos, decidiu-se considerar tipos diferentes de granularidade. Foram extraídos padrões para estimativas de esforço, duração e custo, considerando-se os níveis de atividade, fase e processo. Assim, quando a linguagem de padrões for aplicada, o usuário poderá escolher o nível de granularidade conforme sua necessidade.

Para os padrões do processo de Codificação, com base no *survey*, optou-se por identificar padrões contendo medidas relacionadas a produtividade, densidade de defeitos e retrabalho, pois esses foram os aspectos abordados nos elementos identificados a partir do *survey*. Para os padrões do processo de Testes optou-se por identificar padrões relacionados a defeitos escapados, defeitos detectados e esforço relacionado aos testes, uma vez que esses foram os aspectos tratados nos elementos encontrados no *survey*.

Com relação aos padrões do processo de Testes, na literatura foram encontradas medidas relacionadas a testes de unidade e de sistema, então decidiu-se definir medidas mais específicas a partir da medida densidade de defeitos que envolvesse esses tipos de testes. Assim, o usuário da linguagem de padrões poderá escolher aquelas que melhor se adequam ao contexto em que a linguagem de padrões é aplicada. Para este processo, baseado no conhecimento do pesquisador, foram inclusos dois padrões complementares, um relacionado a testes de integração e o outro relacionado à preparação dos testes, cujo objetivo é *Melhorar a eficiência da preparação dos testes*. Esses padrões não foram identificados nem na literatura, nem no *survey*, mas foram considerados necessários para melhor atender ao propósito da linguagem de padrões e para possibilitar uma análise mais completa do processo de Testes.

Após a realização dessas ações, os elementos selecionados para comporem os padrões a serem inclusos na linguagem são os apresentados na Tabela 5.2. Para melhor visualização, os elementos estão organizados por processo.

Tabela 5.2 – Elementos selecionados para compor os padrões a serem inclusos na LP.

Processo: Gerência de Projetos		
Subprocesso (quando houver)	Objetivos de Medição	Medidas
Planejamento de Projetos	Melhorar planejamento do projeto e estimativas de tamanho	Precisão da estimativa de tamanho <i>(tamanho real/ tamanho estimado)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento do esforço da atividade	Precisão das estimativas de esforço da atividade <i>(esforço real da atividade / esforço estimado para a atividade)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento do esforço da fase	Precisão das estimativas de esforço da fase <i>(esforço real da fase / esforço estimado para a fase)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento do esforço do processo	Precisão das estimativas de esforço do processo <i>(esforço real do processo/ esforço estimado para o processo)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento da duração da atividade	Precisão das estimativas de duração da atividade <i>(duração real da atividade / duração estimada para a atividade)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento da duração da fase	Precisão das estimativas de duração da fase <i>(duração real da fase / duração estimada para a fase)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento da duração do processo	Precisão das estimativas de duração do processo <i>(duração real do processo/ duração estimada para o processo)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento do custo da atividade	Precisão das estimativas de custo da atividade <i>(custo real da atividade / custo estimado para a atividade)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento do custo da fase	Precisão das estimativas de custo da fase <i>(custo real da fase / custo estimado para a fase)</i>
	Melhorar as estimativas e planejamento do custo do processo	Precisão das estimativas de custo do processo <i>(custo real do processo/ custo estimado para o processo)</i>
Monitoramento do Projeto	Monitorar o desempenho de prazo do projeto	Índice de Desempenho de Prazo <i>(valor agregado/ valor planejado)</i>
	Monitorar o desempenho de custo do projeto	Índice de Desempenho de Custo <i>(valor agregado/ custo real)</i>
Processo: Codificação		
Subprocesso (quando houver)	Objetivos de Medição	Medidas
–	Melhorar a produtividade da codificação	Produtividade na Codificação <i>(product size(or task duration)/ effort)</i>
–	Melhorar a qualidade do produto	Densidade de defeitos <i>(número de defeitos detectados/ tamanho do produto testado)</i>
–	Melhorar a qualidade do processo de Codificação	Retrabalho <i>(Tempo despendido com retrabalho/ tamanho do produto)</i>
-	Melhorar a confiabilidade do produto	Diferença do tempo médio entre falhas <i>(Soma do tempo entre falhas/ (número de falhas -1))</i>
Remoção de Defeitos	Melhorar a eficácia da remoção de defeitos	Eficácia da remoção de defeitos <i>(número de defeitos removidos / número de defeitos detectados)</i>
Remoção de Defeitos	Reduzir defeitos injetados	Taxa de injeção de defeitos <i>(número de defeitos injetados/ tamanho do produto)</i>

Tabela 5.2 – Elementos selecionados para compor os padrões a serem inclusos na LP.

Processo: Testes			
Subprocesso (quando houver)	Objetivos de Medição	Medidas	
Execução dos Testes	Melhorar a eficácia dos testes	Densidade de defeitos detectados <i>(número de defeitos detectados/ tamanho do produto testado)</i>	
		Densidade de defeitos escapados <i>(número de defeitos escapados/ tamanho do produto entregue)</i>	
	Melhorar a eficácia dos testes de unidade	Densidade de defeitos encontrados no teste de unidade <i>(número de defeitos detectados no teste de unidade/ tamanho do produto testado)</i>	
		Densidade de defeitos escapados no teste de unidade <i>(número de defeitos escapados no teste de unidade/ tamanho do produto entregue)</i>	
	Melhorar a eficácia dos testes de sistema	Densidade de defeitos encontrados no teste de sistema <i>(número de defeitos detectados no teste de sistema/ tamanho do produto testado)</i>	
		Densidade de defeitos escapados no teste de sistema <i>(número de defeitos escapados no teste de sistema / tamanho do produto entregue)</i>	
	Melhorar a eficácia dos testes de integração	Densidade de defeitos encontrados no teste de integração <i>(número de defeitos detectados no teste de integração/ tamanho do produto testado)</i>	
		Densidade de defeitos escapados no teste de integração <i>(número de defeitos escapados no teste de integração / tamanho do produto entregue)</i>	
	Melhorar eficiência dos testes	Eficiência do teste <i>(número de defeitos detectados/ esforço de detecção de defeitos)</i>	
	Melhorar eficiência dos testes de unidade	Eficiência do teste de unidade <i>(número de defeitos detectados no teste de unidade/ esforço de detecção de defeitos no teste de unidade)</i>	
	Melhorar eficiência dos testes de sistema	Eficiência do teste de sistema <i>(número de defeitos detectados no teste de sistema/ esforço de detecção de defeitos no teste de sistema)</i>	
	Melhorar eficiência dos testes de integração	Eficiência do teste de integração <i>(número de defeitos detectados no teste de integração / esforço de detecção de defeitos no teste de integração)</i>	
	Preparação dos testes	Melhorar produtividade na preparação dos testes	Produtividade na preparação do teste <i>(número de casos de teste elaborados/ esforço de preparação dos testes)</i>
		Melhorar eficiência da preparação dos testes	Eficiência da preparação dos testes <i>(densidade de defeitos detectados / esforço de preparação dos testes)</i>

MePPLa possui 28 padrões, sendo 12 relacionados ao processo de Gerência de Projetos, 6 relacionados ao processo de Codificação e 10 relacionados ao processo de Testes.

A Tabela 5.3 apresenta os padrões relacionados a cada processo e o objetivo de medição que leva à utilização do padrão. Um padrão pode ser definido como uma solução para um problema. Assim, nos padrões de MePPLa, a monitoração ao alcance a um objetivo de medição é o problema que a aplicação do padrão associado a esse objetivo busca resolver.

Tabela 5.3 – Padrões de MePPLa.

Processo: Gerência de Projetos	
Objetivo de Medição	Padrão
Melhorar estimativas de tamanho	Precisão das Estimativas de Tamanho
Melhorar estimativas de esforço da atividade	Precisão das Estimativas de Esforço da Atividade
Melhorar estimativas de esforço da fase	Precisão das Estimativas de Esforço da Fase
Melhorar estimativas de esforço do processo	Precisão das Estimativas de Esforço do Processo
Melhorar estimativas de duração da atividade	Precisão das Estimativas de Duração da Atividade
Melhorar estimativas de duração da fase	Precisão das Estimativas de Duração da Fase
Melhorar estimativas de duração do processo	Precisão das Estimativas de Duração do Processo
Melhorar estimativas de custo da atividade	Precisão das Estimativas de Custo da Atividade
Melhorar estimativas de custo da fase	Precisão das Estimativas de Custo da Fase
Melhorar estimativas de custo do processo	Precisão das Estimativas de Custo do Processo
Monitorar prazo do projeto	Desempenho de Prazo
Monitorar custo do projeto	Desempenho de Custo
Processo: Codificação	
Objetivo de Medição	Padrão
Melhorar a produtividade da codificação	Produtividade da Codificação
Melhorar a qualidade da codificação	Qualidade da Codificação
Melhorar a qualidade do produto	Qualidade do Produto
Melhorar a confiabilidade do produto	Confiabilidade do Produto
Melhorar a eficácia da remoção de defeitos	Eficácia da Remoção de Defeitos
Reduzir defeitos injetados	Injeção de Defeitos
Processo: Testes	
Objetivo de Medição	Padrão
Melhorar a eficácia dos testes	Eficácia dos Testes
Melhorar a eficácia dos testes de unidade	Eficácia dos Testes de Unidade
Melhorar a eficácia dos testes de sistema	Eficácia dos Testes de Sistema
Melhorar a eficácia dos testes de integração	Eficácia dos Testes de Integração
Melhorar a eficiência dos testes	Eficiência dos Testes
Melhorar a eficiência dos testes de unidade	Eficiência dos Testes de Unidade
Melhorar a eficiência dos testes de sistema	Eficiência dos Testes de Sistema
Melhorar a eficiência dos testes de integração	Eficiência dos Testes de Integração
Melhorar a produtividade na preparação dos testes	Produtividade na Preparação dos Testes
Melhorar a eficiência na preparação dos testes	Eficiência na Preparação dos Testes

A descrição de cada padrão foi feita seguindo-se o formato estabelecido em SAMPPLa. A Tabela 4.1, apresentada no Capítulo 4, contém a descrição do padrão *Índice de Desempenho de Prazos*, definido durante a realização desta atividade. A descrição de todos os padrões identificados é apresentada no Apêndice B. É importante lembrar que algumas informações das definições operacionais dependem da organização para a qual o plano de medição a ser gerado a partir do uso da linguagem será elaborado. Logo, algumas informações não foram definidas (por exemplo, responsável pela medição e momento da medição) e devem ser fornecidas pelo usuário quando linguagem de padrões for aplicada.

5.1.2.2 Construir a Linguagem de Padrões

Nesta atividade a linguagem de padrões propriamente dita foi desenvolvida. Os modelos foram criados utilizando a notação visual OPL-ML, definida em (QUIRINO, 2016) e apresentada no Capítulo 2. Para a construção da linguagem de padrões foram realizadas as atividades descritas a seguir.

5.1.2.2.1 Desenvolver Modelo Estrutural

Nesta atividade foram desenvolvidos os modelos estruturais da linguagem de padrões, os quais apresentam os padrões que compõem a linguagem e as relações estruturais entre eles. Seguindo-se OPL-ML, os padrões são representados por retângulos com *labels* sublinhados e os grupos de padrões são representados por regiões delimitadas por linhas retas com bordas grossas azuis.

Seguindo-se as orientações presentes em SAMPPLa, processos e subprocessos foram utilizados para agrupar os padrões. Interno aos grupos, os padrões e os relacionamentos identificados entre eles foram representados. As relações de dependência foram representadas por setas direcionadas onde o padrão origem da seta requer que o padrão destino seja aplicado. As relações representadas por setas tracejadas direcionadas com pontas duplas indicam que os padrões são correlacionados.

A Figura 5.1 apresenta o modelo estrutural contendo padrões relacionados ao processo de Gerência de Projetos.

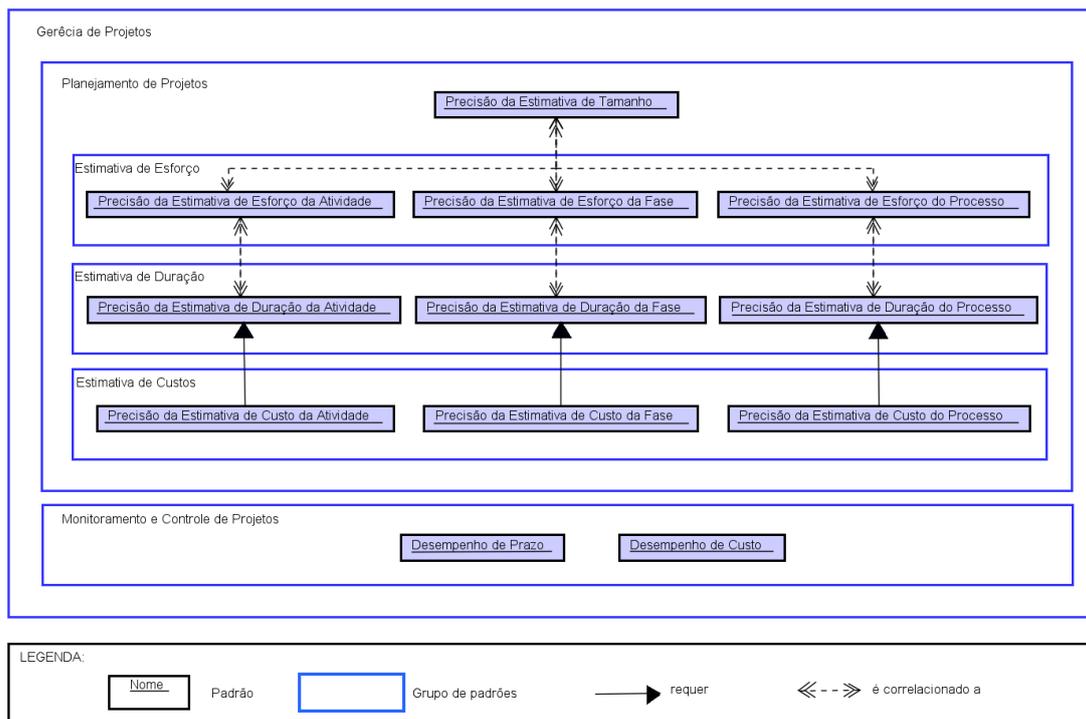


Figura 5.1 – Modelo Estrutural do grupo de padrões Gerência de Projetos.

O modelo estrutural do processo de gerência de projetos é composto por dois subgrupos, um relacionado ao subprocesso de Planejamento de Projetos e outro relacionado ao subprocesso de Monitoramento e Controle de Projetos. Dentro do grupo Planejamento de Projetos foram criados subgrupos para os padrões relacionados a estimativas de esforço, estimativas de duração e estimativas de custo. Relações de dependência foram identificadas entre os padrões relacionados a estimativas de custos e estimativa de duração. Por exemplo, o padrão *Precisão das Estimativas de Custo da Atividade* possui uma relação de dependência com o padrão *Precisão das Estimativas de Duração da Atividade*, uma vez que para estimar custos das atividades é necessário, antes, estimar a sua duração. Também foram identificadas correlações entre padrões. Por exemplo, o padrão *Precisão das Estimativas de Duração da Atividade* está correlacionado ao padrão *Precisão das Estimativas de Esforço da Atividade*, pois há relação entre esforço e duração de atividades, porém, para determinar a duração de uma atividade não é necessário, antes, determinar o esforço necessário para realizá-la.

A Figura 5.2 apresenta o modelo estrutural contendo padrões relacionados ao processo de Codificação.

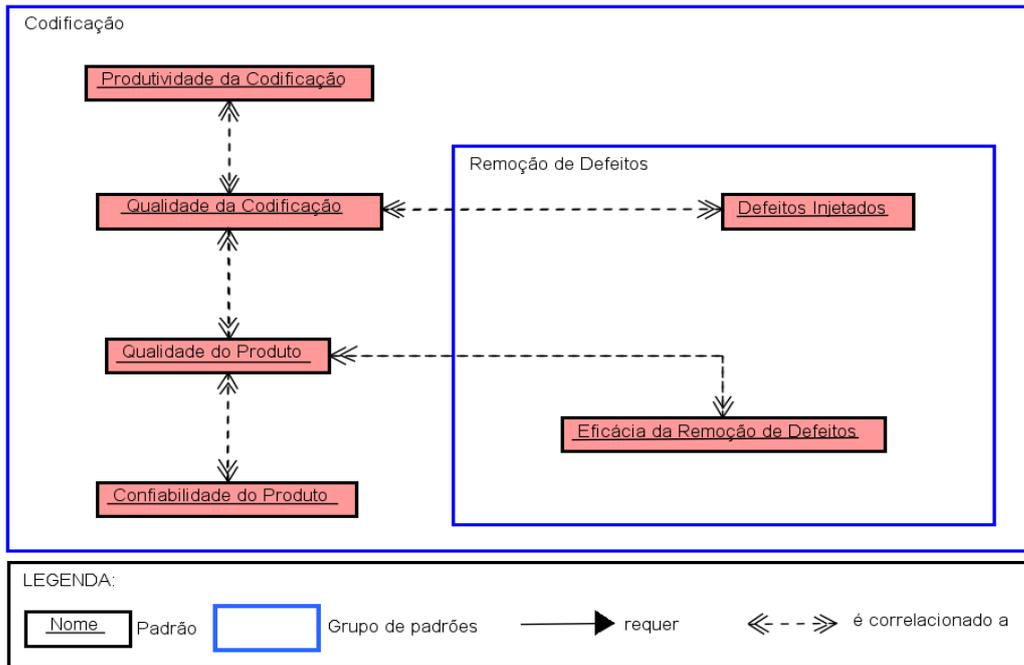


Figura 5.2 – Modelo Estrutura do grupo de padrões Codificação.

Entre os padrões relacionados ao processo de Codificação foram identificadas relações de correlação. Por exemplo, o padrão *Qualidade do Produto* está correlacionado ao padrão *Qualidade do Processo*, uma vez que a qualidade do processo pode impactar na qualidade do produto (um processo com má qualidade irá resultar em um produto de má qualidade), mas a aplicação do padrão *Qualidade do Produto* não depende da aplicação do padrão *Qualidade do Processo* (daí não haver relação de dependência entre eles). O modelo estrutural referente ao processo de Codificação possui apenas um subgrupo contendo padrões relacionados à Remoção de Defeitos.

A Figura 5.3 apresenta o modelo estrutural contendo padrões relacionados ao processo de Testes.

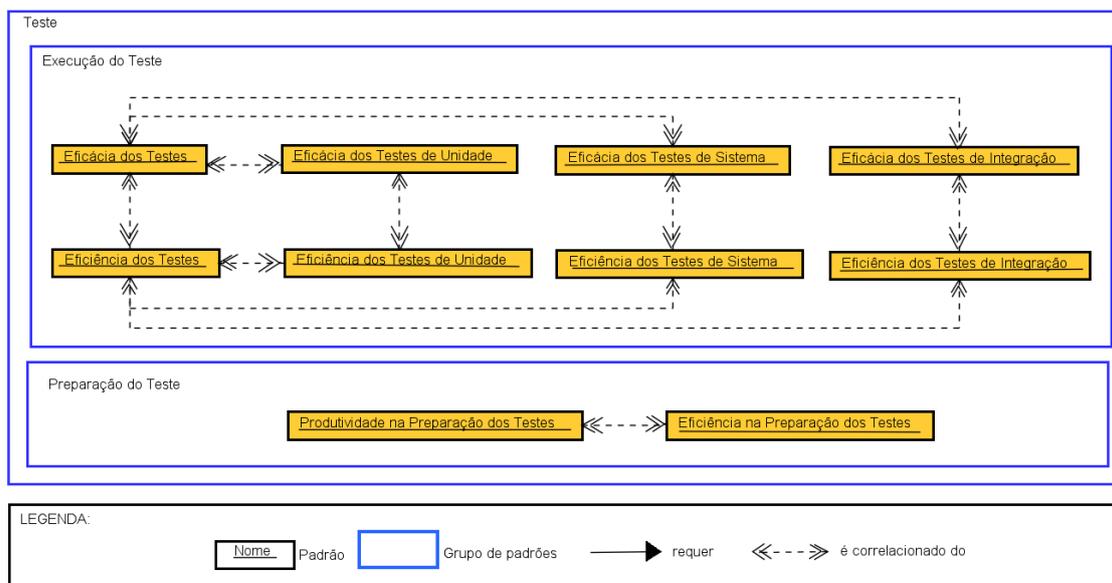


Figura 5.3 – Modelo Estrutural do grupo de padrões Testes.

Assim como nos padrões relacionados à Codificação, foram identificadas apenas relações do tipo correlação. Por exemplo, *Eficiência dos Testes* é correlato a *Eficácia dos Testes*, uma vez que melhorias na eficácia de testes podem impactar na sua eficiência (testes mais eficazes podem demandar mais esforço). O modelo estrutural referente a Testes possui dois subgrupos, um relacionado ao subprocesso Preparação dos Testes, que se refere à preparação dos procedimentos ou casos de testes, e outro relacionado ao subprocesso Execução dos Testes, que trata de aspectos referentes à execução dos testes propriamente dita.

5.1.2.2.2 *Desenvolver Modelo Comportamental*

Nesta atividade foi desenvolvido um modelo que descreve o processo de aplicação dos padrões. Na notação utilizada, os padrões são representados por retângulos arredondados com *labels*. Os grupos de padrões são representados por regiões delimitadas por linhas retas com bordas grossas azuis e com conexões curvas entre as linhas. Os pontos de entrada na LP são representados por círculos sólidos. Os nós de decisão (representados por losangos) são usados para representar caminhos alternativos. As setas representam o caminho que o usuário deve seguir na aplicação de padrões da LP. O círculo sólido circundado duplamente é utilizado para indicar o fim do processo de aplicação dos padrões.

O modelo comportamental possui dois formatos que são o formato caixa-preta, que fornece a visão geral da linguagem, e o formato detalhado, que fornece a visão

comportamental detalhada da linguagem de padrões, contendo os fluxos que guiam a aplicação dos padrões.

A Figura 5.4 apresenta o formato caixa-preta do modelo comportamental de MePPLa. Como orienta SAMPPLa, os processos são utilizados para agrupar os padrões e compõem a visão caixa-preta do modelo comportamental. Para guiar o fluxo foram utilizados nós de decisão que permitem ao usuário acessar os grupos de padrões de acordo com os processos que desejam submeter ao CEP.

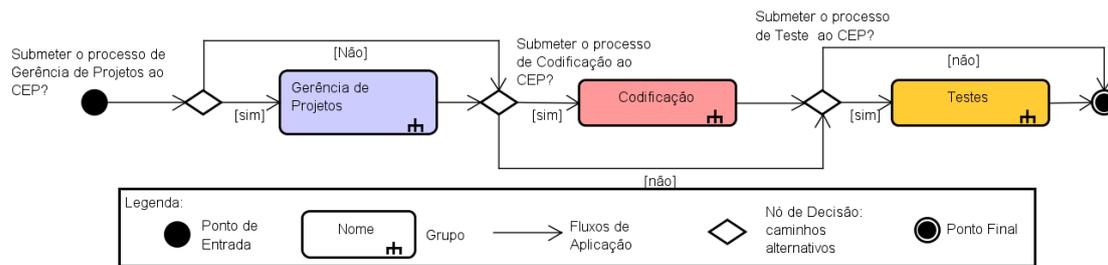


Figura 5.4 – Formato caixa-preta do modelo comportamental

O modelo comportamental detalhado mostra o conteúdo interno aos grupos. No desenvolvimento desse modelo, para cada grupo de processo e mantendo consistência com o modelo estrutural, subgrupos foram utilizados para agrupar padrões relacionados aos subprocessos. Fluxos para guiar a aplicação dos padrões foram definidos a fim de definir o processo de aplicação dos padrões a ser seguido pelo usuário da linguagem. Durante a elaboração do modelo detalhado, o modelo estrutural foi utilizado para indicando as relações entre os padrões que deveriam ser respeitadas no modelo comportamental. Por exemplo, a relação de dependência entre os padrões *Precisão das Estimativas de Custo* e *Precisão das Estimativas de Duração* indica que, no modelo comportamental, não deve ser possível aplicar o primeiro sem ter aplicado antes o segundo.

Foi elaborado um modelo comportamental detalhado para cada grupo de padrões presente na Figura 5.4. Em cada modelo, objetivos de medição mais gerais dos padrões foram utilizados para indicar pontos de entrada e objetivos de medição mais específicos foram utilizados para auxiliar nas tomadas de decisão. Por exemplo, para o grupo Gerência de Projetos, o objetivo *Melhorar planejamento do projeto e estimativas* foi utilizado para indicar o ponto de entrada para o subgrupo Planejamento de Projeto, ou seja, o usuário deve seguir para o subgrupo caso ele deseje *Melhorar planejamento do projeto e estimativas*. Objetivos mais específicos, tais como *Melhorar estimativas de tamanho* foram usados em nós de decisão para levar a aplicação ou não de um dado padrão. Por exemplo, caso se deseje alcançar o objetivo *Melhorar estimativas de tamanho*, o nó de decisão leva ao padrão *Precisão das Estimativas*

de *Tamanho*. Caso contrário, outro fluxo deve ser seguido. Utilizando-se os objetivos como base para a criação do fluxo, foi criado o modelo comportamental contendo os padrões de cada grupo e guiando na sua aplicação até um ponto final.

As figuras 5.5, 5.6 e 5.7 apresentam, respectivamente, o modelo comportamental dos grupos *Gerência de Projetos*, *Codificação* e *Testes*.

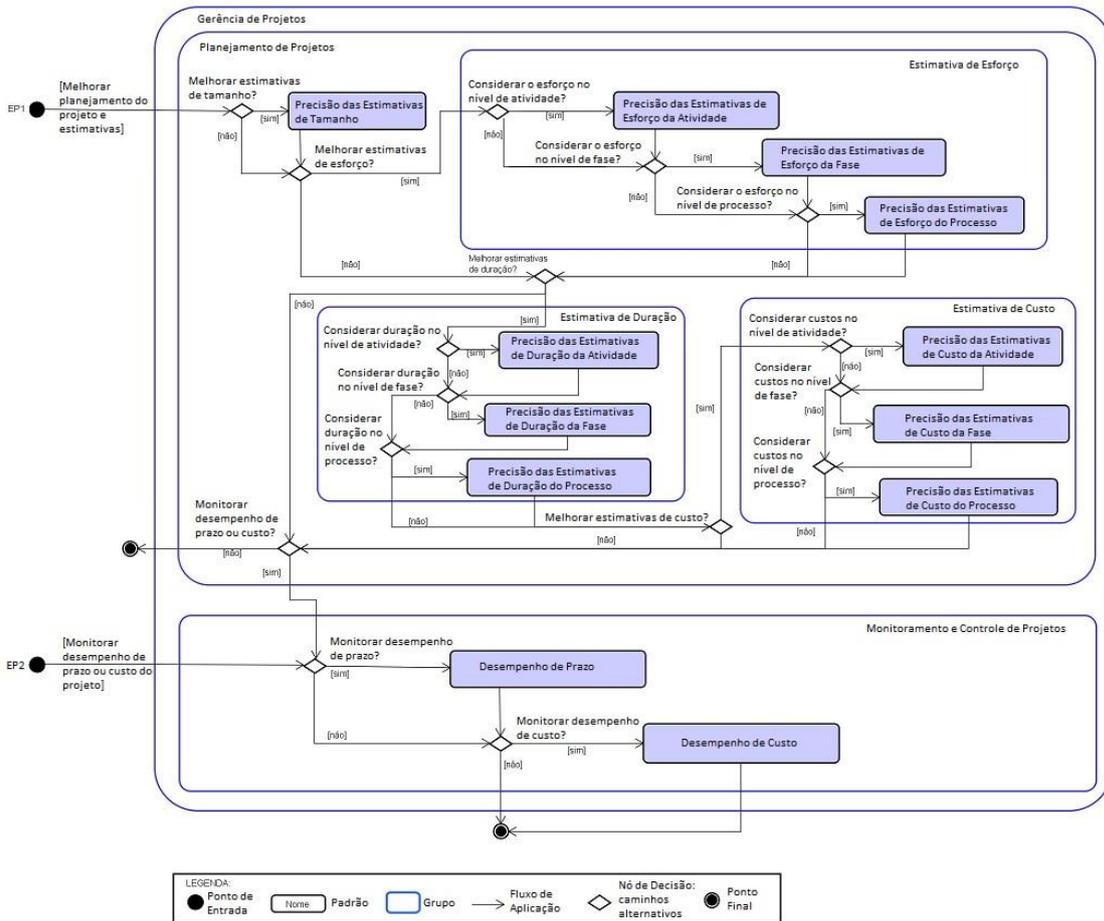
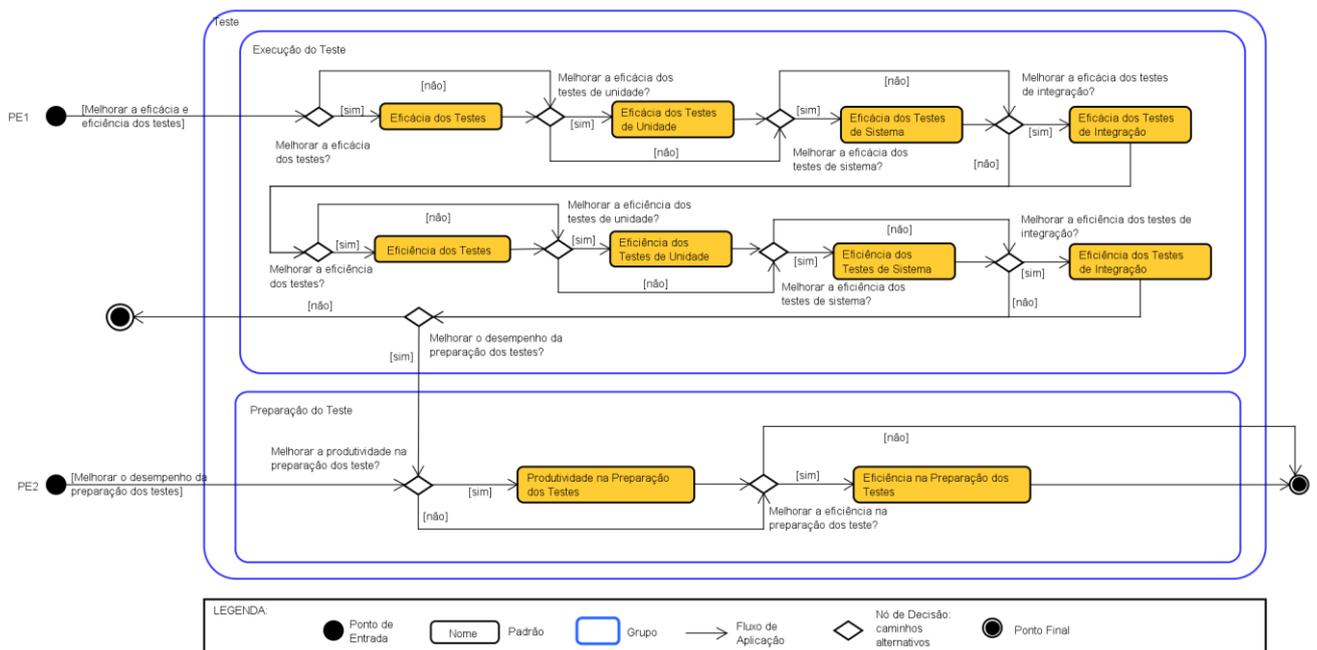
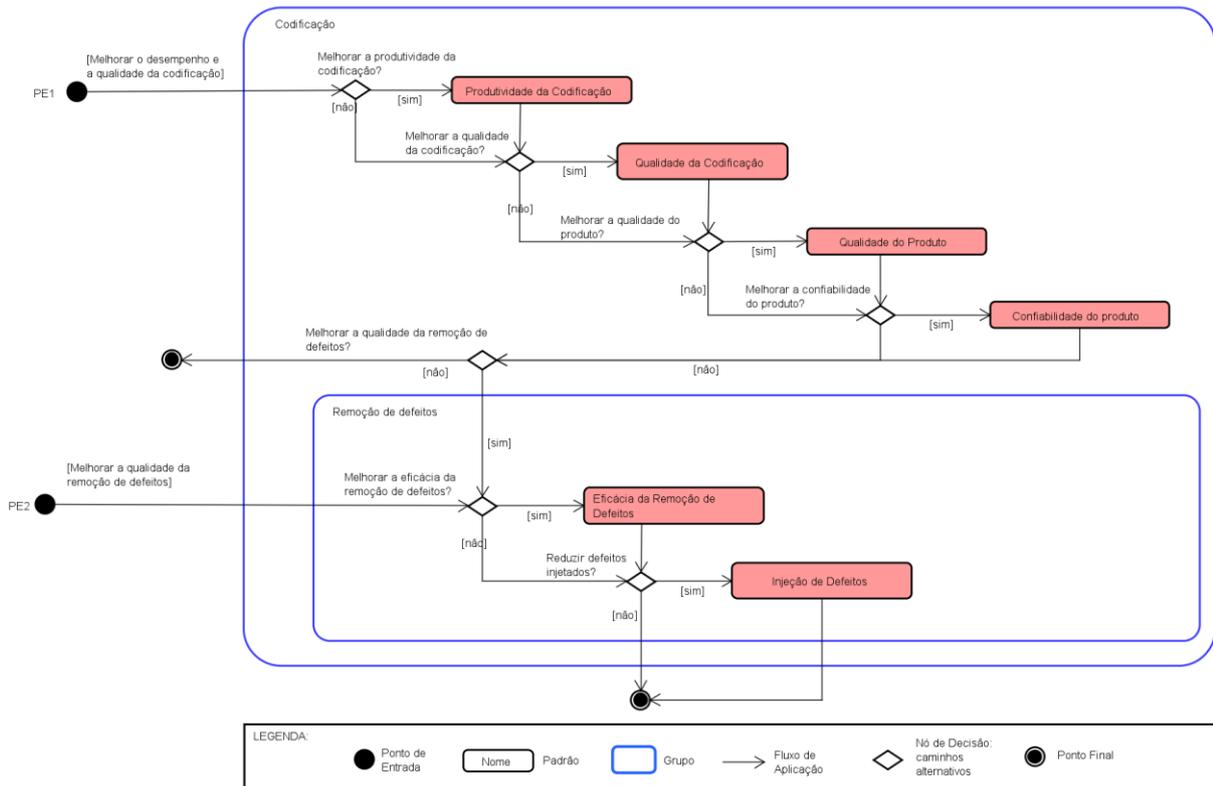


Figura 5.5 – Modelo Comportamental do grupo *Gerência de Projetos*.



5.1.2.3 Avaliação da Linguagem de Padrões

A avaliação de MePPLa foi realizada por meio de um estudo experimental. Tratados no âmbito da Engenharia de Software Experimental, os estudos experimentais

têm sido usados para encontrar indícios e aprimorar a utilização de técnicas no contexto de projetos de software (TRAVASSOS; GUROV; AMARAL, 2002). Buscando-se encontrar indícios para avaliar e aprimorar MePPLa, foi realizado um *survey*, que é descrito a seguir.

5.1.2.3.1 *Planejamento do Estudo*

O **objetivo** do estudo realizado foi avaliar se a linguagem de padrões desenvolvida no contexto desta dissertação é útil para apoiar o planejamento de medição de software adequado ao CEP e se seu uso é viável. Utilizando-se a abordagem GQM (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994) este objetivo é assim formalizado:

Analisar MePPLa

Com o propósito de avaliar a linguagem de padrões

Com respeito à utilidade no apoio ao planejamento de medição de software visando ao CEP e viabilidade de uso

Sob o ponto de vista de profissionais da área de medição de software

No contexto de projetos de software.

Para analisar os resultados foram considerados os seguintes indicadores:

- a) Adequação dos resultados gerados a partir do uso da linguagem de padrões;
- b) Utilidade da linguagem de padrões;
- c) Benefícios providos pelo uso da linguagem de padrões para o planejamento de medição.

A **instrumentação** utilizada na condução do estudo consiste de três formulários: (i) um termo de consentimento para a realização do estudo, que visa resguardar os direitos dos participantes quanto ao estudo e seus resultados; (ii) um formulário para caracterizar o perfil dos participantes, que visa obter informações sobre o conhecimento e experiência dos participantes em medição de software, controle estatístico de processos e linguagem de padrões; e (iii) um questionário que permite que os participantes registrem sua percepção após o uso de MePPLa. Esses formulários foram elaborados com auxílio do Google Forms¹ e são apresentados no Apêndice C desta dissertação.

O **procedimento** de condução do estudo consistiu no envio aos participantes de um documento contendo informações para que eles entendessem o contexto do trabalho e pudessem usar a ferramenta. A partir das instruções contidas no documento, os participantes utilizaram a ferramenta MePPLa e, em seguida, responderam um questionário

¹ <http://www.google.com/forms/about/>

eletrônico, no qual registraram sua percepção sobre o uso da linguagem de padrões. O documento disponibilizado aos participantes encontra-se no Apêndice C.

O **questionário** inclui questões relacionadas à utilidade da linguagem de padrões na elaboração de planos de medição visando o CEP, à adequação dos resultados gerados pelo uso da linguagem de padrões, à qualidade do plano de medição resultante do uso da linguagem, à produtividade da atividade de planejamento de medição decorrente do uso da linguagem de padrões. O questionário contém questões objetivas e discursivas. Para as objetivas é solicitado ao participante que inclua uma justificativa. O questionário também inclui uma questão discursiva que visa à avaliação geral e melhoria da linguagem de padrões. Algumas questões do questionário são apresentadas na Figura 5.14. O questionário pode ser visto na íntegra no Apêndice C.

Os **participantes** do *survey* foram profissionais com experiência na implementação ou avaliação do controle estatístico de processos em organizações de software e alunos do Programa de Pós-graduação em Informática (PPGI) da UFES com experiência em medição de software. Foi solicitada a participação de 6 pessoas, porém duas delas não tiveram disponibilidade para realizar a avaliação no tempo necessário. Assim, foram 4 os participantes do estudo. Dentre os participantes, dois informaram ter conhecimento *médio* em medição de software e controle estatístico de processos e dois informaram ter *alto* conhecimento. Em relação à experiência prática no planejamento de medição e controle estatístico de processos, dois participantes informaram ter *alta* experiência, um participante informou ter *média* e um participante informou não ter experiência. Quanto à experiência com linguagens de padrões, dois participantes informaram ter *alta* experiência, um participante informou ter *baixa* experiência e um participante informou ser sua primeira experiência.

Estudo Experimental

*Obrigatório

Estudo Experimental

Questionário de Avaliação de Atividade

Responda as questões abaixo considerando sua percepção inicial da MePPLa

Você considera o uso de MePPLa útil para elaborar planos de medição visando ao controle estatístico de processos? *

Muito útil

Útil

Neutro

Inútil

Muito inútil

*

Justificativa:

Sua resposta

Você considera o resultado gerado pelo uso de MePPLa adequado? *

Sim

Parcialmente

Não

*

Justificativa:

Sua resposta

Você considera que o uso da MePPLa para planejar a medição de software contribuiu para a qualidade do plano resultante (considerando o contexto tratado em MePPLa)? Justifique sua resposta. *

Sim

Parcialmente

Não

*

Justificativa:

Sua resposta

Você foi guiado na seleção das medidas que deveriam ser inclusas no plano de medição? *

Sim

Parcialmente

Não

*

Justificativa:

Sua resposta

Figura 5.8 – Fragmento do questionário de avaliação.

5.1.2.3.2 Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos para cada questão a partir dos questionários respondidos pelos participantes do estudo.

a) **Você considera o uso de MePPLa útil para elaborar planos de medição visando ao controle estatístico de processos?**



Figura 5.9 – Utilidade de MePPLa.

A respeito da utilidade de MePPLa para criar planos de medição, dois participantes informaram ser *muito útil*, um participante informou ser *útil* e um participante informou ser *inútil*. Esse último participante diz considerar os padrões úteis, mas acha que a utilização de catálogos pode ser mais prática, uma vez que permite alterar as medidas selecionadas ou incluir novas medidas mais facilmente do que usando a ferramenta MePPLa. Os demais participantes afirmam que MePPLa é útil, pois auxilia na escolha das medidas.

b) **Você considera o resultado gerado pelo uso de MePPLa adequado?**

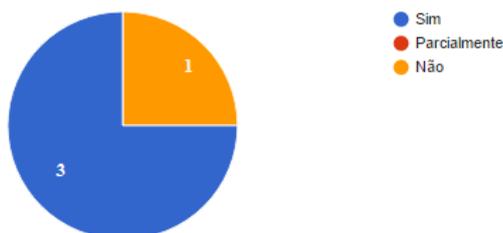


Figura 5.10 – Adequação do resultado gerado por MePPLa.

Com relação à adequação dos resultados gerados pelo uso de MePPLa, três dos participantes declararam considerar o resultado adequado e um participante informou não ser adequado. As justificativas da maioria dos participantes estão relacionadas à adequação das medidas e suas definições operacionais inclusas no plano de medição gerado. O participante que considerou os resultados inadequados comentou que o plano gerado é adequado estruturalmente, mas faltam informações nas definições operacionais das medidas e os objetivos de negócio não são considerados.

c) Você considera que o uso da MePPLa para planejar a medição de software contribuiu para a qualidade do plano resultante (considerando o contexto tratado em MePPLa)?

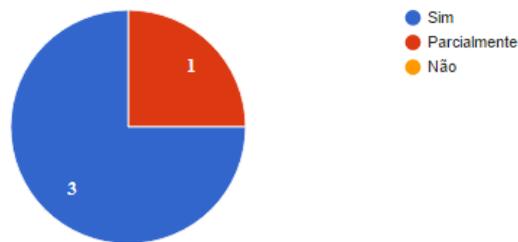


Figura 5.11 – Contribuição de MePPLa para a qualidade do plano resultante.

Três participantes consideram que o uso de MePPLa contribuiu para a qualidade dos planos de medição gerados, uma vez que, com o uso dos padrões, as medidas estão bem definidas bastando apenas cada organização fazer a adaptação para sua realidade. Um participante considera que MePPLa contribuiu *parcialmente*, pois não trata explicitamente objetivos organizacionais, objetivos de qualidade e desempenho e as informações de coleta e análise das medidas não são muito detalhadas.

d) Você foi guiado na seleção das medidas que deveriam ser inclusas no plano de medição?

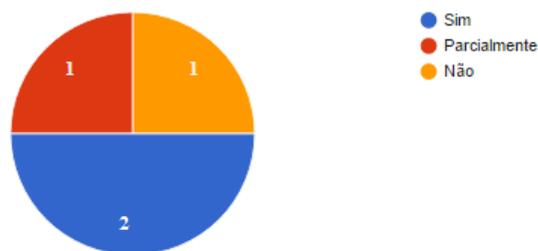


Figura 5.12 – Orientação na seleção das medidas

Quanto à seleção das medidas que deveriam ser inclusas no plano de medição, metade dos participantes responderam que foram guiados, um participante informou que foi guiado parcialmente e um participante informou que não foi guiado. Para esse participante os fluxos poderiam oferecer maiores orientações para ajudar na escolha das medidas.

e) **Quão difícil você achou usar MePPLa?**



Figura 5.13 – Dificuldade de uso de MePPLa.

Com respeito à dificuldade de uso de MePPLa, metade dos participantes considerou ser muito fácil e metade considerou ser fácil. Em geral, nos comentários, os participantes disseram que o uso de MePPLa é bastante intuitivo e direto. Ainda, um dos participantes ressaltou que a ferramenta é um instrumento importante para o uso da linguagem de padrões.

f) **Você considera que o uso de MePPLa contribui para a reutilização de objetivos e medidas nos planos de medição?**



Figura 5.14 – Reutilização dos objetivos de medição e medidas nos planos.

Todos os participantes consideram que o uso de MePPLa contribui para a reutilização dos objetivos de medição e medidas. Isso já era esperado, visto que um dos benefícios de uma linguagem de padrões é favorecer reuso.

g) **Caso você tenha tido outras experiências na elaboração de planos de medição, você considera que o uso de MePPLa contribuiu para tornar a atividade de planejamento de medição mais produtiva?**

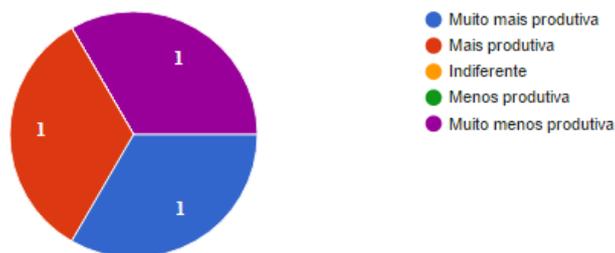


Figura 5.15 – Produtividade gerada por MePPLa

Com relação à produtividade, um participante informou que MePPLa torna a elaboração de planos de medição *muito mais produtiva*, um participante considera *mais produtiva* e outro considera *muito menos produtiva* devido a limitações para editar as medidas na ferramenta. Um dos participantes declarou que MePPLa é um bom guia para as organizações que estão iniciando as práticas do CEP. Um dos participantes não respondeu a questão por não possuir experiências anteriores na elaboração de planos de medição para organizações.

h) Que sugestões você tem para a melhoria/evolução de MePPLa?

Algumas sugestões de melhoria foram apresentadas pelos participantes: (i) adicionar informações na ferramenta sobre a necessidade de o usuário completar as definições operacionais das medidas presentes nos padrões selecionados; (ii) incluir no plano de medição objetivos estratégicos e objetivos de qualidade e de desempenho; (iii) acrescentar nos procedimentos de análise o tipo de gráfico de controle adequado para a medida; (iv) fornecer algumas perguntas de verificação ao selecionar um padrão para ajudar o usuário a saber se a medida realmente atende aos seus objetivos; (v) fornecer duas visões diferentes do plano de medição gerado, sendo um detalhado, como o já apresentado na ferramenta, e um resumido para fornecer uma visão geral do resultado.

5.1.2.3.3 Discussões

Nesta seção são apresentadas algumas discussões sobre os resultados obtidos a partir das respostas dos participantes.

Conforme estabelecido no planejamento do estudo, seu objetivo foi avaliar se a linguagem de padrões desenvolvida no contexto desta dissertação é útil para apoiar o planejamento de medição de software adequado ao CEP e se seu uso é viável. Para isso são considerados três indicadores: (a) adequação dos resultados gerados pela linguagem de

padrões; (b) utilidade da linguagem de padrões; e (c) benefícios providos pelo uso da linguagem de padrões para o planejamento de medição.

Quanto à *adequação aos resultados gerados pelo uso da linguagem*, a maioria dos participantes informou que os resultados gerados foram *adequados*. Um dos participantes considerou os resultados não adequados devido à falta de detalhes nas definições das medidas e à ausência de objetivos de negócio no plano de medição gerado. Quanto às definições operacionais das medidas, uma vez que os padrões de MePPLa foram extraídos da literatura e decidiu-se por definir as medidas presentes nos padrões de forma uma pouco mais genérica para que pudessem ser aplicados/adaptados por diferentes organizações, algumas informações que dependem da organização para a qual o plano de medição é gerado não foram inclusas e devem ser completadas pela organização, quando os padrões são aplicados. De toda forma, após a análise dos resultados do *survey*, as definições operacionais das medidas foram revistas e detalhadas, na medida do possível. Quanto aos objetivos de negócio, eles são considerados em um momento anterior ao uso de MePPLa. Como sugerem Florac e Carleton (1999), para usar o CEP na análise de desempenho de processos de software, inicialmente é necessário entender os objetivos de negócio da organização, em seguida, deve-se selecionar os processos relacionados a esses objetivos e, então, devem ser selecionadas as medidas que serão usadas. MePPLa provê apoio a partir da seleção dos processos. Assim, ao utilizar MePPLa, uma organização deve, baseando-se em seus objetivos de negócio, selecionar os processos a serem submetidos ao CEP e, a partir daí, os padrões com os objetivos de medição relacionados a esses processos e as medidas que serão utilizadas. No entanto, embora MePPLa não aborde objetivos de negócio, eles realmente devem constar em um plano de medição para o CEP. A versão da ferramenta de apoio ao uso de MePPLa usada no *survey* não permite o registro dos objetivos de negócio no Plano de Medição, o que é uma limitação. Para tratá-la foi desenvolvida uma funcionalidade que permite a exportação do plano de medição para editores de texto, possibilitando a edição do plano para que o usuário possa incluir as os objetivos de negócio da organização, bem como, outras informações desejadas.

Quanto à *utilidade de MePPLa*, a maioria dos participantes a considerou *útil* ou *muito útil*. No entanto, um dos participantes, embora tenha considerado os padrões úteis (ele registrou isso em um comentário), considerou o uso de MePPLa inútil e justificou sua percepção na dificuldade para alterar as medidas dos padrões selecionados ou incluir novas medidas no plano de medição criado. A versão da ferramenta disponibilizada no *survey* apresentou problemas na funcionalidade de edição das medidas dos padrões selecionados.

A funcionalidade foi ajustada, permitindo-se editar as medidas dos padrões quando adicionados a um plano de medição. Além disso, como comentado anteriormente, implementou-se funcionalidade para exportar o plano de medição para editores de texto para permitir maior flexibilidade de edição. Acredita-se que o problema na funcionalidade de edição de medidas tenha influenciado fortemente o participante em sua avaliação da utilidade de MePPLa.

Quanto aos *benefícios providos* pelo uso da linguagem de padrões, todos os participantes consideraram que o uso de MePPLa contribui para a reutilização dos objetivos de medição e medidas. Ainda, dois dos três participantes que já tinham outras experiências na elaboração de planos de medição informaram que o uso de MePPLa torna a atividade *muito mais produtiva* ou *mais produtiva*. Um dos participantes informou ser muito menos produtiva, devido às limitações para editar as descrições das medidas dos padrões. Conforme discutido anteriormente, essas limitações foram tratadas. Todos os participantes consideram que o uso de MePPLa contribui para a reutilização dos objetivos de medição e medidas, o que vai ao encontro de um dos benefícios de uma linguagem de padrões, que é favorecer o reúso.

Todos os participantes consideraram MePPLa fácil de usar e a maioria dos participantes considerou que o uso de MePPLa contribui para a qualidade dos planos de medição gerados, uma vez que os padrões fornecem medidas bem definidas ficando a cargo das organizações apenas as particularidades. Porém um dos participantes considera que contribui parcialmente, pois alguns aspectos como objetivos organizacionais, objetivos de qualidade e desempenho não são abordados e informações de coleta e análise das medidas não são muito detalhadas. Conforme mencionado anteriormente, MePPLa não considera explicitamente os objetivos de negócio e algumas alterações foram feitas na ferramenta para tratar esse aspecto. Quanto aos objetivos de qualidade ou de desempenho, os objetivos de medição presentes nos padrões podem ser entendidos como tal, uma vez que objetivos de qualidade e de desempenho são objetivos de medição (BARCELLOS, 2009). Com a inclusão da funcionalidade que permite exportar o plano de medição para editores de texto, as organizações podem realizar ajustes nos objetivos presentes nos padrões adicionados a seus planos de medição de acordo com suas necessidades. Em relação às informações sobre coleta e análise das medidas, foram feitos ajustes procurando deixá-las mais claras, no entanto algumas informações devem ser completadas pela organização quando o padrão é aplicado.

Um dos participantes questionou em seus comentários a possibilidade de incluir novas medidas na linguagem de padrões. A inclusão de novas medidas requer alteração na linguagem de padrões propriamente dita, pois envolve a inclusão ou alteração de padrões. MePPLa pode ser evoluída nesse sentido, porém a ferramenta desenvolvida não possui funcionalidades para criação de linguagem de padrões, mas apenas para utilização de MePPLa. Cabe notar que há dois papéis principais no contexto de uma linguagem de padrões. O papel do engenheiro da linguagem, que é quem cria a linguagem. No âmbito desta dissertação, é o usuário da abordagem SAMPPLa. Há também o papel do usuário da linguagem, que é quem usa a linguagem de padrões. No contexto desta dissertação, é o usuário de MePPLa. A ferramenta desenvolvida visa apoiar o usuário da linguagem.

Outro comentário feito por um dos participantes diz respeito à possibilidade de incluir no plano de medição outros processos, objetivos e medidas, além daqueles que constam nos padrões de MePPLa. O plano de medição gerado a partir do uso da linguagem pode ser adequado de acordo com as necessidades da organização, podendo-se, por exemplo, incluir nele novas medidas e novos processos não contemplados em MePPLa. Embora o uso da linguagem de padrões MePPLa permita isso, a versão da ferramenta disponibilizada para o *survey* não permitia, o que levou ao questionamento do participante. Essa questão foi tratada com a inclusão da funcionalidade que permite a exportação dos planos de medição gerados a partir de MePPLa para editores de texto, onde podem ser livremente alterados.

Observando-se os resultados do estudo e os comentários feitos pelos participantes é possível perceber que a maior parte das limitações apontadas dizem respeito a problemas encontrados na ferramenta de apoio ao uso de MePPLa. Assim, acredita-se que limitações presentes na ferramenta influenciaram na avaliação da linguagem de padrões MePPLa. Algumas questões relacionadas às definições operacionais das medidas também foram levantadas. Após a análise dos resultados obtidos no *survey* a ferramenta foi ajustada para tratar as limitações apontadas e as definições operacionais das medidas foram revistas. Uma nova avaliação deve ser conduzida para obter novas percepções sobre o uso de MePPLa.

Por fim, cabe ressaltar que o participante que não considerou MePPLa útil e declarou não ter sido guiado na seleção das medidas tem vasta experiência no uso de catálogos de medidas para elaborar planos de medição. Assim, como esse participante já está “acostumado” a lidar com catálogos de medidas, o uso de MePPLa tornou-se mais trabalhoso para ele do que o uso do catálogo. Por outro lado, o participante que declarou nunca ter gerado um plano de medição para o CEP considerou MePPLa muito útil. Essas

percepções podem indicar que MePPLa pode ser mais adequada para pessoas menos experientes na elaboração de planos de medição para o CEP. Porém, a relação entre o perfil do usuário e sua percepção sobre o uso de MePPLa deve ser melhor investigada em novas avaliações de MePPLa, pois o número de participantes do *survey* realizado foi pequeno, tornando limitadas as possibilidades de observações sobre esse aspecto.

5.1.2.3.4 Ameaças à Validade

Todo estudo apresenta ameaças à validade de seus resultados. As ameaças devem ser tratadas na medida do possível e devem ser consideradas juntamente com os resultados obtidos no estudo. As ameaças relacionadas a este estudo foram divididas em categorias e são apresentadas a seguir.

Validade Interna: é definida como a capacidade de um novo estudo repetir o comportamento do estudo atual com os mesmos participantes e objetos com que ele foi realizado (BARROS; WERNER; TRAVASSOS, 2002). A principal ameaça à validade interna é a comunicação e o compartilhamento de informações entre participantes do estudo. Para tratar essa ameaça, o material para realização da avaliação foi enviado para o e-mail pessoal do participante, de forma que ele pudesse utilizar MePPLa e responder individualmente as questões no momento que considerasse mais adequado. Isso minimiza a ameaça da comunicação, uma vez que não é obrigatório que os participantes estejam fisicamente próximos durante a realização do estudo.

Validade Externa: essa ameaça está relacionada à capacidade de repetir o mesmo comportamento com grupos diferentes daquele que participou do estudo (BARROS; WERNER; TRAVASSOS, 2002). Nesse contexto, uma ameaça identificada diz respeito ao curto prazo que os participantes tiveram para realizar a avaliação. Devido à necessidade de finalização deste trabalho, o prazo disponibilizado para os participantes foi reduzido. É possível que resultados diferentes sejam obtidos com grupos de participantes que tenham mais tempo para realizar a avaliação. Outra ameaça está no fato de que os participantes não usaram MePPLa em projetos reais. É possível que a avaliação de MePPLa por participantes que a utilizem em projetos reais proveja resultados diferentes dos obtidos neste estudo.

Validade de Constructo: refere-se à relação entre os instrumentos e os participantes do estudo e a teoria que está sendo provada (BARROS; WERNER; TRAVASSOS, 2002). Foi identificada a ameaça de o participante dar respostas que não refletem a realidade devido a expectativas pessoais e por imaginar que ele próprio está sendo submetido à avaliação. Para minimizar a possibilidade de ocorrer essa ameaça, os

participantes foram informados de que o estudo não representa qualquer tipo de avaliação pessoal, mas sim avaliação da linguagem de padrões. Também foi assegurado o anonimato das respostas. Outra ameaça identificada diz respeito à documentação disponibilizada para os participantes para que eles obtivessem as informações necessárias para realizar a avaliação. Buscou-se elaborar uma documentação simples e pequena, que não demandasse muito tempo dos participantes. No entanto, ao fazer isso, informações importantes sobre o contexto do trabalho e a linguagem de padrões, as quais poderiam impactar nos resultados da avaliação, podem não ter sido inclusas ou não ter ficado suficientemente claras. Outra ameaça está no fato de MePPLa ter sido avaliada a partir de seu uso por meio de uma ferramenta de apoio. Ao se fazer isso, alguns participantes acabaram avaliando aspectos da ferramenta e não da linguagem de padrões em si, o que dificultou uma avaliação mais precisa de MePPLa.

Validade de Conclusão: mede a relação entre os tratamentos e os resultados e afere a capacidade do estudo em gerar conclusões (BARROS; WERNER; TRAVASSOS, 2002). Foram identificadas as seguintes ameaças: (i) a pequena quantidade de participantes; (ii) o curto período de utilização da linguagem de padrões. Essas ameaças limitam a possibilidade de generalização dos resultados obtidos e do comportamento observado. Por isso, os resultados do estudo não podem ser generalizados e são considerados apenas resultados preliminares e indícios, não sendo conclusivos.

5.1.2.4 Disponibilizar Linguagem de Padrões

Nesta atividade, foi elaborada uma especificação textual contendo a descrição completa de MePPLa. Essa especificação é apresentada no Apêndice B. Embora seja possível utilizar MePPLa utilizando-se apenas sua descrição textual, buscando-se potencializar seu uso, foi desenvolvida uma ferramenta que permite a criação de planos de medição a partir da seleção de padrões de MePPLa.

A ferramenta, também chamada MePPLa, permite aos usuários criarem planos de medição a partir da navegação nos modelos comportamentais da linguagem de padrões e seleção dos padrões que devem ser inclusos no plano de medição. A Figura 5.16 apresenta a tela inicial de MePPLa, a qual apresenta informações para o usuário sobre o que é uma linguagem de padrões e como ela deve ser usada.



Figura 5.16 – Tela Home de MePPLa.

A Figura 5.17 apresenta uma tela de MePPLa, a partir da qual é possível iniciar a criação de planos de medição clicando-se no botão Novo.



Figura 5.17 – Tela inicial para criação de Planos de Medição

A Figura 5.18 apresenta a tela de cadastro do plano de medição, na qual dá-se início à elaboração do plano de medição utilizando-se a linguagem de padrões. Para criar um novo plano de medição, o usuário deve fornecer as informações gerais do plano (data, nome e descrição) e clicar no modelo comportamental visão caixa-preta, no processo que se deseja submeter ao CEP.

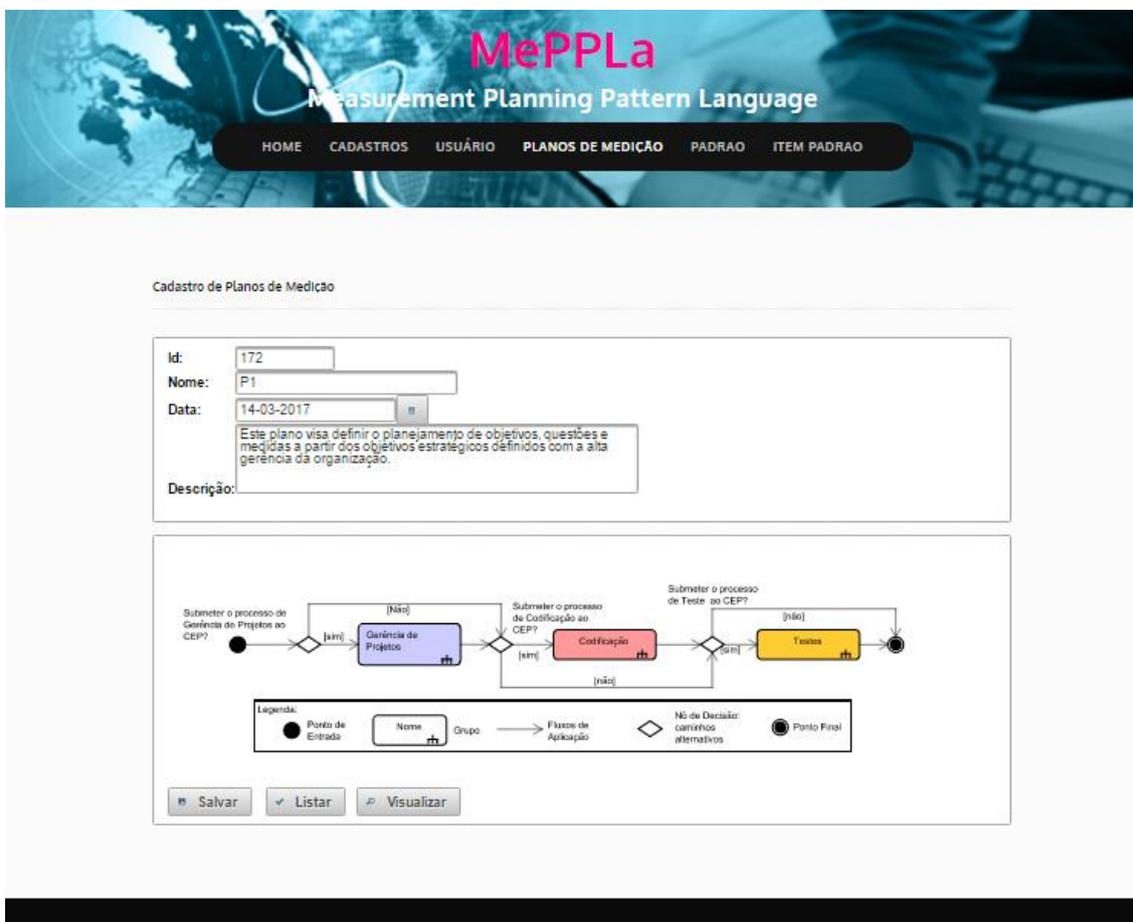


Figura 5.18 – Tela de Cadastro de Plano de Medição

Uma vez selecionado o processo (grupo de padrões), o usuário é levado ao modelo comportamental a ele relacionado. No modelo, o usuário deve seguir o fluxo e clicar sobre os padrões que deseja incluir no plano de medição. Na medida em que os padrões vão sendo incluídos, eles vão sendo identificados em verde no modelo comportamental, para que o usuário possa identificar mais facilmente os padrões já selecionados. A Figura 5.19 apresenta a tela de seleção dos padrões para inclusão no plano de medição, destacando-se em verde um padrão já selecionado.

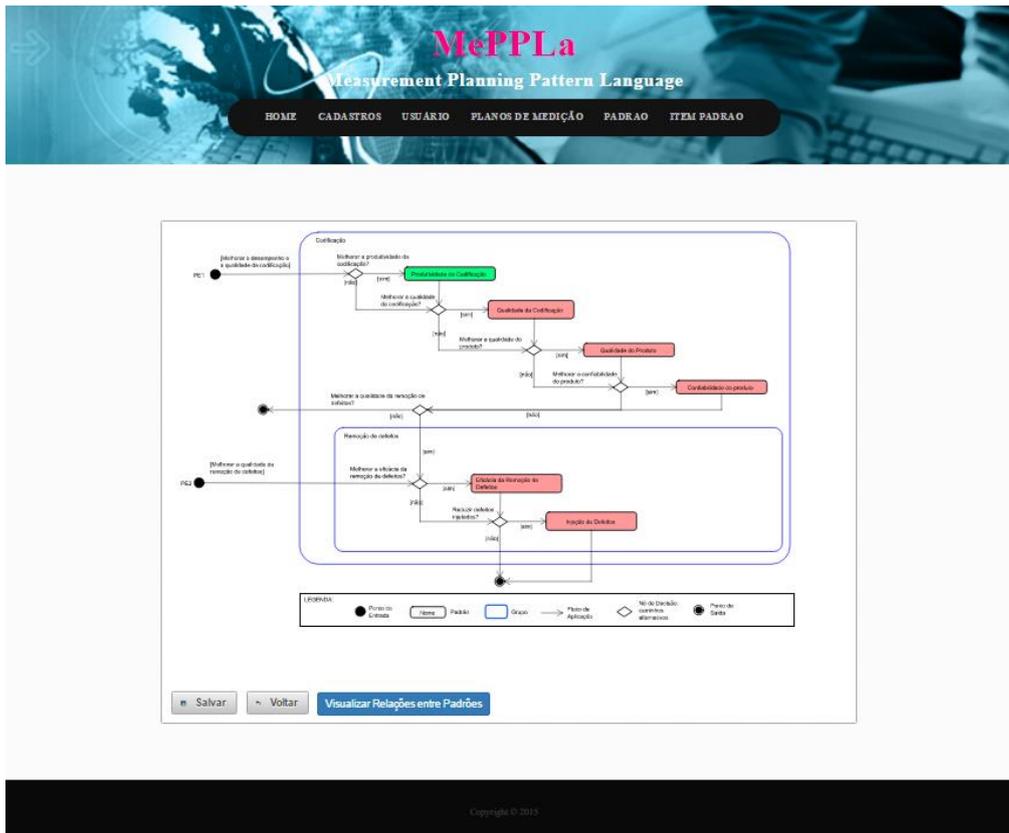


Figura 5.19 – Tela para seleção dos padrões a serem inclusos no Plano de Medição – Modelo referente ao grupo Codificação.

Quando o usuário clica em um padrão é exibida uma tela com a descrição detalhada do padrão. Nessa tela é possível editar alguns dados do padrão (por exemplo, completar a definição operacional das medidas) e adicioná-lo ao plano de medição. A Figura 5.20 apresenta esta tela.

Produtividade da Codificação

ID:	149																																						
Nome:	Produtividade da Codificação																																						
Processo/Subprocesso:	Codificação																																						
Padrões Relacionados:	Qualidade da Codificação																																						
Objetivo:	Melhorar a produtividade da codificação																																						
Necessidade de informação:	Qual é a produtividade da codificação?																																						
Medidas:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Definição Operacional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nome:</td> <td>Produtividade na Codificação</td> </tr> <tr> <td>Mnemônico:</td> <td>PC</td> </tr> <tr> <td>Descrição:</td> <td>Medida utilizada para quantificar a produtividade na codificação, ou seja, a razão entre o tamanho do produto produzido e o esforço de codificação.</td> </tr> <tr> <td>Entidade Medida:</td> <td>Processo de Codificação</td> </tr> <tr> <td>Propriedade Medida:</td> <td>Produtividade na codificação</td> </tr> <tr> <td>Unidade de Medida:</td> <td>KSLOC/homem-hora</td> </tr> <tr> <td>Tipo da Escala:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valores da Escala:</td> <td>Números reais positivos com precisão de duas casas decimais</td> </tr> <tr> <td>Intervalo Esperado para os Valores Medidos:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fórmula de Cálculo:</td> <td>(Tamanho do Produto / Esforço de Codificação)</td> </tr> <tr> <td>Procedimento de Medição:</td> <td>Calcular a produtividade na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.</td> </tr> <tr> <td>Responsável pela Medição:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Momento da Medição:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Periodicidade da Medição:</td> <td><< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada considerando-se o produto produzido no referido período, ou pode-se definir que a medição deve ser feita quando for produzida uma determinada porção do produto (por ex.: uma unidade ou um módulo) >></td> </tr> <tr> <td>Procedimento de Análise da Medição:</td> <td>Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional): <ul style="list-style-type: none"> Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários </td> </tr> <tr> <td>Responsável pela Análise da Medição:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Momento da Análise da Medição:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Periodicidade da Análise da Medição:</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Definição Operacional		Nome:	Produtividade na Codificação	Mnemônico:	PC	Descrição:	Medida utilizada para quantificar a produtividade na codificação, ou seja, a razão entre o tamanho do produto produzido e o esforço de codificação.	Entidade Medida:	Processo de Codificação	Propriedade Medida:	Produtividade na codificação	Unidade de Medida:	KSLOC/homem-hora	Tipo da Escala:		Valores da Escala:	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais	Intervalo Esperado para os Valores Medidos:		Fórmula de Cálculo:	(Tamanho do Produto / Esforço de Codificação)	Procedimento de Medição:	Calcular a produtividade na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.	Responsável pela Medição:		Momento da Medição:		Periodicidade da Medição:	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada considerando-se o produto produzido no referido período, ou pode-se definir que a medição deve ser feita quando for produzida uma determinada porção do produto (por ex.: uma unidade ou um módulo) >>	Procedimento de Análise da Medição:	Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional): <ul style="list-style-type: none"> Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários 	Responsável pela Análise da Medição:		Momento da Análise da Medição:		Periodicidade da Análise da Medição:	
Definição Operacional																																							
Nome:	Produtividade na Codificação																																						
Mnemônico:	PC																																						
Descrição:	Medida utilizada para quantificar a produtividade na codificação, ou seja, a razão entre o tamanho do produto produzido e o esforço de codificação.																																						
Entidade Medida:	Processo de Codificação																																						
Propriedade Medida:	Produtividade na codificação																																						
Unidade de Medida:	KSLOC/homem-hora																																						
Tipo da Escala:																																							
Valores da Escala:	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais																																						
Intervalo Esperado para os Valores Medidos:																																							
Fórmula de Cálculo:	(Tamanho do Produto / Esforço de Codificação)																																						
Procedimento de Medição:	Calcular a produtividade na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.																																						
Responsável pela Medição:																																							
Momento da Medição:																																							
Periodicidade da Medição:	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada considerando-se o produto produzido no referido período, ou pode-se definir que a medição deve ser feita quando for produzida uma determinada porção do produto (por ex.: uma unidade ou um módulo) >>																																						
Procedimento de Análise da Medição:	Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional): <ul style="list-style-type: none"> Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários 																																						
Responsável pela Análise da Medição:																																							
Momento da Análise da Medição:																																							
Periodicidade da Análise da Medição:																																							

Remover Cancelar

Figura 5.20 – Tela que exibe a descrição detalhada do padrão e permite sua adição ao plano de medição sendo criado.

O plano de medição criado a partir da inclusão dos padrões é registrado em um documento que pode ser visualizado a partir do botão Visualizar presente tanto na tela de cadastro do plano de medição (Figura 5.18) quanto na tela inicial para criação de planos de medição (Figura 5.17), a qual também lista os planos de medição criados.



Plano de Medição

Nome: P1
 Data: 14-03-2017
 Descrição: Este plano visa definir o planejamento de objetivos, questões e medidas a partir dos objetivos estratégicos definidos com a alta gerência da organização.

Melhorar a produtividade da codificação

Processo/Subprocesso: Codificação
 Questão: Qual é a produtividade da codificação?

Definição Operacional	
Nome da Medida:	Produtividade na Codificação
Mnemônico:	PC
Descrição:	Medida utilizada para quantificar a produtividade na codificação, ou seja, a razão entre o tamanho do produto produzido e o esforço de codificação.
Entidade Medida:	Processo de Codificação
Propriedade Medida:	Produtividade na codificação
Unidade de Medida:	KSLOC/homem-hora
Tipo da Escala:	
Valores da Escala:	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Intervalo esperado para os valores medidos:	
Fórmula de cálculo:	(Tamanho do Produto / Esforço de Codificação)
Procedimento de medição:	Calcular a produtividade na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Responsável pela medição:	
Momento da medição:	
Periodicidade da medição:	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada considerando-se o produto produzido no referido período, ou pode-se definir que a medição deve ser feita quando for produzida uma determinada porção do produto (por ex.: uma unidade ou um módulo) >>
Procedimento de análise da medição:	Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional): <ul style="list-style-type: none"> • Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários projetos. • Obter os limites de controle do processo e analisar o comportamento do processo; (iii) Se os valores coletados para a medida passam pelos testes de estabilidade, então o desempenho do processo é estável e uma baseline de desempenho de processo pode ser estabelecida. Os testes de estabilidade são: <ul style="list-style-type: none"> • Teste 1: presença de algum ponto fora dos limites de controle 3σ. • Teste 2: presença de pelo menos dois de três valores sucessivos do mesmo lado e a mais de 2σ da linha central (chamada zona C). • Teste 3: presença de pelo menos quatro de cinco valores sucessivos do mesmo lado e a mais de 1σ da linha central (chamada zona B). • Teste 4: presença de oito pontos sucessivos no mesmo lado da linha central. (iv) Se os valores coletados para a medida não passam pelos testes de estabilidade o comportamento do processo é instável. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo, identificar ações corretivas e executá-las.

Figura 5.21 – Fragmento da Tela Visualizar Plano de Medição.

5.2 Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo apresentou a aplicação de SAMPPLa para criar a linguagem de padrões MePPLa, tendo sido apresentados os principais resultados da execução de cada atividade de SAMPPLa. O uso de SAMPPLa como apresentado neste capítulo demonstrou que ela é uma abordagem viável. No entanto, é preciso considerar que a abordagem foi utilizada por sua proponente, o que implica em viés na avaliação de sua utilização. Assim, para uma melhor avaliação, SAMPPLa deve ser utilizada por outras pessoas para criação ou evolução de linguagem de padrões para apoiar planejamento de medição de software visando ao CEP.

O resultado produzido a partir do uso de SAMPPLa, MePPLa, foi avaliado, tendo sido considerado um apoio útil ao planejamento de medição de software visando ao CEP.

MePPLa pode ser utilizada por organizações que desejem iniciar suas práticas de controle estatístico de processos e submeter alguns de seus processos ao CEP. Vale ressaltar que a versão de MePPLa apresentada neste trabalho é a primeira versão desta linguagem, que considera apenas um processo de cada tipo de processo que deve ser submetido ao CEP segundo os modelos de maturidade e possui uma quantidade reduzida de padrões. Linguagens de padrões podem estar sempre em evolução, podendo, por exemplo, ter novos padrões adicionados e novas relações identificadas. Assim, MePPLa pode ser evoluída utilizando-se a abordagem proposta (SAMPPLa).

No Capítulo 2 foram apresentadas duas linguagens de padrões relacionadas a medição de software. Algumas diferenças importantes entre essas linguagens e MePPLa podem ser destacadas: *(i)* as linguagens propostas por Andrade e Souza (2008) e Braga *et al.* (2012) não abordam CEP; *(ii)* os padrões dessas linguagens fornecem orientações para o planejamento de projetos, enquanto que MePPLa fornece padrões baseados no formato GQM cuja aplicação combinada resulta em um plano de medição para o CEP; *(iii)* os padrões das linguagens propostas por Andrade e Souza (2008) e Braga *et al.* (2012) não fornecem definições operacionais das medidas; *(iv)* embora os padrões dessas linguagens tenham sido identificados a partir de um estudo bibliográfico, não foi seguida uma abordagem sistemática para desenvolvê-las; *(v)* as linguagens de padrões apresentadas não possuem uma notação visual rica; *(vi)* as linguagens propostas por por Andrade e Souza (2008) e Braga *et al.* (2012) não fazem separação das perspectivas estrutural e comportamental.

Capítulo 6

Conclusão

Neste capítulo são feitas as considerações finais deste trabalho (Seção 6.1), sendo apresentadas suas principais contribuições (Seção 6.2) e perspectivas de trabalhos futuros para continuidade e aprimoramento da pesquisa (Seção 6.3).

6.1 Considerações Finais

Na Engenharia de Software modelos e padrões que tratam a melhoria de processos, tais como o CMMI (SEI, 2010), o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016) e a ISO/IEC 15504 (2003), apresentam a análise de desempenho de processos e o gerenciamento quantitativo de projetos como exigências para se alcançar altos níveis de maturidade nos processos (TARHAN; DEMIRORS, 2012). Sem o entendimento quantitativo não é possível realizar melhorias ou controlar efetivamente os processos. Nesse contexto aplica-se o controle estatístico de processos (CEP) (TARHAN; DEMIRORS, 2011).

A importância do CEP para a indústria de software tem aumentado nos últimos anos, devido ao interesse das organizações em alcançar a alta maturidade (FERNANDEZ-CORRALES; JENKINS; VILLEGAS, 2013).

De maneira geral, a utilização de técnicas quantitativas na Engenharia de Software requer lidar com uma série de desafios, incluindo processos, medições e estatísticas. Com respeito à medição, um dos desafios está relacionado com a seleção das medidas adequadas para a análise quantitativa (ISO/IEC, 2007; MCGARRY *et al.*, 2002).

A reutilização de medidas utilizadas em iniciativas de CEP pode auxiliar na seleção de medidas adequadas para esse fim. Porém informações sobre essas medidas estão espalhadas na literatura e nos dados sobre medição nas organizações e, muitas vezes, é difícil selecionar o que pode ser útil em um dado contexto. A extração de padrões a partir de experiências anteriores de CEP de software pode contribuir para a reutilização de medidas e auxiliar no planejamento de medição para o CEP.

No contexto deste trabalho, o estado da arte sobre medidas utilizadas no CEP de software foi investigado através de um mapeamento sistemático (BRITO; BARCELLOS, 2016) e algumas lacunas foram identificadas, destacando-se: (i) falta de abordagem para selecionar medidas adequadas ao CEP em um determinado contexto; (ii) ausência das definições operacionais das medidas; e (iii) falta de preocupação com as medidas correlatas.

Também foi realizado um estudo com profissionais para investigar as medidas usadas no CEP em organizações de software brasileiras.

Considerando-se as lacunas encontradas e os benefícios da utilização de padrões em diversos domínios da Engenharia de Software, especialmente quando organizados em linguagens de padrões, foi proposta a linguagem de padrões MePPLa (*Measurement Planning Pattern Language*), que foi desenvolvida utilizando-se uma abordagem sistemática para guiar a criação de linguagens de padrões de planejamento de medição visando ao CEP chamada SAMPPLa (*Systematic Approach for creating Measurement Planning Pattern Languages*), também proposta neste trabalho.

Em relação às lacunas identificadas nos estudos realizados, para tratar (i) propõe-se o uso de linguagens de padrões e é fornecida uma abordagem (SAMPPLa) para guiar no seu desenvolvimento. Para tratar (ii) MePPLa fornece as definições operacionais de cada medida que compõe os padrões e também em SAMPPLa há uma atividade (Identificar Padrões de Planejamento de Medição) na qual devem ser estabelecidas definições operacionais das medidas levando-se em consideração alguns critérios para uso da medida no CEP. Em relação a (iii), MePPLa possui um modelo estrutural que retrata as relações entre padrões e conseqüentemente revela as medidas correlatas e os objetivos que impactam em outros. Em SAMPPLa há uma subatividade (Desenvolver Modelo Estrutural) que é responsável pela construção desse modelo.

O objetivo geral deste trabalho (propor uma abordagem que permita o uso de padrões para apoiar o planejamento de medição de software adequada ao controle estatístico de processos) foi detalhado em quatro objetivos específicos, tendo sido todos eles alcançados neste trabalho. A Tabela 6.1 apresenta os objetivos específicos do trabalho e o principal produto que serve como evidência do alcance de cada objetivo.

Tabela 6.1 - Objetivos específicos do trabalho.

Objetivos	Produto
Investigar o estado da arte sobre medidas utilizadas no CEP de software	Mapeamento Sistemático da Literatura (vide Capítulo 3)
Investigar o estado da prática sobre medidas utilizadas no CEP de software	<i>Survey</i> para Investigação do Estado da Prática (vide Capítulo 3)
Definir uma abordagem para criação de linguagens de padrões para planejamento de medição de software visando ao CEP	SAMPPLa (vide Capítulo 4)
Definir uma linguagem de padrões de apoio ao planejamento de medição de software visando ao CEP utilizando a abordagem proposta	MePPLa (vide Capítulo 5)

Entre as limitações deste trabalho, pode ser destacada sua avaliação. SAMPPLa foi avaliada em uma prova de conceito realizada pela própria proponente da abordagem. Além disso, MePPLa, a linguagem de padrões criada utilizando-se SAMPPLa, foi avaliada por um número pequeno de profissionais, em um período muito pequeno de tempo e fora do contexto organizacional. Adicionalmente, os participantes utilizaram MePPLa através de uma ferramenta, o que dificultou uma avaliação mais precisa da linguagem de padrões em si, pois alguns participantes acabaram avaliando aspectos relacionados à ferramenta e não à linguagem de padrões. Desta forma, os resultados da avaliação não podem ser considerados conclusivos, mas apenas indícios de que o uso da proposta é viável e útil.

Outra limitação está relacionada à atividade para identificação dos padrões em SAMPPLa, onde não são providas orientações objetivas para ajudar o usuário da abordagem na identificação dos padrões, sendo uma atividade muito dependente do conhecimento do usuário da abordagem.

6.2 Contribuições

As principais contribuições desta dissertação são:

- (i) A abordagem SAMPPLa, que define atividades para apoiar a criação ou evolução de linguagens de padrões que possam ser utilizadas para auxiliar no planejamento de medição de software para realização do controle estatístico de processos.
- (ii) MePPLa, uma linguagem de padrões para planejamento de medição visando ao CEP, que pode ser utilizada para definição de planos de medição e também pode ser evoluída usando-se SAMPPLa para incorporar novos padrões.
- (iii) Mapeamento Sistemático da Literatura, que consolida informações sobre medidas utilizadas em iniciativas de controle estatístico de processo ou sugeridas para tal, fornecendo um panorama do tópico de pesquisa e indicando possíveis pesquisas futuras. Os principais resultados do mapeamento foram publicados em (BRITO; BARCELLOS, 2016).
- (iv) *Survey* realizado com profissionais com experiência em medição de software e CEP, que fornece informações sobre medidas que têm sido usadas em iniciativas de controle estatístico de processos de software em organizações brasileiras.
- (v) A ferramenta desenvolvida para apoiar o uso de MePPLa.

6.3 Trabalhos Futuros

Considerando a pesquisa aqui apresentada, há algumas perspectivas de trabalhos futuros. No âmbito da pesquisa podem-se destacar:

- (i) Atualizar a investigação da literatura realizada, a fim de verificar o surgimento de novos trabalhos que apresentam medidas consideradas adequadas para o CEP, as quais podem ser acrescentadas ao conjunto de processos, objetivos de medição e medidas que servem de fonte para extração de padrões;
- (ii) Aplicar novos estudos para investigar o estado da prática sobre medidas, objetivos de medição e processos que têm sido utilizados no CEP nas organizações;
- (iii) Prover um guia de orientações para auxiliar o usuário de SAMPPLa na identificação dos padrões a partir do conjunto de processos, objetivos e medidas resultante da primeira atividade da abordagem;
- (iv) Explorar melhor as correlações entre os padrões e utilizar essas informações para sugerir a aplicação de padrões.
- (v) Evoluir MePPLa, incluindo novos padrões que abordem outros processos para ampliar as possibilidades de processos a serem submetidos ao CEP;
- (vi) Adicionar novos padrões para que se tenha mais opções de escolha ao seguir os fluxos de aplicação dos padrões fornecidos pela linguagem e possa-se ter uma maior abrangência.
- (vii) Desenvolver um apoio computacional para o uso de SAMPPLa.

Em relação à avaliação de SAMPPLa e MePPLa, pode-se:

- (i) Realizar novas avaliações de MePPLa, tanto por profissionais como em organizações;
- (ii) Realizar novas avaliações de SAMPPLa, nas quais outras pessoas que não a proponente a utilizem, permitindo-se identificar pontos de melhorias.

Em relação à ferramenta de apoio ao uso de MePPLa, pode-se:

- (i) Incluir na ferramenta a marcação dos fluxos que são seguidos na linguagem de padrões (por exemplo, colocá-los em negrito) na medida que os padrões são aplicados;

- (ii) Evoluir a ferramenta para permitir a criação/evolução de outras linguagens de padrões.

Referências Bibliográficas

- ABUBAKAR, A. M. AND JAWAWI, D. N. A. **A Study on Code Peer Review Process Monitoring using Statistical Process Control**. Software Engineering Postgraduates Workshop (SEPoW), p. 136–141, 2013.
- ALHASSAN, M. A. AND JAWAWI, D. N. A. **Sequential strategy for software process measurement that uses Statistical Process Control**. 8th Malaysian Software Engineering Conference (MySEC), p. 37–42, 2014.
- ANDRADE, T., SOUZA, J. **Uma linguagem de Padrões de Estimativa de Software para Micro e Pequena Empresas**, 7^a Conferência Latino-Americana em Linguagens de Padrões para Programação, 2008.
- BALDASSARRE, M. T., BOFFOLI, N., CAIVANO, D. AND VISAGGIO, G. **Improving dynamic calibration through statistical process control**. 21st IEEE International Conference on Software Maintenance (ICSM'05), p. 273–282, 2005.
- BALDASSARRE, M. T., CAIVANO, D. AND VISAGGIO, G. **Non invasive monitoring of a distributed maintenance process**. Conference Record - IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, n. April, p. 1098–1103, 2006.
- BARCELLOS, M. P. **Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade**. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ - Universidade Federal, 2009a.
- BARCELLOS, M. P. **Utilização do Controle Estatístico de Processos na Melhoria de Processos de Software – Conhecendo Ferramentas para Análise do Comportamento dos Processos**. Engenharia de Software Magazine, v. 12, pp. 24–32, 2009b.
- BARCELLOS, M. P. **Controle Estatístico de Processos Aplicado a Processos de Software – Do “Chão de Fábrica” para as Organizações de Software**, Engenharia de Software Magazine, 11^a Edição, pp. 56-61, 2009c.
- BARCELLOS, M. P. **Medição de Software**. Engenharia de Software Magazine v. 24, pp. 31-36, 2010.
- BARCELLOS, M. P., FALBO, R. A., ROCHA, A. R. **Establishing a well-founded conceptualization about software measurement in high maturity levels**. In Proc. Of the 7th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology, p. 467–472, 2010.
- BARCELLOS, M. P., FALBO, R. DE A. AND ROCHA, A. R. **A strategy for preparing software organizations for statistical process control**. Journal of the Brazilian Computer Society, v. 19, n. 4, p. 445–473, 2013.

- BARCELLOS, M. P. **Instrumento para Avaliação de Repositório de Medição Considerando a Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software**, 2015.
- BARROS, M. DE O., WERNER, C. M. L., TRAVASSOS, G. H. **Um Estudo Experimental sobre a Utilização de Modelagem e Simulação no Apoio à Gerência de Projetos de Software**. XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, p. 191–206, 2002.
- BASILI, V. R., ROMBACH, H. D., CALDIERA, G. **Goal Question Metric Paradigm**, Encyclopedia of Software Engineering, 2 Volume Set, John Wiley & Sons, Inc, 1994.
- BASILI, V. **Software Modeling and Measurement: The Goal Question Metric Paradigm**. College Park: Computer Science Technical Report Series, 1992.
- BASS, L., BELADY, L., BROWN, A., FREEMAN, P., ISENSEE, S., KAZMAN, R., *et al.* **Constructing Superior Software**. Software Quality Series. Macmillan Technical Publishing, 1999.
- BRAGA, M. R. R., BEZERRA, C. I. M., MONTEIRO, J. M., ANDRADE, R. (2012). **A pattern language for agile software estimation**. Proc. of the 9th Latin-American Conference on Pattern Languages of Programming. Natal, RN, Brazil.
- BERTOLINO, A., MARCHETTI, E., MIRANDOLA, R., LOMBARDI, G. AND PECIOLA, E. **Experience of applying statistical control techniques to the function test phase of a large telecommunications system**. IEEE Software, v. 149, n. 4, p. 349–357, 2014.
- BOFFOLI, N. **Non-intrusive monitoring of software quality**. Proceedings of the European Conference on Software Maintenance and Reengineering, p. 319–322, 2006.
- BORIA, J. **What's wrong with my maturity level 4?**, Comunicação pessoal, 2007.
- BRITO, D. F., BARCELLOS, M. P. **Measures Suitable for SPC: A Systematic Mapping**. XV Brazilian Symposium on Software Quality, Maceió – AL, Brazil, 2016.
- BRUE, G. Six Sigma for small business. Entrepreneur Press, 2006.
- BUSCHMANN, F.; HENNEY, K.; SCHIMDT, D. **Pattern-oriented Software Architecture: On Patterns and Pattern Language**. John Wiley & Sons Ltd., 2007.
- CAIVANO, D. **Continuous Process Improvement Through Statistical Process Control**. In: Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering, pp. 288-293, 2005.
- CARD, D. N. AND BERG, R. A. **An industrial engineering approach to software development**. Journal of Systems and Software, v. 10, n. 3, p. 159–168, 1989.
- CARD, D. N., DOMZALSKI, K. AND DAVIES, G. **Making Statistics Part of Decision Making in an Engineering Organization**. IEEE Software, v. 25, n. 3, p. 37 – 47, 2008.

- CARD, D. **Statistical Process Control for Software?** IEEE Software, v. 11, n. 3, p. 95–97, 1994.
- CHANG, C.-P. AND CHU, C.-P. **Improvement of causal analysis using multivariate statistical process control.** Software Quality Journal, v. 16, n. 3, p. 377–409, 2008.
- CHRISISS, M. B., KONRAD, M., SHRUM, S. CMMI (Second Edition): **Guidelines for Process Integration and Product Improvement.** Addison Wesley Professional, 2006.
- CURTIS, B., REIFER, D., SESHAGIRI, G. V., HIRMANPOUR, I., KEENI, G. **The Case for Quantitative Process Management,** IEEE Software, v. 25, n. 3, pp. 24–28, 2008.
- DASKALANTONAKIS, M. K. **A Practical View of Software Measurement and Implementation Experiences Within Motorola.** IEEE Transactions on Software Engineering, pp. 998 – 1010, 1992.
- DEMARCO, T. **Controlling Software Projects.** New York: Yourdon Pres, 1982.
- DEUTSCH, P. **Models and Patterns.** In: J. Greenfield; K. Short; S. Cook; S. Kent (Orgs.); Software Factories: Assembling Applications with Patterns, Models, Frameworks, and Tools, 2004. Indianapolis: John Wiley & Sons.
- DUMKE, R., & EBERT, C. **Software Measurement: Establish - Extract - Evaluate - Execute.** Berlin: Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- EICKELMANN, N. AND ANANT, A. **Statistical process control: What You Don't Measure Can Hurt You!** IEEE Software, v. 20, n. 2, p. 49 – 51, 2003.
- FALBO, R. DE A.; BARCELLOS, M. P.; NARDI, J. C.; GUIZZARDI, G. **Organizing ontology design patterns as ontology pattern language.** Proceedings of the 10th Extended Semantic Web Conference - ESWC. Montpellier, France, 2013a.
- FALBO, R. DE A.; GUIZZARDI, G.; GANGEMI, A.; PRESUTTI, V. **Ontology Patterns: Clarifying Concepts and Terminology.** Proceedings of the 4th Workshop on Ontology and Semantic Web Patterns. Sydney, Australia. 2013b.
- FENTON , N. E., & PFLEEGER, S. L. **Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach.** 2nd Edition Revised ed. Boston: PWS Publishing, 1997.
- FENTON, N. E., NEIL, M. **Software Metrics: Success, Failures and New Directions.** Journal of Systems and Software, v. 47, pp. 149-157, 1999.
- FERNANDEZ-CORRALES, C., JENKINS, M., VILLEGAS, J. **Application of Statistical Process Control to Software Defect Metrics: An Industry Experience Report.** ACM / IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, p. 323–331, 2013.
- FERREIRA, A. I. F. **Seleção de processos de software para controle estatístico.** Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ - Universidade Federal, 2009.

- FLORAC, W. A., & CARLETON, A. D. **Measuring the Software Process**. Addison-Wesley, 1999.
- FLORAC, W. A., CARLETON, A. D. **Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement**. Addison-Wesley, 1999.
- FLORAC, W. A., CARLETON, A. D. AND BARNARD, J. R. **Statistical Process Control: Analyzing a Space Shuttle Onboard Software Process**. IEEE Software, v. 17, n. 4, p. 97–106, 2000.
- FLORENCE, A. **CMM Level 4 Quantitative Analysis and Defect Prevention**. Crosstalk, Feb, p. 20–21, 2001.
- FRENCH, V. A. **Applying software engineering and process improvement to legacy defence system maintenance: An experience report**. International Conference on Software Maintenance, p. 337 – 343, 1995.
- GOH, T. N., XIE, M., XIE, W. **Prioritizing Process in Initial Implementation of Statistical Process Control**. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 45, n. 1, pp. 66-72, 1998.
- GOPAL, A., KRISHNAN, M. S., MUKHOPADHYAY, T., GOLDENSON, D. R. **Measurement Programs in Software Development: Determinants of Success**, IEEE Transactions on Software Engineering, v. 28, n. 9, pp. 863-875, 2002.
- GOU, L., WANG, Q., YUAN, J., YANG, Y., LI, M., JIANG, N. **Quantitative Defects Management in Iterative Development with BiDefect, Software Process Improvement and Practice**, v. 14, n. 4, pp. 227-241, 2009.
- HAFIZ, M.; ADAMCZYK, P.; JOHNSON, R. E. **Growing a pattern language (for security)**. ACM international symposium on New ideas, new paradigms, and reflections on programming and software. p.139–158, 2012.
- HAYES, W. **Using a Personal Software Process(SM) to improve performance**. Proceedings Fifth International Software Metrics Symposium, p. 61–71, 1998.
- HEVNER, A.R. **A Three Cycle View of Design Science Research**, Scand. J. Inf. Syst. 19 (2007) 87–92.
- HEVNER, A.R. MARCH, S.T. PARK, J. RAM, S. **Design Science in Information Systems Research**, 28 (2004) 75–105.
- HONG, G. Y., XIE, M. AND SHANMUGAN, P. **A statistical method for controlling software defect detection process**. Computers & Industrial Engineering, v. 37, p. 137–140, 1999.
- HUMPHREY, W. **Managing the Software Process**. Addison-Wesley, 1989.
- IBA, T., SAKAMOTO, M., TOKO, M. **How to Write Tacit Knowledge as a Pattern Language: Media Design for Spontaneous and Collaborative Communities**. Collaborative Innovation Networks Conference. 2010.

- IEEE. **Std 1061:1998 – IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology**, 2005.
- ISO 9001. **Quality management systems — Requirements**. 2015.
- ISO/IEC. **ISO/IEC 15504 Information Technology – Process Assessment**, parts 1-7, International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland. (2003-2008)
- ISO/IEC. **ISO/IEC 15939 (E) Software Engineering - Software Measurement Process**. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, 2007.
- JACOB, A. L. AND PILLAI, S. K. **Statistical process control to improve coding and code review**. IEEE Software, v. 20, n. 3, p. 50–55, 2003.
- JALOTE, P. AND SAXENA, A. **Optimum control limits for employing statistical process control in software process**. IEEE Transactions on Software Engineering, v. 28, n. 12, p. 1126–1134, 2002.
- JALOTE, P., DINESH, K., RAGHAVAN, S., BHASHYAM, M. R. AND RAMAKRISHNAN, M. **Quantitative Quality Management through Defect Prediction and Statistical Process Control**. Proceedings of Second World Quality Congress for Software, 2000.
- KANEKO, T., KATAHIRA, M., MIYAMOTO, Y., & KOWALCZYK, M. **Application of GQM+Strategies® in the Japanese Space Industry**. Conference of the 21st International Workshop on Software Measurement and the 6th International Conference (pp. 221-226). IEEE Computer Society, 2011.
- KEENI, G. **The Evolution of Quality Processes at Tata Consultancy Services**. IEEE Software, v. 17, n. 4, p. 79–88, 2000.
- KITCHENHAM, B. AND CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Staffordshire, UK, 2007.
- KITCHENHAM, B., JEFFERY, D. R., CONNAUGHTON, C. **Misleading Metrics and Unsound Analyses**. IEEE Software, v. 24, n. 2, pp. 73 – 78, 2007.
- KITCHENHAM, B., KUTAY, C., JEFFERY, R., CONNAUGHTON, C. **Lessons Learnet from the Analysis of Large-scale Corporate Databases**, Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering – ICSE'06, Shangai, China, pp. 439444, 2006.
- KOMURO, M. **Experiences of applying SPC techniques to software development processes**. Proceeding of the 28th international conference on Software engineering - ICSE, p. 577, 2006.
- KUMARI, K. S., AMULYA, B. AND PRASAD, R. S. **Comparative study of pareto type II with HLD in assessing the software reliability with order statistics approach using SPC**. International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies (ICCPCT), p. 1630–1636, 2014.

- LANTZY, M. A. **Application of Statistical Process Control to Software Processes.** Proceedings of the Ninth Washington Ada Symposium on Empowering Software Users and Developers, pp. 113–123, 1992.
- LEWIS, N. D. C. **Assessing the evidence from the use of SPC in monitoring, predicting & improving software quality.** 24th International conference on computers and industrial engineering, v. 37, n. 1-2, p. 157–160, 1999.
- MAFRA, S. N.; TRAVASSOS, G. H. **Estudos Primários e Secundários apoiando a busca por Evidência em Engenharia de Software.** Rio de Janeiro, 2006.
- MCGARRY, J.; CARD, D.; JONES, C.; LAYMAN, B.; CLARK, E.; DEAN, J.; HALL, F. **Practical Software Measurement: Objective information for decision makers.** Boston, USA: Addison Wesley, 2002.
- MENG, X. X.; WANG, Y. S.; SHI, L.; WANG, F. J. **A process pattern language for agile methods.** Software Engineering Conference. APSEC 2007. 14th Asia-Pacific. IEEE. p.374–381, 2007.
- MOHAPATRA, S. AND MOHANTY, B. **Defect Prevention through Defect Prediction : A Case Study at Infosys.** Proceedings. IEEE International Conference on Software Maintenance, p. 260 – 272, 2001.
- MONTEIRO, L. F. S. AND OLIVEIRA, K. M. D. **Defining a catalog of indicators to support process performance analysis.** Journal of Software Maintenance and Evolution: Research, vol. 23, no. 6, pp. 395–422, 2011.
- MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** John Wiley & Sons Inc, 1985.
- MOODY, D. L. **The “Physics” of Notations: Towards a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering.** IEEE Transactions on Software Engineering, v. 35, n. 5, p. 756–778, 2009.
- MOODY, D. L.; HEYMANS, P.; MATULEVIČIUS, R. **Visual syntax does matter: improving the cognitive effectiveness of the i* visual notation.** Requirements Engineering, v. 15, n. 2, p. 141–175, 2010.
- NARAYANA, V. AND SWAMY, R. **Experiences in the inspection process characterization techniques.** Proceedings - International Conference on Quality Software, n. Jan, p. 388–395, 2003.
- NISSINK, F., VLIET, H. **Measurement Program Success Factors Revisited, Information and Software Technology,** v. 43, n. 10, pp. 617-628, 2001.
- OATES, B. J. **Researching Information Systems and Computing,** SAGE Publications, 2006.
- OMG. **Normative Document of UML 2.5.** Disponível em: <<http://www.omg.org/spec/UML/2.5/PDF>>.

- PANDIAN, S. S. A. AND PUTHIYANAYAGAM, P. **Control Charts for Improving the Process Performance of Software Development Life Cycle**. *Ijrras*, v. 14, n. February, p. 248–256, 2013.
- PARK, R. E., WOLFHART, B., GEOTHERT, W., & FLORAC, A. **Goal-drive software measurement –A Guidebook**. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute Carnegie Mellon, 1996.
- PAULK, M. **Applying SPC to the personal software process**. 10th Intl. Conf. Software Quality (October 2001), n. January, p. 1–11, 2000.
- PAUWELS, S. L., HÜBSCHER, C., BARGAS-AVILA, J. A., OPWIS, A. **Building an interaction design pattern language: A case study**. *Computers in Human Behavior* 26, 452–463, 2010.
- PFLEEGER, S. L. **Design and Analysis in Software Engineering**. *Acm Sigsoft*, v. 19, n. 4, p. 16–20, 1994.
- QUIRINO, G. K. S. **Uma Notação Visual para Representação de Linguagens de Padrões Ontológicos**. Dissertação de Mestrado, UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.
- RACKZINSKI, B., CURTIS, B. **Software Data Violate SPC's Underlying Assumptions**, *IEEE Software*, v. 25, n. 3, pp. 49 – 50, 2008.
- ROCHA, A. R. C. DA, SOUZA, G. DOS S. AND BARCELLOS, M. P. **Medição de Software e Controle Estatístico de Processos**, 2012.
- SARGUT, K U; DEMIRÖRS, O. **Utilization of Defect Density Metric for SPC Analysis**. In 13th International Conference on Software Quality, 2003.
- SARGUT, K. U., DEMIRORS, O. **Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions**, *Software Quality Journal*, v. 14, n. 5, pp. 135-157, 2006.
- SCHNEIDEWIND, N. **What can software engineers learn from manufacturing to improve software process and product?** *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 22, n. 4, p. 597–606, 2011.
- SEI. **CMMI® for Development, Version 1.3**. Carnegie Mellon University, 2010.
- SELBY, R. W. **Statistical Process Control for System Development Using Six Sigma Techniques**. AIAA SPACE Conference & Exposition, Sept, 2009.
- SHEWHART, W. A. **The Economic Control of Quality of Manufactured Product**. New York: D. Van Nostrand Company, reprinted by ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 1980.
- SOFTEX. **MPS.BR: Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia Geral MPS de Software**, 2016.

- SOLINGEN, R., & BERGHOUT, E. **The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development.** New York: McGraw-Hill Publishing Company, 1999.
- SUTHERLAND, J., DEVOR, R., & CHANG, T. **Statistical Quality Design and Control.** Prentice Hall Publishing Company, 1992.
- TAKARA, A., BETTIN, A. X. AND TOLEDO, C. M. T. **Problems and Pitfalls in a CMMI level 3 to level 4 Migration Process.** 6th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology (QUATIC), p. 91 – 99, 2007.
- TARHAN, A. AND DEMIRORS, O. **Investigating suitability of software process and metrics for statistical process control.** Software Process Improvement, v. 4257, p. 88–99, 2006.
- TARHAN, A. AND DEMIRORS, O. **Apply quantitative management now.** IEEE Software, v. 29, n. 3, p. 77–85, 2012.
- TARHAN, A. AND DEMIRORS, O. **Assessment of Software Process and Metrics to Support Quantitative Understanding.** IWSM-Mensura, p. 102–113, 2008.
- TARHAN, A. AND DEMIRORS, O. **Assessment of software process and metrics to support quantitative understanding: Experience from an undefined task management process.** Communications in Computer and Information Science (CCIS0), v. 155, p. 108–120, 2011b.
- TARHAN, A. AND DEMIRORS, O. **Investigating the effect of variations in the test development process: A case from a safety-critical system.** Software Quality Journal, v. 19, n. 4, p. 615–642, 2011a.
- TARHAN, A., DEMIRORS, O. **Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control,** Lectures Notes in Computer Science, Volume 4257/2006, pp. 88-99, 2006.
- TRAVASSOS, G.; GUROV, D.; AMARAL, E. **Introdução à Engenharia de Software Experimental.** Relatório Técnico ES-590/02 Programa de Engenharia de Sistemas e Computação COPPEUFRJ, p. 52, 2002.
- VASHISHT, V. **Enhancing Software Process Management through Control Charts.** Journal of Software Engineering and Applications, Feb, p. 87–93, 2014.
- VIJAYA, G. AND ARUMUGAM, S. **Monitoring the stability of the processes in defined level software companies using control charts with three sigma limits.** WSEAS Transactions on Information Science and Applications, v. 7, n. 10, p. 1230–1239, 2010.
- WANG, Q., GOU, L., JIANG, N., *et al.* **Estimating fixing effort and schedule based on defect injection distribution.** Software Process Improvement and Practice, v. 11, p. 361–371, 2006a.

- WANG, Q., JIANG, N., GOU, L., CHE, M. AND ZHANG, R. **Practical experiences of cost/schedule measure through earned value management and statistical process control**. *Software Process Change*, p. 348–354, 2006c.
- WANG, Q., JIANG, N., GOU, L., *et al.* **BSR: A statistic-based approach for establishing and refining software process performance baseline**. *Proceedings of the 28th international conference on Software engineering*, p. 585–594, 2006b.
- WANG, Q., LI, M., **Measuring and Improving Software Process in China**, In: *Proceedings of International Symposium on Empirical Software Engineering - ISESE 2005*, Hoosa Head, Australia, pp. 183-192, 2005.
- WANG, Y.; ZHAO, L.; WANG, X.; YANG, X.; SUPAKKUL, S. **PLANT: A pattern language for transforming scenarios into requirements models**. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 71, n. 11, p. 1026–1043, 2013.
- WELLER, E. F., CARD, D. **Applying SPC to Software Development: Where and Why**. *IEEE Software*, v. 25, p. 48–50, 2008.
- WELLER, E. F. **Practical Applications of Statistical Process Control**. *IEEE Software*, v. 17, n. 3, pp. 48-55, 2000.
- WHEELER, D. J. **Advanced Topics in Statistical Process Control**. SPC Press. 1995.
- WHEELER, D. J., & CHAMBERS, D. S. **Understanding Statistical Process Control**. 2nd ed. Knoxville - SPC Press, 1992.
- WHEELER, D. J., POLING, R. S. **Building Continual Improvement: A Guide for Business**. SPC Press, 1998.
- ZHANG, H. AND KIM, S. **Monitoring software quality evolution for defects**. *IEEE Software*, v. 27, n. 4, p. 58–64, 2010.
- ZHANG, Y. AND SHETH, D. **Mining software repositories for model-driven development**. *IEEE Software*, v. 23, n. 1, 2006.
- ZHAO, F., PENG, X. AND ZHAO, W. **Software development process monitoring based on nominal transformation**. *Eighth IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, 2009., p. 983–988, 2009.
- ZHU, M., LIU, W., HU, W. AND FANG, Z. **Target Based Software Process Evaluation Model and Application**. *Second International Conference on Information and Computing Science (ICIC)*, v. 1, p. 107–110, 2009.

Apêndice A

Questionários Aplicados no *Survey* para Investigação do Estado da Prática

Este apêndice apresenta as respostas dos questionários aplicados no survey realizado para investigar o estado da prática sobre medidas utilizadas no CEP. Informações sobre o survey foram apresentadas no Capítulo 5 desta dissertação.

A.1 Questionário Participante #1

Medidas Utilizadas no Controle Estatístico de Processos de Software

Este questionário visa identificar processos/subprocessos que têm sido submetidos ao controle estatístico de processos e medidas que têm sido usadas nesse contexto, bem como objetivos de medição relacionados. Todos os campos do questionário devem ser preenchidos.

Nota: As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa. A identidade dos participantes (pessoas ou empresas) não será divulgada.

1. Dados da Empresa

Nome: Participante #1

E-mail: participante1@outlook.com

Há quanto tempo a empresa realiza o controle estatístico de processos? 6 anos

2. Processos, Objetivos e Medidas usadas no CEP

Que processos/subprocessos têm sido submetidos de forma bem-sucedida ao controle estatístico de processos de software na empresa? Quais os objetivos de medição têm sido considerados e que medidas relacionados a esses processos têm sido usados de forma bem-sucedida no controle estatístico de processos?

Para responder esta pergunta, utilize a tabela disponível abaixo e siga o exemplo apresentado a seguir. Caso o nome das medidas não sejam expressivos o suficiente para que sejam entendidas, utilize a coluna Comentários para apresentar esclarecimentos. Inclua na tabela quantas linhas forem necessárias.

Exemplo:

Processo/Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários
Monitoração e Controle de Projetos	Monitorar desempenho de cronograma e custos do projeto	Índice de Desempenho de Prazo	Indicadores da técnica Análise de Valor Agregado
		Índice de Desempenho de Custo	

Processo/ Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários
Especificar Requisitos do produto	Monitorar o desempenho (produtividade) na execução da atividade	Produtividade HH/PF	Relacionado ao esforço realizado e ao esforço estimado
Especificar Requisitos do produto	Monitorar a qualidade (densidade de defeitos de revisão por par) na execução da atividade	Densidade de defeitos Defeitos / PF	Relacionado à quantidade de defeitos (não conformidades) identificadas na execução da verificação (revisão por par)
Elaborar especificação técnica do produto	Monitorar o desempenho (produtividade) na execução da atividade	Produtividade HH/PF	Relacionado ao esforço realizado e ao esforço estimado
Elaborar especificação técnica do produto	Monitorar a qualidade (densidade de defeitos de revisão por par) na execução da atividade	Densidade de defeitos Defeitos / PF	Relacionado à quantidade de defeitos (não conformidades) identificadas na execução da verificação (revisão por par)
Codificar e integrar unidades	Monitorar o desempenho (produtividade) na execução da atividade	Produtividade HH/PF	Relacionado ao esforço realizado e ao esforço estimado
Codificar e integrar unidades	Monitorar a qualidade (densidade de defeitos de revisão por par) na execução da atividade	Densidade de defeitos Defeitos / PF	Relacionado à quantidade de defeitos (não conformidades) identificadas na execução da verificação (revisão por par)
Realizar testes do produto	Monitorar o desempenho (produtividade) na execução da atividade	Produtividade HH/PF	Relacionado ao esforço realizado e ao esforço estimado
Realizar testes do produto	Monitorar a qualidade (densidade de defeitos de testes do produto) na execução da atividade	Densidade de defeitos Defeitos / PF	Relacionado à quantidade de defeitos (não conformidades) identificadas na execução da verificação (testes)

A.2 Questionário Participante #2

Medidas Utilizadas no Controle Estatístico de Processos de Software

Este questionário visa identificar processos/subprocessos que têm sido submetidos ao controle estatístico de processos e medidas que têm sido usadas nesse contexto, bem como objetivos de medição relacionados. Todos os campos do questionário devem ser preenchidos.

Nota: As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa. A identidade dos participantes (pessoas ou empresas) não será divulgada.

1. Dados do Implementador/Avaliador

Nome: Participante #2

E-mail: participante2@xxxxx.com

Em quantas empresas já implementou/avaliou o controle estatístico de processos? 3

2. Processos, Objetivos e Medidas usadas no CEP

Que processos/subprocessos têm sido submetidos de forma bem-sucedida ao controle estatístico de processos de software pelas empresas? Quais os objetivos de medição têm sido considerados e que medidas relacionadas a esses processos têm sido usados de forma bem-sucedida no controle estatístico de processos?

Para responder esta pergunta, utilize a tabela disponível abaixo e siga o exemplo apresentado a seguir. Caso o nome das medidas não sejam expressivos o suficiente para que sejam entendidas, utilize a coluna Comentários para apresentar esclarecimentos. Inclua na tabela quantas linhas forem necessárias.

Exemplo:

Processo/Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários
Monitoração e Controle de Projetos	Monitorar desempenho de cronograma e custos do projeto	Índice de Desempenho de Prazo	Indicadores da técnica Análise de Valor Agregado
		Índice de Desempenho de Custo	

Processo/Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários
Análise	Aumentar a produtividade e qualidade	Produtividade (Horas / tamanho) Qualidade (qtd de defeitos injetados x removidos) Retrabalho (Horas / tamanho)	
Projeto (design)	Aumentar a produtividade e qualidade	Produtividade (Horas / tamanho) Qualidade (qtd de defeitos injetados x removidos) Retrabalho (Horas / tamanho)	

Processo/Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários
Construção	Aumentar a produtividade e qualidade	Produtividade (Horas / tamanho) Qualidade (qtd de defeitos injetados x removidos) Retrabalho (Horas / tamanho)	
Testes	Aumentar a produtividade e qualidade	Produtividade (Horas / tamanho) Qualidade (qtd de defeitos injetados x removidos) Retrabalho (Horas / tamanho)	

A.3 Questionário Participante #3

Medidas Utilizadas no Controle Estatístico de Processos de Software

Este questionário visa identificar processos/subprocessos que têm sido submetidos ao controle estatístico de processos e medidas que têm sido usadas nesse contexto, bem como objetivos de medição relacionados. Todos os campos do questionário devem ser preenchidos.

Nota: As informações fornecidas serão utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa. A identidade dos participantes (pessoas ou empresas) não será divulgada.

1. Dados do Implementador/Avaliador

Nome: Participante #3

E-mail: participante3@xxxx.com.br

Em quantas empresas já implementou/avaliou o controle estatístico de processos?

1 avaliada CMMI5

2 não avaliada MPS SW A (*empresas optaram por não avaliar)

2. Processos, Objetivos e Medidas usadas no CEP

Que processos/subprocessos têm sido submetidos de forma bem-sucedida ao controle estatístico de processos de software pelas empresas? Quais os objetivos de medição têm sido considerados e que medidas relacionados a esses processos têm sido usados de forma bem-sucedida no controle estatístico de processos?

Para responder esta pergunta, utilize a tabela disponível abaixo e siga o exemplo apresentado a seguir. Caso o nome das medidas não sejam expressivos o suficiente para que sejam entendidas, utilize a coluna Comentários para apresentar esclarecimentos. Inclua na tabela quantas linhas forem necessárias.

Exemplo:

Processo/Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários
Monitoração e Controle de Projetos	Monitorar desempenho de cronograma e custos do projeto	Índice de Desempenho de Prazo	Indicadores da técnica Análise de Valor Agregado
		Índice de Desempenho de Custo	

Processo/Subprocesso	Objetivos de Medição	Medidas	Comentários
Verificação de arquitetura	Monitorar índice de defeitos encontrados	Índice de defeitos retirados x índice de erros cliente	Indicador e subprocesso atrelado aos níveis de conhecimento/ perfil dos envolvidos
Validação de cenários (requisitos)	Monitorar índice de defeitos encontrados	Índice de defeitos retirados x índice de erros fase testes sistêmicos	Indicador e subprocesso atrelado aos níveis de conhecimento/ perfil dos envolvidos
Testes sistêmicos	Monitorar índice de defeitos encontrados	Índice de defeitos retirados x índice de erros cliente	Indicador e subprocesso atrelado aos níveis de conhecimento/ perfil dos envolvidos Inclui defeitos encontrados na integração contínua

Apêndice B

Especificação de MePPLa

Este apêndice apresenta a especificação de MePPLa (Measurement Planning Pattern Language), incluindo seus modelos comportamental e estrutural e a descrição detalhada dos padrões.

B.1 Introdução

No âmbito da Engenharia de Software uma Linguagem de Padrões (LP) é uma rede de padrões inter-relacionados que define um processo para resolução sistemática de problemas relacionados ao desenvolvimento de software (DEUTSCH, 2004). Assim, MePPLa (*Measurement Planning Pattern Language*) é uma linguagem de padrões formada por um conjunto de padrões inter-relacionados que quando usados de forma combinada auxiliam na elaboração de planos de medição visando ao controle estatístico dos processos (CEP).

Em MePPLa cada padrão está relacionado a processos e segue o formato GQM – *Goal-Question-Metric* (BASILI *et al.*, 1994). Dessa forma, um padrão de planejamento de medição inclui objetivo de medição, questões que indicam necessidades de informação que devem ser atendidas para que seja possível monitorar o objetivo de medição e medidas (com suas definições operacionais) que atendem as necessidades de informação.

MePPLa é representada através de dois tipos de modelos, o modelo estrutural e o modelo comportamental. O modelo estrutural apresenta os padrões que compõem a linguagem e as relações estruturais (dependência, correlação e composição) entre eles. Já o modelo comportamental define o fluxo que guia na aplicação dos padrões.

MePPLa foi desenvolvida com o propósito de apoiar o planejamento de medição visando ao CEP para atendimento aos requisitos dos níveis 4 e 5 do CMMI ou níveis B e A do MR-MPS-SW. Pode ser usada por organizações que desejam implementar as práticas do CEP visando à alta maturidade. MePPLa inclui padrões relacionados aos processos de Gerência de Projetos, Codificação e Teste.

MePPLa deve ser usada para criar planos de medição visando ao CEP. Para utilizar MePPLa, o usuário deve iniciar utilizando o modelo comportamental geral, a partir do qual deve selecionar, um de cada vez, os processos que serão submetidos ao CEP. Ao selecionar um processo, o usuário deve passar a utilizar o modelo comportamental referente a esse processo e navegar no modelo seguindo os fluxos e selecionando os padrões a serem

utilizados. A seleção de um padrão significa que ele será inserido no Plano de Medição sendo criado. Cada processo tem, além do modelo comportamental, um modelo estrutural, que pode ser utilizado pelo usuário para auxiliá-lo na seleção dos padrões. Por exemplo, no modelo estrutural é possível identificar os padrões que são correlacionados, ou seja, que possuem medidas ou objetivos que impactam uns nos outros. Assim, selecionar padrões correlacionados pode auxiliar na fase de análise da medição.

MePPLa possui 28 padrões, sendo 12 relacionados ao processo de Gerência de Projetos, 6 relacionados ao processo de Codificação e 10 relacionados ao processo de Testes.

A Tabela B.1 apresenta os padrões relacionados a cada processo e o objetivo de medição que leva à utilização do padrão. Um padrão pode ser definido como uma solução para um problema. Assim, nos padrões de MePPLa, a monitoração ao alcance a um objetivo de medição é o problema que a aplicação do padrão associado a esse objetivo busca resolver.

Tabela B.1 – Padrões de MePPLa.

Processo: Gerência de Projetos	
Objetivo de Medição	Padrão
Melhorar estimativas de tamanho	Precisão das Estimativas de Tamanho
Melhorar estimativas de esforço da atividade	Precisão das Estimativas de Esforço da Atividade
Melhorar estimativas de esforço da fase	Precisão das Estimativas de Esforço da Fase
Melhorar estimativas de esforço do processo	Precisão das Estimativas de Esforço do Processo
Melhorar estimativas de duração da atividade	Precisão das Estimativas de Duração da Atividade
Melhorar estimativas de duração da fase	Precisão das Estimativas de Duração da Fase
Melhorar estimativas de duração do processo	Precisão das Estimativas de Duração do Processo
Melhorar estimativas de custo da atividade	Precisão das Estimativas de Custo da Atividade
Melhorar estimativas de custo da fase	Precisão das Estimativas de Custo da Fase
Melhorar estimativas de custo do processo	Precisão das Estimativas de Custo do Processo
Monitorar prazo do projeto	Desempenho de Prazo
Monitorar custo do projeto	Desempenho de Custo
Processo: Codificação	
Objetivo de Medição	Padrão
Melhorar a produtividade da codificação	Produtividade da Codificação
Melhorar a qualidade da codificação	Qualidade da Codificação
Melhorar a qualidade do produto	Qualidade do Produto
Melhorar a confiabilidade do produto	Confiabilidade do Produto
Melhorar a eficácia da remoção de defeitos	Eficácia da Remoção de Defeitos
Reduzir defeitos injetados	Injeção de Defeitos

Tabela B.1 – Padrões de MePPLa (cont.).

Processo: Testes	
Objetivo de Medição	Padrão
Melhorar a eficácia dos testes	Eficácia dos Testes
Melhorar a eficácia dos testes de unidade	Eficácia dos Testes de Unidade
Melhorar a eficácia dos testes de sistema	Eficácia dos Testes de Sistema
Melhorar a eficácia dos testes de integração	Eficácia dos Testes de Integração
Melhorar a eficiência dos testes	Eficiência dos Testes
Melhorar a eficiência dos testes de unidade	Eficiência dos Testes de Unidade
Melhorar a eficiência dos testes de sistema	Eficiência dos Testes de Sistema
Melhorar a eficiência dos testes de integração	Eficiência dos Testes de Integração
Melhorar a produtividade na preparação dos testes	Produtividade na Preparação dos Testes
Melhorar a eficiência na preparação dos testes	Eficiência na Preparação dos Testes

Vale ressaltar que a versão de MePPLa aqui apresentada é a primeira versão desta linguagem e considera apenas três processos e uma quantidade limitada de padrões. Como qualquer linguagem de padrões, MePPLa pode estar em constante evolução, podendo ter novos padrões adicionados, novas relações identificadas e abordando novos processos.

A seguir, na Seção B.2, são apresentados os modelos estruturais de MePPLa. Na Seção B.3 são apresentados os modelos comportamentais e na Seção B.4 são disponibilizadas as descrições detalhadas dos padrões.

B.2 Modelo Estrutural

Os modelos estruturais da linguagem de padrões apresentam os padrões que compõem a linguagem e as relações estruturais entre eles. Para representação dos modelos foi utilizada a notação visual OPL-ML, proposta por Quirino (2016), na qual os padrões são representados por retângulos com *labels* sublinhados e os grupos de padrões são representados por regiões delimitadas por linhas retas com bordas grossas azuis.

Os padrões são agrupados de acordo com os processos e subprocessos aos quais se relacionam. Interno aos grupos, os padrões e os relacionamentos entre eles são representados. As relações de dependência são representadas por setas direcionadas onde o padrão origem da seta requer que o padrão destino seja aplicado. As relações representadas por setas tracejadas direcionadas com pontas duplas indicam que os padrões são correlacionados, ou seja, há relação entre os padrões, mas não implica na necessidade de que para aplicar um padrão o outro deva ser aplicado.

Informações sobre as relações estruturais são especialmente úteis durante a análise dos dados coletados para as medidas, pois revelam medidas correlatas e objetivos que impactam em outros. Esse modelo pode ser útil no planejamento de medição, uma vez que pode auxiliar na identificação de quais padrões podem ser selecionados para uma melhor análise do alcance aos objetivos e de causas que possam estar neles interferindo. O modelo estrutural também é útil para a elaboração do modelo comportamental (apresentado na próxima seção), uma vez que indica as dependências que devem ser consideradas no fluxo que guia a seleção dos padrões a serem aplicados.

A Figura B.1 apresenta o modelo estrutural contendo padrões relacionados ao processo de Gerência de Projetos.

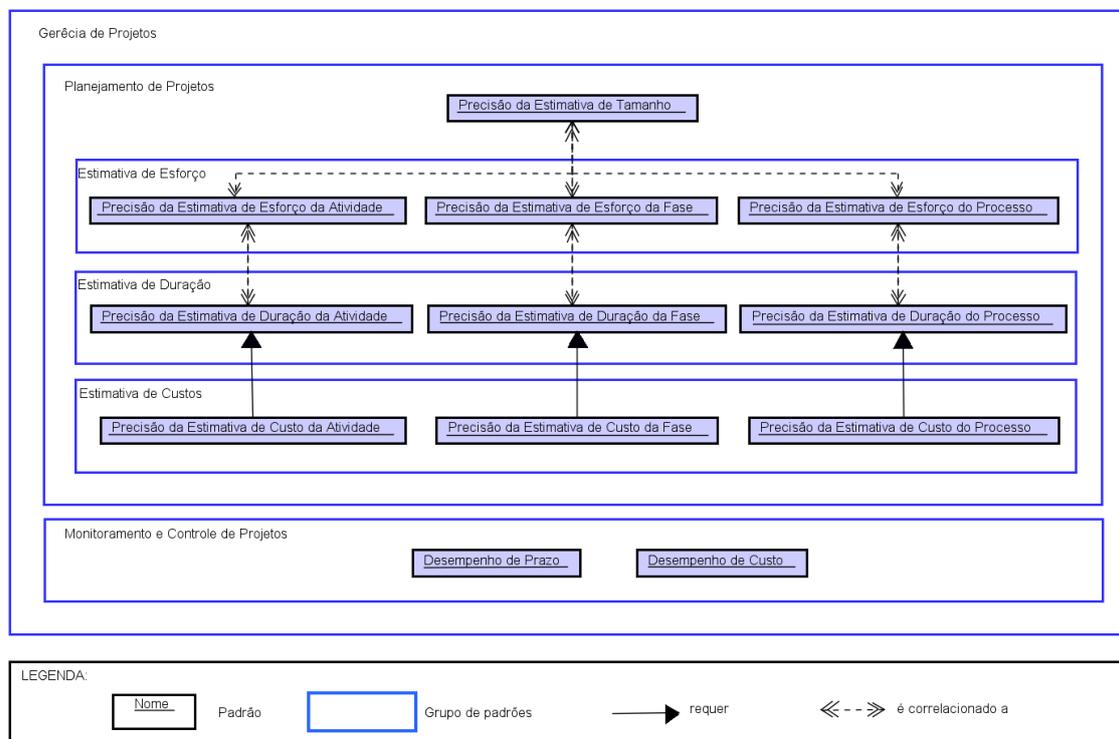


Figura B.1 – Modelo Estrutural do grupo de padrões de Gerência de Projetos.

O modelo estrutural do processo de gerência de projetos é composto por dois subgrupos, um relacionado ao subprocesso de *Planejamento de Projetos* e outro relacionado ao subprocesso de *Monitoramento e Controle de Projetos*. Dentro do grupo *Planejamento de Projetos* há subgrupos para os padrões relacionados a estimativas de esforço, estimativas de duração e estimativas de custo. Há relações de dependência entre os padrões relacionados a estimativas de custos e estimativa de duração. Por exemplo, o padrão *Precisão das Estimativas de Custo da Atividade* possui uma relação de dependência com o padrão *Precisão das Estimativas de Duração da Atividade*, uma vez que para estimar custos das atividades é necessário, antes, estimar a sua duração. Há, também, correlações entre padrões. Por

exemplo, o padrão *Precisão das Estimativas de Duração da Atividade* está correlacionado ao o padrão *Precisão das Estimativas de Esforço da Atividade*, pois há relação entre esforço e duração de atividades, porém, para determinar a duração de uma atividade não é necessário, antes, determinar o esforço necessário para realizá-la.

A Figura B.2 apresenta o modelo estrutural contendo padrões relacionados ao processo de Codificação.

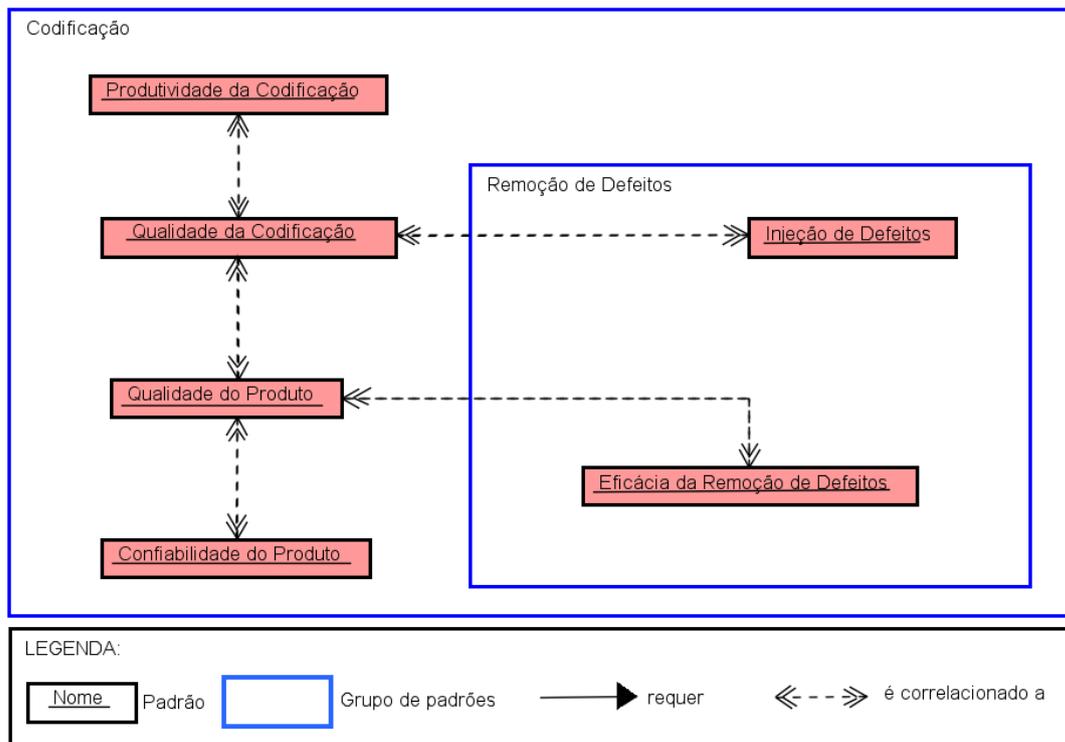


Figura B.2 – Modelo Estrutura do grupo de padrões de Codificação.

Entre os padrões relacionados ao processo *Codificação* há relações de correlação. Por exemplo, o padrão *Qualidade do Produto* está correlacionado ao padrão *Qualidade do Processo* uma vez que a qualidade do processo pode impactar na qualidade do produto (um processo com má qualidade irá resultar em um produto de má qualidade), mas a aplicação do padrão *Qualidade do Produto* não depende da aplicação do padrão *Qualidade do Processo* (daí não haver relação de dependência entre eles). O modelo estrutural referente a *Codificação* possui um subgrupo contendo padrões relacionados a *Remoção de Defeitos*.

A Figura B.3 apresenta o modelo estrutural contendo padrões relacionados ao processo de *Testes*.

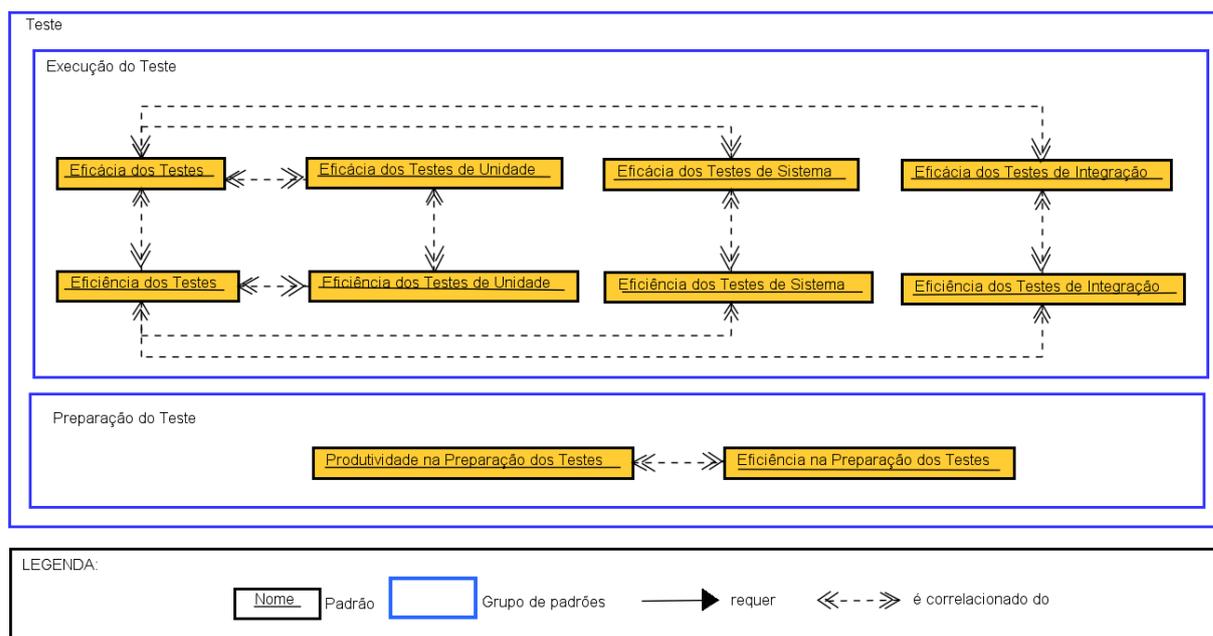


Figura B.3 – Modelo Estrutural do grupo de padrões de Testes.

Assim como nos padrões relacionados a *Codificação*, há apenas relações do tipo correlação entre os padrões relacionados a *Testes*. Por exemplo, *Eficiência dos Testes* é correlato a *Eficácia dos Testes*, uma vez que melhorias na eficácia de testes podem impactar na sua eficiência (testes mais eficazes podem demandar mais esforço). O modelo estrutural referente a Testes possui dois subgrupos, um relacionado ao subprocesso Preparação dos Testes, que se refere à preparação dos procedimentos ou casos de testes, e outro relacionado ao subprocesso Execução dos Testes, que trata de aspectos referentes à execução dos testes propriamente dita. .

B.3 Modelo Comportamental

O modelo comportamental descreve o processo de aplicação dos padrões. Na notação utilizada, os padrões são representados por retângulos arredondados com *labels*. Os grupos de padrões são representados por regiões delimitadas por linhas retas com bordas grossas azuis e com conexões curvas entre as linhas. Os pontos de entrada na linguagem, ou seja, pontos por onde a aplicação de padrões pode ter início, são representados por círculos sólidos. Os nós de decisão (representados por losangos) são usados para representar caminhos alternativos. As setas representam o caminho que o usuário deve seguir na aplicação de padrões da linguagem. O círculo sólido circundado duplamente é utilizado para indicar o fim do processo de aplicação dos padrões.

O modelo comportamental possui dois formatos que são o formato caixa-preta, que fornece a visão geral da linguagem, e o formato detalhado, que fornece a visão comportamental detalhada da linguagem de padrões, contendo os fluxos que guiam a aplicação dos padrões.

Ambos os formatos dos modelos devem ser entendidos como um processo a ser seguido passo a passo, de um ponto de entrada até um ponto final. O formato caixa-preta é composto por grupos e nós de decisão que devem ser seguidos pelo usuário do ponto de entrada ao ponto final.

Assim como no modelo estrutural, os padrões são agrupados de acordo com os processos e subprocessos aos quais se relacionam. Assim, no formato caixa-preta é possível visualizar os processos considerados na linguagem de padrões. Como o próprio nome sugere, no formato caixa-preta não é possível visualizar os padrões e fluxos existentes dentro de cada grupo. A Figura B.4 apresenta o formato caixa-preta do modelo comportamental de MePPLa.

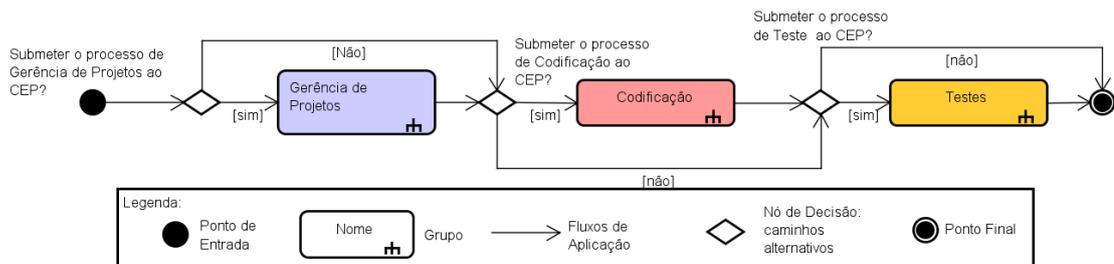


Figura B.4– Formato caixa-preta do modelo comportamental

O modelo comportamental detalhado mostra o conteúdo interno aos grupos. Para cada grupo de processo, assim como no modelo estrutural, subgrupos são utilizados para agrupar padrões relacionados aos subprocessos. Esse modelo apresenta os fluxos que guiam a aplicação dos padrões. É importante notar que o modelo comportamental é consistente com o modelo estrutural, assim, ambos possuem os mesmos grupos, subgrupos e padrões. Além disso, o modelo comportamental respeita as relações estabelecidas no modelo estrutural. Por exemplo, no modelo comportamental referente a Gerência de Projetos, o fluxo só permite usar o padrão *Precisão das Estimativas de Custo* se o padrão *Precisão das Estimativas de Duração* for usado antes, uma vez que no modelo estrutural de Gerência de Projetos há uma relação de dependência entre esses padrões.

Para cada grupo de padrões (processo) presente na Figura B.4 há um modelo comportamental detalhado. Em cada modelo, objetivos de medição mais gerais dos padrões são utilizados para indicar pontos de entrada e objetivos de medição mais

específicos são utilizados para auxiliar nas tomadas de decisão. Por exemplo, para o grupo Gerência de Projetos, o objetivo *Melhorar planejamento do projeto e estimativas* é utilizado para indicar o ponto de entrada para o subgrupo Planejamento de Projeto, ou seja, o usuário deve seguir para o subgrupo caso ele deseje *Melhorar planejamento do projeto e estimativas*. Objetivos mais específicos, tais como *Melhorar estimativas de tamanho* são usados em nós de decisão para levar a aplicação ou não de um dado padrão. Por exemplo, caso se deseje alcançar o objetivo *Melhorar estimativas de tamanho*, o nó de decisão leva ao padrão *Precisão das Estimativas de Tamanho*. Caso contrário, outro fluxo deve ser seguido. O usuário deve seguir os fluxos no modelo comportamental até chegar a um ponto final.

As figuras B.5, B.6 e B.7 apresentam, respectivamente, o modelo comportamental dos grupos Gerência de Projetos, Codificação e Testes.

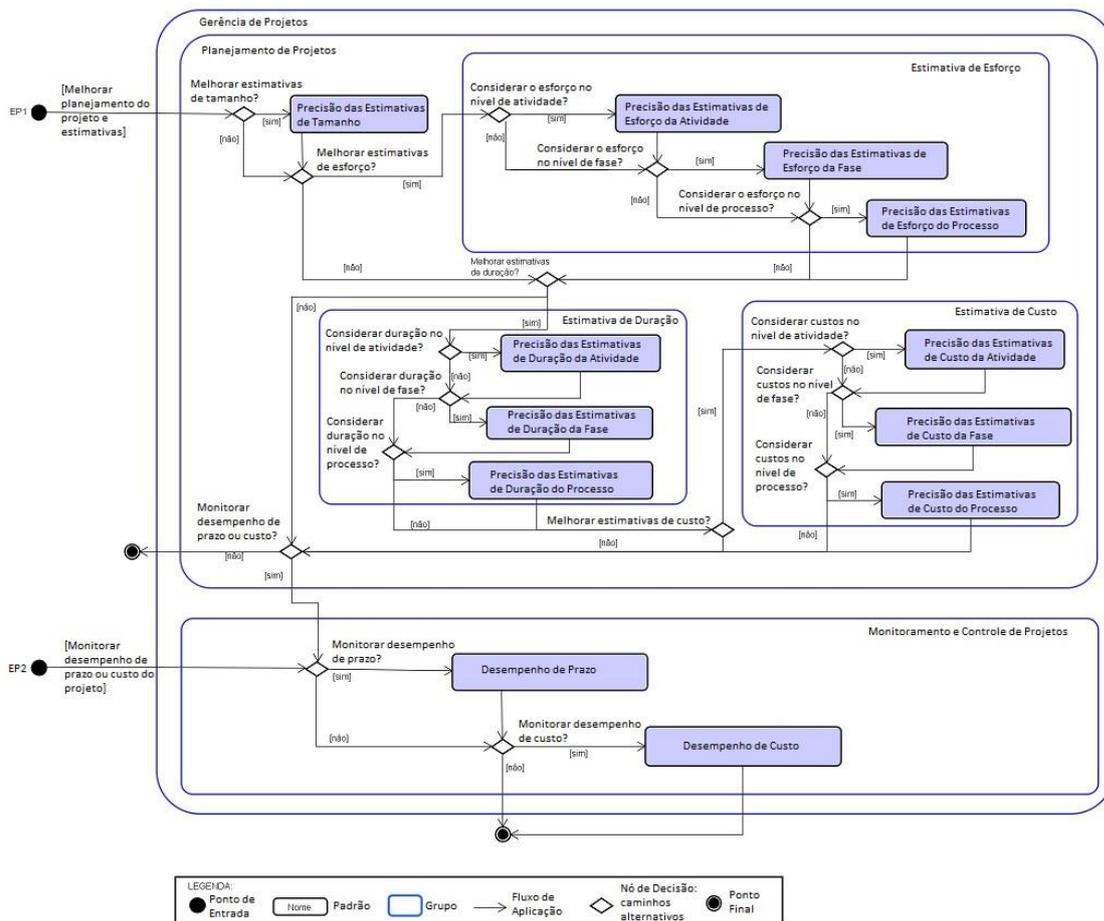


Figura B.5– Modelo Comportamental do grupo Gerência de Projetos.

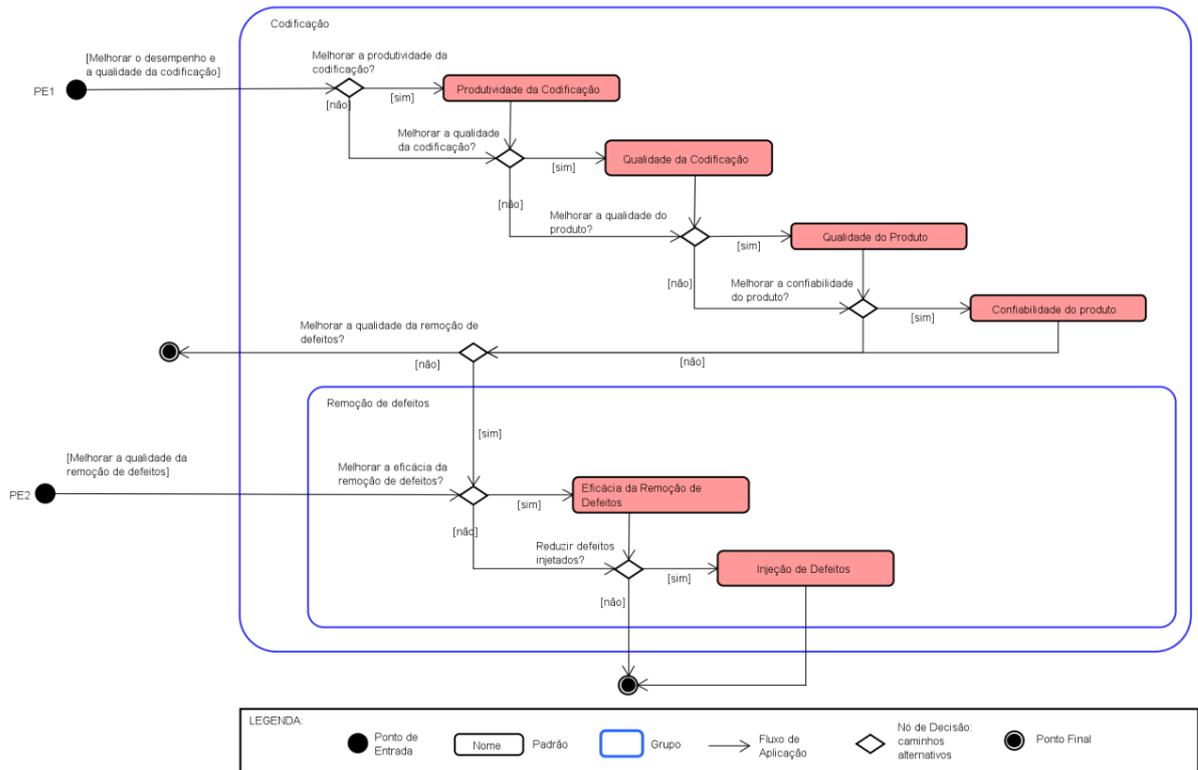


Figura B.6 – Modelo Comportamental do grupo de Codificação

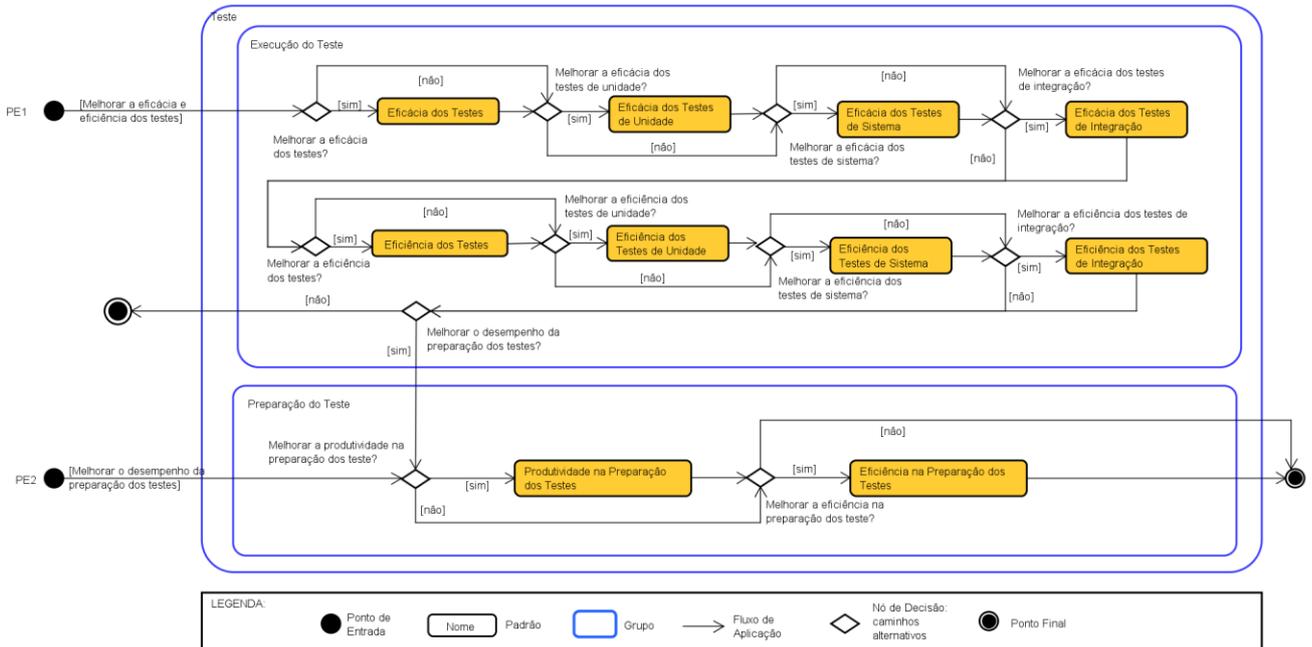


Figura B.7 – Modelo Comportamental do grupo de Testes.

B.4 Padrões de Planejamento de Medição

A seguir são apresentadas as descrições dos padrões de MePPLa. A descrição dos padrões inclui as seguintes informações:

- **Nome:** indica o nome do padrão.
- **Processo/Subprocesso:** indica o processo/subprocesso ao qual o padrão se relaciona.
- **Objetivo:** indica o objetivo de medição considerado no padrão.
- **Necessidades de Informação:** questões que indicam necessidades de informação que devem ser atendidas para que seja possível monitorar o objetivo de medição. Este item representa o item “Questão” do modelo GQM (*Goal-Question-Metric*) apresentado no Capítulo 2.
- **Medidas:** medidas que atendem as necessidades de informação.
- **Definição Operacional das Medidas:** detalhamento associado a uma medida que fornece informações sobre sua coleta e análise.
- **Padrões Relacionados:** padrões que estão relacionados ao padrão definido.

Nas descrições dos padrões os textos em itálico e entre << >> são comentários que devem ser levados em consideração quando o padrão é aplicado (as informações devem ser completadas pelo usuário quando usa o padrão).

Em todos os padrões há medidas cujo Procedimento de Análise de Medição é indicado como “Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos”. Esse procedimento orienta a análise de dados para o CEP no contexto de modelos de maturidade como o CMMI e o MR-MPS-SW e é descrito na Tabela B.2.

Tabela B.2 - Procedimento de análise de medição padrão para uso no CEP no contexto de modelos de maturidade de processos

Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional):

- Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários projetos.
- Obter os limites de controle do processo e analisar o comportamento do processo:
 - (iii) Se os valores coletados para a medida passam pelos testes de estabilidade, então o desempenho do processo é estável e uma *baseline* de desempenho de processo pode ser estabelecida. Os testes de estabilidade são:
 - Teste 1: presença de algum ponto fora dos limites de controle 3σ .
 - Teste 2: presença de pelo menos dois de três valores sucessivos do mesmo lado e a mais de 2σ da linha central (chamada zona C).
 - Teste 3: presença de pelo menos quatro de cinco valores sucessivos do mesmo lado e a mais de 1σ da linha central (chamada zona B).
 - Teste 4: presença de oito pontos sucessivos no mesmo lado da linha central.
 - (iv) Se os valores coletados para a medida não passam pelos testes de estabilidade o comportamento do processo é instável. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo, identificar ações corretivas e executá-las.

Para gerência quantitativa dos projetos (âmbito do projeto):

- Representar em um gráfico de controle os valores medidos para a medida no projeto em análise.
- Analisar o desempenho do processo no projeto em relação ao desempenho previsto no âmbito da organização. Para isso, os dados coletados para a medida devem ser representados em um gráfico de controle cujos limites são fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo na organização.
 - (iii) Se os valores coletados para a medida no projeto passam pelos testes de estabilidade considerando-se os limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo, então o desempenho do processo no projeto está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização.
 - (iv) Se há valores coletados para a medida no projeto que não passam pelos testes de estabilidade considerando-se os limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo, então o desempenho do processo no projeto não está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo no projeto e identificar as ações corretivas adequadas.

B.4.1 Grupo Gerência de Projetos

Precisão da Estimativa de Tamanho

Nome: Precisão da Estimativa de Tamanho

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de tamanho?

Medidas: Precisão da Estimativa de Tamanho, Tamanho Real e Tamanho Estimado.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão da Estimativa de Tamanho
Mnemônico	PET
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de tamanho do produto, ou seja, a razão entre o tamanho real e o tamanho estimado.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de tamanho
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(TR/TE)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de tamanho utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<A medição deve ser feita para partes do produto (unidades de software, módulos, etc.) e não para o produto final do projeto apenas. A medição deve ser feita quando a referida parte do produto é concluída, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para as partes concluídas até então.>>>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos.>></i>
Medida Base 1	Tamanho Real
Mnemônico	TR
Descrição	Medida que quantifica o tamanho real produto.
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho Real
Escala	Números reais
Unidade de Medida	<<KSLOC ou PF>>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o <<número de linhas de código ou de pontos de função>> do produto.
Medida Base 2	Tamanho Estimado
Mnemônico	TE
Descrição	Medida que quantifica o tamanho estimado do produto.
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho Estimado
Escala	Números reais
Unidade de Medida	<<KSLOC ou PF>>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o <<número de linhas de código ou de pontos de função>> estimados para o produto.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Esforço da Atividade, Precisão da Estimativa de Esforço da Fase e Precisão da Estimativa de Esforço do Processo.

Precisão da Estimativa de Esforço da Atividade

Nome: Precisão da Estimativa de Esforço da Atividade

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de esforço da atividade?

Medidas: Precisão da Estimativa de Esforço da Atividade, Esforço Real da Atividade e Esforço Estimado da Atividade.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão da Estimativa de Esforço da Atividade
Mnemônico	PEEA
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de esforço da atividade, ou seja, a razão entre o esforço real da atividade e o esforço estimado para a atividade.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de esforço
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(ERA / EEA)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de esforço para a atividade utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<A medição deve ser feita para cada atividade, quando ela é concluída, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todas as atividades concluídas até então.>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos.>></i>
Medida Base 1	Esforço Real da Atividade
Mnemônico	ERA
Descrição	Medida que quantifica o esforço real da atividade.
Entidade	Atividade
Propriedade	Esforço Real
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o esforço real da atividade.
Medida Base 2	Esforço Estimado para a Atividade
Mnemônico	EEA
Descrição	Medida que quantifica o esforço estimado para a atividade.
Entidade	Atividade
Propriedade	Esforço Estimado
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o esforço estimado para a atividade.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Tamanho, Precisão da Estimativa de Duração da Atividade.

Precisão da Estimativa de Esforço da Fase

Nome: Precisão da Estimativa de Esforço da Fase

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de esforço da fase?

Medidas: Precisão da Estimativa de Esforço da Fase, Esforço Real da Fase e Esforço Estimado para a Fase.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão das Estimativas de Esforço da fase
Mnemônico	PEEF
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de esforço da fase, ou seja, a razão entre o esforço real da fase e o esforço estimado para a fase.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de esforço
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(ERF / EEF)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de esforço para a fase utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<A medição deve ser feita para cada fase, quando ela é concluída, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todas as fases concluídas até então.>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos.>></i>
Medida Base 1	Esforço Real da Fase
Mnemônico	ERF
Descrição	Medida que quantifica o esforço real da fase.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Escala	Números reais
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o esforço real da fase.
Medida Base 2	Esforço Estimado para a Fase
Mnemônico	EEF
Descrição	Medida que quantifica o esforço estimado para a fase.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Esforço Estimado
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o esforço estimado para a fase.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Tamanho, Precisão da Estimativa de Duração da Fase.

Precisão da Estimativa de Esforço do Processo

Nome: Precisão da Estimativa de Esforço do Processo

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de esforço do Processo?

Medidas: Precisão da Estimativa de Esforço do Processo, Esforço Real do Processo e Esforço Estimado para o Processo.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão das Estimativas de Esforço do Processo
Mnemônico	PEEP
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de esforço do processo, ou seja, a razão entre o esforço real do processo e o esforço estimado para o processo.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de esforço
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(ERP / EEP)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de esforço para ao processo utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<A medição deve ser feita para cada processo, quando ele é concluído, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todos os processos concluídos até então.>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos.>></i>
Medida Base 1	Esforço Real do Processo
Mnemônico	ERP
Descrição	Medida que quantifica o esforço real do processo.
Entidade	Processo
Propriedade	Esforço Real
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o esforço real do processo.
Medida Base 2	Esforço Estimado para o Processo
Mnemônico	EEP
Descrição	Medida que quantifica o esforço estimado para o processo.
Entidade	Processo
Propriedade	Esforço Estimado
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o esforço estimado para o processo.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Tamanho, Precisão da Estimativa de Duração do Processo.

Precisão da Estimativa de Duração da Atividade

Nome: Precisão da Estimativa de Duração da Atividade

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de duração da atividade?

Medidas: Precisão da Estimativa de Duração da Atividade, Duração Real da Atividade e Duração Estimada para a Atividade.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão da Estimativa de Duração da Atividade
Mnemônico	PEDA
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de duração da atividade, ou seja, a razão entre a duração real da atividade e a duração estimada para a atividade.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de duração
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(DRA / DEA)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de duração da atividade utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<A medição deve ser feita para cada atividade, quando ela é concluída, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todas as atividades concluídas até então.>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>></i>
Medida Base 1	Duração Real da Atividade
Mnemônico	DRA
Descrição	Medida que quantifica a duração real da atividade.
Entidade	Atividade
Propriedade	Duração Real
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	<i><<deve-se definir uma unidade de medida de tempo, tais como minutos, horas ou dias>></i>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a duração real da atividade.
Medida Base 2	Duração Estimada para a Atividade
Mnemônico	DEA
Descrição	Medida que quantifica a duração estimada para a atividade até o momento da medição.
Entidade	Atividade
Propriedade	Duração Estimada
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	<i><<deve-se definir uma unidade de medida de tempo, tais como minutos, horas ou dias>></i>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto a duração estimada para a atividade.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Esforço da Atividade.

Precisão da Estimativa de Duração da Fase

Nome: Precisão da Estimativa de Duração da Fase

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de duração da fase?

Medidas: Precisão da Estimativa de Duração da Fase, Duração Real da Fase e Duração Estimada para a Fase.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão da Estimativa de Duração da Fase
Mnemônico	PEDF
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de duração da fase, ou seja, a razão entre a duração real da fase e a duração estimada para a fase.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de duração
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(DRF / DEF)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de duração da fase utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<A medição deve ser feita para cada fase, quando ela é concluída, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todas as fases concluídas até então.>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos.>></i>
Medida Base 1	Duração Real da Fase
Mnemônico	DRF
Descrição	Medida que quantifica a duração real da fase.
Entidade	Fase
Propriedade	Duração Real
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	<i><<deve-se definir uma unidade de medida de tempo, tais como minutos, horas ou dias.>></i>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a duração real da fase.
Medida Base 2	Duração Estimada para a Fase
Mnemônico	DEF
Descrição	Medida que quantifica a duração estimada para a fase.
Entidade	Fase
Propriedade	Duração Estimada
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	<i><<deve-se definir uma unidade de medida de tempo, tais como minutos, horas ou dias.>></i>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto a duração estimada para a fase.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Esforço da fase

Precisão da Estimativa de Duração do Processo

Nome: Precisão da Estimativa de Duração do Processo

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de duração do Processo?

Medidas: Precisão da Dstimativa de Duração do Processo, Duração Real do Processo e Duração Estimada para o Processo.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão da Estimativa de Duração do Processo
Mnemônico	PEDP
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de duração do processo, ou seja, razão entre a duração real do processo e a duração estimada para o processo.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de duração
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(DRP/ DEP)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de duração do processo utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<A medição deve ser feita para cada processo, quando ele é concluído, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todos os processos concluídos até então.>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>></i>
Medida Base 1	Duração Real do Processo
Mnemônico	DRP
Descrição	Medida que quantifica a duração real do processo.
Entidade	Processo
Propriedade	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Escala	Números reais
Unidade de Medida	<i><<deve-se definir uma unidade de medida de tempo, tais como minutos, horas ou dias>></i>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a duração real do processo até o momento da medição.
Medida Base 2	Duração Estimada para o Processo
Mnemônico	DEP
Descrição	Medida que quantifica a duração estimada para o processo.
Entidade	Processo
Propriedade	Duração Estimada
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	<i><<deve-se definir uma unidade de medida de tempo, tais como minutos, horas ou dias>></i>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto a duração estimada para o processo.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Esforço do Processo

Precisão da Estimativa de Custo da Atividade

Nome: Precisão da Estimativa de Custo da Atividade

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de custo da atividade?

Medidas: Precisão da Estimativa de Custo da Atividade, Custo Real da Atividade e Custo Estimado para a Atividade.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão da Estimativa de Custo da Atividade
Mnemônico	PECA
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de custo da atividade, ou seja, razão entre o custo real da atividade e o custo estimado para a atividade.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de custo
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(CRA / CEA)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de custo da atividade utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<<A medição deve ser feita para cada atividade, quando ela é concluída, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todas as atividades concluídas até então.>>
Procedimento de Análise de Medição	<<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>>
Medida Base 1	Custo Real da Atividade
Mnemônico	CRA
Descrição	Medida que quantifica o custo real da atividade.
Entidade	Atividade
Propriedade	Custo Real
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o custo real da atividade.
Medida Base 2	Custo Estimado para a Atividade
Mnemônico	CEA
Descrição	Medida que quantifica o custo estimado para a atividade até o momento da medição.
Entidade	Atividade
Propriedade	Custo Estimado
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o custo estimado para a atividade.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Duração da Atividade.

Precisão da Estimativa de Custo da Fase

Nome: Precisão da Estimativa de Custo da Fase

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de custo da fase?

Medidas: Precisão da Estimativa de Custo da Fase, Custo Real da Fase e Custo Estimado para a Fase.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Comosta	Precisão da Estimativa de Custo da Fase
Mnemônico	PECF
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de custo da fase, ou seja, a razão entre o custo real da fase e o custo estimado para a fase.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de custo
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(CRF / CEF)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de custo da fase utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<<A medição deve ser feita para cada fase, quando ela é concluída, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todas as fases concluídas até então.>>
Procedimento de Análise de Medição	<<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos.>>
Medida Base 1	Custo Real da Fase
Mnemônico	CRF
Descrição	Medida que quantifica o custo real da fase.
Entidade	Fase
Propriedade	Custo Real
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o custo real da fase.
Medida Base 2	Custo Estimado para a Fase
Mnemônico	CEF
Descrição	Medida que quantifica o custo estimado para a fase.
Entidade	Fase
Propriedade	Custo Estimado
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o custo estimado para a fase.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Duração da Fase.

Precisão da Estimativa de Custo do Processo

Nome: Precisão da Estimativa de Custo do Processo

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos

Objetivo: Melhorar planejamento do projeto e estimativas

Necessidades de Informação: Qual é a precisão das estimativas de custo do Processo?

Medidas: Precisão da Estimativa de Custo do Processo, Custo Real do Processo e Custo Estimado para o Processo.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Precisão da Estimativa de Custo do Processo
Mnemônico	PECP
Descrição	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de custo do processo, ou seja, razão entre o custo real do processo e o custo estimado para o processo.
Entidade	Subprocesso Planejamento do Projeto
Propriedade	Eficácia de estimativas de custo
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(CRP/ CEP)
Procedimento de Medição	Calcular a precisão das estimativas de custo do processo utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<A medição deve ser feita para cada processo, quando ele é concluído, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todos os processos concluídos até então.>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>></i>
Medida Base 1	Custo Real do Processo
Mnemônico	CRP
Descrição	Medida que quantifica o custo real do processo.
Entidade	Processo
Propriedade	Custo Real
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o custo real do processo.
Medida Base 2	Custo Estimado para o Processo
Mnemônico	CEP
Descrição	Medida que quantifica o custo estimado para o processo.
Entidade	Processo
Propriedade	Custo Estimado
Escala	Números reais positivos, excluindo-se o zero.
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o custo estimado para o processo.

Padrões Relacionados: Precisão da Estimativa de Duração do Processo.

Desempenho de Prazo

Nome: Desempenho de Prazo

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Monitoramento e Controle de Projetos

Objetivo: Monitorar prazo do projeto

Necessidades de Informação: Qual é o desempenho de prazo do projeto?

Medidas: Índice de Desempenho de Prazo, Valor Agregado e Valor Planejado.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Índice de Desempenho de Prazo
Mnemônico	IDP
Descrição	Medida utilizada para quantificar o índice de desempenho do cronograma do projeto, ou seja, razão entre o valor agregado e o valor planejado.
Entidade	Subprocesso Monitoramento e Controle do Projeto
Propriedade	Desempenho do cronograma
Escala	Números reais positivos.
Unidade de Medida	-
Fórmula	(VA/ VP)
Procedimento de Medição	Calcular o índice de desempenho do cronograma utilizando a fórmula de cálculo da medida
Periodicidade de Medição	<i><<Deve-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições nos projetos. A periodicidade deve permitir várias medições ao longo de um mesmo projeto, para que seja possível obter o volume de dados adequado para o CEP>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos.>></i>
Medida Base 1	Valor Agregado
Mnemônico	VA
Descrição	Medida que quantifica o custo planejado para o trabalho realizado no projeto até o momento da medição.
Entidade	Projeto
Propriedade	Valor agregado
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o custo planejado para o trabalho realizado no projeto até o momento da medição.
Medida Base 2	Valor Planejado
Mnemônico	VP
Descrição	Medida que quantifica o valor planejado para o trabalho previsto para ser realizado no projeto até o momento da medição.
Entidade	Projeto
Propriedade	Valor planejado
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o valor planejado para o trabalho previsto para ser realizado no projeto até o momento da medição.

Padrões Relacionados: -

Desempenho de Custo

Nome: Desempenho de Prazo

Processo/Subprocesso: Gerência de Projetos/Monitoramento e Controle de Projetos

Objetivo: Monitorar custo do projeto

Necessidades de Informação: Qual é o desempenho de custo do projeto?

Medidas: Índice de desempenho de custo, Valor Agregado e Custo Real.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Índice de Desempenho de Custo
Mnemônico	IDC
Descrição	Medida utilizada para quantificar o índice de desempenho de custos do projeto, ou seja, razão entre o valor agregado e o custo real.
Entidade	Subprocesso Monitoramento e Controle do Projeto
Propriedade	Desempenho de custos
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(VA/ CR)
Procedimento de Medição	Calcular o índice de desempenho de custo utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><<Deve-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições nos projetos. A periodicidade deve permitir várias medições ao longo de um mesmo projeto, para que seja possível obter o volume de dados adequado para o CEP>></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><<Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>></i>
Medida Base 1	Valor Agregado
Mnemônico	VA
Descrição	Medida que quantifica o custo planejado para o trabalho realizado no projeto até o momento da medição.
Entidade	Projeto
Propriedade	Valor agregado
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o custo planejado para o trabalho realizado no projeto até o momento da medição.
Medida Base 2	Custo Real
Mnemônico	CR
Descrição	Medida que quantifica o custo real do trabalho realizado no projeto até o momento da medição.
Entidade	Projeto
Propriedade	Custo real
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	Reais (R\$)
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o custo real para o trabalho realizado no projeto até o momento da medição.

Padrões Relacionados: -

B.4.2 Grupo Codificação

Produtividade da Codificação

Nome: Produtividade da Codificação

Processo/Subprocesso: Codificação

Objetivo: Melhorar a produtividade da codificação

Necessidades de Informação: Qual é a produtividade da codificação?

Medidas: Produtividade na Codificação, Tamanho do Produto e Esforço de Codificação.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Produtividade na Codificação
Mnemônico	PC
Descrição	Medida utilizada para quantificar a produtividade na codificação, ou seja, a razão entre o tamanho do produto produzido e o esforço de codificação.
Entidade	Processo de Codificação
Propriedade	Produtividade na codificação
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	KSLOC/homem-hora
Fórmula	(TP/EC)
Procedimento de Medição	Calcular a produtividade na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada considerando-se o produto produzido no referido período, ou pode-se definir que a medição deve ser feita quando for produzida uma determinada porção do produto (por ex.: uma unidade ou um módulo) >>
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Medida Base 1	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considera-se o produto ao qual a produtividade na codificação se refere).
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho do Produto
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.
Medida Base 2	Esforço de Codificação
Mnemônico	EC
Descrição	Medida que quantifica o esforço despendido na codificação.
Entidade	Processo de Codificação
Propriedade	Esforço da Codificação
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o esforço despendido na codificação do software.

Padrões Relacionados: Qualidade da Codificação.

Qualidade da Codificação

Nome: Qualidade da Codificação

Processo/Subprocesso: Codificação

Objetivo: Melhorar a qualidade da codificação

Necessidades de Informação: Qual é o retrabalho devido a erros de codificação?

Medidas: Taxa de Retrabalho, Tempo Despendido com Retrabalho e Tamanho do Produto.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Taxa de Retrabalho
Mnemônico	TRet
Descrição	Medida utilizada para quantificar a taxa de retrabalho na codificação dos produtos, ou seja, a razão entre o tempo despendido com retrabalho e o tamanho do produto considerado.
Entidade	Processo de Codificação
Propriedade	Qualidade da codificação
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	horas/KSLOC
Fórmula	(TDR / TP)
Procedimento de Medição	Calcular a taxa de retrabalho na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<i><< Deve-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições nos projetos. A periodicidade deve permitir várias medições ao longo de um mesmo projeto, para que seja possível obter o volume de dados adequado para o CEP >></i>
Procedimento de Análise de Medição	<i><< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >></i>
Medida Base 1	Tempo Despendido com Retrabalho
Mnemônico	TDR
Descrição	Medida que quantifica o tempo despendido com retrabalho na codificação.
Entidade	Processo de Codificação
Propriedade	Tempo Despendido com Retrabalho
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	horas
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de horas despendida com retrabalho na codificação.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considera-se o produto ao qual o retrabalho se refere).
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Padrões Relacionados: Produtividade da Codificação, Injeção de Defeitos.

Qualidade do Produto

Nome: Qualidade do Produto

Processo/Subprocesso: Codificação

Objetivo: Melhorar a qualidade do produto

Necessidades de Informação: Qual é a densidade de defeitos detectados no produto?

Medidas: Densidade de Defeitos Detectados, Número de Defeitos Detectados e Tamanho do Produto.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Densidade de Defeitos Detectados
Mnemônico	DDD
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos detectados, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados e o tamanho do produto considerado.
Entidade	Processo de Codificação
Propriedade	Qualidade do produto
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDD/TP)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada cada vez que o processo de testes for executado para avaliar o produto.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados
Mnemônico	NDD
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados em um produto.
Entidade	Software
Propriedade	Número de Defeitos
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos detectados no produto.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considera-se o produto testado)
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Padrões Relacionados: Qualidade da Codificação, Eficácia da Remoção de Defeitos e Confiabilidade do Produto.

Confiabilidade do Produto

Nome: Confiabilidade do Produto

Processo/Subprocesso: Codificação

Objetivo: Melhorar a confiabilidade do produto

Necessidades de Informação: Qual é o tempo médio entre falhas do produto?

Medidas: Tempo Médio entre Falhas, Tempo entre Falhas e Número de Falhas.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Tempo Médio entre Falhas devido a problemas de Codificação
Mnemônico	TMF
Descrição	Medida utilizada para quantificar o intervalo de tempo entre duas ocorrências sucessivas de falhas devido a problemas de codificação após o software entrar em produção.
Entidade	Processo de Codificação
Propriedade	Qualidade do produto
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	<<horas ou dias>>
Fórmula	$((TF_1 + TF_2 + \dots + TF_n) / (NF - 1))$
Procedimento de Medição	Calcular o tempo médio entre falhas utilizando a fórmula de cálculo da medida, sendo que $(TF_1 + TF_2 + \dots + TF_n)$ refere-se à soma de todos os tempos entre falhas das falhas consideradas na medição.
Periodicidade de Medição	<<Deve-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições referentes a dado produto >>
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Medida Base 1	Tempo entre falhas
Mnemônico	TF
Descrição	Medida que quantifica o tempo entre duas falhas consecutivas do produto entregue ao cliente.
Entidade	Software
Propriedade	Qualidade
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	<<horas ou dias>>
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o tempo decorrido entre duas falhas reportadas pelo cliente em produto entregue.
Medida Base 2	Número de Falhas
Mnemônico	NF
Descrição	Medida que quantifica o número de falhas reportadas.
Entidade	Software
Propriedade	Qualidade
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de falhas reportadas pelo cliente em produto entregue.

Padrões Relacionados: Qualidade do Produto.

Eficácia da Remoção de Defeitos

Nome: Eficácia da Remoção de Defeitos

Processo/Subprocesso: Codificação/ Remoção de Defeitos

Objetivo: Melhorar a eficácia da remoção de defeitos

Necessidades de Informação: Qual é a eficácia da remoção de defeitos?

Medidas: Eficácia da Remoção de Defeitos, Número de Defeitos Removidos e Número de Defeitos Detectados.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Eficácia da Remoção de Defeitos
Mnemônico	ERD
Descrição	Medida utilizada para quantificar a eficácia da remoção de defeitos, ou seja, a razão entre o número de defeitos removidos e o número de defeitos detectados.
Entidade	Subprocesso de Remoção de Defeitos
Propriedade	Eficácia da remoção de defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Não há.
Fórmula	(NDR /NDD)
Procedimento de Medição	Calcular a eficácia da remoção de defeitos utilizando a fórmula de cálculo da medida, devendo ser considerado o mesmo produto (ou porção de produto) em ambas as medidas presentes na fórmula.
Periodicidade de Medição	<<Deve-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições nos projetos. A periodicidade deve permitir várias medições ao longo de um mesmo projeto, para que seja possível obter o volume de dados adequado para o CEP>>
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>>
Medida Base 1	Número de Defeitos Removidos
Mnemônico	NDR
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos removidos no produto.
Entidade	Subprocesso Remoção de Defeitos
Propriedade	Número de Defeitos
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos identificados que foram removidos.
Medida Base 2	Número de Defeitos Detectados
Mnemônico	NDD
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados.
Entidade	Software
Propriedade	Número de Defeitos
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos detectados no produto.

Padrões Relacionados: Qualidade do Produto.

Injeção de Defeitos

Nome: Injeção de Defeitos

Processo/Subprocesso: Codificação/ Remoção de Defeitos

Objetivo: Reduzir os defeitos injetados

Necessidades de Informação: Qual é a taxa de injeção de defeitos?

Medidas: Taxa de Injeção de Defeitos, Número de Defeitos Injetados e Tamanho do Produto.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Taxa de Injeção de Defeitos
Mnemônico	TID
Descrição	Medida utilizada para quantificar a taxa de injeção de defeitos, ou seja, a razão entre o número de defeitos injetados em um produto e o tamanho do produto.
Entidade	Subprocesso de Remoção de Defeitos
Propriedade	Qualidade da remoção de defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDI/TP)
Procedimento de Medição	Calcular a taxa de injeção de defeitos utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada para cada execução do processo de testes em produtos que sofreram alterações para correção de defeitos detectados.
Medida Base 1	Número de Defeitos Injetados
Mnemônico	NDI
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos injetados em um produto.
Entidade	Subprocesso Remoção de Defeitos
Propriedade	Número de Defeitos
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	Defeitos
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter na baseline do projeto o número de defeitos removidos no produto até o momento da medição.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considera-se produto que sofreu alterações para correção de defeitos detectados).
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Padrões Relacionados: Qualidade da Codificação.

B.4.3 Grupo Testes

Eficácia dos Testes

Nome: Eficácia dos Testes

Processo/Subprocesso: Testes /Execução dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficácia dos testes

Necessidades de Informação: Qual é a eficácia dos testes?

Medidas: Densidade de Defeitos Detectados, Número de Defeitos Detectados, Tamanho do Produto, Densidade de defeitos escapados e Número de Defeitos Escapados.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Densidade de Defeitos Detectados
Mnemônico	DDD
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos detectados, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados e o tamanho do produto testado.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Deteção de Defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDD/TP)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos detectados no teste utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada em cada execução dos testes.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados
Mnemônico	NDD
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos detectados nos testes.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto testado.
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Medida	Densidade de Defeitos Escapados
Mnemônico	DDE
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos escapados, ou seja, a razão entre o número de defeitos escapados e o tamanho do produto entregue.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos escapados

Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDE/TPE)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos escapados nos testes utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., mensal, quinzenal, semanal) em que a medição deve ser realizada, considerando-se o valor acumulado de defeitos escapados identificados pelos usuários no referido período>>
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>>
Medida Base 1	Número de Defeitos Escapados
Mnemônico	NDE
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos escapados.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos escapados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos escapados reportados pelo cliente no período.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considerando-se produto entregue)
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Padrões Relacionados: Eficácia dos Testes de Unidade, Eficácia dos Testes de Sistema e Eficiência dos Testes.

Eficácia dos Testes de Unidade

Nome: Eficácia dos Testes de Unidade

Processo/Subprocesso: Testes /Execução dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficácia dos testes de unidade

Necessidades de Informação: Qual é a eficácia dos testes de unidade?

Medidas: Densidade de Defeitos Detectados nos Testes de Unidade, Número de Defeitos Detectados nos Testes de Unidade, Tamanho do Produto, Densidade de Defeitos Escapados de nos Testes de Unidade e Número de Defeitos Entregue nos Testes de Unidade.

Definição Operacional das Medidas:

Medida	Densidade de Defeitos Detectados nos Testes de Unidade
Mnemônico	DDDTU
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos detectados nos testes de unidade, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados nos testes de unidade e o tamanho do produto testado.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Deteção de Defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDDTU/TP)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos detectados no teste de unidade utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada em cada execução dos testes de unidade.
Procedimento de Análise de Medição	<< <i>Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos</i> >>
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados nos Testes de Unidade
Mnemônico	NDDTU
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes de unidade.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos detectados nos testes de unidade.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto testado.
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Medida	Densidade de Defeitos Escapados nos Testes de Unidade
Mnemônico	DDETU
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos escapados nos testes de unidade, ou seja, a razão entre o número de defeitos escapados nos testes de unidade e o tamanho do produto entregue.

Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos escapados
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDETU/TP)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos escapados no teste de unidade utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., mensal, quinzenal, semanal) em que a medição deve ser realizada, considerando-se o valor acumulado de defeitos escapados nos testes de unidade e identificados pelos usuários no referido período>>
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>>
Medida Base 1	Número de Defeitos Escapados nos Testes de Unidade
Mnemônico	NDETU
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos escapados nos testes de unidade.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Número de Defeitos
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos escapados no teste de unidade.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considerando-se produto entregue).
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Padrões Relacionados: Eficácia dos Testes.

Eficácia dos Testes de Sistema

Nome: Eficácia dos Testes de Sistema

Processo/Subprocesso: Testes /Execução dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficácia dos testes de sistema

Necessidades de Informação: Qual é a eficácia dos testes de sistema?

Medidas: Densidade de Defeitos Detectados nos Testes de Sistema, Número de Defeitos Detectados nos Testes de Sistema, Tamanho do Produto, Densidade de defeitos Escapados de nos Testes de Sistema e Número de Defeitos Escapados nos Testes de Sistema.

Definição Operacional das Medidas:

Medida	Densidade de Defeitos Detectados nos Testes de Sistema
Mnemônico	DDDTs
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos detectados nos testes de sistema, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados nos testes de sistema e o tamanho do produto testado.
Entidade	Subprocesso Execução de Testes
Propriedade	Deteção de Defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDDTS /TP)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos detectados no teste de sistema utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada em cada execução dos testes de sistema.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>>
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados nos Testes de Sistema
Mnemônico	NDDTS
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes de sistema.
Entidade	Subprocesso Execução de Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos detectados nos testes de sistema.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto testado.
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Medida	Densidade de Defeitos Escapados nos Testes de Sistema
Mnemônico	DDETS
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos escapados nos testes de sistema, ou seja, a razão entre o número de defeitos escapados nos testes de sistema e o tamanho do produto entregue.

Entidade	Subprocesso Execução de Testes
Propriedade	Defeitos escapados
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDETS /TPE)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos escapados no teste de sistema utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada, considerando-se o valor acumulado de defeitos escapados nos testes de sistema e identificados pelos usuários no referido período>>
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>>
Medida Base 1	Número de Defeitos Escapados nos Testes de Sistema
Mnemônico	NDETS
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos escapados nos testes de sistema.
Entidade	Subprocesso Execução de Testes
Propriedade	Defeitos Escapados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos escapados no teste de sistema.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considerando-se produto entregue).
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Padrões Relacionados: Eficácia dos Testes.

Eficácia dos Testes de Integração

Nome: Eficácia dos Testes de Integração

Processo/Subprocesso: Testes /Execução dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficácia dos testes de integração

Necessidades de Informação: Qual é a eficácia dos testes de integração?

Medidas: Densidade de Defeitos Detectados nos Testes de Integração, Número de Defeitos Detectados nos Testes de Integração, Tamanho do Produto, Densidade de defeitos Escapados de nos Testes de Integração e Número de Defeitos Escapados nos Testes de Integração.

Definição Operacional das Medidas:

Medida	Densidade de Defeitos Detectados nos Testes de Integração
Mnemônico	DDDTI
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos detectados nos testes de integração, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados nos testes de integração e o tamanho do produto testado.
Entidade	Subprocesso Execução de Testes
Propriedade	Deteção de Defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDDTI /TP)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos detectados no teste de integração utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada em cada execução dos testes de integração.
Procedimento de Análise de Medição	<< <i>Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos</i> >>
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados nos Testes de Integração
Mnemônico	NDDTI
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes de integração.
Entidade	Subprocesso Execução de Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos detectados nos testes de integração.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto testado.
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Medida	Densidade de Defeitos Escapados nos Testes de Integração
Mnemônico	DDETI
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos escapados nos testes de integração, ou seja, a razão entre o número de defeitos escapados nos testes de integração e o tamanho do produto entregue.

Entidade	Subprocesso Execução de Testes
Propriedade	Defeitos escapados
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDETI /TPE)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos escapados no teste de integração utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada, considerando-se o valor acumulado de defeitos escapados nos testes de integração e identificados pelos usuários no referido período>>
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>>
Medida Base 1	Número de Defeitos Escapados nos Testes de Integração
Mnemônico	NDETI
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos escapados nos testes de integração.
Entidade	Subprocesso Execução de Testes
Propriedade	Defeitos Escapados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos escapados no teste de integração.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considerando-se produto entregue).
Entidade	Software
Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de linhas de código do produto.

Padrões Relacionados: Eficácia dos Testes.

Eficiência dos Testes

Nome: Eficiência dos Testes

Processo/Subprocesso: Testes /Execução dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficiência dos testes

Necessidades de Informação: Qual é a eficiência dos testes?

Medidas: Eficiência dos Testes, Número de Defeitos Detectados e Esforço de Detecção de Defeitos.

Definição Operacional das Medidas:

Medida	Eficiência dos Testes
Mnemônico	ET
Descrição	Medida utilizada para quantificar a eficiência dos testes, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados e o esforço de detecção de defeitos.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Eficiência dos testes
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	defeitos/homem-hora
Fórmula	(NDD/EDD)
Procedimento de Medição	Calcular a eficiência dos testes utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada para cada execução dos testes.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados
Mnemônico	NDD
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de defeitos detectados nos testes.
Medida Base 2	Esforço de Detecção de Defeitos
Mnemônico	EDD
Descrição	Medida que quantifica o esforço despendido na detecção de defeitos.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Esforço de detecção de defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o esforço despendido para realizar testes.

Padrões Relacionados: Eficácia dos Testes, Eficiência dos Testes de Unidade e Eficiência dos Testes de Sistema.

Eficiência dos Testes de Unidade

Nome: Eficiência dos Testes de Unidade

Processo/Subprocesso: Testes /Execução dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficiência dos testes de unidade

Necessidades de Informação: Qual é a eficiência dos testes de unidade?

Medidas: Eficiência dos Testes de Unidade, Número de Defeitos Detectados nos Testes de Unidade e Esforço de Detecção de Defeitos nos Testes de Unidade.

Definição Operacional das Medidas:

Medida	Eficiência dos Testes de Unidade
Mnemônico	ETU
Descrição	Medida utilizada para quantificar a eficiência dos testes de unidade, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados nos testes de unidade e o esforço de detecção de defeitos nos testes de unidade.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Eficiência dos testes
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	defeitos/homem-hora
Fórmula	(NDDTU/esforço de detecção de defeitos nos testes de unidade)
Procedimento de Medição	Calcular a eficiência dos testes de unidade utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada para cada execução dos testes de unidade.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados nos Testes de Unidade
Mnemônico	NDDTU
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes de unidade.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de defeitos detectado nos testes de unidade.
Medida Base 2	Esforço de Detecção de Defeitos nos Testes de Unidade
Mnemônico	EDDTU
Descrição	Medida que quantifica o esforço despendido na detecção de defeitos.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Esforço de detecção de defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter esforço despendido para realizar testes de unidade.

Padrões Relacionados: Eficiência dos Testes.

Eficiência dos Testes de Sistema

Nome: Eficiência dos Testes de Sistema

Processo/Subprocesso: Testes /Execução dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficiência dos testes de sistema

Necessidades de Informação: Qual é a eficiência dos testes de sistema?

Medidas: Eficiência dos Testes de Sistema, Número de Defeitos Detectados nos Testes de Sistema e Esforço de Detecção de Defeitos nos Testes de Sistema.

Definição Operacional das Medidas:

Medida	Eficiência dos Testes de Sistema
Mnemônico	ETS
Descrição	Medida utilizada para quantificar a eficiência dos testes de sistema, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados nos testes de sistema e o esforço de detecção de defeitos nos testes de sistema.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Eficiência dos testes
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	defeitos/homem-hora
Fórmula	$(NDDTS / EDDTS)$
Procedimento de Medição	Calcular a eficiência dos testes de sistema utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada para cada execução dos testes de sistema.
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados nos Testes de Sistema
Mnemônico	NDDTS
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes de sistema.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de defeitos detectado nos testes de sistema.
Medida Base 2	Esforço de Detecção de Defeitos nos Testes de Sistema
Mnemônico	EDDTS
Descrição	Medida que quantifica o esforço despendido na detecção de defeitos nos testes de sistema.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Esforço de detecção
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter esforço despendido para realizar testes de sistema.

Padrões Relacionados: Eficiência dos Testes.

Eficiência dos Testes de Integração

Nome: Eficiência dos Testes de Integração

Processo/Subprocesso: Testes /Execução dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficiência dos testes de integração

Necessidades de Informação: Qual é a eficiência dos testes de integração?

Medidas: Eficiência dos Testes de Integração, Número de Defeitos Detectados nos Testes de Integração e Esforço de Detecção de Defeitos nos Testes de Integração.

Definição Operacional das Medidas:

Medida	Eficiência dos Testes de Integração
Mnemônico	ETI
Descrição	Medida utilizada para quantificar a eficiência dos testes de integração, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados nos testes de integração e o esforço de detecção de defeitos nos testes de integração.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Eficiência dos testes
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	defeitos/homem-hora
Fórmula	(NDDTI / EDDTI)
Procedimento de Medição	Calcular a eficiência dos testes de sistema utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada para cada execução dos testes de integração.
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados nos Testes de Integração
Mnemônico	NDDTI
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes de integração.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter a quantidade de defeitos detectado nos testes de integração.
Medida Base 2	Esforço de Detecção de Defeitos nos Testes de Integração
Mnemônico	EDDTI
Descrição	Medida que quantifica o esforço despendido na detecção de defeitos nos testes de integração.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Esforço de detecção
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter esforço despendido para realizar testes de integração.

Padrões Relacionados: Eficiência dos Testes.

Produtividade na Preparação dos Testes

Nome: Produtividade na Preparação dos Testes

Processo/Subprocesso: Testes /Preparação dos Testes

Objetivo: Melhorar a produtividade na preparação dos testes

Necessidades de Informação: Qual é a produtividade na preparação dos testes?

Medidas: Produtividade na preparação do teste, Número de Casos de Teste Elaborados e Esforço de Preparação dos Testes.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta	Produtividade na Preparação do Teste
Mnemônico	PPT
Descrição	Medida utilizada para quantificar a produtividade na preparação dos testes, ou seja, a razão entre o número de casos de teste elaborados e o esforço de preparação dos testes.
Entidade	Subprocesso Preparação dos Testes
Propriedade	Produtividade na preparação do teste
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Casos de teste/homem-hora
Fórmula	$(NCTE / EPT)$
Procedimento de Medição	Calcular a produtividade na preparação dos testes utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos >>
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada para cada execução do subprocesso Preparação dos Testes.
Medida Base 1	Número de Casos de Teste Elaborados
Mnemônico	NCTE
Descrição	Medida que quantifica o número de casos de teste elaborados na preparação dos testes.
Entidade	Subprocesso Preparação dos Testes
Propriedade	Número de casos de testes
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de casos de teste elaborados na preparação dos testes.
Medida Base 2	Esforço de Preparação dos Testes
Mnemônico	EPT
Descrição	Medida que quantifica o esforço de preparação dos testes.
Entidade	Subprocesso Preparação dos Testes
Propriedade	Esforço
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o esforço despendido na preparação dos testes.

Padrões Relacionados: Eficiência na Preparação dos Testes.

Eficiência na Preparação dos Testes

Nome: Eficiência na Preparação dos Testes

Processo/Subprocesso: Testes /Preparação dos Testes

Objetivo: Melhorar a eficiência na preparação dos testes

Necessidades de Informação: Qual é a eficiência na preparação dos testes?

Medidas: Eficiência na Preparação do Teste, Densidade de Defeitos Detectados, Número de Defeitos Detectados, Tamanho do Produto.

Definição Operacional das Medidas:

Medida Composta 1	Eficiência na Preparação do Teste
Mnemônico	EPT
Descrição	Medida utilizada para quantificar a eficiência na preparação dos testes, ou seja, a razão entre a densidade de defeitos detectados e o esforço na preparação do teste.
Entidade	Subprocesso Preparação dos Testes
Propriedade	Eficiência na preparação do teste
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	(defeitos/KSLOC)/homem-hora
Fórmula	(DDD/EPT)
Procedimento de Medição	Calcular a eficiência na preparação dos testes utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos>>
Periodicidade de Medição	Para cada execução do subprocesso Preparação dos Testes.
Medida Composta 2	Densidade de Defeitos Detectados
Mnemônico	DDD
Descrição	Medida utilizada para quantificar a densidade de defeitos detectados, ou seja, a razão entre o número de defeitos detectados e o tamanho do produto testado.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Deteccção de Defeitos
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Defeitos/KSLOC
Fórmula	(NDD/TP)
Procedimento de Medição	Calcular a densidade de defeitos detectados no teste utilizando a fórmula de cálculo da medida.
Procedimento de Análise de Medição	<< Procedimento de análise de medição padrão para uso do CEP no contexto de modelos de maturidade de processos*>>
Periodicidade de Medição	A medição deve ser realizada para cada execução dos testes.
Medida Base 1	Número de Defeitos Detectados
Mnemônico	NDD
Descrição	Medida que quantifica o número de defeitos detectados nos testes.
Entidade	Subprocesso Execução dos Testes
Propriedade	Defeitos detectados
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	-
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de defeitos detectado nos testes.
Medida Base 2	Tamanho do Produto
Mnemônico	TP
Descrição	Medida que quantifica o tamanho do produto (considerando-se o produto testado)
Entidade	Software

Propriedade	Tamanho
Escala	Números reais positivos
Unidade de Medida	KSLOC
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o número de linhas de código do produto.
Medida Base 3	Esforço de Preparação dos Testes
Mnemônico	EPT
Descrição	Medida que quantifica o esforço de preparação dos testes.
Entidade	Subprocesso Preparação dos Testes
Propriedade	Esforço
Escala	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais
Unidade de Medida	Homem-hora
Fórmula	-
Procedimento de Medição	Obter o esforço despendido na preparação dos testes.

Padrões Relacionados: Produtividade na Preparação dos Testes.

Apêndice C

Material Disponibilizado no Estudo Experimental

Este apêndice apresenta a documentação disponibilizada para os participantes do estudo realizado para avaliação da linguagem de padrões MePPLa e os formulários utilizados para obter as respostas dos participantes.

C.1 Documentação Disponibilizada aos Participantes

	<p>UFES (Universidade Federal do Espírito Santo) NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias)</p> <p><i>Estudo experimental para avaliação do uso de uma linguagem de padrões para apoiar planejamento de medição visando ao controle estatístico de processos</i></p>	
---	---	---

Aluna: Daisy Ferreira Brito Tomaz

Orientadores: Monalessa Perini Barcellos (UFES) e Gleison Santos (UNIRIO)

I. Introdução

A criação de planos de medição para a realização do controle estatístico de processos (CEP) em organizações de software não é uma tarefa trivial, pois apenas medidas adequadas ao CEP devem ser consideradas. Na literatura e nas organizações há medidas usadas no controle estatístico de processos que podem ser reutilizadas por outras organizações. Porém, o acesso a essas medidas nem sempre é fácil e orientações sobre sua utilização usualmente não estão disponíveis.

A identificação de **padrões** de utilização de medidas na literatura e na prática e disponibilização desses padrões de maneira a facilitar a elaboração de planos de medição adequados ao CEP pode auxiliar organizações no planejamento da medição. Por exemplo, suponha que uma organização com o objetivo de *Melhorar a qualidade dos produtos entregues* tenha submetido o processo *Testes* ao CEP utilizando a medida *eficiência da detecção de defeitos*. Outras organizações com esse mesmo objetivo poderiam também submeter o processo *Testes* utilizando a referida medida. Assim, padrões que relacionam processos, objetivos e medidas podem ser identificados na literatura e na prática e disponibilizados para serem reutilizados.

No contexto do trabalho de mestrado no qual este estudo é realizado, propõe-se a identificação de padrões e organização destes em uma **Linguagem de Padrões** para guiar os usuários na elaboração de planos de medição visando ao controle estatístico de processos.

O objetivo deste experimento é **avaliar o uso de uma linguagem de padrões no apoio à elaboração de planos de medição visando ao controle estatístico de processos**. Para isso, seguindo-se a abordagem para criação de linguagens de padrões proposta no trabalho de mestrado² foi criada **MePPLa** (*Measurement Planning Pattern Language*), que contém padrões adequados ao CEP extraídos da literatura e de uma investigação da prática.

É importante destacar que a versão atual de MePPLa apresenta apenas alguns padrões e, sendo uma linguagem de padrões, MePPLa estará em constante evolução e terá novos padrões inclusos a fim de se tornar mais abrangente e ser capaz de atender diferentes necessidades. Dessa forma, **não é preocupação deste estudo** avaliar a abrangência de MePPLa, mas sim sua utilidade na elaboração de planos de medição para o CEP.

MePPLa é representada graficamente por meio de dois modelos: estrutural e comportamental. O *modelo comportamental* apresenta o fluxo que guia o usuário na seleção dos padrões a serem inclusos em um Plano de Medição. O *modelo estrutural*, por sua vez, representa relações estruturais (dependência, correlação, composição) entre padrões, as quais indicam correlações entre as medidas presentes nos padrões. O *modelo comportamental* é essencial para aplicação dos padrões na elaboração do plano de medição enquanto que o *modelo estrutural* tem uma aplicação mais direta no momento de análise das medidas pois permite verificar medidas correlatas e analisar as causas que podem estar interferindo nos alcance aos objetivos. A Figura 1 apresenta um fragmento do modelo comportamental de uma LP. A Figura 2 apresenta um exemplo de descrição de padrão (para o padrão identificado com a seta vermelha na Figura 1). A Figura 3 ilustra um fragmento do modelo estrutural de uma LP.

² A abordagem para criação de linguagens de padrão não é objeto deste estudo.

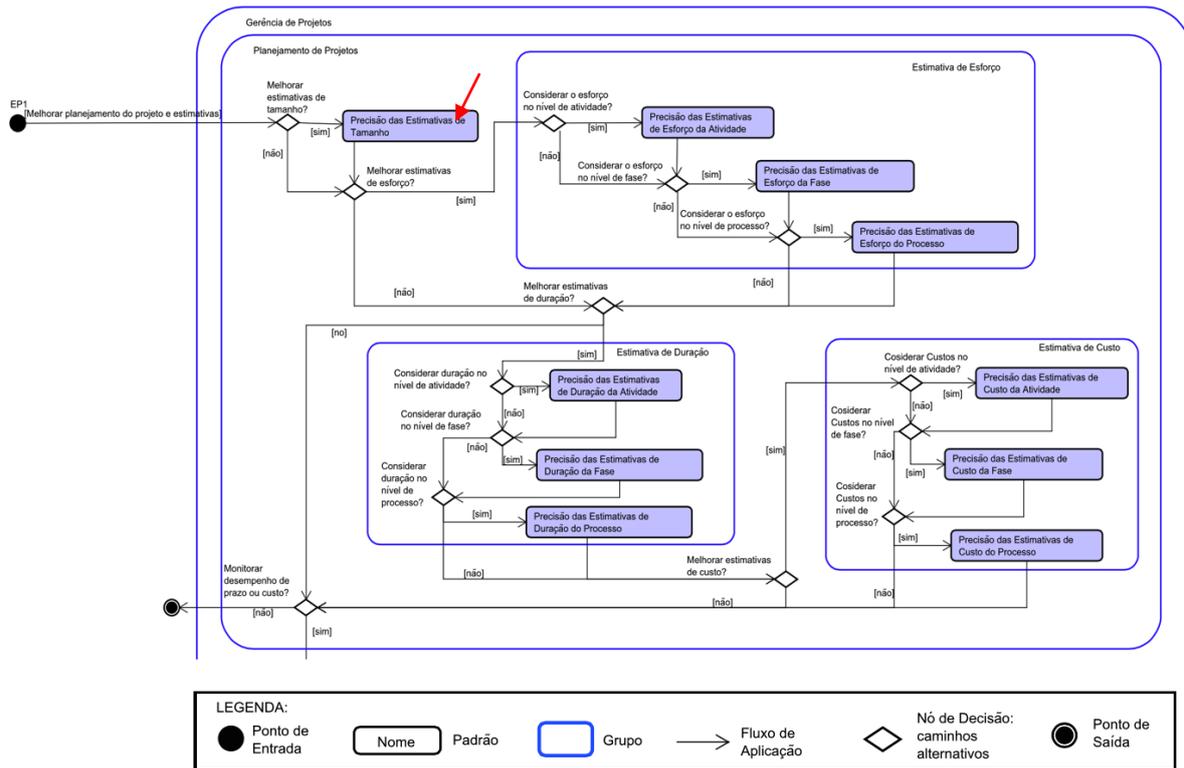


Figura 1 – Modelo comportamental (fragmento)

Nome:	Precisão da Estimativa de Tamanho	Fórmula de Cálculo:	(tamanho real/tamanho estimado)																				
Processo/Subprocesso:	Gerência de Projetos/Planejamento de Projetos	Procedimento de Medição:	Calcular a precisão das estimativas de tamanho utilizado a fórmula de cálculo da medida.																				
Padrões Relacionados:	No records found.	Responsável pela Medição:																					
Objetivo:	Melhorar planejamento do projeto e estimativas	Momento da Medição:																					
Necessidade de informação:	Qual é a precisão das estimativas de tamanho?	Periodicidade da Medição:	<<A medição deve ser feita para partes do produto (unidades de software, módulos, etc.) e não para o produto final do projeto apenas. A medição deve ser feita quando a referida parte do produto é concluída, ou pode-se estabelecer uma periodicidade (semanal ou quinzenal, por exemplo) para que sejam feitas as medições para todas as partes concluídas até então.>>>>																				
Medidas:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Definição Operacional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nome:</td> <td>Precisão da Estimativa de Tamanho</td> </tr> <tr> <td>Mnemônico:</td> <td>PET</td> </tr> <tr> <td>Descrição:</td> <td>Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de tamanho do produto, ou seja, a razão entre o tamanho real e o tamanho estimado.</td> </tr> <tr> <td>Entidade Medida:</td> <td>Subprocesso Planejamento do Projeto</td> </tr> <tr> <td>Propriedade Medida:</td> <td>Eficácia de estimativas de tamanho</td> </tr> <tr> <td>Unidade de Medida:</td> <td>Não há.</td> </tr> <tr> <td>Tipo da Escala:</td> <td>Razão</td> </tr> <tr> <td>Valores da Escala:</td> <td>Números reais positivos, excluindo-se o zero.</td> </tr> <tr> <td>Intervalo Esperado para os Valores Medidos:</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Definição Operacional		Nome:	Precisão da Estimativa de Tamanho	Mnemônico:	PET	Descrição:	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de tamanho do produto, ou seja, a razão entre o tamanho real e o tamanho estimado.	Entidade Medida:	Subprocesso Planejamento do Projeto	Propriedade Medida:	Eficácia de estimativas de tamanho	Unidade de Medida:	Não há.	Tipo da Escala:	Razão	Valores da Escala:	Números reais positivos, excluindo-se o zero.	Intervalo Esperado para os Valores Medidos:		Procedimento de Análise da Medição:	Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional): * Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários projetos.
Definição Operacional																							
Nome:	Precisão da Estimativa de Tamanho																						
Mnemônico:	PET																						
Descrição:	Medida utilizada para quantificar a precisão das estimativas de tamanho do produto, ou seja, a razão entre o tamanho real e o tamanho estimado.																						
Entidade Medida:	Subprocesso Planejamento do Projeto																						
Propriedade Medida:	Eficácia de estimativas de tamanho																						
Unidade de Medida:	Não há.																						
Tipo da Escala:	Razão																						
Valores da Escala:	Números reais positivos, excluindo-se o zero.																						
Intervalo Esperado para os Valores Medidos:																							
		Responsável pela Análise da Medição:																					
		Momento da Análise da Medição:																					
		Periodicidade da Análise da Medição:																					

Figura 2 – Exemplo de descrição de padrão (Precisão das estimativas de tamanho)

Nota: na descrição dos padrões algumas informações não são fornecidas, pois dependem da organização que irá utilizar o padrão. Assim, devem ser informadas pelo usuário quando o padrão é incluso em um Plano de Medição. O mesmo vale para campos cujas informações estão entre << >>. Essas informações são orientações que devem ser consideradas pelo usuário para preencher o campo considerando a organização para a qual o Plano de Medição será elaborado.

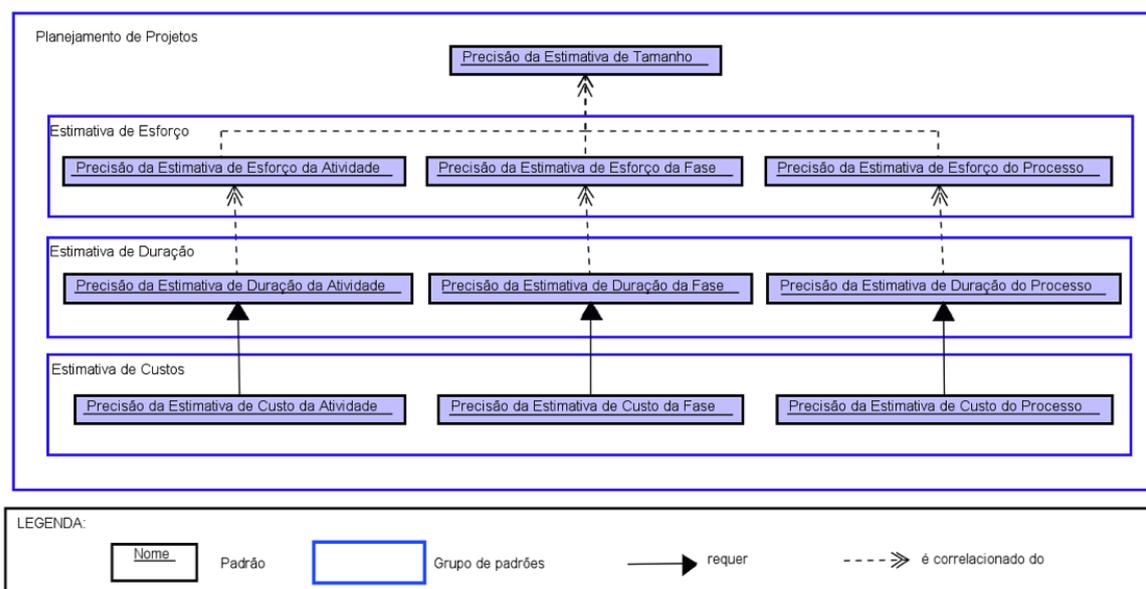


Figura 3 – Modelo estrutural (fragmento)

II. Instruções para Realização do Estudo

Para realizar o estudo, o participante deve inicialmente utilizar MePPLa para elaborar um plano de medição. A ferramenta de apoio ao uso de MePPLa encontra-se disponível no link <http://dev.nemo.inf.ufes.br:8180/MPPL/login.faces>. Após o uso da ferramenta, o participante deve preencher o questionário disponível em <https://goo.gl/forms/EAPAtLUOXyXcbw6l2>. A seguir são apresentadas algumas instruções para uso da ferramenta.

Para acessar MePPLa, faça login utilizando o usuário “**user**” e a senha “**1234**”.

Crie um Plano de Medição. Para criar um Plano de Medição, utilize a opção *Planos de Medição* disponível no menu e clique no botão Novo (vide Figura 4).

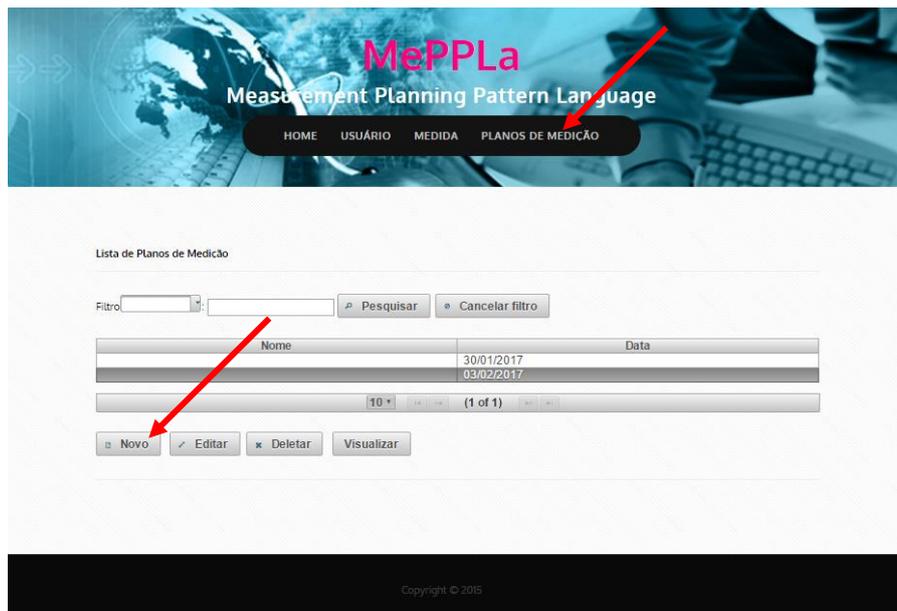


Figura 4 – Acesso à funcionalidade Planos de Medição.

Para inserir os padrões (objetivos, processos e medidas) no Plano de Medição, navegue pelos modelos comportamentais de MePPLa. Inicialmente, deve-se selecionar o processo a ser submetido ao CEP, clicando-se no grupo de padrões que contém o nome do processo no modelo (vide Figura 5) e, em seguida, os padrões a serem adicionados relacionados a esse processo (vide Figura 6), clicando-se nos padrões que devem ser adicionados. É importante ressaltar que a seleção dos processos e dos padrões deve seguir os fluxos indicados nos modelos. Esses passos devem ser repetidos até que todos os processos e padrões desejados sejam inclusos no plano de medição.

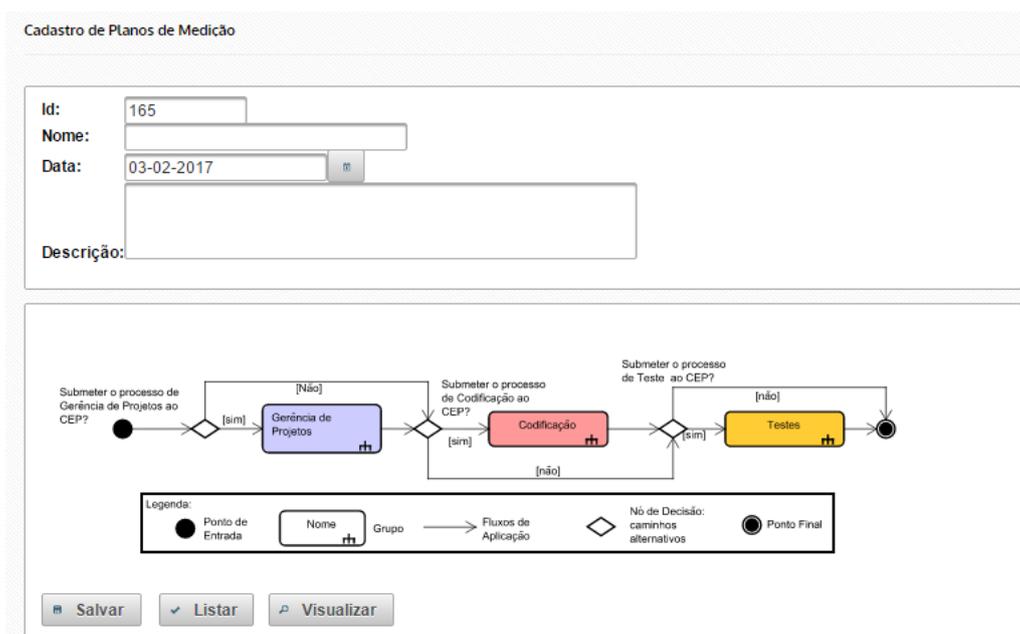


Figura 5 – Tela para seleção de Processos (grupos de padrões) a serem considerados no Plano de Medição.

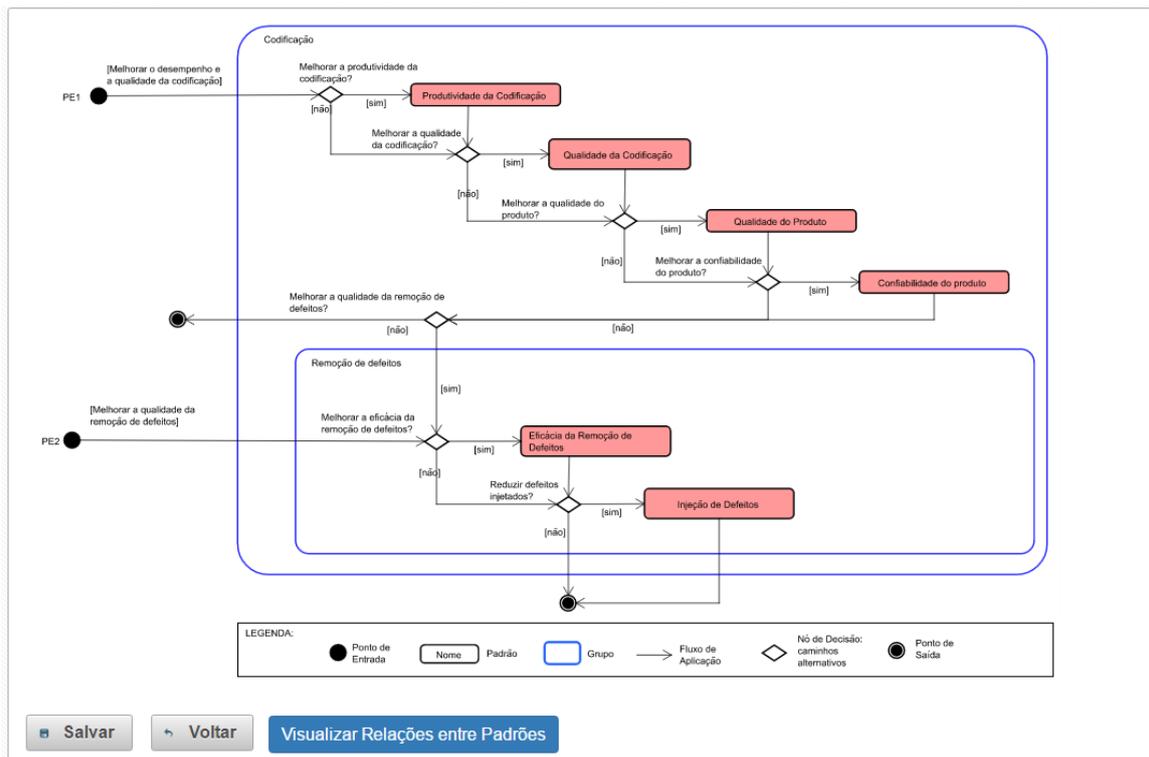


Figura 6 – Tela para seleção dos padrões a serem adicionados ao Plano de Medição.

Clicando-se em um padrão é apresentada sua descrição (vide Figura 7), que pode ser ajustada pelo usuário, uma vez que algumas informações dependem da organização para a qual o Plano de Medição está sendo elaborado (por exemplo, papel do responsável pela coleta da medida). Clicando-se no botão Add, o padrão é incluído no Plano de Medição.

Produtividade da Codificação																																							
ID:	149																																						
Nome:	Produtividade da Codificação																																						
Processo/Subprocesso:	Codificação																																						
Padrões Relacionados:	Qualidade da Codificação																																						
Objetivo:	Melhorar a produtividade da codificação																																						
Necessidade de informação:	Qual é a produtividade da codificação?																																						
Medidas:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Definição Operacional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nome:</td> <td>Produtividade na Codificação</td> </tr> <tr> <td>Mnemônico:</td> <td>PC</td> </tr> <tr> <td>Descrição:</td> <td>Medida utilizada para quantificar a produtividade na codificação, ou seja, a razão entre o tamanho do produto produzido e o esforço de codificação.</td> </tr> <tr> <td>Entidade Medida:</td> <td>Processo de Codificação</td> </tr> <tr> <td>Propriedade Medida:</td> <td>Produtividade na codificação</td> </tr> <tr> <td>Unidade de Medida:</td> <td>KSLOC/homem-hora</td> </tr> <tr> <td>Tipo da Escala:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valores da Escala:</td> <td>Números reais positivos com precisão de duas casas decimais</td> </tr> <tr> <td>Intervalo Esperado para os Valores Medidos:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fórmula de Cálculo:</td> <td>(Tamanho do Produto / Esforço de Codificação)</td> </tr> <tr> <td>Procedimento de Medição:</td> <td>Calcular a produtividade na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.</td> </tr> <tr> <td>Responsável pela Medição:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Momento da Medição:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Periodicidade da Medição:</td> <td><< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada considerando-se o produto produzido no referido período, ou pode-se definir que a medição deve ser feita quando for produzida uma determinada porção do produto (por ex.: uma unidade ou um módulo) >></td> </tr> <tr> <td>Procedimento de Análise da Medição:</td> <td>Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional): Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários</td> </tr> <tr> <td>Responsável pela Análise da Medição:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Momento da Análise da Medição:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Periodicidade da Análise da Medição:</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Definição Operacional		Nome:	Produtividade na Codificação	Mnemônico:	PC	Descrição:	Medida utilizada para quantificar a produtividade na codificação, ou seja, a razão entre o tamanho do produto produzido e o esforço de codificação.	Entidade Medida:	Processo de Codificação	Propriedade Medida:	Produtividade na codificação	Unidade de Medida:	KSLOC/homem-hora	Tipo da Escala:		Valores da Escala:	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais	Intervalo Esperado para os Valores Medidos:		Fórmula de Cálculo:	(Tamanho do Produto / Esforço de Codificação)	Procedimento de Medição:	Calcular a produtividade na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.	Responsável pela Medição:		Momento da Medição:		Periodicidade da Medição:	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada considerando-se o produto produzido no referido período, ou pode-se definir que a medição deve ser feita quando for produzida uma determinada porção do produto (por ex.: uma unidade ou um módulo) >>	Procedimento de Análise da Medição:	Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional): Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários	Responsável pela Análise da Medição:		Momento da Análise da Medição:		Periodicidade da Análise da Medição:	
Definição Operacional																																							
Nome:	Produtividade na Codificação																																						
Mnemônico:	PC																																						
Descrição:	Medida utilizada para quantificar a produtividade na codificação, ou seja, a razão entre o tamanho do produto produzido e o esforço de codificação.																																						
Entidade Medida:	Processo de Codificação																																						
Propriedade Medida:	Produtividade na codificação																																						
Unidade de Medida:	KSLOC/homem-hora																																						
Tipo da Escala:																																							
Valores da Escala:	Números reais positivos com precisão de duas casas decimais																																						
Intervalo Esperado para os Valores Medidos:																																							
Fórmula de Cálculo:	(Tamanho do Produto / Esforço de Codificação)																																						
Procedimento de Medição:	Calcular a produtividade na codificação utilizando a fórmula de cálculo da medida.																																						
Responsável pela Medição:																																							
Momento da Medição:																																							
Periodicidade da Medição:	<< Deve-se identificar a periodicidade (por ex., quinzenal ou semanal) em que a medição deve ser realizada considerando-se o produto produzido no referido período, ou pode-se definir que a medição deve ser feita quando for produzida uma determinada porção do produto (por ex.: uma unidade ou um módulo) >>																																						
Procedimento de Análise da Medição:	Para análise de desempenho do processo (âmbito organizacional): Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida em vários																																						
Responsável pela Análise da Medição:																																							
Momento da Análise da Medição:																																							
Periodicidade da Análise da Medição:																																							
<input type="button" value="Remover"/> <input type="button" value="Cancelar"/>																																							

Figura 7 – Descrição detalhada do padrão para ajustes e para inclusão no Plano de Medição.

Para visualizar o modelo estrutural dos grupos de padrões, basta clicar no botão Visualizar Relações entre Padrões disponível na tela que exibe seu modelo comportamental.

Uma vez adicionados todos os processos e padrões desejados, pode-se visualizar o plano criado clicando-se no botão Visualizar (vide Figura 8).

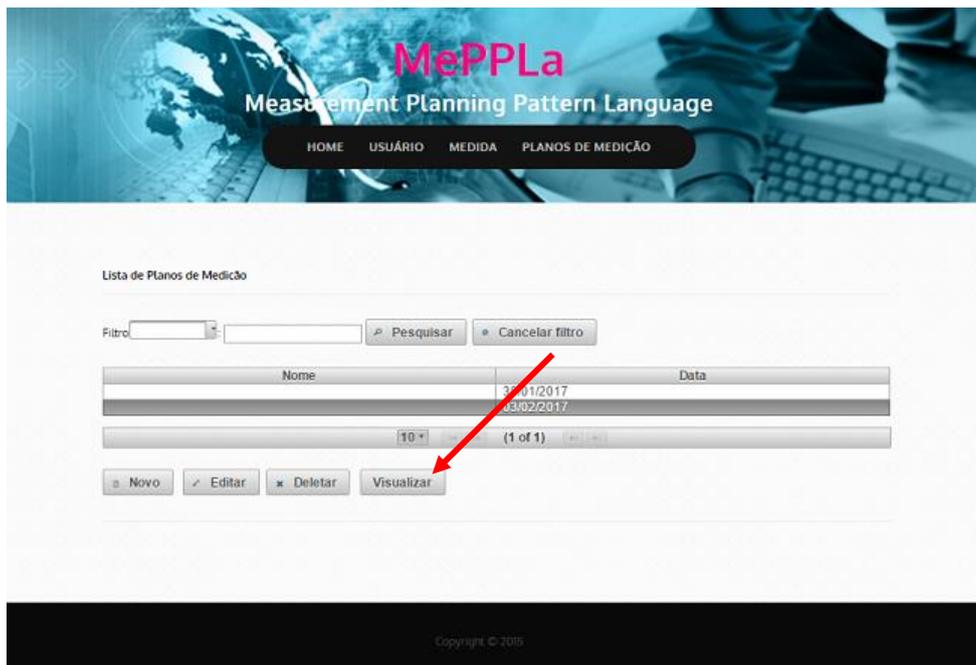


Figura 8 – Opção para visualização de Planos de Medição.

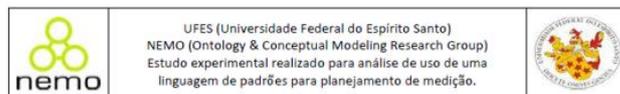
C.2 Termo de Consentimento

Estudo Experimental

Estudo experimental realizado para análise do uso de uma linguagem de padrões para planejamento de medição para o controle estatístico de processos de software (MePPLa)

Termo de Consentimento

Termo de Consentimento do Estudo Experimental



Estudo Experimental: análise de uso de uma linguagem de padrões para planejamento de medição.

Este estudo tem o objetivo de avaliar alguns resultados produzidos no contexto da dissertação de mestrado intitulada “Planejamento de Medição de Software para Controle Estatístico de Processos utilizando uma Abordagem Baseada em Padrões” realizada no Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo. Assim, deseja-se avaliar o uso de uma linguagem de padrões para planejamento de medição de software como forma de apoiar a criação de planos de medição de software visando ao controle estatístico de processos.

Após o aceite a esse termo de consentimento serão apresentadas algumas questões. É garantida a confidencialidade dos dados individuais cedidos no estudo. Os dados são destinados à realização da pesquisa, não sendo usados como avaliação pessoal ou profissional. É assegurado o anonimato dos participantes na publicação dos resultados da pesquisa.

Apesar de convidado, a participação é voluntária, sendo direito não querer participar ou abandonar a realização do estudo a qualquer momento.

Ao clicar em “Próxima”, declaro ter mais de 18 anos e participar voluntariamente da avaliação do estudo do uso de uma linguagem de padrões de planejamento de medição de software, tendo lido as informações contidas neste termo antes de participar do estudo.

PRÓXIMA

Página 1 de 3

C.3 Perfil do Usuário

Estudo Experimental

***Obrigatório**

Perfil do Participante

Perfil de Participante de Estudo Experimental

Nome *
Informe seu nome completo

Sua resposta

E-mail *
Informe seu e-mail de contato

Sua resposta

Formação Acadêmica

Formação Acadêmica *
Informe o curso ou a área da maior titulação indicada

Sua resposta

Situação Atual da Formação Acadêmica *
Escolha a situação atual com relação à formação acadêmica

Completo

Incompleto

Grau de Formação Acadêmica *
Escolha o grau de formação acadêmica entre as opções abaixo

Superior

Especialização

Mestrado

Doutorado

Experiência em Medição de Software/ Controle Estatístico de Processos

Conhecimento em Medição de Software/ Controle Estatístico de Processos *
Selecione a opção que mais se adequa ao seu conhecimento da área de Medição de Software

Nenhum

Baixo (não fez nenhum curso ou disciplina e obteve algum conhecimento lendo livros ou outros materiais)

Médio (fez alguma disciplina ou treinamento em medição de software com duração mínima de 4 horas ou trabalhou com o tema em Iniciação Científica ou Projeto de Graduação)

Alto (é especialista no assunto, tem alguma certificação na área ou trabalhou com o tema em pesquisa de mestrado ou doutorado)

Experiência Prática no Planejamento de Medição/ Controle Estatístico de Processos *
Para esta questão, considere seu tempo de experiência com a atividade de planejamento de medição.

Nenhum

Baixo (menos de 1 ano)

Médio (entre 1 ano e 3 anos)

Alto (mais de 3 anos)

Experiência em Linguagem de Padrões

Experiência em Linguagem de Padrões (LP) *

Para essa questão, considere o tempo de experiência com algum tipo de linguagem de padrões, incluindo linguagem de padrões ontológicos

- Primeira Experiência
- Baixa (menos que 1 ano)
- Média (entre 1 ano e 3 anos)
- Alta (mais de 3 anos)

Se possuiu experiência em LP, de que forma ela foi adquirida?

- Curso
- Disciplinica
- Projeto (Profissional, Pesquisa, TCC, Extensão, Iniciação Científica ou similar)

VOLTAR

PRÓXIMA

Página 2 de 3

C.4 Questionário de Avaliação

Estudo Experimental

*Obrigatório

Estudo Experimental

Questionário de Avaliação de Atividade

Responda as questões abaixo considerando sua percepção inicial da MePPLa

Você considera o uso de MePPLa útil para elaborar planos de medição visando ao controle estatístico de processos? *

- Muito útil
- Útil
- Neutro
- Inútil
- Muito inútil

*

Justificativa:

Sua resposta

Você considera o resultado gerado pelo uso de MePPLa adequado? *

- Sim
- Parcialmente
- Não

*

Justificativa:

Sua resposta

Você considera que o uso da MePPLa para planejar a medição de software contribuiu para a qualidade do plano resultante (considerando o contexto tratado em MePPLa)? Justifique sua resposta. *

- Sim
- Parcialmente
- Não

*

Justificativa:

Sua resposta

Você foi guiado na seleção das medidas que deveriam ser incluídas no plano de medição? *

- Sim
- Parcialmente
- Não

*

Justificativa:

Sua resposta

Quão difícil você achou usar MePPLa? *

- Muito difícil
- Difícil
- Neutro
- Fácil
- Muito fácil

*

Justificativa:

Sua resposta

Você considera que o uso de MePPLa contribui para a reutilização de objetivos e medidas nos planos de medição? *

- Sim
- Parcialmente
- Não

*

Justificativa:

Sua resposta

Caso vc tenha tido outras experiências na elaboração de planos de medição, você considera que o uso de MePPLa contribuiu para tornar a atividade de planejamento de medição mais produtiva?

- Muito mais produtiva
- Mais produtiva
- Indiferente
- Menos produtiva
- Muito menos produtiva

*

Justificativa:

Sua resposta

Que sugestões você tem para a melhoria/evolução de MePPLa?

*

Sua resposta

VOLTAR

ENVIAR

 Página 3 de 3