



Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos

(Versão 1.0)

2010

Monalessa Perini Barcellos

monalessa@inf.ufes.br/monalessa@gmail.com

Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias (NEMO)

Departamento de Informática - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Direitos reservados ao autor.

Sumário

1. Introdução	3
2. Medição de Software e Controle Estatístico de Processos	3
2.1 Gráficos de Controle	5
2.2 Controle Estatístico na Melhoria de Processos de Software	7
3. Conjunto de Recomendações para Medição de Software.....	11
3.1 Recomendações para a Preparação da Medição de Software	12
3.2 Recomendações para o Planejamento da Medição de Software Alinhada aos Objetivos Organizacionais e do Projeto	14
3.3 Recomendações para a Definição de Medidas de Software.....	20
3.4 Recomendações para Execução da Medição de Software	28
3.5 Recomendações para Análise das Medições de Software.....	31
4. Exemplo de Definição de Medida de Software.....	37
Referências.....	42

Conjunto de Recomendações para Medição de Software adequada ao Controle Estatístico de Processos de Software

1. Introdução

Este documento apresenta o Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos (CRMS). CRMS foi definido em (Barcellos, 2009) e reúne orientações que visam apoiar a implementação do processo de medição de software nas organizações de maneira adequada ao controle estatístico de processos. Ele baseia-se, principalmente, nos requisitos presentes no Instrumento para Avaliação de Repositórios de Medidas e na Ontologia de Referência em Medição de Software propostos em (Barcellos, 2009) e no conhecimento obtido através de experiências práticas de aplicação do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas. Considera, ainda, orientações, práticas e lições aprendidas registradas na literatura.

Visando auxiliar no entendimento e aplicação do IARM, é apresentada uma breve fundamentação teórica sobre medição de software e controle estatístico de processos.

2. Medição de Software e Controle Estatístico de Processos

Definir um programa de medição adequado e executá-lo apropriadamente provê às organizações de software informações necessárias para predizer o desempenho e a capacidade de seus processos, garantir a qualidade de seus produtos e melhorar seus processos contínua e eficientemente. No entanto, comumente, organizações apresentam dificuldades para realizar medição e implementam programas de medição precários ou não alinhados aos seus objetivos de negócio. Como consequência, a melhoria dos processos torna-se deficiente, uma vez que, para realizar um programa de melhoria de processos com sucesso, é fundamental realizar a medição adequadamente (Wang e Li, 2005).

Modelos de apoio à melhoria de processos de software, como, por exemplo, o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) (SEI, 2010) e o MR MPS-SW (Modelo de Referência para a Melhoria do Processo de Software Brasileiro) (SOFTEX, 2012), propõem a melhoria dos processos em níveis. Nesses modelos, a medição de software é requerida desde os níveis iniciais (nível F do MR MPS-SW e 2 do CMMI), nos quais é esperado que medidas sejam definidas, dados sejam coletados, armazenados em um repositório de medição e analisados a fim de atender às necessidades de informação e apoiar a tomada de decisão. Nos níveis mais elevados (níveis B e A do MR MPS-SW e 4 e 5 do CMMI), conhecidos como alta maturidade, o controle estatístico de processos é requerido como uma evolução da medição de software iniciada nos níveis anteriores. À medida que o nível de maturidade dos processos aumenta, novas necessidades de

informação são identificadas e a medição deve atendê-las. Dessa forma, o processo de medição e seus resultados orientam a evolução nos níveis de maturidade (Dumke *et al.*, 2004).

Nos níveis iniciais de maturidade, a medição consiste, basicamente, na coleta de valores praticados nos projetos e comparação com os valores planejados. Na alta maturidade, a medição evolui e passa a incluir controle estatístico dos processos, visando conhecer seu comportamento, determinar seu desempenho em execuções anteriores e prever seu desempenho em execuções futuras, verificando se são aptos a alcançarem os objetivos estabelecidos (Florac e Carleton, 1999; SEI, 2010).

O controle estatístico de processos utiliza um conjunto de técnicas estatísticas para determinar se um processo está sob controle, sob o ponto de vista estatístico. Um processo sob controle é um processo estável, ou seja, suas variações estão dentro dos limites esperados, calculados a partir de dados históricos coletados para medidas. Sendo um processo estável, um processo sob controle estatístico tem comportamento repetível. Dessa forma, é possível prever seu desempenho em execuções futuras e, assim, preparar planos realísticos e melhorar o processo continuamente. Por outro lado, um processo cujo comportamento varia além dos limites esperados é um processo instável e as causas das variações devem ser investigadas e tratadas por meio de ações de melhoria visando à estabilização. Uma vez que os processos sejam estáveis, é possível identificar se são capazes de alcançar os objetivos estabelecidos ou se falham nesse sentido. Para os processos que não são capazes de alcançar os objetivos, devem ser definidas ações para modificá-los, a fim de torná-los capazes. Por outro lado, processos capazes podem ser melhorados continuamente para atender novos objetivos estabelecidos (Florac e Carleton, 1999).

O crescente interesse por parte de organizações de software em alcançar a alta maturidade tem motivado a utilização do controle estatístico em processos de software. O controle estatístico foi originalmente proposto para apoiar programas de melhoria de processos na área da manufatura. Apesar de não ser novidade para a indústria em geral, seu uso em organizações de software é considerado recente (Card *et al.*, 2008). Relatos da utilização do controle estatístico de processos em organizações de software têm revelado um cenário caracterizado por problemas e situações que afetam o sucesso de sua implementação (Takara *et al.*, 2007; Tarhan e Demirors, 2012; Barcellos *et al.*, 2013). A definição de medidas e coleta de dados não apropriados são alguns dos principais problemas (Kitchenham *et al.*, 2007; Takara *et al.*, 2007; Barcellos *et al.*, 2013), uma vez que retardam o início do controle estatístico propriamente dito até que se obtenham medidas e dados que possam ser utilizados adequadamente nesse contexto.

Embora modelos como o CMMI (SEI, 2010) e o MR MPS-SW (SOFTEx, 2012) determinem o que é necessário para alcançar um determinado nível, ainda há carência de orientações que auxiliem as organizações a se prepararem, desde os níveis iniciais, para alcançarem a alta maturidade. Como consequência, frequentemente, alguns

aspectos relacionados à medição e necessários para a implementação do controle estatístico de processos (por exemplo: completude e clareza das definições operacionais das medidas, consistência das medições realizadas, volume de dados coletados etc.) só são percebidos quando se inicia a implementação das práticas da alta maturidade.

Assim, antes de iniciar as práticas do controle estatístico de processos, é necessário avaliar se as medidas definidas e dados coletados até então pela organização são adequados para tal. O IARM (Instrumento para Avaliação de Repositório de Medição) descrito neste documento foi proposto com o objetivo de auxiliar as organizações a avaliarem o que está e o que não está adequado para o controle estatístico de processos em seu repositório de medição, bem como a fazerem os ajustes necessários visando à adequação ao controle estatístico de processos.

2.1 Gráficos de Controle

Os gráficos de controle são essenciais ao controle estatístico de processos, pois são capazes de medir a variação dos processos e avaliar sua estabilidade. Associam métodos de controle estatístico e representação gráfica para quantificar o comportamento de processos auxiliando a detectar os *sinais* de variação no comportamento dos processos e a diferenciá-los dos *ruídos*. Os ruídos dizem respeito às variações que são aceitáveis e são intrínsecas aos processos (causas comuns). Já os sinais indicam variações que precisam ser analisadas em busca de uma melhoria dos processos (causas especiais) (Florac e Carleton, 1999).

Existem diversos tipos de gráficos de controle e cada um deles é melhor aplicável a determinadas situações. A maneira como os dados serão plotados, se serão agrupados e como os limites de controle serão calculados são definidos pelo tipo de gráfico que será utilizado. O *layout* básico de um gráfico de controle é ilustrado na Figura 1. Tanto a linha central quanto os limites superior e inferior representam estimativas que são calculadas a partir de um conjunto de dados históricos coletados para a medida. Os limites superior e inferior ficam a uma distância de três desvios padrão em relação à linha central. A linha central e os limites não podem ser arbitrários, uma vez que são eles que refletem o comportamento do processo. Seus valores são obtidos aplicando-se as expressões e constantes definidas pelo tipo de gráfico de controle a ser utilizado (Wheeler e Chambers, 1992).

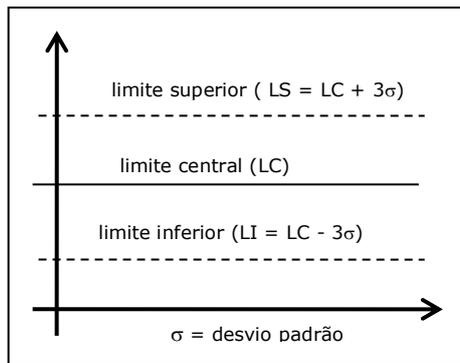


Figura 1 – Layout básico de um gráfico de controle.

A Figura 2 ilustra um exemplo de aplicação de um gráfico de controle para representar as medidas coletadas em um processo estável, ou seja, onde não há causas especiais. O gráfico representa a média diária de horas dedicadas a atividades de suporte por semana em uma determinada organização. Os limites de controle e a linha central são indicados por suas siglas em inglês (UCL = *Upper Control Limit*; CL = *Central Line*; LCL = *Lower Control Limit*). Quando um processo é estável, seus limites de controle descrevem a *baseline de desempenho do processo*.

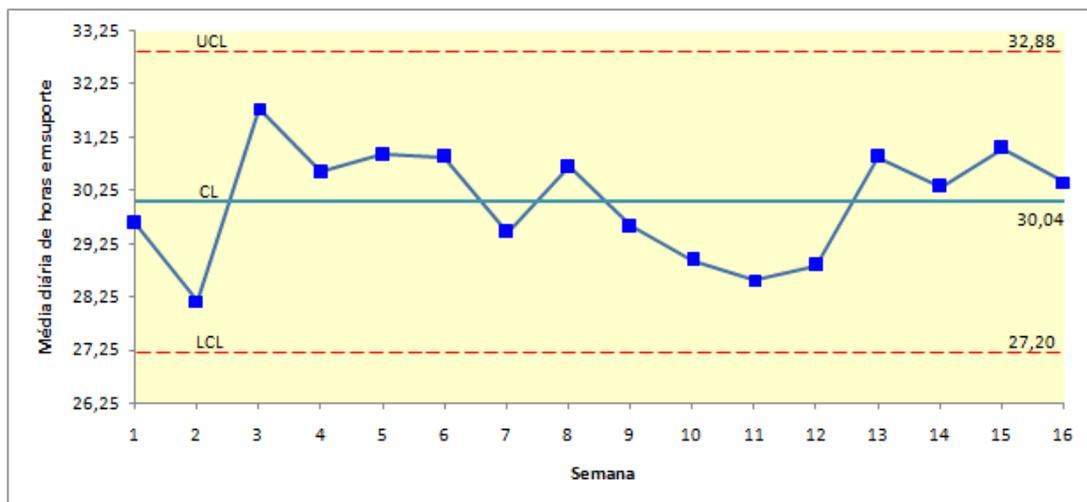


Figura 2 – Processo estável.

Na Figura 3 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 o número de problemas relatados pelos clientes diariamente à área de suporte de uma organização que não foram resolvidos.

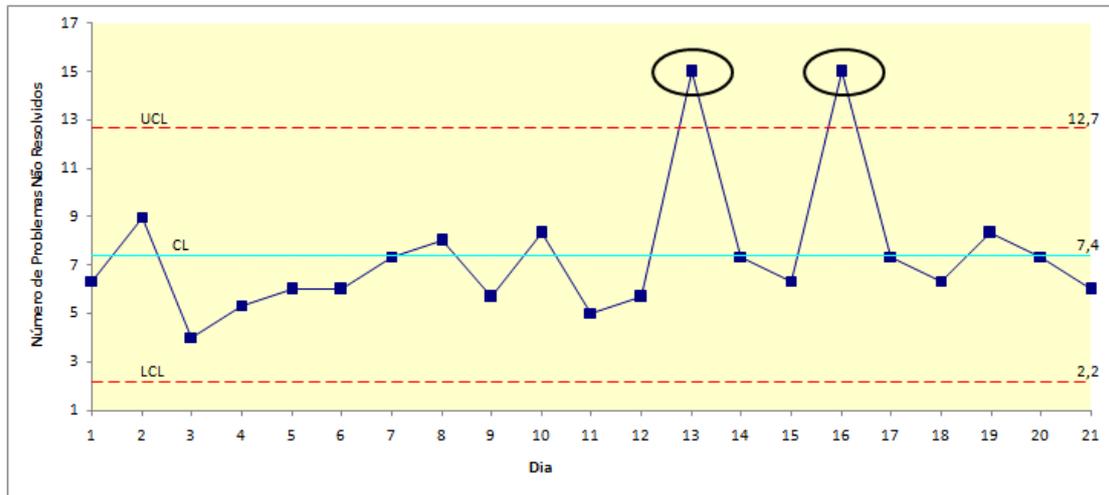


Figura 3 – Processo com causas especiais explícitas.

Na Figura 3, os pontos que caracterizam a instabilidade do processo estão bem visíveis, acima do limite superior de variação permitido. Porém, os pontos de instabilidade, ou seja, aqueles gerados por causas especiais, nem sempre aparecem fora dos limites, existindo outros sinais que revelam a instabilidade de um processo, como, por exemplo, uma distribuição não aleatória dos pontos. A presença de padrões na distribuição dos pontos, como, por exemplo, a repetição de ciclos, tendências de crescimento ou decrescimento, mudanças bruscas e agrupamentos, pode ser sinal de que o processo está se comportando de maneira irregular, embora não possua pontos fora dos limites de controle (Florac e Carleton, 1999).

2.2 Controle Estatístico na Melhoria de Processos de Software

No contexto da melhoria de processos de software, a realização do controle estatístico de processos pode ser resumida da seguinte forma: dados coletados durante a execução dos processos nos projetos são utilizados para descrever o comportamento dos processos da organização. Dados de diversos projetos que tenham o mesmo perfil, ou seja, que sejam similares entre si, são representados em gráficos de controle para que seja possível analisar o comportamento dos processos. Para os processos estáveis, são estabelecidas *baselines de desempenho*. Os processos instáveis, por sua vez, devem ter as causas de instabilidade analisadas e tratadas para que seu comportamento estabilize. Uma vez que os processos sejam estáveis, verifica-se se são capazes, comparando-se seu desempenho com o desempenho especificado (desejado) para eles. O desempenho de um processo é dado pelos valores dos limites inferior e superior de sua *baseline* e o desempenho especificado é dado por valores que descrevem o limite superior e inferior desejados para o desempenho do processo. Para ser capaz, os limites da *baseline* de desempenho do processo devem ser internos ou iguais aos limites do desempenho especificado. A capacidade de um processo pode ser determinada numericamente, por meio de um índice de capacidade, que é dado pela razão entre as amplitudes dos limites de especificação e da *baseline*. Uma vez que processos sejam capazes, eles podem ser alterados visando à sua melhoria, ou seja, visando ter um desempenho cada vez melhor.

Para exemplificar o uso do controle estatístico no contexto da melhoria de processos de software, suponha que uma organização esteja recebendo reclamações dos clientes sobre a demora para resolver problemas por eles relatados. Com isso, um de seus objetivos de negócio críticos é *melhorar o suporte aos clientes*. Para monitorar esse objetivo, foi identificada a necessidade de informação *Qual a taxa de problemas reportados pelo cliente e não resolvidos?* e foi selecionado o processo *Manutenção*, responsável pela correção de problemas nos sistemas de informação entregues aos clientes, para ter seu comportamento analisado por meio da medida *taxa de problemas não resolvidos*. Para análise do comportamento foi elaborado o gráfico de controle apresentado na Figura 5, que revelou instabilidade no comportamento do processo.

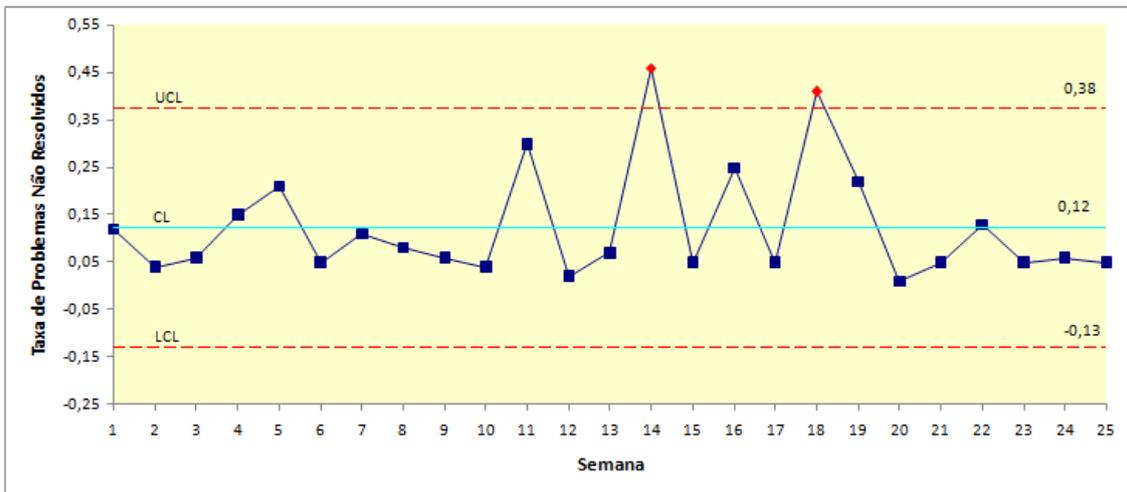


Figura 5 – Processo de manutenção instável.

Como o processo é instável, deve ser conduzida uma investigação das causas dos pontos que se encontram fora dos limites de controle, que indicam o comportamento esperado para o processo. Suponha que essa investigação tenha sido conduzida, tendo sido percebido que nas semanas em que a taxa de problemas não resolvidos extrapolou os limites esperados, ocorreu greve no transporte público levando vários funcionários a faltarem o trabalho.

Considerando que essas causas não são inerentes ao processo, ou seja, não há necessidade de mudar o processo para tratá-las, esses pontos foram excluídos da análise do comportamento do processo. Com isso, como ilustra a Figura 6, o comportamento do processo mostra-se estável.

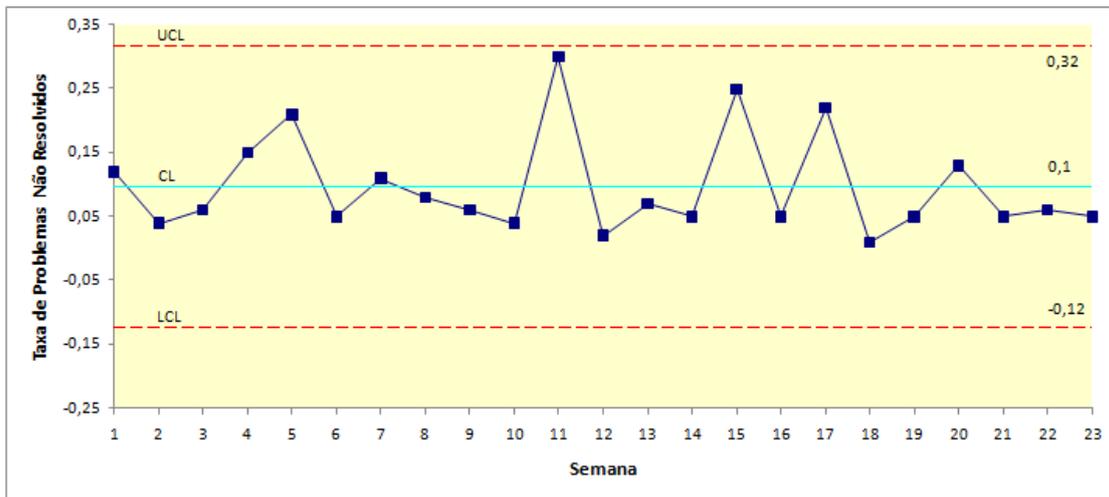


Figura 6 – Processo de manutenção estabilizado.

Uma vez estabilizado, a capacidade do processo deve ser analisada. Suponha que a organização tenha estabelecido que a taxa de problemas não resolvidos não deve ultrapassar 0,25, ou seja, os limites do desempenho especificado para o processo são 0 e 0,25. Nesse caso, como mostra a Figura 7, o processo não é capaz. Na figura, o limite superior especificado para o processo é representado pela linha sólida verde. O limite inferior especificado não foi representado na figura, pois, embora o limite inferior da *baseline* seja menor que zero, não é possível ter um valor menor que zero para a medida taxa de problemas não resolvidos. Dessa forma, considera-se que o limite inferior da *baseline* e o limite inferior especificado são os mesmos e valem zero.

Na figura, a incapacidade de o comportamento do processo atender o limite especificado é bem visível, uma vez que o limite de controle superior da *baseline* é maior que a meta estabelecida.

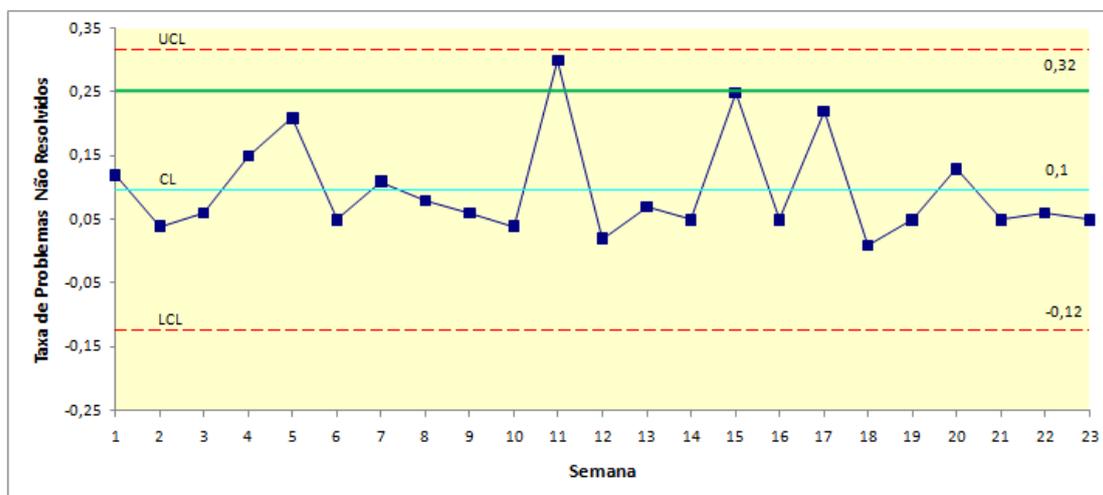


Figura 7 – Processo de manutenção não capaz.

Buscando tornar o processo capaz, a organização analisou a definição atual do processo e decidiu realizar algumas alterações para minimizar o tempo de análise da prioridade de um problema e melhorar a distribuição dos problemas entre a equipe de

execução das manutenções. Após essa alteração, o processo entrou em execução e foram coletados novos dados para a taxa de problemas não resolvidos. A análise do comportamento da nova definição do processo mostrou que ele tornou-se capaz, como mostra a Figura 8 (o limite superior da *baseline* é está dentro da meta).

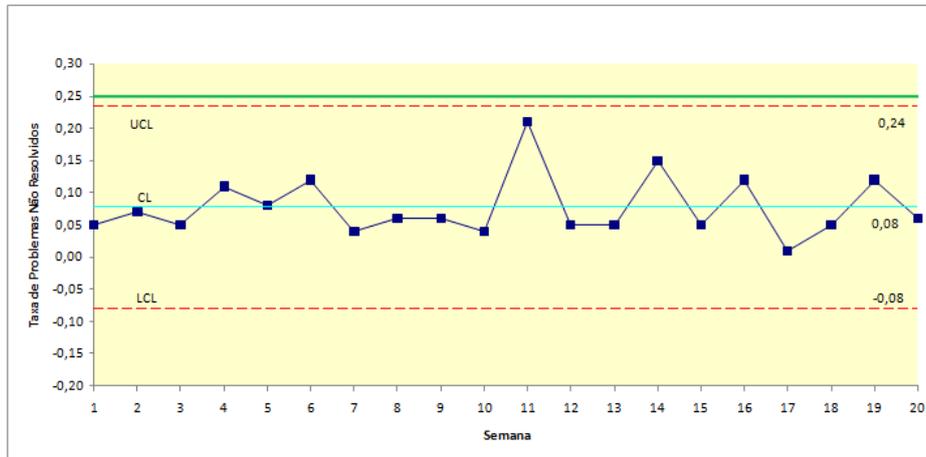


Figura 8 – Processo de manutenção capaz.

Suponha, agora, que a organização, em uma ação de melhoria de um processo capaz, tenha decidido diminuir ainda mais o valor máximo para a taxa de problemas não resolvidos, tendo estabelecido que ela não deva ultrapassar 0,20. Essa decisão levou a mais uma alteração no processo, que passou a adotar alguns princípios do desenvolvimento ágil nas manutenções maiores. O processo entrou em execução e teve dados de sua execução coletados. Como resultado, a análise do comportamento do processo mostrou que ele manteve-se estável e capaz e com melhor desempenho (limites mais estreitos), como mostra a Figura 9.



Figura 9 – Processo de manutenção após melhoria contínua: estável, capaz e com melhor desempenho (limites mais estreitos).

Observação: Nesta seção foram apresentados alguns aspectos relacionados à medição de software e controle estatístico de processos com o intuito de dar uma visão geral do tema e destacar os pontos principais para um melhor entendimento do IARM. O

conteúdo apresentado é bem limitado. Para um aprofundamento no tema, sugere-se a leitura do livro “Medição de Software e Controle Estatístico de Processos” (Rocha *et al.*, 2012), o qual foi usado como base para parte do conteúdo apresentado.

3. Conjunto de Recomendações para Medição de Software

CRMS composto por recomendações que tratam de vinte aspectos presentes na medição de software, organizados em cinco grupos: Preparação da Medição de Software, Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos, Definição de Medidas de Software, Realização de Medições de Software e Análise de Medições de Software.

É importante ressaltar que o conjunto de recomendações aqui proposto é um conjunto inicial, que pode ser evoluído considerando-se outras experiências práticas e registros da literatura. Portanto, não se pretende que seja completo, contendo todas as possíveis recomendações para realização de medição adequada ao controle estatístico de processos.

Na Figura 1 é apresentada a visão geral do CRMS, onde são identificados os aspectos tratados pelas recomendações que compõem cada um dos grupos. Em seguida cada grupo de recomendações é descrito.

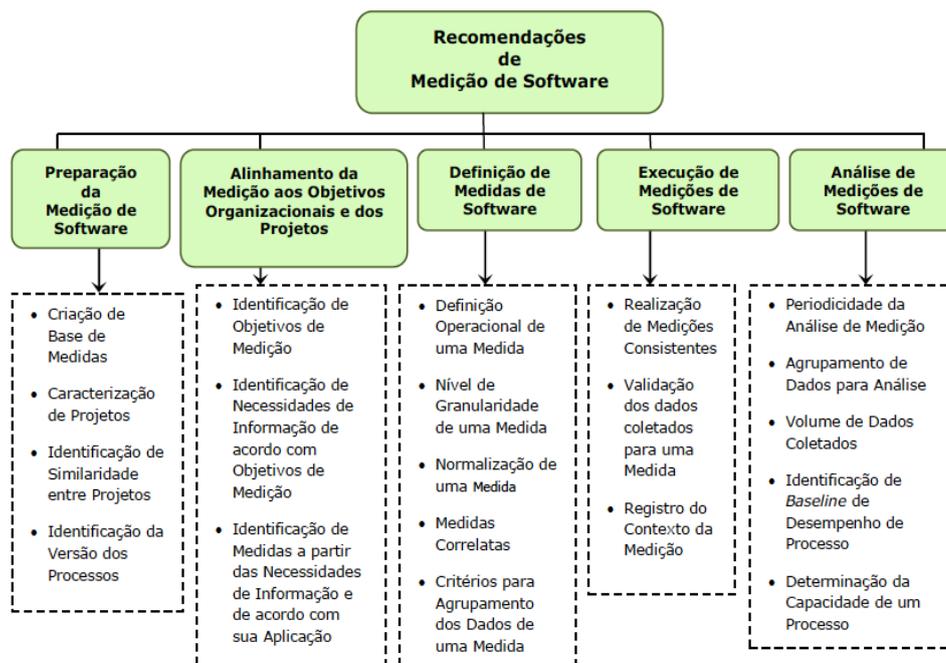


Figura 1 – Visão Geral do Conjunto de Recomendações para Medição de Software.

- *Preparação da Medição de Software:* contém recomendações relacionadas a aspectos que devem ser considerados antes da implantação de medição em uma organização e sem os quais não é possível realizar a medição de forma adequada.
- *Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos:* contém recomendações que visam à realização de medições alinhadas aos objetivos de negócio da organização e aos objetivos específicos dos projetos. Para isso, orientam a identificação de medidas úteis e alinhadas aos objetivos estabelecidos.
- *Definição de Medidas de Software:* contém recomendações para definir medidas adequadamente. Inclui recomendações relacionadas à definição operacional de medida, ao nível de granularidade, à normalização, às medidas correlatas e aos critérios para agrupamento dos dados de uma medida.
- *Realização de Medições de Software:* contém recomendações para a execução de medições de software, que consiste na coleta e armazenamento de dados para as medidas.
- *Análise de Medições de Software:* contém recomendações para que a análise dos dados coletados para as medidas forneça as informações necessárias identificadas no Plano de Medição, apoiando, assim, a tomada de decisões e a identificação de ações corretivas e de melhoria.

As recomendações que compõem o CRMS são apresentadas nas próximas seções.

3.1 Recomendações para a Preparação da Medição de Software

Para que a medição de software possa ser implantada em uma organização, alguns aspectos devem ser previamente considerados. A seguir são descritas as recomendações relacionadas a cada aspecto considerado relevante a esse contexto.

PMS.1 Criação da Base de Medidas	
Propósito	Orientar a construção da base (repositório) de medidas de uma organização de software.
Fundamentação Teórica	A base de medidas deve ser capaz de armazenar e fornecer os dados requeridos pelos objetivos de medição estabelecidos pela organização. Os dados considerados necessários não estão limitados aos dados da medição propriamente dita. Dados relacionados aos projetos e processos também são relevantes e devem poder ser armazenados e recuperados na base de medidas (KITCHENHAM et al., 2007).
Recomendações	R1. Definir uma estrutura para a base de medidas (modelo de dados e mecanismos para armazenamento e recuperação de dados) capaz de fornecer o arcabouço necessário para que as recomendações de medição presentes no CRMS possam ser colocadas em prática. Nota: Recomenda-se que a definição da estrutura da base de medidas seja realizada considerando-se a Ontologia de Medição de Software utilizada na construção do CRMS.
	R2. Definir uma base de medidas única e centralizada, utilizando ferramentas de bancos de dados, para que seja possível gerenciar os dados, armazenar e manter dados históricos.
	R3. Caso não seja possível definir uma base de medidas única, as diferentes fontes que compõem a base de medidas devem ser integradas.

PMS.2 Caracterização de Projetos	
Propósito	Orientar a caracterização dos projetos em uma organização. A caracterização deve permitir identificar os perfis de projetos que são desenvolvidos, bem como obter informações de contexto dos dados coletados para as medidas nos projetos.
Fundamentação Teórica	A identificação de critérios que caracterizem os projetos de uma organização é imprescindível para a identificação dos projetos similares e uso dos dados coletados para as medidas de maneira correta. A caracterização dos projetos deve incluir os critérios relevantes para o registro e posterior identificação dos perfis de projetos. Ela é considerada satisfatória quando os subconjuntos formados pelos projetos que possuem o mesmo perfil, ou seja, cujos critérios de caracterização possuem os mesmos valores, são homogêneos (KITCHENHAM et al., 2007).
Recomendações	R1. Não definir uma caracterização baseada em poucos critérios ou em critérios muito amplos, que, normalmente, permitem a formação de grupos heterogêneos de projetos.
	R2. Incluir no conjunto de critérios características de todos os elementos relevantes envolvidos em um projeto, tais como: ambiente (exemplos de critérios: distribuição geográfica dos participantes do projeto e infraestrutura disponível), recursos humanos (exemplos de critérios: experiência da equipe do projeto em relação ao domínio, tecnologia e processo utilizados, tamanho da equipe do projeto), produto desenvolvido (exemplos de critérios: tipo de software e domínio do software), processo utilizado (exemplos de critérios: modelo de ciclo de vida utilizado e processo adotado), tecnologias envolvidas (exemplos de critérios: linguagem de programação e banco de dados utilizados), cliente (exemplo de critério: tipo de cliente e porte do cliente) e o próprio projeto (exemplos de critérios: tamanho do projeto e restrições do projeto).
	R3. Tornar a caracterização de projetos explícita na base de medidas, permitindo a identificação dos critérios definidos e do valor atribuído para cada critério em cada projeto realizado.

PMS.3 Identificação de Similaridade entre Projetos	
Propósito	Orientar o estabelecimento de um mecanismo para identificação de projetos similares em uma organização.
Fundamentação Teórica	Além de caracterizar os projetos, é necessário que seja estabelecido um mecanismo para determinar se eles são similares ou não (CARD, 2005; KITCHENHAM et al., 2007).
Recomendações	R1. Definir, considerando os critérios de caracterização de projetos, como identificar projetos similares. Por exemplo: (i) projetos são similares quando os valores atribuídos a todos os critérios de caracterização são iguais entre os projetos; (ii) projetos são similares quando os valores atribuídos a pelo menos um dos critérios de caracterização são iguais entre os projetos; e (iii) projetos são similares quando os valores atribuídos a alguns dos critérios de caracterização (determinados de acordo com o contexto de utilização dos projetos similares) são iguais entre os projetos.
	R2. Ao definir o mecanismo de seleção de projetos similares, levar em consideração que quanto mais refinado for o mecanismo, mais homogêneos serão os grupos de projetos obtidos e, normalmente, menor será o volume de dados em cada um deles.

PMS.4 Identificação da Versão dos Processos	
Propósito	Orientar o estabelecimento de um mecanismo de identificação das versões dos processos de uma organização.
Fundamentação Teórica	O desempenho de um processo é descrito por dados coletados para medidas durante suas execuções. Para que os dados coletados para um processo sejam utilizados para analisar seu desempenho, é necessário que eles sejam referentes a uma mesma definição desse processo. Por exemplo, se um processo é definido por um conjunto de entradas, saídas, atividades, papéis, técnicas e ferramentas, alterações relevantes em algum desses elementos caracterizam uma nova versão do processo (TARHAN e DEMIRORS, 2006). Para o controle estatístico de processos, uma alteração é considerada relevante quando é capaz de afetar o desempenho do processo (DUMKE et al., 2004). A alteração de uma ferramenta ou a mudança no sequenciamento das atividades que compõem um processo são exemplos de alterações relevantes para o controle estatístico de processos. Alterações que não impactam diretamente no desempenho do processo, podem ser registradas em subversões, sendo que, nesse caso, a análise do desempenho do processo pode considerar dados coletados em todas as subversões de uma dada versão. Por exemplo, uma pequena alteração na ordem dos campos que constam de um template utilizado no processo, normalmente, não leva à identificação de uma nova versão do processo e sim de uma subversão.
Recomendações	R1. Identificar quais elementos compõem a definição de um processo na organização.
	R2. Definir um mecanismo para identificação e controle das versões dos processos organizacionais que considere que alterações relevantes nos elementos que compõem a definição de um processo caracterizam uma nova versão.
	R3. Garantir que seja possível identificar, para cada projeto, a versão dos processos nele utilizados.

3.2 Recomendações para o Planejamento da Medição de Software Alinhada aos Objetivos Organizacionais e do Projeto

Para realizar o planejamento da medição em consonância com o Planejamento Estratégico, a organização deve, a partir de seus objetivos de negócio, derivar objetivos

de medição, identificar suas necessidades de informação e as medidas requeridas para atendê-las. A seguir são apresentadas as recomendações relacionadas ao planejamento da medição.

PMSAO.1 Identificação de Objetivos de Medição	
Propósito	Auxiliar na identificação dos objetivos de medição a partir dos objetivos de negócio da organização e na classificação desses objetivos.
Fundamentação Teórica	<p>Os objetivos de medição devem ser derivados dos objetivos organizacionais (BRIMSON, 2004; KITCHENHAM et al., 2006). A identificação dos objetivos de medição pode ser realizada com o apoio de técnicas de decomposição ou de abordagens como as propostas em (OFFEN e JEFFEREY, 1997) e. Essas propostas orientam a identificação de objetivos de medição considerando objetivos intermediários aos objetivos de negócio e objetivos de medição, como, por exemplo, objetivos de software.</p> <p>No âmbito da melhoria de processos de software (contexto no qual é realizado o controle estatístico de processos), os objetivos de medição podem ser classificados em três tipos (BARCELLOS et al., 2009) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivos de Monitoramento e Controle dos Projetos: são, geralmente, definidos desde o início de um programa de medição, ou seja, desde os níveis iniciais de maturidade. Objetivos desse tipo requerem medição tradicional, na qual o monitoramento e controle dos projetos baseiam-se essencialmente na realização de estimativas para os projetos, medição de valores ao longo de seu desenvolvimento e comparação dos valores coletados com os valores planejados. • Objetivos de Avaliação da Qualidade dos Produtos e Processos: também estão presentes desde o início de um programa de medição e requerem medição tradicional, sendo definidas medidas que quantificam aspectos da qualidade dos produtos e processos. As medições são realizadas ao longo dos projetos e os valores coletados, geralmente, são comparados entre si e com valores coletados anteriormente. • Objetivos de Análise de Desempenho de Processos: tipicamente, são identificados por uma organização quando ela já passou pelos níveis iniciais de maturidade e está realizando as práticas que caracterizam os níveis mais elevados. Eles requerem medição em alta maturidade, que se baseia na análise do desempenho dos processos nos projetos e comparação deste com o desempenho esperado para o processo no âmbito organizacional (estabelecido com base em dados históricos). <p>A classificação dos objetivos de medição em tipos gerais é especialmente útil à definição das medidas, pois medidas devem ser identificadas e ter suas definições operacionais estabelecidas de acordo com o tipo de objetivo ao qual estão associadas. Esse aspecto é abordado pelas recomendações registradas em PMSAO.3 e DMS.1.</p>

PMSAO.1 Identificação de Objetivos de Medição

Recomendações	R1.	<p>Realizar a identificação dos objetivos de medição baseando-se nos objetivos de negócio registrados no Planejamento Estratégico da organização e classificar cada objetivo de medição em: Objetivo de Monitoramento e Controle, Objetivo de Avaliação da Qualidade dos Produtos e Processos ou Objetivo de Análise de Desempenho dos Processos.</p> <p>Exemplo: Identificação dos objetivos de medição a partir dos objetivos de negócio:</p> <table border="1" data-bbox="555 517 1334 685"> <tr> <td>Objetivo de Negócio</td> <td>Aumentar o número de clientes m 10%.</td> </tr> <tr> <td>Objetivo de Software</td> <td>Obter avaliação MPS.BR nível B.</td> </tr> <tr> <td>Objetivos de Medição</td> <td>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos. Diminuir o retrabalho nos projetos.</td> </tr> </table> <p>Classificação dos objetivos de medição:</p> <table border="1" data-bbox="555 748 1334 1014"> <thead> <tr> <th>Objetivo de Medição</th> <th>Tipo de Objetivo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.</td> <td>Objetivo de Análise de Desempenho de Processos.</td> </tr> <tr> <td>Diminuir o retrabalho nos projetos.</td> <td>Objetivo de Monitoramento e Controle dos Projetos e Objetivo de Avaliação da Qualidade dos Produtos e dos Processos.</td> </tr> </tbody> </table>	Objetivo de Negócio	Aumentar o número de clientes m 10%.	Objetivo de Software	Obter avaliação MPS.BR nível B.	Objetivos de Medição	Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos. Diminuir o retrabalho nos projetos.	Objetivo de Medição	Tipo de Objetivo	Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.	Objetivo de Análise de Desempenho de Processos.	Diminuir o retrabalho nos projetos.	Objetivo de Monitoramento e Controle dos Projetos e Objetivo de Avaliação da Qualidade dos Produtos e dos Processos.
Objetivo de Negócio	Aumentar o número de clientes m 10%.													
Objetivo de Software	Obter avaliação MPS.BR nível B.													
Objetivos de Medição	Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos. Diminuir o retrabalho nos projetos.													
Objetivo de Medição	Tipo de Objetivo													
Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.	Objetivo de Análise de Desempenho de Processos.													
Diminuir o retrabalho nos projetos.	Objetivo de Monitoramento e Controle dos Projetos e Objetivo de Avaliação da Qualidade dos Produtos e dos Processos.													
	R2.	<p>Decompor os objetivos de medição quando os objetivos inicialmente identificados forem muito amplos. Para objetivos de análise de desempenho dos processos, recomenda-se que sejam estabelecidos objetivos relacionados a cada processo crítico a ser submetido ao controle estatístico.</p> <p>Exemplo: Decomposição do objetivo “Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos” em “Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos” e “Conhecer e melhorar o desempenho do processo de Inspeção”.</p>												

PMSAO.2 Identificação de Necessidades de Informação de acordo com os Objetivos de Medição							
Propósito	Orientar a identificação das informações necessárias à análise do alcance dos objetivos de medição estabelecidos.						
Fundamentação Teórica	<p>A partir dos objetivos de medição, devem ser identificadas as informações que são necessárias para analisar o alcance aos objetivos estabelecidos. Abordagens como M3P (OFFEN e JEFFEREY, 1997), GQM – Goal Question Metric (BASILI et al., 1994), GQIM – Goal Question Indicator Measure (BOYD, 2005) e PSM – Practical Software Measurement (McGARRY et al., 2002) podem ser utilizadas para guiar a identificação das necessidades de informação.</p> <p>No contexto do controle estatístico de processos, é importante que sejam identificadas as necessidades de informação principais, relacionadas ao desempenho dos processos, e as necessidades de informação que apoiam a análise de causas (MESSNARZ e TULLY, 1999).</p>						
Recomendações	<p>R1. Identificar as necessidades de informação principais e as necessidades de informação de apoio (úteis à investigação de causas de variação no comportamento dos processos) para cada objetivo de medição estabelecido.</p> <p>Exemplo:</p> <table border="1" data-bbox="568 842 1329 1236"> <thead> <tr> <th>Objetivo de Medição</th> <th>Necessidade de Informação</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diminuir o retrabalho nos projetos.</td> <td>Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software.</td> </tr> <tr> <td>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</td> <td> <p>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente.</p> <p>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente.</p> </td> </tr> </tbody> </table>	Objetivo de Medição	Necessidade de Informação	Diminuir o retrabalho nos projetos.	Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software.	Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos	<p>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente.</p> <p>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente.</p>
Objetivo de Medição	Necessidade de Informação						
Diminuir o retrabalho nos projetos.	Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software.						
Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos	<p>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente.</p> <p>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente.</p>						

PMSAO.3 Identificação de Medidas a partir de Necessidades de Informação e de acordo com sua Aplicação	
Propósito	<p>Orientar a identificação das medidas requeridas para o atendimento das necessidades de informação estabelecidas e de acordo com o objetivo ao qual estão associadas.</p> <p>Nota: É importante perceber que esse item trata apenas da identificação das medidas. A definição das medidas é tratada pelas recomendações presentes no grupo Definição de Medidas de Software.</p>
Fundamentação Teórica	<p>Todas as medidas utilizadas em uma organização devem estar alinhadas às necessidades de informação (BRIMSON, 2004; KITCHENHAM et al., 2006). Para isso, a partir das necessidades de informação identificadas para os objetivos, devem ser estabelecidas as medidas que atendem essas necessidades de informação. Novamente, abordagens como M3P (OFFEN e JEFFEREY, 1997), GQM – Goal Question Metric (BASILI et al., 1994), GQIM – Goal Question Indicator Measure (BOYD, 2005) e PSM – Practical Software Measurement (McGARRY et al., 2002) podem ser utilizadas.</p> <p>Medidas devem ser identificadas e definidas de acordo com o objetivo ao qual estão associadas. A associação de uma medida a um tipo de objetivo identifica sua aplicação (BARCELLOS et al., 2009).</p> <p>Medidas com aplicação no monitoramento e controle tradicionais, ou seja, medidas relacionadas a Objetivos de Monitoramento e Controle dos Projetos ou a Objetivos de Avaliação da Qualidade dos Produtos e Processos, são, essencialmente, medidas que descrevem estimativas (por exemplo, tamanho estimado do projeto, esforço estimado da atividade e custo estimado do projeto) ou representam valores praticados nos projetos (por exemplo, tamanho do projeto, esforço despendido na atividade, custo do projeto). Também são aplicadas no monitoramento e controle tradicionais medidas que quantificam características dos produtos e processos e que podem ser analisadas no contexto de um mesmo projeto considerando-se vários dados coletados ao longo de sua execução ou entre diversos projetos. Exemplos dessas medidas são: taxa de detecção de defeitos e número de requisitos alterados (WANG e LI, 2005; SARGUT e DEMIRORS, 2006; BARCELLOS e ROCHA, 2008b, a).</p> <p>Medidas com aplicação na análise de desempenho de processos (relacionadas a Objetivos de Análise de Desempenho de Processos) devem estar relacionadas a um processo¹ e ser capazes de fornecer informações sobre seu desempenho (PFLEEGER, 1993; BARCELLOS e ROCHA, 2008a). Medidas que medem produtos² e recursos do processo, bem como o próprio processo, são medidas que podem descrever seu desempenho (GARCÍA et al., 2007). Por outro lado, medidas que registram estimativas são essencialmente medidas de controle e não descrevem o desempenho de processos, logo, isoladas não são aplicáveis na análise do desempenho de processos, que utiliza as técnicas do controle estatístico. Porém, é importante notar que medidas que registram estimativas podem compor medidas que descrevem o desempenho de processos, tal como a medida aderência ao cronograma (medida por atividade ou macroatividade), calculada pela razão entre as medidas tempo estimado e tempo despendido, que provê informações sobre o desempenho do processo Gerência de Projetos (LEWIS, 1999).</p> <p>¹ Estar relacionada a um processo não significa que a entidade que a medida mede deve ser um processo. Uma medida pode, por exemplo, medir o artefato</p>

PMSAO.3 Identificação de Medidas a partir de Necessidades de Informação e de acordo com sua Aplicação

Especificação de Requisitos e estar relacionada ao processo Gerência de Requisitos, uma vez que mede um produto gerado pelo processo em questão.

² Por exemplo, a medida número de defeitos, representando o número de defeitos de um produto submetido à inspeção, está relacionada à qualidade do produto, mas também é útil na composição da medida taxa de detecção de defeitos, que pode ser utilizada para descrever o desempenho do processo de Inspeção.

Recomendações	R1.	Identificar medidas que atendam tanto as necessidades de informação principais quanto as necessidades de informação de apoio, levando em consideração a aplicação de cada medida, sendo que uma mesma medida pode ter mais de uma aplicação.								
		Exemplo:								
		<table border="1"> <tr> <td>Objetivo de Medição</td> <td>Diminuir o retrabalho nos projetos</td> </tr> <tr> <td>Necessidade de Informação</td> <td>Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software</td> </tr> <tr> <td>Medidas</td> <td>Quantidade de retrabalho na fase de Análise Quantidade de retrabalho na fase de Projeto Quantidade de retrabalho nas fases de Implementação e Testes Quantidade de retrabalho na fase de Implantação</td> </tr> <tr> <td>Aplicação</td> <td>Monitoramento e Controle Tradicionais</td> </tr> </table>	Objetivo de Medição	Diminuir o retrabalho nos projetos	Necessidade de Informação	Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software	Medidas	Quantidade de retrabalho na fase de Análise Quantidade de retrabalho na fase de Projeto Quantidade de retrabalho nas fases de Implementação e Testes Quantidade de retrabalho na fase de Implantação	Aplicação	Monitoramento e Controle Tradicionais
		Objetivo de Medição	Diminuir o retrabalho nos projetos							
		Necessidade de Informação	Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software							
		Medidas	Quantidade de retrabalho na fase de Análise Quantidade de retrabalho na fase de Projeto Quantidade de retrabalho nas fases de Implementação e Testes Quantidade de retrabalho na fase de Implantação							
		Aplicação	Monitoramento e Controle Tradicionais							
		<table border="1"> <tr> <td>Objetivo de Medição</td> <td>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</td> </tr> <tr> <td>Necessidade de Informação</td> <td>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente</td> </tr> <tr> <td>Medidas</td> <td>Número de requisitos homologados Número de requisitos alterados Taxa de alteração dos requisitos</td> </tr> <tr> <td>Aplicação</td> <td>Análise de Desempenho de Processos</td> </tr> </table>	Objetivo de Medição	Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos	Necessidade de Informação	Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente	Medidas	Número de requisitos homologados Número de requisitos alterados Taxa de alteração dos requisitos	Aplicação	Análise de Desempenho de Processos
		Objetivo de Medição	Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos							
		Necessidade de Informação	Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente							
		Medidas	Número de requisitos homologados Número de requisitos alterados Taxa de alteração dos requisitos							
		Aplicação	Análise de Desempenho de Processos							
		<table border="1"> <tr> <td>Necessidade de Informação</td> <td>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente</td> </tr> <tr> <td>Medidas</td> <td>Número de requisitos de análise alterados Número de requisitos de projeto alterados</td> </tr> <tr> <td>Aplicação</td> <td>Análise de Desempenho de Processos</td> </tr> </table>	Necessidade de Informação	Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente	Medidas	Número de requisitos de análise alterados Número de requisitos de projeto alterados	Aplicação	Análise de Desempenho de Processos		
		Necessidade de Informação	Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente							
Medidas	Número de requisitos de análise alterados Número de requisitos de projeto alterados									
Aplicação	Análise de Desempenho de Processos									

3.3 Recomendações para a Definição de Medidas de Software

Uma vez identificadas as medidas que atendem as necessidades de informação, é preciso estabelecer suas definições operacionais. Além disso, para definir uma medida, alguns aspectos devem ser levados em consideração: nível de granularidade, normalização, medidas correlatas e critérios para agrupamento de seus dados. A seguir são apresentadas recomendações relacionadas à definição de medidas.

DMS.1 Definição Operacional de uma Medida	
Propósito	Orientar a elaboração da definição operacional de uma medida. A definição operacional de uma medida inclui informações detalhadas sobre a medida, principalmente no que diz respeito à sua coleta e análise.
Fundamentação Teórica	<p>A repetitividade da medição de uma medida está diretamente relacionada com a completeza e precisão de sua definição operacional. Uma definição operacional incompleta, ambígua ou fracamente documentada possibilita que diferentes pessoas entendam a medida de maneiras diferentes e, conseqüentemente, colem dados inválidos, realizem medições incomparáveis ou análises incorretas, o que torna a medição inconsistente e ineficiente (KITCHENHAM et al., 2001).</p> <p>A definição operacional de uma medida deve ser estabelecida de acordo com sua aplicação. Por exemplo, medidas aplicadas na análise de desempenho de processos, diferentemente das medidas com aplicação no monitoramento e controle tradicionais, devem ser analisadas através de técnicas do controle estatístico de processos.</p> <p>Em uma organização que deseja definir e coletar medidas adequadas ao controle estatístico de processos desde os níveis iniciais de maturidade, as definições operacionais das medidas, inicialmente, são orientadas ao monitoramento e controle tradicionais. Porém, para que os dados coletados para essas medidas sejam futuramente úteis ao controle estatístico de processos, as definições operacionais das medidas devem garantir que os dados coletados e armazenados sejam úteis ao controle estatístico de processos (BARCELLOS et al., 2009).</p>
Recomendações	<p>R1. Estabelecer uma definição operacional para as medidas, a qual inclua as seguintes informações:</p> <p><i>Nome:</i> nome da medida.</p> <p><i>Definição:</i> descrição sucinta da medida.</p> <p><i>Mnemônico:</i> sigla utilizada para identificar a medida.</p> <p><i>Tipo de Medida:</i> classificação da medida quanto à sua dependência funcional, podendo uma medida ser uma medida base ou uma medida derivada.</p> <p><i>Entidade Medida:</i> entidade que a medida mede. Exemplos: organização, projeto, processo, atividade, recurso humano, recurso de hardware, recurso de software e artefato, dentre outros.</p> <p><i>Propriedade Medida:</i> propriedade da entidade medida quantificada pela medida. Exemplos: tamanho, custos, defeitos, esforço etc.</p> <p><i>Unidade de Medida:</i> unidade de medida em relação à qual a medida é medida. Exemplos: pessoa/mês, pontos de função, reais etc.</p>

DMS.1 Definição Operacional de uma Medida

Tipo de Escala: natureza dos valores que podem ser atribuídos à medida. Exemplos: escala nominal, escala intervalar, escala ordinal e escala taxa.

Valores da Escala: valores que podem ser atribuídos à medida. Exemplos: números reais positivos, {alto, médio, baixo} etc. Para medidas com escala do tipo absoluta ou taxa, ao determinar os valores da escala, é preciso identificar a precisão a ser considerada (0, 1 ou 2 casas decimais).

Intervalo esperado dos dados: limites de valores da escala definida de acordo com dados históricos ou com metas estabelecidas. Exemplo: [0, 10].

Procedimento de Medição: descrição do procedimento que deve ser realizado para coletar uma medida. A descrição do procedimento de medição deve ser clara, objetiva e não ambígua.

Fórmula de Cálculo de Medida: fórmula utilizada no procedimento de medição de medidas derivadas, para calcular o valor atribuído à medida considerando-se sua relação com outras medidas ou com outros valores. Exemplo: aderência ao cronograma = tempo real / tempo estimado.

Responsável pela Medição: papel desempenhado pelo recurso humano responsável pela coleta da medida. É importante que o responsável pela medição seja fonte direta das informações a serem fornecidas na medição. Exemplos: analista de sistemas, programador, gerente do projeto etc.

Momento da Medição: momento em que deve ser realizada a coleta e registro de dados para a medida. O momento da coleta deve ser uma atividade do processo definido para o projeto ou de um processo organizacional. Exemplos: na atividade Homologar Especificação de Requisitos, na atividade Realizar Testes de Unidade etc.

Periodicidade de Medição: frequência de coleta da medida. Exemplos: diária, mensal, uma vez por fase, uma vez por projeto, uma vez em cada ocorrência da atividade designada como momento da medição etc. É indispensável que haja coerência entre a periodicidade de medição e o momento de medição.

Procedimento de Análise: descrição do procedimento que deve ser realizado para representar e analisar os dados coletados para uma medida, incluindo, além do procedimento propriamente dito, as ferramentas analíticas que devem ser utilizadas (por exemplo: histograma, gráfico de controle XmR etc.). A descrição do procedimento de análise deve ser clara, objetiva e não ambígua. Um procedimento de análise de medição pode ser baseado em critérios de decisão (por exemplo, utilizando-se uma meta como referência) e, nesse caso, os critérios de decisão considerados (incluindo suas premissas e conclusões) devem ser claramente estabelecidos. Medidas que não são analisadas isoladamente não precisam ter procedimento de análise definido. Por exemplo: se a medida número de requisitos alterados só for submetida à análise quando utilizada na composição da medida taxa de alteração de requisitos, não há necessidade de definir seu procedimento de análise.

Momento da Análise de Medição: momento em que deve ser realizada a análise de dados coletados para a medida. O momento da análise deve ser uma atividade do processo definido para o projeto ou de um processo organizacional como, por exemplo, em atividades de monitoramento de projeto.

DMS.1 Definição Operacional de uma Medida	
	<p><i>Periodicidade da Análise:</i> frequência de análise de dados da medida. Exemplos: diária, mensal, uma vez por fase, uma vez por projeto, uma vez em cada ocorrência da atividade designada como momento da análise etc. É indispensável que haja coerência entre a periodicidade de análise de medição e o momento da análise de medição.</p> <p>Nota: o item AMS.1 trata da periodicidade da análise em detalhes.</p> <p><i>Responsável pela Análise:</i> papel desempenhado pelo recurso humano responsável pela análise da medida. É importante que o responsável pela análise de medição seja apto a aplicar o procedimento de análise e tenha conhecimento organizacional que propicie a correta interpretação dos dados e fornecimento de informações que apoiem as tomadas de decisão. Exemplos: gerente do projeto, gerente de qualidade etc.</p>
R2.	Estabelecer a definição operacional da medida de acordo com sua aplicação (ver item PMSAO.3).
R3.	Estabelecer, para as medidas identificadas nos níveis iniciais de maturidade, mas que poderão ser futuramente utilizadas no controle estatístico dos processos, definições operacionais que permitam desde os níveis iniciais, coleta e armazenamento frequente e adequado dos dados necessários à realização do controle estatístico de processos.
R4.	Para utilizar no controle estatístico de processos medidas identificadas nos níveis iniciais de maturidade, estabelecer novas definições operacionais voltadas para aplicação na análise de desempenho dos processos, incluindo, por exemplo, um procedimento de análise adequado, que utilize as técnicas do controle estatístico de processos.

Para tornar mais claro o entendimento das diferenças entre as definições operacionais de medidas de acordo com sua aplicação, na seção 4 são apresentados alguns exemplos de definições para a medida taxa de alteração de requisitos.

DMS.2 Nível de Granularidade de uma Medida	
Propósito	Orientar sobre o nível de granularidade requerido para uma medida de acordo com sua aplicação.
Fundamentação Teórica	<p>O nível de granularidade de uma medida é determinado por dois aspectos de sua definição operacional: a entidade à qual a medida é associada e sua periodicidade de medição.</p> <p>Se for considerado que uma medida é coletada uma vez em cada ocorrência da entidade à qual está associada, medidas associadas a entidades menores, como por exemplo, componentes de projeto ou de produto (módulos, artefatos, atividades ou tarefas) têm granularidade menor que as medidas associadas a entidades maiores, como um projeto (KITCHENHAM et al., 2001).</p> <p>Porém, uma medida pode não ser necessariamente coletada uma vez em cada ocorrência da entidade à qual está associada. A periodicidade de medição (estabelecida em sua definição operacional) determina a frequência na qual a medida deve ser coletada e registrada, influenciando diretamente no nível de granularidade e no número de valores coletados (FLORAC et al., 2000). É possível que uma medida associada a uma entidade que, normalmente, caracterizaria uma medida de alta granularidade, possa ter seu nível de granularidade reduzido ao ter sua periodicidade estabelecida. Por exemplo, a medida número de erros reportados pelo cliente pode ser associada à entidade projeto e ter periodicidade de coleta semanal, o que leva à coleta e registro de diversos valores para a medida ao invés de um único valor ao final do projeto.</p>
Recomendações	<p>R1. Definir o nível de granularidade da medida de acordo com sua aplicação. Medidas aplicadas no monitoramento e controle tradicionais, tipicamente, requerem um nível de granularidade maior que medidas aplicadas na análise de desempenho de processos, cujo nível de granularidade deve permitir o acompanhamento e controle diário dos projetos.</p>

DMS.2 Nível de Granularidade de uma Medida																	
	<p>Exemplo:</p> <p>A medida taxa de defeitos detectados nos projetos, aplicada no monitoramento e controle tradicionais e cuja análise consiste na comparação entre as taxas de defeitos dos projetos desenvolvidos, pode ter granularidade alta. Assim:</p> <table border="1"> <tr> <td>Medida</td> <td>Taxa de defeitos detectados nos projetos (razão entre o número de defeitos detectados no projeto e o tamanho do produto gerado no projeto).</td> </tr> <tr> <td>Aplicação</td> <td>Monitoramento e Controle Tradicionais.</td> </tr> <tr> <td>Entidade</td> <td>Projeto.</td> </tr> <tr> <td>Periodicidade de Medição</td> <td>Uma vez por projeto.</td> </tr> </table> <p>Por outro lado, a medida taxa de defeitos detectados, aplicada na análise de desempenho do processo de Inspeção, cuja análise inclui a utilização das técnicas do controle estatístico, deve ter baixa granularidade. Assim:</p> <table border="1"> <tr> <td>Medida</td> <td>Taxa de defeitos detectados (dada pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado).</td> </tr> <tr> <td>Aplicação</td> <td>Análise de Desempenho de Processos.</td> </tr> <tr> <td>Entidade</td> <td>Processo de Inspeção.</td> </tr> <tr> <td>Periodicidade de Medição</td> <td>Uma vez por inspeção. (aqui considera-se que o Processo de Inspeção é executado várias vezes em um mesmo projeto)</td> </tr> </table>	Medida	Taxa de defeitos detectados nos projetos (razão entre o número de defeitos detectados no projeto e o tamanho do produto gerado no projeto).	Aplicação	Monitoramento e Controle Tradicionais.	Entidade	Projeto.	Periodicidade de Medição	Uma vez por projeto.	Medida	Taxa de defeitos detectados (dada pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado).	Aplicação	Análise de Desempenho de Processos.	Entidade	Processo de Inspeção.	Periodicidade de Medição	Uma vez por inspeção. (aqui considera-se que o Processo de Inspeção é executado várias vezes em um mesmo projeto)
Medida	Taxa de defeitos detectados nos projetos (razão entre o número de defeitos detectados no projeto e o tamanho do produto gerado no projeto).																
Aplicação	Monitoramento e Controle Tradicionais.																
Entidade	Projeto.																
Periodicidade de Medição	Uma vez por projeto.																
Medida	Taxa de defeitos detectados (dada pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado).																
Aplicação	Análise de Desempenho de Processos.																
Entidade	Processo de Inspeção.																
Periodicidade de Medição	Uma vez por inspeção. (aqui considera-se que o Processo de Inspeção é executado várias vezes em um mesmo projeto)																
R2.	Selecionar para o controle estatístico processos que sejam executados várias vezes ao longo dos projetos, para que a coleta das medidas a eles associadas seja realizada um número maior de vezes em cada projeto.																

DMS.3 Normalização de uma Medida	
Propósito	Orientar a normalização de medidas, a fim de que possam ser analisadas e comparadas corretamente.
Fundamentação Teórica	<p>Algumas vezes, faz-se necessário normalizar uma medida para que seja possível realizar análises e comparações. Por exemplo, não é correto comparar o esforço despendido em projetos sem levar o tamanho desses projetos em consideração. Nesse caso, é preciso normalizar o esforço despendido pelo tamanho dos projetos, para que os dados possam ser analisados em conjunto ou comparados entre si (DUMKE et al., 2004; DUMKE et al., 2006; TARHAN e DEMIRORS, 2006; KITCHENHAM et al., 2007).</p> <p>A normalização equivocada de uma medida pode mudar o significado dos dados coletados e, conseqüentemente, levar a interpretações errôneas sobre o comportamento dos processos (KITCHENHAM et al., 2007).</p>
Recomendações	<p>R1. Definir as medidas necessárias para normalizar as medidas identificadas que são normalizáveis.</p> <p>Exemplo:</p> <p>Ao definir a medida número de defeitos detectados em uma Inspeção, a qual é uma medida normalizável, é necessário também definir a medida tamanho do produto inspecionado, caso contrário não será possível realizar análises e comparações entre o número de defeitos detectados em inspeções diferentes, que inspecionaram produtos de tamanhos diferentes.</p>
	<p>R2. Definir a medida normalizada.</p> <p>Exemplo:</p> <p>Definição da medida normalizada taxa de detecção de defeitos, dada pela razão entre as medidas número de defeitos detectados e tamanho do produto inspecionado.</p>
	<p>R3. Assegurar que as normalizações definidas estão conceitualmente corretas, ou seja, que as medidas utilizadas para produzir uma medida normalizada são realmente capazes de descrevê-la.</p> <p>Exemplo:</p> <p>Para a medida taxa de detecção de defeitos deve-se avaliar se é correto normalizar o número de defeitos detectados em uma inspeção pelo tamanho do produto inspecionado. Ou seja, se a taxa de detecção de defeitos pode, realmente, ser descrita pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado.</p>

DMS.4 Medidas Correlatas	
Propósito	Orientar a identificação de medidas correlatas às medidas identificadas, necessárias à composição das medidas, à análise dos dados coletados ou à investigação de causas de problemas ou comportamentos indesejados.
Fundamentação Teórica	<p>A definição das 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 variação no comportamento dos processos, auxiliando a identificação das ações corretivas adequadas (EICKELMANN e ANANT, 2003; CAIVANO, 2005).</p> <p>Exemplos de medidas correlatas são medidas que apresentam relações de causa e efeito (por exemplo: nível de experiência do programador influencia na produtividade), medidas utilizadas para compor outras (por exemplo: número de casos de uso alterados = número de casos de uso incluídos + número de casos de uso excluídos + número de casos de uso modificados) e medidas relacionadas a um mesmo objetivo do Plano de Medição.</p>
Recomendações	<p>R1. Identificar e definir adequadamente as medidas correlatas às medidas definidas, incluindo as medidas necessárias à sua composição e medidas úteis à análise dos dados coletados e à investigação de causas, como, por exemplo, medidas com relação de causa e efeito.</p> <p>Exemplo:</p> <p>Para a medida taxa de detecção de defeitos, podem ser definidas como medidas correlatas:</p> <p>Medidas utilizadas na composição da medida taxa de detecção de defeitos: número de defeitos detectados e tamanho do produto inspecionado.</p> <p>Medidas que podem apoiar a investigação de causas: tempo de preparação da inspeção, tempo da inspeção, esforço despendido na inspeção e número de pessoas da equipe de inspeção.</p> <p>Medidas que podem apoiar a análise da taxa de detecção de defeitos: número de defeitos não detectados (é possível que a taxa de detecção de defeitos de duas inspeções distintas sejam aparentemente aderentes ao desempenho esperado para o processo de inspeção considerando-se essa medida. No entanto, ao analisar o número de defeitos não detectados nessas duas inspeções, é possível identificar que, apesar de aparentemente apresentar desempenho satisfatório, em uma das inspeções o número de defeitos não detectados é alto, sendo necessárias investigações e ações corretivas).</p>

DMS.5 Critérios para Agrupamento dos Dados de uma Medida	
Propósito	Orientar a identificação de critérios para realização de agrupamento dos dados coletados para uma medida.
Fundamentação Teórica	<p>Os dados coletados para as medidas são agrupados em conjuntos para serem submetidos à análise. O agrupamento dos dados coletados deve ser realizado buscando-se compor grupos de dados que caracterizem populações³. Para isso, é necessário definir os critérios que devem ser considerados para que os dados coletados para uma determinada medida componham grupos adequados para a análise estatística (BALDASSARE et al., 2006).</p> <p>³ Uma população é o conjunto de todos os elementos ou resultados sob investigação que compartilham uma ou mais características (BUSSAB e MORETTIN, 2006 apud FÁVERO et al., 2009). Exemplos: o conjunto de pessoas com mais de 60 anos que moram em um determinado bairro e o conjunto de dados coletados para uma medida nos projetos de uma organização desenvolvidos para órgãos públicos.</p>
Recomendações	R1. Definir um conjunto de critérios para agrupar os dados das medidas, de forma que os conjuntos de dados obtidos caracterizem populações. A caracterização estabelecida para os projetos e o mecanismo de similaridade identificado podem ser utilizados no agrupamento dos dados para análise e comparação das medidas.
	<p>R2. Caso a caracterização dos projetos ou o mecanismo de similaridade sejam muito superficiais e não seja possível ou apropriado alterá-los, definir um conjunto refinado de critérios para determinar o agrupamento dos dados coletados para uma medida específica ou para um grupo de medidas.</p> <p>Exemplo:</p> <p>Uma organização pode definir um conjunto de critérios mais rigoroso a ser utilizado apenas na análise das medidas aplicadas no controle estatístico de processos.</p>

3.4 Recomendações para Execução da Medição de Software

Uma vez realizados o planejamento da medição e a definição detalhada das medidas, e estando essas informações devidamente registradas no Plano de Medição e armazenadas na base de medidas, medições podem ser executadas. A execução de medições consiste na coleta e armazenamento de dados para as medidas definidas. A seguir são apresentadas as recomendações para a realização de medições.

EMS.1 Realização de Medições Consistentes		
Propósito	Orientar a realização da coleta de dados de forma consistente.	
Fundamentação Teórica	Para que a análise das medidas coletadas seja adequada, é importante que os dados sejam coletados de forma consistente, a fim de que sejam obtidos grupos de dados homogêneos. A homogeneidade dos dados coletados está diretamente relacionada à repetitividade da coleta. Sendo assim, as medições devem ser conduzidas no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos e seguindo o mesmo procedimento de medição (KITCHENHAM et al., 2001; SCHNEIDEWIND, 2007).	
Recomendações	R1.	Executar as medições de acordo com a definição operacional das medidas.
	R2.	Realizar as medições sob as mesmas condições e, quando forem realizadas medições sob condições não usuais, realizar o registro dessas condições. Nota: O registro das condições da coleta é tratado no item EMS.3.
	R3.	Realizar a coleta automática das medidas, sempre que possível.

EMS.2 Validação dos Dados Coletados para as Medidas	
Propósito	Orientar a validação dos dados coletados a fim de garantir que estejam corretos e precisos.
Fundamentação Teórica	Dados corretos e precisos embasam análises capazes de gerar conclusões úteis e verdadeiras sobre o comportamento dos processos. No entanto, a coleta e o armazenamento de dados inválidos podem comprometer a confiabilidade das análises. Geralmente, dados inválidos são resultado de definições operacionais fracas ou da ausência de mecanismos de validação dos dados antes de seu armazenamento. Sendo assim, definições operacionais completas e precisas devem ser estabelecidas para as medidas e, antes de serem armazenados, os dados coletados devem ser validados (MESSNARZ e TULLY, 1999; KITCHENHAM et al., 2001).
Recomendações	R1. Realizar a validação dos dados assim que forem coletados, realizando uma comparação entre o valor medido e a especificação da definição operacional da medida e avaliando a coerência do valor medido em relação à entidade medida, à propriedade medida e ao contexto da medição.
	R2. Para medidas normalizadas, avaliar se os valores coletados para as medidas utilizadas na normalização são referentes ao mesmo contexto de medição. Exemplo: Ao ser atribuído um valor para a medida taxa de detecção de defeitos, dada pela razão entre as medidas número de defeitos detectados e tamanho do produto inspecionado é preciso avaliar se o número de defeitos detectados e o tamanho do produto inspecionado referem-se à mesma inspeção.
	R3. Validar e armazenar os dados individuais utilizados na composição e normalização de medidas.

EMS.3 Registro do Contexto da Medição																	
Propósito	Orientar sobre as informações que devem ser registradas a fim de caracterizar o contexto no qual a medição foi realizada.																
Fundamentação Teórica	<p>A análise do comportamento de um processo deve considerar, além dos dados coletados para a medida, o contexto dos projetos e a dinâmica em que os processos foram executados (TARHAN e DEMIRORS, 2006).</p> <p>A caracterização dos projetos é capaz de fornecer as principais informações de contexto das medições realizadas. No entanto, também é necessário registrar as condições em que as medições foram realizadas, pois elas influenciam na análise, agrupamento e comparação dos valores coletados para as medidas (CARD et al., 2008).</p>																
Recomendações	<p>R1. Registrar para cada valor coletado as seguintes informações: momento em que a medição foi realizada (atividade em que a medição foi realizada e data da medição), executor da medição (seu papel no momento da medição também deve ser conhecido), processo no qual a medição foi realizada, projeto no qual a medição foi realizada, características do projeto no qual a medida foi coletada e condições da medição (dados sobre a execução do processo no momento da coleta).</p> <p>Exemplo:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Medida</td> <td>Número de requisitos alterados</td> </tr> <tr> <td>Valor Coletado</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Momento de Medição</td> <td>Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos (em 14/08/2009)</td> </tr> <tr> <td>Executor da Medição</td> <td>Maria dos Santos (Analista de Sistemas)</td> </tr> <tr> <td>Processo</td> <td>Gerência de Requisitos</td> </tr> <tr> <td>Projeto</td> <td>PD1</td> </tr> <tr> <td>Características do Projeto</td> <td><<Obtidas a partir dos critérios de caracterização do projeto PD1>></td> </tr> <tr> <td>Condições da Medição</td> <td>A medida foi coletada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo software em desenvolvimento no projeto, tendo essa alteração levado à modificação de vários requisitos.</td> </tr> </tbody> </table>	Medida	Número de requisitos alterados	Valor Coletado	12	Momento de Medição	Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos (em 14/08/2009)	Executor da Medição	Maria dos Santos (Analista de Sistemas)	Processo	Gerência de Requisitos	Projeto	PD1	Características do Projeto	<<Obtidas a partir dos critérios de caracterização do projeto PD1>>	Condições da Medição	A medida foi coletada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo software em desenvolvimento no projeto, tendo essa alteração levado à modificação de vários requisitos.
Medida	Número de requisitos alterados																
Valor Coletado	12																
Momento de Medição	Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos (em 14/08/2009)																
Executor da Medição	Maria dos Santos (Analista de Sistemas)																
Processo	Gerência de Requisitos																
Projeto	PD1																
Características do Projeto	<<Obtidas a partir dos critérios de caracterização do projeto PD1>>																
Condições da Medição	A medida foi coletada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo software em desenvolvimento no projeto, tendo essa alteração levado à modificação de vários requisitos.																

3.5 Recomendações para Análise das Medições de Software

A análise dos dados coletados para as medidas fornece os resultados que atendem as necessidades de informação identificadas no Plano de Medição. Esses resultados apoiam a tomada de decisões e a identificação de ações corretivas e de melhoria. A seguir são apresentadas as recomendações para realização da análise das medições.

AMS.1 Periodicidade da Análise das Medições		
Propósito		Orientar a periodicidade em que a análise dos dados coletados para as medidas deve ser realizada.
Fundamentação Teórica		<p>A análise das medidas coletadas deve ser realizada de acordo com o planejamento dos projetos e dos processos organizacionais, onde devem ser estabelecidos os momentos em que a atividade de análise dos dados coletados nas medições deve ser realizada, os quais são determinados de acordo com os objetivos de medição da organização e dos projetos. Geralmente, essa atividade é realizada em pontos e marcos de controle dos projetos, mas também pode ser realizada em momentos intermediários a esses, como por exemplo, em atividades de monitoramento periódico (PARK et al., 1996).</p> <p>A aplicação do controle estatístico dos processos na análise do desempenho dos processos em um projeto requer que as ações corretivas sejam identificadas e executadas ainda no contexto desse projeto. Para isso, a análise dos dados coletados deve ser a mais frequente possível, sendo, inclusive, algumas vezes, realizada em monitoramentos diários.</p>
Recomendações	R1.	<p>Determinar a periodicidade da análise dos dados coletados para as medidas de acordo com os objetivos de medição aos quais as medidas estão associadas.</p> <p>Exemplo:</p> <p>Uma organização com o Objetivo de Monitoração e Controle de Projetos “Diminuir o retrabalho nos projetos” pode realizar a análise da medida quantidade de retrabalho (por fase) mensalmente, considerando os dados coletados para os projetos com fases concluídas. Assim, mensalmente, a quantidade de retrabalho nas fases dos projetos é analisada e, caso um ou mais projetos apresentem quantidade de retrabalho insatisfatória, é conduzida a investigação de suas possíveis causas. Por outro lado, uma organização com o Objetivo de Análise de Desempenho de Processo “Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos” deve realizar a análise da medida taxa de alteração dos requisitos frequentemente nos projetos (por exemplo, após cada aprovação de alteração de requisitos), para que seja possível identificar um comportamento indesejado do processo em um projeto e realizar as ações corretivas ainda no projeto em questão.</p>

AMS.2 Agrupamento de Dados para Análise	
Propósito	Orientar sobre critérios que devem ser levados em consideração para a criação dos grupos de dados que serão analisados.
Fundamentação Teórica	<p>O controle estatístico dos processos requer que sejam identificados agrupamentos de dados para análise que sejam capazes de descrever o desempenho dos processos. Nesse contexto, ao definir um grupo de dados para análise, é preciso certificar-se de que ele representa uma população (ou uma amostra⁴ representativa da população) que pode ser descrita e analisada (BALDASSARE et al., 2006; BOFFOLI, 2006; KITCHENHAM et al., 2007). Quanto mais restrita for a população (ou a amostra), ou, em outras palavras, quanto maior for o número de características específicas comuns a seus membros, maior é a tendência à homogeneidade.</p> <p>⁴ Uma amostra é um subconjunto de uma população (BUSSAB e MORETTIN, 2006 apud FÁVERO et al., 2009). Exemplos: o subconjunto das pessoas com mais de 60 anos que moram em um determinado bairro e que são do sexo feminino e o conjunto de dados coletados para uma medida em projetos de uma organização desenvolvidos para órgãos públicos federais.</p>
Recomendações	R1. Realizar o agrupamento dos dados de uma medida para análise considerando: os critérios para agrupamento definidos para a medida (item DMS.5), a caracterização dos projetos, o contexto de medição e as condições de medição dos dados coletados para a medida.
	<p>R2. Refinar o agrupamento dos dados de uma medida considerando dados coletados para suas medidas correlatas.</p> <p>Exemplo:</p> <p>Os dados coletados sob as mesmas condições e contexto para a medida densidade de defeitos podem compor um único conjunto de dados para análise. Porém, se forem considerados os dados coletados para uma de suas medidas correlatas (tempo de preparação da inspeção) e supondo-se que estes apresentam uma diferença significativa, sendo possível identificar dois agrupamentos distintos (um com dados que caracterizam pouco tempo de preparação das inspeções e outro com dados que caracterizam muito tempo de preparação das inspeções), torna-se mais adequado subdividir o agrupamento de dados coletados para a medida densidade de defeitos de acordo com o valor do tempo de preparação da inspeção onde a medida foi coletada.</p>

AMS.3 Volume de Dados Coletados	
Propósito	Orientar sobre o volume de dados necessário para a utilização de uma medida no controle estatístico de processos.
Fundamentação Teórica	<p>Em relação ao volume de dados, para o controle estatístico de processos, é necessário que haja, pelo menos, vinte valores coletados para a medida a ser analisada inicialmente e para que possa ser estabelecida uma baseline (TARHAN e DEMIRORS, 2006). A redefinição de uma baseline, por sua vez, exige que haja pelo menos 8 novos valores coletados⁵(PARK et al., 1996; DUMKE et al., 2004).</p> <p>No entanto, ao analisar o volume de dados coletados, é necessário também observar o volume de dados perdidos (dados que foram coletados, mas, por motivos relacionados ao gerenciamento de dados, foram perdidos ou dados que não foram coletados).</p> <p>Considerando-se a análise tradicional dos dados coletados para as medidas (para fins de monitoração e controle tradicionais), a ausência de alguns valores pode não afetar significativamente o resultado da análise. Porém, para o controle estatístico de processos, uma vez que aspectos temporais são relevantes, a ausência de alguns dados pode levar à representação de um comportamento completamente diferente do comportamento real de um processo (FLORAC e CARLETON, 1999).</p> <p>⁵ O estabelecimento de baselines é tratado no item AMS.4.</p>
Recomendações	R1. Avaliar o volume de dados coletados para uma medida e investigar se há dados perdidos e qual é o impacto de realizar a análise sem eles.
	R2. Utilizar mecanismos (automatizados ou não) para verificar se os dados correspondentes às medidas que devem ser coletadas em uma atividade específica estão armazenados quando a atividade é concluída, a fim de diminuir a possibilidade de que dados não sejam coletados.

AMS.4 Identificação de Baseline de Desempenho de Processo											
Propósito	Orientar o estabelecimento e manutenção de baselines de desempenho de processos.										
Fundamentação Teórica	<p>A análise de dados de medidas que descrevem o desempenho de processos e que estão relacionadas a objetivos de medição de Análise de Desempenho de Processos pode levar à identificação de uma baseline de desempenho de processo (BARCELLOS et al., 2009).</p> <p>A baseline de desempenho de um processo é chamada de voz do processo e descreve seu desempenho na organização considerando-se os dados coletados para uma determinada medida durante a execução do processo nos projetos. É estabelecida quando o comportamento de um processo torna-se estável, ou seja, quando todos os valores coletados para a medida em análise encontram-se dentro de limites de controle estatisticamente calculados. Esses limites de controle são, então, identificados como a baseline de desempenho do processo e assim, descrevem seu desempenho (PARK et al., 1996).</p> <p>A baseline de desempenho de um processo deve ser estabelecida de acordo com o contexto de execução do processo no qual os dados considerados no estabelecimento da baseline foram coletados. Assim, um mesmo processo pode possuir mais de uma baseline de desempenho identificada em relação a uma mesma medida, uma vez que podem (e devem) ser considerados contextos distintos de execução desse processo (CHRISSIS et al., 2006).</p>										
Recomendações	<p>R1. Estabelecer a baseline de desempenho de um processo de acordo com o contexto de execução do processo no qual os dados considerados na obtenção da baseline foram coletados.</p> <p>R2. Registrar as seguintes informações de contexto para uma baseline: medida considerada, processo ao qual a baseline pertence, limites de controle que caracterizam a baseline, valores medidos que foram utilizados para produzir a baseline, pessoa que realizou o registro da baseline, características dos projetos cujos dados foram considerados para estabelecer a baseline e informações adicionais para detalhar as condições sob as quais a baseline foi estabelecida.</p> <p>Exemplo:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Medida</td> <td>Taxa de Alteração de Requisitos</td> </tr> <tr> <td>Processo</td> <td>Gerência de Requisitos</td> </tr> <tr> <td>Baseline de Desempenho de Processo</td> <td>Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,16</td> </tr> <tr> <td>Identificada por</td> <td>João da Silva</td> </tr> <tr> <td>Informações de contexto</td> <td>Primeira baseline estabelecida para o processo de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo executado em 6 projetos pequenos (PD1, PD2, PD3, PD4, PD5 e PD6), cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional.</td> </tr> </tbody> </table> <p>⁶ Os limites de controle são calculados estatisticamente considerando-se um conjunto de dados coletados para a medida. Nesse caso, os valores apresentados são fictícios.</p>	Medida	Taxa de Alteração de Requisitos	Processo	Gerência de Requisitos	Baseline de Desempenho de Processo	Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,16	Identificada por	João da Silva	Informações de contexto	Primeira baseline estabelecida para o processo de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo executado em 6 projetos pequenos (PD1, PD2, PD3, PD4, PD5 e PD6), cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional.
Medida	Taxa de Alteração de Requisitos										
Processo	Gerência de Requisitos										
Baseline de Desempenho de Processo	Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,16										
Identificada por	João da Silva										
Informações de contexto	Primeira baseline estabelecida para o processo de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo executado em 6 projetos pequenos (PD1, PD2, PD3, PD4, PD5 e PD6), cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional.										

AMS.4 Identificação de Baseline de Desempenho de Processo		
	R3.	Redefinir a baseline de desempenho quando o processo ao qual se refere for alterado ou quando os dados coletados para a medida nos projetos apresentarem uma mudança significativa no comportamento do processo (por exemplo, uma diminuição de sua variação, o que levaria à diminuição dos limites de controle da baseline). A redefinição de uma baseline deve considerar, pelo menos, 8 novos dados coletados para a medida, para que seja caracterizada uma mudança no comportamento do processo.

AMS.5 Determinação da Capacidade de um Processo											
Propósito	Orientar a determinação da capacidade de um processo.										
Fundamentação Teórica	<p>Uma vez que uma baseline de desempenho de processo seja identificada, a capacidade do processo pode ser analisada. A capacidade descreve os limites de resultados que se espera que o processo alcance para atingir os objetivos para ele estabelecidos. Esses limites são conhecidos como limites de especificação ou voz do cliente.</p> <p>A capacidade de um processo é calculada comparando-se os limites da baseline de desempenho e os limites de especificação do processo. Um processo capaz possui os limites da baseline iguais ou internos aos limites de especificação (FLORAC e CARLETON, 1999).</p>										
Recomendações	<p>R1. Estabelecer a capacidade de um processo considerando sua baseline de desempenho e os limites de especificação para ele definidos, em relação a uma medida específica.</p>										
	<p>R2. Registrar as seguintes informações para a capacidade de um processo: o valor da capacidade, o processo para o qual a capacidade foi determinada, a medida considerada, a baseline de desempenho utilizada e os limites de especificação considerados.</p> <p>Exemplo:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Medida</th> <th>Taxa de Alteração de Requisitos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Processo</td> <td>Gerência de Requisitos</td> </tr> <tr> <td>Baseline de Desempenho de Processo Considerada</td> <td>Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,1</td> </tr> <tr> <td>Limites de Especificação</td> <td>Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,0</td> </tr> <tr> <td>Índice de Capacidade</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nesse exemplo, a capacidade do processo foi determinada pelo índice de capacidade, dado por $C_p = (LS_b - LI_b)/(LS_e - LI_e)$, onde C_p = Índice de Capacidade, LS_b = Limite Superior da Baseline de Desempenho, LI_b = Limite Inferior da Baseline de Desempenho, LS_e = Limite Superior de Especificação, LI_e = Limite Inferior de Especificação. Nesse caso, C_p menor ou igual a 1 indica um processo capaz e C_p maior que 1 indica um processo não capaz.</p>	Medida	Taxa de Alteração de Requisitos	Processo	Gerência de Requisitos	Baseline de Desempenho de Processo Considerada	Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,1	Limites de Especificação	Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,0	Índice de Capacidade	0,5
	Medida	Taxa de Alteração de Requisitos									
Processo	Gerência de Requisitos										
Baseline de Desempenho de Processo Considerada	Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,1										
Limites de Especificação	Limite Superior = 0,2 Limite Inferior = 0,0										
Índice de Capacidade	0,5										
<p>R3. Rever a capacidade de um processo quando houver mudança na baseline de desempenho do processo ou nos limites de especificação estabelecidos.</p>											

4. Exemplo de Definição de Medida de Software

Para melhor entendimento dos aspectos abordados pelas Recomendações para Definição de Medidas de Software, apresentadas na seção 3.3, a seguir são apresentadas, como exemplo, definições para a medida taxa de alteração dos requisitos. No exemplo, considera-se que a medida tenha sido identificada em níveis iniciais de maturidade de uma organização que vislumbrou sua utilização futura no controle estatístico de processos, sendo, assim, requerido que a definição da medida seja capaz de orientar a coleta e o armazenamento de dados que sejam úteis posteriormente.

Conforme discutido nas recomendações, nos níveis iniciais de maturidade, a medida é aplicada no monitoramento e controle tradicionais e, quando a organização iniciar a utilização do controle estatístico de processos, a medida passa a ser aplicada na análise de desempenho de processos. Dessa forma, inicialmente, deve ser estabelecida uma definição operacional para a medida e, quando ela passar a ser aplicada na análise de desempenho, uma nova definição operacional deve ser elaborada.

Na Tabela 1 é apresentada a definição da medida, incluindo sua definição operacional inicial. Em seguida, na Tabela 2 é apresentada a definição operacional da medida para aplicação na análise de desempenho de processos. As diferenças entre as definições apresentadas aparecem em destaque na Tabela 2.

Tabela 1 - Definição inicial da medida taxa de alteração de requisitos.

Informação	Exemplo
Nome da Medida	Taxa de Alteração de Requisitos
Definição	Medida utilizada para quantificar a taxa de alteração de requisitos, tomando-se como base o número de requisitos registrados na Especificação de Requisitos do Projeto homologada junto ao cliente.
Mnemônico	TAR
Tipo de Medida	Medida Derivada
Tipo de Entidade	Artefato Especificação de Requisitos do Projeto
Propriedade	Estabilidade dos Requisitos
Unidade de Medida	-
Tipo de Escala	Escala Taxa
Valor de Escala	Números reais positivos compreendidos entre 0 e 1, incluindo-se esses valores e utilizando-se precisão de duas casas decimais.
Intervalo Esperado dos Dados	[0, 0.3]
Fórmula de Cálculo de Medida	$Taxa\ de\ Alteração\ de\ Requisitos = \frac{Número\ de\ Requisitos\ Alterados^1}{Número\ Requisitos\ Homologados}$

¹ No exemplo, assume-se que a medida número de requisitos alterados é coletada e armazenada uma vez em cada ocorrência da atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos, que é uma atividade na qual solicitações de mudança de requisitos são avaliadas e aprovadas ou não. A coleta da medida ocorre quando há aprovação de mudança de requisitos.

Informação	Exemplo
Procedimento de Medição	Calcular a taxa de alteração de requisitos no período. A taxa de alteração de requisitos no período equivale à razão entre o número de requisitos homologados com alteração aprovada no período e o número de requisitos homologados para o projeto.
Momento da Medição	Atividade Registrar Dados para Monitoramento do Projeto
Periodicidade de Medição	Mensal ²
Responsável pela Medição	Gerente do Projeto
Procedimento de Análise de Medição	Representar em um gráfico de barras os dados coletados para a medida nos projetos da organização. Analisar se há projetos cuja taxa de alteração de requisitos destoa significativamente das demais ou de um valor previamente estabelecido pela organização. Em caso afirmativo, conduzir investigação de causas para que, identificadas as causas, sejam determinadas as ações corretivas necessárias, quando pertinente.
Momento da Análise de	Atividade Analisar Dados de Monitoramento dos Projetos
Periodicidade de Análise de	Mensal
Responsável pela Análise	Gerente de Qualidade
Medidas Correlatas	Número de Requisitos Alterados, Número de Requisitos Homologados, Número de Requisitos de Análise Alterados, Número de Requisitos de Projeto Alterados.
Aplicação	Monitoramento e Controle Tradicionais.
Crterios de Agrupamento	Utilizar critérios da caracterização definidos para os projetos e o mecanismo de identificação de similaridade estabelecido pela organização.

Tabela 2 - Definição da medida taxa de alteração de requisitos para aplicação na Análise de Desempenho dos Processos.

Informação	Exemplo
Nome da Medida	Taxa de Alteração de Requisitos
Definição	Medida utilizada para quantificar a taxa de alteração de requisitos, tomando-se como base o número de requisitos registrados na Especificação de Requisitos do Projeto homologada junto ao cliente.
Mnemônico	TAR
Tipo de Medida	Medida Derivada
Entidade	Especificação de Requisitos do Projeto
Propriedade	Estabilidade dos Requisitos
Unidade de Medida	-
Tipo de Escala	Escala Taxa
Valor de Escala	Números reais positivos compreendidos entre 0 e 1, incluindo-se esses valores e utilizando-se precisão de duas casas decimais.

² Para atender aos requisitos dos níveis iniciais de maturidade, calcular a taxa de alteração de requisitos com periodicidade mensal é suficiente e, uma vez que os dados necessários à obtenção da taxa de alteração de requisitos com granularidade menor são coletados e registrados em granularidade adequada (através da medida número de requisitos alterados), sua utilização futura no controle estatístico dos processos torna-se possível.

Informação	Exemplo
Intervalo Esperado dos Dados	[0, 0.3]
Fórmula de Cálculo de Medida	Taxa de Alteração de Requisitos = Número de Requisitos Alterados / Número Requisitos Homologados
Procedimento de Medição	Calcular a taxa de alteração de requisitos que equivale à razão entre o número de requisitos homologados com alteração aprovada na ocorrência da atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos e o número de requisitos homologados para o projeto.
Momento da Medição	Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos
Periodicidade	Uma vez em cada ocorrência da atividade
Responsável pela Medição	Gerente do Projeto
Procedimento de Análise de Medição	Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida nos projetos. Obter os limites de controle do processo e analisar o comportamento do processo: Se os valores coletados para a medida encontrarem-se dentro dos limites de controle, então o desempenho do processo é estável e uma baseline de desempenho de processo pode ser estabelecida. Se os valores coletados para a medida encontram-se fora dos limites de controle o comportamento do processo é instável. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo, identificar ações corretivas e executá-las.
Momento da Análise de Medição	Atividade Analisar Desempenho dos Processos Críticos
Periodicidade de Análise de Medição	Uma vez em cada ocorrência da atividade
Responsável pela Análise	Gerente de Qualidade

É importante perceber que uma medida pode, ainda, ter mais de uma definição operacional para um mesmo tipo de objetivo. Por exemplo, a medida taxa de alteração de requisitos, para ser aplicada na análise de desempenho de processos, especificamente no contexto da gerência quantitativa dos projetos, poderia possuir uma definição operacional conforme a descrita na Tabela A3. Estão em destaque na Tabela A3 as informações da definição operacional da medida que diferem da definição operacional apresentada na Tabela 2.

Tabela 3 - Definição da medida taxa de alteração de requisitos com aplicação na Análise de Desempenho de Processos, especificamente no contexto da gerência quantitativa de projetos.

Informação	Exemplo
Nome da Medida	Taxa de Alteração de Requisitos
Definição	Medida utilizada para quantificar a taxa de alteração de requisitos, tomando-se como base o número de requisitos registrados na Especificação de Requisitos do Projeto homologada junto ao cliente.
Mnemônico	TAR
Tipo de Medida	Medida Derivada
Entidade	Especificação de Requisitos do Projeto
Propriedade	Estabilidade dos Requisitos
Unidade de Medida	-
Tipo de Escala	Escala Taxa
Valor de Escala	Números reais positivos compreendidos entre 0 e 1, incluindo-se esses valores e utilizando-se precisão de duas casas decimais.
Intervalo Esperado dos Dados	<<limites estabelecidos pela baseline de desempenho do processo>>
Fórmula de Cálculo de Medida	Taxa de Alteração de Requisitos = Número de Requisitos Alterados / Número Requisitos Homologados
Procedimento de Medição	Calcular a taxa de alteração de requisitos que equivale à razão entre o número de requisitos homologados com alteração aprovada na ocorrência da atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos e o número de requisitos homologados para o projeto.
Momento da Medição	Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos
Periodicidade	Uma vez em cada ocorrência da atividade.
Responsável pela Medição	Gerente do Projeto
Procedimento de Análise de Medição	<p>Representar em um gráfico de controle os valores medidos para a medida no projeto em análise.</p> <p>Analisar o desempenho do processo (Gerência de Requisitos) 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.</p> <p>Se os valores coletados para a medida no projeto encontrarem-se dentro dos 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.</p> <p>Se há valores coletados para a medida no projeto que encontram-se fora dos 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.</p>
Momento da Análise de Medição	Atividade Analisar Dados de Monitoramento do Projeto

Informação	Exemplo
Periodicidade de Análise de Medição	Uma vez em cada ocorrência da atividade
Responsável pela Análise	Gerente do Projeto

Referências

- BALDASSARE, M. T., CAIVANO, D., VISAGGIO, C. A., 2006, "Non Invasive Monitoring of a Distributed Maintenance Process", In: Proceedings of the Instrumentation and Measurement Technology Conference, Sorrento, pp. 1098-1103.
- BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R. C., 2008a, "Avaliação de Bases de Medidas considerando sua Aplicabilidade ao Controle Estatístico de Processos de Software", In: Anais do VII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'08), Florianópolis – SC.
- BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R. C., 2008b, "Uma Abordagem de Apoio à Realização de Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade", In: Anais da XXXIV Conferência Latinoamericana de Informática (CLEI'08), Santa Fé - Argentina.
- Barcellos, M. P., 2009. Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos em Organizações de Alta Maturidade. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Barcellos, M. P., Falbo, R. A., Rocha, A. R., 2013, "A Strategy for Preparing Software Organizations for Statistical Process Control". Journal of the Brazilian Computer Society, 2013(19): 445–473.
- BASILI, V. R., ROMBACH, H. D., CALDIERA, G., 1994, Goal Question Metric Paradigm, Encyclopedia of Software Engineering, 2 Volume Set, John Wiley & Sons, Inc.
- BOFFOLI, N., 2006, "Non-Intrusive Monitoring of Software Quality", In: Proceedings of 10th European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR'06), Bari - Italy, pp. 319-322.
- BOYD, J. A., 2005, "The Evolution of Goal-based Information Modelling: Literature Review", In: Proceedings of the Aslib - New Information Perspectives, v. 57, n. 6, pp. 523-538.
- BRIMSON, J. A., 2004, "Stop Cane Dancing and Integrate Statistical Process Control (SPC) into your Process Based Management System", Measurement Business Excellence, v. 8, n. 2, pp. 15-22.
- CAIVANO, D., 2005, "Continuous Process Improvement Through Statistical Process Control", In: Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering, pp. 288-293.
- CARD, C. N., 2005, "Defect Analysis: Basic Techniques for Management and Learning", Advances in Computers, v. 65, pp. 259-295.
- Card, D. N., Domzalski, K., Davies, G., 2008, "Making Statistics Part of Decision Making in an Engineering Organization". IEEE Software, 25(3): 37-47.
- CHRISISS, M. B., KONRAD, M., SHRUM, S., 2006, CMMI (Second Edition): Guidelines for Process Integration and Product Improvement, Addison-Wesley.

- Dumke, R., Côté, I., Andruschak, O. T., 2004, Statistical Process Control (SPC) - A Metric-based Point of View of Software Processes Achieving the CMMI Level Four, Technical Report, Dept. of Computer Science, University of Magdeburg, Germany.
- DUMKE, R. R., BRAUNGARTEN, R., BLAZEY, M., HEGEWALD, H., REITZ, D., DRICHTER, K., 2006, Software Process Measurement and Control - A Measurement-based Point of View of Software Processes, Technical Report, Dept. of Computer Science, University of Magdeburg, Germany.
- EICKELMANN, N., ANANT, A., 2003, "Statistical Process Control: What You Don't Measure Can Hurt You", IEEE Software, v. 20, n. 2, pp. 40-51.
- Florac, W. A., Carleton, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement. Addison Wesley, Boston, USA.
- FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., BARNARD, J. R., 2000, "Statistical Process Control: Analyzing a Space Shuttle Onboard Software Process", IEEE Software, v. 17, n. 4, pp. 97-106.
- GARCÍA, F., SERRANO, M., CRUZ-LEMONS, J., RUIZ, F., PIATTINI, M., 2007, "Managing Software Process Measurement: A Metamodel-Based Approach", Information Sciences, v. 177, n. 12, pp. 2570-2586.
- KITCHENHAM, B., HUGHES, R. T., LINKMAN, S. G., 2001, "Modeling Software Measurement Data", IEEE Transactions on Software Engineering, v. 27, n. 9, pp. 788-804.
- KITCHENHAM, B., JEFFERY, D. R., CONNAUGHTON, C., 2007, "Misleading Metrics and Unsound Analyses", IEEE Software, v. 24, n. 2, pp. 73 - 78.
- KITCHENHAM, B., KUTAY, C., JEFFERY, R., CONNAUGHTON, C., 2006, "Lessons Learnet from the Analysis of Large-scale Corporate Databases", In: Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering – ICSE'06, Shanghai, China, pp. 439-444.
- LEWIS, N. D. C., 1999, "Assessing the Evidence from use of SPC in Monitoring, Predicting & Improving Software Quality", Computers and Industrial Engineering, v. 37, n. 1, pp. 157-160.
- McGARRY, J., CARD, D., JONES, C., LAYMAN, B., CLARK, E., DEAN, J., HALL, F., 2002, Pratical Software Measurement: Objetive Information for Decision Makers, Addison Wesley, Boston, USA.
- MESSNARZ, R., TULLY, C. J., 1999, Better Software Practice for Business Benefit : Principles and Experience, International Software Collaborative Network, Los Alamitos, Calif., Wiley-IEEE Computer Society Pr; 1st edition.
- OFFEN, R., JEFFEREY, R., 1997, "Establishing Software Measurement Programs", IEEE Software, v. 14, n. 2, pp. 45-53.
- PARK, R. E., GOETHER, W. B., FLORAC, W. A., 1996, Goal-Driven Software Measurement – A Guidebook, SEI – Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- PFLEEGER, S. L., 1993, "Lessons Learned in Building a Corporate Metrics Program", IEEE Software, v. 10, n. 3, pp. 67-74.

- Rocha, A. R., Santos, G., Barcellos, M. P., 2012, Medição de Software e Controle Estatístico de Processos. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), SEPIN/PBQP Software - Brasília - DF, Brasil.
- SARGUT, K. U., DEMIRORS, O., 2006, "Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions", Software Quality Journal, v. 14, n. 5, pp. 135-157.
- SCHNEIDEWIND, N. F., 2002, "Body of Knowledge for Software Quality Measurement", IEEE Computer, v. 35, n. 2, pp. 77-83.
- SEI, 2010, CMMI for Development Version 1.3. Pittsburgh, USA.
- SOFTEX, 2012, MPS.BR: Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia Geral : 2012, Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr>.
- Takara, A., Bettin, A. X., Toledo, C. M. T., 2007, 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 2007, IEEE Computer Society 91-99.
- TARHAN, A., DEMIRORS, O., 2006, "Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control", Lecture Notes in Computer Science, v. 4257, pp. 88-99.
- Tarhan, A., Demirors, O., 2012, "Apply Quantitative Management Now". IEEE Software 29 (3) , art. no. 5963630 , pp. 77-85
- Wang, Q., Li, M., 2005, Measuring and Improving Software Process in China. International Symposium on Empirical Software Engineering - ISESE 2005, Hoosah Head, Australia: 183-192.
- Wheeler, D. J., Chambers, D. S., 1992, Understanding Statistical Process Control. 2nd ed., Knoxville - SPC Press.