

Métricas e Qualidade de Software

Marcio P. Machado, Sotério F. Souza

Mestrado em Informática

Departamento de Informática – Universidade Federal do Espírito Santo

1 Introdução

Nos últimos anos, empresas têm buscado certificações ISO ou CMM como meio de comprovar a qualidade no seu processo de desenvolvimento de software e, desta maneira, se tornarem competitivas em um mercado cada vez mais exigente. Com isso, torna-se de grande importância o desenvolvimento de métodos e técnicas que permitam uma avaliação abrangente da qualidade dos processos e dos produtos de software, para garantir que o usuário receba produtos dentro das especificações por ele definidas e esperadas. Isto pode ser alcançado através da definição e especificação apropriadas de características relevantes de qualidade do produto, com as respectivas avaliações, sempre que possível, usando métricas válidas e aceitas. Mensuração tem sido importante para organizações se esforçarem para atingir níveis superiores de maturidade. Programas de mensuração ajudam as organizações e os tomadores de decisões, fornecendo informações significativas com relação à qualidade, adequação e progresso evolutivo de processos, produtos e projetos de software [1]. Software faz parte de nossas vidas, e embora muito já tenha sido conseguido nos últimos 30 anos, desde que nas conferências da Otan em 1968 e 1969 se começou a falar de engenharia de software, muito resta para ser feito na busca de qualidade e produtividade no desenvolvimento e manutenção de software [2].

Este trabalho pretende apresentar uma visão geral sobre métricas e qualidade de software. A seção 2 é dedicada a apresentar uma estrutura de um Sistema de Qualidade e mostra a importância da sua utilização. A seção 3 mostra o Modelo de Qualidade para Qualidade Externa e Interna, definindo as características e sub-características de um produto de software. A seção 4 apresenta a perspectiva de qualidade em uso dos produtos de software, salientando-se aspectos e mecanismos de avaliação sob a ótica do usuário do produto. Na seção 5, são apresentadas tabelas com alguns exemplos de métricas aplicáveis à qualidade em uso do produto de software. Finalmente, na seção 6 são apresentadas as considerações finais do trabalho.

O trabalho está fortemente embasado nas Normas ISO/IEC 9126-1[3] e ISO/IEC 9126-4[4].

2 Estrutura de um Sistema de Qualidade

A seguir será descrito um *framework* que explica o relacionamento entre diferentes abordagens de qualidade.

2.1 Abordagens de Qualidade

Segundo [6], duas abordagens são essenciais para que uma organização obtenha um processo de qualidade no desenvolvimento de software: QA (Quality Assurance) e QC (Quality Control), que, se operando simultaneamente, garantem que os artefatos de software sejam desenvolvidos e entregues aos clientes com melhor aceitabilidade, menos defeitos e menores custos. QA provê a gerência sênior da organização com a visibilidade apropriada sobre o processo de

desenvolvimento, enquanto QC tem como objetivo testar os produtos de software de modo a encontrar, relatar e remover seus defeitos.

As necessidades de qualidade do usuário incluem requisitos de qualidade em uso no contexto especificado para uso. Essas necessidades identificadas, por sua vez, podem ser usadas quando se especifica qualidade externa e interna usando características e sub-características de qualidade do produto de software.

A avaliação do produto de software é um dos processos no ciclo de vida de desenvolvimento de software. A qualidade do produto de software pode ser avaliada pela medição dos atributos internos (tipicamente medidas estáticas de produtos intermediários), ou pela medição dos atributos externos (tipicamente medidas do comportamento do código quando executado), ou pela medição dos atributos de qualidade em uso. O objetivo é que o produto tenha o efeito desejado em um contexto particular de uso (Figura 1).

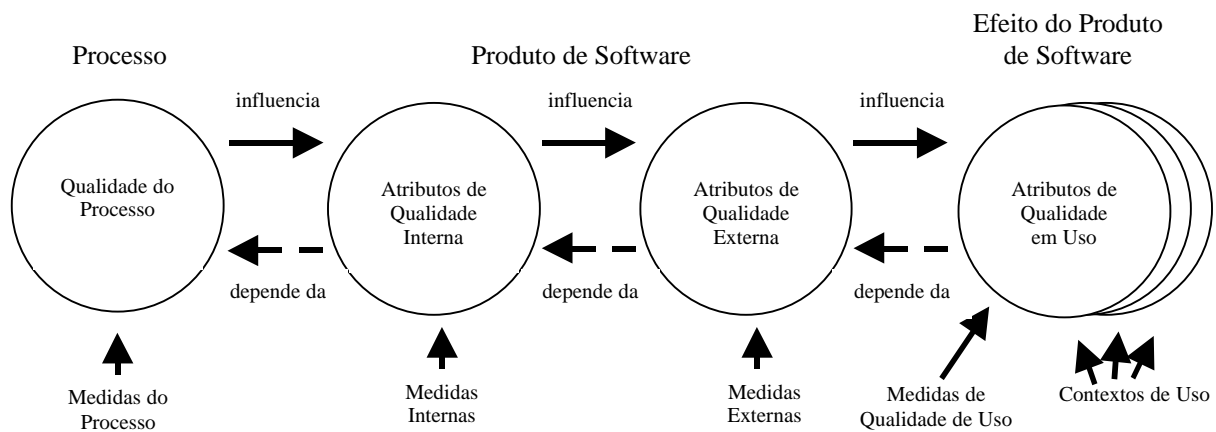


Figura 1: Qualidade no Ciclo de Vida.

A qualidade do processo contribui para a melhoria da qualidade do produto, que, por sua vez, contribui para a melhoria da qualidade em uso. Então, a avaliação e melhoria de um processo é um meio para melhorar a qualidade do produto, e a avaliação e melhoria da qualidade do produto é um meio de melhorar a qualidade em uso. Similarmente, a avaliação da qualidade em uso pode dar um *feedback* para melhorar o produto, e a avaliação da qualidade do produto pode dar *feedback* para melhorar o processo.

Atributos internos adequados do software são um pré-requisito para alcançar o comportamento externo desejado, que por sua vez, é um pré-requisito para alcançar a qualidade em uso (Figura 1).

Os requisitos de qualidade do produto de software geralmente incluem critérios de avaliação para qualidade interna, qualidade externa e qualidade em uso, para corresponder às necessidades dos desenvolvedores e usuários finais.

2.2 Qualidade de Produto e o Ciclo de Vida

As visões de qualidade interna, qualidade externa e qualidade em uso mudam durante o ciclo de vida do software. Como exemplo, os requisitos de qualidade no início do ciclo de vida são normalmente vistos do ponto de vista do usuário (externo), e difere da qualidade do produto

intermediário, tal como a qualidade do projeto, que é geralmente vista do ponto de vista do desenvolvedor (interno). As tecnologias usadas para alcançar o nível de qualidade necessário, assim como especificações e avaliações de qualidade, precisam apoiar tanto o ponto de vista dos usuários quanto o dos desenvolvedores. É necessário definir estas perspectivas e as tecnologias associadas à qualidade para gerenciar a qualidade em cada estágio do ciclo de vida.

O objetivo é alcançar a qualidade necessária e suficiente para atingir as reais necessidades dos usuários. A ISO 8402 define qualidade em termos da habilidade de satisfazer necessidades explícitas e implícitas. Entretanto, as necessidades especificadas por um usuário nem sempre refletem as suas reais necessidades, pois (1) um usuário normalmente não está ciente de suas necessidades, (2) necessidades podem mudar após serem especificadas, (3) usuários diferentes podem ter ambientes operacionais diferentes, e (4) pode ser impossível consultar todos os possíveis tipos de usuário. Por causa disso, requisitos de qualidade não podem ser completamente definidos antes do início do projeto. Além disso, é preciso entender as necessidades reais dos usuários da forma mais detalhada possível, e representá-las em requisitos. O objetivo não é, necessariamente, alcançar a qualidade perfeita, mas sim a qualidade necessária e suficiente para cada contexto de uso especificado quando o produto é entregue e realmente utilizado pelos usuários.

Escalas de medidas para as métricas usadas em requisitos de qualidade podem ser divididas entre as categorias correspondentes para os diferentes graus de satisfação dos requisitos. Como exemplo, a escala poderia ser dividida em duas categorias: satisfatório e insatisfatório, ou em quatro categorias: excedeu os requisitos, atingiu, requisitos suficientemente aceitos e inaceitável. Basta apenas que as categorias sejam especificadas de forma que o usuário e o desenvolvedor possam evitar o excesso de custo e planejamento desnecessário.

A figura 2 ilustra diferentes visões de qualidade do produto e métricas associadas em diferentes estágios do ciclo de vida do software.

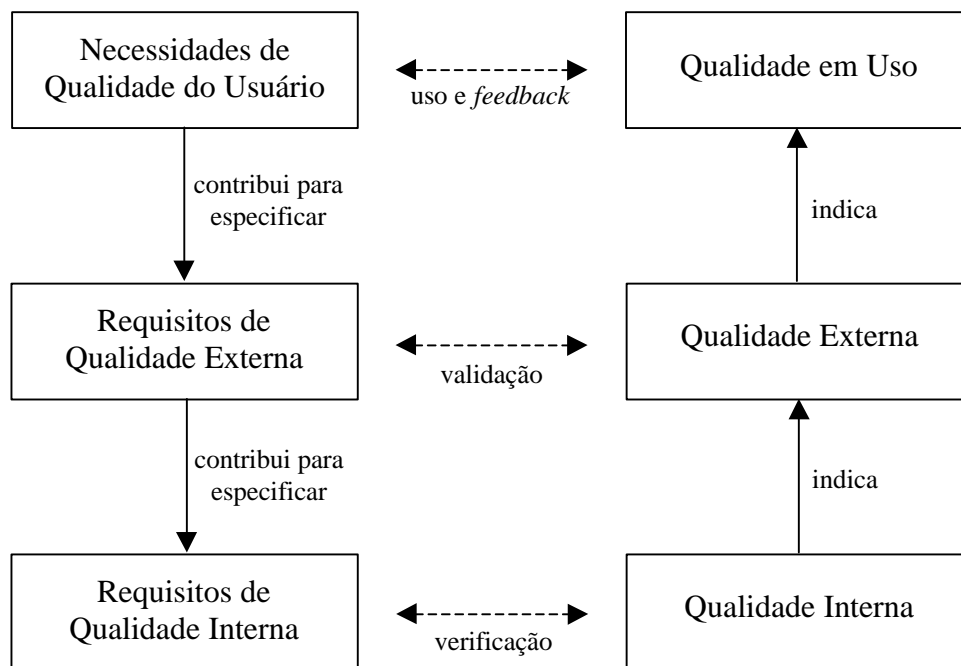


Figura 2: Qualidade no Ciclo de Vida do Software.

- **Necessidades de qualidade do usuário** podem ser especificadas como requisitos de qualidade por métricas de qualidade em uso, por métricas externas e algumas vezes por métricas internas. Estes requisitos especificados por métricas deveriam ser usados como critério quando um produto é validado. A execução de um produto que satisfaça as necessidades do usuário normalmente requer uma abordagem iterativa no desenvolvimento do software, com contínuo *feedback* da perspectiva do usuário.

- **Requisitos de qualidade externa** especificam o nível requisitado de qualidade da visão externa. Eles incluem requisitos derivados das necessidades de qualidade do usuário, incluindo requisitos de qualidade em uso. Requisitos de qualidade externa são utilizados como alvo para validação em vários estágios de desenvolvimento. Requisitos de qualidade externa para todas as características de qualidade definidas na ISO/IEC 9126 deveriam ser determinados na especificação de requisitos de qualidade utilizando métricas externas, deveriam ser transformados em requisitos de qualidade interna, e deveriam ser usados como critério quando um produto é avaliado.

- **Requisitos de qualidade interna** especificam o nível requisitado de qualidade da visão do produto. Requisitos de qualidade interna são usados para especificar propriedades de produtos intermediários. Eles podem incluir modelos estáticos e dinâmicos, outros documentos e código fonte. Requisitos de qualidade interna podem ser usados como alvos para validação em vários estágios de desenvolvimento. Eles podem ser usados para definição de estratégias de desenvolvimento e critérios para validação e verificação durante o desenvolvimento. Isto pode incluir o uso de métricas adicionais (por exemplo, a reusabilidade), que estão fora do escopo da ISO/IEC 9126. Requisitos de qualidade interna estabelecidos deveriam ser especificados quantitativamente usando métricas internas.

- **Qualidade interna** é a totalidade de características do produto de software na visão interna. A qualidade interna é medida e avaliada em termos dos requisitos de qualidade interna. Detalhes da qualidade do produto de software podem ser melhoradas durante a implementação, revisão e teste do código, mas a natureza fundamental da qualidade do produto de software representada pela qualidade interna permanece inalterada a menos que se planeje novamente.

- **Qualidade externa estimada** é a qualidade que é estimada ou prevista para o produto final de software em cada estágio de desenvolvimento para cada característica de qualidade, baseada no conhecimento da qualidade interna.

- **Qualidade externa** é a totalidade de características do produto de software do ponto de vista externo. É a qualidade quando o software é executado, que é tipicamente medida e avaliada durante o teste de um ambiente simulado com dados simulados usando métricas. Durante o teste, a maioria das falhas deveria ser descoberta e eliminada. No entanto, algumas falhas ainda podem permanecer mesmo após o teste. Como é difícil corrigir a arquitetura do software ou outros aspectos fundamentais de projeto do software, o projeto essencial normalmente permanece inalterado por todo o teste.

- **Qualidade em uso estimada** é a qualidade que é estimada ou prevista para o produto final de software em cada estágio de desenvolvimento para cada característica de qualidade em uso, e baseia-se no conhecimento das qualidades internas e externas.

- **Qualidade em uso** é a visão do usuário da qualidade do produto de software quando é utilizado em ambiente e contexto de uso estabelecidos. Ela mede o quanto os usuários podem alcançar seus objetivos em um ambiente particular, em vez de medir as propriedades do software propriamente dito.

O nível de qualidade no ambiente dos usuários pode ser diferente daqueles obtidos no ambiente dos desenvolvedores, devido as diferenças entre hardware e ambiente de apoio. O usuário avalia somente aqueles atributos de software que são utilizados em suas tarefas. Algumas vezes, atributos de software especificados por um usuário final durante a fase de análise de requisitos, não mais correspondem às necessidades do usuário quando o produto está em uso, devido a mudanças nos requisitos e a dificuldade de especificar necessidades implícitas.

2.3 Itens a serem avaliados

Itens podem ser avaliados por medidas diretas, ou indiretamente pela medida das suas conseqüências. Como exemplo, um processo pode ser avaliado indiretamente pela medição e avaliação do produto, e o produto pode ser avaliado indiretamente pela medição do desempenho da tarefa de um usuário (utilizando métricas de qualidade em uso).

Um software nunca executa sozinho, mas sempre como parte de sistema maior, que tipicamente, consiste de outros produtos de software que tem sua interface, hardware, operadores e fluxo de trabalho. O produto de software completo pode ser avaliado pelos níveis de métricas externas escolhidas. Essas métricas descrevem a interação com o ambiente e são avaliadas pela observação do software em operação. Qualidade em uso pode ser medida pelo quanto um produto em uso atinge as necessidades do usuário em termos de efetividade, produtividade, segurança e satisfação.

Nos primeiros estágios de desenvolvimento somente recursos e processo podem ser medidos. Quando produtos intermediários se tornam disponíveis (especificações, código fonte, etc), eles podem ser avaliados pelas métricas internas escolhidas. Essas métricas podem ser usadas para prever valores de métricas externas.

2.4 Utilização de um Modelo de Qualidade

Qualidade de produto de software deveria ser avaliada utilizando um modelo de qualidade definido. O modelo de qualidade deve ser usado quando se estabelecem metas de qualidade para produtos de software e produtos intermediários. A qualidade do produto de software deve ser hierarquicamente decomposta para um modelo de qualidade composto de características e sub-características que podem ser usadas como um *checklist* de assuntos relacionados à qualidade.

É praticamente impossível medir todas as sub-características de todas as partes de um grande produto de software. Similarmente, não é prático medir qualidade em uso de todos os possíveis cenários de tarefas do usuário. Recursos para avaliação precisam ser alocados entre os diferentes tipos de medições dependendo dos objetivos do negócio e da natureza do produto e do processo.

3 Modelo de Qualidade para Qualidade Externa e Interna

Agora será apresentado um modelo de qualidade para qualidade interna e externa, que categoriza a qualidade de software em 6 características (funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade), que são subdivididas em sub-características, conforme figura 3. Para cada característica e sub-característica, a capacidade do software é determinada por um conjunto de atributos internos que podem ser medidos.

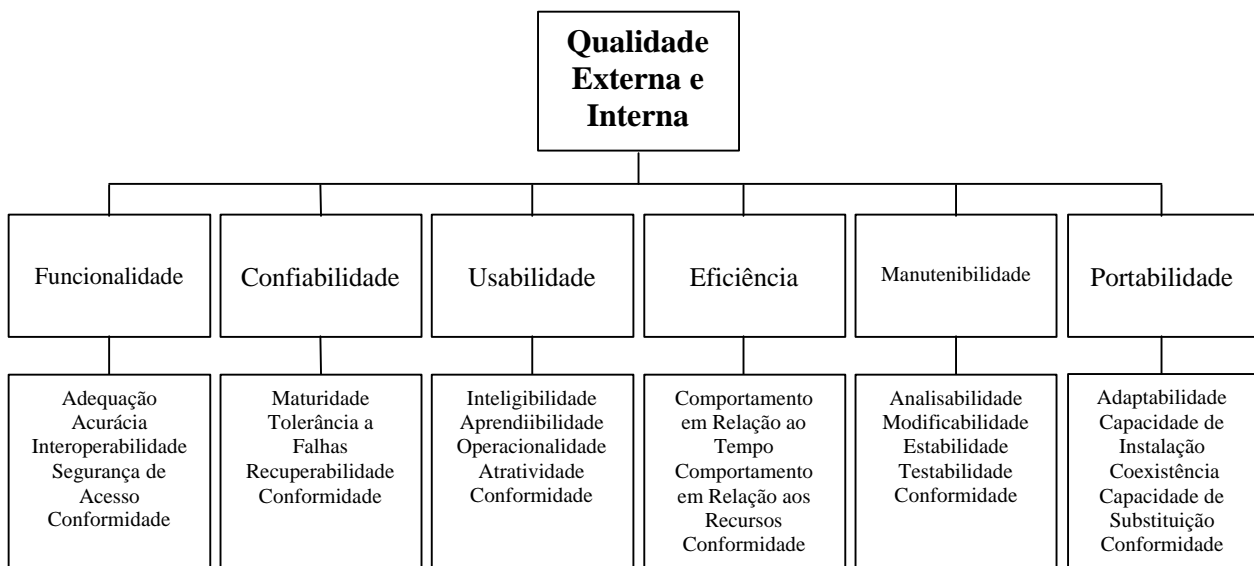


Figura 3: Modelo de qualidade para qualidade externa e interna

3.1 Funcionalidade: capacidade de fornecer funções que correspondam às necessidades explícitas e implícitas do usuário quando o software é utilizado sob condições especificadas.

- Adequação: capacidade de fornecer um conjunto apropriado de funções para tarefas específicas e objetivos do usuário.
- Acurácia: capacidade de fornecer o resultado com o grau de precisão desejado.
- Interoperabilidade: capacidade de interagir com um ou mais sistemas.
- Segurança de Acesso: capacidade de proteger dados e informações de pessoas ou sistemas não autorizados.
- Conformidade: capacidade de aderir a padrões, convenções, leis e prescrições similares relativas a funcionalidade.

3.2 Confiabilidade: capacidade do software manter seu nível de desempenho quando utilizado em condições estabelecidas.

- Maturidade: capacidade de evitar defeitos no software.
- Tolerância a Falhas: capacidade de manter um nível de desempenho estabelecido em caso de defeito no software.
- Recuperabilidade: capacidade de recuperar dados diretamente afetados no caso de falhas.
- Conformidade: capacidade de aderir a padrões, convenções, leis e prescrições similares relativas a confiabilidade.

3.3 Usabilidade: capacidade que o produto tem de ser entendido, aprendido, utilizado e ser atraente para o usuário.

- Inteligibilidade: capacidade do produto de fazer o usuário entender se o software é adequado, e como ele pode ser usado para tarefas particulares.
- Aprendibilidade: capacidade que o produto deve ter de fazer o usuário entendê-lo.
- Operacionalidade: capacidade que o produto deve ter para que o usuário possa aprendê-lo e controlá-lo.
- Atratividade: capacidade do produto em ser atraente para o usuário.
- Conformidade: capacidade de aderir a padrões, convenções, leis e prescrições similares relativas a usabilidade.

3.4 Eficiência: relacionamento entre o nível de desempenho do software e a quantidade de recursos utilizados, sob condições estabelecidas.

- Comportamento em Relação ao Tempo: capacidade de fornecer tempos de resposta e processamento adequados, bem como taxas de transferência.
- Comportamento em Relação aos Recursos: capacidade de usar quantidade e tipos de recursos adequados.
- Conformidade: capacidade de aderir a padrões e convenções relativas a eficiência.

3.5 Manutenibilidade: esforço necessário para se fazer modificações específicas no software.

- Analisabilidade: capacidade em diagnosticar deficiências e causas de defeitos.
- Modificabilidade: capacidade que o produto tem de receber modificações.
- Estabilidade: capacidade de evitar efeitos inesperados a partir de modificações.

- Testabilidade: capacidade de validar as modificações efetuadas no produto.
- Conformidade: capacidade de aderir a padrões e convenções relativas a manutenibilidade.

3.6 Portabilidade: capacidade que o produto tem de ser transferido de um ambiente para outro.

- Adaptabilidade: capacidade de ser adaptado em diferentes ambientes sem intervenção.
- Capacidade de Instalação: capacidade de ser instalado em um ambiente específico.
- Coexistência: capacidade que o produto tem de coexistir com outro software independente em um ambiente comum, compartilhando recursos comuns.
- Capacidade de Substituição: capacidade que o produto de software deve ter de ser usado no lugar de outro produto de software com o mesmo propósito no mesmo ambiente.
- Conformidade: capacidade de aderir a padrões e convenções relativas a portabilidade.

4 Modelo de Qualidade em Uso

Outra subdivisão do Modelo de Qualidade definido pela Norma ISO/IEC 9126-1 é o Modelo de Qualidade em Uso do produto de software. Este modelo se preocupa em conceituar e avaliar a qualidade do produto de software sob o ponto de vista do usuário, dentro de um ambiente e um contexto estabelecido de utilização. Qualidade em Uso é a visão de qualidade que o usuário tem do software e é medida em termos do resultado da utilização do software. É a capacidade que o produto de software tem de atender aos anseios e às necessidades dos usuários em seu próprio ambiente de trabalho. A avaliação da Qualidade em Uso do software valida a qualidade do produto em cenários e tarefas estabelecidas do usuário. Portanto, Qualidade em Uso de um produto depende do tipo de usuário que o está utilizando, ou seja, para um usuário final a qualidade em uso é principalmente o resultado de funcionalidade, confiabilidade, usabilidade e eficiência; para um analista de manutenção a qualidade em uso é a manutenibilidade; e para um analista responsável pela mudança de ambiente, a qualidade em uso é a portabilidade.

Os atributos da qualidade em uso são categorizados em quatro características: efetividade, produtividade, segurança e satisfação. Não são definidas sub-características (Figura 4).

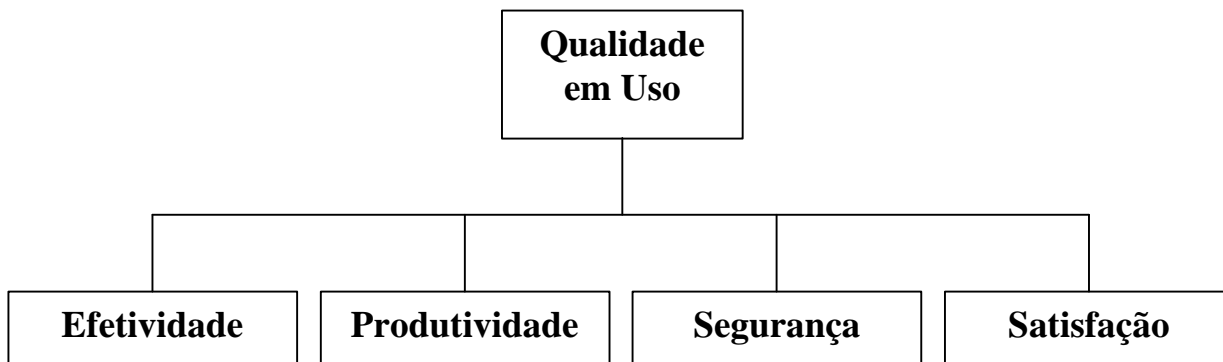


Figura 4: Modelo de Qualidade para Qualidade em Uso.

- **Efetividade:** definida como sendo a capacidade do produto de software possui de possibilitar ao usuário atingir metas especificadas com acurácia e completeza, em um contexto de uso especificado.
- **Produtividade:** definida como sendo capacidade do produto de software possui de possibilitar aos usuários utilizar uma quantidade adequada de recursos em relação à efetividade alcançada em um contexto de uso especificado.
- **Segurança:** definida como sendo a capacidade do produto de software possui de oferecer níveis aceitáveis de risco de danos a pessoas, negócios, software, propriedade ou ao ambiente, em um contexto de uso especificado.
- **Satisfação:** refere-se à capacidade do produto de software satisfazer usuários em um contexto de uso especificado.

A Norma ISO/IEC 9126-4 define as métricas para as características acima. Tais métricas não possuem valores previamente determinados devido ao fato destes valores serem definidos para cada produto de software que, por sua natureza, dependem de fatores como categoria, integridade e necessidades dos usuários. Alguns atributos possuem uma faixa desejável de valores que nem sempre dependem de necessidades especificadas pelo usuário, mas sim de fatores genéricos como, por exemplo, a habilidade cognitiva humana. Os usuários também podem desenvolver e aplicar métricas e medidas para seus domínios particulares de aplicação. Sempre que isso acontecer, o usuário deve especificar como as métricas por ele desenvolvidas se relacionam com o modelo de qualidade definido pela ISO/IEC 9126-1 ou qualquer outro. O usuário deve selecionar a característica de qualidade para ser avaliada a partir da ISO/IEC 9126-1; identificar as medidas diretas e indiretas apropriadas para serem aplicadas, identificar métricas relevantes e interpretar o resultado das medições de uma maneira objetiva.

É importante salientar as influências e dependências existentes entre qualidade interna, externa e qualidade em uso de produtos de software (Figura 5).

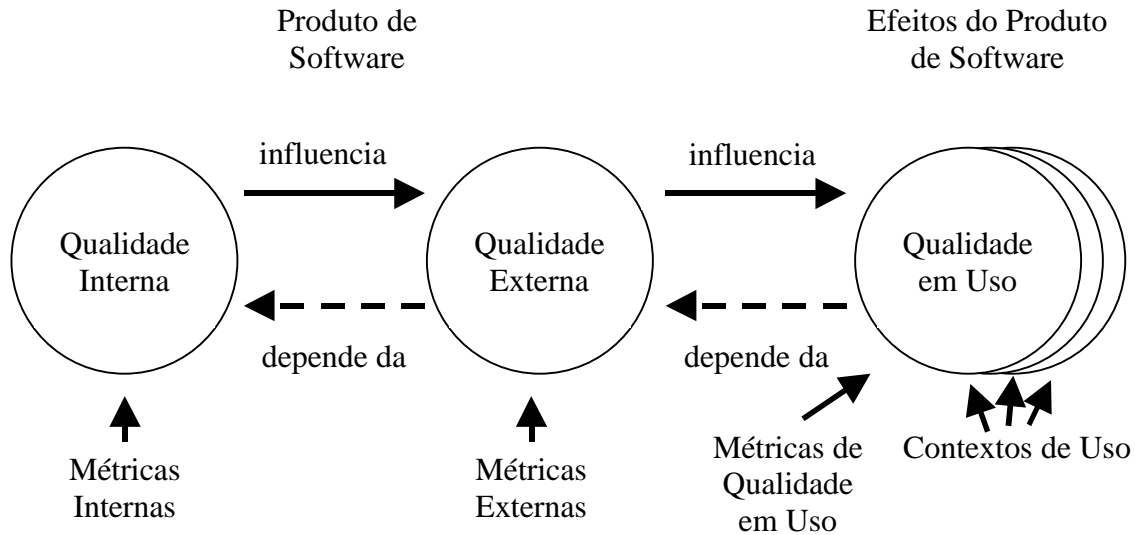


Figura 5: Relacionamentos entre os usos de métricas.

Como vimos anteriormente, qualidade interna e externa são aplicáveis ao produto de software em si, enquanto qualidade em uso é aplicável ao efeito do produto de software.

As métricas internas podem ser aplicadas a um produto de software não executável, durante os seus estágios de desenvolvimento. Elas proporcionam ao usuário a habilidade de medir a qualidade nas fases intermediárias e, assim, prever a qualidade final do produto. Isso permite ao usuário detectar falhas e tomar as ações corretivas durante os estágios iniciais de desenvolvimento.

As métricas externas podem ser usadas para medir a qualidade do produto de software através da medição de seu comportamento em um sistema do qual ele faça parte. Métricas externas podem ser usadas apenas durante os estágios de teste do processo de ciclo de vida ou durante qualquer estágio operacional. Consegue-se isso executando o software no ambiente de sistema ao qual ele pretende se encaixar.

As métricas de qualidade em uso medem o quanto que o produto agrega das necessidades de usuários específicos, para a obtenção dos resultados específicos esperados com efetividade, produtividade, segurança e satisfação, em um contexto de uso estabelecido. Isso pode ser conseguido apenas em um ambiente real de operação do produto.

As necessidades de qualidade de usuário podem ser especificadas como requisitos de qualidade pelas métricas de qualidade em uso, por métricas externas e, algumas vezes, por métricas internas. Estes requisitos especificados por métricas devem ser usados como critério quando um produto é avaliado.

Uma métrica é definida dentro de (1) uma característica com um propósito específico, (2) um método de aplicação, (3) uma fórmula, (4) uma interpretação do valor obtido, (5) o tipo da escala usada, (6) o ponto de medição, e (7) referência na Norma ISO/IEC 12207 SLCP identificando o processo do ciclo de vida onde a métrica é aplicável.

A Norma ISO/IEC 9126-4 apresenta um conjunto de métricas categorizadas por características de qualidade em uso de software. As métricas não estão limitadas às apresentadas neste trabalho. Outras métricas para propósitos específicos são encontradas em documentos correlatos. As métricas devem ser validadas antes de sua aplicação em ambientes específicos.

Como já mencionado, métricas de qualidade em uso medem o quanto que o produto atende às necessidades de usuários específicos. Qualidade em uso é obtida através da observação de usuários representativos cumprindo tarefas representativas em um contexto real de uso. As medidas podem ser obtidas através de simulação de um ambiente de trabalho real ou pela observação do uso em operação do produto. Para se medir ou especificar a qualidade em uso é necessário primeiramente identificar cada componente do contexto de uso: os usuários, os resultados esperados e o ambiente de uso. A avaliação deve ser projetada para representar o contexto de uso tão fielmente quanto possível. É também importante que os usuários tenham acesso apenas à ajuda e assistência que estejam disponíveis para eles no ambiente operacional. Portanto, é necessário um Processo para a avaliação da Qualidade em Uso de software, cuja estrutura está documentada na Norma ISO/IEC 14598-1.

5 Tabelas de Métricas

Métricas de processo e de projeto de software são medidas quantitativas que permitem ao pessoal de software ter idéia da eficácia do processo de software e dos projetos que são conduzidos usando o processo como arcabouço [5]. Portanto, para mostrar como certas características podem ser mensuradas, serão apresentadas nesta seção quatro tabelas com exemplos de métricas aplicáveis a cada uma das características do modelo de qualidade em uso de produtos de software.

5.1 Métricas de Efetividade

Nome da Métrica	Propósito da Métrica	Método de Aplicação	Medida e Fórmula	Interpretação	Tipo de Escala	Tipo de Medida	Entrada	Referência ISO 12207	Público-Alvo
Efetividade da tarefa	Que proporção da tarefa é completada corretamente ?	Teste com o Usuário	$M1 = 1 - \sum A_i $ A = valor proporcional de cada item perdido ou incorreto no resultado da tarefa	$0 \leq M1 \leq 1$ Quanto mais próximo de 1, melhor.	-	A = ?	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento do Usuário	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário
Compleitude da Tarefa	Que proporção das tarefas é completada ?	Teste com o Usuário	$X = A / B$ A = número de tarefas completadas B = total de tarefas testadas	$0 \leq X \leq 1$ Quanto mais próximo de 1, melhor.	Taxa	A = quantidade B = quantidade X = quantidade/quantidade	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento do Usuário	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário
Frequência de Erro	Qual é a frequência de erros ?	Teste com o Usuário	$X = A / T$ A = número de erros tomados pelo usuário T = tempo ou número de tarefas	$0 \leq X$ Quanto mais próximo de 0, melhor.	Absoluta	A = quantidade	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento do Usuário	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário

5.2 Métricas de Produtividade

Nome da Métrica	Propósito da Métrica	Método de Aplicação	Medida e Fórmula	Interpretação	Tipo de Escala	Tipo de Medida	Entrada	Referência ISO 12207	Público-Alvo
Tempo da Tarefa	Quanto tempo demora-se para completar uma tarefa?	Teste com o Usuário	$X = T_a / T_b$ T_a = tempo ocioso do usuário T_b = tempo da tarefa	$X \geq 0$ Quanto menor, melhor.	Intervalo	T = tempo	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento do Usuário	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário
Eficiência da Tarefa	Quão eficientes são os usuários?	Teste com o Usuário	$X = M_1 / T$ M_1 = efetividade da tarefa T = tempo da tarefa	$X \geq 0$ Quanto maior, melhor.	-	T = tempo X =	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento do Usuário	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário
Custo efetivo	Qual o custo efetivo do usuário?	Teste com o Usuário	$X = M_1 / C$ M_1 = efetividade da tarefa C = custo total da tarefa	$X \geq 0$ Quanto maior, melhor.	Absoluta	T = tempo X =	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento do Usuário	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário
Proporção Produtiva	Que proporção do tempo o usuário está realizando ações produtivas?	Teste com o Usuário	$X = T_a / T_b$ T_a = tempo produtivo = tempo da tarefa – tempo de ajuda – tempo perdido com erro – tempo de pesquisa T_b = tempo da tarefa	$0 \leq X \leq 1$ Quanto mais próximo de 1, melhor.	Absoluta	T_a = tempo T_b = tempo X = tempo / tempo	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento do Usuário	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário

Métricas de Produtividade (cont.)

Nome da Métrica	Propósito da Métrica	Método de Aplicação	Medida e Fórmula	Interpretação	Tipo de Escala	Tipo de Medida	Entrada	Referência ISO 12207	Público-Alvo
Grau de Eficiência do Usuário	Quão eficiente é um usuário comparado com um especialista?	Teste com o Usuário	<p>Grau de Eficiência do Usuário $X = A / B$</p> <p>A = eficiência de um usuário comum</p> <p>B = eficiência de um usuário especializado</p>	<p>$0 \leq X \leq 1$</p> <p>Quanto mais próximo de 1, melhor.</p>	Absoluta	$X = A / B$	<p>Resultado do Roteiro de Teste</p> <p>Monitoramento do Usuário</p>	<p>6.5 Validação</p> <p>5.3 Teste de Qualificação</p> <p>5.4 Operação</p>	<p>Usuários</p> <p>Projetista de Interface com o Usuário</p>
Grau de Produtividade do Usuário	Quão produtivo é um usuário comparado com um especialista?	Teste com o Usuário	<p>Grau de Produtividade do Usuário $X = A / B$</p> <p>A = produtividade de um usuário comum</p> <p>B = produtividade de um usuário especializado</p>	<p>$0 \leq X \leq 1$</p> <p>Quanto mais próximo de 1, melhor.</p>	Absoluta	$X = A / B$	<p>Resultado do Roteiro de Teste</p> <p>Monitoramento do Usuário</p>	<p>6.5 Validação</p> <p>5.3 Teste de Qualificação</p> <p>5.4 Operação</p>	<p>Usuários</p> <p>Projetista de Interface com o Usuário</p>

5.3 Métricas de Segurança

Nome da Métrica	Propósito da Métrica	Método de Aplicação	Medida e Fórmula	Interpretação	Tipo de Escala	Tipo de Medida	Entrada	Referência ISO 12207	Público-Alvo
Bem-estar do Usuário	Qual é a incidência de problemas de saúde entre os usuários do produto?	Estatísticas	$X = A / B$ A = número de usuário com LER, fadiga ou dor-de-cabeça B = total de usuários	$0 \leq X \leq 1$ Quanto mais próximo de 0, melhor.	Absoluta	A = quantidade B = quantidade $X = \text{quantidade} / \text{quantidade}$	Monitoramento de Uso	5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário
Segurança das pessoas afetadas pelo uso do sistema	Qual o nível de perigo incidente às pessoas afetadas pelo uso do sistema?	Estatísticas	$X = A / B$ A = número de pessoas colocadas em perigo B = total de pessoas afetadas pelo sistema	$0 \leq X \leq 1$ Quanto mais próximo de 0, melhor.	Absoluta	A = quantidade B = quantidade $X = \text{quantidade} / \text{quantidade}$	Monitoramento do Uso	5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário Desenvolvedor
Segurança dos Pacientes	Qual a incidência de perigo para o paciente que recebe tratamento pelo sistema ?	Estatísticas	$X = A / B$ A = número de pacientes com tratamento prescrito incorretamente B = total de pacientes	$0 \leq X \leq 1$ Quanto mais próximo de 0, melhor.	Absoluta	A = quantidade B = quantidade $X = \text{quantidade} / \text{quantidade}$	Monitoramento do Uso	5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário Desenvolvedor
Danos Econômicos	Qual a incidência de danos econômicos?	Estatísticas	$X = A / B$ A = número de ocorrências de danos econômicos B = total de situações medidas	$0 \leq X \leq 1$ Quanto mais próximo de 0, melhor.	Absoluta	A = quantidade B = quantidade $X = \text{quantidade} / \text{quantidade}$	Monitoramento do Uso	5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário Desenvolvedor

Métricas de Segurança (cont.)

Nome da Métrica	Propósito da Métrica	Método de Aplicação	Medida e Fórmula	Interpretação	Tipo de Escala	Tipo de Medida	Entrada	Referência ISO 12207	Público-Alvo
Danos no Software	Qual a incidência de danos no software?	Estatísticas	$X = A / B$ A = número de ocorrências de danos no software B = total de situações medidas	$0 \leq X \leq 1$ Quanto mais próximo de 0, melhor.	Absoluta	A = quantidade B = quantidade $X = \text{quantidade} / \text{quantidade}$	Monitoramento do Uso	5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário Desenvolvedor

5.4 Métricas de Satisfação

Nome da Métrica	Propósito da Métrica	Método de Aplicação	Medida e Fórmula	Interpretação	Tipo de Escala	Tipo de Medida	Entrada	Referência ISO 12207	Público-Alvo
Escala de Satisfação	Qual o nível de satisfação do usuário ?	Teste com o Usuário	$X = A / B$ A = questionário com escala psicométrica B = média da população	$X > 0$ Quanto maior, melhor.	Taxa	A = quantidade X = quantidade	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento de Uso	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário Desenvolvedor
Pesquisa de Satisfação	Qual o nível de satisfação do usuário em funções específicas ?	Teste com o Usuário	$X = A$ A = resultado da pesquisa	Comparação com valores anteriores ou com a média da população.	Ordinal	A = quantidade X = quantidade	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento de Uso	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário Desenvolvedor
Uso Discreto do Produto	Qual proporção dos usuários potenciais optou pelo sistema ?	Observação da Utilização	$X = A / B$ A = número de vezes que a função, aplicação ou sistema é usado B = número que o usuário teve a intenção de usar	$0 \leq X \leq 1$ Quanto mais próximo de 1, melhor.	Taxa	A = quantidade B = quantidade $X = \text{quantidade} / \text{quantidade}$	Resultado do Roteiro de Teste Monitoramento de Uso	6.5 Validação 5.3 Teste de Qualificação 5.4 Operação	Usuários Projetista de Interface com o Usuário

6 Considerações finais

Neste trabalho procurou-se ressaltar a importância da garantia e do controle da qualidade em produtos de software, na conquista da satisfação do usuário. Mostrou-se que a qualidade em uso é dependente da qualidade do produto, que por sua vez é decorrência da qualidade do processo, e que as visões de qualidade interna, externa e qualidade em uso do software, assim como suas métricas associadas, mudam durante os diferentes estágios do ciclo de vida do software. Enfatizou-se que a medição da qualidade do processo e do produto proporciona aos gerentes e profissionais de engenharia de software a oportunidade de melhorar e aperfeiçoar o processo de software, além de ajudar no planejamento, acompanhamento e no controle de um projeto, possibilitando também a avaliação da qualidade do produto que é produzido. Medidas de atributos específicos do processo, projeto e produto são usadas para o cálculo de métricas que após análise, resultam em indicadores que orientam ações gerenciais e técnicas. Ficou claro que métricas relativas ao processo proporcionam que a organização tenha uma visão estratégica, pois fornecem a compreensão da efetividade do processo, e que métricas relativas ao projeto são táticas e permitem ao gerente de projeto adaptar o fluxo de trabalho e a abordagem técnica do projeto em tempo real. Foram mostrados também alguns exemplos de métricas aplicáveis a qualidade em uso do produto de software em termos da efetividade, produtividade, segurança e satisfação.

Finalmente, conclui-se que a garantia e o controle da qualidade de produtos de software são imprescindíveis para a sobrevivência das organizações que os produzem. Pode-se concluir também que métricas de software são uma ferramenta fundamental no gerenciamento, melhoria e desenvolvimento de processos e produtos de software.

Referências

- [1] VALLE, A.; MARCINIUK, M.; MELHORETTO, S.; BURNETT, R. *Um roadmap para métricas de software: definições e histórico*. Developers Magazine: setembro de 2000.
- [2] ROCHA, A. R. C. da; MALDONADO, J. C.; WEBER, K. C. *Qualidade de software*. 1.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2001.
- [3] ISO/IEC 9126-1: 2000. Software engineering– Software product quality- Part 1: Quality model.
- [4] ISO/IEC 9126-4: 2000. Software engineering– Software product quality- Part 4: Quality in use metrics.
- [5] PRESSMAN, R. S. *Engenharia de software*, Trad. 5.ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2002.
- [6] CARDOSO, A. As abordagens da qualidade em software: QA e QC. Developers Magazine: janeiro de 2004.