
2004.2

Um Processo para Análise de Desempenho de Produtos de Software

TRABALHO DE GRADUAÇÃO
EM
ENGENHARIA DE SOFTWARE

Aluno: Fabrício de Siqueira Teles (fst@cin.ufpe.br)

Orientador: Alexandre Marcos Lins de Vasconcelos (amlv@cin.ufpe.br)

Recife, 11 de março de 2005.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais: Francisco de Assis Silva Teles e Aldália de Siqueira Teles, que sempre deram apoio às minhas atividades e estiveram presentes, de forma positiva, em todo o curso de minha vida.

Agradecimentos

Este trabalho foi de grande importância em minha vida, pois marcou o final de um ciclo acadêmico, a graduação, e começo de uma nova fase, profissional e também acadêmica. O esforço dedicado durante o Trabalho de Graduação motiva-me a evoluir na área de pesquisa e buscar novas fronteiras de estudo, sempre visando a aplicação e utilização do que for gerado como conhecimento.

Agradeço a minha família, por completo, pela firme estrutura que me foi proporcionada, possibilitando minha formação de vida como um todo.

Agradeço em especial ao professor Alexandre Vasconcelos por todo apoio dado durante o trabalho, subsidiando a elaboração do mesmo da melhor forma possível.

Agradeço a todos do Centro de Informática pela possibilidade de formação acadêmica num dos melhores centros do país.

Também agradeço a todas as empresas em que trabalhei, pois nelas pude por em prática tudo que aprendi durante minha jornada acadêmica.

Por fim agradeço à Vânia Vidal Sampaio e toda equipe do laboratório LAPS pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa e aplicação prática da mesma.

Sumário

Dedicatória	2
Agradecimentos	3
Sumário.....	4
Lista de Figuras	6
Lista de Tabelas	7
Resumo	8
1. Introdução.....	9
1.1 Contexto.....	9
1.2 Objetivos.....	11
1.3 Estrutura do Trabalho.....	12
2. Qualidade e Avaliação de Produtos de Software.....	13
2.1 ISO/IEC 9126.....	13
2.1.1 ISO/IEC 9126-1.....	15
2.2 ISO/IEC 14598.....	21
2.2.1 ISO/IEC 14598-1.....	24
2.3 Relação entre as séries ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598.....	27
2.4 Considerações Finais.....	28
3. Processo para Análise de Desempenho de Produtos de Software.....	29
3.1 Fluxo de Atividades	30
3.2 Responsáveis e Artefatos	31
3.3 Descrição das Atividades	33
3.3.1 Iniciar Análise.....	33
3.3.2 Definir Escopo de Teste	37
3.3.3 Definir Métricas	38
3.3.5 Definir Ambiente de Teste	43
3.3.6 Realizar Testes	44
3.3.7 Avaliar Resultados	46
3.4 Considerações Finais.....	47
4. Aplicação em um Caso Real	48
4.1 O Caso do Sistema de Avaliação Continuada de Alunos.....	48
4.1.1 Iniciar Análise.....	49

4.1.2 Definir Escopo de Teste	50
4.1.3 Definir Métricas	50
4.1.4 Definir Critérios de Aceitação	51
4.1.5 Definir Ambiente de Teste	52
4.1.6 Realizar Testes	53
4.1.7 Avaliar Resultados	58
4.2 Impacto do Caso no Processo.....	59
4.3 Considerações Finais.....	59
5. Conclusões e Trabalhos Futuros.....	60
5.1 Contribuições do Trabalho	60
5.2 Trabalhos Futuros	61
6. Referências	62
Apêndices.....	64
Apêndice A – Questionário ao Contratante.....	64
Apêndice B – Métricas de Desempenho	65
Apêndice C – Ferramentas para Teste.....	71
Apêndice D – Resultado da Entrevista ao Contratante para o Caso do Sistema de Avaliação Continuada de Alunos.....	74
Apêndice E – Resumo do Plano de Avaliação para o Caso do Sistema de Avaliação Continuada de Alunos	76

Lista de Figuras

Figura 1-1 – Modelo do ciclo de vida do software segundo a ISO/IEC 9126-1	10
Figura 2-1 – Estrutura da série de normas ISO/IEC 9126.....	14
Figura 2-2 – Modelo de qualidade interna e externa segundo a ISO/IEC 9126-1	16
Figura 2-3 – Modelo de qualidade em uso segundo a ISO/IEC 9126-1	20
Figura 2-4 – Estrutura da série de normas ISO/IEC 14598.....	23
Figura 2-5 – Processo de avaliação segundo a ISO/IEC 14598-1	24
Figura 2-6 – Relação entre as séries de normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598	27
Figura 3-1 – Fluxo de atividades da análise de desempenho	30
Figura 3-2 – Escala - Níveis de pontuação para as métricas	41

Lista de Tabelas

Tabela 2-1 – Definição do processo de avaliação segundo a ISO/IEC 14598	22
Tabela 3-1 – Responsáveis e artefatos da análise de desempenho	31
Tabela 3-2 – Estrutura da atividade <i>Iniciar Análise</i>	33
Tabela 3-3 – Porte do Produto x Funcionalidades.....	35
Tabela 3-4 – Porte do Produto x Quantidade de Avaliadores	35
Tabela 3-5 – Cronograma das Atividades	36
Tabela 3-6 – Riscos base da Análise de Desempenho	37
Tabela 3-7 – Estrutura da atividade <i>Definir Escopo de Teste</i>	37
Tabela 3-8 – Estrutura da atividade <i>Definir Métricas</i>	38
Tabela 3-9 – Estrutura da atividade <i>Definir Critérios de Aceitação</i>	40
Tabela 3-10 – Estrutura da atividade <i>Definir Ambiente de Teste</i>	43
Tabela 3-11 – Estrutura da atividade <i>Realizar Testes</i>	44
Tabela 3-12 – Estrutura da atividade <i>Avaliar Resultados</i>	46
Tabela 4-1 – Informações do Produto	49
Tabela 4-2 – Mapeamento para a métrica tempo médio de resposta.....	56
Tabela 4-3 – Mapeamento para a métrica vazão média	56
Tabela 4-4 – Mapeamento para a métrica utilização máxima de memória ..	57
Tabela 4-5 – Mapeamento para a métrica razão de erros de memória/tempo	57
Tabela 7-1 – Métricas de tempo de resposta	66
Tabela 7-2 – Métricas de vazão	67
Tabela 7-3 – Métricas de utilização de recursos de dispositivos de I/O.....	68
Tabela 7-4 – Métricas de utilização de recursos de memória.....	69
Tabela 7-5 – Métricas de utilização de recursos de transmissão	70
Tabela 7-6 – Ferramentas para automação de testes	73
Tabela 7-7 – Cronograma do Plano de Avaliação.....	77

Resumo

A avaliação de produtos de software tem sido uma das formas empregadas por organizações que produzem ou adquirem software para obtenção de maior qualidade nestes produtos. Para que a avaliação seja mais efetiva possível é importante que se utilize um modelo de qualidade que permita estabelecer e avaliar requisitos de qualidade e também que o processo de avaliação seja bem definido e estruturado [7]. As famílias de normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598 descrevem um modelo de qualidade e um processo de avaliação para produtos de software respectivamente. Neste trabalho propomos um processo para avaliação de desempenho de produtos de software, baseado na norma ISO/IEC 14598 para estruturação do processo e na característica de qualidade eficiência, definida pelo modelo de qualidade proposto pela norma ISO/IEC 9126, para definição do requisito de qualidade.

1. Introdução

1.1 Contexto

Todos os setores da sociedade atual estão preocupados com qualidade, seja de produtos ou serviços. Pessoas e organizações buscam fornecer e receber produtos e serviços de qualidade para manterem-se competitivas.

Na área de software não é diferente, pois, frente ao crescente uso da tecnologia de informação e ao aumento da complexidade dos novos sistemas computacionais, bem como, a exigência dos usuários quanto à qualidade, torna-se necessário um enfoque qualitativo em todo o ciclo de vida do software.

Qualidade é um conceito complexo, porque possui significados diversos para diferentes pessoas, em um contexto altamente dependente. Portanto, não é trivial haver medidas simples de qualidade aceitáveis para todos. Para estimar ou melhorar a qualidade de software numa organização, deve-se definir as características de qualidade, que se está interessado e, então, decidir como serão medidas [10].

Qualidade é também um conceito multidimensional, realizando-se por intermédio de um conjunto de atributos ou características. As empresas responsáveis pelo desenvolvimento de software devem assumir a responsabilidade de estabelecer este nível aceitável de qualidade e meios para verificar se ele foi alcançado. Qualidade de software é, portanto, um conjunto de propriedades a serem satisfeitas, em determinado grau, de modo que o software satisfaça as necessidades de seus usuários [11].

A norma ISO 8402 [13] define qualidade como sendo o conjunto de todas as características que uma entidade deve possuir para que satisfaça às necessidades explícitas (necessidades do usuário) e implícitas (características não percebidas pelo usuário, porém, necessárias).

Segundo Pressman [9], qualidade de software é a conformidade a requisitos funcionais e de desempenho explicitamente declarados, a padrões de desenvolvimento claramente documentados e a características implícitas que são esperadas de todo software, profissionalmente, desenvolvido.

Quando se deseja um produto de software de alta qualidade, deve-se assegurar que cada uma de suas partes constituintes possua alta qualidade [12]. Portanto, os resultados intermediários, no processo de produção, devem ser imediatamente examinados após sua conclusão, procurando garantir que erros e inadequações no produto sejam detectados o mais cedo possível, pois a qualidade final do produto é uma função de todas as fases anteriores de seu ciclo de desenvolvimento.

Vemos assim, que a qualidade do produto de software final está diretamente relacionada com a qualidade dos produtos intermediários e de seu processo de desenvolvimento, como mostra o modelo de qualidade proposto pela norma ISO/IEC 9126-1 [1]:

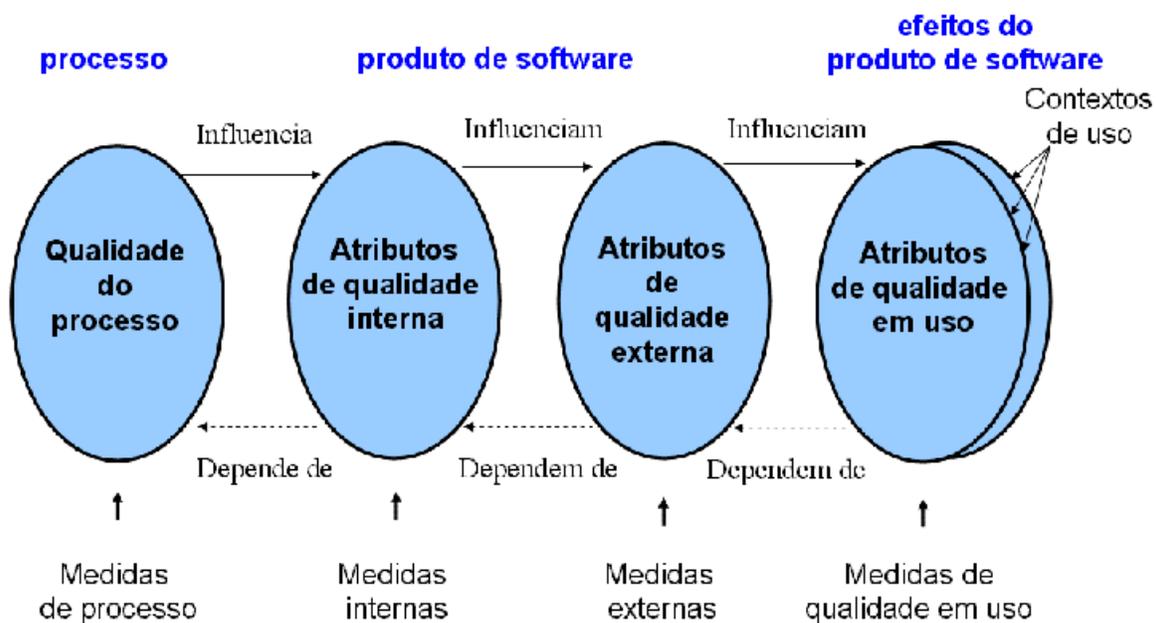


Figura 1- 1 – Modelo do ciclo de vida do software segundo a ISO/IEC 9126- 1

A qualidade do ponto de vista de processo está associada com a qualidade das atividades, métodos, práticas e tecnologias utilizadas para desenvolver e manter o software. Já a qualidade do produto pode ser verificada através de atributos de qualidade interna e atributos de qualidade externa do produto. Os atributos internos estão associados a produtos intermediários, como modelos estáticos e dinâmicos, documentação e código-fonte e são medidos durante os estágios de desenvolvimento do software. Os atributos externos estão associados ao software executável e tipicamente são medidos enquanto o software está sendo testado num ambiente simulado e com dados simulados. Por fim, a qualidade em uso é a visão da qualidade do produto do ponto de vista do usuário, quando este produto é usado em um ambiente e um contexto de uso especificados.

A qualidade do processo contribui para melhorar a qualidade do produto e a qualidade do produto contribui para melhorar a qualidade em uso. Por isso, avaliar e melhorar o processo é um meio de melhorar a qualidade do produto, assim como avaliar e melhorar a qualidade do produto é um meio de melhorar a qualidade em uso. De forma similar, avaliar a qualidade em uso pode fornecer feedback para melhorar a qualidade do produto e avaliar um produto pode fornecer feedback para melhorar um processo [1].

Percebemos assim, três abordagens claras para a qualidade de software: a qualidade do processo, a qualidade do produto e a qualidade em uso, estando estas intimamente relacionadas e dependentes uma da outra.

Hoje, existe uma grande preocupação com a qualidade do processo de software, ou seja, seu processo de desenvolvimento, pois foi evidenciado que a avaliação da qualidade e a tentativa de corrigir erros no produto, por si só, não é suficiente para se garantir qualidade. Porém, da mesma forma, um processo bem estruturado e dito de qualidade não garante a qualidade do produto final e conseqüentemente a qualidade em uso deste produto. É preciso uma abordagem de qualidade em nos três níveis: processo, produto e uso para que se possa garantir a qualidade do software.

1.2 Objetivos

No contexto de qualidade de produtos de software, a norma internacional ISO/IEC 9126 define um modelo de qualidade para produtos de software estruturando a qualidade hierarquicamente em características e sub-características de qualidade do produto. Uma destas características é a característica eficiência que está relacionada com a capacidade do produto de software de apresentar desempenho apropriado, relativo à quantidade de recursos usados, sob condições específicas. Já a norma ISO/IEC 14598 descreve um processo para avaliação de produtos de software, dando subsídios para que a avaliação seja precisa e objetiva.

Este trabalho de graduação propõe um processo para avaliação de desempenho de produtos de software, baseado na norma ISO/IEC 14598 para estruturação do processo e na característica de qualidade eficiência, definida pelo modelo de qualidade proposto pela norma ISO/IEC 9126, para definição do requisito de qualidade.

1.3 Estrutura do Trabalho

Além deste capítulo introdutório de contextualização e objetivos, fazem parte deste trabalho ainda os seguintes capítulos:

- Capítulo 2 – Qualidade e Avaliação de Produtos de Software, onde será mostrado o estado atual em que se encontra a qualidade e avaliação de produtos de software, mostrando as normas internacionais que dão base para a estruturação da qualidade e avaliação de produtos de software;
- Capítulo 3 – Processo de Análise de Desempenho de Produtos de Software, no qual será vista toda a estrutura, detalhadamente, do processo de análise de desempenho proposto, mostrando desde atividades e seus responsáveis até artefatos gerados durante a análise;
- Capítulo 4 – Aplicações em Casos Reais, neste estarão sendo vistas aplicações do processo de análise de desempenho na avaliação de produtos reais;
- Capítulo 5 – Conclusões e Trabalhos Futuros, neste último estarão sendo feitos o fechamento do trabalho – conclusões, e as aberturas e oportunidades dos trabalhos futuros.

2. Qualidade e Avaliação de Produtos de Software

A avaliação de produtos de software tem sido uma das formas empregadas por organizações que produzem ou adquirem software para obtenção de maior qualidade nestes produtos, sejam eles produtos complexos ou partes a serem integradas num sistema computacional mais amplo. Para que a avaliação seja a mais efetiva possível é importante que se utilize um modelo de qualidade que permita estabelecer e avaliar requisitos de qualidade e também que o processo de avaliação seja bem definido e estruturado [7]. As normas internacionais de avaliação de produtos de software são recentes, algumas ainda em elaboração. Para a compreensão completa do processo de avaliação, duas famílias de normas serão analisadas: a ISO/IEC 9126 e a ISO/IEC 14598 que descrevem um modelo de qualidade e um processo de avaliação para produtos de software, respectivamente. A ISO/IEC 9126 também define métricas que podem ser utilizadas a fim de realizar avaliações de produtos de software. Este capítulo tem por objetivo dar uma visão geral destas normas internacionais e o que as mesmas propõem para qualidade e avaliação de produtos de software.

2.1 ISO/IEC 9126

Convém que a qualidade de produtos de software seja avaliada usando um modelo de qualidade definido e que este modelo seja usado durante o estabelecimento de metas de qualidade para produtos de software finais e intermediários [1]. A série de normas ISO/IEC 9126 (NBR 13596) descreve um modelo de qualidade para produtos de software categorizando a qualidade hierarquicamente em um conjunto de características e sub-características que devem ser atendidas para que o produto seja dito de qualidade. Esta série também propõe métricas que podem ser utilizadas durante a avaliação dos produtos de software (medição, pontuação e julgamento dos produtos de software).

A série de normas ISO/IEC 9126 pode ser aplicada nas seguintes ocasiões:

- Definição dos requisitos de qualidade de um produto de software;
- Avaliação das especificações do software durante o desenvolvimento para verificar se os requisitos de qualidade estão sendo atendidos;
- Descrição das características e atributos do software implementado, por exemplo, nos manuais de usuário;
- Avaliação do software desenvolvido antes da entrega ao cliente.

A série de normas ISO/IEC 9126 é dividida em quatro partes:

- ISO/IEC 9126-1 - Modelo de qualidade – Define um modelo de qualidade para produtos de software, apresentando um conjunto de características de qualidade e suas respectivas sub- características;
- ISO/IEC 9126-2 - Métricas externas – Apresenta métricas externas para medir os atributos das características de qualidade definidas na ISO/IEC 9126-1. Estas métricas representam a perspectiva externa da qualidade do produto de software quando o mesmo já está pronto para execução;
- ISO/IEC 9126-3 - Métricas internas – Apresenta métricas internas para medir os atributos das características de qualidade definidas na ISO/IEC 9126-1. Estas métricas representam a perspectiva interna da qualidade do produto de software e estão associados a produtos intermediários, como projeto e código;
- ISO/IEC 9126-4 - Métricas de qualidade em uso – Apresenta métricas de qualidade em uso para medir os atributos das características de qualidade definidas na ISO/IEC 9126-1. Estas métricas representam a perspectiva do usuário para a qualidade do produto de software.

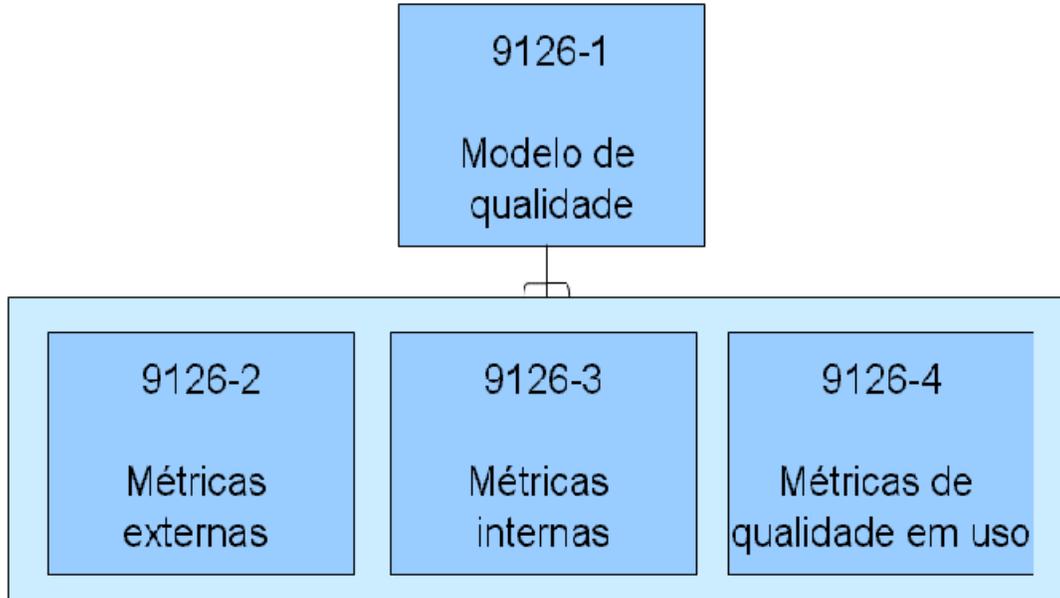


Figura 2-1 – Estrutura da série de normas ISO/IEC 9126

2.1.1 ISO/IEC 9126-1

A primeira parte da norma ISO/IEC 9126 (NBR 13596) descreve um modelo de qualidade do produto de software, composto de duas partes: a) qualidade interna e qualidade externa e b) qualidade em uso. A primeira parte do modelo especifica seis características para qualidade interna e externa, as quais são por sua vez subdivididas em sub-características. Estas sub-características são manifestadas externamente, quando o software é utilizado como parte de um sistema computacional, e são resultantes de atributos internos do software. Esta parte da norma não apresenta o modelo de qualidade interna e externa além do nível de sub-características.

A segunda parte do modelo especifica quatro características de qualidade em uso, mas não apresenta o modelo de qualidade em uso além do nível de característica. Qualidade em uso é o efeito combinado das seis características de qualidade do produto de software [1].

Esta parte da norma ISO/IEC 9126 (NBR 13596) permite que a qualidade do produto de software seja especificada e avaliada em diferentes perspectivas pelos envolvidos com aquisição, requisitos, desenvolvimento, uso, avaliação, apoio, manutenção, garantia de qualidade e auditoria de software [1]. Assim, pode ser utilizada por adquirentes, desenvolvedores, responsáveis pela garantia da qualidade e avaliadores independentes, responsáveis por especificar e avaliar qualidade do produto de software.

Modelo de qualidade para qualidade externa e interna

O modelo de qualidade externa e interna categoriza os atributos de qualidade de software em seis características (funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade) as quais são, por sua vez, subdivididas em sub-características. As sub-características podem ser medidas por meio de métricas externas e internas.

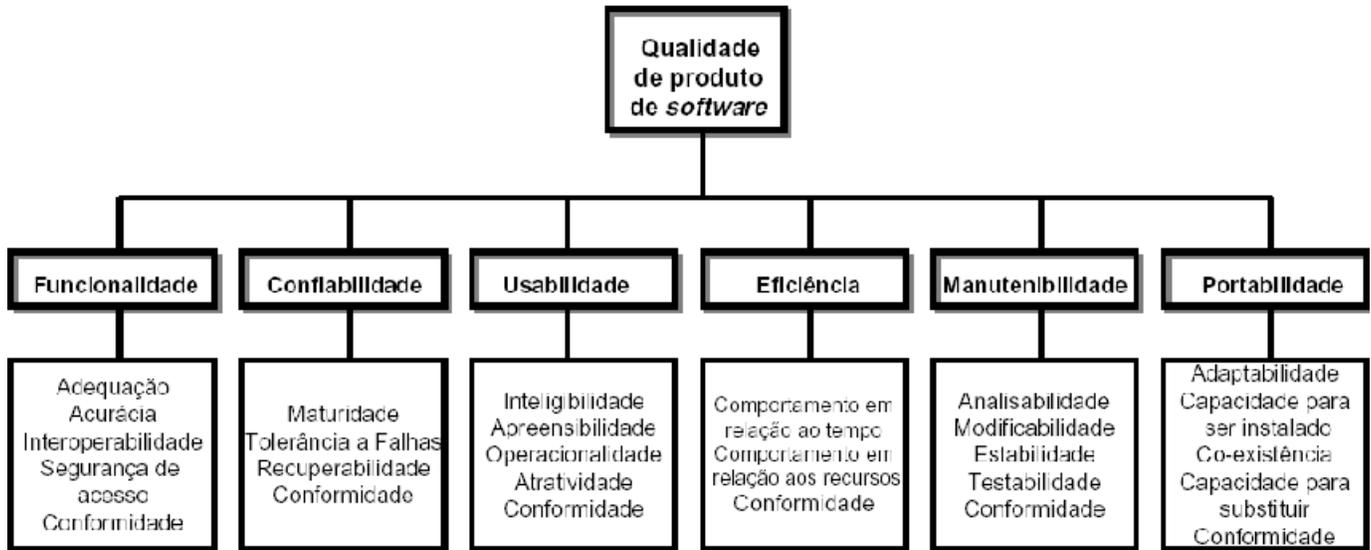


Figura 2- 2 – Modelo de qualidade interna e externa segundo a ISO/IEC 9126- 1

Cada característica e sub- característica do software, que influenciam a característica de qualidade, possui uma definição. Para cada característica e sub- característica, a capacidade do software é determinada por um conjunto de atributos internos que podem ser medidos. Exemplos de métricas internas são dados na norma ISO/ IEC 9126- 3. As características e sub- características podem ser medidas externamente pelo grau da capacidade do sistema contendo o software. Exemplos de métricas externas são dados na norma ISO/IEC 9126- 2 [1].

As características pretendem abranger todos os aspectos de qualidade de software, de forma que se possa especificar qualquer requisito de qualidade utilizando uma das seis características.

Definição das características e sub- características de qualidade interna e externa segundo a ISO/IEC 9126- 1:

Funcionalidade: capacidade do produto de software de prover funções que atendam às necessidades explícitas e implícitas, quando o software estiver sendo utilizado sob condições específicas.

- Adequação: capacidade do produto de software de prover um conjunto apropriado de funções para tarefas e objetivos do usuário especificados.
- Acurácia: capacidade do produto de software de prover, com o grau de precisão necessário, resultados ou efeitos corretos ou conforme acordados.

- Interoperabilidade: capacidade do produto de software de interagir com um ou mais sistemas especificados.
- Segurança de Acesso: capacidade do produto de software de proteger informações e dados, de forma que pessoas ou sistemas não autorizados não possam lê-los nem modificá-los e que não seja negado o acesso às pessoas ou sistemas autorizados.
- Conformidade: capacidade do produto de software de estar de acordo com normas, convenções ou regulamentações previstas em leis e prescrições similares relacionadas à funcionalidade.

Confiabilidade: capacidade do produto de software de manter um nível de desempenho especificado, quando usado em condições específicas.

- Maturidade: capacidade do produto de software de evitar falhas decorrentes de defeitos no software.
- Tolerância a Falhas: capacidade do produto de manter um nível de desempenho especificado em casos de defeitos no software ou de violação de sua interface especificada.
- Recuperabilidade: capacidade do produto de software de restabelecer seu nível de desempenho especificado e recuperar os dados diretamente afetados no caso de uma falha.
- Conformidade: capacidade do produto de software de estar de acordo com normas, convenções ou regulamentações relacionadas à confiabilidade.

Usabilidade: capacidade do produto de software de ser compreendido, aprendido, operado e atraente ao usuário, quando usado sob condições específicas.

- Inteligibilidade: capacidade do produto de software de possibilitar ao usuário compreender se o software é apropriado e como ele pode ser usado para tarefas e condições de uso específicas.
- Apreensibilidade: capacidade do produto de software de possibilitar ao usuário aprender sua aplicação.
- Operacionalidade: capacidade do produto de software de possibilitar ao usuário operá-lo e controlá-lo.
- Atratividade: capacidade do produto de software de ser atraente ao usuário.
- Conformidade: capacidade do produto de software de estar de acordo com normas, convenções, guias de estilo ou regulamentações relacionadas à usabilidade.

Eficiência: capacidade do produto de software de apresentar desempenho apropriado, relativo à quantidade de recursos usados, sob condições específicas.

- Comportamento em relação ao tempo: capacidade do produto de software de fornecer tempos de resposta e de processamento, além de taxas de transferência, apropriados, quando o software executa suas funções, sob condições estabelecidas.
- Comportamento em relação aos recursos: capacidade do produto de software usar tipos e quantidades apropriados de recursos, quando o software executa suas funções, sob condições estabelecidas.
- Conformidade: capacidade do produto de software de estar de acordo com normas e convenções relacionadas à eficiência.

Manutenibilidade: capacidade do produto de software de ser modificado. As modificações podem incluir correções, melhorias ou adaptações do software devido a mudanças no ambiente e nos seus requisitos ou especificações funcionais.

- Analisabilidade: capacidade do produto de software de permitir o diagnóstico de deficiências ou causas de falhas no software, ou a identificação de partes a serem modificadas.
- Modificabilidade: capacidade do produto de software que uma modificação específica seja implementada.
- Estabilidade: capacidade do produto de software de evitar efeitos inesperados decorrentes de modificações no software.
- Testabilidade: capacidade do produto de software de permitir que o software, quando modificado, seja validado.
- Conformidade: capacidade do produto de software de estar de acordo com normas ou convenções relacionadas à manutenibilidade.

Portabilidade: capacidade do produto de software de ser transferido de um ambiente para outro.

- Adaptabilidade: capacidade do produto de software de ser adaptado para diferentes ambientes especificados, sem necessidade de aplicação de outras ações ou meios além daqueles fornecidos para essa finalidade pelo software considerado.
- Capacidade de ser instalado: capacidade do produto de software ser instalado em um ambiente especificado.

- Coexistência: capacidade do produto de software de coexistir com outros produtos de software independentes, em um ambiente comum, compartilhando recursos comuns.
- Capacidade para substituir: capacidade do produto de software de ser usado em substituição a outro produto de software especificado, com o mesmo propósito e no mesmo ambiente.
- Conformidade: capacidade do produto de software de estar de acordo com normas ou convenções relacionadas à portabilidade.

As definições das características e sub-características propostas pela ISO/IEC 9126-1 são tais que não permitem sobreposição. Como exemplo, a definição da característica confiabilidade não permite que se considerem fatores que são próprios da característica manutenibilidade. Contudo, a norma admite que um atributo de qualidade possa influenciar mais de uma sub-característica ou característica. Por exemplo, número de linhas de código é atributo tanto da sub-característica analisabilidade quanto da sub-característica adaptabilidade.

A ISO/IEC 9126-1 nos leva a um entendimento dos conceitos relacionados com as características e sub-características de qualidade de produtos de software, porém, na prática ainda não facilita o suficiente a definição dos requisitos de qualidade a partir dela. As definições das características de qualidade nos dão uma visão geral dos possíveis requisitos de qualidade associados com os conceitos apresentados, mas não permitem elaborar uma definição de requisitos mais detalhada a partir delas. Não há sentido em se dizer que “um produto de software deve ter uma eficiência de 1,5”, pois não existe uma escala clara associada a este valor, impossibilitando uma medida direta e quantitativa da característica de qualidade.

O primeiro desdobramento em sub-características serve para delimitar melhor o amplo universo que a característica engloba. Introduce conceitos mais detalhados que ajudam a especificação de requisitos, fazendo-nos pensar na característica em termos de seus componentes. Mais este desdobramento ainda não é suficiente pra especificar os requisitos de qualidade. Uma definição como “o comportamento em relação ao tempo deve ser igual a 0,7”, continua sem fazer sentido, pois não existe uma escala clara associada a este valor, impossibilitando uma medida direta e quantitativa da sub-característica de qualidade.

Assim, é preciso que o usuário da norma, elaborando uma declaração de requisitos, faça o próximo desdobramento; os atributos que não estão presentes na ISO/IEC 9126-1, identificando aspectos relevantes ao produto de software e que se enquadrem nas sub-características e características citadas. Desta forma, uma declaração do tipo “O tempo de resposta para completar uma tarefa deve ser inferior a 2 segundos”, por exemplo, é adequada como requisito da sub-característica comportamento em relação ao tempo, que faz parte da característica eficiência. Vemos que foi necessário descer ao nível do atributo “tempo de resposta para completar uma tarefa” para que o requisito pudesse ser declarado de forma objetiva e não ambígua.

As partes 2 e 3 da norma ISO/IEC 9126 definem métricas externas e internas respectivamente que se associam a atributos de qualidade e que podem servir de referência inicial, na definição de atributos.

Modelo de qualidade para qualidade em uso

O modelo de qualidade em uso categoriza os atributos de qualidade de software em quatro características (eficácia, produtividade, segurança e satisfação). A qualidade em uso é a visão da qualidade sob a perspectiva do usuário. A obtenção de qualidade em uso é dependente da obtenção da necessária qualidade externa, a qual, por sua vez é dependente da obtenção da necessária qualidade interna. Normalmente, são necessárias medidas em todos os três níveis, pois atender aos critérios para medidas internas em geral não é suficiente para garantir o atendimento aos critérios para medidas externas, e atender aos critérios para medidas externas de sub-características em geral não é suficiente para garantir o atendimento aos critérios para qualidade em uso. Exemplos de métricas de qualidade em uso são dados na ISO/IEC 9126-4 [1].



Figura 2-3 – Modelo de qualidade em uso segundo a ISO/IEC 9126-1

Definição das características de qualidade em uso segundo a ISO/IEC 9126- 1:

Eficácia: capacidade do produto de software de permitir que usuários atinjam metas específicas com acurácia e completude, em um contexto de uso específico.

Produtividade: capacidade do produto de software de permitir que seus usuários empreguem quantidade apropriada de recursos em relação à eficácia obtida, em um contexto de uso especificado.

Segurança: capacidade do produto de software de apresentar níveis aceitáveis de riscos de danos a pessoas, negócios, software, propriedades ou ambiente, em um contexto de uso especificado.

Satisfação: capacidade do produto de software de satisfazer usuários, em um contexto de uso especificado.

2.2 ISO/IEC 14598

A avaliação de produtos de software deve ser objetiva – baseada em observação, não opinião. Também deve ser reprodutiva, de forma que avaliações do mesmo produto, para a mesma especificação de avaliação, executadas por diferentes avaliadores produzam resultados aceitos como idênticos e repetíveis [8]. Para isso, procedimentos de controle e julgamento de projeto são necessários. Assim, um processo de avaliação deve ser definido. Este processo deve seguir, basicamente, cinco passos: análise dos requisitos de avaliação, especificação da avaliação, projeto e planejamento da avaliação, execução da avaliação e documentação dos resultados. A série de normas ISO/IEC 14598 descreve um processo para avaliação de produtos de software, que consiste de quatro passos, como visualizado na tabela 2-1. O padrão definido distingue três perspectivas de avaliação: desenvolvedor, adquirente e avaliador.

	Análise	Especificação	Projeto	Execução
Processo para desenvolvedores	Definição de requisitos de qualidade e análise de sua exeqüibilidade	Quantificação dos requisitos de qualidade	Planejamento da avaliação durante o desenvolvimento	Monitoramento da qualidade e controle durante o desenvolvimento
Processo para adquirentes	Estabelecimento do propósito e escopo da avaliação	Definição de métricas externas e medições correspondentes a serem realizadas	Planejar, programar e documentar a avaliação	A avaliação deveria ser realizada, documentada e analisada
Processo para avaliadores	Descrição dos objetivos da avaliação	Definição do escopo da avaliação e das medições	Documentação dos processos a serem usados pelo avaliador	Obtenção dos resultados a partir da realização de ações de medição e verificação do produto

Tabela 2- 1 – Definição do processo de avaliação segundo a ISO/IEC 14598

Estas atividades contêm uma abordagem para a avaliação, definindo orientações e requisitos para a mesma. O fato de o padrão definir três diferentes situações para a avaliação implica que a tarefa de avaliar não é apenas do avaliador. Desenvolvedores e adquirentes estão também envolvidos na avaliação. Conseqüentemente eles devem examinar os requisitos e seguir as orientações para sua parte da avaliação.

A série de normas ISO/IEC 14598 é dividida em seis partes:

- ISO/ IEC 14598- 1 - Visão geral - Fornece uma visão geral do processo de avaliação da qualidade dos produtos de software e define toda a estrutura de funcionamento da série de normas ISO/IEC 14598;
- ISO/ IEC 14598- 2 - Planejamento e gestão - Refere-se ao planejamento e gestão do processo de avaliação apresentando requisitos, recomendações e orientações para uma função de suporte ao processo;
- ISO/ IEC 14598- 3 - Processo para desenvolvedores - Define o processo para desenvolvedores. Destina-se ao uso durante o processo de desenvolvimento e manutenção de software;
- ISO/ IEC 14598- 4 - Processo para adquirentes - Define o processo para adquirentes, estabelecendo um processo sistemático para avaliação de: produtos de software tipo pacote (com equivalência a NBR ISO/ IEC 12119) [14], produtos de software sob encomenda, ou ainda modificações em produtos já existentes;

- ISO/IEC 14598-5 - Processo para avaliadores - Define o processo para avaliadores, fornecendo orientações para a implementação prática de avaliação de produtos de software (quando diversas partes necessitam entender, aceitar e confiar em resultados da avaliação);
- ISO/IEC 14598-6 - Documentação de módulos para avaliação - Fornece orientação para documentação de módulos de avaliação. Estes módulos contêm a especificação do modelo de qualidade, as informações e dados relativos à aplicação prevista do modelo e informações sobre a real aplicação do modelo.

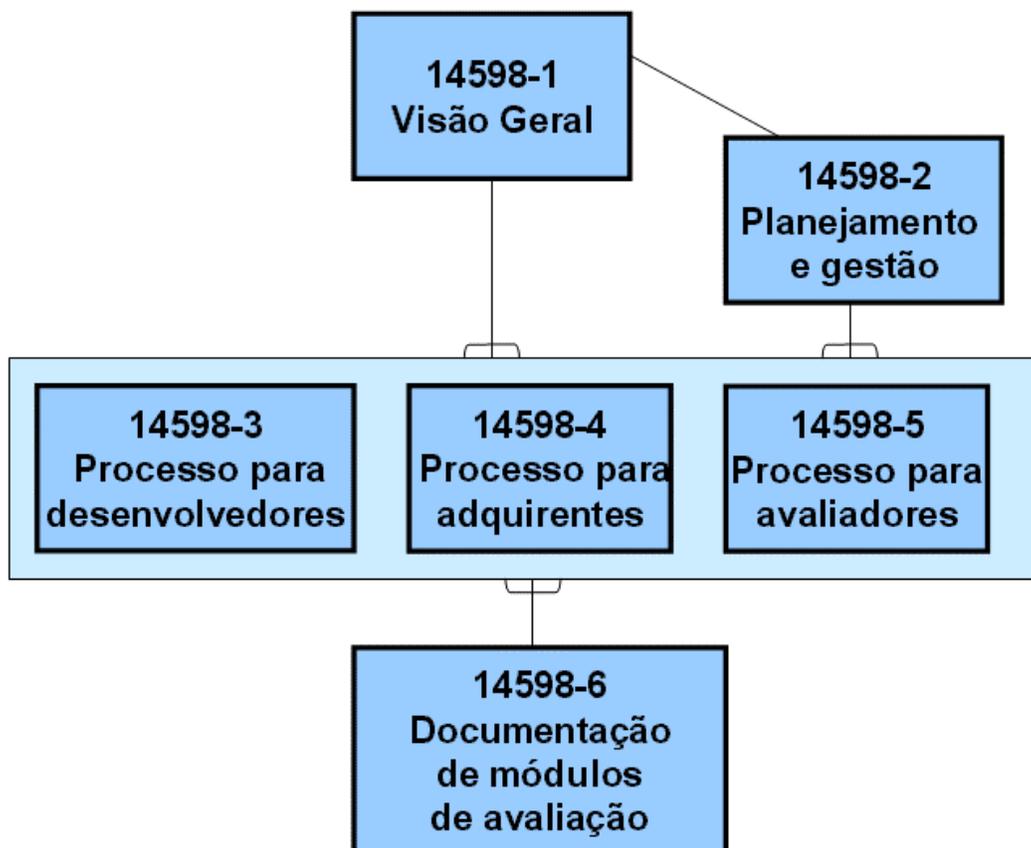


Figura 2- 4 – Estrutura da série de normas ISO/IEC 14598

2.2.1 ISO/IEC 14598-1

A primeira parte da norma ISO/IEC 14598 fornece uma estrutura para avaliar a qualidade de quaisquer produtos de software e estabelece os requisitos para medição e avaliação de produtos de software [5].

Processo de avaliação

Para avaliar a qualidade do software, primeiro se estabelecem os requisitos da avaliação, então se especifica, projeta e executa a avaliação, como mostra a figura 2- 3.

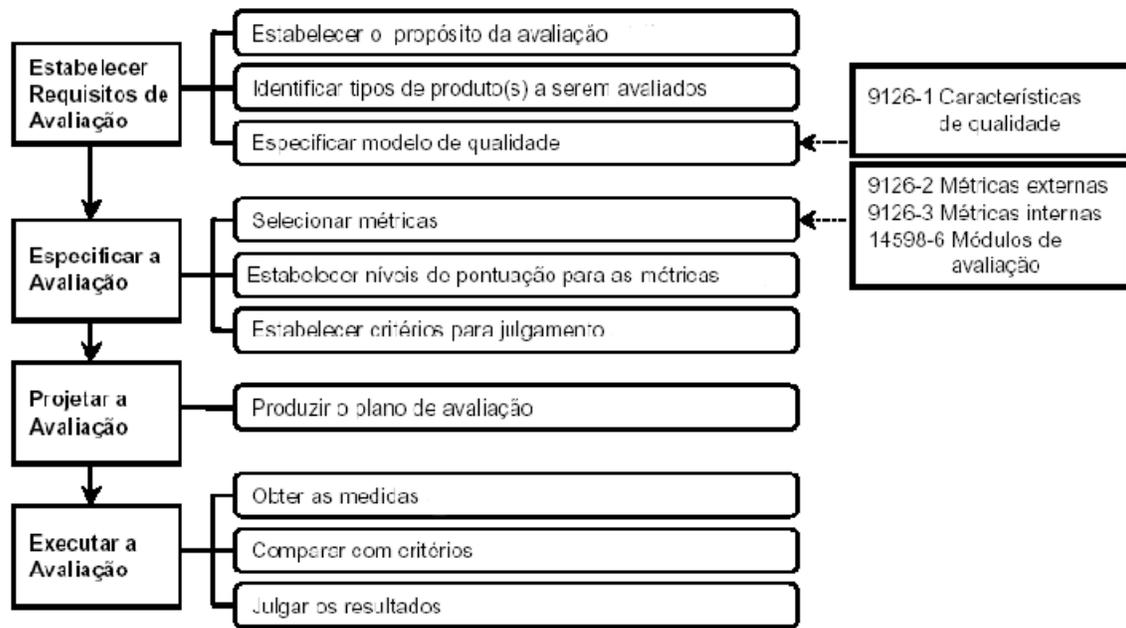


Figura 2- 5 – Processo de avaliação segundo a ISO/IEC 14598- 1

Descrição das etapas da avaliação segundo a ISO/IEC 15498:

Estabelecer requisitos de avaliação: Visa levantar os requisitos gerais da avaliação.

- Estabelecer o propósito da avaliação: Define quais os objetivos da avaliação. Tais objetivos estão relacionados ao uso pretendido do produto de software e aos riscos associados. Podem ser definidos pontos de vista diferentes de vários usuários do produto, tais como: adquirente, fornecedor, desenvolvedor, operador ou mantenedor do produto.
- Identificar tipos de produto(s) a serem avaliados: Define o tipo de produto a ser avaliado, se são um dos produtos intermediários ou o produto final.
- Especificar modelo de qualidade: A primeira etapa na avaliação de software consiste em selecionar as características de qualidade relevantes, utilizando um modelo de qualidade que desdobre a qualidade de software em diferentes características. Nesta fase da avaliação é escolhido o modelo de qualidade a ser utilizado visando definir os requisitos de qualidade para o produto de software.

Especificar a avaliação: Define a abrangência da avaliação e das medições a serem realizadas sobre o produto submetido para avaliação.

- Selecionar métricas: A forma pela qual as características de qualidade tem sido definidas não permite sua medição direta. É necessário estabelecer métricas que se correlacionem às características do produto de software. Nesta fase da avaliação são selecionadas as métricas a serem utilizadas durante a avaliação.
- Estabelecer níveis de pontuação para as métricas: Para cada métrica selecionada devem ser definidos os níveis de pontuação e uma escala relacionada, onde poderão ser representados o nível planejado, o nível atual e o nível que representa o pior caso para o atributo a ser medido.
- Estabelecer critérios para julgamento: Para julgar a qualidade do produto, o resultado da avaliação de cada característica precisa ser sintetizado. É aconselhável que o avaliador prepare um procedimento para isto, onde cada característica poderá ser representada em termos de suas sub-características ou de uma combinação ponderada de suas sub-características.

Projetar a avaliação: Deve documentar os procedimentos a serem utilizados pelo avaliador para realizar as medições contidas na especificação de avaliação.

- Produzir plano de avaliação: O avaliador deve produzir um plano de avaliação que descreva os recursos necessários para realizar a avaliação especificada, bem como a distribuição destes recursos entre as diversas ações a serem realizadas.

Executar a avaliação: Obter os resultados da execução das ações de medição e verificação do produto de software de acordo com os requisitos de avaliação, como especificado na especificação de avaliação e planejado no plano de avaliação.

- Obter as medidas: As métricas selecionadas são aplicadas ao produto de software obtendo como resultado valores nas escalas das métricas.
- Comparar com critérios: O valor medido para cada métrica é comparado com os critérios determinados na especificação da avaliação.
- Julgar os resultados: O julgamento é a etapa final da avaliação, onde um conjunto de níveis pontuados é resumido. O resultado é uma declaração de quanto o produto de software atende aos requisitos de qualidade.

Concluindo o processo de avaliação os resultados devem ser relatados em um relatório de avaliação e entregues ao requisitante da avaliação que de acordo com critérios gerenciais tomará decisões sobre aceitação ou rejeição do produto de software, ou ainda a sua liberação para uso.

2.3 Relação entre as séries ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598

A figura 2-6 mostra a relação entre as séries de normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598, onde cada parte das séries está associada com suas respectivas funcionalidades.

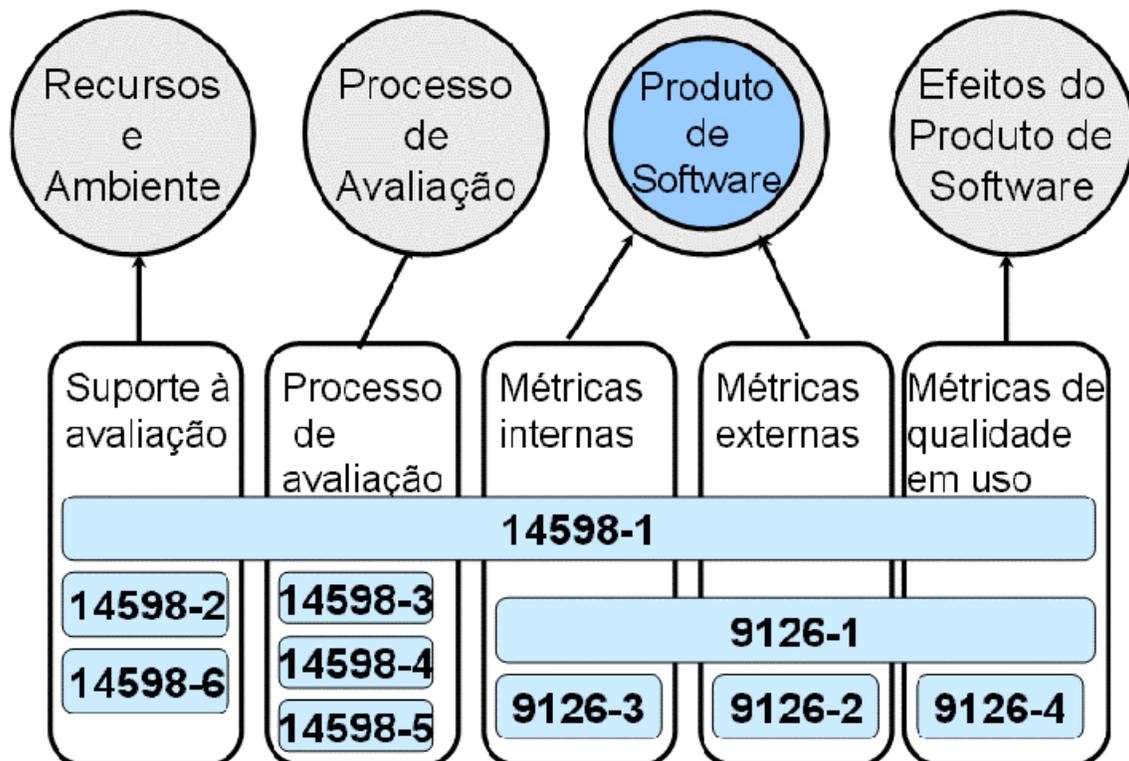


Figura 2-6 – Relação entre as séries de normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598

Como foi visto nas seções anteriores a parte 1 da ISO/IEC 14598 apresenta uma visão geral do processo de avaliação de produtos de software e fornece orientações e requisitos para avaliação, estando relacionada com todas as outras partes da série ISO/IEC 14598 e também com toda a série ISO/IEC 9126. As partes 2 e 6 da ISO/IEC 14598 estão relacionadas com o apoio a avaliação, sendo a parte 2 associada com o planejamento e gestão do processo de avaliação e a parte 6 associada com a documentação dos módulos de avaliação. Já as partes 3, 4 e 5 da ISO/IEC 14598 detalham o processo geral definido na ISO/IEC 14598-1, sob o ponto de vista do desenvolvedor na ISO/IEC 14598-3, sob o ponto de vista do adquirente na ISO/IEC 14598-4 e sob o ponto de vista do avaliador na ISO/IEC 14598-5.

A série ISO/IEC 9126 está associada com o produto de software e seus efeitos em um ambiente de uso específico. A parte 1 da série define um modelo de qualidade de propósito geral. E as partes 2, 3 e 4 definem métricas internas, externas e de uso, respectivamente. Estas métricas estão associadas com as características e sub-características do modelo de qualidade definido na ISO/IEC 9126- 1.

2.4 Considerações Finais

Neste capítulo foram vistas as normas internacionais que tratam de qualidade e avaliação de produtos de software. Estas normas foram a base para a definição e estruturação do processo de análise de desempenho de produtos de software, a ser visto no próximo capítulo.

3. Processo para Análise de Desempenho de Produtos de Software

Analisar desempenho de software tem por objetivo estimar tempo e recursos consumidos, descobrir potenciais pontos de gargalo de processamento e prever o desempenho do sistema em um ambiente real. O processo definido neste capítulo oferece uma abordagem para tal análise baseando-se em padrões e normas internacionais. Como foi visto no capítulo anterior, duas classes de normas: a ISO/IEC 9126 e a ISO/IEC 14598 são, conjuntamente, utilizadas com a finalidade de avaliar produtos de software. A primeira define características de qualidade de produtos de software, no sentido de definir requisitos de qualidade e a segunda define um processo de avaliação, no sentido de definir como executar a avaliação.

O processo aqui definido atém-se a uma das características de qualidade definidas pela ISO/IEC 9126, a característica eficiência, que está relacionada com o desempenho do produto de software. Ainda, utiliza o processo geral definido na ISO/IEC 14598 para gerar uma instância do mesmo focada na avaliação de desempenho (eficiência).

Estaremos definindo uma série de atividades, passos e artefatos a serem produzidos que servem de instrumento para que a avaliação transcorra da forma mais efetiva possível, minimizando impactos de diversas naturezas e garantindo, desta forma, o sucesso da avaliação.

3.1 Fluxo de Atividades

A seguir apresentamos o fluxo de atividades da análise de desempenho (figura 3-1). Ele reflete as atividades do processo de análise de desempenho, utilizando a notação padrão da OMG, o S.P.E.M [15].

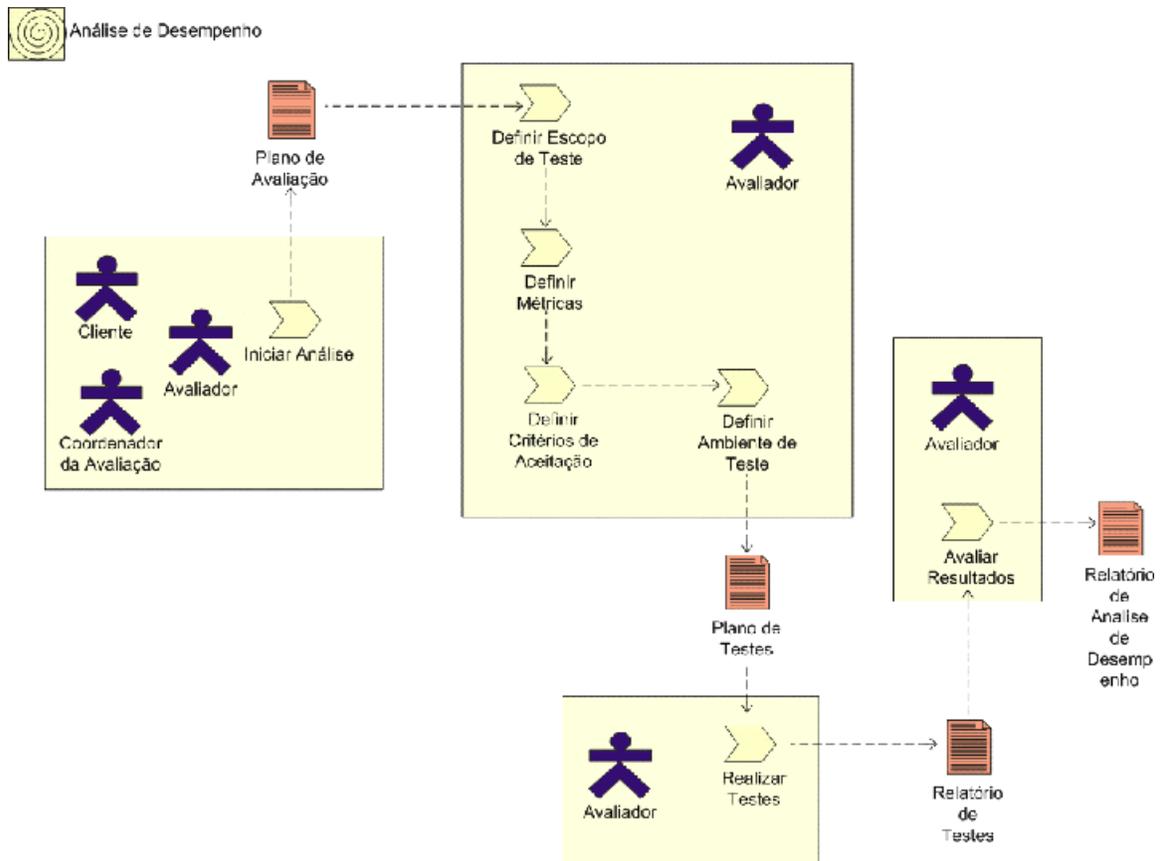


Figura 3- 1 – Fluxo de atividades da análise de desempenho

3.2 Responsáveis e Artefatos

Como foi visto na seção anterior (figura 3-1) temos pessoas responsáveis e artefatos associados às atividades de avaliação. Nesta seção estaremos definindo estes responsáveis e os artefatos associados aos mesmos. A tabela 3-1 sintetiza esta relação:

Responsável	Artefatos
▪ Contratante (Cliente)	▪ Solicitação de Avaliação de Produto ▪ Especificação de Requisitos de Software ▪ Programa Executável ▪ Plano de Avaliação
▪ Coordenador da Avaliação	▪ Entrevista ▪ Plano de Avaliação
▪ Avaliador	▪ Plano de Avaliação ▪ Plano de Teste ▪ Relatório de Teste ▪ Relatório de Análise de Desempenho

Tabela 3-1 – Responsáveis e artefatos da análise de desempenho

Descrição dos responsáveis e artefatos:

Responsáveis:

- Contratante (Cliente): Pessoa responsável por solicitar a avaliação do produto e disponibilizar informações relativas ao mesmo.
- Coordenador da Avaliação: Pessoa responsável por intermediar o contrato com o cliente, planejar e gerenciar o processo de avaliação.
- Avaliador: Pessoa especializada no módulo de avaliação, responsável pela execução de todo o processo de avaliação.

Artefatos:

- Solicitação de Avaliação do Produto: Inicia o processo de avaliação através de uma demanda feita pelo contratante. Neste documento o cliente informará seus dados, dados do produto e sua solicitação.
- Especificação de Requisitos de Software: Documento contendo a visão funcional do produto (requisitos funcionais), assim como os principais interesses não tangíveis para o produto (requisitos não- funcionais).
- Programa Executável: Versão final do programa executável, deve ser estável e pronta para utilização.
- Entrevista: Modelo com algumas perguntas padrão e outras que serão adicionadas dependendo das características do produto. Será feita pelo coordenador ao cliente e produzida pelos avaliadores.
- Plano de Avaliação: Resultado de uma análise baseada nos objetivos, limitações, recursos financeiros e técnicos, entre outros fatores, os quais indicam se a avaliação será levada adiante ou não. Define na avaliação a ser realizada: o mapeamento das responsabilidades (papéis) dos profissionais (equipe), porte do produto, cronograma detalhado, técnicas adotadas, orçamento e riscos que possam afetar a avaliação (classificados por ordem de magnitude).
- Plano de Teste: Plano contendo os casos de uso a serem testados, as definições de testes para os mesmos, métricas a serem coletadas e critérios de aceitação para as mesmas.
- Relatório de Teste: Sintetiza os resultados obtidos durante a bateria de testes realizada sobre o produto.
- Relatório de Análise de Desempenho: Apresenta uma conclusão geral da avaliação proposta para o produto.

3.3 Descrição das Atividades

Nesta seção serão descritas as atividades do processo de análise de desempenho. Cada atividade será detalhada mostrando seus objetivos, responsáveis, entradas, saídas e passos para realização da atividade.

3.3.1 Iniciar Análise

Processo: Análise de Desempenho	Atividade: Iniciar Análise
Objetivos: <ul style="list-style-type: none">• Identificar variáveis e particularidades necessárias antes da aplicação da Análise de Desempenho.	
Entradas: <ul style="list-style-type: none">• Solicitação de Avaliação do Produto• Especificação de Requisitos de Software• Programa Executável	Saídas: <ul style="list-style-type: none">• Plano de Avaliação
Passos: <ul style="list-style-type: none">• Analisar solicitação de avaliação• Levantar artefatos necessários à análise• Entrevista• Preencher Plano de Avaliação<ul style="list-style-type: none">• Porte do produto• Informações adicionais• Técnica adotada• Definir equipe• Cronograma• Riscos associados	
<ul style="list-style-type: none">• Responsável: Coordenador da Avaliação, Avaliador e Contratante	

Tabela 3- 2 – Estrutura da atividade Iniciar Análise

Descrição dos passos da atividade Iniciar Análise:

Analisar solicitação de avaliação:

Primeiramente a equipe de avaliação deve analisar a solicitação de avaliação do produto, identificando o contratante e seu respectivo produto a ser analisado. Necessita-se levantar informações da plataforma padrão e ambiente operacional no qual o sistema se propõe a funcionar. Todas estas informações estão disponíveis na Solicitação de Avaliação do Produto.

Levantar artefatos necessários à análise:

Após ter-se uma visão geral do produto e seu ambiente operacional é preciso identificar os artefatos necessários à análise. Primeiramente, o documento de Especificação de Requisitos de Software será necessário para ter-se uma visão das funcionalidades do sistema em termos dos seus casos de uso e para que se possa, dentre estes, selecionar os que são vitais à análise. Por fim o programa executável será necessário para a realização dos testes propostos pelo processo.

Entrevista:

Há a necessidade de questionamentos ao requisitante da avaliação, objetivando determinar informações estritamente necessárias à avaliação de desempenho, antes que a mesma seja executada. No apêndice A temos o conjunto de questionamentos a serem feitos ao contratante [ver Apêndice A].

Preencher Plano de Avaliação:

De posse de informações sobre o sistema e seu contexto de uso, deve-se analisá-las e definir a(s) técnica(s) a serem utilizadas para a Análise de Desempenho do sistema. Negociar junto ao contratante a melhor forma de atingir suas expectativas, discutindo o efeito do processo de análise de desempenho. O Plano de Avaliação conterà informações como a técnica de avaliação adotada, cronograma, equipe de avaliadores, entre outras.

Estrutura do Plano de Avaliação:

- Porte do produto:

O porte do produto será definido de acordo com a quantidade de funcionalidades a serem avaliadas neste módulo. Uma funcionalidade diz respeito a uma operação que pode ser feita utilizando o sistema, como, por exemplo, cadastrar um aluno num sistema escolar.

Porte do Produto	Funcionalidades
Pequeno	Até 15
Médio	Entre 16 e 50
Grande	Acima de 50

Tabela 3- 3 – Porte do Produto x Funcionalidades

- Informações adicionais:

Deverá conter o resultado da entrevista feita com o contratante, dando subsídios para as outras atividades.

- Técnica adotada:

A análise de desempenho proposta trata-se de uma análise black-box (caixa preta), onde procura-se focar no resultado final do produto de software, o software (executável) propriamente dito. Assim o processo é focado em testes de performance, visando extrair informações relacionadas ao desempenho do software em questão. Através desta análise é possível detalhar informações associadas a tempo, recursos de sistema, intercomunicação, capacidade de transferência dos canais de comunicação, entre outros dados.

- Definir equipe:

A equipe de avaliadores deverá ser composta de acordo com o porte do produto a ser avaliado, como mostra a tabela abaixo:

Porte do Produto	Quantidade de Avaliadores
Pequeno	1
Médio	2
Grande	3

Tabela 3- 4 – Porte do Produto x Quantidade de Avaliadores

- Cronograma:

O cronograma da Avaliação de Desempenho será dividido de acordo com as atividades definidas para o processo:

Atividade	Tempo para Realização (em horas)		
	Pequeno	Médio	Grande
Iniciar Análise	2	3	4
Definir Escopo de Teste	2	3	3
Definir Métricas	1	2	2
Definir Critérios de Aceitação	2	3	3
Definir Ambiente de Teste	2	3	3
Realizar Testes	3	4	5
Avaliar Resultados	2	3	3

Tabela 3- 5 – Cronograma das Atividades

- Riscos associados:

Riscos base associados à Análise de Desempenho:

Risco	Impacto	Probabilidade	Conseqüências	Mitigação
A visão do contratante sobre análise de desempenho não condizer com o que a nossa análise se propõe a fazer.	Alto	Média	Resultados da análise não satisfazem o que o contratante esperava.	Evitar: O contratante deverá estar ciente do processo de avaliação. Deve-se deixar claro, durante a entrevista, qual o propósito da avaliação e quais os benefícios que a mesma trará para o contratante.

O contratante não possuir o documento de Especificação de Requisitos de Software.	Alto	Média	Dificuldade na identificação das funcionalidades do sistema e possível alteração no cronograma do processo.	Assumir: Entrevistas e preparação de questionários para o contratante visando preencher a falta do documento.
O contratante não liberar o programa executável para realização dos testes.	Alto	Baixa	Impossibilidade de realização da avaliação.	Assumir: Negociar com o contratante a liberação do produto.

Tabela 3- 6 – Riscos base da Análise de Desempenho

3.3.2 Definir Escopo de Teste

Processo: Análise de Desempenho	Atividade: Definir Escopo de Teste
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Esta atividade visa definir o que será testado no produto visando analisar seu desempenho. Identificaremos o que desejamos testar através dos casos de uso críticos definidos pelo contratante e equipe de avaliação. 	
<p>Entradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Especificação de Requisitos de Software 	<p>Saídas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Plano de Teste
<p>Passos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Validar/Identificar casos de uso críticos Iniciar plano de teste 	
<ul style="list-style-type: none"> Responsável: Avaliador 	

Tabela 3- 7 – Estrutura da atividade Definir Escopo de Teste

Descrição dos passos da atividade Definir Escopo de Teste:

Validar/Identificar casos de uso críticos:

Casos de uso críticos são aqueles importantes para a operação do sistema e que são cruciais de ter um tempo de resposta razoável para o usuário. São considerados críticos também, aqueles que possuem um significativo risco de desempenho, ou seja, aqueles cujos objetivos de desempenho devem ser alcançados para que o sistema possa operar como se espera.

Durante a entrevista com o contratante foram levantados potenciais casos de uso críticos [ver seção 3.3.1]. Na etapa presente da análise, o documento de Especificação de Requisitos de Software será analisado visando validar, de acordo com a experiência dos avaliadores, se estes casos de uso levantados são realmente críticos e possivelmente identificar novos casos de uso a serem utilizados durante os testes. Caso o documento citado não exista, a identificação será feita através de novas conversas com o contratante e análise do software propriamente dito.

Estes casos de uso serão utilizados para gerar carga e estresse no sistema durante as operações de teste para análise de desempenho.

Iniciar plano de teste:

Definidos os casos de uso críticos, o Plano de Teste de desempenho deve ser iniciado, listando estes casos de usos na seção de Escopo de teste.

3.3.3 Definir Métricas

Processo: Análise de Desempenho	Atividade: Definir Métricas
Objetivos: <ul style="list-style-type: none">Definir as métricas a serem utilizadas como variáveis a fim de mensurar os testes a serem realizados.	
Entradas: <ul style="list-style-type: none">Plano de Teste	Saídas: <ul style="list-style-type: none">Plano de Teste
Passos: <ul style="list-style-type: none">Selecionar métricasAtualizar plano de teste	
<ul style="list-style-type: none">Responsável: Avaliador	

Tabela 3- 8 – Estrutura da atividade Definir Métricas

Descrição dos passos da atividade Definir Métricas:

Selecionar métricas:

Baseado na norma ISO 9126-2 que define métricas externas para a avaliação de produtos de software, foram selecionadas algumas métricas propostas para a característica de qualidade eficiência visando à realização da avaliação de desempenho.

As métricas estão divididas de acordo com as sub-características da característica de qualidade eficiência, a saber:

1. Métricas de comportamento em relação a tempo
 - 1.1. Tempo de Resposta
 - 1.2. Vazão
2. Métricas de comportamento em relação a recursos
 - 2.1. Utilização de recursos de dispositivos de entrada/saída (I/O)
 - 2.2. Utilização de recursos de memória
 - 2.3. Utilização de recursos de transmissão

No Apêndice B cada classe de métricas é detalhada, mostrando as métricas associadas a cada classe, seus objetivos, fórmulas utilizadas para medição e interpretação para as medidas [ver Apêndice B].

Dentre as métricas listadas no Apêndice B serão escolhidas aquelas que se aplicam melhor ao produto sendo avaliado. Esta escolha deve ser feita pela equipe de avaliação.

Atualizar plano de teste:

As métricas escolhidas devem ser listadas na seção de Métricas do Plano de Teste.

3.3.4 Definir Critérios de Aceitação

Processo: Análise de Desempenho	Atividade: Definir Critérios de Aceitação
Objetivos: <ul style="list-style-type: none">• Definir os critérios de aceitação ou resultados esperados para as métricas definidas na etapa anterior.	
Entradas: <ul style="list-style-type: none">• Especificação de Requisitos de Software• Plano de Teste	Saídas: <ul style="list-style-type: none">• Plano de Teste
Passos: <ul style="list-style-type: none">• Estabelecer níveis de pontuação para as métricas• Estabelecer critérios para julgamento• Atualizar plano de teste	
<ul style="list-style-type: none">• Responsável: Avaliador	

Tabela 3- 9 – Estrutura da atividade Definir Critérios de Aceitação

Descrição dos passos da atividade Definir Critérios de Aceitação:

Estabelecer níveis de pontuação para as métricas:

Para cada métrica definida na etapa anterior seu resultado, isto é, valor medido é mapeado numa escala. Como este valor por si só não mostra o nível de satisfação, esta escala é dividida em faixas correspondentes aos diversos graus de satisfação dos requisitos, a saber:

- Primeira divisão: satisfatória e insatisfatória
- Segunda divisão: o pior caso, o nível atual e nível planejado. O nível atual visa controlar se o sistema não se deteriora em relação à situação atual. O nível planejado é o que é considerado alcançável, com os recursos disponíveis. O pior caso é o limite para aceitação pelo usuário, no caso em que o produto não alcance o nível planejado.

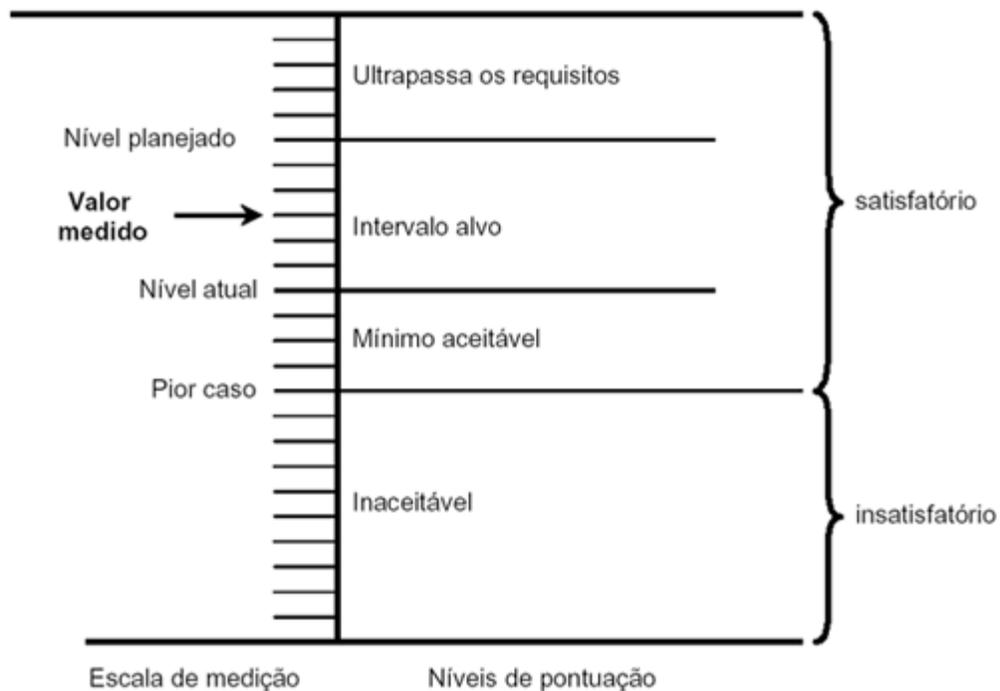


Figura 3- 2 – Escala - Níveis de pontuação para as métricas

Deve-se analisar a seção de requisitos não-funcionais do Documento de Especificação de Requisitos de Software visando identificar algum resultado esperado para as métricas definidas, desta forma facilitado a montagem da escala de pontuação. Caso não existam referências documentadas os valores para os níveis de pontuação devem ser propostos pela equipe de avaliação junto ao contratante.

Esta escala foi retirada da norma ISO/IEC 14598-1 que a definiu como exemplo para estabelecer níveis de pontuação para as métricas.

Estabelecer critérios de julgamento:

Para julgar a qualidade é preciso interpretar os resultados das medições. O primeiro passo nesse sentido foi dado quando foram estabelecidos níveis de pontuação para as métricas. Agora é preciso obter conclusões sobre qualidade, a partir do conjunto de valores obtidos da aplicação das métricas. A seguir é definido um método para obter resultados sintéticos de avaliação:

Passo 1 : Mapear todos os resultados de métricas para uma escala [0,1], em que 0 significa o pior resultado possível, e enquanto 1 representa o melhor. A maioria das métricas definidas já segue este padrão.

Passo 2 : Estabelecer pesos para as sub-características de qualidade que englobam as métricas definidas, a saber:

- Comportamento em relação ao tempo - Peso X
- Comportamento em relação aos recursos - Peso Y

Onde X e Y estão no intervalo [0,10]

Passo 3 : Calcular médias ponderadas usando os valores das métricas e pesos das respectivas sub-características. Assim para cada sub-característica calculamos uma média aritmética de suas métricas e depois calculamos uma média ponderada das notas das sub-características obtendo a nota final.

Atualizar plano de teste:

Os critérios de aceitação ou resultados esperados devem entrar na seção de Critérios de aceitação no Plano de Teste.

3.3.5 Definir Ambiente de Teste

Processo: Análise de Desempenho	Atividade: Definir Ambiente de Teste
Objetivos: <ul style="list-style-type: none">Definir e configurar o ambiente para realização dos testes, especificando quais ferramentas serão utilizadas nos testes, configuração de máquina para as mesmas, instalação da(s) ferramenta(s) de teste, instalação de ferramentas adicionais e instalação do sistema a ser testado.	
Entradas: <ul style="list-style-type: none">Plano de Teste	Saídas: <ul style="list-style-type: none">Plano de Teste
Passos: <ul style="list-style-type: none">Definir ambienteConfigurar ambienteAtualizar plano de teste	
<ul style="list-style-type: none">Responsável: Avaliador	

Tabela 3- 10 – Estrutura da atividade Definir Ambiente de Teste

Descrição dos passos da atividade Definir Ambiente de Teste:

Definir ambiente:

Primeiramente é preciso definir quais ferramentas serão utilizadas para a realização dos testes. De acordo com as métricas definidas será preciso a utilização de ferramentas que emulem carga, sobrecarga e acessos concorrentes ao sistema de modo a realizar os testes para coleta de resultados das métricas. Este processo propõe algumas ferramentas utilizadas no mercado, sendo possível a inclusão de ferramentas novas ou auxiliares a fim de realização dos testes. O Apêndice C lista algumas ferramentas que possivelmente podem ser utilizadas durante a etapa de realização dos testes [ver Apêndice C].

Depois de escolhidas as ferramentas a serem usadas nos testes, devem ser definidas a(s) máquina(s) que servirão de estação para realização dos testes, lembrando que as mesmas devem atender aos requisitos de hardware necessários para instalação das ferramentas de teste. O ambiente de testes deve simular ao máximo o ambiente de produção do produto sendo avaliado, de forma a permitir que a análise seja a mais precisa e realística possível.

Configurar ambiente:

Definidas as ferramentas e estações de testes, passa-se para a etapa de configuração do ambiente de testes. Instalando a(s) ferramenta(s) a serem utilizadas e configurando as mesmas de acordo com o software a ser testado. Ferramentas adicionais podem ser instaladas e configuradas de acordo com as necessidades de funcionamento das ferramentas de teste.

Atualizar plano de teste:

As ferramentas e estações a serem utilizadas durante os testes devem ser inseridas na sessão de Ambiente de teste no Plano de Teste.

3.3.6 Realizar Testes

Processo: Análise de Desempenho	Atividade: Realizar Testes
Objetivos: <ul style="list-style-type: none">Efetuar os testes para coleta de resultados das métricas definidas e analisar os resultados dos mesmos de acordo com os critérios de aceitação definidos para elas.	
Entradas: <ul style="list-style-type: none">Plano de Teste	Saídas: <ul style="list-style-type: none">Relatório de Teste
Passos: <ul style="list-style-type: none">Efetuar testesColher resultados das métricasConfrontar resultados das métricas com critérios de aceitaçãoPontuar testesDocumentar resultados	
<ul style="list-style-type: none">Responsável: Avaliador	

Tabela 3- 11 – Estrutura da atividade Realizar Testes

Descrição dos passos da atividade Realizar Testes:

Efetuar testes:

Para cada métrica escolhida deve ser realizado o seu teste específico visando colher o resultado da mesma diante do ambiente de teste configurado. Cada teste será realizado isoladamente, utilizando sua ferramenta específica.

Colher resultados das métricas:

Para cada teste, sendo realizado, os resultados das métricas associadas ao mesmo devem ser colhidas e documentadas na seção de Resultados dos testes do relatório de teste.

Confrontar resultados das métricas com critérios de aceitação:

As métricas colhidas devem ser comparadas com os níveis de pontuação(escala) definidos na atividade Definir critérios de aceitação, de forma a avaliar o estado atual do produto de software [ver seção 3.3.4]. Estes resultados devem ser documentados no relatório de testes, na sessão de Avaliação de resultados dos testes.

Pontuar testes:

A pontuação da análise será realizada de acordo como foi definido na sub-atividade Estabelecer critérios de julgamento da atividade Definir Critérios de Aceitação [ver seção 3.3.4]:

Documentar resultados:

Os resultados finais obtidos da pontuação dos testes devem ser documentados no Relatório de Teste na seção de Resultados finais.

3.3.7 Avaliar Resultados

Processo: Análise de Desempenho	Atividade: Avaliar Resultados
Objetivos: <ul style="list-style-type: none">• Gerar um documento que detalhe os métodos utilizados e os resultados obtidos na análise, descrevendo brevemente como se chegou aos resultados informados. O documento deve ainda informar pontos fracos e fortes identificados e possíveis sugestões de melhorias para o produto.	
Entradas: <ul style="list-style-type: none">• Plano de Teste• Relatório de Teste	Saídas: <ul style="list-style-type: none">• Relatório de Análise de Desempenho
Passos: <ul style="list-style-type: none">• Discutir resultados• Gerar relatório de análise de desempenho	
<ul style="list-style-type: none">• Responsável: Avaliador	

Tabela 3- 12 – Estrutura da atividade Avaliar Resultados

Descrição dos passos da atividade Avaliar Resultados:

Discutir resultados:

Baseado nas observações do relatório de teste, os resultados obtidos durante os testes devem ser discutidos visando identificar pontos fracos e fortes do sistema e possivelmente sugerir alternativas de melhorias para o produto.

Gerar relatório de análise de desempenho:

Um relatório final deve ser gerado descrevendo a análise realizada e enfatizando suas principais etapas e resultados obtidos, de forma a servir de referência para o contratante quando o mesmo precisar de resultados da análise de desempenho. O documento também conterá os pontos fracos e fortes do produto e possíveis melhorias para o mesmo.

3.4 Considerações Finais

Neste capítulo foi visto um processo para análise de desempenho de produtos de software, estruturado num passo a passo de atividades focadas na realização de testes de desempenho. Foram vistas atividades, responsáveis e artefatos gerados durante a análise. Também foi vista uma técnica para síntese dos resultados dos testes com o fim de gerar uma nota final para a análise de desempenho do produto.

A definição deste processo tem por objetivo analisar o desempenho de produtos de software reais, em utilização no mercado. No próximo capítulo será vista a aplicação do processo na análise de produtos reais.

4. Aplicação em um Caso Real

Este capítulo relata a experiência prática da aplicação do processo de análise de desempenho em um caso real. Este caso foi vivenciado pelo autor durante a avaliação de um produto de software no âmbito do laboratório de análise de produtos de software, o LAPS [16], alocado no Centro de Informática da UFPE. Este laboratório tem por objetivo avaliar a qualidade de produtos de software, utilizando uma metodologia que divide a avaliação em módulos de avaliação. Estes módulos segmentam a avaliação da qualidade de acordo com as características de qualidade definidas pela norma ISO/IEC 9126. Assim, cada módulo de avaliação está associado a uma ou mais característica de qualidade. Um dos módulos definidos pelo laboratório trata-se do módulo desempenho, que tem por objetivo avaliar o desempenho do produto de software baseado na característica de qualidade eficiência do modelo da ISO/IEC 9126. Este módulo utiliza o processo de análise de desempenho proposto neste documento. Foi através da avaliação da qualidade de produtos no LAPS, utilizando o módulo desempenho, que o processo de análise de desempenho proposto pôde ser aplicado em casos reais.

A seguir descreveremos o resultado da aplicação do processo de análise de desempenho na avaliação de um produto de software.

4.1 O Caso do Sistema de Avaliação Continuada de Alunos

Este experimento foi a primeira aplicação prática do processo de análise de desempenho definido. Através deste caso, pudemos validar o processo, identificar pontos fracos e fortes do mesmo e melhorá-lo de acordo com os resultados obtidos durante a avaliação.

O sistema em questão trata-se de um software para auxiliar o processo de avaliação continuada do ensino médio e fundamental das escolas públicas estaduais. O sistema agrega várias informações dos estabelecimentos de ensino, como: alunos matriculados, professores, turmas e atividades escolares. Com estas informações o sistema acompanha o desempenho escolar dos alunos e fornece resultados estatísticos relativos ao aprendizado dos alunos. Estes resultados podem ser utilizados pelo processo gestor e administrativo dos governos estaduais visando auxiliar a avaliação do ensino como um todo.

A seguir detalhamos a aplicação do processo de avaliação para o produto em questão, descrevendo os resultados obtidos para cada atividade do processo.

4.1.1 Iniciar Análise

Primeiramente analisamos a Solicitação de Avaliação do Produto, onde tivemos informações gerais sobre o produto, como mostra a tabela abaixo:

Nome	...
Versão	...
Fabricante	...
Finalidade	Avaliação continuada de alunos do ensino médio e fundamental
Observações	
Configuração:	
- Plataforma (celular, palm, desktop,...)	Desktop
- Ambiente (WEB, local,...)	Local
- Sistema Operacional	Windows
- Banco de Dados	Firebird
- Linguagem (Caso haja mais de uma linguagem citá-las)	Java
- Requisitos de hardware	Mínimos: 200MB de disco livre 256MB RAM Recomendados: 500MB disco e 768MB RAM
- Infra-estrutura de Rede (opcional)	Rede Ethernet 100Mbps

Tabela 4- 1 – Informações do Produto

De mão destas informações solicitamos e analisamos os artefatos necessários à nossa análise, a saber: o Documento de Especificação de Requisitos e o Software Executável. Estes artefatos foram disponibilizados pelo contratante. Posteriormente uma entrevista foi feita ao contratante pelo coordenador da avaliação. Nesta entrevista foram levantadas informações necessárias à análise de desempenho, seu resultado pode ser visto no Apêndice D [ver Apêndice D].

Após esta etapa informativa, foi preenchido o Plano de Avaliação onde temos informações como o porte do produto, equipe de avaliação, cronograma e riscos da avaliação. Um resumo do Plano de Avaliação pode ser visto no Apêndice E [ver Apêndice E].

4.1.2 Definir Escopo de Teste

Nesta atividade selecionamos os casos de uso utilizados durante os testes de performance, a maioria destes casos de uso foram identificados durante a entrevista com o contratante, sendo alguns identificados pela equipe de avaliação. A seguir listamos os casos de uso selecionados:

- Cadastrar professores;
- Cadastrar alunos;
- Cadastrar turmas;
- Associar alunos a turmas;
- Associar professores a turmas;
- Consultar professores;
- Consultar alunos;
- Consultar turmas;
- Gerar relatório geral.

Identificados estes casos de uso o Plano de Teste foi inicializado listando estas funcionalidades na seção Escopo de Teste.

4.1.3 Definir Métricas

Nesta atividade identificamos as métricas a serem utilizadas como variáveis de medida durante a realização dos testes da avaliação. Estas métricas foram selecionadas de acordo com o produto e com as necessidades levantadas durante a entrevista com o contratante.

A seguir listamos as métricas selecionadas:

- Tempo médio de resposta;
- Vazão média;
- Utilização máxima de memória;
- Razão de erros de memória/tempo.

Selecionamos duas métricas relacionadas ao comportamento do sistema em relação ao tempo e duas métricas relacionadas ao comportamento do sistema em relação aos recursos consumidos. Para um detalhamento destas métricas, consulte o Apêndice B [ver Apêndice B]. Nele temos as descrições das métricas, seus objetivos, fórmulas e interpretações.

Selecionadas as métricas, o Plano de Teste foi atualizado listando as mesmas na seção Métricas.

4.1.4 Definir Critérios de Aceitação

Nesta atividade definimos os resultados esperados para as métricas definidas na etapa anterior. Primeiramente analisamos a seção de Requisitos Não-Funcionais do Documento de Especificação de Requisitos do produto visando identificar algum requisito de qualidade relacionado a eficiência. Foi identificado apenas um requisito de performance, o mesmo limitava o tempo de resposta de qualquer operação no sistema a no máximo 2 segundos. Este requisito foi considerado na elaboração das escalas de medição para as métricas, os demais valores utilizados nas escalas foram definidos de forma empírica pela equipe de avaliação de acordo com análise do produto.

Como foi visto na definição do processo [ver seção 3.3.4], a escala de medição é dividida em níveis de satisfação. Temos o nível atual que visa controlar se o sistema não se deteriora em relação avaliações anteriores. O nível planejado, considerado alcançável com os recursos disponíveis e o pior caso que é o limite para aceitação pelo usuário. Como esta avaliação foi a primeira para este produto, consideramos para o nível atual de cada escala o mesmo valor considerado para o pior caso, pois não existiam registros de avaliações anteriores. A seguir temos os valores dos níveis de aceitação para cada métrica.

- Tempo médio de resposta:

- Pior Caso: 2
- Nível Atual: 2
- Nível Planejado: 1

- Vazão média:
 - Pior Caso: 0,2
 - Nível Atual: 0,2
 - Nível Planejado: 1

- Utilização máxima de memória:
 - Pior Caso: 1
 - Nível Atual: 1
 - Nível Planejado: 0

- Razão de erros de memória/tempo:
 - Pior Caso: 0,01 erros/segundo
 - Nível Atual: 0,01 erros/segundo
 - Nível Planejado: 0 erros/segundo

Vale lembrar que para as três primeiras métricas seus valores são razões de valores de mesma escala, logo o valor final da razão não possui escala. O método de cálculo (fórmula) utilizada para o cálculo encontra-se no Apêndice B [ver Apêndice B].

Estabelecidos os critérios de aceitação para as métricas, o Plano de Teste foi atualizado listando os mesmos na seção Critérios de Aceitação.

4.1.5 Definir Ambiente de Teste

Nesta atividade definimos e configuramos o ambiente de teste, instalando o produto e ferramentas de apoio e automação de testes.

Primeiramente selecionamos a máquina, estação de trabalho, onde foram realizados os testes. Esta máquina foi disponibilizada pelo laboratório LAPS [16] e foi configurada de acordo com os requisitos de hardware especificados no documento Solicitação de Avaliação do Produto [ver seção 4.1.1].

Selecionada a estação de trabalho, instalamos a máquina virtual Java [17] na mesma, pois o sistema foi desenvolvido sob tecnologia Java e necessitava da máquina virtual para funcionamento. Posteriormente instalamos o banco de dados FireBird [18] utilizado pelo sistema.

A seguir, instalamos e configuramos o sistema a ser testado. Como não existia um executável para o sistema, a sua utilização era feita através da execução do seu projeto fonte, que foi disponibilizado pelo contratante no lugar do software executável. Assim, para rodar o sistema precisamos de outra ferramenta auxiliar que compilasse e rodasse o projeto fonte. Para este fim, utilizamos o ambiente integrado de desenvolvimento Eclipse [19].

Finalizando a configuração do ambiente, instalamos e configuramos uma ferramenta para automação de testes. O software utilizado foi o JMeter [20], que simula carga no sistema e possibilita a execução de testes de carga e de estresse no sistema. Com isto o ambiente estava pronto para a configuração e execução dos testes, assunto da próxima seção.

Este detalhamento do ambiente necessário para realização dos testes foi resumido na seção Ambiente de Teste do Plano de Teste.

4.1.6 Realizar Testes

Nesta atividade realizamos os testes de desempenho, coletando o resultado das métricas e comparando os mesmos com os critérios de aceitação visando gerar uma pontuação para a análise de desempenho.

Primeiramente tivemos de popular o banco de dados de forma razoável visando dá realismo aos testes e simular ao máximo o ambiente de operação em que o sistema funciona. Para todos os casos de uso selecionados [ver seção 4.1.2], que envolviam cadastro no sistema, foram realizadas operações de inserção no banco de dados através da execução do próprio sistema. Para a avaliação do sistema em questão não foi utilizada nenhuma ferramenta que automatizasse a população do banco de dados.

A seguir, configuramos um caso de teste, no JMeter [20], para cada métrica a ser analisada:

- Tempo médio de resposta:

Para a aplicação desta métrica simulamos 5 usuários concorrentes executando 1 operação: Consultar Alunos. O teste foi repetido 10 vezes.

Com a execução deste caso de teste no JMeter, obtivemos uma média para o tempo de resposta de 1470 ms = 1,47s.

Para o cálculo desta métrica temos a seguinte fórmula:

$$X = T_{\text{médio}} / TX_{\text{médio}}$$

Onde:

$$T_{\text{médio}} = \sum(T_i) / N \text{ (para } i=1 \text{ a } N) = 1470 \text{ ms} = 1,47 \text{ segundos}$$

$$TX_{\text{médio}} \text{ (tempo de resposta médio requerido)} = 2 \text{ segundos}$$

T_i (tempo de resposta para i -ésima avaliação)

$$N \text{ (número de avaliações)} = 5 \times 1 \times 10 = 50$$

Logo:

$$X = T_{\text{médio}} / TX_{\text{médio}} = 1,47 \text{ s} / 2 \text{ s} = 0,73$$

Assim, obtivemos como média para o tempo de resposta o valor: 0,73.

- Vazão média:

Para a aplicação desta métrica simulamos 5 usuários concorrentes executando 4 operações: Cadastrar Professores, Cadastrar Turmas, Consultar Professores, Consultar Turmas. O teste foi repetido 10 vezes.

Com a execução deste caso de teste no JMeter, obtivemos uma média para a vazão de 60,032 tarefas/minuto = 1 tarefa/s.

Para o cálculo desta métrica temos a seguinte fórmula:

$$X = X_{\text{médio}} / R_{\text{médio}}$$

Onde:

$$X_{\text{médio}} = \sum(X_i) / N \text{ (para } i=1 \text{ a } N) = 1 \text{ tarefas/segundo}$$

$$R_{\text{médio}} \text{ (vazão média requerida)} = 2 \text{ tarefas/segundo}$$

$$X_i = A_i / T_i$$

A_i (número de tarefas concorrentes observadas para a i -ésima avaliação)

T_i (período de tempo para i -ésima avaliação)

$$N \text{ (número de avaliações)} = 5 \times 4 \times 10 = 200$$

Logo:

$$X = X_{\text{médio}} / R_{\text{médio}} = (1 \text{ tarefas/s}) / (2 \text{ tarefas/s}) = 0,5$$

Assim, obtivemos como média para a vazão o valor: 0,5.

- Utilização máxima de memória:

Para a aplicação desta métrica, tivemos de simular estresse (carga ao extremo) no sistema, ao contrário das métricas anteriores onde simulamos apenas carga no sistema. Assim, simulamos 50 usuários concorrentes executando 6 operações: Cadastrar Alunos, Cadastrar Professores, Associar Alunos a Turmas, Associar Professores a Turmas, Gerar Relatório Geral. O teste foi repetido 10 vezes.

Com a execução deste caso de teste no JMeter, obtivemos 0 mensagens de erro.

Para o cálculo desta métrica temos a seguinte fórmula:

$$X = A_{\max} / R_{\max}$$

Onde:

A_{\max} = MAX(Ai) (para i=1 a N) = 0 erros

R_{\max} (número máximo de mensagens de erro de memória requerida) = 1 erros

MAX(Ai) (número máximo de mensagens de erro de memória entre avaliações)

N (número de avaliações) = 50 x 6 X 10 = 3000

Logo:

$$X = A_{\max} / R_{\max} = (0 \text{ erros}) / (1 \text{ erros}) = 0$$

Assim, obtivemos para a utilização máxima de memória o valor: 0.

- Razão de erros de memória/tempo:

Para a aplicação desta métrica, também tivemos de simular estresse (carga ao extremo) no sistema. Assim, simulamos 50 usuários concorrentes executando 6 operações: Cadastrar Turmas, Consultar Turmas, Associar Alunos a Turmas, Associar Professores a Turmas, Gerar Relatório Geral. O teste foi repetido 10 vezes.

Com a execução deste caso de teste no JMeter, obtivemos 0 mensagens de erro.

Para o cálculo desta métrica temos a seguinte fórmula:

$$X = A / T$$

Onde:

A (número de mensagens de erro ou falhas do sistema)

T (tempo de operação durante a observação do usuário)

Como não houve nenhum erro de memória, temos:

$$X = 0 / T = 0$$

Assim, obtivemos para a razão de erros de memória o valor: 0 erros/segundo.

Coletados os resultados das métricas, passamos a fase de pontuação dos testes. A primeira etapa da pontuação foi realizada quando definimos os critérios de aceitação para cada métrica [ver seção 4.1.4]. Agora, seguindo o método de pontuação definido no processo [ver seção 3.3.4] temos de mapear todos os valores das métricas, tanto os critérios de aceitação quanto os resultados obtidos nos testes, para uma escala de [0,1], onde 0 significa o pior caso e 1 representa o melhor caso, resultado esperado.

A seguir temos os mapeamentos dos valores das métricas para a escala [0,1]:

- Tempo médio de resposta:

Níveis da Escala	Valor Real	Valor Mapeado [0,1]
Pior Caso	2	0
Nível Atual	2	0
Nível Planejado	1	1
Resultado Obtido	0,73	0,73

Tabela 4- 2 – Mapeamento para a métrica tempo médio de resposta

- Vazão média:

Níveis da Escala	Valor Real	Valor Mapeado [0,1]
Pior Caso	0,2	0
Nível Atual	0,2	0
Nível Planejado	1	1
Resultado Obtido	0,5	0,375

Tabela 4- 3 – Mapeamento para a métrica vazão média

- Utilização máxima de memória:

Níveis da Escala	Valor Real	Valor Mapeado [0,1]
Pior Caso	1	0
Nível Atual	1	0
Nível Planejado	0	1
Resultado Obtido	0	1

Tabela 4- 4 – Mapeamento para a métrica utilização máxima de memória

- Razão de erros de memória/tempo:

Níveis da Escala	Valor Real (erros/s)	Valor Mapeado [0,1]
Pior Caso	0,01	0
Nível Atual	0,01	0
Nível Planejado	0	1
Resultado Obtido	0	1

Tabela 4- 5 – Mapeamento para a métrica razão de erros de memória/tempo

Após mapear os valores das métricas para o intervalo [0,1], estabelecemos pesos para as sub- características de qualidade que englobam as métricas, a saber:

- Métricas de comportamento em relação ao tempo: peso 5
- Métricas de comportamento em relação ao tempo: peso 5

Estes pesos estão no intervalo [0,10] definido no processo [ver seção 3.3.4] e foram definidos de acordo com o resultado da entrevista feita com o contratante [ver Apêndice D].

Finalmente sintetizamos a pontuação dos testes através de uma média ponderada usando os valores obtidos para as métricas e seus respectivos pesos:

$$\text{NOTA} = \frac{\sum (N_i \cdot P_i)}{\sum P_i} \quad (\text{para } i=1 \text{ a } N)$$

Onde:

N_i (nota para i -ésima métrica)

P_i (peso para i -ésima métrica)

N = número de métricas utilizadas

$$\text{NOTA} = ((0,73 \cdot 0,5) + (0,375 \cdot 0,5) + (1 \cdot 0,5) + (1 \cdot 0,5)) / (0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5)$$

$$\text{NOTA} = 0,5 \cdot (0,73 + 0,375 + 1 + 1) / 0,5 \cdot 4$$

$$\text{NOTA} = (0,73 + 0,375 + 1 + 1) / 4 = 0,77625 \sim 0,78$$

Como mapeamos os valores das notas intermediárias para o intervalo [0,1] podemos interpretar este valor final como atendendo a aproximadamente 78% do que foi esperado pra eficiência do sistema.

Este detalhamento dos testes realizados e todos os resultados e pontuações obtidas foram documentados no Relatório de Teste.

4.1.7 Avaliar Resultados

Nesta atividade a equipe de avaliação analisou os resultados obtidos nos testes, através do Relatório de Teste. Foi identificado que o produto atendeu muito bem a uma das sub-características de eficiência, o comportamento em relação aos recursos, pois para as métricas utilizadas para esta sub-característica foi obtida a pontuação máxima. Porém, para o comportamento em relação ao tempo os resultados foram menos satisfatórios, sendo esta sub-característica identificada de menor qualidade para o produto.

Finalizando a avaliação foi gerado o Relatório de Análise de Desempenho, sintetizando o passo a passo da avaliação, mostrando suas atividades, resultados obtidos e pontuação para a análise. Adicionalmente, o relatório levantou os pontos fracos e fortes identificados pela equipe de avaliação. Não foi levantada nenhuma sugestão de melhoria ou mudança ao produto, pois o foco da avaliação definida com o contratante previa apenas uma análise de quão eficiente era o produto de software.

4.2 Impacto do Caso no Processo

Através deste estudo de caso tivemos a oportunidade de aplicar o processo de análise de desempenho em uma avaliação real. Esta aplicação possibilitou a identificação de pontos bastante relevantes sobre o processo, como:

- A seqüência de atividades bem definidas, objetivas e inter-relacionadas possibilita a execução da avaliação de forma clara e direta. Este ponto deve-se, basicamente, ao embasamento do processo na série de normas ISO/IEC 14598.
- O método de síntese da avaliação possibilita examinar os resultados da avaliação em diferentes níveis de detalhe: desde o resultado único e sintético até os resultados colhidos individualmente pelas métricas.
- A necessidade de definição de novas métricas que englobem aspectos não tratados pela norma ISO/IEC 9126-2, pois para este produto avaliado poucas métricas foram aplicáveis.
- A necessidade de um apoio à configuração do ambiente de teste, pois dificuldades na identificação da melhor ferramenta para simulação de testes e dificuldades na configuração das ferramentas foram pontos que atrasaram a avaliação.

4.3 Considerações Finais

Neste capítulo foi visto uma aplicação prática para o processo de análise de desempenho proposto neste documento. Foi detalhada a análise de desempenho de um produto de software avaliado no âmbito do laboratório LAPS [16]. Este produto, de pequeno porte, foi o primeiro produto analisado pelo módulo de desempenho, que utiliza o processo de análise definido neste documento. Assim, esta avaliação foi de vital importância para validação do processo e identificação de melhorias para o mesmo.

Com o processo de análise de desempenho de produtos de software definido e validado pela aplicação em um caso real, esperamos incentivar novos estudos e trabalhos focados na avaliação de qualidade de produtos de software.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1 Contribuições do Trabalho

Este trabalho teve por missão a pesquisa, definição e aplicação em casos reais de um processo para análise de desempenho de produtos de software. Dentro do tempo previsto para o desenvolvimento do trabalho, o mesmo foi dividido, basicamente nas seguintes etapas:

1. Pesquisa e estudo – inicialmente foi feito um levantamento e estudo das normas internacionais que tratam de qualidade e avaliação de produtos de software, a saber: as séries ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598. Também foram pesquisadas metodologias de avaliação de desempenho de software. Esta fase foi de extrema importância para o embasamento teórico da definição do processo de análise.
2. Definição do Processo de Análise de Desempenho de Produtos de Software – nesta fase foi definido o processo de análise, baseado nas normas internacionais e metodologias estudadas. Esta definição foi acompanhada pela gerência do laboratório LAPS [16] e validada por um especialista na área de desempenho de software, disponibilizado pelo laboratório.
3. Aplicação em um caso real – nesta fase foi possível por em prática tudo que tinha sido estudado, através da avaliação de desempenho de um produto de software real. Neste momento foram encontradas as maiores dificuldades do trabalho: mudanças na definição do processo, ferramentas de testes não adequadas e de difícil acesso, problemas na configuração do ambiente para realização dos testes e produto não completo para a avaliação. Porém, dentro do escopo do trabalho, foi possível a validação do processo de análise e realização de melhorias sobre o mesmo.
4. Documentação da pesquisa – finalmente foi documentada toda a pesquisa realizada como também a definição do processo de análise e os resultados da aplicação do mesmo sobre um caso real.

Finalizando, este trabalho almeja ser um ponto de apoio para definição de processos de avaliação de qualidade de produtos de software, agregando valor para a área de Qualidade de Software e conseqüentemente Engenharia de Software.

5.2 Trabalhos Futuros

A área de qualidade de produtos de software ainda é nova e encontra-se em crescente estudo, desta forma este trabalho levanta boas possibilidades para trabalhos futuros. Melhorias no mesmo e novas definições de processos de avaliação podem ser alguns dos possíveis focos de trabalho. Como potenciais pontos de estudo podem ser citados:

- Pesquisa e estudo de novas ferramentas para automação de testes de desempenho, ferramentas que possam ser utilizadas para produtos das mais diversas áreas e desenvolvidos sobre diferentes tecnologias;
- Pesquisa e definição de novas métricas de desempenho, métricas que possam analisar aspectos não abordados pelas métricas definidas neste documento;
- Definição de novas metodologias de síntese da avaliação, visando gerar uma pontuação ou nota para a avaliação a mais precisa e abrangente possível;
- Definição de um processo de apoio à avaliação, de forma a ajudar na definição e configuração do ambiente de avaliação, realização da avaliação e suporte à documentação dos resultados obtidos na avaliação;

6. Referências

- [1] ISO/IEC 9126- 1 International Standard, 2001 (Draft) “Information technology – Software product quality – Part 1: Quality model”.
- [2] ISO/IEC 9126- 2 International Standard, 2003 (Draft) “Information technology – Software product quality. – Part 2: External metrics”.
- [3] ISO/IEC 9126- 3 International Standard, 2004 (Draft) “Information technology – Software product quality – Part 3: Internal metrics”.
- [4] ISO/IEC 9126- 4 International Standard, 2004 (Draft) “Information technology – Software product quality – Part 4: Quality in use metrics”.
- [5] ISO/IEC 14598- 1, 1998, Information technology – Software product evaluation -- Part 1: General overview
- [6] ISO/IEC 14598- 5, 1998, Information technology – Software product evaluation -- Part 5: Process for evaluators
- [7] VILAS BOAS, A. L. C., 2004, Qualidade e Avaliação de Produto de Software. UFLA/FAEPE.
- [8] PUNTER, T., SOLINGER, R.V., TRIENEKENS, J., 1997, Software Product Evaluation – Current status and future needs for customers and industry.
- [9] PRESSMAN, R. S., 1992, Software Engineering – A Practcioners Aproach, Third Edition, McGraw- Hill.
- [10] KITCHENHAM, B., 1996, Software Quality: The Elusive Target, IEEE Software.
- [11] ROCHA, A. R. C., 1987, Análise e Projeto Estruturado de Sistemas, Editora Campos, Rio de Janeiro.
- [12] HUMPHREY, W. S., 1995, A discipline for Software Engineering, Addison- Wesley Publishing Company.
- [13] ISO, 1994, ISO DIS 8402, Quality Vocabulary.

[14] ISO/IEC 12119, 1998, Information technology – Software packages – Quality requirements and testing.

[15] SPEM – Software Process Engineering Metamodel, OMG, <http://www.omg.org/>.

[16] LAPS – Laboratório de Análise de Produtos de Software, <http://www.cin.ufpe.br/laps/>.

[17] Java Technology, <http://java.sun.com/>.

[18] FireBird, <http://firebird.sourceforge.net/>.

[19] Eclipse, <http://www.eclipse.org/>.

[20] JMeter, <http://jakarta.apache.org/jmeter/>.

[21] IOMeter, <http://www.iometer.org/>.

Apêndice A – Questionário ao Contratante

Na atividade Iniciar Análise [ver seção 3.3.1] será feita uma entrevista com o contratante(cliente) visando identificar informações específicas à análise de desempenho de software. Abaixo temos o conjunto questões a serem feitas ao cliente durante a entrevista, podendo ser incluídas novas questões de acordo com o produto a ser avaliado.

1. Quais as principais funcionalidades do sistema que devem ser levadas em conta durante a análise de desempenho?
2. Existem funcionalidades que exigem grande utilização de memória, exigindo performance dos recursos de memória? Se sim, quais são estas funcionalidades?
3. Existem funcionalidades que exigem grande transferência de dados via dispositivos de I/O, exigindo performance dos recursos de I/O? Se sim, quais são estas funcionalidades?
4. Existem funcionalidades que exigem grande transferência de informação, exigindo performance dos recursos de transmissão? Se sim, quais são estas funcionalidades?
5. Existe alguma restrição de tempo de resposta para alguma funcionalidade do sistema? Se sim qual seria esta restrição e para quais funcionalidades?
6. Existe alguma restrição de quantidade de acessos concorrentes a alguma funcionalidade? Se sim qual seria esta restrição e para quais funcionalidades?
7. O que é mais importante para o sistema, eficiência em relação a tempo ou eficiência a recursos consumidos? Num intervalo de [0,10] qual o peso para as duas abordagens de eficiência?
8. Existe alguma restrição de recursos de sistema (memória, CPU,...) para operação do sistema?

Apêndice B – Métricas de Desempenho

Na atividade Definir Métricas [ver seção 3.3.3] são definidas as métricas a serem utilizadas na durante os testes para a análise de desempenho. Neste apêndice são listadas algumas métricas que poderão ser utilizadas, sendo a escolha dependente do produto a ser avaliado e do propósito da avaliação.

As métricas estão divididas de acordo com as sub-características da característica de qualidade eficiência, a saber:

1. Métricas de comportamento em relação a tempo

1.1. Tempo de Resposta

Métrica	Proposta	Fórmula	Interpretação
Tempo de resposta	Qual o tempo de resposta para completar uma tarefa?	$T = \text{tempo para obter o resultado}$	$0 < T$ O menor é o melhor
Tempo de resposta (Tempo médio de resposta)	Qual a média de tempo para se obter uma resposta a uma requisição dentro de um ambiente que simula tarefas concorrentes e utilização do sistema?	$X = T_{\text{médio}} / TX_{\text{médio}}$ $T_{\text{médio}} = \sum(T_i) / N$ (para $i=1$ a N) $TX_{\text{médio}} = \text{tempo de resposta médio requerido}$ $T_i = \text{tempo de resposta para } i\text{-ésima avaliação}$ $N = \text{número de avaliações}$	$0 \leq X$ O mais próximo de 1.0 e menor que 1.0 é o melhor
Tempo de resposta (Pior caso para a razão do tempo de resposta)	Qual o limite absoluto de tempo para se obter uma resposta a uma requisição dentro de um ambiente que simula carga máxima para o sistema?	$X = T_{\text{max}} / R_{\text{max}}$ $T_{\text{max}} = \text{MAX}(T_i)$ (para $i=1$ a N) $R_{\text{max}} = \text{tempo de resposta máximo requerido}$ $\text{MAX}(T_i) = \text{tempo de resposta máximo entre avaliações}$ $T_i = \text{tempo de resposta para } i\text{-ésima avaliação}$ $N = \text{número de avaliações}$	$0 < X$ O mais próximo de 1.0 e menor que 1.0 é o melhor

Tabela 7- 1 – Métricas de tempo de resposta

1.2. Vazão

Métrica	Proposta	Fórmula	Interpretação
Vazão	Quantas tarefas podem ser realizadas com sucesso em um determinado período de tempo?	$X = A / T$ A = número de tarefas completadas T = período de tempo de observação	$0 < X$ O maior é o melhor
Vazão (Vazão média)	Qual o número médio de tarefas concorrentes que o sistema é capaz de suportar em um conjunto de unidades de tempo?	$X = X_{\text{médio}} / R_{\text{médio}}$ $X_{\text{médio}} = \sum (X_i) / N$ (para $i=1$ a N) $R_{\text{médio}} = \text{vazão média requerida}$ $X_i = A_i / T_i$ A_i = número de tarefas concorrentes observadas para a i -ésima avaliação T_i = período de tempo para i -ésima avaliação N = número de avaliações	$0 < X$ O maior é o melhor
Vazão (Pior caso para a razão da vazão)	Qual o limite absoluto no sistema em termos do número e manipulação de tarefas concorrentes como vazão dentro de um ambiente que simula carga máxima para o sistema?	$X = X_{\text{max}} / R_{\text{max}}$ $X_{\text{max}} = \text{MAX}(X_i)$ (para $i=1$ a N) $R_{\text{max}} = \text{vazão máxima requerida}$ $\text{MAX}(T_i) = \text{número máximo de tarefas entre avaliações}$ $X_i = A_i / T_i$ A_i = número de tarefas concorrentes observadas para a i -ésima avaliação T_i = período de tempo para i -ésima avaliação N = número de avaliações	$0 < X$ O maior é o melhor

Tabela 7-2 – Métricas de vazão

2. Métricas de comportamento em relação a recursos

2.1. Utilização de recursos de dispositivos de entrada/saída (I/O)

Métrica	Proposta	Fórmula	Interpretação
Utilização de dispositivos de I/O	Os dispositivos de I/O são altamente utilizados, causando interferência?	$X = A / B$ A = tempo de ocupação de dispositivos de I/O B = tempo específico que é designado para ocupação de dispositivos de I/O	$0 \leq X \leq 1$ O menor que 1.0 e mais próximo de 1.0 é o melhor
Erros relacionados a I/O	Com que frequência o usuário encontra problemas em operações relacionadas a I/O?	$X = A / T$ A = número de mensagens de erro ou falhas do sistema T = tempo de operação durante a observação do usuário	$0 \leq X$ O menor é o melhor
Limite de operações de I/O	Qual é o limite absoluto de utilização de I/O para realizar uma operação dentro de um ambiente que simula carga máxima para o sistema?	$X = A_{\max} / R_{\max}$ $A_{\max} = \text{MAX}(A_i)$ (para $i=1$ a N) R_{\max} = número máximo de mensagens de I/O requerida $\text{MAX}(A_i)$ = número máximo de mensagens de I/O entre avaliações N = número de avaliações	$0 \leq X$ O menor é o melhor
Tempo de espera do usuário na utilização de dispositivos de I/O	Qual o impacto da utilização de dispositivos de I/O no tempo de espera do usuário?	T = tempo gasto para esperar pela finalização de uma operação de dispositivo de I/O	$0 < T$ O menor é o melhor

Tabela 7-3 – Métricas de utilização de recursos de dispositivos de I/O

2.2. Utilização de recursos de memória

Métrica	Proposta	Fórmula	Interpretação
Utilização máxima de memória	Qual é o limite absoluto de utilização de memória para realizar uma operação dentro de um ambiente que simula carga máxima para o sistema?	$X = A_{\max} / R_{\max}$ $A_{\max} = \text{MAX}(A_i)$ (para $i=1$ a N) R_{\max} = número máximo de mensagens de erro de memória requerida $\text{MAX}(A_i)$ = número máximo de mensagens de erro de memória entre avaliações N = número de avaliações	$0 \leq X$ O menor é o melhor
Ocorrência média de erros de memória	Qual o número médio de mensagens de erro e falhas de memória em um período de tempo e carga específica no sistema?	$X = A_{\text{médio}} / R_{\text{médio}}$ $A_{\text{médio}} = \sum(A_i) / N$ (para $i=1$ a N) $R_{\text{médio}}$ = número médio de mensagens de erro de memória requerida A_i = número de mensagens de erro de memória para a i -ésima avaliação N = número de avaliações	$0 \leq X$ O menor é o melhor
Razão de erros de memória/tempo	Quantos erros de memória são ocorridos em um conjunto de período de tempo e utilização de recursos específica?	$X = A / T$ A = número de mensagens de erro ou falhas do sistema T = tempo de operação durante a observação do usuário	$0 \leq X$ O menor é o melhor

Tabela 7- 4 – Métricas de utilização de recursos de memória

2.3. Utilização de recursos de transmissão

Métrica	Proposta	Fórmula	Interpretação
Utilização máxima de transmissão	Qual é o limite absoluto de transmissão para realizar uma operação dentro de um ambiente que simula carga máxima para o sistema?	$X = A_{\max} / R_{\max}$ $A_{\max} = \text{MAX}(A_i)$ (para $i=1$ a N) R_{\max} = número máximo de mensagens de erro de transmissão requerida $\text{MAX}(A_i)$ = número máximo de mensagens de erro de transmissão entre avaliações N = número de avaliações	$0 \leq X$ O menor é o melhor
Ocorrência média de erros de transmissão	Qual o número médio de mensagens de erro e falhas de transmissão em um período de tempo e carga específica no sistema?	$X = A_{\text{médio}} / R_{\text{médio}}$ $A_{\text{médio}} = \sum(A_i) / N$ (para $i=1$ a N) $R_{\text{médio}}$ = número médio de mensagens de erro de transmissão requerida A_i = número de mensagens de erro de transmissão para a i -ésima avaliação N = número de avaliações	$0 \leq X$ O menor é o melhor
Média de erros de transmissão por tempo	Quantos erros de transmissão são ocorridos em um conjunto de período de tempo e utilização de recursos específica?	$X = A / T$ A = número de mensagens de erro ou falhas do sistema T = tempo de operação durante a observação do usuário	$0 \leq X$ O menor é o melhor

Tabela 7- 5 – Métricas de utilização de recursos de transmissão

Apêndice C – Ferramentas para Teste

Em um dos passos da atividade Definir Ambiente de Teste [ver seção 3.3.5] precisamos escolher as ferramentas a serem utilizadas para coleta dos resultados das métricas durante a bateria de testes. Neste apêndice listamos algumas ferramentas que podem ser utilizadas para o fim de realização de testes de carga, stress e performance. As ferramentas aqui citadas são gratuitas e não são as únicas opções de escolha, podendo ser utilizadas outras ferramentas de acordo com o produto a ser avaliado e o propósito da avaliação. A tabela abaixo resume estas ferramentas:

Ferramenta	Descrição	Referência
Jmeter	JMeter é um aplicativo desktop Java da Apache Software Foundation projetado para realização de testes de carga e medição de performance. Originalmente desenvolvido para testar aplicações Web, hoje tem sido expandido para outros testes funcionais; pode ser usado para testar a performance de recursos estáticos e dinâmicos.	http://jakarta.apache.org/jmeter/
IOMeter	IOMeter é uma ferramenta de medição e caracterização do subsistema de I/O para sistemas simples e agregados.	http://www.iometer.org/

Project OpenLoad	OpenLoad é uma ferramenta de testes da SourceForge.net/Open Source Development Network, distribuída sobre a GNU General Public License (GPL). É uma ferramenta de linha de comandos e roda em sistemas Linux e Win32.	http://sourceforge.net/projects/openload/
TestMaker	TestMaker é um utilitário free e open source mantido pela PushToTest.com e Frank Cohen, para testes de performance, escalabilidade e funcionais de aplicações Web. Um framework e utilitário para construção e execução de agentes de teste inteligentes que implementam as características do usuário e operam o sistema da mesma forma que os usuários o fariam.	http://www.pushtotest.com/Downloads/

Sieve	<p>Sieve é um utilitário para testes de estresse/regressão e benchmark; suporta autenticações básicas, cookies e os protocolos HTTP e HTTPS. Possibilita testar um servidor Web com um número configurável de usuários concorrentes simulados. Estressa uma URL simples com um número especificado de usuários ou estressa múltiplas URL's simultaneamente. Reporta o número total de transações, tempo gasto, bytes transferidos, tempo de resposta, taxa de transação, concorrência e resposta do servidor.</p>	<p>http://joedog.org/sieve/</p>
-------	---	--

Tabela 7- 6 – Ferramentas para automação de testes

Apêndice D – Resultado da Entrevista ao Contratante para o Caso do Sistema de Avaliação Continuada de Alunos

A seguir temos o resultado do questionário proposto ao contratante durante a sub-atividade Entrevista da atividade Iniciar Análise [ver seção 4.1.1].

1. Quais as principais funcionalidades do sistema que devem ser levadas em conta durante a análise de desempenho?

Cadastro de Alunos, Cadastro de Professores, Cadastro de Turmas, Consulta de Alunos, Consulta de Professores, Consulta de Turmas e Gerar Relatórios Geral.

2. Existem funcionalidades que exigem grande utilização de memória, exigindo performance dos recursos de memória? Se sim, quais são estas funcionalidades?

Sim, a funcionalidade Gerar Relatórios Geral.

3. Existem funcionalidades que exigem grande transferência de dados via dispositivos de I/O, exigindo performance dos recursos de I/O? Se sim, quais são estas funcionalidades?

Não.

4. Existem funcionalidades que exigem grande transferência de informação, exigindo performance dos recursos de transmissão? Se sim, quais são estas funcionalidades?

Não.

5. Existe alguma restrição de tempo de resposta para alguma funcionalidade do sistema? Se sim qual seria esta restrição e para quais funcionalidades?

Sim, todas as consultas do sistema não podem demorar mais de X segundos.

6. Existe alguma restrição de quantidade de acessos concorrentes a alguma funcionalidade? Se sim qual seria esta restrição e para quais funcionalidades?

Não soube responder, mas acredita que a princípio não.

7. O que é mais importante para o sistema, eficiência em relação a tempo ou eficiência a recursos consumidos? Num intervalo de [0,10] qual o peso para as duas abordagens de eficiência?

A eficiência em relação a tempo é tão importante quanto a eficiência em relação aos recursos consumidos, assim as duas abordagens tem o mesmo peso, 5 para cada abordagem.

8. Existe alguma restrição de recursos de sistema (memória, CPU,...) para operação do sistema?

Sim, estas informações constam no documento Solicitação de Avaliação do Produto.

Apêndice E – Resumo do Plano de Avaliação para o Caso do Sistema de Avaliação Continuada de Alunos

A seguir temos um resumo do Plano de Avaliação elaborado na sub-atividade Preencher Plano de Avaliação da atividade Iniciar Análise [ver seção 4.1.1].

Seções do Plano de Avaliação:

- Porte do produto:

O produto foi identificado como sendo de pequeno porte devido ao mesmo possuir por volta de 15 funcionalidades. Esta identificação segue a metodologia proposta pelo processo [ver seção 3.3.1].

- Informações adicionais:

Nesta seção consta o resultado da entrevista feita com o contratante [ver Apêndice D].

- Técnica adotada:

Nesta seção consta a técnica de avaliação proposta pelo processo [ver seção 3.3.1].

- Definir equipe:

De acordo com o porte do produto foi identificada a necessidade de dois avaliadores para realização da análise. Esta identificação segue a metodologia proposta pelo processo [ver seção 3.3.1].

- Cronograma:

De acordo com o porte do produto foi identificada o seguinte cronograma para a avaliação:

Atividade	Tempo para Realização (em horas)
Iniciar Análise	3
Definir Escopo de Teste	3
Definir Métricas	2
Definir Critérios de Aceitação	3
Definir Ambiente de Teste	3
Realizar Testes	4
Avaliar Resultados	3

Tabela 7-7 – Cronograma do Plano de Avaliação

Esta identificação segue a metodologia proposta pelo processo [ver seção 3.3.1].

- Riscos associados:

Não foi identificado nenhum risco base associado a esta avaliação.