

UM INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE SOFTWARE EDUCACIONAL: COMO ELABORÁ-LO¹

Ana Paula Gladcheff
Rosely Sanches
*Dilma Menezes da Silva**

Resumo

A utilização de softwares educacionais no ambiente de ensino-aprendizagem tem sido cada vez mais freqüente em todos os níveis da educação. No entanto, os professores devem estar

1. Esse artigo foi originalmente publicado no anais (pp.100-113) do *VIII Workshop de Qualidade de Software*, evento integrante do *Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, realizado na cidade do Rio de Janeiro em outubro de 2001 e apresentado no dia 01 de outubro de 2001. O trabalho que o fundamentou foi desenvolvido no Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo — IME/USP, com apoio financeiro da FAPESP.

* Ana Paula Gladcheff é mestre em Ciência da Computação no Instituto de Matemática e Estatística da USP/São Paulo e professora na Faculdade São Luís; Rosely Sanches é doutora em Gerenciamento na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP/São Paulo e professora no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP/São Carlos; Dilma Menezes da Silva é PhD em Software Systems no Georgia Institute of Technology e pesquisadora no IBM TJ Watson Research, New York.

atentos a fim de garantir que esses produtos sejam utilizados de forma responsável, com potencialidades pedagógicas realmente verdadeiras. Assim, é fundamental que se coloque em reflexão o tema “Avaliação de Qualidade de Produto de Software Educacional”. Essa área de trabalho é bastante complexa, pois um produto com essa especificidade deve ser avaliado tendo como base não apenas características técnicas, mas também, características ligadas à educação. O presente trabalho tem como objetivo apresentar um processo para elaboração de um instrumento, na forma de questionários, que serve para avaliar um produto de software educacional, tendo como metodologia básica a abordagem “Goal/Question/Metric”.

Palavras-chave

Qualidade, Produto de Software Educacional, Instrumento de Avaliação da Qualidade.

1. Introdução

O computador exerce um poder de fascinação muito grande sobre alunos e professores e tem sido utilizado de forma cada vez mais freqüente em todos os níveis da educação. No entanto, os professores devem estar atentos a fim de garantir que essa ferramenta seja utilizada de forma responsável, com potencialidades pedagógicas realmente verdadeiras e não apenas como uma máquina que possui programas divertidos e agradáveis (Vieira, 2000). Deve haver, portanto, uma preocupação com as vantagens e perigos que ele proporciona, com o desenvolvimento de metodologias adequadas, com o papel do professor, com aspectos técnicos, pedagógicos, psicológicos, políticos e sociológicos ligados ao computador e, também, com a avaliação criteriosa de softwares educacionais (Giraffa, 2000).

A interação entre aluno/computador/professor se dá através da utilização de softwares, assim sendo, é fundamental que se coloque em reflexão o tema “Avaliação de Qualidade de Produto de Software Educacional”, discutindo em que medida um software pode contribuir para a educação hoje questionada ou em que medida poderá concorrer para uma educação transformadora.

A avaliação da qualidade de software educacional é uma área de trabalho bastante complexa por envolver diversas disciplinas. Não se pode avaliar um software educacional apenas com base nas característi-

cas de qualidade técnicas, por exemplo, funcionalidade, usabilidade, confiabilidade, eficiência, manutenibilidade, portabilidade [(ISO/IEC 9126-1 (ISO/IEC, 2001))]. Essa área coloca em cena outros elementos, pois a incorporação de aplicativos computacionais na educação só se justifica na medida em que possibilite um avanço qualitativo nos processos de ensino e aprendizagem. Portanto, devem ser levados em conta, também, aspectos educacionais envolvidos, ou seja, aspectos pedagógicos, psicopedagógicos, socioculturais, cognitivos e lúdicos.

É necessário ressaltar a importância da realização da avaliação de produtos educacionais por uma equipe multidisciplinar. Isso pois, em geral, o professor não está familiarizado com tantos critérios técnicos envolvidos na área computacional.

O objetivo deste trabalho é descrever como elaborar um instrumento de avaliação de qualidade de produto de software educacional, o qual considera tanto aspectos técnicos quanto educacionais.

Na Seção 2, o processo de elaboração do instrumento de avaliação é apresentado. Na Seção 2.1 é descrita a metodologia de pesquisa utilizada, ou seja, o método GQM. Esse método é aplicado duas vezes: na Seção 2.2 é apresentada a primeira utilização do método GQM, assim como uma técnica de Aquisição de Conhecimento Explícito usada nessa etapa. Na Seção 2.3 é enfatizada a segunda utilização do método GQM, assim como atributos e heurísticas de usabilidade usadas nessa etapa do trabalho. Na Seção 3, um relato sobre uma aplicação prática de um instrumento elaborado com o uso dos procedimentos descritos neste artigo é exposto de forma sucinta. A Seção 4 corresponde às considerações finais.

2. Descrição do Processo de Elaboração do Instrumento de Avaliação

Para a elaboração do instrumento de avaliação de qualidade de software educacional, a metodologia “*Goal/Question/Metric*” é utilizada duas vezes distintas. Na primeira, para adquirir conhecimento através de especialistas da área educacional. Na segunda, para elaborar o instrumento de avaliação, verificar a qualidade de softwares educacionais e obter *feedback* inicial de professores sobre o instrumento. A metodologia GQM já foi usada em muitos projetos de pesquisa em Engenharia de Software (Sanches, 1993) e vem sendo adotada em programas de avalia-

ção de qualidade de software (Gresse), (Gresse, 1996). Sua principal característica é a capacidade de adaptação aos objetivos e particularidades do programa de avaliação a ser realizado.

A seguir apresenta-se o método GQM e sua utilização para elaboração do instrumento de avaliação.

2.1. A Abordagem GQM

A abordagem GQM foi originalmente proposta por Victor Basili (Basili, 1994), estendida e formalizada pelo mesmo, com a colaboração de Rombach e sua equipe (Basili, 1995) (Rombach, 1991). Ela segue os princípios do paradigma de “Avaliação Orientada a Objetivos” e possui o objetivo de servir como uma metodologia genérica para orientar a elaboração e execução de programas de avaliação da qualidade de produtos e processos na área de Engenharia de Software.

Segundo Gresse (Abib, 1998) (Gresse), a abordagem GQM envolve:

- Paradigma — em que toda a coleção de dados em um programa de avaliação deve ser baseada em objetivos específicos explicitamente documentados;
- Modelo — em que seus componentes elementares são:
 1. o **objetivo** que envolve cinco aspectos — objeto de estudo (processo ou produto), propósito (determinar, caracterizar, melhorar, controlar algum aspecto de qualidade do objeto de medida), foco de qualidade (características de qualidade), ponto de vista (identifica a quem interessa os resultados da pesquisa) e ambiente (fornece o contexto para as interpretações dos resultados);
 2. as **questões** que expressam a necessidade de se obter informações em uma linguagem natural cujas respostas devem estar de acordo com o objetivo;
 3. as **métricas** que especificam, em termos quantitativos e avaliáveis, as informações que se deseja obter durante as avaliações;
- Método — que inclui planejamento, execução e empacotamento das experiências obtidas durante o programa.

O processo GQM, que se divide em três etapas, é mostrado na Figura 2.1.1.

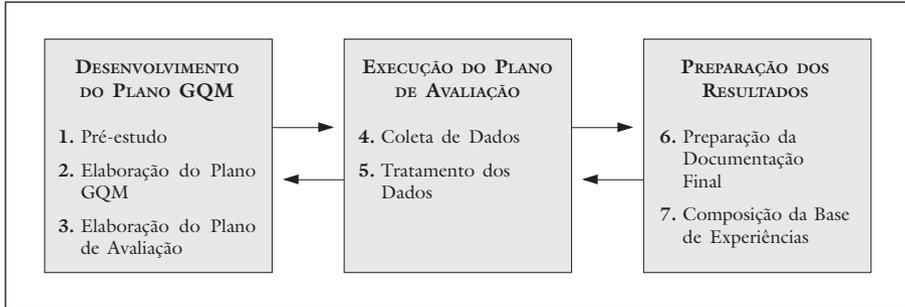


Figura 2.1.1 — Etapas e fases do processo GQM (Abib, 1998).

Na fase de *pré-estudo*, as pré-condições para a introdução do programa de avaliação são identificadas.

A fase de *elaboração do plano GQM* é dividida em dois passos: identificação dos objetivos da avaliação (que servirão de base para a elaboração do plano GQM e são detalhados nos cinco aspectos já mencionados) e preparação do plano GQM (em que um conjunto de questões é elaborado, caracterizando o objeto de pesquisa e seus aspectos de qualidade, assim como um conjunto de métricas associadas às questões, que visam respondê-las de maneira quantitativa).

Na *elaboração do plano de avaliação* são identificados quando os dados poderão ser coletados, quem os fornecerá e como.

O objetivo da fase de *coleta de dados* é obter os dados de avaliação, através do preenchimento do questionário elaborado. Esses dados são validados através da verificação da não ocorrência de erros, consistência e completude.

Uma análise e interpretação dos dados é realizada na fase de *tratamento dos dados*, para que as informações obtidas durante a coleta sejam utilizadas, de acordo com o objetivo da avaliação.

Na fase de *preparação da documentação final* um documento, contendo todos os dados coletados durante a avaliação, é desenvolvido.

Finalmente, a fase de *composição da base de experiências* possui como objetivo armazenar as experiências adquiridas no programa de avaliação, para reutilizar esse conhecimento em projetos de software e programas de avaliação futuros.

2.2. A Primeira Utilização do Método GQM

Nessa etapa, o método GQM é utilizado com o objetivo principal de adquirir conhecimento de especialistas da área educacional sobre aspectos ligados ao processo ensino-aprendizagem que devem estar presentes no software educacional.

A Figura 2.2.1 representa o esquema resumido das atividades realizadas durante a “Primeira Utilização do Método GQM”.

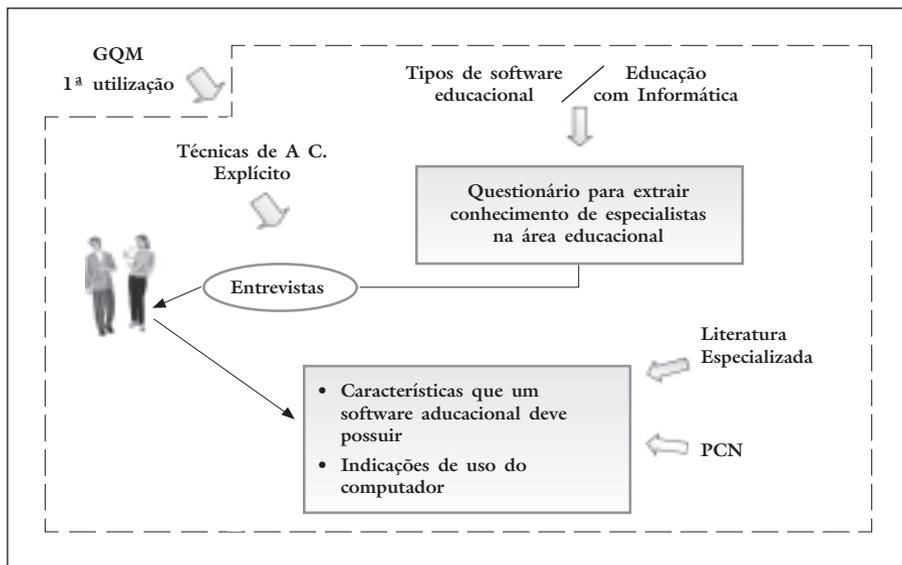


Figura 2.2.1 — Esquema Resumido: Atividades da 1ª Utilização do Método GQM.

Antes da descrição das fases realizadas no trabalho, é preciso ressaltar que, como já mencionado, o software educacional faz parte de uma estrutura complexa em que os requisitos de qualidade possuem, além de características técnicas, características ligadas à educação. Portanto, um programa de avaliação da qualidade para software educacional deve ser elaborado não apenas com base nas características técnicas de qualidade descritas na Norma ISO/IEC 9126-1 (ISO/IEC, 2001) e apresentadas na Tabela 2.2.1, mas também nas características ligadas ao processo educacional. Para que esta nova tendência de educação possa enriquecer e favorecer o processo de aprendizagem, em uma

avaliação de produtos de software educacional, o conhecimento de especialistas de tal área deve ser considerado (Reiser, 1994).

Característica	Descrição
Funcionalidade	Evidencia que o conjunto de funções atende às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o produto.
Usabilidade	Evidencia a facilidade de utilização do software.
Confiabilidade	Evidencia que o desempenho se mantém ao longo do tempo em condições estabelecidas.
Eficiência	Evidencia que os recursos e os tempos envolvidos são compatíveis com o nível de desempenho requerido para o produto.
Manutenibilidade	Evidencia que há facilidade para correções, atualizações e alterações.
Portabilidade	Evidencia que é possível utilizar o produto em diversas plataformas com pequeno esforço de adaptação.

Tabela 2.2.1 — Características da Qualidade de Software segundo a ISO/IEC 9126-1 (Tsukumo, 1997).

Sendo assim, para a elaboração das questões desenvolvidas durante a fase de *preparação do plano GQM*, a técnica “Entrevista Estruturada” (Aquisição de Conhecimento Explícito) é incorporada junto ao processo de desenvolvimento do instrumento de avaliação (McGraw, 1989).

Segundo Gammack e Young (Gammack, 1985) (McGraw, 1989), a técnica “Entrevista Estruturada” é uma das mais usadas para elicitare o conhecimento de um Especialista do Domínio, por permitir que o Engenheiro de Conhecimento compreenda rapidamente conceitos e vocabulário importantes no domínio.

As sessões da entrevista estruturada possuem cinco fases. São elas: planejamento, começo, corpo, fechamento e *follow up*.

Na fase do *planejamento*, uma vez que os tópicos foram selecionados, uma agenda e exemplos de questões a serem utilizadas durante a entrevista são desenvolvidos. As questões podem ser do tipo abertas (não são seguidas por alternativas e encorajam a resposta livre) ou do

tipo fechadas (determinam limites para o tipo, nível e quantidade de informações que o Especialista do Domínio fornece). Nessa fase, o processo a ser utilizado para a anotação das informações também é decidido e preparado.

A principal função da fase *começo da entrevista* é motivar os participantes a uma comunicação ativa.

Um formulário, tal como mostrado na Figura 2.2.2, pode servir como um guia para o *corpo ou parte principal da entrevista*. O mais importante é que o formulário induz a áreas planejadas a serem cobertas, ao contrário de perguntas aleatórias que podem não proporcionar investigações adequadas em um tópico ou área.

FORMULÁRIO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO			
Sessão de AC:	Engenheiro de Conhecimento:		
Tópico de sessão:	Data de sessão de AC:		
Local da sessão:	Tempo total:		
Esp Dom/Fonte de Conhecimento:			
Tipo de sessão: <input type="checkbox"/> Entrevista	<input type="checkbox"/> Rastreamento de processos	<input type="checkbox"/> Simulação	
<input type="checkbox"/> Estudo de casos	<input type="checkbox"/> Análise de Tarefas	<input type="checkbox"/> Outros	

Principais Metas da Sessão:			

Resumo da Sessão:			

Figura 2.2.2 — Formulário de Aquisição de Conhecimento (McGraw, 1989).

O *fechamento da entrevista* também é uma importante parte da sessão. Se o engenheiro de conhecimento faz um bom trabalho, resumindo os pontos principais e os propósitos da sessão de Aquisição de Conhecimento, provê a oportunidade ao Especialista do Domínio de clarear ou revisar esses pontos.

Finalmente, quando a entrevista acaba, o Engenheiro de Conhecimento entra na fase em que deve traduzir as informações obtidas em um formato útil. Esta é a fase de *follow up*.

A Tabela 2.2.2 a seguir, apresenta a descrição das fases realizadas na primeira etapa do trabalho.

Primeira Utilização do Método QQM (obtenção de conhecimento junto a especialistas)					
Desenvolvimento do Plano GQM	<p>1. PRÉ-ESTUDO: Nesta fase são identificadas literaturas referentes à Educação, Informática na Educação e Modalidades de Softwares Educacionais.</p>				
	<table border="1"> <tr> <td style="vertical-align: top;">2. ELABORAÇÃO DO PLANO GQM:</td> <td> <p>Objetivo <i>Objeto de estudo:</i> produto de software educacional. <i>Propósito:</i> extrair conhecimento de especialistas da área educacional sobre a parte ligada à educação do objeto de estudo. <i>Foco de qualidade:</i> características ligadas à educação, ou seja, pedagógicas, lúdicas, psicopedagógicas, culturais. <i>Ponto de vista:</i> especialistas da área educacional. <i>Ambiente:</i> local de pesquisa dos especialistas do conhecimento.</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>Conjunto de Questões: O conjunto de questões elaborado nessa fase diz respeito ao que é respondido pelos especialistas, através da Técnica de Aquisição de Conhecimento “Entrevista Estruturada”. As questões podem ser do tipo “abertas”, pois, com isso, os especialistas sentem-se à vontade para expor o conhecimento que possuem sobre o domínio. Cada questionário é direcionado à especialidade do entrevistado.</p> </td> </tr> </table>	2. ELABORAÇÃO DO PLANO GQM:	<p>Objetivo <i>Objeto de estudo:</i> produto de software educacional. <i>Propósito:</i> extrair conhecimento de especialistas da área educacional sobre a parte ligada à educação do objeto de estudo. <i>Foco de qualidade:</i> características ligadas à educação, ou seja, pedagógicas, lúdicas, psicopedagógicas, culturais. <i>Ponto de vista:</i> especialistas da área educacional. <i>Ambiente:</i> local de pesquisa dos especialistas do conhecimento.</p>	<p>Conjunto de Questões: O conjunto de questões elaborado nessa fase diz respeito ao que é respondido pelos especialistas, através da Técnica de Aquisição de Conhecimento “Entrevista Estruturada”. As questões podem ser do tipo “abertas”, pois, com isso, os especialistas sentem-se à vontade para expor o conhecimento que possuem sobre o domínio. Cada questionário é direcionado à especialidade do entrevistado.</p>	
	2. ELABORAÇÃO DO PLANO GQM:	<p>Objetivo <i>Objeto de estudo:</i> produto de software educacional. <i>Propósito:</i> extrair conhecimento de especialistas da área educacional sobre a parte ligada à educação do objeto de estudo. <i>Foco de qualidade:</i> características ligadas à educação, ou seja, pedagógicas, lúdicas, psicopedagógicas, culturais. <i>Ponto de vista:</i> especialistas da área educacional. <i>Ambiente:</i> local de pesquisa dos especialistas do conhecimento.</p>			
<p>Conjunto de Questões: O conjunto de questões elaborado nessa fase diz respeito ao que é respondido pelos especialistas, através da Técnica de Aquisição de Conhecimento “Entrevista Estruturada”. As questões podem ser do tipo “abertas”, pois, com isso, os especialistas sentem-se à vontade para expor o conhecimento que possuem sobre o domínio. Cada questionário é direcionado à especialidade do entrevistado.</p>					
<p>3. ELABORAÇÃO DO PLANO DE AVALIAÇÃO: O planejamento para as entrevistas é elaborado especificando-se “quando”, “como” e “por quem” as questões levantadas na fase anterior são respondidas. Um formulário de Aquisição de Conhecimento é elaborado para cada um dos especialistas. Ele pode conter, também, especificações a respeito do processo utilizado para a anotação das informações durante a entrevista e uma descrição dos tipos de software contemplados no instrumento de avaliação a ser gerado (exercício e prática, tutorial, jogo pedagógico, sistema hiperídia e simulação). É preciso que os formulários sejam entregues aos especialistas com antecedência a cada entrevista.</p>					
Execução do Plano de Avaliação	<p>4. COLETA DE DADOS: Nesta fase os dados são coletados através da realização das entrevistas, ou seja, as questões elaboradas na fase 2 são respondidas por um grupo de especialistas da área educacional, com uso do computador. Fazem parte do grupo: psicopedagogos com experiência em Informática na educação, professores que utilizam o computador em suas aulas, pesquisadores na área de Informática na Educação, pedagogos com especialização em Informática, professores universitários, responsáveis pela área de Informática na Educação.</p>				
	<p>5. TRATAMENTO DOS DADOS: Os dados obtidos através dos especialistas são analisados e interpretados. Nessa fase, as entrevistas podem ser transcritas na íntegra e depois editadas, caso o processo utilizado para anotação das informações seja a gravação.</p>				
Preparação dos Resultados	<p>6. PREPARAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO FINAL: Uma listagem com todos os dados coletados é elaborada de tal forma a sintetizar as informações necessárias ao desenvolvimento do instrumento/questionário de avaliação. Essa listagem deve conter, de forma sintetizada, as características que um software educacional deve possuir, levando em conta o seu tipo (exercício e prática, tutorial, jogo pedagógico, sistema hiperídia ou simulação). Para isso, além das informações coletadas junto aos especialistas, são utilizadas tanto uma literatura especializada na área quanto, por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais² (PCN Brasil, 1997).</p>				
	<p>7. COMPOSIÇÃO DA BASE DE EXPERIÊNCIAS: A listagem elaborada na Fase 6 é armazenada a fim de ser reutilizada na segunda etapa do trabalho, ou seja, na segunda utilização do método QQM.</p>				

Tabela 2.2.2 — Descrição das Fases da 1ª Utilização do Método QQM.

2. Parâmetros Curriculares Nacionais: Constituem um documento do MEC — Ministério da Educação — contendo propostas para a renovação da base curricular do Ensino em todo o país. Os PCN trazem para a discussão nacional objetivos, conteúdos e critérios de avaliação escolar.

Como pode ser observado na Figura 2.2.1, nessa etapa do trabalho tem-se como produto final uma listagem contendo as características ligadas à área educacional que um software educacional deve possuir e as indicações de uso do computador no processo educacional.

2.3. A Segunda Utilização do Método GQM

Nessa etapa do trabalho, o método GQM é utilizado com os objetivos de elaborar o instrumento de avaliação, verificar a qualidade de softwares educacionais e obter *feedback* inicial de professores sobre o instrumento de avaliação. A Figura 2.3.1 representa o esquema resumido das atividades realizadas durante a “Segunda Utilização do Método GQM”.

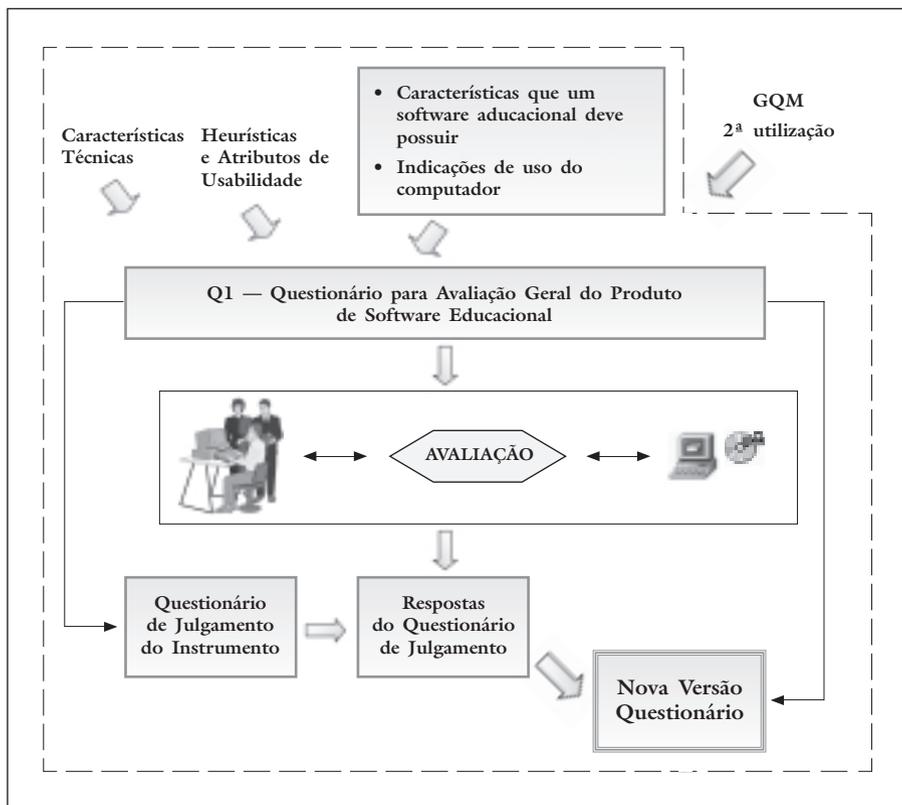


Figura 2.3.1 — Esquema Resumido: Atividades da 2ª Utilização do Método GQM.

Tendo em vista o tipo específico do produto que está sendo enfocado, a característica técnica “usabilidade”, ou seja, a questão relacionada a quão bem os usuários podem usar a funcionalidade definida pelo sistema, possui uma importância ainda maior por se tratar de softwares que poderão ser utilizados em um ambiente de ensino-aprendizagem.

A norma ISO/IEC 9126-1, ao tratar da característica “usabilidade”, não engloba diretamente aspectos cognitivos e emocionais do usuário. Por isso, os atributos de usabilidade propostos por Nielsen (Nielsen, 1993) e as heurísticas, ou princípios de usabilidade, propostas pelo mesmo em seu método da “Avaliação Heurística” (Nielsen, 1994) são estudados durante a fase de *pré-estudo* do método GQM a fim de realimentar o processo de desenvolvimento do instrumento de avaliação.

Segundo Nielsen, a característica usabilidade pode ser definida em função de múltiplos componentes e é tradicionalmente associada a cinco atributos. São eles:

1. *facilidade de aprendizado* — o uso do sistema deve ser fácil de aprender, de forma que o usuário possa começar a interagir rapidamente;
2. *eficiência de uso, uma vez aprendido* — uma vez que o usuário aprendeu a utilizar o sistema, é preciso que tenha um elevado nível de produtividade;
3. *facilidade de retorno* — é preciso que o usuário, ao voltar a usar o sistema após um certo tempo, lembre-se facilmente de como deve utilizá-lo;
4. *freqüência de ocorrência e seriedade dos erros* — o erro, neste contexto, é definido como uma ação do usuário que não leva ao resultado esperado. É preciso que o sistema não leve o usuário a cometer muitos erros durante sua utilização;
5. *satisfação subjetiva* — o sistema deve ser agradável, de forma que o usuário fique satisfeito ao utilizá-lo.

A Avaliação Heurística é a realização de uma inspeção sistemática da interface a fim de identificar problemas de usabilidade, tomando como base um conjunto de heurísticas ou princípios de usabilidade. Essa avaliação, de acordo com indicadores de experiências de maior sucesso (Nielsen, 1994), pode ser conduzida por um pequeno conjunto de avaliadores, em torno de três a cinco pessoas.

As heurísticas de usabilidade são regras gerais que objetivam descrever propriedades comuns de interfaces usáveis (Nielsen, 1994). Adicionalmente ao conjunto de heurísticas gerais, pode-se, também, considerar heurísticas específicas de acordo com a categoria do produto que está sendo avaliado. As heurísticas são descritas na Tabela 2.3.1.

Heurísticas de Usabilidade	
Heurística	Descrição
1. Visibilidade sobre o estado do sistema	É preciso que o sistema mantenha os usuários informados durante as atividades, fornecendo retorno adequado dentro de um tempo razoável.
2. Relação entre o sistema e o mundo real	O sistema deve falar a linguagem do usuário, utilizando palavras, frases e conceitos familiares, ao invés de termos orientados ao sistema. Deve seguir convenções do mundo real, fazendo com que a informação apareça numa ordem natural e lógica.
3. Controle do usuário e liberdade	Os usuários geralmente escolhem erroneamente funções do sistema, portanto, é necessário que existam saídas claras de emergência, fazendo com que o usuário deixe o estado não desejado sem que o fluxo do diálogo e sua continuidade sejam prejudicados. O sistema deve tratar o “desfazer” e o “refazer”.
4. Consistência e padrões	Os usuários não devem ser surpreendidos com diferentes palavras, situações ou ações que possuam o mesmo significado.
5. Prevenção de erros	Melhor que uma boa mensagem de erro é um projeto cuidadoso, que previna problemas, antes mesmo de ocorrerem.
6. Reconhecimento ao invés da recorrência à memória do usuário	O sistema deve possuir objetos, ações e opções de forma visível. Ele não deve obrigar o usuário a relembrar informações da parte de um diálogo para outro. As instruções para uso do sistema devem estar visíveis ou dispostas de forma apropriada para fácil reconhecimento e recuperação quando necessário.
7. Flexibilidade e eficiência de uso do sistema	O sistema deve, também, fornecer aceleradores, desconhecidos pelos usuários novatos, a fim de que seja facilitada a interação para um usuário mais experiente, com isto favorecendo ambas as categorias. Deve-se permitir que usuários experientes possam “cortar caminhos” em ações frequentes.
8. Simplicidade e estética do sistema	Diálogos não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Toda unidade extra de informação em um diálogo concorre com unidades relevantes e diminuem sua visibilidade relativa.
9. Ajuda aos usuários no reconhecimento, diagnóstico e correção de erros	Mensagens de erro devem ser expressas em linguagem clara (sem códigos), indicando precisamente o problema e sugerindo, construtivamente, uma solução.
10. Documentação e ajuda aos usuários	O melhor seria que o sistema fosse utilizado sem que o usuário precisasse recorrer à documentação ou ao help. Mesmo assim, é necessário que o sistema possua uma documentação a fim de que o usuário seja auxiliado. Estes recursos devem ser de fácil acesso e elaborados em função das tarefas típicas do usuário, listando passos concretos a serem percorridos, e não muito extensos.

Tabela 2.3.1 — Conjunto de Heurísticas de Usabilidade (Nielsen, 1994).

A Tabela 2.3.2, a seguir, apresenta a descrição das fases realizadas na segunda etapa do trabalho, ou seja, na segunda utilização do método GQM.

Segunda Utilização do Método GQM (Elaboração do instrumento para avaliação e <i>feedback</i>)	
Desenvolvimento do Plano GQM	<p>PRÉ-ESTUDO: A introdução do programa de avaliação é baseada na documentação final elaborada na primeira utilização do método GQM, nas Normas ISO/IEC 9126-1 (ISO/IEC, 2001) e ISO/IEC 12119 (ISO/IEC, 1994), em literatura especializada na área, nos atributos de usabilidade de Nielsen (Rocha, 2000) e nas heurísticas de usabilidade propostas também por Nielsen (Nielsen, 1994). Sob o ponto de vista dos especialistas, aspectos de funcionalidade e usabilidade do software educacional podem ser indicados como os mais relevantes para esse tipo específico de produto, mas é preciso ressaltar que aspectos de confiabilidade, eficiência, portabilidade (no que diz respeito à facilidade de instalação do produto) e manutenibilidade (no que diz respeito a indicações feitas pelo produtor), também são incluídos no instrumento de avaliação gerado, a fim de que também sejam analisados no produto.</p>
	<p>Objetivo <i>Objeto de estudo:</i> produto de software educacional e o próprio instrumento de avaliação gerado. <i>Propósitos:</i> verificar a qualidade de softwares educacionais utilizando o instrumento e, também, obter <i>feedback</i> inicial de professores sobre o mesmo. <i>Foco de qualidade:</i> características técnicas e educacionais. <i>Ponto de vista:</i> professores e orientadores pedagógicos. <i>Ambiente:</i> ensino-aprendizagem apoiado por ferramentas computacionais.</p>
	<p>2. ELABORAÇÃO DO PLANO GQM:</p> <p>Conjunto de Questões: Nessa fase são elaborados dois conjuntos de questões — um para compor o instrumento de avaliação com base no estudo realizado na fase de pré-estudo e outro para a avaliação do instrumento em si, ou seja, um questionário de julgamento para o instrumento de avaliação gerado.</p> <p>Métricas: A gradação (número de níveis) utilizada para as respostas (métricas) aos questionamentos do instrumento é elaborada de acordo com a questão. Respostas dissertativas podem ser requisitadas, mas, no caso de alternativas, pode-se utilizar uma gradação com 4 níveis, como por exemplo: sim, quase inteiramente, pouco, não. Também pode ser utilizado um nível com a sigla NN que significa “não é necessário para este produto”. É importante destacar que deve ser evitado o uso de um número ímpar de níveis, pois a tendência é que, na dúvida, o avaliador opte pela alternativa que se encontra no nível do meio.</p>
Desenvolvimento do Plano GQM	<p>3. ELABORAÇÃO DO PLANO DE AVALIAÇÃO: São elaborados dois planos de avaliação:</p> <p>1. o primeiro para ser utilizado juntamente com o instrumento de avaliação gerado e possui especificações de “como” e “por quem” os softwares podem ser avaliados. Esse plano contém: um procedimento para a realização da avaliação do produto de software educacional usando o instrumento/questionário gerado, um guia para a elaboração de um relatório sobre o software avaliado e um glossário com os termos técnicos utilizados no instrumento gerado;</p> <p>2. o segundo para ser utilizado na Fase 4, contendo especificações de “quando” e “por quem” os softwares podem ser avaliados, a fim de obter um <i>feedback</i> inicial sobre o instrumento de avaliação.</p>
Execução do Plano de Avaliação	<p>4. COLETA DE DADOS: Os dados (respostas aos questionários) são coletados através de avaliações de alguns softwares, realizadas por um grupo de professores ou orientadores pedagógicos. Os produtos usados nos experimentos podem ser adquiridos através de uma pesquisa dos produtos disponíveis no mercado, junto ao comércio varejista, atacadista e fabricantes. Nessa fase, os professores ou orientadores pedagógicos respondem aos questionamentos contidos no instrumento (1o conjunto de questões da Fase 2) e logo em seguida, ao questionário de julgamento do instrumento (2o conjunto de questões da Fase 2).</p>
	<p>5. TRATAMENTO DOS DADOS: Os dados coletados são analisados e interpretados para fins de refinamento do instrumento de avaliação elaborado.</p>

(cont) Segunda Utilização do Método GQM (Elaboração do instrumento para avaliação e <i>feedback</i>)	
Preparação dos Resultados	<p>6. PREPARAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO FINAL:</p> <p>Um documento final, ou seja, a última versão do instrumento/questionário, com todos os dados coletados durante as avaliações é elaborado. O documento final é composto pelo questionário de “Avaliação Geral” do produto de software educacional. Com ele, um produto pode ser analisado em relação às características de qualidade técnicas e educacionais e é verificada a presença de condições mínimas para atendimento das necessidades do usuário final. Essa análise examina o produto como um todo e o procedimento de avaliação utilizado pelo professor é composto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • questões que englobam critérios baseados nas Normas ISO/IEC 12119 e ISO/IEC 9126-1, nos atributos e heurísticas de usabilidade; • questões referentes às características pedagógicas gerais, que abordam critérios ligados à educação, considerados necessários em qualquer tipo de software educacional; • questões referentes à educação, específicas a cada um dos tipos de software educacional, que podem ser um tutorial, uma simulação, um jogo pedagógico, um sistema hiperídia (que engloba sistemas que utilizam técnicas de hiperídia e <i>sites web</i>) ou um exercício e prática; e, • questões que abordam as características pedagógicas relacionadas a cada ciclo do processo de ensino-aprendizagem, tendo como base os objetivos propostos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais.
	<p>7. COMPOSIÇÃO DA BASE DE EXPERIÊNCIAS:</p> <p>Por fim, as experiências adquiridas durante o programa de avaliação são armazenadas a fim de serem reutilizadas em programas de avaliação futuros.</p>

Tabela 2.3.2 — Descrição das Fases da 2ª Utilização do Método GQM.

Como pode ser observado na Figura 2.3.1, tem-se como produto final uma nova versão do instrumento de avaliação que apresenta o refinamento do mesmo. Com isso, o instrumento está elaborado.

3. Relato de uma Aplicação Prática

Como pode ser observado, na fase de “Coleta de dados” durante a segunda utilização do método GQM, professores respondem aos questionamentos contidos no instrumento e, logo em seguida, ao questionário de julgamento do instrumento. Nessa seção, uma aplicação prática dessa fase, desenvolvida por Gladcheff (Gladcheff, 2001), é relatada sucintamente. No trabalho mencionado, foi proposto um instrumento para avaliar a qualidade de produtos de software educacionais de Matemática, direcionados ao Ensino Fundamental.

Através do CAEM-USP (Centro de Aperfeiçoamento do Ensino de Matemática — IME — USP), quatorze professores do Ensino Fundamental de Matemática foram selecionados dentre os que se prontificaram a realizar avaliações de alguns softwares mais usados nas escolas, utilizando o questionário proposto (Gladcheff, 2001). Dentre esses professores, apenas quatro realizaram as avaliações em seu próprio computador, em casa, e outros quatro efetuaram a avaliação na Universidade de São Paulo (Instituto de Matemática e Estatística — IME-USP). Cada um deles avaliou um produto de software direcionado ao ciclo do Ensino Fundamental em que leciona.

Essa rápida investigação com os professores revelou alguns fatores técnicos propostos no questionário original e que não necessariamente são importantes na avaliação de um software educacional, sob a ótica do professor (por exemplo, questões relativas à análise da embalagem do produto).

Sete, dentre os oito professores que participaram desse experimento, consideraram esse instrumento um importante apoio para a avaliação de um software educacional de Matemática. Destacaram aspectos positivos de sua utilização, como a objetividade, a facilidade de uso (proporcionada pelo apoio do glossário de termos técnicos incluídos no questionário original), a abrangência dos pontos a serem observados no produto, inclusive quanto à usabilidade da interface do mesmo. A grande maioria afirmou que não se lembraria de vários aspectos técnicos e educacionais apresentados pelo questionário, ou se teria fixado em alguns detalhes, perdendo a objetividade da avaliação.

Essa experiência nos forneceu também alguns indicativos de como o instrumento de avaliação proposto poderia ter maior eficácia, em termos educacionais. Em nosso entendimento, o professor deve primeiramente avaliar o produto de software educacional, utilizando o instrumento proposto, para somente depois planejar suas atividades de ensino e, então, utilizá-lo com seus alunos. Pensamos que a antecedência da avaliação sistemática do software educacional pode auxiliar na previsão de outras metodologias e desafios a serem incorporados na sala de aula, com essa nova ferramenta.

4. Considerações Finais

A proposta apresentada neste trabalho originou-se de um instrumento, na forma de questionários, desenvolvido por Gladcheff (Gladcheff, 2001). Os questionários foram elaborados com o objetivo de servirem como um instrumento para avaliação de qualidade de produtos de software educacional de Matemática, direcionados ao Ensino Fundamental. Uma descrição detalhada do projeto pode ser encontrada em (Gladcheff, 2000).

É preciso ressaltar que tanto a metodologia base utilizada na elaboração do instrumento (Abordagem GQM), como a técnica para a extração do conhecimento junto aos especialistas (Entrevista Estruturada) e a base da avaliação da característica “usabilidade” (atributos de usabilidade e o método da Avaliação Heurística), foram essenciais para o

desenvolvimento do trabalho. Com esses procedimentos foi possível traçar objetivos de forma estruturada e buscar alcançá-los de maneira disciplinada.

Um importante diferencial a ser considerado é o envolvimento direto de educadores tanto na etapa de extração do conhecimento dos especialistas (através da entrevista estruturada) quanto na etapa de refinamento do instrumento de avaliação gerado (através das avaliações de softwares educacionais de Matemática, realizadas por professores do Ensino Fundamental).

Ressaltamos também a importante possibilidade de realimentação do instrumento final gerado, repetindo-se parcialmente os procedimentos propostos, de tal forma a gerarmos uma nova versão do questionário. Dentro do mesmo contexto, podemos destacar a possibilidade de validação do instrumento final mediante aplicação em ambiente prático (real).

Dentre as principais dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do trabalho, podemos destacar:

- a sintetização e relação das diversas informações colhidas junto aos especialistas (apesar da objetividade com que os entrevistados colocaram suas idéias);
- o agendamento dos professores para a aplicação do instrumento, com o objetivo de obter um *feedback* para seu refinamento;
- a dificuldade na aquisição dos softwares educacionais para as avaliações, apesar da variedade constatada em catálogos de distribuidores e em guias sobre estes produtos (muitos já não eram mais fabricados e outros não eram de fácil acesso);
- a complexidade do trabalho, por conta das diversas áreas que o envolveram (Matemática, Informática, Pedagogia, Psicologia).

Por fim, entendemos que os procedimentos utilizados no desenvolvimento do instrumento mencionado possuem um grande potencial para serem empregados na elaboração de instrumentos similares, destinados, também, a outras áreas.

5. Referências Bibliográficas

ABIB, J.C. (1998). *Abordagem Goal Question Metric (GQM) para Avaliação da Qualidade de Software*. Dissertação (Mestrado) — Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.

- BASILI, V.R.; WEISS, D.M. (1994). *A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data*. In: IEEE Transactions on Software Engineering, November, pp.728-38.
- BASILI, V.R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H.D. (1995). *Goal Question Metric Paradigm*. In: Encyclopedia of Software Engineering, v.1, p.527-32. New York: John Wiley & Sons.
- GAMMACK, J.; YOUNG, R. (1985). *Psychological Techniques for Eliciting Expert Knowledge*. In: M. Brarner, ed. Research and Development in Expert Systems. Cambridge University Press.
- GIRAFFA, L.M.M. (2000). *A Comunidade de Informática Educativa Brasileira: Perspectiva Histórica e Pesquisa*. Painele Integrado de Palestras e Debates. In: VI WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, Curitiba, Brasil.
- GLADSCHEFF, A.P. (2000). *Projeto de Mestrado: Um Instrumento de Avaliação da Qualidade para Software Educacional de Matemática, Direcionado ao Ensino Fundamental*. DCC/IME/USP. Disponível em <http://www.ime.usp.br/dcc/posgrad/teses/anapaula>.
- Gladcheff, A.P. (2001). *Um Instrumento de Avaliação da Qualidade para Software Educacional de Matemática*. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo.
- GRESSE, C.; HOILS, B.; WÜST, J. *A Process Model for GQM — Based Measurement*. University of Kaiserslautern, Germany. (Relatório Técnico STTI-95-04-E)
- GRESSE, C.; ROMBACH, H.D; RUHE, G. (1996). *A Practical Approach for Building GQM ~ Based Measurement Programs ~ Lessons Learned from Three Industrial Case Studies*. Tutorial. In: X Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, São Carlos, São Paulo, Brasil.
- ISO/IEC 9126-1 (2001). *International Organization for Standardization. Software Engineering — Product Quality — Part 1: Quality Model*.
- ISO/IEC 12119. (1994). *International Organization for Standardization. Information technology — Software packages — Quality requirements and testing*.
- MCGRAW, K.L.; BRIGGS, K.H. (1989). *Knowledge Acquisition: Principles and Guidelines*. Prentice Hall.
- NIELSEN, J. (1993). *Usability Engineering*. Cambridge, MA: Academic Press.
- NIELSEN, J. (1994). *Heuristic Evaluation*. In: Usability Inspection Methods. New York: John Wiley.
- PCN Brasil. (1997). *Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática — Ensino de 1ª à 4ª série e 5ª à 8ª série*. Brasília: MEC/SEF.

- REISER, R.A.; KEGELMANN, H.W. (1994). *Evaluating Instrucional Software: A Review and Critique of Current Methods*. In: ETR&D, v. 42, n. 3, pp. 63-69.
- ROCHA, H.V.D.; BARANAUSKAS, M.C.C. (2000). *Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*. Tutorial. In: Escola de Computação 2000, São Paulo.
- ROMBACH, H.D. (1991). *Practical Benefits of Goal-Oriented Measurement. Software Reliability and Metrics*. Elsevier Applied Science.
- SANCHES, R. (1993). *A Influência do Software e de seu Processo de Manutenção no Esforço de Manutenção*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.
- Tsukumo, A.N., et al (1997). *Qualidade de Software: Visões de Produto e Processo de Software*. In: VIII CITS — CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE SOFTWARE: QUALIDADE DE SOFTWARE, Curitiba. Anais.
- VIEIRA, F.M.S. (2000). *Avaliação de Software Educativo: Reflexões para uma Análise Críteriosa*. Disponível em <http://www.edutecnet.com.br>.