Ferramenta Especialista para Avaliação de Software Educacional

Carine Webber, Elisa Boff, Fernanda Bono

Centro de Computação e Tecnologia da Informação - Universidade de Caxias do Sul
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Caxias do Sul – RS – Brazil

{cgwebber, eboff, fbono2}@ucs.br

***Abstract.** This article presents an expert tool for educational software evaluation named FASE. As long as expert knowledge is required to evaluate educational software, we have considered in this work principles from the domain of Artificial Intelligence and Expert Systems. We describe here the processes of knowledge acquisition and some implementation details. In order to illustrate a use case, we have developed an experiment on the web-based tool counting on several experts on the educational domain.*

***Resumo.** Este artigo apresenta uma ferramenta especialista para avaliação de software educacional denominada FASE. Por se tratar de uma área onde o conhecimento especializado é necessário, optou-se por desenvolver uma ferramenta baseada em princípios de sistemas especialistas. A FASE permite que o conhecimento sobre avaliação de software educacional seja registrado e evolua à medida que os especialistas contribuem com a sua base de conhecimento. Neste artigo descreve-se o processo de aquisição do conhecimento realizado, bem como a implementação da FASE. A fim de ilustrar o seu uso, apresenta-se um cenário de utilização da ferramenta desenvolvido em uma plataforma web com o auxílio de diversos especialistas na área de software educacional.*

1. Introdução

Sistemas especialistas são programas que utilizam conhecimento e procedimentos inferenciais para resolver problemas que normalmente requerem muita perícia humana [1,2]. Segundo Barone, um sistema especialista é uma forma de sistema baseado em conhecimento especialmente projetado para emular a especialização humana de algum domínio específico [3]. Um sistema especialista emprega conhecimento, regras e heurísticas para resolver problemas em uma especialidade. Geralmente os melhores sistemas especialistas são capazes de atuar em um domínio bem restrito de forma semelhante ou melhor que especialistas humanos.

Um sistema especialista deve possuir uma base de conhecimento, um mecanismo de inferência, um mecanismo de explanação e meios de aquisição de conhecimento. Tal como um especialista humano faria, o sistema deve ser capaz de produzir um resultado (uma decisão, um diagnóstico, ou recomendação), além de permitir a incorporação de novos conhecimentos e heurísticas à base de conhecimento.

Para Buchanan a etapa mais importante do desenvolvimento de um sistema especialista é a Aquisição de Conhecimento [4]. Esse processo depende fortemente da interação com o especialista humano, podendo também abranger outras fontes de

conhecimento (revistas especializadas, dados estatísticos, entre outras). Existem diversas técnicas de aquisição do conhecimento tais como entrevistas, observação, monitoramento, coleta de dados, além de técnicas automáticas de extração do conhecimento. A definição sobre qual técnica utilizar depende da disponibilidade do especialista e de características intrínsecas ao conhecimento a ser modelado. O uso dessas técnicas permite a construção de uma Base de Conhecimento contendo fatos e regras relevantes e suficientes à resolução do problema a que se propõe o sistema.

Diversos domínios têm sido modelados com a tecnologia de sistemas especialistas [2,3]. Neste trabalho propõe-se aplicá-la à área de avaliação de software educacional (SE). A avaliação de SE segue critérios oriundos da área da Educação e outros da área da Computação, especialmente de Engenharia de Software e Interface Humano-Computador. Percebe-se assim que um bom avaliador de SE deve possuir boa formação nas duas grandes áreas. Experiência no ensino e no uso de tecnologias de informática na educação também auxiliam. Necessita-se de fato de critérios formais que aliados à experiência e percepção do avaliador permitam que uma análise correta em termos de aplicabilidade e adequação sejam realizadas.

Neste contexto, este artigo apresenta uma ferramenta especialista para avaliação de software educacional (sigla FASE). A FASE permitir que usuários especialistas definam critérios de avaliação de SE de forma que se construa uma base de conhecimento na forma de um instrumento de avaliação. Avaliadores de SE podem fazer uso destes instrumentos para avaliarem softwares, recebendo indicações da ferramenta que visam desenvolver o espírito crítico do avaliador tendo em vista as características do software analisado. Além disso, a FASE permite que critérios de avaliação sejam continuamente criados.

2. Avaliação de Software Educacional

A avaliação é uma etapa importante do processo de desenvolvimento de software. É nesta etapa que os projetistas identificam se um software é utilizável e se está de acordo com o que os usuários desejam. Para [5] a avaliação é o processo sistemático de coleta de dados responsável por nos informar o modo como um determinado usuário ou grupo de usuários deve utilizar um produto, para uma determinada tarefa, em um certo tipo de ambiente. Quando o produto em desenvolvimento é um SE, a avaliação durante todo o processo deve garantir que o software leve em consideração as necessidades dos usuários, que o software seja fácil de aprender, seja eficaz, seguro, desafiador, com linguagem adequada e que estimule a criatividade.

A avaliação de SE se apóia em técnicas utilizadas em avaliação de software para uso geral. Porém, para esta finalidade específica, a avaliação deve contemplar aspectos como as teorias pedagógicas que embasam o desenvolvimento do software e a adequação pedagógica e contextual.

De acordo com Paiva [6], atualmente dispomos de várias técnicas de avaliação de SE. Entre elas podemos citar os *checklists*, a avaliação heurística, os ensaios de interação, a exploração cognitiva, os questionários, as entrevistas, as inspeções formais de usabilidade, a investigação contextual e as pesquisas. A escolha de uma ou mais técnicas depende do tipo ou dos objetivos da avaliação pretendida pelo usuário. Campos [7], por exemplo, apresenta critérios para avaliação de SE baseados na avaliação proposta pela área de Engenharia de Software.

Sob o ponto de vista de Oliveira [8], a avaliação de SE deve ser pensada sob duas formas, a objetiva através de listas de critérios e a formativa conduzida através de entrevistas, questionários e acompanhamento de perto do desempenho dos usuários durante a utilização do software. A avaliação formativa compreende a utilização do SE em um ambiente real de aprendizagem, onde os alunos interagem com o seu objeto de conhecimento com intuito de serem levados à compreensão de um conteúdo didático. Já Begoña e Spector [9], subdividiram os métodos de avaliação de software em três diferentes níveis:

- A avaliação orientada ao produto: realizada através de uma descrição crítica do SE por especialistas que, normalmente, utilizam lista de verificação ou folha de inspeção, e seguem um conjunto de procedimentos para guiar a inspeção.

- A avaliação orientada ao usuário: o objetivo principal desta avaliação é analisar a eficiência dos processos de aprendizagem envolvidos no uso de SE pelos alunos.

- A avaliação orientada ao contexto: tem como objetivo principal compreender o contexto no qual o software está inserido, mensurando o nível de interferência causada por ele na aprendizagem do aluno.

De acordo com Campos [10], ao avaliarmos os softwares educacionais precisamos observar as seguintes características:

a) Características Pedagógicas: São aquelas que incluem um conjunto de atributos responsáveis pela determinação e viabilização da utilização do software no contexto educacional. Essa característica abrange subcaracterísticas que melhoram a identificação de um software de qualidade:

Ambiente educacional: o software deve disponibilizar a identificação do ambiente educacional e do modelo de aprendizagem que ele privilegia;

Pertinência em relação ao programa curricular: o software deve ser adequado e seguir regras de um dado contexto educacional ou a uma disciplina específica;

Aspectos didáticos: o software deve atender a um objetivo educacional, sendo fácil de usar, amigável ao usuário, apresentando aspectos motivacionais e respeitando as individualidades. É importante que inclua atributos como: clareza e correção dos conteúdos, recursos motivacionais, carga informacional e tratamento de erros.

b) Facilidade de uso: compreende os atributos que determinam a facilidade e a objetividade de uso do software.

c) Características da interface: determinam a existência de recursos que facilitam a interação do usuário com o software. Inclui as seguintes subcaracterísticas: condução, afetividade, consistência, significado de códigos e denominações e gestão de erros.

d) Adaptabilidade: caracteriza-se por um conjunto de atributos que determinam a capacidade do software de se adaptar a necessidades e preferências do usuário e ao ambiente educacional selecionado.

e) Documentação: refere-se aos atributos que verificam a qualidade do material que acompanha o software. Esse material precisa estar completo, consistente, legível, organizado e de fácil entendimento. Os alunos que utilizarem esse material precisam entender de forma clara o que está sendo proposto e por isso o material precisa satisfazer as necessidades de informações dos diferentes tipos de usuários.

f) Portabilidade: disponibiliza um conjunto de atributos que determinam a

adequação do software ao ambiente onde será instalado. Ou seja, determina a disponibilidade do software em se adequar aos equipamentos que compõem o laboratório de informática educativa.

g) Retorno do investimento: é composta por um conjunto de atributos que evidenciam a adequação do investimento na aquisição do software.

Outros aspectos também podem ser observados na avaliação do SE, tais como: faixa de preço, disponibilidade no mercado, recomendação de outros usuários, possibilidade de obtenção de cópias, convênios e análise de versões demonstrativas. Também é importante ressaltar e observar a qualidade da informação quando se trata de ambientes e sites disponibilizados na Web. A qualidade da informação inclui características como: conteúdos corretos, fontes fidedignas, carga informacional compatível, pertinência e temas transversais [10].

Gamez [11] desenvolveu a técnica de inspeção de conformidade ergonômica de SE. Esta técnica tem um enfoque na ergonomia de software (baseada na norma ISO/IEC 9241 de 1998) aplicada a produtos educacionais informatizados. Esta técnica contempla tanto aspectos ergonômicos de interface como os aspectos pedagógicos, documentação do produto, adequação do software ao contexto pedagógico, identificação da taxonomia de SE e identificação dos objetivos pedagógicos. Trabalhos anteriores, como o de Cybis [12], também tratam da avaliação da ergonomia de interfaces de SE.

Seguindo a linha da Inteligência Artificial, Rech [13] propõe uma aplicação para a avaliação de SE baseada na técnica de raciocínio baseado em casos. A utilização desta técnica auxilia o avaliador do software, trazendo casos similares de ferramentas já avaliadas.

Com base nesses aspectos é possível perceber a importância da avaliação do SE para garantir sua eficiência e eficácia no processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, essa avaliação carece de ferramentas e recursos que simplifiquem esse processo de avaliação e o torne mais prático e objetivo. O professor precisa de métricas bem definidas para avaliar o SE, o que em geral não existe nas escolas e instituições de ensino onde os professores ainda não estão preparados para esta tarefa. Isso faz surgir uma demanda não suprida de recursos que auxiliem o professor nesse processo de avaliação.

Este trabalho se apoiou nas técnicas propostas por [10,11] para desenvolver a base de conhecimento sobre avaliação de software educacionais. O desenvolvimento do software proposto é apresentado nas próximas seções.

3. Metodologia

A ferramenta para Avaliação de Software Educacional foi desenvolvida em 4 etapas. A primeira etapa foi de aquisição de conhecimento sobre avaliação de SE. A segunda etapa correspondeu à compilação e análise do conhecimento obtido na primeira etapa. A terceira etapa compreendeu a implementação da FASE. Na quarta etapa foram realizados testes da ferramenta, bem como a análise dos resultados obtidos. Esta seção descreve brevemente o desenvolvimento de cada uma destas etapas.

3.1. Aquisição de Conhecimento

O processo de aquisição de conhecimento foi realizado a partir de instrumentos de

avaliação de SE em uso pelo grupo de estudos da UCS na área. Através destes instrumentos, elaborou-se um único instrumento contemplando aspectos pedagógicos e computacionais variados. Para avaliar este instrumento realizou-se dois experimentos com estudantes e especialistas na área de informática na educação. No primeiro experimento foi feita uma pré-análise do instrumento com estudantes de diversas áreas do conhecimento matriculados no curso de Especialização em Informática na Educação da UCS. Nesse experimento contou-se com a participação de 10 alunos que assumiram o papel de especialistas na área. A cada um deles foi solicitado que classificassem as questões do instrumento (76 questões) conforme sua percepção sobre a relevância da questão no processo de avaliação de SE. Cada questão deveria ser classificada em uma escala de 1 a 5 respectivamente como irrelevante, pouco relevante, nem importante nem relevante, relevante e muito relevante. A tabela 1 apresenta as primeiras questões do instrumento de avaliação.

Tabela 1. Exemplo de questões do instrumento de avaliação de SE.

<p>Questão 1 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()</p>	<p>O software pode ser classificado como: () Jogo educativo () Simulador () Exercício e prática () Tutorial () Hipermídia () Sistema Tutor Inteligente () Ambiente de aprendizagem interativo (micromundos) () Sistema de Autorial () Ambiente de aprendizagem cooperativo () Outro: _____</p>
<p>Questão 2 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()</p>	<p>O software propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou a comparação? () Sim () Parcialmente () Não () Não se aplica</p>
<p>Questão 3 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()</p>	<p>É adequado ao nível do aprendiz (público-alvo)? () Sim () Parcialmente () Não () Não se aplica</p>

Para análise dos resultados, tabulou-se a relevância média encontrada para cada questão. Delimitou-se o índice 3.9 como sendo o ponto de corte da análise, eliminando-se do instrumento todas as questões que obtiveram média inferior a ele. Como resultado dessa etapa obteve um novo instrumento contendo 59 questões.

No segundo experimento, 4 especialistas (professores com experiência em Informática na Educação) avaliaram o novo instrumento. Solicitou-se que fossem apontadas melhorias com relação aos seguintes aspectos: enunciado da questão; se questões apresentadas seriam suficientes; se deveriam ser eliminadas; e qual a melhor ordenação para as questões. A partir da análise realizada pelos especialistas, realizou-se uma nova e criteriosa extração de conhecimento, observando cada questão avaliada, decidindo se ela permaneceria no instrumento, e quais melhorias poderiam ser feitas. Como resultado dessa etapa obteve um novo instrumento contendo 24 questões.

Para finalizar, solicitou-se a uma das especialistas que classificasse as questões do instrumento atribuindo a cada uma um nota de 0 a 2 indicando respectivamente se a questão não era importante (0) , importante(1), ou muito importante (2), levando em conta cada categoria de SE (conforme questão 1 da tabela 1) para as quais a questão seria pertinente. Desta forma, produziu-se uma ordem de relevância de critérios e seus pesos para cada categoria de SE.

Como conclusão desta etapa de aquisição do conhecimento formulou-se um conjunto de questões de avaliação de SE, considerando aspectos pedagógicos e computacionais, organizados e pontuados para cada categoria de software.

3.2. Processo de Inferência

Comumente os sistemas especialistas utilizam uma máquina de inferência que implementa o algoritmo de Rete [14] para seleção e aplicação de regras de produção. O sistema aponta decisões, produz diagnósticos ou recomendações precisas para resolver um caso. Nosso sistema difere desse modelo tradicional de sistema especialista uma vez que ele se propõe a orientar o usuário no processo de avaliação de SE, ponderando sobre como o software em avaliação atende os requisitos definidos pelo especialista. Sendo assim, a inferência que a ferramenta FASE realiza compreende a atribuição de uma pontuação ao software em avaliação, levando em consideração à pontuação máxima que um software nesta categoria poderia receber (segundo os especialistas).

A pontuação do software em avaliação é dada pelo somatório dos pesos (PQ) de cada questão (j), dada a classificação de software selecionada pelo avaliador (questão 1), multiplicado-se pelo peso da resposta (PR) dada para a questão. As questões, as alternativas de resposta e seus respectivos pesos são definidos pelo usuário especialista no momento da criação do instrumento. A seguinte expressão calcula a pontuação do software em avaliação.

$$\sum_j PQ_j.PR_j$$

Note que o peso de cada questão foi atribuído conforme a relevância apontada pela especialista. Questões consideradas muito importantes receberam peso 2; questões importantes receberam peso 1; as demais questão receberam peso 0. O peso das respostas do avaliador é: para sim peso 1; parcialmente, peso 0.5; não, peso 0; e não se aplica, peso 0. Esta pontuação foi definida como valor *default* para as respostas.

Ao término do processo de avaliação (preenchimento do instrumento) a FASE ativa seu mecanismo de inferência para computar a pontuação através dos métodos:

Método *CalculaPesoMaxTipoSoftware*: calcula o peso máximo que um software da categoria selecionada pode atingir.

Método *CalculaPesoAnalise*: calcula o peso obtido pelo software em avaliação.

A inferência produz um valor numérico que quantifica o desempenho do SE em relação aos critérios estabelecidos e à pontuação máxima possível de ser obtida.

3.3. Mecanismo de Explicação

A explicação em sistemas especialistas permite que o usuário verifique o processo de inferência, analisando o caminhamento das regras e a resposta produzida pelo sistema. O mecanismo de explicação auxilia também o especialista na avaliação do comportamento do sistema.

O processo de explicação da FASE compreende a elaboração de um texto a partir das respostas às questões do instrumento de avaliação. A composição da mensagem final ocorre a partir da concatenação dos textos inseridos pelo especialista para cada resposta a cada questão do instrumento.

3.4. Implementação

A FASE foi implementada usando tecnologias que permitissem integrá-la ao portal institucional da UCS. A arquitetura cliente servidor foi desenvolvida com a ferramenta Zope [15], que implementa um servidor de aplicações que provê um ambiente para publicação de objetos na internet. Utilizou-se o software Plone [16] para a criação, edição, publicação e gerenciamento dos conteúdos a serem publicados. A principal linguagem de programação utilizada foi Python.

4. Ferramenta FASE

A FASE reconhece duas classes de usuários: especialistas e avaliadores. Os especialistas definem os critérios de avaliação de SE e constroem o instrumento de avaliação, podendo também realizar avaliações. Os avaliadores utilizam a ferramenta para obter um parecer sobre a adequação técnica e pedagógica de um software no contexto educacional.

A partir de uma tela de *login*, o usuário se identifica e é autorizado pelo sistema, assumindo papel de especialista ou avaliador. A figura 1 apresenta o cadastro de um instrumento de avaliação por um especialista. Ele pode incluir novos instrumentos, ou apenas complementar o mesmo instrumento adicionando novas questões.

A imagem mostra uma interface web para editar um instrumento de avaliação. O título principal é "Editar Instrumento de Avaliação". Abaixo dele, há uma linha de informações: "por fbono2 última modificação 20/06/2008 16:37" e "Instrumento de Avaliação".

Logo abaixo, há um campo rotulado "Título" com o texto "Instrumento de Avaliação de Software Educativo".

Em seguida, há uma seção rotulada "Classificacaosoftware" com uma lista de opções: "Hipermidia", "Sistema Tutor Inteligente", "Ambiente de Aprendizagem Inteligente", "Sistema de Autoria" e "Ambiente de Aprendizagem".

Abaixo disso, há uma seção rotulada "Atividadepedagogica" com uma lista de opções: "Instrucionista/Comportamentalista", "Construcionista" e "Socio-Interacionista".

Na base da interface, há dois botões: "salvar" e "cancelar".

Fig. 1. Inclusão de questões pelo usuário especialista.

Uma vez que o instrumento esteja pronto, ele é liberado para os avaliadores. O próprio especialista pode testar a avaliação (figura 2).

Instrumento de Avaliação
Este instrumento serve para avaliação de software educativo.

Responder Questionário
[Clique aqui para responder o questionario deste instrumento](#)

Questionários já Respondidos

Cadastrar Questões
[Clique aqui para cadastrar novas questões](#)

Questões Existentes

- O software propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou a comparação?
- É adequado ao nível do aprendiz (público-alvo)?
- Instiga a procura de outras informações em diferentes fontes de pesquisa?
- Ele favorece a utilização interdisciplinar?
- O software apresenta atividades variadas, variando os níveis de complexidade das tarefas?
- O usuário tem controle do software, podendo interromper as tarefas, retomá-las, corrigir erros?

Fig. 2. Interface do especialista para gerenciamento de instrumentos de avaliação.

Os avaliadores podem então proceder com o preenchimento do instrumento de avaliação. A figura 3 apresenta um exemplo de avaliação para o software Aplusix [17]. Observe que o especialista definiu questões com respostas em forma textual e outras de múltipla escolha.

Editar Questionário
por [fbone2](#) última modificação 25/06/2008 17:38

Questionário

Nome Software
Aplusix

Equipe Desenvolvedora
Desenvolvido por pesquisadores da equipe DidaTIC, do Laboratório Leibniz, em Grenoble-França

Objetivo Geral
Objetivo geral do software: Ajuda os alunos à aprender o cálculo numérico e algébrico. Verifica os cálculos que o aluno faz livremente propõe muitos exercícios e permite passar em alguns testes.

Classificacao Software
Exercicio e Prática

Atividade Pedagogica
Construcionista

O software propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou a comparação?

Sim
 Parcialmente
 Não
 Não se aplica

Fig.3. Avaliador responde ao questionário durante avaliação de um software.

Ao final do preenchimento do instrumento de avaliação é apresentado o resultado da avaliação (figura 4).

Instrumento de Avaliação
Este instrumento serve para avaliação de software educativo.
Resultado da Análise do Questionário
Peso Máximo: 22.0 - Peso Análise: 18.0 - Mensagem: Um software que apresenta estas características se adequa a atividades construtivistas. O software adequado ao nível do aluno vem também propor atividades de níveis acima ao que o aluno se encontra, a fim de desafiar-lo a buscar novos conhecimentos. O software aponta para a possibilidade de utilização por uma só matéria/disciplina. O software aponta para a possibilidade de realizar o mesmo conjunto de atividades. Neste caso, o software pode se tornar repetitivo e desmotivador. O software dá controle ao usuário, o que é uma característica importante de usabilidade de interface. Grafismos e layout podem motivar o aluno a utilizar o software.
Responder Questionário
Clique aqui para responder o questionário deste instrumento.
Questionários já Respondidos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ questionario-respondido-por-fbono2
Cadastrar Questões
Clique aqui para cadastrar novas questões.
Questões Existentes
<ul style="list-style-type: none"> ▪ O software propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou a comparação?

Fig. 4. Resultados da avaliação do software Aplusix.

O resultado apresenta valores quantitativos que indicam a pontuação do software com relação a pontuação máxima que ele poderia atingir. Além disso o mecanismo de explanação produz um texto que justifica a pontuação atingida com base nas observações do especialista sobre as respostas dadas pelo avaliador.

5. Conclusões

O processo de avaliação de software constitui uma habilidade bastante específica (poucas pessoas a dominam), pois ela exige tanto conhecimento técnico na área de informática quanto pedagógico. Considerou-se por esta razão que esta é de fato uma tarefa especialista, o que justificou neste trabalho seguir-se as abordagens indicadas para o desenvolvimento de um sistema especialista. O processo de aquisição do conhecimento se revelou bastante complexo pois, como verifica-se na maioria das áreas do conhecimento, os especialistas nem sempre possuem a mesma opinião. Ao término deste trabalho, obteve-se como resultado o sistema de avaliação FASE (Ferramenta de Avaliação de Software Educativo) para auxiliar não especialistas na avaliação de SE, bem como orientar profissionais da área de educação na escolha do software mais adequado para suas atividades pedagógicas.

A FASE constitui uma ferramenta web, com interface para usuários do tipo especialista e avaliador, banco de dados de questões, alternativas, atribuição de pesos a questões e alternativas e instrumento de avaliação com pontuação. Após o usuário preencher o instrumento de avaliação, a ferramenta retorna um *feedback* com as características do software, assim como a sua pontuação alcançada. Além disso, o FASE foi desenvolvido num ambiente virtual de aprendizagem compatível com o ambiente da UCS. O Plone oferece recursos de comunicação que de maneira amigável auxiliam na avaliação de software além permitir a trocar ideias sobre os softwares e avaliações.

Referências Bibliográficas

1. Harmon, P. King, D. Sistemas Especialistas. Tradução Antonio Fernandes Carpinteiro. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

-
2. Giarratano, J., Riley, G. Expert Systems: Principles and Programming PWS Publishing Co., 1994, p. 513-545.
 3. Barone, D.A.C. Sociedades Artificiais: A Nova Fronteira da Inteligência nas Máquinas. In: Flores, Cecília Dias. Fundamentos dos Sistemas Especialistas. Porto Alegre: Bookman, 2003, p. 127-154.
 4. Buchanan, B.G. Building a KnowledgeBase. <http://www.aaai.org/Classic/Buchanan/Buchanan09.pdf>, abril de 2008.
 5. Preece, J., Rogers, Y. And Sharp, H. Design de Interação: além da interação humano-computador. Porto Alegre: Bookman, 2005.
 6. Paiva, C.R. Avaliação De Software Educativo "História Do Mundo, Uma Aventura Visual": Aplicações No Ensino Presencial De História. 2002. Obtido via internet <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/9235.pdf>.
 7. Campos, G. H. B., Campos, F. C. A. e Rocha, A. R. C. Qualidade de software educacional: padrões para avaliação. In: X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. X SBIE, 1999, Curitiba. X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. X SBIE. Curitiba : SBIE/SBC, 1999. v. 1.
 8. Oliveira, C.C., Costa, J.W., Moreira, M. Ambientes informatizados de aprendizagem. Produção e Avaliação de Software Educativo Campinas: Papirus, 2001.
 9. Begoña, G.; Spector, J.M. Evaluating automated instructional design systems: A complex problem. Educational Technology. New Jersey: v. 34, n. 5, 1994, p. 37-46.
 10. Campos, F. C. A., Campos, G. H. B. Qualidade de Software Educacional. In: Rocha, A. R. C. da, Maldonado, J. C. , Weber, K.C. (Orgs.) Qualidade de Software: Teoria e Prática. São Paulo: Prentice Hall, p. 124-130.
 11. Gamez, Luciano. Ticese: Técnica de Inspeção de Conformidade Ergonômica de Software Educacional. Disponível em <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/estilo/Ticese.htm>. Acesso em maio 2008.
 12. Rech, C., Reategui, E. B. e Boff, E. Utilizando o Raciocínio Baseado em Casos na Avaliação de Softwares Educativos. SBIE 2007. São Paulo, novembro 2007.
 13. Cybis, W. A.; Catapan, A. H.; Conelio, P; Souza, A.C; Thomé, Z.R.G. Ergonomia em Software Educacional: a possível integração entre usabilidade e aprendizagem. IHC 1999, Campinas.
 14. Forgy, C.L.: Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem Artificial Intelligence, 19(1982) 17-37
 15. ZOPE Corporation. Zope Community. <http://www.zope.org/>
 16. PLONE Foundation. Plone CMS–Open Source Content Management System. <http://www.plone.org/>.
 17. Aplusix Software. <http://aplix.imag.fr/>