

Avaliação de software educativo para o ensino de matemática¹

Alex Sandro Gomes¹, José Aires Castro Filho², Verônica Gitirana³, Alina Spinillo⁴,
Mirella Alves¹, Milena Melo¹, Julie Ximenes¹

¹ Centro de Informática – UFPE – Cx. Postal 7851– 50732-970 –Recife – PE – Brazil

² Faculdade de Educação – UFC – Rua Waldery Uchôa, 1 60020-110 – Fortaleza – CE

³ Centro de Educação – UFPE –50732-970 –Recife – PE – Brazil

⁴ Depart. de Psicologia – UFPE– 50732-970 –Recife – PE – Brazil

asg@cin.ufpe.br, j.castro@ufc.br, vggf@npd.ufpe.br, spin@npd.ufpe.br

Abstract. *This paper proposes a methodology to evaluate educational software based on the Theory of Conceptual Fields (Vergnaud, 1997). The proposed methodology comprises two phases: a table for evaluating software, which privileges some teaching and learning aspects, is built, and, students' development in experimental sessions. The analysis showed that the software programs explore a small part of the focused field. Nonetheless, this analysis allows teachers to choose and use the software programs considering their possibilities and limitations.*

Resumo. *Este artigo propõe uma metodologia de avaliação de software educativo baseado na Teoria dos Campos Conceituais (Vergnaud, 1997). A metodologia proposta compreende duas fases: uma análise em forma de tabela e uma série de observações de uso com alunos. As análises mostram que os softwares educativos exploram apenas uma pequena parte dos campos conceituais. Essas conclusões podem permitir aos professores melhor considerar as possibilidades e limitações dos softwares educativos.*

1. Introdução

Milani (2001) inicia seu capítulo afirmando que “O computador, símbolo e principal instrumento do avanço tecnológico, não pode mais ser ignorado pela escola. No entanto, o desafio é colocar todo o potencial dessa tecnologia a serviço do aperfeiçoamento do processo educacional, aliando-a ao projeto da escola com o objetivo de preparar o futuro cidadão.” (p.175). Além desse desafio, um outro, anterior ao uso desse instrumento, surge como fundamental para que o potencial dessa tecnologia contribua de forma efetiva para o processo educacional: a avaliação dos softwares educativos.

¹ Parte de projeto financiado pelo CNPq/ProTeM-CC Proc. n. 680210/01-6 e n. 477645/2001-1.

Mais importante que o software, em si, é o modo como ele será utilizado, pois nenhum software é, em termos absolutos, um bom software (Meira, 1998). O importante é que a escolha do mesmo se fundamente na proposta pedagógica de matemática da escola (Hinostroza & Mellar, 2001), visto que não se faz uma proposta de ensino para se usar um software; ao contrário, escolhe-se o software em função da proposta de ensino adotada. Entretanto, tanto designers como professores precisam dispor de critérios que permitam nortear tanto a criação de softwares como a sua escolha. Neste sentido, torna-se relevante discutir a avaliação de softwares educativos.

Tendo isso em vista, o presente artigo discute a maneira tradicional e uma maneira alternativa na avaliação de softwares educativos. Antes porém, apresenta-se uma breve fundamentação teórica sobre o uso de softwares no ensino de matemática. Para finalizar, apresenta-se um estudo que ilustra o uso de uma metodologia alternativa para a avaliação de softwares educativos para o ensino de matemática.

2. O uso de softwares no ensino de matemática: referenciais teóricos

O principal referencial teórico deste artigo centra-se na teoria de campos conceituais de Vergnaud (1997), segundo a qual um conceito é definido a partir de três instâncias: suas propriedades invariantes, os sistemas de representações e as situações de uso. Aprender um conceito matemático, portanto, implica dominar um conjunto de propriedades que emergem diferentes situações e que são mediadas por diferentes sistemas de representações. Dominar um campo conceitual significa saber resolver problemas em situações diversas nas quais determinado conceito está inserido.

Esta visão remete à idéia de que a aprendizagem não pode ser tomada de forma geral, intransitiva. Na realidade, a aprendizagem envolve sempre a aprendizagem de algo. Tal afirmação precisa ser considerada em relação à avaliação e à escolha de um software educativo: ele é relativo ao ensino de algo.

Em relação à escolha de um software, sua adequação depende da forma como este se insere nas práticas de ensino, das dificuldades dos alunos identificadas pelo professor e por uma análise das situações realizadas com alunos para os quais o software é destinado. É o professor quem vai propor o uso de ferramentas informatizadas capazes de criar as situações favoráveis à aprendizagem dos conceitos e à superação das dificuldades dos alunos. Assim, é importante que ele tenha parâmetros de qualidade definidos, para poder identificar a adequação de um software às suas necessidades e objetivos. Percebe-se, como observado em um mini-curso realizado, como a formação dos professores está longe de permitir que esta tecnologia seja adotada de forma que sejam exploradas todas as suas potencialidades. Em consequência deste e de inúmeros outros fatores (sistema, funcionamento, estrutura física da escola etc.), a prática da informática na escola, muitas vezes, distancia-se de seu caráter pedagógico.

Em relação à avaliação de um software, verifica-se na literatura que existem tanto sistemas de classificação como critérios voltados para este fim (Valente, 1999; Campos, 1993). Recentemente, pesquisadores e especialistas na área têm levantado importantes questões a respeito da avaliação de softwares educativos; sendo o presente artigo um esforço na direção de levantar discussões e propor uma metodologia alternativa para a avaliação da adequação e qualidade de softwares educativos.

3. Como têm sido avaliados os softwares educativos no ensino de matemática: linhas gerais

Tradicionalmente, os softwares educativos são analisados seguindo-se grades de categorias oriundas do campo da engenharia de software que focalizam parâmetros gerais relativos à qualidade da interface, à coerência de apresentação dos conceitos e aos aspectos ergonômicos gerais dos sistemas. Esta avaliação é feita a partir da aplicação de tabelas de critérios nas quais aspectos como: consistência da representação, usabilidade, qualidade da interface, qualidade do feedback, são considerados segundo uma escala de três ou quatro níveis (regular, bom, ótimo; ou regular, bom, muito bom e ótimo).

A literatura sobre avaliação de softwares educativos é abundante em adaptações de tabelas que ora se adaptam ao tipo de software (independentemente do conteúdo veiculado) (Gladcheff, Zuffi & Silva, 2001), ora adaptam-se ao tipo de ferramenta (software ou site). Esta literatura busca pontuar aspectos importantes na análise de um software educativo como: idioma, conteúdos abordados, público alvo, documentação (ficha técnica clara e objetiva, manual do professor com sugestões para o uso, ajuda on-line), aspectos pedagógicos (facilidade no acesso às informações, adequação a faixa etária, clareza nas informações, tipo de exercícios), interface (facilidade de uso, interatividade com o usuário, qualidade de áudio, gráficos e animação, recursos de avançar e recuar, adaptação do usuário), conteúdos (fidelidade ao objeto, coerência de apresentação do conteúdo, correção dos exercícios, organização dos conteúdos, promoção da criatividade e motivação dos usuários), feedback (forma deste e qualidade da motivação), aspectos técnicos (instalação, manipulação, apresentação visual e controle dos comandos), avaliação (forma de avaliação, tempo destinado às respostas, forma de correção e de orientação), e aspectos gerais (alcança os objetos propostos, contribui para a aprendizagem dos conteúdos apresentados, preço compatível).

Neste paradigma de análise, aspectos importantes da relação entre as características da interface e a aprendizagem ficam encobertos por alguns desses critérios, principalmente, em relação àqueles relacionados à forma de apresentação dos conteúdos. Isso não significa que uma análise por critérios fixos e gerais seja equivocada, mas, torna-se incompleta e pouco compatível com as idéias teóricas apontadas acima, tornando-se necessário adotar critérios mais específicos que contemplem as especificidades do software e a quem ele se destina.

4. Como avaliar os softwares educativos no ensino de matemática

Considerando-se um software educativo como um ambiente de aprendizagem de algo, e tomando por base as atuais tendências teóricas no campo da Psicologia e da Educação, surge a necessidade de se criar grades de avaliação que contemplem as especificidades do software para o ensino de um conteúdo específico, atentando para a natureza do objeto de conhecimento que se deseja ensinar e a natureza das habilidades nele envolvidas. Neste quadro insere-se o presente artigo que tem por objetivo levantar discussões acerca da criação de uma metodologia de avaliação de interfaces educativas especificamente voltadas para a aprendizagem de matemática. Essa metodologia respalda-se em uma perspectiva construtivista de aprendizagem (Vergnaud, 1997; Gomes, 1999), buscando contribuir para a criação de uma grade de avaliação que inclua aspectos relativos ao seu uso em diferentes situações de resolução de problemas. A

aplicação dessa metodologia pode contribuir para: (a) auxiliar educadores a construir representações mais precisas a respeito da adequação dos materiais disponíveis à sua prática docente; (b) o desenvolvimento de softwares educativos, permitindo focalizar o conteúdo a ser mediatizado, além do exame de sua usabilidade; e (c) a aplicação em modelos de papelão e fitas das interfaces (Gomes, em preparação), o que significa uma simplificação importante do processo de depuração das interfaces, antes de sua implementação.

Tomando a resolução de problemas como o cerne da educação matemática, conforme proposto por (e.g., Vergnaud, 1997), a resolução do problema é a origem e o critério do saber operatório. Proporcionar aos alunos situações que visem alargar a significação de um conceito e colocar à prova suas competências e concepções. Assim, a aprendizagem matemática através de softwares deve ser baseada em situações-problema que considerem: os processos cognitivos, o raciocínio, as estratégias adotadas durante o processo de resolução, os estágios de desenvolvimento relativos às habilidades envolvidas e caracterização dos diversos problemas e seu nível de complexidade. É através das situações-problema que um conceito adquire sentido.

Para Gladcheff, Zuffi & Silva (2001), a utilização de softwares em aulas de matemática no ensino fundamental pode atender objetivos diversos: ser fonte de informação, auxiliar o processo de construção de conhecimentos, desenvolver a autonomia do raciocínio, da reflexão e da criação de soluções. Pinto (1999) e Lopes, Pinto & Veloso (1998) afirmam que não é suficiente saber como lidar com o computador ou com um determinado software, sendo necessário, ainda, compreender quais as vantagens de sua utilização para a organização do pensamento e a socialização da criança, e também inserir a tecnologia em uma abordagem interdisciplinar.

Considerando a teoria dos campos conceituais, nota-se que a maioria dos softwares destinados à educação matemática parece evocar apenas uma estreita porção de um campo conceitual específico, sendo relevante facilitar a emergência de um grande número de situações que darão significado aos conceitos matemáticos. Nesse sentido, nenhum software garante a emergência de todas as situações necessárias relacionadas com um dado conceito específico, em especial os softwares ditos fechados, com possibilidades de uso limitadas. Dentro desta linha de argumentação, a qualidade de um software depende da possibilidade de os indivíduos construírem um vasto conjunto de situações, envolvendo um número relativamente importante de invariantes operacionais ou propriedades de conceitos.

No que concerne à aprendizagem da matemática, os softwares mais proveitosos seriam aqueles que permitem uma grande interação do aluno com os conceitos ou idéias matemáticas, propiciando a descoberta, inferir resultados, levantar e testar hipóteses, criar situações-problema (Misukami 1986, citado em Gladcheff, Zuffi & Silva, 2001).

É importante para o professor de matemática e para o designer de softwares educativos saber identificar as situações que figuram nas interfaces. Para o professor, essa informação é importante para orientar o planejamento das aulas; e para o designer, isso é importante para saber identificar que situações de um determinado campo conceitual estão presentes, analisando, assim, a abrangência do software quanto ao conteúdo de um campo conceitual.

O outro aspecto a observar-se é a possibilidade de o software fazer emergir um conjunto de estratégias eficazes e conhecimentos relevantes sobre o campo conceitual nele envolvido (Gomes, 1999; Laborde e Capponi, 1994; Hölz, 1996 e Magina et al, 2001). O designer precisa estar atento a isso em vários momentos na construção de interfaces, podendo esta metodologia ser utilizada em etapas iniciais do processo de desenvolvimento do software. Nesse momento, nenhuma questão de usabilidade é levantada, apenas são considerados aspectos conceituais da semântica das interfaces.

O objetivo deste artigo é contribuir na linha de qualidade desses produtos, propondo uma forma alternativa para avaliar a qualidade de um software educacional, a ser utilizado no ensino de matemática nas séries do ensino fundamental. Diferentemente da forma usual de avaliação de softwares educativos, propomos que a avaliação e classificação de softwares educativos sejam centradas nas características dos conteúdos a serem trabalhados. Em vista disso, apontam-se alguns aspectos que devem ser considerados para o julgamento de sua qualidade.

5. O Estudo: Método

O estudo ora apresentado faz parte de um projeto mais amplo voltado para o desenvolvimento de ambientes virtuais para o ensino de matemática – Projeto AMADeUS. O presente artigo versa sobre uma das etapas do projeto. Os resultados dessa pesquisa serão utilizados no *design* de novas ferramentas de *software* que comporão a arquitetura do ambiente virtual ora em desenvolvimento. O projeto, de modo geral, está sendo desenvolvido através de uma metodologia composta pelo acompanhamento do desenvolvimento de professores de matemática em um curso de formação continuada, proposto como curso de extensão universitária.

Cinco (05) professores de matemática do ensino fundamental de escolas públicas estaduais da cidade do Recife que estão equipadas com laboratórios conectados à *internet*. Estes professores realizaram um mini-curso com 68 h.a de duração e foram regularmente observados quando usando softwares em suas aulas de matemática. Os alunos dessas salas são considerados, também, participantes nesta pesquisa.

Duas fases compõem a investigação: análise *a priori* das interfaces e análise da aprendizagem dos alunos.

Fase 1: Análise a priori das interfaces

Partiu-se de uma tabela conhecida da comunidade de informática educativa para analisar determinados *softwares*. Desta tabela eliminou-se alguns critérios marcadamente técnicos e privilegiaram-se aspectos mais relacionados ao processo de ensino-aprendizagem. A Tabela 1 foi proposta para uma mensuração dos graus de clareza, da qualidade educacional da documentação e de outros aspectos. Após esta análise prévia, foram realizadas análises que buscam mapear: conteúdos matemáticos (conceitos, procedimentos, propriedades, etc.), representações e situações utilizadas pelo software. Além disto, as articulações entre representações e o papel das representações no software também foram considerados. Nestas considerações, pode-se também traçar uma análise *a priori* das possíveis estratégias do aluno para resolução dos problemas, discutindo-se as competências e habilidades trabalhadas.

Tabela 1 - Critérios de avaliação de Software Educativo

Critério	E	B	R	P
Clareza				
Grau de compreensão sem a presença de um instrutor				
Clareza das alternativas possíveis de comando				
Coesão de linguagem e gramática.				
Clareza na exposição das informações				
Clareza da transição entre partes dos programas e/ ou lições				
Clareza de diagramas e gráficos				
Documentação				
Quanto à qualidade da sugestão para o uso didático				
Quanto à indicação pré-requisitos, tais como: faixa etária ou nível de instrução, exercícios que devem anteceder ao programa, etc.				
Outros				
Grau de especificação dos objetivos educacionais				
Quanto à veracidade das informações apresentadas no programa				
Quanto à apropriação dos sons utilizados nos eventos da interface (se são coerentes e consistentes)				
Quanto à forma como apresenta erros de funcionamento do sistema				
Seqüência lógica na apresentação de frases				

Esta segunda parte da Fase 1 da análise, buscou-se um mapeamento nominal e não mais ordenar em graus de satisfação os resultados obtidos.

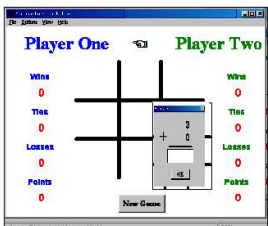

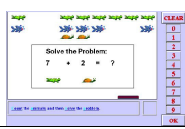
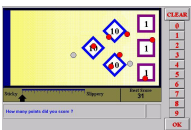
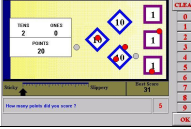
Fase 2: Análise da aprendizagem

Nesta segunda fase da investigação, realizaram-se estudos de casos a partir de observações do uso destes softwares por alunos em sala de aula. Estes alunos foram pré-selecionados segundo critérios de nível de escolaridade, idade e familiaridade com o uso de recursos computacionais. Tais estudos tinham por objetivo analisar a qualidade do processo de resolução de problemas pelos aprendizes com aqueles softwares analisados *a priori* através da tabela acima descrita. Estes estudos de caso foram realizados pelos professores de matemática e acompanhados por um pesquisador-observador. O registro foi realizado através de filmagens, sendo também as manipulações no computador registradas com o software de captura de imagens (Lotus ScreenCam © Lotus).

6. Resultados

Neste artigo discutiremos apenas os resultados obtidos com a metodologia de avaliação de software desenvolvida na Fase 1. A fim realizarmos um estudo inicial dos resultados alcançados com a metodologia de análise *a priori* foram selecionados dois softwares educacionais disponíveis na internet: Aritmética tick-tack-toe e KidMaths. Ambos abordam elementos da aritmética em forma de jogos. O kidMaths é composto de 8 jogos, sendo eles: de treino com o mouse, contagem, adição e subtração (*paddle ball*), números ordinais, ordenação numérica, adição (*shuffle board*), divisão e fração. Dado que nossa análise será dedicada apenas ao campo das estruturas aditivas, iremos analisar apenas os jogos Paddle Ball e o Shuffle board. Quanto ao Aritmética tick-tack-toe, esse compõe-se apenas de um único jogo. O mapeamento dos dois softwares nos mostra que esses trabalham com poucas estruturas. Os significados atribuídos às operações são poucos e repetitivos. Mesmo o KidMaths-Paddle Ball, que apresenta duas estruturas, *composição de medidas* e *transformação*, esta diferenciação está mais ligada à estratégia adotada pelo aluno para resolver a operação, que a proposição do software.

Tabela 2 - Análise dos Softwares Educativos

Telas		 	 
Nome do Software	Aritmética tick-tack-toe	KidMaths – Paddle Ball	KidMaths – Shuffle board
Conteúdo Mapeado Campo numérico Grandeza numérica Operações Propriedades	Números Inteiros (Naturais com o zero) Até Dezenas Adição, Subtração, Multiplicação e Divisão	Números Inteiros (Naturais com o zero) Até Dezenas Adição e Subtração	Números inteiros (Naturais com o zero); Até Dezenas Adição; Valor posicional; Composição e decomposição numérica
Representações/status	Operação armada – Informação/Ação	Operação em expressão (ex. $4+3=$) – Informação/ Ação; Coleções de objetos – Informações/feedback para o erro	Coleção de placas com dezenas e unidades – Informação, feedback; Adaptação de quadro valor de lugar – feedback de erro
Articulação entre representações		Colocação do problema e feedback	Feedback de erro, demonstração da composição das placas e a soma.
Estruturas trabalhadas	Não usa significada para as operações.	Composição com total desconhecido; Transformação com total desconhecido	Composição com total desconhecido
Habilidades Trabalhadas	Memorização das 4 operações com valores baixos.	Operação a partir da contagem ou memorização.	Adição por decomposição e composição em dezenas e unidades
Feedback para o aluno	Caso não acerte o aluno percebe o erro, com mensagem e por não ser marcada a sua jogada, i.e. o aluno perde a jogada. O tempo de resposta é controlado	Acerto – Mensagem Erro – Usa a coleção para relacionado com a operação.	Acero – Mensagem Erro – Articulação via composição de dezenas e de unidades

Quanto às representações, elas aparecem pouco articuladas, em geral a articulação é feita apenas no feedback de erro. Além disto, a ação do aluno se dá apenas na representação simbólico-numérica. Apesar disto, um ponto interessante do KidMaths é a demonstração da estratégia de composição de dezenas e unidades articulando as duas representações de forma dinâmica, apesar de automática (sem a participação efetiva do aluno). Vale salientar ainda que a sequência que os tipos de enfoques aparecem é de forma repetitiva, até que o usuário decida sair para um outro jogo. Tudo isto nos mostra um distanciamento entre as pesquisas em estruturas aditivas (Vergnaud, 1997), que discutem a necessidade de diferentes enfoques e representações, além de articulação entre eles, para uma aprendizagem dos conceitos.

8. Discussão

Com esses exemplos queremos reforçar a idéia de que a avaliação de software educativo deve considerar não apenas aspectos da interface do software. Deve-se focar com mais ênfase e de forma bem fundamentada a relação entre o uso do software e a aprendizagem de conceitos. Além disso, esses resultados iniciais apontam para a necessidade de realizarmos um mapeamento de aspectos de campos conceituais. Essas informações podem orientar na reflexão sobre a qualidade e o uso dos softwares, ao mesmo tempo em que um inventário bem catalogado e analisado de software pode orientar o professor na escolha de um software e no uso de software mesmo que sejam restritos a alguns poucos elementos do campo conceitual.

References

- Campos, G.H.B. de & Rocha, A.R. (1993). Avaliação da qualidade de Software Educacional. *Em Aberto*, 12 (57).
- Gladcheff, A. P., Zuffi, E.M. & Silva, M.da (2001) Um Instrumento para Avaliação da Qualidade de Softwares Educacionais de Matemática para o Ensino Fundamental, *Anais doXXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, 2001.
- Gomes, A.S. (1999) *Développement conceptuel consécutif a l'activité instrumentée - L'utilisation d'un système informatique de géométrie dynamique au collège*, Thèse de doctorat, Université Paris V, Paris [www.cin.ufpe.br/~asg].
- Hinostroza, J.E. & Mellar, H. (2001), Pedagogy embedded in educational software design: report of a case study, *Computers & Education* 37 (2001) 27–40;
- Hölzl, R. (1996) How Does 'Dragging' Affect The Learning Of Geometry, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 1: 169–187.
- Laborde C. et Capponi, B. (1994) Cabri Géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol 14, n ° 1.2, p. 165-210, Ed. La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Magina, S., Campos, T., Nunes, T. e Gitirana, V. (2001), *Repensando a Adição e a Subtração: contribuições da Teoria dos Campos Conceituais*, São Paulo, PROEM-PUC/SP.
- Meira, L. (1998) Making sense of Instructional Devices : The emergence of Transparence in Mathematical Activity, *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 29, n. 2, pp. 121-142.
- Milani, E. (2001). A informática e a comunicação matemática. Em K. S. Smole & M. I. Diniz (Orgs.); *Ler, escrever e resolver problemas: Habilidades básicas para aprender matemática* (pp.176-200). Porto Alegre: Artmed.
- Valente, J.A. (1999). O computador na sociedade do conhecimento. Campinas: Unicamp/NIED.
- Vergnaud G. (1997) *The nature of mathematical concepts*. In T. Nunes e P. Bryant (Eds.), *Learning and teaching mathematics: An international Perspective*, Psychology Press, Hove, pp. 5-28.