

Construindo um Jogo Para Uso na Educação Matemática

Otávio N. Cipriani José Monserrat N. Ila M. S. de Souza

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência da Computação, Brasil

Resumo

Neste trabalho descreve-se o processo de desenvolvimento de um jogo educacional de Matemática para o ensino fundamental. Primeiro realizou-se um breve levantamento bibliográfico sobre o impacto das novas tecnologias da informação na educação escolar. Em seguida foram abordadas questões sobre como os jogos influenciam no processo de desenvolvimento e sobre o uso de jogos no processo de ensino-aprendizagem. Na sequência, realizou-se uma descrição da classificação dos jogos em seus diversos tipos e foram abordados tópicos sobre qualidade de *software* educacionais, compondo a base teórica para a criação de um jogo educacional. Por fim, foram descritas as técnicas e os procedimentos utilizados para a construção do jogo de matemática, utilizando-se a linguagem de programação C, a biblioteca multimídia *Simple DirectMedia Layer* e a API gráfica OpenGL. O resultado foi um jogo de matemática simples e divertido, que pode ser modificado, ampliado e refinado para as diversas etapas do ensino da matemática.

Palavras-chave: Jogos Educacionais, Matemática, Ensino Fundamental, SDL.

Contato:

oncipriani@uol.com.br
rijik@ufcla.br
ila@ufcla.br

1. Introdução

É de conhecimento geral que as crianças e os adolescentes estão cada vez mais cedo e com maior frequência tendo contato com novas tecnologias, bem como com jogos de computador e *video-game*. Além disso, desde a década de 80 do século passado, os computadores vem sendo cada vez mais utilizados na área educacional, demonstrando de forma clara o grande potencial dos programas educacionais, em especial o dos jogos. Argumenta-se aqui que o processo de educação não deve se restringir aos mesmos métodos de ensino utilizados tradicionalmente, pois o uso da informática na educação está relacionado com o avanço da ciência e da tecnologia, que nos permite ampliar de sobremaneira a gama de ferramentas de auxílio à educação. Pode-se observar as consequências do uso de métodos de educação tradicionais em disciplinas como a Matemática.

A Matemática está presente no cotidiano de cada indivíduo de diferentes formas. Quando esta presença não se faz de forma explícita, a Matemática, assim como qualquer outra disciplina, torna-se muito difícil de ser compreendida.

“A Matemática é uma das disciplinas inserida no contexto dos conteúdos programáticos que se caracteriza de forma negativa, devido ao fato de não despertar o interesse e conseqüentemente não ser atrativa ao aprendiz. Essa disciplina é responsável por altos índices de reprovação dos educandos, tanto no Ensino Fundamental como no Ensino Médio, sendo responsável, muitas vezes, pela evasão escolar. Paradoxalmente, os princípios matemáticos são estudados de forma dissociada da realidade do aprendiz tornando-se pouco significativo para ele, em virtude disso, passa a considerar a matemática como algo absolutamente teórico e distante de seu cotidiano.” [Bittencourt e Figueiredo 2005:2]

2. Referencial Teórico

Neste capítulo se encontram seções que abrangem desde o processo de ensino da Matemática até algumas questões sobre qualidade de *software* educacional.

2.1 A Matemática no Ensino Fundamental

A forma como a Matemática é atualmente abordada no Ensino Fundamental foi influenciada por um movimento que ocorreu nas décadas de 1960 e 1970 intitulado “Matemática Moderna”, conforme explicado por Gladcheff *et al.* [2001a:2]:

“Nesta época a pesquisa na área da Didática da Matemática se intensificou, pois os formuladores dos currículos insistiam na necessidade de uma reforma pedagógica, incluindo a pesquisa de novos materiais e métodos de ensino renovados. A Matemática era vista como uma via de acesso privilegiada para o pensamento científico e tecnológico, e o ensino passou então a ter preocupações excessivas com abstrações internas à própria Matemática, mais voltadas à teoria do que à prática, exagerando no formalismo, na axiomática. Mas, ao aproximar a Matemática escolar da ciência Matemática pura, esta reforma pedagógica não considerou um ponto básico: o que se propunha estava fora do alcance dos alunos; em especial, daqueles que estão nos anos iniciais do ensino fundamental.”

Atualmente, trabalhos como os PCN¹ [Brasil 1997] defendem a idéia de que a potencialidade do conhecimento matemático deve ser explorada da forma mais ampla possível no ensino fundamental e, com isto, levar o aluno, entre outros objetivos, a: i) compreender

1 PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais: Constituem um documento do governo contendo propostas para a renovação da base curricular do ensino fundamental em todo o país. Este documento traz para a discussão nacional objetivos, conteúdos e critérios de avaliação escolar.

e transformar o mundo a sua volta; ii) resolver situações-problema, sabendo validar estratégias e resultados; iii) desenvolver formas de raciocínio; iv) estabelecer conexões entre temas matemáticos e outras áreas.

De acordo com Ausubel *apud* Pelizzari *et al.* [2002], o principal no processo de ensino é a aprendizagem ser significativa, isto é, o material a ser aprendido precisa fazer algum sentido para o aluno. Isto acontece quando a nova informação “ancora-se” nos conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Quando o material a ser aprendido não consegue ligar-se a algo conhecido, ocorre a chamada aprendizagem mecânica. Assim, o aluno decora fórmulas, leis, etc. apenas para realizar as provas e as esquece após a avaliação.

Segundo o mesmo autor, para haver aprendizagem significativa, é preciso haver duas condições: a) o aluno precisa ter disposição para aprender; se o indivíduo quiser memorizar o material arbitrariamente e literalmente, então a aprendizagem será mecânica; b) o material a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem de ser lógica e psicologicamente significativo; o significado lógico depende somente da natureza do material e o significado psicológico é uma experiência pessoal que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos materiais que têm significado ou não para si próprio.

Pode-se perceber que um dos grandes problemas da Matemática, no ensino fundamental, é a falta de contextualização dos conteúdos e, para solucioná-lo, o educador pode fazer uso de novas ferramentas ou de técnicas que aproximem o conteúdo abordado do cotidiano do aluno.

Para melhor compreender como e quais ferramentas podem ser utilizadas no auxílio à aprendizagem, é necessário examinar como as novas tecnologias da informação e da comunicação (NTIC) podem influenciar e contribuir para a educação escolar.

2.2 A Educação Escolar e as Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação

Novas tecnologias são criadas constantemente e as existentes evoluem em um ritmo acelerado. Dentre todas as tecnologias, aquelas que permitem a representação e a transmissão da informação merecem atenção especial, pois essas novas tecnologias modificam a forma de interagir com a informação e fornecem novas maneiras de transmiti-las. Com as palavras de Coll e Martí [2004:421]:

“[...] é muito provável que os livros, os jornais e as bibliotecas não estejam destinados a desaparecer, mas a sofrerem profundas modificações devido às novas possibilidades que surgem de escrever, de ler, de transmitir a informação escrita e armazená-la.

[...] Do mesmo modo que a invenção da escrita, a imprensa e a televisão inauguraram novas práticas

sociais e tiveram clara repercussão no desenvolvimento humano, com as NTIC vislumbram-se novas formas de trabalhar, de comprar, de comunicar, de divertir-se e novas formas de aprender e de ensinar.”

As novas tecnologias da informação e da comunicação (NTIC), segundo Coll e Martí [2004:424], “proporcionam, pelo menos potencialmente, um meio de representação e de comunicação inovador, cujo uso pode introduzir modificações importantes em determinados aspectos do funcionamento psicológico das pessoas”.

As NTIC, a partir da integração dos sistemas semióticos² clássicos, conforme Coll e Martí [2004:425], “criam condições totalmente novas de tratamento, de transmissão, de acesso e de uso das informações transmitidas até agora pelos suportes clássicos da escrita, das imagens, do som ou da fala. E essas condições conferem às NTIC características específicas como 'instrumentos psicológicos', como mediadoras do funcionamento psicológico das pessoas que as utilizam.”

As características específicas as quais Coll e Martí [2004] se referem são: formalismo, interatividade, dinamismo, multimídia e hipermídia.

Com relação ao formalismo, fazer uso das NTIC requer que o usuário siga corretamente uma sequência muito bem definida, precisa, e em alguns casos extremamente rígida de comandos. Esses comandos mudam de acordo com o dispositivo sendo operado e podem variar desde o pressionar de um botão até um comando verbal. Se a sequência dos comandos ou os mesmos estiverem incorretos, o dispositivo, seja ele qual for, não executará a tarefa desejada.

O formalismo exigido pelas NTIC traz algumas vantagens. Com as palavras de Coll e Martí [2004:425]:

“[...] Essa exigência pode criar frustração em alguns usuários, que se sentem incomodados diante da pouca flexibilidade da máquina, que se nega a responder se não se faz exatamente o que se tem que fazer. Mas também podem favorecer, como mostram alguns autores, à pessoa que utiliza as NTIC o desenvolvimento de uma maior capacidade de planejamento de suas ações e, sobretudo, que tome consciência da diferença existente entre seus desejos e suas intenções (significado pretendido) e o que tem de fazer para que a máquina responda (significado manifesto), distinção fundamental em qualquer atividade humana, incluída a aprendizagem escolar.”

2 Semiótica: Do grego *semeiotiké* ou “a arte dos sinais”. É a ciência geral dos signos e da semiose, que estuda todos os fenômenos culturais como se fossem sistemas signícos, isto é, sistemas de significação. [Wikipédia 2007]

Quanto a interatividade, conforme Coll e Martí [2004:426]:

“O caráter interativo das NTIC, por si só, não garante um conhecimento mais elaborado e uma aprendizagem mais significativa.

[...] É inegável, no entanto, que as NTIC favorecem a reciprocidade e a contingência das relações entre o sujeito e o objeto do conhecimento, o que, por sua vez, contribui para reforçar o envolvimento do primeiro no processo de aprendizagem, ao mesmo tempo que lhe permite um maior controle desse processo. Prova disso é a atitude positiva e a maior motivação para aprender que costumam manifestar crianças e jovens quando se envolvem em processos de aprendizagem utilizando as NTIC.”

No quesito dinamismo, as NTIC se assemelham ao rádio ou a televisão na capacidade de transmitir informações dinâmicas, isto é, que se modificam ou podem se modificar ao longo do tempo. No entanto, com as palavras de Coll e Martí [2004:427]:

“[...] o que as distingue é a sua capacidade para criar ou recriar, utilizando e articulando diferentes sistemas simbólicos, modelos virtuais de todo tipo de fenômenos e situações, o que tem um interesse evidente para a projeção de situações de ensino e aprendizagem nas quais a observação, a exploração e a experimentação ocupem um lugar de destaque.”

A característica multimídia das NTIC deve-se à sua capacidade de combinar diferentes sistemas simbólicos para apresentar a informação e a facilidade que possuem, graças à digitalização da informação, para passar de um sistema para outro. Conforme Mayer *apud* Coll e Martí [2004:427]:

“[...] à medida que cada formato de representação introduz suas próprias restrições, apela para um tipo de processamento cognitivo mais do que outro e é mais adequado para representar um tipo de fenômeno mais do que outro, a capacidade de combinar formatos de representação e de traduzir as informações de um formato para outro pode favorecer para a compreensão e a generalização de muitos conceitos ensinados habitualmente na escola.”

A qualidade hipermídia das NTIC se deve à sua capacidade de apresentar as informações em uma lógica não necessariamente sequencial ou linear, como a das informações escritas habituais. Segundo Coll e Martí [2004], não se sabe ainda até que ponto essa característica das NTIC é benéfica ou prejudicial à aprendizagem, mas é fato que, dependendo das estratégias de pesquisa do aluno e da qualidade e riqueza das informações que encontra, ele poderá aprender muito mais do que o esperado ou então “estancar em uma navegação interminável condenada ao 'naufrágio' final”.

Para uma melhor compreensão das possibilidades que as NTIC oferecem ao processo de aprendizagem, é necessário uma breve reflexão sobre o ensino, o desenvolvimento e a aprendizagem.

2.3 Desenvolvimento e Aprendizagem

Existem diferentes teorias sobre como o processo de desenvolvimento está relacionado com o de aprendizagem. Segundo Vygotsky [2003], as teorias mais importantes referentes à relação entre desenvolvimento e aprendizagem na criança podem agrupar-se esquematicamente em três categorias fundamentais. Nas palavras de Vygotsky [2003:103]:

“O primeiro tipo de soluções propostas parte do pressuposto da independência do processo de desenvolvimento o do processo de aprendizagem. Segundo estas teorias, a aprendizagem é um processo puramente exterior, paralelo, de certa forma, ao processo de desenvolvimento da criança, mas que não participa ativamente neste e não o modifica absolutamente: a aprendizagem utiliza os resultados do desenvolvimento, em vez de se adiantar ao seu curso e de mudar a sua direção.

[...] A segunda categoria de soluções propostas para o problema das relações entre aprendizagem e desenvolvimento afirma, pelo contrário, que a aprendizagem é desenvolvimento. [...] existe um desenvolvimento paralelo dos dois processos, de modo que a cada etapa da aprendizagem corresponda a uma etapa do desenvolvimento. O desenvolvimento está para a aprendizagem assim como a sombra está para o objeto que a projeta.

[...] O terceiro grupo de teorias tenta conciliar os extremos dos dois primeiros pontos de vista, fazendo com que coexistam. Por um lado, o processo de desenvolvimento está concebido como um processo independente do de aprendizagem, mas por outro lado esta mesma aprendizagem – no decurso da qual a criança adquire toda uma nova série de formas de comportamento – considera-se coincidente com o desenvolvimento.”

Entretanto, para Vygotsky [2003:116], “o processo de desenvolvimento não coincide com o da aprendizagem, o processo de desenvolvimento segue o da aprendizagem”. No presente trabalho, serão consideradas as idéias de Vygotsky sobre o desenvolvimento e a aprendizagem.

Além de estar relacionado com o processo de desenvolvimento, o processo de aprendizagem está também intimamente relacionado com o processo de ensino. Para Lerner [2005:120], “ensinar é colocar problemas a partir dos quais seja possível reelaborar os conteúdos escolares”.

Para que uma situação se caracterize como uma situação problemática, é necessário que ela atenda a

alguns critérios. Com as palavras de Lerner [2005:121]:

“[...] deve ter sentido no campo de conhecimento dos alunos, porém não deve ser resolúvel só a partir dos conhecimentos que as crianças já possuem. Em outras palavras, uma situação problemática tem que permitir que os alunos ponham em prática os esquemas de assimilação que já construíram e interpretem-na a partir dos mesmos, porém estes conhecimentos prévios não devem ser suficientes para resolvê-la: a situação deve exigir a construção de novos conhecimentos ou de novas relações entre os já elaborados. Também é conveniente que o problema seja rico e aberto, que coloque os alunos diante da necessidade de tomar decisões, que lhes permita escolher procedimentos ou caminhos diferentes.”

Como examinado anteriormente, as NTIC oferecem diferentes formas de representação da informação. Esta característica pode ser utilizada para criar situações problema para as crianças, seja expondo-as a algo novo ou apenas como uma forma diferente de apresentar-lhes algo já conhecido.

Essa é a situação, por exemplo, do aprendizado de operações matemáticas, que necessita de muita prática para ser consolidado. Esta prática geralmente é obtida de forma tediosa através de exercícios em lápis e papel. Neste contexto, os jogos podem ser utilizados como uma alternativa prazerosa a estes exercícios.

2.4 Os Jogos em Geral

Uma vez que um dos objetivos do presente trabalho é mostrar como os jogos são importantes no processo de ensino-aprendizagem, faz-se necessário uma breve reflexão sobre o que são os jogos e como eles afetam o desenvolvimento das crianças.

Segundo Bittencour e Giraffa [2003], o jogo se define como um processo intrinsecamente competitivo, em que co-existem as possibilidades de vitória e derrota. Esse sentido de competição deve ser explorado positivamente. Conforme os autores afirmam, “os jogos educacionais são exemplos de ambientes de resolução de problemas que podem ser projetados e explorados com uma abordagem construtivista.” Os mesmos autores ainda acrescentam que as regras do jogo não precisam ser expressas ao usuário em um primeiro momento, podendo ser oferecidas à medida que o jogador vai avançando na sequência do jogo, ou até mesmo como prêmio para as tarefas concluídas, ao invés de se utilizar o sistema de simples ganho de pontuação.

Para Pierozan e Brancher [2004], a participação em jogos contribui para a formação de atitudes sociais: o respeito mútuo, a cooperação, a obediência às regras, o senso de responsabilidade e justiça e a iniciativa pessoal e grupal.

Uma visão semelhante da utilidade dos jogos é compartilhada por Monserrat e Castro [2007:3]:

“Jogos, de forma geral, são importantes no desenvolvimento infantil, pois desempenham papel motivador no processo de ensino-aprendizagem, e mantém relação estreita com a construção do conhecimento pelos alunos: brincar por meio de jogos é uma atividade natural das crianças.”

2.5 Os Jogos na Educação

A utilização dos jogos na educação tem atraído a atenção de diversos estudiosos e profissionais da área, tornando-se objeto de diversas pesquisas.

De acordo com Vygotsky *apud* Pierozan e Brancher [2004], o lúdico³ influencia no desenvolvimento da criança. Através do jogo, ela aprende a agir, a sua curiosidade é estimulada e adquire iniciativa e autoconfiança. O jogo proporciona o desenvolvimento da linguagem, do pensamento e da concentração.

Como argumentam Pierozan e Brancher [2004:5]:

“A utilização de jogos educativos no ambiente escolar traz vantagens para o processo de ensino e aprendizagem.

O jogo é um impulso natural da criança funcionando assim como um grande motivador. A criança através do jogo obtém prazer e realiza esforço espontâneo e voluntário para atingir o objetivo.

O jogo mobiliza esquemas mentais: estimula o pensamento, a ordenação de tempo e espaço. O jogo integra várias dimensões da personalidade: afetiva, social, motora e cognitiva.

O jogo favorece a aquisição de condutas cognitivas e desenvolvimento de habilidades como coordenação, destreza, rapidez, força, concentração.”

As vantagens do uso dos jogos na educação se tornam ainda mais fáceis de serem exploradas quando aliadas ao computador. Conforme Magina [1998], a facilidade de construção e de reconstrução de gráficos, a capacidade de movimentação de figuras e desenhos na tela de um computador, e o uso de códigos de comando por meio de ordens claras, diretas e lógicas são alguns dos recursos que os jogos computadorizados oferecem ao ensino de Matemática e que devem ser explorados.

Modelos gerados por computador de sistemas físicos, matemáticos, financeiros, políticos, sociais, econômicos, etc. são frequentemente utilizados no auxílio à educação. Modelos de processos físicos, funções fisiológicas, tendências populacionais ou equipamentos podem ajudar os estudantes a entender as operações de um sistema. [Hearn e Baker 2004]

3 Lúdico: Adjetivo. Que se refere a jogos e brinquedos.

A utilização de jogos em âmbito educacional traz uma série de vantagens e desvantagens. Grandó *apud* Moratori [2003] elaborou a uma lista de vantagens e desvantagens da inserção de jogos no contexto de ensino-aprendizagem.

Segundo Grandó *apud* Moratori [2003:13], as vantagens são:

- Fixação de conceitos já aprendidos de uma forma motivadora para o aluno;
- Introdução e desenvolvimento de conceitos de difícil compreensão;
- Desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas (desafio dos jogos);
- Aprender a tomar decisões e saber avaliá-las;
- Significação para conceitos aparentemente incompreensíveis;
- Propicia o relacionamento de diferentes disciplinas (interdisciplinariedade);
- O jogo requer a participação ativa do aluno na construção do seu próprio conhecimento;
- O jogo favorece a socialização entre alunos e a conscientização do trabalho em equipe;
- A utilização de jogos é um fator de motivação para os alunos;
- Dentre outras coisas, o jogo favorece o desenvolvimento da criatividade, de senso crítico, da participação, da competição “sadia”, da observação, das várias formas de uso da linguagem e do resgate do prazer em aprender;
- As atividades em jogos podem ser utilizadas para reforçar ou recuperar habilidades de que os alunos necessitem. Útil no trabalho com alunos de diferentes níveis;
- As atividades com jogos permitem ao professor identificar, diagnosticar alguns erros de aprendizagem, as atitudes e as dificuldades dos alunos.

De acordo com o mesmo autor, as desvantagens são:

- Quando os jogos são mal utilizados, existe o perigo de dar ao jogo um caráter puramente aleatório, tornando-se um “apêndice” em sala de aula. Os alunos jogam e se sentem motivados apenas pelo jogo, sem saber porque jogam;
- O tempo gasto com as atividades de jogo em sala de aula é maior e, se o professor não estiver preparado, pode existir um sacrifício de outros conteúdos pela falta de tempo;

- A coerção do professor, exigindo que o aluno jogue, mesmo que ele não queira, destruindo a voluntariedade pertencente a natureza do jogo;

- As falsas concepções de que devem ensinar todos os conceitos através dos jogos. Então, as aulas, em geral, transformam-se em verdadeiros cassinos, também sem sentido algum para o aluno;

- A perda de “ludicidade” do jogo pela interferência constante do professor, destruindo a essência do jogo;

- A dificuldade de acesso e disponibilidade de materiais e recursos sobre o uso de jogos no ensino, que possam vir a subsidiar o trabalho docente.

A partir destas observações, pode-se afirmar que o uso de jogos como ferramenta de auxílio ao ensino-aprendizagem traz vantagens, mas somente se forem utilizados de forma adequada. As vantagens podem ser ainda maiores se a utilização dos jogos for aliada a recursos computacionais.

É responsabilidade do educador utilizar de forma correta estes recursos, mas isso não significa que as ferramentas sejam perfeitas. Alguns problemas enfrentados pelos educadores nesta área são provenientes de falhas presentes nas próprias ferramentas. Para minimizar este problema, é necessária uma análise da usabilidade dos jogos educacionais computadorizados.

2.6 Análise da Usabilidade de *Software* Educacionais de Matemática

Nesta seção serão abordadas questões sobre a usabilidade de *software* educacionais de Matemática. Embora algumas dessas questões sejam específicas para este tipo de *software*, grande parte delas se aplica a qualquer produto de *software*.

Segundo a norma ISO/IEC 9126-1 [2001], um Produto de *Software* é definido como “uma entidade de *software* disponível para liberação a um usuário” e Qualidade de *Software* é definida como “a totalidade das características de um produto de *software* que lhe confere a capacidade de satisfazer necessidades explícitas e implícitas”. Em geral, as necessidades explícitas são expressas na definição de requisitos propostos pelo produtor e as necessidades implícitas são aquelas que podem não estar expressas nos documentos do produtor, mas que são necessárias ao usuário.

No ponto de vista psicopedagógico, um *software* usado para fins educacionais, no Ensino Fundamental, deve levar em conta características formais (se ele está ajudando a criança a desenvolver sua lógica, a raciocinar de forma clara, objetiva, criativa) e aspectos de conteúdo (se a temática desenvolvida por ele tem um significado atraente para a realidade de vida da criança). [Gladcheff *et al.* 2001b]

De acordo com os mesmos autores, dentro do objetivo de analisar um *software* educacional de Matemá-

tica direcionado ao Ensino Fundamental, sob a ótica de um professor e/ou especialista da área educacional, aspectos técnicos e pedagógicos devem ser abordados. Os aspectos técnicos envolvem a documentação ou manual do usuário, seja ele on-line ou impresso, e as características do *software* em si.

O manual do usuário deve possuir instruções corretas e de fácil compreensão para instalação e desinstalação do *software*; todas as funções e as atividades que o mesmo executa devem estar descritas na documentação, de maneira simples e compreensível; a documentação não deve possuir erros gramaticais; os termos utilizados devem estar no mesmo idioma que os usados na interface do produto e as mensagens devem ser explicadas.

O *software* em si deve ser de fácil instalação e desinstalação; os requisitos necessários de *hardware* e *software* devem ser compatíveis com os requisitos do computador a ser utilizado e com os *software* nele instalados; as funções disponíveis devem ser suficientes para realizarem as tarefas para as quais o mesmo se propõe e, quando são ativadas, devem executar exatamente o que é esperado; caso o professor julgue necessário, o *software* deve possuir recursos para acesso seletivo, como senhas e não deve apresentar falhas; o produtor deve fornecer suporte técnico e manutenção ao *software*.

Ainda segundo os mesmos autores, os aspectos pedagógicos envolvem os objetivos, a usabilidade, os conceitos e a praticidade do jogo.

Quanto aos objetivos, é preciso verificar se o *software*: a) valoriza o progresso pessoal do aluno e do grupo; b) possui, pelo menos, um dos itens: Projeto ou Manual Pedagógico/Plano de Ensino/Proposta Educacional; c) explora o conhecimento matemático dentro da realidade do aluno, a fim de que ele compreenda a Matemática como parte de sua vida cotidiana; d) realça a troca de experiências entre os alunos e o trabalho cooperativo; e) preza diferentes formas e compreensão na resolução de situações-problema por parte do aluno; f) expõe situações onde a criança valoriza e usa a linguagem Matemática para expressar-se com clareza e precisão.

Quanto à usabilidade, é necessário observar se: a) o tipo de interface é adequada à faixa etária a que o *software* se destina; b) as representações das funções são de fácil reconhecimento e utilização; c) as orientações dadas pelo *software* sobre sua utilização são claras e fáceis de serem entendidas; d) a quantidade de informação em cada tela é apropriada à faixa etária a que se destina o *software*, se é homogênea, de fácil leitura e não possui erros; e) o *software* possui saídas claras de emergência, para que o aluno possa deixar um estado não desejado, quando escolheu erroneamente uma função, sem que o fluxo do diálogo e sua continuidade sejam prejudicados; f) a animação, o som, as cores e outras mídias são utilizadas com equilíbrio, evitando

poluição sonora e/ou visual; g) a interface possui sistema de ajuda e permite que o aluno recorra a ele em qualquer tela que se encontre.

Quanto aos conceitos, deve-se verificar se: a) os conceitos matemáticos que o educador pretende trabalhar com seus alunos estão disponíveis no *software* e, caso este trate de conceitos que o professor não pretende trabalhar no momento, o *software* deve permitir que este conteúdo seja desconsiderado pelo professor; b) a forma de abordagem é compatível com as concepções relevantes aos processos de ensino/aprendizagem do professor.

Ainda em relação aos conceitos, o educador deve refletir sobre a possibilidade dos conceitos matemáticos trabalhados pelo *software* serem relacionados com outros conceitos da Matemática e/ou de outras disciplinas e deve refletir sobre a possibilidade de o *software* vir a ser utilizado dentro de uma abordagem com temas transversais⁴.

Com relação à praticidade, o professor deve verificar, caso julgue necessário, se: a) o *software* possui uma versão para ser utilizado em rede e se seu preço é compatível com o orçamento da escola; b) o produtor recolhe sugestões e/ou reclamações tanto por parte do professor quanto do aluno.

Em síntese, *software* educacionais de qualidade, sejam eles voltados para o ensino de Matemática ou não, são aqueles que além de não apresentarem erros de implementação, seguem adequadamente as recomendações internacionais de usabilidade de *software* e são versáteis o suficiente para permitir que o conteúdo para o qual foram desenvolvidos possa ser adaptado às necessidades do educador.

3. O Jogo Desenvolvido

Este Capítulo tem por objetivo apresentar de forma sucinta o jogo educacional implementado neste trabalho.

O jogador, representado por uma nave equipada com uma arma capaz de disparar projéteis, voa em direção a diversas esferas, cada uma contendo um número ou um operador matemático. Ao atingir uma esfera com um projétil, ela é destruída e o seu conteúdo é utilizado para formar uma expressão aritmética. Quando uma expressão aritmética completa é formada, o seu resultado é calculado e adicionado à pontuação atual do jogador. Ao completar um total de 500 pontos o jogo termina e o jogador é parabenizado.

4 Os temas transversais dos novos PCN incluem **Ética, Meio ambiente, Saúde, Pluralidade cultural e Orientação sexual**. Eles expressam conceitos e valores fundamentais à democracia e à cidadania e correspondem a questões importantes e urgentes para a sociedade brasileira de hoje, presentes sob várias formas na vida cotidiana.

Ao iniciar o jogo, o usuário é levado ao Menu Principal. Neste menu, o usuário pode escolher entre visualizar instruções sobre como jogar, iniciar o jogo, habilitar e desabilitar operadores ou sair do jogo. Cada uma destas opções serão explicadas com mais detalhes a seguir.

Caso o usuário escolha a primeira opção (Instruções), lhe serão apresentadas as instruções sobre como jogar, os controles do jogo e qual é o objetivo. Uma vez nesta tela, o usuário pode retornar ao Menu Principal pressionando a tecla “Escape” (ESC).

A segunda opção (Iniciar Jogo) inicia o jogo. O usuário assume então o controle da nave descrita anteriormente. Os elementos apresentados nesta tela são descritos com mais detalhes a seguir:

- **Painel:** O painel mostra a quantidade de pontos atual do jogador, qual o objetivo do jogo e a expressão formada até o momento. Caso a expressão aritmética esteja completa, o painel mostrará também o resultado da mesma até que o jogador inicie a construção de uma nova expressão.
- **Nave:** Esta é a nave do jogador. Ela pode se movimentar livremente pelo cenário pressionando-se as setas do teclado e dispara projéteis quando a tecla “Espaço” é pressionada.
- **Projétil:** Os projéteis são disparados pela nave do jogador sempre que o mesmo pressiona a tecla “Espaço”. Eles são utilizados para destruir as esferas contendo os operandos e operadores.
- **Esfera:** Cada esfera contém apenas um operando ou um operador. Sempre que uma delas é atingida por um projétil disparado pela nave do jogador, ela desaparece e seu conteúdo se torna então parte da expressão aritmética sendo formada pelo jogador. Se o conteúdo da esfera não for compatível com a expressão formada, caso o jogador atinja um operando logo após outro sem antes atingir um operador, por exemplo, o conteúdo da mesma é ignorado.

Assim que o jogador tenha obtido um número de pontos maior ou igual ao indicado pelo Objetivo mostrado no Painel, uma tela de congratulações é exibida. Nesta tela o jogador tem a opção de reiniciar o jogo, retornar ao Menu Principal ou encerrar a aplicação.

A qualquer momento durante a execução do jogo, o jogador pode pressionar a tecla ESC. Ao fazer isso o jogo será interrompido e um menu lhe será apresentado permitindo que ele retorne ao Menu Principal, retorne ao jogo ou simplesmente encerre a aplicação.

A terceira opção do Menu Principal (Escolher Operadores) permite que o jogador escolha quais operadores aparecerão durante a execução do jogo. Através do menu apresentado, o jogador pode, por exemplo, habilitar apenas os operadores de adição e multiplicação, tornando o jogo mais fácil.

A quarta e última opção do Menu Principal encerra a aplicação.

3.1 Considerações Sobre o Jogo

Esta primeira versão do jogo conta apenas com o simples objetivo de se atingir um determinado número de pontos. Versões futuras poderiam trazer outros objetivos, como por exemplo:

a) Obter o maior número de pontos em um determinado tempo: o jogador permaneceria no jogo um período de tempo pré-estabelecido, determinado por ele mesmo. Ao término do tempo, a pontuação obtida por ele seria então registrada em um placar geral com suas iniciais;

b) Formar uma determinada expressão: seria apresentado ao jogador o resultado de uma expressão aritmética, e este seria então encarregado de formar um determinado número de expressões que forneçam tal resultado;

c) Permanecer no jogo por mais tempo: o placar do jogador seria iniciado com um determinado número e este seria então reduzido em intervalos regulares. Ao atingir um valor menor ou igual a zero, o jogo terminaria e o jogador seria apresentado a um placar geral similar ao proposto anteriormente. O jogador teria então que formar expressões de forma a permanecer no jogo por mais tempo.

O exemplos acima são apenas uma pequena amostra do que poderia ser feito de forma a diversificar a gama de opções apresentadas pelo jogo, contribuindo muito para o aumento da diversão proporcionada pelo mesmo, bem como propiciar meios diferentes de aprendizagem de temas matemáticos.

Dentre as novas opções para o controle do *hardware* poderiam constar opções para controlar o volume da música e dos efeitos sonoros presentes no jogo, incluindo a opção de desabilitá-los. Além disso, poderiam ser incluídas opções para controlar o nível de detalhes visuais do jogo. Estas opções melhorariam a compatibilidade do jogo com máquinas que possuem configurações mais modestas.

A mecânica do jogo também pode ser melhorada impondo maiores desafios ao jogador, como por exemplo naves inimigas ou esferas que explodem e causam danos. Poderiam ser incluídos também itens que melhorariam temporariamente as características da nave do jogador. Tais adições ao jogo contribuiriam muito para aumentar o nível de diversão proporcionado pelo jogo.

4. Metodologia

Neste capítulo são apresentados os materiais utilizados durante a execução do projeto. Em seguida, são apresentadas a metodologia e as etapas de desenvolvimento do projeto.

4.1 Materiais

A plataforma de desenvolvimento do jogo foi um microcomputador com processador Intel® Pentium® 4 de 3 GHz, 2 GB de memória RAM, sistema operacional Microsoft® Windows® Vista™, placa de som Creative® Sound Blaster® Audigy® 2 ZS e placa de vídeo nVidia® GeForce™ 6800 Ultra com 256 MB de RAM.

As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do jogo foram o *Integrated Development Environment* (IDE) Eclipse para desenvolvedores C/C++ versão Europa e a biblioteca para desenvolvimento de aplicativos multimídia *Simple DirectMedia Layer* (SDL) versão 1.2.11 em conjunto com a *Application Programming Interface* (API) gráfica OpenGL. A linguagem de programação utilizada na implementação foi a linguagem C e o compilador utilizado foi o GNU C Compiler (GCC) versão 4.2.0, juntamente com a versão para Windows do depurador GDB versão 5.2.1.

O jogo foi testado em microcomputadores com diversas configurações. A configuração mais simples utilizada nos testes foi a de um microcomputador com processador Intel® Pentium® III 550 MHz com 146 MB de memória RAM, sistema operacional Ubuntu Linux 7.04, placa de som C-Media Electronics Inc. CM8738 e placa de vídeo Silicon Integrated Systems 530 com 8 MB de RAM. A configuração mais robusta utilizada nos testes foi a de um *notebook* Acer 3050-1958, com processador AMD Sempron™ Mobile 3400+ com 2 GB de memória RAM, sistema operacional Ubuntu Linux 7.04, placa de som ATI™ Technologies Inc. SB450 HDA Audio e placa de vídeo ATI™ Radeon™ Xpress 1100.

4.2 Desenvolvimento

A interface do jogo foi concebida tendo em mente as questões abordadas na Seção 2.6 sobre usabilidade de *software* educacionais. Quanto aos objetivos, foi determinado que nesta primeira versão do jogo estes se limitariam à simples obtenção de um determinado número de pontos. Versões futuras do mesmo poderão contar com um leque maior de opções, como visto na Seção 3.1.

A mecânica do jogo foi desenvolvida baseada nas quatro operações matemáticas fundamentais (adição, subtração, multiplicação e divisão) e consiste na formação de expressões aritméticas simples, que envolvem apenas um operador e dois operandos. O jogador escolhe um operando, um operador e outro operando, respectivamente. O resultado da expressão formada é então adicionado à pontuação atual do jogador, que inicialmente é 0. O jogo prossegue até que o jogador atinja a quantidade de pontos determinada pelo objetivo. A mecânica do jogo apresentada aqui é bem simples, no entanto é prática o suficiente para realizar o objetivo do trabalho proposto inicialmente: fixar conceitos matemáticos do ensino fundamental. Outras

modalidades de jogo podem estar presentes em versões futuras, como as sugeridas na Seção 3.1.

Como ambiente de desenvolvimento, foi escolhida a plataforma Eclipse, disponível no *site* oficial da Fundação Eclipse⁵. Dentre os motivos que levaram à escolha do IDE Eclipse destacam-se o fato de ser este um IDE gratuito, extremamente versátil, pois pode ser utilizado tanto para a edição do código-fonte como uma interface gráfica para o depurador, altamente personalizável e que se integra perfeitamente com o compilador e depurador, utilizados durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Uma vez que jogos são aplicações de alto desempenho, a linguagem de programação utilizada para a implementação do jogo foi a linguagem C, por sua reconhecida performance. No entanto, embora a linguagem C seja uma linguagem extremamente eficiente, lhe faltam funções nativas para manipulação de imagens, sons e periféricos. Tais funções existem, porém são dependentes da plataforma a ser utilizada. Para suprir esta deficiência da linguagem C, a biblioteca *Simple DirectMedia Layer* (SDL) foi utilizada.

A SDL é uma biblioteca multimídia multi-plataforma desenvolvida em C, projetada para fornecer acesso em baixo nível a áudio, teclado, *mouse*, *joystick*, *hardware* 3D via OpenGL, e vídeo em 2D. Ela é utilizada por *software* que reproduzem MPEG, emuladores, e muitos jogos populares, incluindo a renomada versão para Linux do jogo “*Civilization: Call to Power*” [SDL, 2007]. A SDL está disponível gratuitamente em seu *site* oficial⁶ sob a licença GNU LGPL⁷ versão 2.

Os efeitos sonoros e música no jogo foram reproduzidos com o auxílio de uma extensão da SDL chamada *SDL_mixer*. A *SDL_mixer* é uma biblioteca que estende as funcionalidades de reprodução de som da SDL, uma vez que esta não é capaz de reproduzir vários efeitos sonoros e música simultaneamente. A *SDL_mixer* está disponível gratuitamente em seu *site* oficial⁸.

Durante esta fase, alguns problemas foram encontrados e solucionados. Foram eles: a) a implementação e otimização da máquina de estados do jogo; b) a manutenção de uma velocidade constante entre máquinas com diferentes configurações; c) exibição dos objetos na tela de forma eficiente; d) detecção de colisão entre os objetos do jogo.

A implementação e otimização da máquina de estados do jogo se deve ao fato de que um jogo qualquer pode ser visto computacionalmente como uma grande máquina de estados, onde cada estado representa um determinado ponto no jogo. Por exemplo, durante a

5 <http://www.eclipse.org/>

6 <http://www.libsdl.org/>

7 GNU Lesser General Public License:
<http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>

8 http://www.libsdl.org/projects/SDL_mixer/

exibição do “Menu principal”, o jogo se encontraria no estado “Exibindo Menu Principal”, enquanto que durante a execução do núcleo do jogo, o estado atual poderia ser “Executando Núcleo”. Estes estados podem ser muito diferentes entre si. Por exemplo, o estado “Exibindo Menu Principal”, onde um menu com opções é apresentado ao jogador para que este decida qual ação será tomada, é totalmente diferente do estado “Executando Núcleo”, onde o jogador se depara com alguns operandos e operadores e tem que escolher rapidamente quais serão utilizados para formar a expressão.

Uma possível implementação em C para a máquina de estados proposta anteriormente seria a utilização de um comando condicional, onde o estado atual da máquina seria verificado e então tratado. Este comando condicional se encontraria dentro do *loop* de controle e seria avaliado a cada iteração⁹ do mesmo. Esta solução pode ser considerada ineficiente, pois o *loop* de controle itera várias vezes por segundo, enquanto que o estado muda raramente, fazendo com que o processador da máquina realize um número considerável de comparações que, embora sejam efetuadas rapidamente, são em sua maioria desnecessárias.

A solução para este problema foi obtida substituindo o comando condicional por um ponteiro para função. Cada estado da máquina de estados do jogo foi implementado em uma função que trata apenas o estado em questão. O *loop* de controle apresenta um ponteiro que aponta para a função correta, de acordo com o estado em que se encontra o jogo. Este ponteiro é atualizado pela própria função chamada, sempre que o estado atual do jogo é alterado. Desta forma, não existe nenhuma comparação para determinar o estado atual do jogo no *loop* de controle, o que o torna mais eficiente.

O segundo problema encontrado foi a manutenção da velocidade do jogo em diferentes máquinas. É de conhecimento geral que máquinas com configurações diferentes necessitam de tempos diferentes para processar uma mesma informação. Este fato normalmente não representa um problema para aplicações como editores de texto ou planilhas eletrônicas, mas em aplicações multimídia, como é o caso dos jogos, isso se torna um problema sério, como exemplificado a seguir:

Imagine que um personagem em um determinado jogo caminhe com uma velocidade tal que este demore 5 segundos para cruzar a tela de um canto a outro em uma máquina com configuração X. Se o mesmo jogo for executado em uma máquina com configuração Y, tal que Y é diferente de X, o personagem deve continuar caminhando com a mesma velocidade, de forma que este demore os mesmos 5 segundos para cruzar a mesma tela.

Tal problema foi solucionado no presente trabalho utilizando-se o tempo decorrido entre cada iteração do

loop de controle. A cada iteração, o tempo que se passou desde a iteração anterior é passado à função que representa o estado do jogo. Desta forma, a nova posição de cada objeto do jogo é calculada utilizando-se a função horária do Movimento Uniformemente Variado,

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

onde S representa a posição final do objeto, S_0 a posição inicial, V_0 o valor da velocidade inicial, t o tempo decorrido e a o valor da aceleração do objeto. Utilizando esta fórmula, todos os objetos do jogo se movem de forma consistente, independentemente da performance da máquina que o está executando.

Durante a fase de implementação do jogo, a exibição de objetos como a nave, as esferas e as nuvens na tela revelou-se outro problema a ser solucionado. Uma vez que a posição destes objetos na tela varia ao longo do tempo, estes precisam ser redesenhados constantemente. Se tais objetos estiverem na memória principal do sistema, o tempo gasto para copiá-los para a memória da placa de vídeo de forma a desenhá-los na tela tornaria o processo de exibição da cena tão lento que inviabilizaria o jogo.

A solução para este problema foi obtida com a utilização de *Display Lists* (DL). DL são um recurso da OpenGL que permite que diferentes operações sejam agrupadas na forma de um único comando. As DL não apenas facilitam a criação de objetos complexos mediante a união de vários objetos mais simples, como fornecem um considerável aumento na performance, pois os passos necessários para desenhar tais objetos são previamente compilados no momento da criação da DL [Hearn e Baker 2004]. Para cada um dos objetos do jogo mencionados anteriormente foi criada uma DL. As DL armazenam em memória de vídeo as informações necessárias para desenhar os objetos ao invés de armazená-las na memória principal do sistema, acelerando o processo de exibição da cena.

Uma vez que para obter pontos o jogador precisa atingir as esferas que aparecem, foi necessária a implementação de um algoritmo para detecção de colisão entre os projéteis disparados pela nave e as esferas. O processo de detecção de colisão consiste em verificar se um objeto se sobrepõe a outro. Se eles se sobrepõem, então há uma colisão. A detecção de colisão foi implementada no jogo utilizando a técnica de *Bounding Boxes*.

Esta técnica consiste em utilizar um objeto simples, como um quadrado, para envolver um objeto complexo, como por exemplo uma esfera, e considerar apenas o objeto mais simples (*Bounding Box*) durante a verificação por colisões.

Uma vez solucionados estes problemas, a implementação do jogo não apresentou maiores dificuldades.

9 Iteração: Sinônimo de “repetição”.

5. Conclusão

Como argumentado ao longo do trabalho, a utilização de jogos na educação é algo não somente viável, mas que vem trazendo bons resultados, principalmente como forma de trazer para o cotidiano dos alunos do ensino fundamental conceitos que normalmente são apresentados como algo muito distante da realidade em que vivem, ou na forma de tediosos exercícios em lápis e papel, especialmente em disciplinas como a Matemática.

O presente trabalho procurou discutir como os jogos educacionais podem ser benéficos ao desenvolvimento e ao aprendizado das crianças e buscou também apresentar o potencial da utilização das novas tecnologias da informação em prol da educação.

Desenvolveu-se um jogo educacional gratuito e flexível que pode ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar na fixação das quatro operações matemáticas fundamentais e que serve também como forma de entretenimento. Além disso, este jogo foi construído procurando atender às questões sobre usabilidade de *software* educacionais, como explicadas na Seção 2.6.

Foi visto também que versões futuras desse jogo educacional podem ser aprimoradas de diversas maneiras, dentre elas, a apresentação de novos objetivos ao jogador, novas opções para o controle do *hardware* e melhorias na interface e na mecânica do jogo.

6. Referências Bibliográficas

- BITTENCOURT, J. R.; FIGUEIREDO, C. Z., 2005. Jogos Computadorizados para Aprendizagem Matemática no Ensino Fundamental. *Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 4-5, Maio 2005.
- BITTENCOURT, J. R.; GIRAFFA, L. M., 2003. Modelando Ambientes de Aprendizagem Virtuais utilizando Role-Playing Games. In: *XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Rio de Janeiro: SBC, 2003. p. 718-727.
- BRASIL, 1997. Secretaria de Educação Fundamental. "Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais". MEC/SEF.
- GLADSCHEFF, A. P.; OLIVEIRA, V. B.; SILVA, D. M., 2001a. O Software Educacional e a Psicopedagogia no Ensino de Matemática Direcionado ao Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, São Paulo, v. 8, n. 8, p. 63-70, Abril 2001.
- COLL, C., MARTÍ E., 2004. A educação escolar diante das novas tecnologias da informação e da comunicação. In: *Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação escolar*. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. v. 2, cap. 25, p. 420-439.
- GLADSCHEFF, A. P.; ZUFFI E. M.; SILVA D. M., 2001b. Um Instrumento para Avaliação da Qualidade de Softwares Educacionais de Matemática para o Ensino Fundamental. In: *VII Workshop de Informática na Escola*. Fortaleza: SBC, 2001. 12 p.
- HEARN, D.; BAKER, M. P., 2004. Computer Graphics with OpenGL. 3ª ed. Upper Saddle River, NJ 07458: Person Prentice Hall, 2004. 857 p.
- ISO/IEC 9126-1, 2001. International Organization for Standardization. "Information technology - Software quality characteristics and metrics - Part 1: Quality characteristics and sub-characteristics". ISO/IEC 9126-1:2001.
- LERNER, D., 2005. O Ensino e o Aprendizado Escolar. In: *Piaget - Vygotsky: Novas Contribuições Para o Debate*. 1ª ed. São Paulo - SP: Ática, 2005. Volume único, cap. 3, p. 85-146.
- MAGINA, S. M. P., 1998. O Computador e o Ensino da Matemática. *Revista Tecnologia Educacional*, São Paulo, v. 26, n. 140, p. 41-45, Jan/Fev/Mar 1998.
- MORATORI, P. C., 2003. *Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem?*. 2003. 28 p. Trabalho de conclusão (Mestrado em Informática aplicada à Educação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MONSERRAT N., J.; CASTRO, C. L., 2007. Estudo de Técnicas Computacionais Aplicadas ao Desenvolvimento de Jogos com Ênfase na Área Educacional, 2007. 9 páginas. Projeto de Pesquisa submetido à FAPEMIG - Universidade Federal de Lavras. Não publicado.
- PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. DE L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I., 2002. Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. *Psicologia Educação Cultura*, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, Julho 2002.
- PIEROZAN, C.; BRANCHER, J. D., 2004. A Imp. do Jogo Educativo e suas vantagens no processo Ensino e Aprendizagem. In: *Congresso Nacional de Ambientes Hiperídia para Aprendizagem*. Florianópolis: UFSC, 2004. p. 2.
- SDL, 2007. *Simple DirectMedia Layer*. Desenvolvido por: Scott Call, Gaëtan de Menten e Tim Jones, 2007. Página oficial da Simple DirectMedia Layer. Disponível em: <<http://www.libsdl.org/>>. Acesso em: 15 jul. 2007.
- VYGOTSKY, L. S., 2003. Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar. In: *Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem*. 8ª ed. São Paulo - SP: Ícone, 2003. Volume único, cap. 6, p. 103-117.
- WIKIPÉDIA, 2007. *Wikimedia Foundation*. Desenvolvido por: Contribuidores da Wikipédia, 2007. Apresenta conteúdo enciclopédico. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/>>. Acesso em: 5 fev. 2007.