

OTÁVIO NERY CIPRIANI

**CONSTRUINDO UM JOGO PARA USO
NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

OTÁVIO NERY CIPRIANI

**CONSTRUINDO UM JOGO PARA USO
NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Área de Concentração:

Informática na Educação

Orientador / Co-orientadora:

José Monserrat Neto

Ila Maria Silva de Souza

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

Ficha Catalográfica

Cipriani, Otávio Nery

Construindo um Jogo Para Uso na Educação Matemática / Otávio Nery Cipriani.
Lavras – Minas Gerais, 2007. 53p : il.

Monografia de Graduação – Universidade Federal de Lavras. Departamento de Ciência da Computação.

1. Introdução. 2. Referencial Teórico. 3. Metodologia. 4. Resultados e Discussão. 5. Conclusão. I. CIPRIANI, O. N. II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

OTÁVIO NERY CIPRIANI

**CONSTRUINDO UM JOGO PARA USO
NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em 09 de agosto de 2007

Cristiano Leite de Castro

Ahmed Ali Abdalla Esmín

José Monserrat Neto
(Orientador)

Ila Maria Silva de Souza
(Co-orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

“Guie uma criança pelo caminho que deve seguir e guie-se por ela de vez em quando.”

(J. Bilings)

Agradecimentos

Agradeço acima de tudo aos meus pais, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim durante toda a minha vida.

Agradeço ao meu orientador, Professor José Monserrat Neto, que me auxiliou não somente no decorrer do desenvolvimento do presente trabalho, como durante toda a minha graduação.

Agradeço à Professora Ila Maria Silva de Souza do Departamento de Educação da Universidade Federal de Lavras, que me orientou e colaborou na realização de um trabalho consistente em relação aos aspectos científicos e didáticos.

Agradeço aos meus amigos pelas alegrias que compartilhamos ao longo destes quatro anos, em especial ao Rubens pela contribuição dada ao jogo desenvolvido.

Agradeço ao meu irmão Henrique, que ao longo toda a minha vida foi um grande amigo e companheiro.

Agradeço à Milene pelo amor, amizade, respeito e carinho que tem me dado ao longo destes anos.

Finalmente, agradeço a todas as pessoas que acreditaram em mim e me apoiaram durante todos estes anos.

CONSTRUINDO UM JOGO PARA USO NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

RESUMO

Desenvolve-se neste trabalho um jogo educacional de Matemática para o ensino fundamental. Primeiro realizou-se um levantamento bibliográfico sobre o desenvolvimento de jogos educacionais e sobre o uso de jogos no processo de ensino-aprendizagem, compondo a base teórica para a criação de um jogo educacional. Em seguida descreve-se 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.

BUILDING A GAME FOR USING IN MATHEMATICAL EDUCATION

ABSTRACT

The current work develops an educational math game for primary classroom. First, a research about educational games development and their use in the educational process was done, offering theoretic basis to develop an educational math game. A description of the technics and procedures used in the development of the game follows, using the C programming language, the multimedia library Simple DirectMedia Layer and the graphics API OpenGL. The result was a simple and fun math game that can be modified, extended and adapted to the various steps of mathematical teaching.

Keywords: *Educational Games, Mathematics, Elementary School, SDL.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações Iniciais.....	1
1.2 Motivação.....	2
1.3 Objetivos Gerais.....	3
1.4 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Estrutura do Trabalho.....	4
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2.1 A Matemática no Ensino Fundamental.....	5
2.2 A Educação Escolar e as Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação.....	8
2.2.1 As NTIC e a Aprendizagem.....	8
2.3 Desenvolvimento e Aprendizagem.....	11
2.4 Os Jogos em Geral.....	13
2.4.1 Os Tipos de Jogos.....	14
2.5 Os Jogos na Educação.....	16
2.6 Análise da Usabilidade de Software Educacionais de Matemática.....	19
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 Tipo de Pesquisa.....	22
3.2 Materiais.....	22
3.3 Desenvolvimento.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Discussões Finais.....	34
5 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
APÊNDICE A: OTIMIZAÇÃO DA MÁQUINA DE ESTADOS	

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Tela principal do jogo “Trilha Matemática”.....	15
Figura 2.2: Visualização do Último Teorema de Fermat com $n = 5$	17
Figura 3.1: Quadrados em rota de colisão.....	28
Figura 3.2: Exemplo de uma colisão com a Bounding Box.....	29
Figura 4.1: Visualização da tela inicial do jogo.....	30
Figura 4.2: Visualização da tela de instruções do jogo.....	31
Figura 4.3: Visualização da tela principal do jogo.....	31
Figura 4.4: Visualização da tela de congratulações do jogo.....	32
Figura 4.5: Visualização da tela de pause do jogo.....	33
Figura 4.6: Visualização da tela de escolha de operadores do jogo.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Principais características das NTIC relevantes para os processos de ensino e aprendizagem.....	9
Tabela 2.2: Vantagens e desvantagens do uso de jogos no contexto de ensino-aprendizagem. .	18
Tabela 2.3: Características da Qualidade de Software segundo a ISO/IEC 9126-1.....	19

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Os computadores estão cada vez mais inseridos em nosso dia-a-dia. Seu uso deixou de ser privilégio de grandes corporações para se tornar obrigatório em qualquer empresa de médio ou pequeno porte, assim como um equipamento quase indispensável em qualquer domicílio de classes média e alta.

Muito antes do advento dos computadores, no entanto, já existiam os jogos. Como afirmam Pierozan & Brancher (2004), o ato de jogar é tão antigo quanto o próprio homem. Como a pedagogia nos mostra, o jogo é necessário no processo de desenvolvimento do ser humano, tendo uma função vital para o indivíduo, principalmente como forma de construção e reconstrução da realidade.

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 conseqüências 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, como explicam Bittencourt & Figueiredo (2005:2):

“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.”

1.2 Motivação

Na disciplina “Matemática Discreta”, ministrada pela Professora Renata Couto Moreira do Departamento de Ciência da Computação (DCC) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), começou a ser desenvolvido um trabalho de estudo e implementação de jogos matemáticos, os quais eram estudados em aula, tais como “O Problema de Josephus” e “A Torre de Hanói”. O desenvolvimento dos conceitos de combinatória, relações de recorrência, teoria dos grafos se davam com exemplos de jogos, os quais são conhecidos desde a antiguidade. Os jogos implementados eram então avaliados e depois arquivados.

Observando-se que os jogos, além de servirem como forma de avaliação de aprendizagem dos alunos, poderiam ser aproveitados para diversão, foram num primeiro momento apresentados aos alunos de computação, e em seguida estas apresentações foram aberta à comunidade durante dois semestres consecutivos. Estas apresentações, realizadas em um laboratório com cinco computadores, disponibilizado pelo DCC da UFLA, com um bom espaço e condições adequadas para a circulação de pessoas, se tornaram então oficinas de jogos, e obtiveram resultados muito acima das expectativas, pois atingiam um público em torno de 80 pessoas por oficina, incluindo estudantes de outros cursos universitários, educadores do ensino fundamental e médio e estudantes de duas escolas de Lavras.

Posteriormente, com a construção do Laboratório de Educação Continuada (LEC), contendo 30 computadores no campus histórico da UFLA, a oficina encontrou espaço para ampliar seu atendimento. A III Oficina de Jogos Cooperativos Computacionais foi então montada nesse espaço, e conseguiu atender em torno de 200 pessoas, incluindo a participação de quatro instituições de ensino de Lavras. A satisfação dos participantes superou todas as expectativas e a demanda pela oficina aumentava constantemente. (PJCC, 2007)

Surgiu então a oportunidade de levar essas oficinas de jogos a várias escolas da cidade de Lavras, em oficinas móveis, nas quais cinco computadores da UFLA eram levados, com os jogos instalados. Esta experiência se mostrou proveitosa, pois vários dos alunos dessas escolas nunca haviam tido contato com computadores e assim aprendiam a utilizá-lo de forma divertida e proveitosa.

Uma vez que os resultados foram positivos durante as oficinas (Cobucci *et al.*, 2005), decidiu-se iniciar um projeto de acompanhamento mais prolongado em uma escola. O objetivo do projeto era ir semanalmente em uma escola, durante todo um semestre, ensinar aos seus professores noções básicas de informática e como poderiam utilizar os jogos para lecionar o conteúdo de suas disciplinas, levando os alunos a terem prazer de estudar.

Observou-se, no entanto, que algumas dessas escolas possuíam seus próprios laboratórios de informática, mas que não eram utilizados porque os professores dessas escolas também não possuíam conhecimento de informática suficiente. O objetivo das oficinas passou então a ser também o de inclusão digital de professores de escolas do ensino fundamental. Surgiu assim o Curso de Inclusão Digital e Jogos Cooperativos Computacionais, sendo ministrado pela primeira vez em 2005 (Cobucci *et al.*, 2005) e novamente em 2006.

Toda essa rica experiência tornou evidente um problema: a falta de mais jogos educativos que fossem ao mesmo tempo divertidos, gratuitos e, principalmente, que se adaptassem às necessidades dos educadores, pois os jogos criados ou disponíveis muitas vezes abordavam conteúdos aquém e/ou além dos que já haviam sido passados aos alunos pelo professor, o que prejudicava ou mesmo inviabilizava seu uso.

1.3 Objetivos Gerais

O presente trabalho tem como objetivo a criação de um guia para o desenvolvimento de jogos educacionais adequados. Este guia terá como base a identificação de características que, segundo a literatura, são importantes para um jogo educacional de qualidade.

O presente trabalho visa também a implementação de um jogo educacional gratuito, cujo objetivo será o de proporcionar ao aluno uma forma de entretenimento que, além de diverti-lo, o ajudará a fixar conceitos matemáticos do ensino fundamental. Além disso, o jogo será flexível o suficiente para permitir que conteúdos que ainda não tiverem sido passados aos alunos não inviabilizem a sua utilização.

1.4 Objetivos Específicos

De forma a atender aos objetivos citados na seção anterior, têm-se como objetivos específicos realizar: a) um breve levantamento sobre a forma como a Matemática é atualmente abordada no ensino fundamental; b) uma pesquisa bibliográfica sobre os benefícios que as novas tecnologias da informação, em especial os computadores, trazem para o processo de

ensino-aprendizagem; c) realizar uma breve revisão bibliográfica sobre a influência dos jogos no processo de desenvolvimento intelectual de uma criança; d) um levantamento sobre algumas questões relacionadas a qualidade de *software*.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está dividido em Capítulos, Seções e Subseções. No Capítulo 1 é apresentada a contextualização do trabalho, sua relação com trabalhos anteriores e seus objetivos.

No Capítulo 2 é feito um levantamento dos pontos chave para o entendimento dos principais conceitos abordados no trabalho através de uma revisão da literatura. Neste capítulo, são abordadas questões sobre o desenvolvimento e a aprendizagem e questões sobre o ensino da disciplina de Matemática no ensino fundamental. Além disso são estudados critérios para determinar a qualidade de *software* educacionais, em especial os voltados para a disciplina de Matemática.

O Capítulo 3 apresenta o desenvolvimento do trabalho propriamente dito. Ele está dividido em Seções que incluem o tipo da pesquisa, os materiais utilizados e as fases de desenvolvimento, apontando as estratégias de implementação adotadas e as principais dificuldades encontradas.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos no trabalho ao longo das fases do desenvolvimento, ou seja, uma exposição sucinta do jogo educacional implementado. Além disso, são feitas propostas para trabalhos futuros na mesma área de concentração.

Finalmente, no Capítulo 5 é feita uma síntese sobre a importância do trabalho relacionando-a com os resultados obtidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo se encontra a base teórica necessária à compreensão do trabalho. Ele está subdividido em 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, Oliveira & Silva (2001:2):

“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.”

Os educadores, a partir do conhecimento obtido em pesquisas que levavam em conta os problemas da área, buscaram então formas de solucionar o problema da distância entre os alunos dos primeiros anos do ensino fundamental e os conteúdos abordados. Duas grandes tendências se tornaram óbvias, conforme Amato (2004:2):

“Alguns educadores acreditam que conteúdos que não são importantes no cotidiano deveriam ser retirados do currículo. Outros acreditam que o ensino de conteúdos mais complexos deveria ser adiado para séries posteriores, quando os alunos apresentarem maior maturidade para acomodá-los.”

Tais abordagens, no entanto, oferecem perigos e não seriam as mais indicadas para a solução do problema em questão. De acordo com Amato (2004:2):

“Retirar do currículo do ensino fundamental conteúdos como Teoria de Conjuntos e Expressões Numéricas ('os carroções!') parece ter fundamento; a retirada de conteúdos que constituem pré-requisitos para o aprendizado de novos conteúdos, por sua vez, pode ter graves conseqüências para o aprendizado da matemática. Nesse caso, incluem-se as operações com frações e o aprendizado subsequente de Probabilidade, Proporções e Álgebra. Muitos dos conceitos matemáticos ensinados nas séries iniciais do ensino fundamental não são triviais nem muito utilizados no cotidiano, porém representam a base para o aprendizado da matemática mais avançada, e para o seu desenvolvimento como a linguagem das Ciências.

[...] As dificuldades que muitos alunos encontram no aprendizado da matemática não são recentes, nem exclusivas de países em desenvolvimento. Parte desses problemas se deve às dificuldades que eles têm em formar estruturas conceituais, ou seja, em formar os conceitos e as conexões entre eles. Esses problemas, entretanto, não serão solucionados com a retirada de conteúdos do currículo.

[...] é importante salientar que os países desenvolvidos que realizaram reformulações curriculares nos anos 70 e 80 envolvendo a retirada de conteúdos complexos como frações, tiveram seu desempenho reduzido em comparações internacionais. As conseqüências desse tipo de reformulação poderão ser ainda mais drásticas em nosso país, que já vem ocupando os últimos lugares nesse ranking.”

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 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 rele-

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.

vantes 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.

Fica claro que a contextualização do conteúdo, abordado em sala de aula, contribui fortemente para que o aprendiz o assimile com maior facilidade. Para auxiliar o educador nesta tarefa de contextualização do conteúdo, ele pode fazer uso de algumas ferramentas ou técnicas. O professor pode estimular a iniciativa dos alunos por meio do trabalho em grupo, destinado a promover a interatividade e o espírito associativo, sementes da colaboração e da solidariedade.

Entretanto, algumas vezes, seja por falta de incentivo ou por falta de uma formação profissional adequada, que possibilite ao professor usar instrumentos pertinentes ao seu trabalho, o mesmo se limita a ser apenas um agente para a transmissão mecânica de conteúdos. Como argumenta Martins (2003:10):

“O educador que tem como compromisso ser agente de transformação social não pode deixar de procurar o melhor caminho para vencer o desafio de mudar seu próprio modo de pensar e de proceder; tampouco pode esquecer sua missão de facilitador do crescimento de seus alunos, contribuindo, desse modo, para que as gerações futuras possam usufruir uma existência mais digna.”

Pode-se perceber que um dos grandes problemas da Matemática, no ensino fundamental, é a falta de contextualização dos conteúdos e, para solucioná-lo, como argumentado acima, o educador pode fazer uso de novas ferramentas 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.

De acordo com Coll & Martí (2004:420), as novas tecnologias de transmissão da informação e da comunicação “surgem como resultado da integração de duas possibilidades técnicas que experimentaram um progresso espetacular ao longo das últimas décadas: o incremento da capacidade e da rapidez do processamento da informação, graças ao desenvolvimento da informática, e a codificação e a transmissão da informação, graças à digitalização, ao cabo óptico e aos satélites”.

Essas novas tecnologias modificam a forma de interagir com a informação e fornecem novas maneiras de transmiti-las. Com as palavras de Coll & 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.”

De acordo com Coll & Martí (2004), as NTIC têm potencial para modificar significativamente as formas tradicionais de ensino e aprendizagem. Na seção seguinte será apresentado como isso é possível.

2.2.1 As NTIC e a Aprendizagem

As novas tecnologias da informação e da comunicação (NTIC), segundo Coll & 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 & 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 & Martí (2004) se referem são: formalismo, interatividade, dinamismo, multimídia e hipermídia. A Tabela 2.1 indica quais as potencialidades de cada uma dessas características para a aprendizagem:

Tabela 2.1: Principais características das NTIC relevantes para os processos de ensino e aprendizagem

Característica	Potencialidades
Formalismo	Exige explicitação e planejamento das ações. Tomada de consciência e auto-regulação.
Interatividade	Relação mais ativa com as informações. Primeiro plano. Ritmo individual. Motivação. Auto-estima.
Dinamismo	Possibilidade de interagir com relações virtuais. Exploração. Experimentação.
Multimídia	Possibilidade de passar de um sistema para outro. Integração e complementaridade de formatos de representação. Generalização.
Hipermídia	Nova organização espacial e temporal da informação. Facilidade de relacionar informações.

Fonte: (COLL & MARTÍ, 2004:426)

Com relação ao formalismo, fazer uso das NTIC requer que o usuário siga corretamente uma seqüência 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 seqüência 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 & 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

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 sígnicos, isto é, sistemas de significação. (WIKIPÉDIA, 2007)

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.”

Quanto a interatividade, conforme Coll & 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 & 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 & 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 seqüencial ou linear, como a das informações escritas habituais. Segundo Coll & 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 & 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 seqüência 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 & 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 & 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.”

Para determinar quais jogos são mais indicados para serem utilizados como ferramentas de auxílio a aprendizagem, é necessário conhecer os tipos de jogos existentes.

2.4.1 Os Tipos de Jogos

Segundo Bittencourt & Figueiredo (2005), não existe um consenso sobre uma taxonomia dos jogos computadorizados, mas a classificação dos jogos em geral, não somente os computadorizados, nos permite determinar um conjunto de características comuns. Através de tais características é possível dividi-los em alguns grupos: estratégia, simulador, esporte, jogos de azar, aventura, educacional e *Role-Playing Game* (RPG). Classificar os jogos em grupos facilita o desenvolvimento dos enredos, dos motores e das interfaces gráficas dos jogos computadorizados.

Os jogos de estratégia são aqueles onde a habilidade do jogador em tomar decisões são de grande importância. O que diferencia este gênero dos outros é que nele a sorte do jogador exerce pouca ou nenhuma influência sobre resultado final. Existem vários tipos de jogos de estratégia, desde os que controlam quase todos os aspectos de, por exemplo, controle de nações; jogos onde se controlam apenas as batalhas e alguns aspectos econômicos de nações; até jogos onde a estratégia se mistura com a simulação; bem como os tradicionais, como o jogo de Damas. (WIKIPÉDIA, 2007)

De acordo com Bittencourt & Figueiredo (2005), jogos do tipo simulador são aqueles cujo objetivo é reproduzir o comportamento de algum sistema. Os simuladores reproduzem sensações que na realidade não estão ocorrendo, como acontece no caso dos simuladores de vôo. Existem diversos tipos de simuladores, desde os que simulam a vida de uma única pessoa (*The Sims*), até aqueles que simulam mundos inteiros (*SimEarth*).

Segundo tais autores, dentre os tipos de jogos mais populares estão os de esporte, que envolve alguns tipos de práticas esportivas, e os jogos de azar, nos quais a possibilidade de ganhar ou perder não depende da habilidade do jogador, mas exclusivamente do azar ou sorte do apostador.

Ainda segundo Bittencourt & Figueiredo (2005), os jogos de aventura são caracterizados pela exploração dos cenários, pelos enigmas e quebra-cabeças, pela interação com outros personagens e pelo foco na narrativa. Concentram-se quase por completo no raciocínio de lógica e de exploração e em histórias complexas e envolventes.

Os jogos classificados como educacionais são aqueles que, de acordo com Botelho (2004), “se constituem por qualquer atividade de formato instrucional ou de aprendizagem que envolva competição e que seja regulada por regras e restrições”. Como exemplo de um jogo educacional de Matemática temos a “Trilha Matemática” (Figura 2.1), onde o jogador é repre-

sentado por um peão passando por uma trilha. Para passar de um ponto para o outro, é preciso que a pessoa responda questões de matemática. Se acertar, o jogador avança o número de casas informado por um dado lançado. Ganha o jogo quem chegar primeiro ao final da trilha respondendo corretamente as questões de matemática apresentadas. O nível de dificuldade aumenta conforme o jogador se aproxima do final da trilha. As questões propostas pelo jogo são baseadas nas quatro operações fundamentais da Matemática (adição, subtração, divisão e multiplicação).

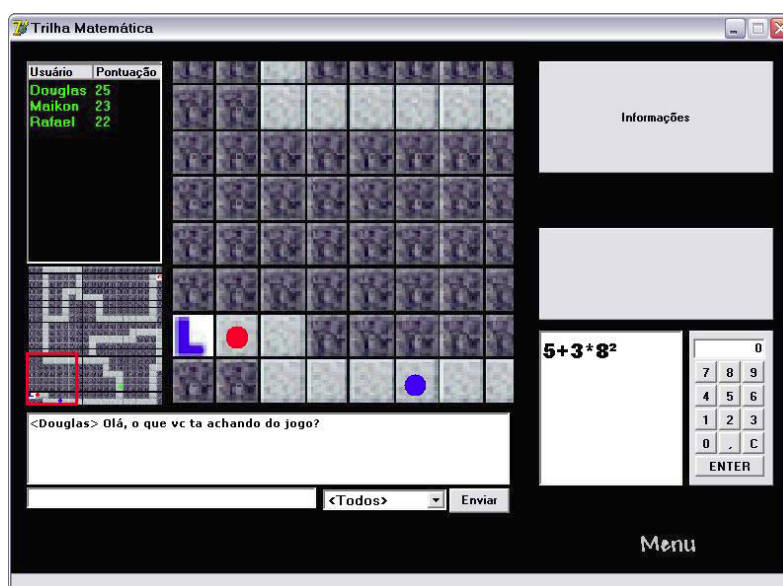


Figura 2.1: Tela principal do jogo “Trilha Matemática”

Fonte: (PIEROZAN & BRANCHER, 2004:2)

O RPG ou Jogo de Interpretação de Papéis é um jogo de estratégia e imaginação, em que os jogadores interpretam diferentes personagens em diferentes mundos, vivendo aventuras e superando desafios de acordo com as regras descritas pelo sistema escolhido. (WIKIPÉDIA, 2007)

Uma outra forma de classificação dos jogos computadorizados foi proposta por Rollings & Morris (2003). Esta forma é baseada na concepção dramática, em que se caracterizam os gêneros como sendo compostos por diferentes estilos, de forma semelhante à utilizada em obras dramáticas do teatro, literatura e cinema. Conforme tais autores, estes estilos são os seguintes: ação, aventura, estratégia, simulação, quebra-cabeça, brinquedos e educacionais. Tais estilos referem-se à forma como o jogo é executado e a combinação destes elementos podem criar um gênero que caracteriza os jogos. Por exemplo, o gênero RPG é uma representação computacional dos RPGs de mesa com elementos de simulação, ação e aventura. Usando essa mecânica, passa-se a considerar combinações de estilos ao invés de se adotar um enfoque

determinista de uma única classificação. Nesta abordagem, existe uma concepção difusa onde cada jogo pode apresentar níveis diferentes de cada um dos estilos, ou seja, um nível de estratégia e um nível de aventura, por exemplo.

A existência de jogos educativos como o “Trilha Matemática” torna óbvio que a utilização dos jogos na educação não é algo inédito e que há, portanto, amplo potencial para criação de mais e novos jogos de Matemática.

O potencial econômico dos jogos também merece ser considerado, como ilustrado por Monserrat & Castro (2007:2):

“[...] o setor de jogos de computador vem ocupando uma fatia crescente e importante na indústria de *software*. No último levantamento realizado pela ABRAGAMES em 2005, o mercado brasileiro de produção de jogos de computador tem mostrado um grande potencial, sendo que de 2003 para 2004 o crescimento chegou a 40%, o que representa cerca de 18 milhões de reais de faturamento.”

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 & 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 & 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.

3 Lúdico: Adjetivo. Que se refere a jogos e brinquedos. (BUENO, 2000)

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, como ilustrado na Figura 2.2, financeiros, políticos, sociais, econômicos, etc. são freqüentemente 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 & BAKER, 2004)



Figura 2.2: Visualização do Último Teorema de Fermat com $n = 5$

Fonte: (HEARN & BAKER, 2004:26)

A utilização de jogos em âmbito educacional traz uma série de vantagens e desvantagens. Grando *apud* Moratori (2003) elaborou a seguinte lista (Tabela 2.2) de vantagens e desvantagens da inserção de jogos no contexto de ensino-aprendizagem:

Tabela 2.2: Vantagens e desvantagens do uso de jogos no contexto de ensino-aprendizagem

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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.

Fonte: (MORATORI, 2003:13)

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, 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.

As características de funcionalidade, usabilidade, confiabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade foram estabelecidas pela norma ISO/IEC 9126-1, como um conjunto de atributos para se avaliar e descrever a qualidade de um *software* genérico. A Tabela 2.3 descreve cada característica segundo esta norma.

Tabela 2.3: Características da Qualidade de *Software* segundo a ISO/IEC 9126-1

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

Fonte: (GLADCHEFF, ZUFFI & SILVA, 2001:4)

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, ZUFFI & SILVA, 2001)

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

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.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta, inicialmente, o tipo de pesquisa em que se enquadra o presente trabalho. Em seguida, são apresentados os materiais utilizados durante a execução do projeto. Por fim, são apresentadas a metodologia e as etapas de desenvolvimento do projeto.

3.1 Tipo de Pesquisa

De acordo com Jung (2004), a pesquisa a ser desenvolvida é do tipo tecnológica, uma vez que se utiliza de conhecimentos e experiências adquiridos por estudiosos e profissionais na área da educação e técnicas já existentes de engenharia de *software* para o desenvolvimento de um novo produto de *software* para auxílio ao ensino/aprendizagem.

Quanto ao objetivo, esta será uma pesquisa exploratória, pois visa desenvolver um produto de *software* que ajudará o aluno a fixar o conteúdo abordado em sala de aula pelo professor e que possa servir também como forma de entretenimento. Conforme Jung (2004: 152), “este tipo tem por finalidade a descoberta de teorias e práticas que modificarão as existentes, a obtenção de alternativas ao conhecimento científico convalidado e, principalmente, inovações tecnológicas (produtos ou processos)”.

Considerando-se os procedimentos a serem adotados, esta pesquisa será do tipo experimental, pois, como afirma Jung (2004:155), “a pesquisa tecnológica de novos produtos e processos é essencialmente experimental”.

3.2 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 utili-

zado foi o GNU C Compiler (GCC) versão 4.2.1, 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.

3.3 Desenvolvimento

O projeto exposto neste trabalho tem início no final do ano de 2006, após a realização do curso de Inclusão Digital e Jogos Cooperativos Computacionais, quando ficou clara a necessidade de jogos educacionais gratuitos e flexíveis. De novembro de 2006 até março de 2007 foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre o uso de jogos no processo de ensino-aprendizagem e sobre a qualidade de *software* educacionais.

Na seqüência, foi feito um levantamento dos requisitos e a delimitação do tema do jogo. Ficou estabelecido que o tema seria a Matemática do ensino fundamental, uma vez que esta é uma das áreas onde os alunos encontram grande dificuldade para contextualização do conteúdo, e, como visto na Seção 2.1, a contextualização do tema abordado em sala de aula contribui muito para sua assimilação, e, conseqüentemente, para sua aprendizagem.

Após a definição do tema, foram determinadas as principais características do jogo, como por exemplo sua interface, sua mecânica e os objetivos propostos ao jogador. 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, que serão vistas com mais detalhes na Seção 4.1.

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 zero. 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 4.1.

Determinadas as características do jogo a ser desenvolvido, tornou-se então necessária a escolha das ferramentas mais adequadas a esta tarefa. 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.

De acordo com a documentação oficial da SDL, suas funções são agrupadas em dez categorias: 1) geral, que lidam com a configuração e inicialização da própria SDL; 2) vídeo, responsáveis pela criação e manipulação das imagens na tela, bem como a configuração da própria tela; 3) gerenciamento de janelas, que manipulam a janela em que o jogo está sendo executado, definindo o ícone do aplicativo, por exemplo; 4) eventos, responsáveis pelo trata-

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

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

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

mento dos eventos disparados pelo sistema operacional ou pelo usuário, como por exemplo o pressionamento de teclas; 5) *joystick*, que manipulam e interpretam os dados referentes a um controlador de jogo acoplado ao computador; 6) som, responsáveis pela reprodução e gravação de efeitos sonoros e música; 7) CD-ROM, que fornecem acesso direto a unidades de CD-ROM presentes na máquina, bem como meios de reproduzir faixas de CDs de áudio; 8) programação paralela, que fornecem meios para a criação de aplicativos que executam várias tarefas simultaneamente; 9) tempo, responsáveis pela medição do tempo de execução do programa e pela criação de temporizadores; e 10) arquivos, que manipulam arquivos diretamente.

Para o desenvolvimento do jogo implementado no presente trabalho, apenas as funções relacionadas a eventos, vídeo, som, tempo e configuração da própria SDL foram utilizadas.

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.

Como mencionado anteriormente, a SDL é capaz de se beneficiar da aceleração de vídeo por *hardware* disponível com placas de vídeo atuais quando utilizada juntamente com a OpenGL. OpenGL é uma *Application Programming Interface* (API) gráfica suportada por várias plataformas e amplamente utilizada na criação de jogos e programas do tipo *Computer Aided Design* (CAD) (OpenGL, 2007). Para tirar proveito da aceleração de vídeo por *hardware*, a parte visual do jogo foi implementada utilizando a API OpenGL.

Terminada a escolha das ferramentas que foram utilizadas para a implementação do jogo, teve início a fase de codificação. 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 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

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

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 Apêndice A fornece um exemplo de uma máquina de estados simples implementada utilizando-se as duas técnicas mencionadas anteriormente.

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.

⁹ Iteração: Sinônimo de “repetição”.

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,

$$S=S_0+V_0t+\frac{at^2}{2}$$

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 & 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.

O custo computacional para verificar se houve uma colisão entre dois objetos depende da forma dos objetos e da precisão desejada. Quando mais irregular a forma dos objetos envol-

vidos e/ou quanto maior for a precisão desejada, maior será o custo computacional do algoritmo.

O caso mais simples, e portanto o que exige menor esforço computacional, é o da colisão entre dois retângulos. Por exemplo, o quadrado ABCD movimenta-se da esquerda para direita e está prestes a colidir com o quadrado FGHI que se movimenta da direita para a esquerda, conforme a Figura 3.1:

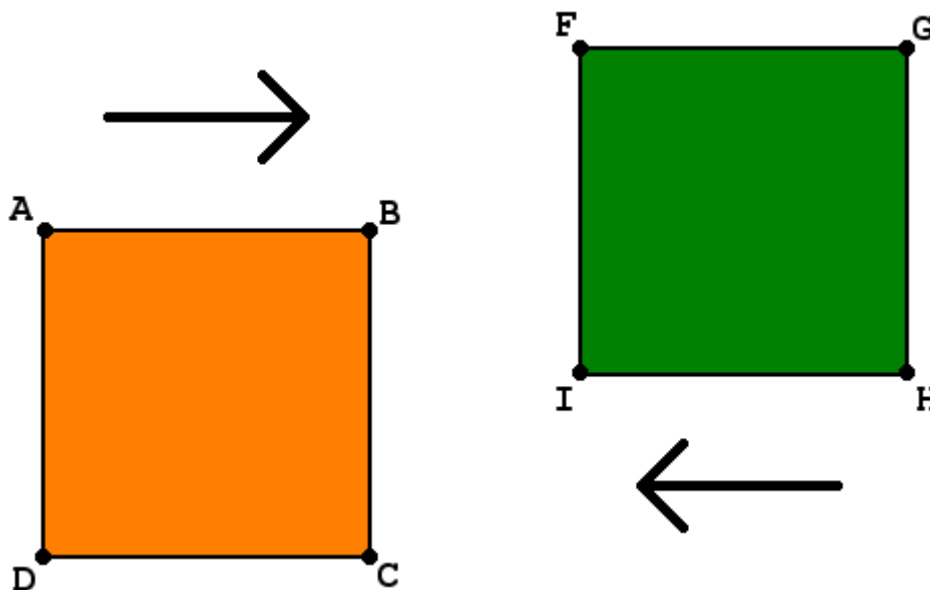


Figura 3.1: Quadrados em rota de colisão

A existência ou não de uma colisão entre eles poderia ser facilmente verificada simplesmente comparando a posição do ponto B com a posição do ponto I. Se o ponto B estiver mais à direita e mais acima que o ponto I, os quadrados estarão se sobrepondo, e portanto, estarão colidindo. Caso contrário, não há uma colisão.

Infelizmente, a detecção de colisão envolvendo objetos circulares não é tão simples devido a enorme quantidade de vértices que estes objetos possuem. Se o mesmo método utilizado para a detecção de colisão entre retângulos fosse utilizado para esferas ou círculos, o tempo necessário para comparar a posição de todos os vértices envolvidos inviabilizaria o jogo. Este problema foi então solucionado aplicando-se uma técnica de detecção de colisão com o uso 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. Sendo assim, o algoritmo implementado

para detectar colisões entre o projétil do jogador e as esferas foi o mesmo utilizado para detectar colisões entre dois retângulos.

A desvantagem do uso de *Bounding Boxes* é a redução na precisão do local de colisão entre os objetos. Ao utilizar um quadrado para envolver uma esfera, uma falsa colisão pode ser detectada, caso um dos objetos se movimente em um ângulo tal que este colida com a *Bounding Box*, mas não colida com o objeto em seu interior. A Figura 3.2 ilustra este caso:

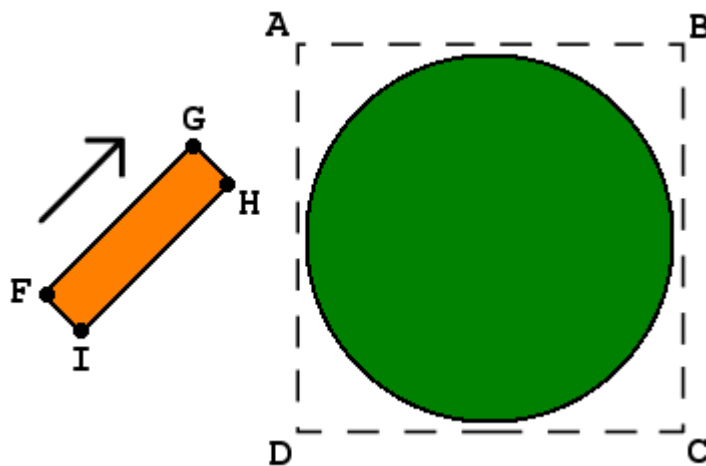


Figura 3.2: Exemplo de uma colisão com a *Bounding Box*

Utilizando o algoritmo de detecção de colisão entre dois retângulos, o retângulo FGHI exibido na Figura 3.2 irá colidir com o vértice AD da *Bounding Box* do círculo, formada pelo quadrado ABCD. No entanto, pode-se perceber que na realidade o retângulo não colidirá com o círculo. A imprecisão na detecção de colisão, inerente a este algoritmo, pode ser amenizada utilizando-se um objeto mais complexo como *Bounding Box*, como por exemplo um octógono, sem que o algoritmo de detecção sofra modificações significativas ou que o custo computacional se eleve consideravelmente.

Uma vez solucionados estes problemas, a implementação do jogo não apresentou maiores dificuldades, e o resultado final pode ser observado na seção seguinte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este Capítulo tem por objetivo apresentar de forma sucinta o jogo educacional implementado neste trabalho. Para isso, serão apresentadas imagens de cada elemento importante que compõe a interface do jogo.

De acordo com as classificações dos jogos apresentadas na Seção 2.4.1, o jogo implementado no presente trabalho pode ser considerado uma combinação de Ação e Educacional. 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.

Ao iniciar o jogo, o usuário é levado ao Menu Principal (Figura 4.1). 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.



Figura 4.1: Visualização da tela inicial do jogo

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 (Figura 4.2). Uma vez nesta tela, o usuário pode retornar ao Menu Principal pressionando a tecla “Escape” (ESC).



Figura 4.2: Visualização da tela de instruções do jogo

A segunda opção (Iniciar Jogo) inicia o jogo. O usuário assume então o controle da nave descrita anteriormente. Os elementos apresentados nesta tela (Figura 4.3) são descritos com mais detalhes a seguir:



Figura 4.3: Visualização da tela principal do jogo

➤ 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 (Figura 4.4). Nesta tela o jogador tem a opção de reiniciar o jogo, retornar ao Menu Principal ou encerrar a aplicação.



Figura 4.4: Visualização da tela de congratulações do jogo

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 (Figura 4.5)

permitindo que ele retorne ao Menu Principal, retorne ao jogo ou simplesmente encerre a aplicação.



Figura 4.5: Visualização da tela de pause do jogo

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 (Figura 4.6), o jogador pode, por exemplo, habilitar apenas os operadores de adição e multiplicação, tornando o jogo mais fácil.

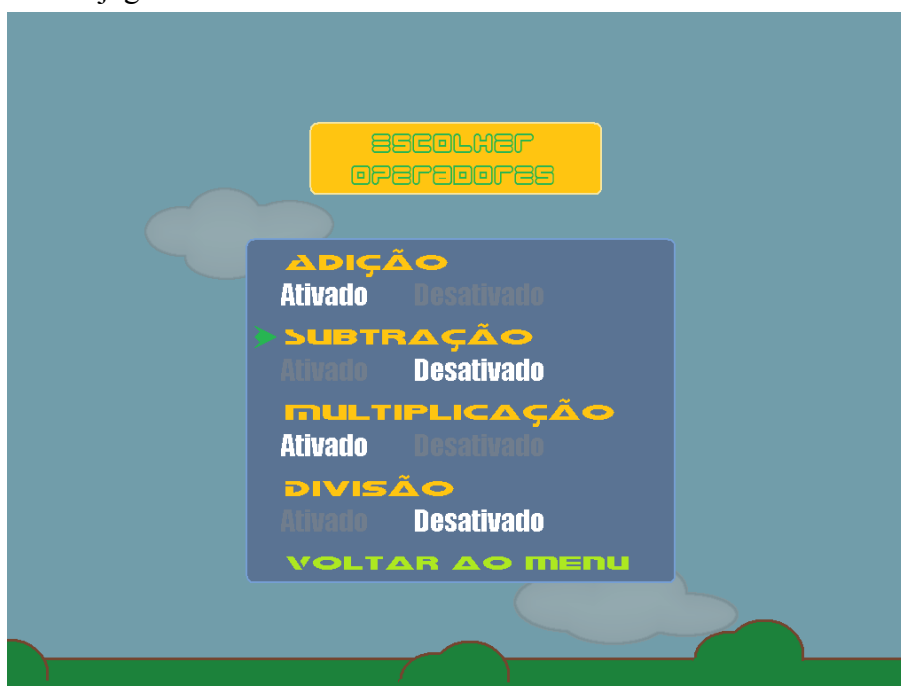


Figura 4.6: Visualização da tela de escolha de operadores do jogo

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

4.1 Discussões Finais

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.

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.

Desenvolvi 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.

Vimos 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.

No decorrer deste trabalho aprofundei meus estudos sobre o processo de desenvolvimento e de aprendizagem, aprimorei minha redação de textos científicos e adquiri novos conhecimentos sobre programação, a biblioteca multimídia *Simple DirectMedia Layer* e a *Application Programming Interface* (API) gráfica OpenGL. Esses estudos estão sendo importantes para minha formação acadêmica e pessoal, e trarão benefícios para meu desempenho profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATO, S. A.. Reflexões Sobre Matemática no Ensino Fundamental. **Jornal da Ciência**, Brasília, v. 1, n. 2560, p. 3, Julho 2004.
- BITTENCOURT, J. R.; FIGUEIREDO, C. Z.. 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.. 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.
- BOTELHO, L.. e-Learning Brazil. Desenvolvido por: MicroPower, 2007. Contém artigos, livros e notícias sobre tecnologia em educação. Disponível em: <<http://www.elearningbrasil.com.br/home/artigos/artigos.asp?id=1921>>. Acesso em: 5 fev. 2007.
- BRASIL, 1997. Secretaria de Educação Fundamental. "Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais". MEC/SEF.
- LÚDICO. In: BUENO, F. S.. **Minidicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: FTD, 2000. p. 480.
- COBUCCI, C. E. M.; RIBEIRO, R. T.; MOREIRA, R. C.; NETO, J. M.. Experiência de uma Oficina Continuada de Jogos Cooperativos Computacionais, 2005. 10 páginas. Artigo – Universidade Federal de Lavras. Não publicado.
- COLL, C., MARTÍ E.. A educação escolar diante das novas tecnologias da informação e da comunicação. In: COLL, C., [et. al.]. **Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação escolar**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. v. 2, cap. 25, p. 420-439.
- GLADCHEFF, A. P.; OLIVEIRA, V. B.; SILVA, D. M.. 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.

- GLADSCHEFF, A. P.; ZUFFI E. M.; SILVA D. M.. 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.. **Computer Graphics with OpenGL**. 3ª ed. Upper Saddle River, NJ 07458: Person Prentice Hall, 2004. 857 p.
- ISO/IEC 9126-1. International Organization for Standardization. "Information technology - Software quality characteristics and metrics - Part 1: Quality characteristics and sub-characteristics". ISO/IEC 9126-1:2001.
- JUNG, C. F.. **Metodologia Para Pesquisa & Desenvolvimento**. 1ª ed. Av. Paris, 571 – Bonsucesso. Rio de Janeiro – RJ: Axcel Books do Brasil, 2004. 312 p.
- LERNER, D.. O Ensino e o Aprendizado Escolar. In: ANTONIO, J.; FERREIRO, E.; LERNER, D.; OLIVEIRA, M. K.. **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.. O Computador e o Ensino da Matemática. **Revista Tecnologia Educacional**, São Paulo, v. 26, n. 140, p. 41-45, Jan/Fev/Mar 1998.
- MARTINS, J. S.. **O Trabalho com Projetos de Pesquisa: Do Ensino Fundamental ao Ensino Médio**. 4ª ed. R. Dr. Gabriel Pentead, 253. Campinas SP: Papyrus, 2003. 136 p.
- MONSERRAT N., J.; CASTRO, C. L.. 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.
- MORATORI, P. C.. **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.
- OPENGL. Silicon Graphics Inc.. Desenvolvido por: Khronos Group, 2007. Página oficial da OpenGL. Disponível em: <<http://www.opengl.org/>>. Acesso em: 14 ago. 2007.
- PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. de L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I.. Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. **Psicologia Educação Cultura**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, Julho 2002.

PIEROZAN, C.; BRANCHER, J. D.. A Imp. do Jogo Educativo e suas vantagens no processo Ensino e Aprendizagem. In: **Congresso Nacional de Ambientes Hipermídia para Aprendizagem**. Florianópolis: UFSC, 2004. p. 2.

PJCC. Portal de Jogos Cooperativos Computacionais. Desenvolvido por: Rubens Takiguti Ribeiro, 2004-2007. Site oficial do Grupo de Jogos Cooperativos Computacionais (GJCC). Disponível em: <<http://www.comp.ufla.br/pjcc/>>. Acesso em: 28 jun. 2007.

ROLLINGS, A.; MORRIS, D.. **Game Architecture and Design**. 1ª ed. Upper Saddle River, NJ 07458: Pearson Prentice Hall, 2003. 960 p.

SDL. 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.. Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar. In: VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV A.. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. 8ª ed. São Paulo – SP: Ícone, 2003. Volume único, cap. 6, p. 103-117.

WIKIPÉDIA. Wikimedia Foundation. Desenvolvido por: Contribuidores da Wikipédia, 2007. Apresenta conteúdo enciclopédico. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/>>. Acesso em: 5 fev. 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A: OTIMIZAÇÃO DA MÁQUINA DE ESTADOS

O trecho de código abaixo ilustra como poderia ser implementada a máquina de estados de um jogo utilizando-se um comando condicional:

```
/* Inicialização do jogo */
...

/* Loop de controle */
while (!blJogoAcabou) {
    switch (itEstado) {
        case ESTADO_EXECUTANDO_MENU_PRINCIPAL:
            /* Tratar o estado em que o menu está sendo exibido */
            break;

        case ESTADO_EXECUTANDO_NUCLEO:
            /* Tratar o estado principal do jogo */
            break;

        case ESTADO_JOGO_EM_PAUSA:
            /* Tratar o estado em que o jogo está em pausa */
            break;
    }
}

/* Finalizando o jogo */
...
```

O trecho de código abaixo ilustra como a mesma máquina de estados exibida acima pode ser implementada utilizando-se um ponteiro para função:

```
/* Funções que representam estados do jogo */
void EstadoExecutandoNucleo(void);
void EstadoExecutandoMenuPrincipal(void);
void EstadoJogoEmPausa(void);

/* Declaração do ponteiro para a função da máquina de estados */
void (*pProcessarJogo)(void) = EstadoExecutandoMenuPrincipal;

/* Inicialização do jogo */
...

/* Loop de controle do jogo */
while (!blJogoAcabou) {
    /* Processa o jogo */
    pProcessarJogo();
}

/* Finalizando o jogo */
...
```