



Experimentação de Ambiente Virtual para Melhoria do Ensino-Aprendizagem de Matemática¹

Adriano Pasqualotti²

Carla Maria Dal Sasso Freitas³

Resumo

O uso de Ambientes Virtuais (AVs) não-imersivos em educação ainda não foi devidamente explorado e estudado, porém alguns autores já demonstram a diferença que a Realidade Virtual (RV) pode fazer no aprendizado. A linguagem Virtual Reality Modeling Language (VRML) é uma proposta para a introdução de AVs não-imersivos na Internet; é uma linguagem independente de plataforma, que permite a criação de AVs, por onde se pode passear, visualizar objetos por ângulos diferentes, e com eles interagir. Assim, os estudantes podem beneficiar-se dessa tecnologia, pois ela lhes permite acessar objetos que descrevem assuntos e contextos do conteúdo abordado, e informações verbal-escritas da disciplina, podendo manuseá-los. Neste trabalho, investigam-se as questões que envolvem o uso de AVs no ensino-aprendizagem de Matemática; as experiências e as condições necessárias para o uso dessa tecnologia na Educação de Matemática, como a construção do conhecimento e o desenvolvimento de aspectos cognitivos e lógico-matemáticos.

Abstract

The use of non-immersive virtual environments in education has not yet been studied and explored as it should. However, some authors have already demonstrated the benefits of using such technology. VRML - Virtual Reality Modeling Language - provides the means for using virtual environments on the Internet. It is a platform-independent language that allows the specification of virtual environments where users can walk in, observe different objects, and interact with them. Students can benefit from this technology, since it allows them to access objects describing subjects that students should study. In this study, we investigate the use of virtual environments in math education and the experiences and conditions necessary for using this technology to improve logic and mathematical thinking.

1. Introdução

Apesar de, nos últimos anos, ter ocorrido uma disseminação do uso do computador em escolas do ensino fundamental e médio, poucos são os centros de ensino no país a possuírem recursos computacionais. Observa-se, entretanto, que o ensino moderno não pode se limitar apenas ao uso do computador para dar aula. É necessária a

¹ Digitalizado por Flávia Sueli Fabiani Marcatto, Rosana Maria Mendes e Sandra Aparecida Oriani Fassio.

² Professor do Instituto de Ciências Exatas e Geociências da Universidade de Passo Fundo - pasqualotti@upf.br

³ Professora do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - carla@inf.ufrgs.br.

disseminação da filosofia computacional⁴ nos centros de ensino para que a informática possa auxiliar no processo de ensino-aprendizagem⁵ e enriquecimento dos conhecimentos dos alunos, bem como no auxílio e aperfeiçoamento dos professores e pesquisadores. Isso é muito importante, ainda mais, se forem levados em conta os dados sobre a situação escolar no Brasil, que apontam números preocupantes.

Segundo o Censo Demográfico de 1991, o Brasil ingressou na década de 1990 com cerca de 86% das crianças entre 7 e 14 anos dentro da escola, número que representa um *avanço* se comparado aos da década de 1950, quando o índice era de 38%. Porém, ainda hoje, não existe uma educação de qualidade para todos, o que se constitui numa das principais causas da evasão e repetência, dois dos sérios problemas da educação no país. Segundo o IBGE, mais de 50% dos alunos repetem a 1ª série; apenas 39,2% das crianças brasileiras concluem o ensino fundamental, porém repetem, em média, quatro vezes. Os dados do MEC de 1991 indicam que, dos 29,9 milhões de matrículas no ensino fundamental, 17,4% são de alunos repetentes. Os fatores que mais contribuem para a repetência são a pouca base educacional dada pela família e pela pré-escola, metodologia e currículos inadequados e professores despreparados; a falta de manutenção das instalações físicas também colabora para essa situação, por resultar num ambiente inadequado para o estudo. Segundo a mesma fonte, a evasão no ensino fundamental é de, aproximadamente, 13% por série. Antes de desistir do ensino fundamental, os alunos ficam, em média, 6,4 anos na escola.

Considerando a existência de 30 milhões de analfabetos e cerca de 22 milhões de pessoas fora do mercado de trabalho, por absoluta desqualificação profissional, torna-se imperativa a busca de ações que possibilitem a rápida inversão desse quadro alarmante. Daí a necessidade de implantação de programas educacionais capazes de propiciar ganhos não somente em termos de dimensões geográficas, mas também de qualidade e velocidade de aprendizagem, sem, contudo, comprometer a qualidade.

Para que isso se torne realidade, é necessário que a informática seja utilizada na maioria das instituições de ensino e pesquisa. Adicionalmente, a busca de novos modelos e tecnologias dentro da informática, para apoio ao ensino, deve ser orientada para a solução ou minimização dos problemas de ensino-aprendizagem identificados.

⁴ O computador como um instrumento sócio-histórico; nesse sentido, a informática exerce papel semelhante àquele desenvolvido pela linguagem na teoria vygotskiniana.

⁵ As intercorrelações entre aquele que aprende e aquele que ensina, abrangendo, nesse caso, também o contexto social no qual estão inseridos.

Nesse sentido, a RV é uma dessas tecnologias, pois enfatiza características como utilização de dispositivos multissensoriais, navegação em espaços tridimensionais, imersão no contexto da aplicação, simulação de ambientes e interação em tempo real. Sintetizando outras definições de RV, pode-se dizer que é uma técnica avançada de interface, por meio da qual o usuário pode realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional, gerado por computador, utilizando canais multissensoriais.

Um sistema de RV imersivo envolve recursos ligados à percepção, *hardware*, *software*, interface do usuário, fatores humanos e aplicações. A RV também pode ser considerada como a junção de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento. A idéia de imersão está ligada à sensação de se estar dentro do ambiente. A idéia de envolvimento, por sua vez, está ligada ao grau de motivação para o engajamento de uma pessoa em determinada atividade. O envolvimento pode ser passivo, como ler um livro ou assistir à televisão, ou ativo, como participar de um jogo com algum parceiro. A RV tem potencial para os dois tipos de envolvimento, ao permitir a exploração de um ambiente virtual e ao propiciar a interação do usuário com um mundo virtual dinâmico [KIR 97].

Os AVs não-imersivos são, sem dúvida, os exemplos mais comuns de RV, cuja principal vantagem é o seu baixo custo. Como ponto negativo dessa forma de RV, está a completa falta de sensação de imersão por parte do usuário. Entretanto, isso não impossibilita o uso desses sistemas em aplicações educacionais, desde que a qualidade da experiência não-imersiva alcançada possibilite uma aprendizagem sobre o conteúdo abordado [CRO 97].

Os AVs não-imersivos possibilitam diferentes tipos de experiências que os estudantes regularmente encontram na escola. Os processos psicológicos ativados em AVs não-imersivos são bem parecidos com aqueles que se operam quando as pessoas constroem o conhecimento por interação com objetos e eventos no mundo real; é o conhecimento dito como direto, pessoal, subjetivo e tácito, ou seja, é o tipo de conhecimento caracterizado por ausência de reflexão, o que significa que a ação flui diretamente para fora da percepção do mundo, sem a intervenção do pensamento consciente (conhecimento de primeira pessoa). A maior parte daquilo que as pessoas realizam em suas vidas diárias é alcançado deliberadamente, isto é, sem um pensamento

reflexivo. Experiências de primeira pessoa são, então, naturais, não-refletidas, privadas, e predominam nas interações cotidianas da pessoa com o mundo. Nessa visão, interagir com um computador por uma interface é uma experiência de terceira-pessoa, isto é, conhecimento dito como delegado, comunal, objetivo e explícito, ou seja, é o tipo de conhecimento ensinado por alguém. Por exemplo, embora seja possível dominar o teclado ou o *mouse* num nível de habilidade em que as pessoas já os usam automaticamente, a informação que a máquina apresenta sempre requer delas reflexão antes das respostas, ou seja, elas experimentam o computador como um *objeto* no mundo [WIN 93].

Este texto é o resultado final de um projeto de pesquisa acerca de AVs não-imersivos, possuindo dois objetivos: a) elaborar um modelo conceitual para um AV não-imersivo para uso na educação; b) estudar as possibilidades do uso de sistemas de AVs no processo de ensino-aprendizagem de Matemática.

Juntamente com o primeiro objetivo, visava-se a desenvolver um modelo conceitual de ambientes de aprendizagem tanto para o ensino-aprendizagem de Matemática (em especial, o conteúdo de Geometria) como para o desenvolvimento dos aspectos cognitivos (com base nas teorias do construtivismo), bem como implementar o modelo proposto.

Para estruturar o modelo, levou-se em conta o conteúdo de Geometria (geo = terra + metria = medida), por causa, exatamente, do seu conceito. A Geometria surgiu da necessidade de medir terras e demarcar propriedades, estabelecendo limites entre elas; nela se estudam as figuras, suas propriedades e seus relacionamentos. Ao estudar uma figura, através de um AV, enfocam-se sua posição, forma e tamanho, o que desperta grande atrativo, pois permite aos usuários compreender a sua estrutura de espaço pela auto-exploração. As figuras geométricas estudadas são: nenhuma dimensão (ponto), uma dimensão (linhas), duas dimensões (figuras planas) e três dimensões (figuras do espaço).

O segundo objetivo do trabalho visa a analisar estatisticamente a aplicação de um AV modelado em VRML, com alunos da 7^a de uma escola particular, de modo a subsidiar a discussão dos temas relacionados à questão da tecnologia de AVs aplicados à educação, pois a introdução de computadores nas escolas coloca em evidência a necessidade de se refletir sobre uma série de questões, que vão desde a preparação dos

professores até a falta de recursos para a compra de equipamentos.

Discutir, portanto, um tema tão em voga, envolvendo a polêmica relação entre informática e educação, constitui-se num desafio. Nesse sentido, buscou-se desenvolver um ensaio sobre a utilização da tecnologia de AVs não-imersivos, no ensino de Matemática, uma vez que essa disciplina é considerada como de aprendizagem difícil.

2. Aplicação de AVs na Educação Matemática

Inicialmente, cabe salientar que, embora o uso de informática (em geral) no ensino fundamental e médio tenha aumentado consideravelmente nos últimos anos, praticamente inexistem trabalhos no cenário nacional abordando o uso de AVs com essa finalidade [ARA 98]. Também internacionalmente são poucas as experiências relatadas [BYR 92] [WIN 92] [WIN 93].

Os principais fatores que justificam o porquê de se utilizar a tecnologia de RV na Educação Matemática, essencialmente os AVs não-imersivos, são três: a) problemas com a Educação Matemática nas escolas tradicionais; b) necessidades econômicas e sociais; c) conveniência biológica e psicológica.

Os problemas das escolas de hoje estão bem documentados. Porém, parece ingênuo esperar que a tecnologia possa resolver qualquer tipo de problema social ou educacional. Em particular, é muito cedo para afirmar que uma tecnologia tão imatura quanto a RV ofereça solução para a reestruturação das escolas, as quais são, basicamente, lugares onde as pessoas lêem livros-textos e são ensinadas a fazer “algo”, ou seja, nenhuma atividade desenvolvida é muito pertinente à vida dos alunos. Entretanto, as novas mídias são potencialmente importantes para a educação, e a sua natureza contribuirá para a aprendizagem [MOS 95].

Há dois pontos de vista contrastantes, relativos à aproximação básica, que deveria ser levada em conta para organizar a educação com a ajuda da tecnologia. A teoria do construtivismo concebe que os estudantes deveriam ser conduzidos a descobrir os princípios básicos das “coisas”, construindo o seu conhecimento; assim, os *construtivistas* acreditam que é preciso uma mudança na educação fundamental. Já os *estruturadores* buscam uma compreensão detalhada das habilidades exigidas pelos componentes para dominar alguns conceitos, como, por exemplo, os da álgebra. Essa teoria defende uma reforma gradual, em vez da revolução nas escolas, que o

construtivismo prega [MOS 95].

Por causa das diferenças nas teorias de educação, para o uso correto da tecnologia de AVs, é preciso levar em conta um princípio básico: a tecnologia efetiva tem de co-evoluir com as mudanças estruturais em educação e oferecer um apoio para as mudanças graduais que poderão acontecer [MOS 95].

O segundo fator motivador à aplicação de AVs não-imersivos na Educação Matemática enfoca as ações que os estudantes executarão em suas atividades profissionais no futuro. É preciso, por isso, conhecer as habilidades básicas e os conceitos necessários para o desenvolvimento dessas ações.

O terceiro fator refere-se aos diferentes tipos de aprendizagem, que são acrescidos pelas formas de apresentação multissensorial e pelas novas modalidades de experiências interativas. Para modelar os mundos 3D, é preciso levar em conta as teorias fundamentais de aprendizagem e mentalização, cujos componentes cognitivos são descritos em várias classificações.

Outros fatores, não menos importantes, sobre o uso de RV na educação, referem-se à possibilidade que o aluno tem de construir o conhecimento sobre um conteúdo específico, como também de desenvolver os aspectos cognitivos pela interação de AVs implementados.

3. Ambientes de aprendizagem em VRML

Para que os ambientes de aprendizagem implementados em VRML [AME 97] possam ter um impacto na educação, o conteúdo usado para delinear os currículos, as experiências dos alunos e a interação com o computador na sala de aula devem estar baseados na realidade, isto é, inseridos no contexto social do usuário.

Os ambientes de aprendizagem, para possibilitar a construção do conhecimento, devem usar sistemas exploratórios interativos e modelos digitais tridimensionais, construídos com precisão e sensibilidade, isto é, integrar os conteúdos de uma área de conhecimento (Matemática, por exemplo) com técnicas avançadas de computação gráfica, promovendo, assim, a educação. A linguagem VRML tem feito uma diferença significativa na construção de ambientes 3D, apresentando um custo baixo e favorecendo a educação à distância. Agora, já é possível combinar o poder dos ambientes 3D com o poder dos sistemas de multimídia, criando experiências de aprendizagem inéditas. Os programadores podem desenvolver uma rede global

integrada e interativa de mundos virtuais usados para o ensino-aprendizagem de uma área de conhecimento.

Para que os mundos virtuais interativos possam estar disponíveis nas escolas, é preciso desenvolvê-los para várias plataformas. A estabilidade relativa da tecnologia de VRML está tornando esse desenvolvimento possível. Os AVs interativos permitem a auto-exploração de ambientes de informação em 3D, com interação dinâmica entre o usuário e o ambiente; objetos podem mover-se, mudar e até reagir ao usuário; sons podem prover no ambiente um contexto de informações que serão adicionadas por narração.

Por sua vez, os AVs anteriores impediam o desenvolvimento de amplas aplicações para educação ou pesquisa, enfatizando uma resposta em tempo real, e um movimento autodirigido, focado nas qualidades de experiências imersivas. As limitações dos AVs antigos, que impediam o desenvolvimento de aplicações para educação, eram: a) a exibição de texto era rudimentar, normalmente limitada a grupos de letras formados por elementos 3D; b) não havia nenhum aparato que permitisse aos usuários manusear ou folhear textos e figuras dentro desses ambientes 3D [SAN 96].

A linguagem VRML corrigiu isso e tornou possível a integração de dados 3D modelados em VRML, texto 2D no padrão HTML, figuras e vídeo em uma página da WWW. As características avançadas como *frames* e múltiplas janelas permitem manusear, simultaneamente, informação em 3D e em 2D. Ambientes 3D podem, agora, ser usados para fazer o que eles têm de melhor: permitir que os usuários tirem vantagens através da compreensão da estrutura de espaço por auto-exploração, enquanto retêm todo o poder de detalhes providos pelos padrões de textos e figuras em 2D, das páginas da *web*.

Os programadores e projetistas de *sites*, ao implementar as páginas de um ambiente de aprendizagem utilizando *frames*, proporcionam ao usuário condições para que ele manuseie, simultaneamente, objetos implementados em VRML e utilize um embasamento textual para descrever as características desses objetos. Isso permite que ele obtenha vantagens através da compreensão da estrutura de espaço.

4. Ambiente de aprendizagem MAT^{3D}

O objetivo principal deste trabalho foi estudar as possibilidades do uso de AVs

não-imersivos no processo de ensino-aprendizagem de Matemática. Para tanto, apresentou-se uma proposta de um modelo de AV para o ensino-aprendizagem de Matemática, o qual contempla três aspectos: a) deve ser baseado num ambiente familiar; b) esse ambiente familiar deve ser mapeado para representações matemáticas dos conceitos a serem abordados; c) deve prover mecanismos de avaliação dos alunos [PAS 2000].

Algumas condições norteiam o modelo conceitual do AV proposto: a) enfoque na resolução de problemas: estimular o aluno a questionar sua própria resposta e o problema levantado e a transformar um dado problema numa fonte de novos problemas, evidenciando uma concepção de ensino-aprendizagem não pela mera reprodução de conhecimentos, mas pela via da ação refletida, que constrói o verdadeiro conhecimento; b) utilização da História da Matemática: o uso da História da Matemática, mediante um processo de transposição didática, e juntamente com outros recursos didáticos e metodológicos, poder oferecer uma importante contribuição ao processo de ensino-aprendizagem em Matemática; c) busca de tecnologias de informação: o computador sendo usado como elemento de apoio para o ensino, mas também como fonte de aprendizagem e como ferramenta para o desenvolvimento de habilidades. O trabalho com o computador pode ensinar o aluno a aprender com seus erros e a aprender junto com seus colegas, trocando entre si suas produções e comparando-as [PAR 99].

Em nossa proposta, o modelo conceitual de um AV não-imersivo para ensino-aprendizagem corresponde a três componentes relacionados diretamente com cada um dos aspectos mencionados: um componente representando um ambiente familiar - um mundo virtual com elementos conhecidos pelos alunos; um segundo componente com representações matemáticas dos elementos presentes no ambiente familiar, e um terceiro dedicado à avaliação do aluno.

O protótipo foi implementado como páginas HTML que provêm *frames*, os quais contêm o conteúdo abordado, os botões de controle da janela do *browser* HTML, os objetos modelados e os exercícios propostos. Projetaram-se textos no padrão HTML e objetos foram modelados em VRML, os quais permitem ao usuário explorar livremente o espaço, assegurando-se que a informação proveja uma experiência de aprendizagem coerente.

Os primeiros testes visando à implementação de um AV não-imersivo foram

realizados com a construção de um sistema de passeio arquitetônico chamado MAT^{3D}. A Figura 4.1 apresenta o mundo MAT^{3D}.



Figura 4.1 - Mundo VRML MAT^{3D}.

A intenção de modelar o mundo VRML MAT^{3D} como uma cidade foi a de mostrar aos alunos que os objetos “reais” que eles vivenciam diariamente podem ser representados através de modelos matemáticos. Ao trabalhar com esses modelos, eles podem perceber as relações existentes entre os objetos. É possível, assim, mostrar-lhes que uma reta nada mais é do que uma seqüência infinita de pontos, que os planos são seqüências infinitas de retas, e assim por diante.

O AV MAT^{3D} é constituído de três sessões, cada uma representando uma etapa do processo de ensino-aprendizagem, como foi dito anteriormente, contempladas no modelo conceitual proposto: a) ambiente familiar; b) representações matemáticas; c) avaliação de desempenho do aluno.

O aluno, ao navegar pelo ambiente de aprendizagem proposto, estará, obrigatoriamente, ou na sessão “ambiente familiar” ou na sessão “representações matemáticas”. A sessão “avaliação de desempenho do aluno” encontra-se em todas as páginas do ambiente, visto que ele deve, em todos os momentos, ser avaliado, tendo

suas ações registradas.

4.1. Ambiente familiar

Na sessão “ambiente familiar”, à medida que o estudante navega pelo AV, depara com ambientes familiares - por *familiar* subentende-se que o estudante pode abstrair a situação proposta. Ele conhece o ambiente através de suas experiências de mundo real e pode apenas navegar nesse ambiente, não interagindo com os objetos.

Os arquivos HTML dessa sessão tem como finalidade apresentar aos alunos as informações necessárias à navegação. São implementados *scripts* em Java Scripts [McC 97] [KOC 97], os quais controlam o acesso dos alunos, registrando em um arquivo de *log* o nome e as ações que eles realizam durante a navegação. Tanto as ações nos documentos HTML, quanto às ações nos mundos VRML, são registradas no arquivo de *log*.

4.2. Representações matemáticas

Na sessão “representações matemáticas”, os objetos “reais” são representados como representações abstratas. Assim, o que antes era uma parede de uma casa tornar-se-á um piano; o que antes era um fio de alta-tensão de um sistema de iluminação pública tornar-se-á uma reta, etc. A finalidade de implementar o ambiente dessa forma está em permitir que o aluno construa o conhecimento do conteúdo de Matemática abordado manipulando os objetos no AV, isto é, que ele construa o conhecimento por interação com objetos e eventos no AV (conhecimento de terceira pessoa).

Os objetos modelados são posicionados no AV, objetivando a interação e manipulação que o aluno poderá ter com eles no ambiente. Somente faz sentido ter um objeto no AV se ele puder desenvolver⁶ no aluno um conhecimento; assim, não há razão em modelar um objeto se ele não estiver dentro de um contexto maior. Por exemplo, os objetos modelados com a finalidade de desenvolver a aprendizagem de um conteúdo de geometria deverão pertencer ao mundo de Geometria; assim, as leis que governam esse mundo deverão levar em conta as leis de Geometria, não as da Física. Como Papert (PAPERT, 85) afirma, o tópico estudado deve fazer sentido em termos de um contexto

⁶ O desenvolvimento do conhecimento se dá através das ações que o aluno (sujeito do processo) realiza em um objeto modelado no AV.

maior; é preciso relacionar o conhecimento que cada um tem com o conteúdo estudado. As “representações matemáticas” propostas no AV devem despertar um sentido de afeição e valor, bem como de competência cognitiva.

Nesta seção, inicialmente, o aluno tem acesso a informações do conteúdo estudado, através de um referencial teórico composto por textos em 2D que tratam sobre o tópico abordado. Ao deparar, por exemplo, com um objeto modelado em VRML, que represente os “sólidos perfeitos de Euclides” [ELE 97], o aluno poderá acessar, ao mesmo tempo, hipertextos que apresentam a teoria desses sólidos.

Em todo o momento da navegação, o aluno poderá deslocar-se entre os objetos modelados em VRML (conteúdo em 3D) e os textos explicativos sobre o conteúdo abordado (conteúdo em 2D), o que é realizado através de botões implementados nos mundos VRML e nos hipertextos. Após a leitura do referencial teórico, e a manipulação dos objetos, o aluno é instigado a “construir” o seu próprio objeto 3D.

Para que o aluno possa construir os objetos, ele tem acesso, nos arquivos HTML, a botões, caixas de texto, listas de seleção, caixas de verificação, etc. Para ativar o processo de construção do objeto, ele pode, por exemplo, digitar os valores, determinando o tamanho de uma reta, indicando os graus para girar um objeto no eixo x ou, ainda, selecionando uma categoria para determinar o tipo de navegação que quer ter no AV.

Nesta sessão, pretende-se iniciar o processo de construção do conhecimento. A Figura 4.2 mostra exemplos de objetos construídos pela interação do aluno com o ambiente.

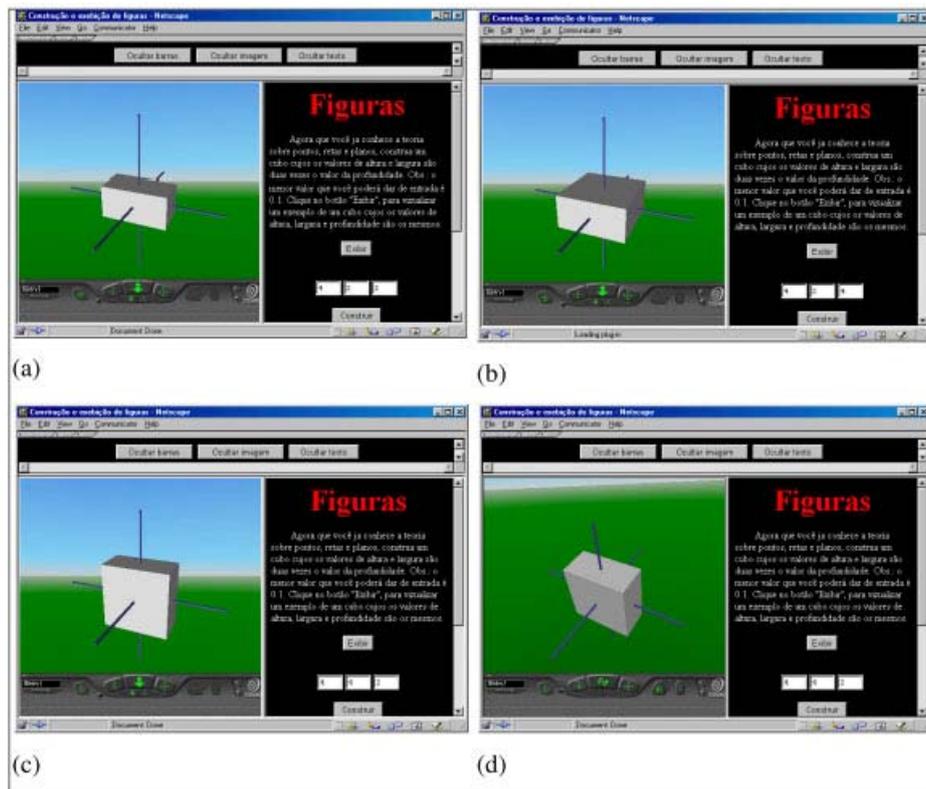


Figura 4.2 - Exemplos de objetos construídos.

Nas figuras (a) e (b), observa-se que o aluno construiu o cubo de uma forma errada e não utilizou os comandos do *browser* para poder visualizar a figura de um outro ângulo. Se ele tivesse feito isso, provavelmente teria descoberto o erro. Nas figuras (c) e (d), é exibido o cubo correto. Nesse instante, o aluno utilizou os comandos para rotacionar a figura e modificar o seu plano de visão, o que lhe possibilitou descobrir se tinha encontrado a resposta, isto é, se tinha construído o cubo requisitado.

4.3. Avaliação de desempenho do aluno

Na terceira sessão, é efetivada a verificação do grau de aprendizagem adquirido pelo estudante, porém, em todos os momentos da interação do aluno com o protótipo, foram registradas as suas “atitudes”. Por meio desses mecanismos, é possível realizar estatísticas para determinar o grau de aprendizagem.

Nesta sessão, o estudante é avaliado, devendo responder a questões sobre o conteúdo abordado. Para a implementação das questões, é utilizado um formulário eletrônico. Durante todo o processo de preenchimento do formulário, o aluno recebe informações sobre sua atuação e fica sabendo se acertou ou não a questão a que está respondendo.

O fato de permitir que, durante o tempo do preenchimento do formulário, o aluno possa saber qual foi o seu desempenho frente às questões possibilita sua maior interação com o conteúdo abordado. Se ele não conseguir responder a uma questão, poderá retornar à página que contém o conteúdo para analisá-lo novamente. Como o conteúdo é exemplificado com um objeto modelado em VRML, o deslocamento do aluno até ele é muito mais dinâmico.

A Figura 4.3 mostra a página proposta para esta sessão; na figura (a), vê-se o conteúdo abordado. O aluno tem acesso a textos em 2D e a objetos modelados em VRML que representam esse conteúdo, podendo manipular os objetos utilizando os controles do *browser* ou clicando sobre eles. Ao clicar sobre os objetos modelados, *scripts* implementados nos arquivos VRML ativarão eventos, os quais serão usados para melhor exemplificar o conteúdo.

A figura (a) faz parte da segunda sessão (representações matemáticas), sendo exibida neste momento para mostrar a relação que há entre o conteúdo abordado, representado em textos 2D e objetos 3D, e as questões implementadas para a avaliação do aluno.

Na figura (b) vê-se o exercício proposto. O primeiro *frame* do documento contém botões que controlam o deslocamento entre o referencial teórico do conteúdo abordado e os exercícios. No segundo, encontram-se os objetos modelados em VRML, que representam o tópico em estudo, os quais, como foi dito anteriormente, possuem *scripts* que possibilitam a interação do usuário. O terceiro *frame* é utilizado para exibir o formulário com os exercícios propostos.

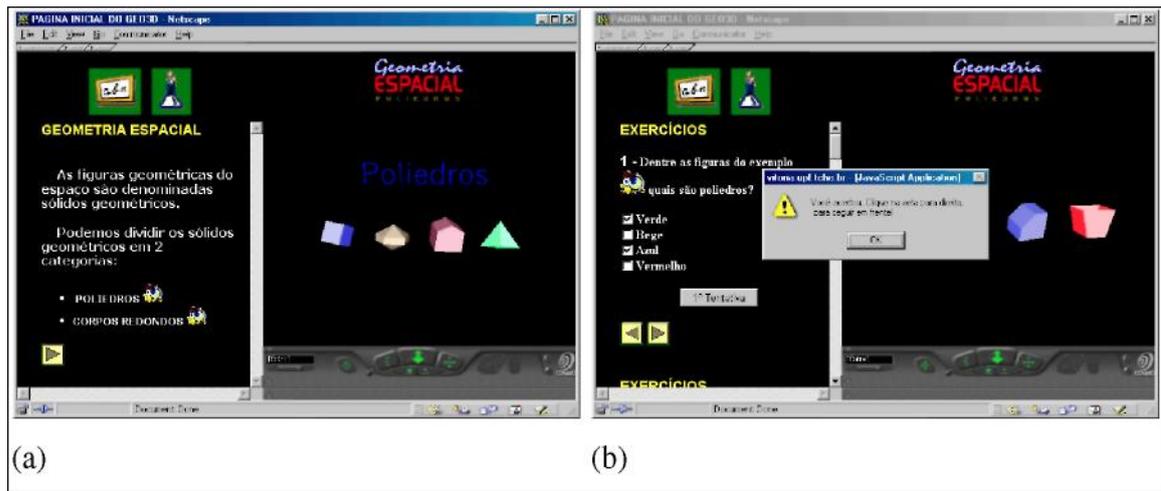


Figura 4.3 - Exercícios propostos e *feedback* proporcionado pelo AV.

Se os alunos não obtiveram bons conceitos, isso provavelmente significa que eles não aprenderam de uma maneira satisfatória, ou seja, o processo de ensino-aprendizagem não ocorreu. Dessa forma, eles deverão estudar novamente o conteúdo proposto, talvez, agora, utilizando novos objetos que representem o referencial teórico. O fato de as páginas terem sido implementadas com *frames* permite a modificação do conteúdo dos hipertextos de uma forma mais rápida.

Uma outra maneira de avaliar os alunos é utilizando um hipertexto que contém o referencial teórico e os objetos modelados em VRML que representem esse referencial. Após a leitura do referencial e a manipulação dos objetos, é solicitado aos alunos que digitem as palavras-chave que consideram importantes, cuja análise permitirá ao professor determinar um perfil da turma; para cada etapa de leitura, são requisitadas cinco palavras-chave. Se o aluno, ao tentar encontrar tais palavras, utiliza o método de tentativa de acerto e erro, provavelmente não irá obter um bom conceito, pois o número e a ordem das palavras digitadas são registrados no arquivo de *log*, cuja análise pelo professor definirá um conceito para o aluno. Não basta, porém, apenas, encontrar as palavras-chave; é preciso obtê-las no menor tempo possível para que ele atinja um bom conceito.

De nada adianta concluir que os alunos não obtiveram um ganho expressivo de aprendizagem utilizando a manipulação de objetos tridimensionais, se não se puder avaliar se a causa do fraco desempenho deveu-se à leitura do conteúdo. É preciso, pois, ter condições de, durante todo o tempo de interação do aluno com o sistema, registrar os dados dessa interação. Neste trabalho, a condição para isso foi a utilização do arquivo de *log*.

O arquivo de *log* é um arquivo-texto padrão ASCII. Para armazenar os dados no arquivo de *log*, foi desenvolvido um *script* que ativa um processo, implementado em linguagem C, o qual registra no arquivo de *log* o nome do aluno, o URL que está sendo acessado, a ação do aluno durante a navegação, a data e a hora de acesso e o tempo. Esse processo gera no arquivo de *log* uma linha para cada ação executada pelo aluno [BRU 99].

5. Resultados obtidos com a aplicação do protótipo

O protótipo desenvolvido foi utilizado em três sessões, com alunos da 7ª série de uma escola particular. A hipótese testada era de que a utilização do AV não-imersivo poderia melhorar a aprendizagem de Matemática também nos conteúdos normais da série. Assim, foram correlacionados não somente os dados obtidos a partir do arquivo de *log*, mas seus desempenhos nas avaliações já previstas trimestralmente.

Nas figuras e tabelas a seguir, apresentam-se os resultados das análises dos testes de validação do protótipo coletados através do arquivo de *log* junto aos alunos, tais como: ações dos alunos em relação aos objetos modelados, respostas efetuadas nos exercícios propostos, além das notas que os alunos obtiveram na disciplina de Matemática nos três trimestres do ano de 1999.

Mostram-se, na Figura 5.1, as ações dos alunos em relação aos objetos. Entendem-se como ações aquilo que os alunos poderiam realizar com os objetos no AV. Percebe-se que um número muito pequeno de alunos optou por construir o objeto, e que a maioria deles utilizou o comando “Exibir” para visualizar os objetos já construídos no mundo de VRML. Os dados mostraram que a ação de “construir” objetos não empolga os alunos, isto é, há evidências indicando que implementar comandos que permitem aos alunos construir os seus próprios objetos não é algo fundamental nos AVs.

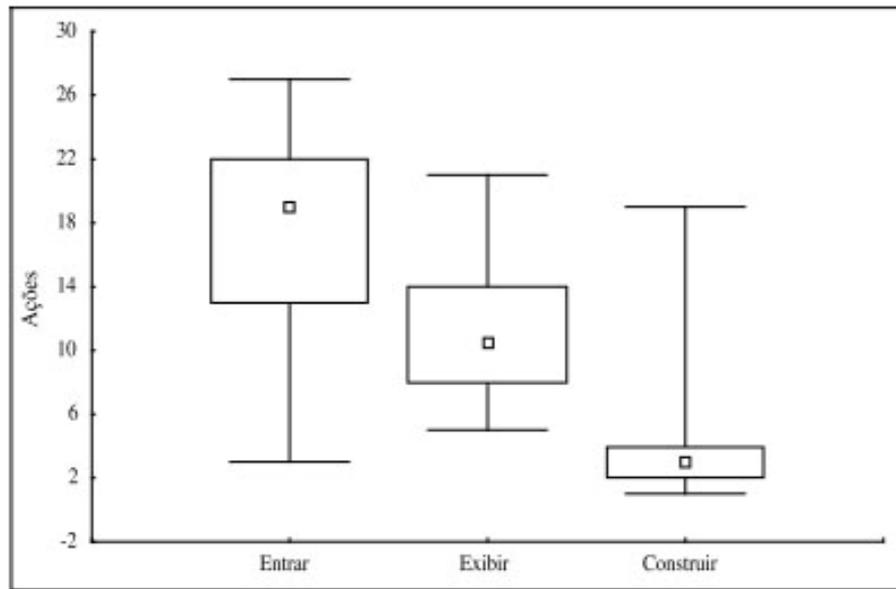


Figura 5.1 - Ações dos alunos no AV.

Mostram-se, na Figura 5.2, as distribuições das respostas efetuadas em relação aos exercícios. Somente o “Exerc. 1” obteve um grande número de respostas (valor máximo 25), o que se deve, provavelmente, a ter sido o primeiro exercício a que os alunos responderam no AV. Porém, isso não ocorre nos demais, nos quais o número central de respostas (percentuais 25% e 75%) encontra-se na faixa entre 1 a 6. Isso pode se dever ao fato de os alunos já estarem habituados a responder a exercícios utilizando formulário eletrônico implementado com objetos do tipo `checkbox`, os quais permitem que mais de uma opção possa ser marcada.

Percebeu-se que, durante o preenchimento do formulário, alguns dos alunos não tinham noção do que deveriam fazer para responder à questão. Assim, a técnica utilizada por eles para compreenderem o mecanismo foi a “tentativa e erro”, visto que o sistema proporcionava-lhes um *feedback* imediato em relação ao seu desempenho, ou seja, se não haviam “gostado” do seu desempenho, podiam responder novamente às questões. Isso fica evidente nos exercícios 2 a 10, nos quais o valor máximo de tentativas efetuadas é de 10.

Pelos resultados dos exercícios, pode-se concluir que os alunos obtiveram uma excelente aprendizagem em relação ao conteúdo abordado, pois a mediana encontra-se na faixa entre 1 a 3.

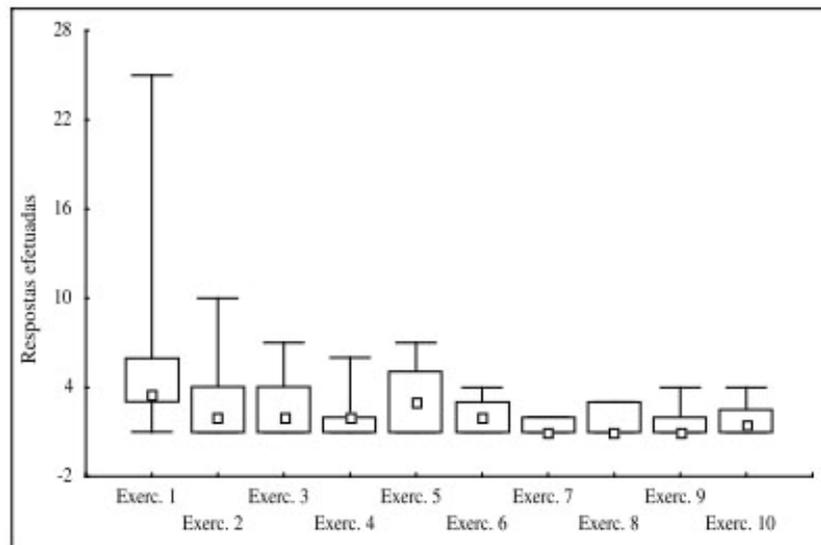


Figura 5.2 - Respostas efetuadas nos exercícios propostos.

Na Tabela 5.1, apresenta-se a correlação entre as ações realizadas pelos alunos em relação aos objetos modelados no AV. Há evidências que mostram que os alunos, ao entrarem na página do *site* que continha os comandos implementados, os quais lhes permitiam construir os seus próprios objetos, realmente os construíram, mesmo sendo a correlação muito fraca (valor = 0,49). Por outro lado, não ocorreu correlação entre as ações “Exibir” e “Construir”, o que indica que os alunos não utilizaram a técnica do “exemplo”, isto é, eles não optaram por olhar o exemplo de um objeto já construído através do comando “Exibir”; ao contrário, eles procuraram construir os seus objetos sem se basear em um já modelado.

Tabela 5.1 - Correlação entre as ações.

	Entrar	Exibir	Construir
Entrar		0,36	0,49
Exibir	0,36		0,24

Construir

0,49

0,24

Na Tabela 5.2, apresenta-se a correlação entre o desempenho com o uso do protótipo e as notas de Matemática. Um fato interessante sobre o resultado refere-se à correlação entre o desempenho e as notas do terceiro trimestre: como não há correlação entre as variáveis, pode-se afirmar que a utilização do protótipo não desenvolveu nos alunos mecanismos que lhes permitissem uma aprendizagem satisfatória dos outros conteúdos abordados na disciplina de Matemática nesse semestre.

Tabela 5.2 - Correlação entre o desempenho e as notas de Matemática.

Trimestres	Desempenho com o protótipo
I	-0,34
II	-0,48
III	-0,39

Mostra-se, na Figura 5.3, a distribuição do escore do número de acertos nas respostas dadas em relação ao tempo que o aluno levou para responder à questão. Um fato importante refere-se ao número de acertos ocorridos, pois, como eles são mais de 10, pode-se afirmar que o aluno respondeu mais de uma vez à mesma questão. Outro dado interessante refere-se ao “Aluno 7”, que respondeu a todas as questões uma única vez, de uma forma correta e no menor tempo. Os demais obtiveram resultados completamente heterogêneos, isto é, alguns acertaram poucas questões, e com um alto tempo de tentativa; outros, ao contrário, levaram um tempo razoável para responder à questão, mas sempre encontraram a resposta.

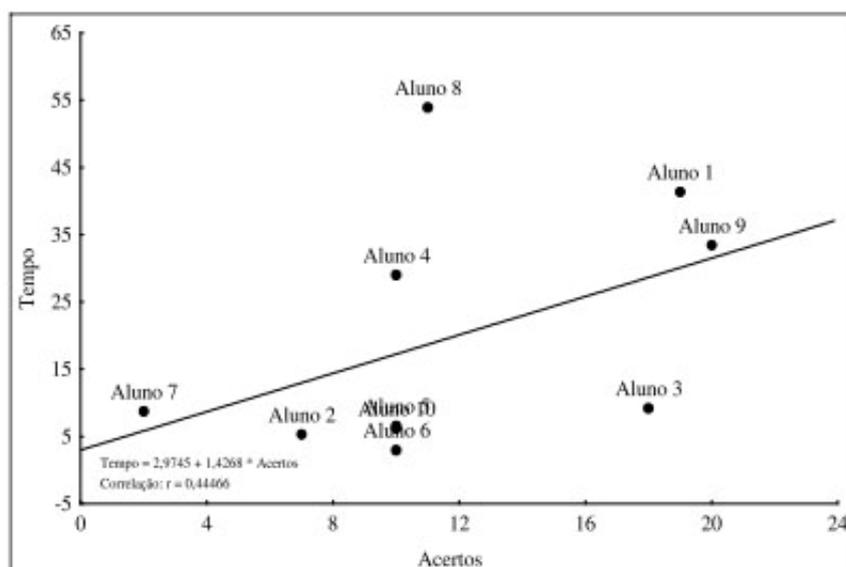


Figura 5.3 - Escore do tempo de solução em relação ao número de acertos.

Sobre os resultados da análise da correlação, percebe-se que, com as variáveis estudadas, não se obteve nenhum índice de correlação expressivo, isto é, um valor que mostrasse uma forte relação entre as variáveis. Isso se deve, provavelmente, ao fato de se ter trabalhado com poucas variáveis quantitativas. Seria, pois, necessária uma maior abrangência das variáveis coletadas através do arquivo de *log*, como, por exemplo, o “tempo de ociosidade” (tempo no qual o aluno não realizou nenhuma ação no ambiente) e o “tempo de resposta individual” (diferença entre o tempo que o aluno levou para ler o conteúdo abordado e para responder a uma questão).

6. Conclusões

O desenvolvimento do conhecimento encontra uma expressão importante nos AVs, os quais são um importante apoio ao processo de aprendizagem, desde que elaborados com qualidade, que consiste, sobretudo, em não insinuar uma expectativa “oca” de receitas prontas e reproduções sistemáticas. Se bem feitos, os AVs podem instigar o “aprender-a-aprender” e o saber pensar à medida que exigem raciocínio para que se possa manipulá-los.

Ao utilizar o protótipo, percebeu-se que os AVs não-imersivos fornecem experiências de primeira-pessoa não-simbólicas, as quais, especificamente, são projetadas para ajudar os estudantes a aprenderem sobre um conteúdo específico de matemática, o que não pode ser obtido em educação formal, pois, nesse caso, as experiências são de terceira pessoa, isto é, o conhecimento é ensinado por alguém.

Os resultados obtidos pelos alunos exclusivamente com o uso do protótipo mostram que a manipulação de objetos nos mundos virtuais parece ter impulsionado o seu aprender, pela tradução de fontes imperceptíveis de informação e pela reedificação de idéias abstratas. Isso significa que a RV promove a melhor e, provavelmente, a única estratégia que permite aos estudantes aprenderem por experiência de primeira-pessoa, isto é, aquelas em que o conhecimento gerado é direto e pessoal. Considera-se que muitos estudantes “falham” na escola por não dominarem os sistemas de símbolos que estudam,

embora sejam perfeitamente capazes de assimilar os conceitos. Por outro lado, os resultados obtidos pelos mesmos alunos nos conteúdos abordados na disciplina de Matemática de suas séries não permitem reforçar a hipótese de que a manipulação de objetos possibilita o melhor mecanismo de aprendizagem, pois, comparando as notas do terceiro trimestre com os resultados obtidos pelo uso do protótipo não se percebe nenhuma relação de atração. Isso deve-se, provavelmente, ao tamanho pequeno da amostra, à não-realização de repetições do experimentos e ao número reduzido de exercícios propostos.

Mesmo que o conhecimento inicial dos alunos sobre RV fosse mínimo, percebeu-se que a maioria não se empolgou com a novidade. Aparentemente, eles participaram da pesquisa porque houve um compromisso da escola. O AV não-imersivo, para que se torne um atrativo para os alunos, deverá integrar-se com outras linguagens, com o que se pode implementar ambientes mais interativos e interessantes. A utilização de *applets* Java com VRML poderia ser uma das alternativas.

Bibliografia

- [AME 97] AMES, Andrea L.; NADEAU, David R.; MORELAND, Jonh L. **VRML 2.0 Sourcebook**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2o ed. 1997.
- [ARA 98] ARAUJO, Regina B.; BATTAIOLA, André L.; GOYOS, Celso. **Exploração do uso de realidade virtual no aprendizado de habilidades acadêmicas para o ensino fundamental**. 1998. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/sbc-ie/revista/nr4/SBIE01-araujo.htm>>. Acesso em: 22 jun. 1999.
- [BRU 99] BRUSSO, Marcos José. O uso de mineração de dados na descoberta do comportamento do usuário da Web. In: Semana Acadêmica do PPGC, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 1999. 391p. p. 183-186.
- [BYR 92] BYRNE, Chris M.; BRICKEN, Meredith. **Summer students in virtual reality: a pilot study on educational applications of virtual reality technology**. 1992. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-92-1/>>. Acesso em: 12 jan. 1999.
- [CRO 97] CRONIN, Paul. **Report on the applications of virtual reality technology to education**. 1997. Disponível em: <<http://www.cogsci.ed.ac.uk/~paulus/vr.htm>>. Acesso em: 01 fev. 1999.

- [ELE 97] **Elementos De Euclides**. 1997. Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/~jaimecs/euclid/intro.html>>. Acesso em: 24 jul. 1999.
- [KIR 97] KIRNER, Claudio. **Mini-curso: Introdução à Realidade Virtual**. São Carlos: GRV da UFSCar, 1997. 40p.
- [KOC 97] KOCH, Stefan. **Voodoo's Introduction to JavaScript**. 1997. Disponível em: <<http://rummelplatz.uni-mannheim.de/~skoch/js/>>. Acesso em: 21 maio 1999.
- [McC 97] McCOMB, Gordon. **JavaScript Sourcebook**. São Paulo: Makron Books, 1997. 736p.
- [MOS 95] MOSHELL, J. Michael. **Goals for research concerning the use of virtual environments for science and mathematics education**. 1995. Disponível em: <http://www.dml.cs.ucf.edu/cybrary/dml_pubs/JMM94.63.html>. Acesso em: 01 fev. 1999.
- [PAP 85] PAPERT, Seymour. **Logo: computadores e educação**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985. 254p.
- [PAR 99] **Parâmetros Curriculares Nacionais – Matemática**. Disponível em: <<http://ribeiro.futuro.usp.br/bibvirt/acervo/paradidat/pcns/matematica.html>>. Acesso em: 21 jan. 1999.
- [PAS 2000] Pasqualotti, Adriano. **Ambientes VRML para o ensino-aprendizagem de matemática: modelo conceitual e estudo de caso**. Porto Alegre, 2000. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - PPGC da UFRGS, 2000.
- [SAN 96] SANDERS, Donald; GAY, Eben. **VRML-Based Public Education--an example and a vision**. 1996. Disponível em: <<http://www.vrmlsite.com/dec96/spot2.html>>. Acesso em: 24 fev. 2000.
- [WIN 92] WINN, William D.; BRICKEN, William. Designing virtual worlds for use in mathematics education: the example of experiential algebra. **Educational Technology**, New Jersey, v.32, n.12, p.12-19, Dec. 1992.
- [WIN 93] WINN, William D. **A conceptual basis for educational applications of virtual reality**. 1993. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>>. Acesso em: 01 fev. 1999.