

APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO USO INTEGRADO DAS TECNOLOGIAS DE REALIDADE VIRTUAL E HIPERMÍDIA EM SISTEMAS DE APRENDIZADO

Prof. Dr. André Luiz Battaiola ⁽¹⁾

Prof. Dr. Celso Goyos ⁽²⁾

Profa. Dra. Regina Borges de Araujo ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Computação

⁽²⁾ Departamento de Psicologia

Universidade Federal de São Carlos

Via Washington Luis, São Carlos, SP, Brasil

{regina, andre}@dc.ufscar.br ⁽¹⁾

dcgo@power.ufscar.br ⁽²⁾

***Abstract:** Several educators worldwide recognize computer games as valuable educational tools. With the increasing use of the Internet and the arrival of new 3D interaction techniques, exciting new applications are being developed to be used via the Internet. This paper describes an educational application which uses virtual environments to teach basic concepts in 3D representation. Multiuser interaction is exploited to consolidate these concepts. The challenges and limitations to the implementation of interactive multiuser virtual environments are also discussed.*

Keywords: Computer Graphics, Virtual Reality, Internet, Educational Games

1. Introdução

Diversos educadores reconhecem a importância do fator lúdico no aprendizado. Dessa forma, jogos por computador podem servir como ferramentas educacionais em potencial. Aliando-se a sofisticação técnica dos jogos por computadores com técnicas educacionais baseadas em estudos pedagógicos e psicológicos, é possível o desenvolvimento de programas educacionais poderosos. Em especial, pode se pensar no impacto social de programas educacionais disponíveis via Internet.

Este artigo aborda as características de jogos por computador e o seu estado atual, discutindo os desafios e perspectivas de aplicações de jogos educativos através de ambientes virtuais interativos multiusuários na Internet. Uma aplicação é descrita que ensina conceitos básicos de representação tridimensional. Esses conceitos podem ser consolidados através da participação dos usuários em "gincanas virtuais", em que usuários se agregam em diferentes grupos, a fim de realizar tarefas, e esses grupos competem entre si. Essa cooperação entre usuários de um mesmo grupo e disputa entre os vários grupos é implementada através de ambientes virtuais interativos multiusuários.

2. Princípios de Jogos por Computador

Jogos por computador - JC têm sido amplamente explorados em termos comerciais e é já conhecida a exploração de jogos no âmbito educacional. Com a disponibilização da Internet a um número cada vez maior de usuários, e de ambientes 3D na Internet, jogos educativos que exploram a Internet, bem como novas formas de interação com o computador, são alvos de intensa pesquisa.

Um Jogo de Computador pode ser definido como um programa composto de três partes básicas: **roteiro**, **motor** e **interface interativa**.

O roteiro define o tema, o(s) objetivo(s) do jogo, o qual através de uma série de passos o usuário deve se esforçar para atingir. A definição do roteiro não envolve só criatividade e pesquisa sobre o assunto, mas também a interação com pedagogos, psicólogos e especialistas no assunto a ser focado pelo jogo.

O motor do jogo é seu sistema de controle, o mecanismo que controla a reação do jogo em função de uma ação do usuário. A implementação do motor envolve diversos aspectos computacionais, tais como, a escolha apropriada da linguagem de programação em função de sua facilidade de uso e portatibilidade, o desenvolvimento de algoritmos específicos, o tipo de interface com o usuário, etc.

A interface interativa controla a comunicação entre o motor e o usuário, reportando graficamente um novo estado do jogo. O desenvolvimento da interface envolve aspectos artísticos, cognitivos e técnicos. O valor artístico de uma interface está na capacidade que ela tem de valorizar a apresentação do jogo, atraindo usuários e aumentando a sua satisfação ao jogar. O aspecto cognitivo está relacionado a correta interpretação da informação gráfica pelo usuário. O aspecto técnico envolve performance, portatibilidade e a complexidade dos elementos gráficos. Em termos de jogos educacionais, a interface deve obedecer a critérios pedagógicos.

Dependendo do tipo do jogo, a interface define o tipo de atuação do usuário no universo do jogo de forma diferente. Uma possibilidade é o usuário atuar como uma terceira pessoa (o usuário se vê na cena), com uma visão descrita na literatura de *God's Eye* (olhar de Deus) ou onipotência, usada geralmente em narrações por ser normalmente uma visão superior de todo o sistema.

Para possibilitar alta interatividade, jogos por computador fazem uso extensivo de mapas de bits e texturas (mapa de bits associado a um polígono). Em especial, utilizam *sprites* que são figuras ou elementos na tela que têm a capacidade de mover-se independentemente uns dos outros. *Sprites* podem ser textos, gráficos ou mapas de bits. Uma forma simples de exemplificar o uso de *sprites* é compará-los a slides em um carrossel, onde cada slide representa um movimento de um objeto. O uso destes slides sobrepostos ao mapa de bits da tela de fundo permite implementar uma animação rápida do objeto. Aos *sprites* se associa altura, largura, posição, estado de visibilidade, prioridade sobre outros *sprites*, transformações de escala, translação e rotação, controle de colisão com outros *sprites*, manipulação de tabela de cores, etc. Os *sprites* podem ser 2D (movimentação em x e y) ou 3D (movimentação em x, y e z).

Em termos de interface, os jogos podem ser 2D, $2^{1/2}$ D e 3D. Jogos 2D se caracterizam essencialmente por utilizar mapas de bits, através do uso preferencial de *sprites* e de técnicas relacionadas, como *double-buffering* e *scroll*. Jogos $2^{1/2}$ D fazem uso extensivo de técnicas computacionalmente simples para simular uma cena 3D sem renderizações custosas. Em especial, utilizam texturas aplicadas a objetos 2D e 3D simples, como retângulos e paralelogramos. Jogos 3D tem vários objetos constituídos de polígonos ou malhas de triângulo passíveis de renderização.

A integração de multimídia, isto é imagens e, em particular, som, ao ambiente de jogo

é importante para aumentar o realismo e o nível de engajamento do usuário ao ambiente do jogo. O motor do jogo deve se incumbir de sincronizar gráficos, som e vídeo.

3 Classes de Jogos por Computador

A classe de um jogo define algumas de suas características de interface e de motor, com implicações claras nas técnicas de implementação. A descrição das principais classes é dada a seguir.

Estratégia: são jogos idealizados com o objetivo do usuário tomar decisões de grandes conseqüências, onde o usuário tem a função de conquistar um objetivo através de análise crítica da situação, e que possibilita um desafio mais no nível intelectual do que no nível de reflexo. Em termos de interface, estes jogos se caracterizam por serem usualmente programas 2D ou 2^{1/2}D. Sua lógica de operação é normalmente complexa por possuírem estruturas e bases de dados extensa. Por outro lado, não há a necessidade de interação em tempo real. O seu esquema de implementação é próximo ao de aplicativos mais convencionais.

Simuladores: são jogos de âmbito normalmente tático, com uma visão em primeira pessoa. São jogos que, salvo os de ficção científica, procuram levar em consideração a física do ambiente, sendo seu principal objetivo a imersão do usuário no ambiente proposto. A visibilidade do usuário se restringe ao que é fisicamente (ou tecnologicamente) possível de ser visto. Nesta categoria estão os simuladores de veículos (terrestres, aéreos, marítimos) e qualquer outro simulador de máquinas que tente modelar o real e ponha a pessoa numa perspectiva de primeira pessoa. A interface é normalmente 3D, utilizando polígonos com texturas de alta qualidade para maior realismo. Em termos de lógica de operação, a complexidade destes jogos é alta, porém é limitada pela necessidade de interação em tempo-real. As estruturas são normalmente grandes, devido principalmente aos dados físicos do ambiente, e são necessárias formas de programação não convencionais para permitir a continuidade do jogo sem a intervenção do usuário.

Aventura: é uma classe de jogos que combina ações baseadas em raciocínio e reflexo, sendo o objetivo do jogo ultrapassar estágios que envolvam a solução de enigmas e quebra-cabeças para se chegar ao seu final. Computacionalmente estes jogos são em sua maioria 2^{1/2}D, utilizando técnicas de movimentação de textura. O usuário atua em terceira pessoa, sendo que este normalmente está como auxiliar de um personagem principal. Nesta classe de jogos, o tempo pode ou não ser importante, no entanto, o objetivo central é a resolução de problemas. A base de dados é, em geral, grande porque o usuário desfruta de muitos graus de liberdade. Por outro lado, o uso de texturas com padrões constantes diminui o grau de complexidade do motor.

Infantil: são jogos onde o público alvo são crianças e enfocam quebra-cabeças educativos ou histórias simples com o objetivo de divertir a criança. Estes jogos se caracterizam por imagens bonitas e bem coloridas, com um *design* próximo a de desenhos animados. A prioridade maior é no visual e na facilidade de interação. A criança normalmente atua como uma terceira pessoa, auxiliando um personagem principal. O roteiro do jogo é usual e simples, sendo utilizado normalmente o método de histórias em série, no qual a criança progride quando resolve uma fase.

Passatempo: são programas simples, com quebra cabeças rápido e sem nenhuma história relacionada, cujo objetivo essencial é atingir uma pontuação alta. Os jogos de passatempo podem imitar jogos de tabuleiro (damas, xadrez, go, etc) de cartas (*poker*, paciência, sete-e-meio, etc) ou qualquer outra forma de jogo onde o objetivo é simplesmente o entretenimento puro. Estes jogos tem usualmente interfaces 2D simples. Por outro lado, o motor pode ter uma lógica complexa.

RPG: *Role Playing Game* são implementados em computador, com o mesmo objetivo de um RPG convencional. Sua perspectiva é normalmente feita em primeira pessoa, apesar de atualmente estar se mudando esta característica, dado que os programas mais recentes são, em sua maioria, em terceira pessoa. Sua implementação é complexa devido a gigantesca base de dados que deve ter este tipo de jogo, já que os fatos inventados devem possibilitar ao jogador vários caminhos. Os objetos são normalmente texturas ou outras formas de animação.

Esporte: são programas que simulam esportes difundidos e reais. Nesta categoria estão os jogos de futebol, futebol americano, vôlei, basquete, boxe, baseball, etc. Como o usuário comanda times inteiros, os jogos tem interfaces 3D que, em geral, fazem uso extensivo de *sprites* 3D. Em termos de programação, os motores destes jogos tem os mesmos problemas dos simuladores, porque a ação é normalmente em tempo real.

Educação/Treinamento: Jogos educacionais podem envolver as características de qualquer um dos jogos anteriores. O que diferencia os jogos em educação/treinamento dos jogos somente para diversão é que eles levam em conta critérios didáticos e pedagógicos associados aos conceitos que visam difundir.

4 Classes de Jogos Educacionais

Barros Costa [1] classifica o software educacional segundo uma escala evolutiva. As categorias resultantes desta classificação são:

1) Sistemas de Instrução Assistida por Computador (CAI – *Computer Aided Instruction*)

Apoiam-se numa abordagem comportamental, operando com base no conceito de programa linear, onde o processo de aprendizagem é reduzido a um modelo causal do tipo estímulo-resposta.

2) Micromundos

Tem proposta pedagógica contrária a dos CAIs, adotando a filosofia de aprendizagem pela ação, onde os aprendizes têm liberdade para definir os caminhos de construção do conhecimento.

3) Simuladores e Jogos Educacionais

Os simuladores permitem ao usuário testar, de forma virtual, as reações de um determinado ambiente as suas ações. Os jogos incorporam aspectos lúdicos ao processo de aprendizagem. Em termos pedagógicos podem, dependendo do tipo de software, ter a filosofia operacional mais próxima dos CAIs ou dos Micromundos.

4) Sistemas Tutores Inteligentes (ITS – *Intelligent Tutoring System*)

Estes sistemas nascem da incorporação de recursos de inteligência artificial e de conceitos cognitivos na área de psicologia e educação aos CAIs. A arquitetura modular destes sistemas reflete as questões: o que ensinar (modelo de domínio ou do especialista), a quem ensinar (modelo do estudante) e como ensinar (modelo pedagógico ou do tutor).

5) Sistemas com Ambientes Inteligentes e Interativos de Aprendizagem

Aos sistemas tutores inteligentes se incorporam recursos de trabalho cooperativo (ILE – *Interactive/Intelligent Learning Environment*). A alguns destes sistemas se incorpora recursos de Inteligência Artificial Distribuída, com base no conceito de Multi-Agentes, aumentando mais a capacidade destes sistemas em termos de interação/cooperação. Outro tipo de evolução destes sistemas é relacionado à incorporação de técnicas de realidade virtual.

Além da questão do modelo do software educacional, outros fatores têm que ser considerados pelos implementadores deste tipo de software [2]. Estes fatores passam pela

escolha de tecnologias computacionais independentes de plataforma, que favoreçam a integração de diferentes ferramentas educativas e que suportem de forma conveniente a característica colaborativa e dinâmica do processo de aprendizagem. Outros fatores são relacionados à definição de modelos adequados para uso da tecnologia computacional, bem como de métodos de avaliação dos resultados.

5 A Realidade Virtual como Interface de Jogos de Computador

A realidade virtual (RV) é uma forma mais natural e poderosa de interação entre o usuário e seu computador. A RV é uma evolução de várias tecnologias que avançaram, desde a construção do primeiro simulador de vôo, em 1929. O desenvolvimento dos simuladores de vôo, com o investimento em capacetes estereoscópicos e ferramentas para a construção de simulações 3D realistas, deram origem à realidade virtual imersiva, em que um usuário se sente “presente” dentro de um ambiente gerado sinteticamente pelo computador. Este sentimento de presença se deve à isolação, total ou parcial, do usuário, do mundo real, através de um capacete. O usuário vê apenas as imagens que são sintetizadas nos dois monitores estereoscópicos acoplados ao capacete. Quando o usuário vira a cabeça para trás, por exemplo, os objetos que fazem parte deste novo cenário são sintetizados. Para que esse sentimento de presença seja mantido, a sintetização do ambiente tem que ser feita em tempo-real [3].

Como a tecnologia de sintetização e de dispositivos de saída estão ainda em evolução, é questionado se a realidade virtual imersiva garante a imersão do usuário em um grau maior do que um jogo por computador tradicional, com nível de interação e tempo de resposta muito rápidos, isto é, existe muita controvérsia sobre o verdadeiro sentido de “imersão”. Assim, um ambiente de RV utilizando capacete, em que o tempo de resposta na sintetização das imagens e no atraso das interações é grande, pode ser considerado menos imersivo do que um jogo por computador tradicional com baixo tempo de resposta e maior grau de realismo?

Com a evolução tecnológica dos dispositivos de E/S, como aqueles que projetam imagens diretamente na retina (em substituição aos capacetes), rastreadores de movimento mais precisos e rápidos, e nova geração de *chips* gráficos e placas adicionais de baixo custo, jogos mais atraentes e divertidos, com interface de realidade virtual, vão aquecer o mercado de entretenimento e de educação.

6. Implementação de Jogos Multiusuários em Rede

Grande parte dos JC são orientados apenas a um usuário. Aqueles jogos que suportam múltiplos jogadores, normalmente o fazem em pequeno número, por questões de limitações tecnológicas nas áreas de software e hardware (modelagem e sintetização de ambientes realistas em tempo-real) e de redes de comunicação (o estado dos objetos no ambiente do jogo muda no decorrer do jogo, e esta mudança tem que ser refletida no ambiente sendo compartilhado por todos os jogadores, em tempo-real - o que nem sempre é satisfatório quando os jogadores estão separados geograficamente e interligados através de redes de comunicação de longa distância).

No início dos anos 80, com a disponibilização das redes de comunicação em escala crescente, uma variação dos jogos centrados em gráficos 2-D que fizeram, e ainda fazem, enorme sucesso são os MUDs (*Multi-User Dungeons*). MUDs são ambientes imaginários cujos contextos variam desde a resolução de quebra-cabeças até roteiros complexos de aventura e violência. O que diferencia os MUDs de Jogos por computador tradicionais, é que o medium é basicamente texto.

6.1 Limitações dos atuais jogos multiusuários na Internet

Desde o surgimento do primeiro navegador WWW, no início dos anos 90 (Mosaic), um esforço enorme vem sendo dispendido no sentido de oferecer tecnologias de multimídia e 3D na Internet. Um impulso nas duas direções foi dado com o advento das linguagens Java e VRML 2.0. A linguagem Java é importante porque suporta animação, interatividade e portabilidade. A linguagem VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) surgiu de uma necessidade de criar-se um padrão para a manipulação de ambientes virtuais tridimensionais na WWW. A versão 2.0 do VRML, conhecida também como “*Moving Worlds*”, possibilita a interação com o ambiente virtual. Tanto a movimentação de objetos inanimados, quanto o controle de múltiplos usuários dentro do ambiente virtual, podem ser suportados através de uma integração entre as linguagens VRML e JAVA.

Essa integração entre as duas linguagens promove a possibilidade de implementação de jogos 3D multiusuários na Internet que apontam como algumas das mais promissoras (e lucrativas) aplicações de rede. Entretanto, para aqueles que já tentaram participar de jogos multiusuários, que utilizam VRML e Java, atualmente disponíveis na Internet, sabem que o acesso não é imediato. Normalmente, o usuário, para poder jogar, tem que preencher formulários, carregar e instalar *plug-ins*, *browsers* e/ou softwares cliente que têm que ser carregados na máquina do usuário. Depois disso, muitas vezes a interação é pobre, com tempo de resposta muito alto, a interface não é realista, ao contrário, é bastante simplificada, ou simplesmente, o jogo não funciona. Alguns provedores de jogos oferecem suporte apenas para um número limitado de usuários, chegando a fechar o registro para novos usuários, até que possam suportar um número maior.

Essas deficiências ocorrem principalmente por causa de uma limitação tecnológica da própria rede Internet, em suportar uma forma de comunicação, denominada de comunicação multidestinatória, que minimiza o tráfego na rede consideravelmente. Steve Deering [4] estendeu os mecanismos da rede Internet, que permitiu suporte à comunicação multidestinatória na Internet em âmbito global, contribuindo para a geração da rede denominada de MBONE (*Multicasting Backbone on the Internet*). O MBONE é uma rede virtual que utiliza a mesma estrutura física da Internet para permitir o compartilhamento de informação multimídia entre múltiplos usuários. Várias aplicações multimídia que envolvem usuários dispersos geograficamente, se utilizam hoje do MBONE para vídeo e áudio-conferência, espaço de trabalho compartilhado, etc., através de ferramentas disponíveis gratuitamente [5].

O MBONE, entretanto, é uma rede que surgiu de um experimento acadêmico (tese de doutorado) - uma infraestrutura mais cuidadosamente projetada se faz necessária para suportar as aplicações de rede que vêm surgindo. Um grande passo nessa direção está sendo dado atualmente nos EUA (e também no Brasil), com a criação da Internet II, cujo objetivo é o estabelecimento de um *backbone* de alta velocidade interligando as principais universidades americanas, para o desenvolvimento de uma nova geração de aplicações. Desta forma, as limitações para o desenvolvimento de jogos em rede vão certamente ser minimizadas à medida em que redes de comunicação de alta velocidade sejam disponibilizadas, e ferramentas para modelagem de mundos virtuais, de objetos e de comportamentos, e a sua simulação em tempo-real, vão sendo refinadas e tornadas mais poderosas e rápidas - é uma questão de tempo.

6.2 Jogos em rede: uma Aplicação Desafiadora de Ambientes Virtuais Distribuídos Compartilhados

Os primeiros jogos por computador eram constituídos de *sprites*, animados sobre um fundo bidimensional que era movido para várias direções para dar a ilusão de movimento aos *sprites*. O ponto de vista era fixo e não havia visão em perspectiva. Na realidade virtual, o

conceito de *sprite* é substituído pelos conceitos de **avatar** e objetos dirigidos por simulação (ODS). Um avatar representa o usuário num ambiente virtual (simulação) e pode incorporar qualquer forma, dependendo apenas da aplicação: desde figuras geométricas como círculos, quadrados, etc., até automóveis, avião, partes de um corpo humano como mãos, pés, cabeça etc. Os avatares refletem, no ambiente virtual, as ações dos usuários capturadas através de sensores ligados ou direcionados ao usuário que, diferentemente dos primeiros jogos por computador, têm ponto de vista dinâmico, calculado em função da orientação e movimentação do avatar. Os ODSs são objetos animados cuja complexidade pode variar de simples objetos dirigidos por um conjunto de ações pré-definidas (*scripts*) até objetos altamente complexos com ações obtidas através de técnicas de inteligência artificial. Os ambientes virtuais possuem também, assim como os jogos por computador tradicionais, objetos estáticos, que são fixos no ambiente virtual, e caracterizam o contexto da aplicação como árvores, edifícios, avenidas, rios, montanhas etc.

Para que um ambiente virtual possa ser compartilhado entre múltiplos usuários, uma cópia deste ambiente tem que existir na máquina de cada um dos usuários remotos participantes, juntamente com as réplicas de todos os avatares e outros objetos animados. É esperado que as réplicas dos avatares possam posicionar-se, comportar-se e parecer-se exatamente como os seus avatares originais, de tal forma que uma visão consistente do ambiente possa ser mantida entre todos os usuários participantes.

Nos ambientes virtuais compartilhados por um grande número de participantes (ambientes com alta escalabilidade), esses podem estar geograficamente dispersos, interligados por redes de longa distância, em ambientes multidimensionais que precisam ser mantidos consistentes, podendo apresentar ainda, extensas áreas geográficas. A manutenção da consistência de ambientes desse tipo só é possível, através de técnicas que reduzem o tráfego na rede. Macedonia e Zyda [6] discutem as várias formas de diminuir o tráfego de informação trocada durante a simulação entre os participantes de um mesmo ambiente virtual de alta escalabilidade.

7. Projeto de Ambientes Virtuais Interativos Multiusuário na WEB para o Ensino de Conceitos Básicos da Representação Tridimensional

Com as interfaces 3D na WEB viabilizadas pelo uso conjugado das linguagens JAVA e VRML, bem como a disponibilidade cada vez maior de recursos 3D em diferentes aplicativos computacionais, é interessante que o usuário tome contato com os conceitos básicos da representação tridimensional, tais como sistemas de coordenadas, transformações do tipo rotação, translação, escalamento, projeções etc. Muitos desses conceitos podem ser explicados visualmente, através de situações do dia-a-dia. Um exemplo é o surgimento de pontos-de-fuga em uma projeção perspectiva. Usualmente quando um ser humano entra em um túnel comprido, apesar das arestas laterais do túnel serem paralelas, ele observa uma distorção no paralelismo, de tal forma que se as arestas fossem prolongadas todas elas se encontrariam no mesmo ponto. Isto devido ao fato do ser humano enxergar segundo o esquema da projeção perspectiva que distorce o paralelismo e gera os chamados “pontos-de-fuga”.

Como os autores estão envolvidos também em outros projetos que avaliam a exploração da RV como apoio em atividades de ensino para crianças [7], optou-se por desenvolver ambientes virtuais interativos multiusuários que ensinam, através de atividades lúdicas, os conceitos básicos da representação tridimensional para um público infantil a partir de 10 anos de idade.

Nesses ambientes, os conceitos serão difundidos através de atividades interativas que são orientadas por um personagem. Depois de difundido um certo número de conceitos

fundamentais, os usuários podem ser levados à fase de consolidação do conhecimento, através de "gincanas virtuais" que estimulam a cooperação entre usuários de um mesmo grupo e a competição entre diferentes grupos. Os usuários dos grupos se vêem e interagem entre si através de avatares. Nesta fase, os grupos são levados a ambientes virtuais onde têm que realizar tarefas como construir objetos 3D; encontrar, transladar, rotacionar, escalar e posicionar objetos 3D em ambientes do tipo "encaixes"; etc. Esses ambientes virtuais são apresentados aos usuários integrados à interfaces hipermídia, para dar maior dinamismo às atividades.

Como um dos objetivos deste projeto é também avaliar o nível de desempenho do sistema quanto às questões de processamento e de rede, o sistema está sendo implementado, inicialmente, em duas Intranets: uma rede local FastEthernet de 100 Mbps que interliga micro computadores Pentium II, e uma rede local ATM que interliga várias estações Silicon Graphics.

8. Conclusões

Com a modernização das redes de computadores, através da implantação de super infovias de comunicação, inclusive no Brasil, e o crescente potencial de processamento dos computadores, novas aplicações, que exigem alto processamento de máquina e novas tecnologias de rede, estão sendo vislumbradas como possíveis de serem implementadas - entre elas os jogos educativos multiusuários. Este artigo discutiu os desafios da implementação de jogos tridimensionais interativos multiusuários na Internet e descreveu uma aplicação sendo desenvolvida na UFSCar, que explora o uso da realidade virtual no ensino de conceitos básicos da representação tridimensional.

9. Referências Bibliográficas

- [1] Barros, E.C. e Araújo, F.F. - *Uma visão histórico-taxonômica dos ambientes de aprendizagem assistidos por computador*, Anais da VII Semana de Informática da UFBA, Salvador, 4 a 8 de maio de 1998
- [2] *Instructional Management Systems (IMS) Project* in <http://www.imsproject.org/specs.html>.
- [3] Araujo, R.B. - *Especificação e Análise de um Sistema Distribuído de Realidade Virtual*. - Tese de Doutorado, EPUSP, 1996.
- [4] Deering, S. - *Multicast Routing in a Datagram Internetwork*. - *PhD Dissertation, Stanford University*, Dec., 1991.
- [5] Kumar, V. - *MBONE Interactive Multimedia on the Internet* - New Riders Pub., Indiana, USA, 1996.
- [6] Macedonia, M. and Zyda, M. - *A Taxonomy for Networked Virtual Environments* - IEEE Multimedia, vol.4, no.1, 1997, pp.48-56.
- [7] Araujo, R. B., Battaiola, A., Goyos, C. - *Exploração do Uso de Realidade Virtual no Aprendizado de Habilidades Acadêmicas para o Ensino Fundamental*, a ser apresentado no SBIE'98, Fortaleza, Novembro de 1998.