Estudo de Interação para um Sistema de Ensino à Distância Baseado em Interfaces de Realidade Virtual

Wagner José Dizeró[1]
Verison José Vicentin[2]
Claudio Kirner

{wagner, verison, claudio}@dc.ufscar.br
Grupo de Realidade Virtual[3]
Departamento de Computação
Universidade Federal de São Carlos
CP 676, 13.565-905, São Carlos, SP, Brasil

Resumo

Este artigo discute a potencialidade do uso de interfaces gráficas tridimensionais (ambientes virtuais) em sistemas interativos e, particularmente, em aplicações voltadas ao ensino à distância. Como exemplo de tais sistemas, é apresentado o Projeto Professor Virtual, trabalho este, que está sendo desenvolvido pelo Grupo de Realidade Virtual da Universidade Federal de São Carlos. Para finalizar, são exibidas algumas formas de interação até agora definidas para o projeto citado.

Palavras Chave: Interação Homem-Máquina, Interfaces de Realidade Virtual, Ensino à Distância.

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico, ao longo dos anos, surgem novas perspectivas com relação à interface entre homem e computador. Atualmente, o uso de imagens gráficas vem se destacando, principalmente, por fornecer ao usuário uma maneira mais natural de interação com a máquina.

Desde a era inicial da computação, até os dias atuais, as interfaces podem ser classificadas em 4 gerações de estilos [8]. A primeira geração (anos 50 a 60) foi caracterizada pelo uso de cartões perfurados, sendo que a interface com o usuário praticamente não existia. Em seguida (anos 60 - 80), surge a segunda geração de interfaces, cuja interação entre usuário e máquina dava-se através de um monitor monocromático e um teclado alfanumérico. Nesse monitor, eram mostradas as linhas de comandos, que o usuário digitava no *prompt* do sistema operacional DOS ou UNIX.

A partir dos anos 80 até os dias de hoje, predomina a terceira geração de interface. Tal interface, chamada WIMP (*Windows, Icons, Menu, Pointer devices*), oferece ao usuário múltiplos canais de entrada de dados para acesso e controle de múltiplas janelas, combinando texto com imagens gráficas, som, vídeo e comunicação remota.

Observando a evolução dessas três gerações de interfaces, nota-se que a tecnologia vem sendo empregada no sentido de tornar mais fácil e natural a interação entre usuário e computador. Como continuação dessa tendência, já é possível perceber o surgimento de uma quarta geração de interface, batizada por alguns autores [10] como interfaces pós-WIMP. Entre as principais características dessas interfaces, destacam-se: a capacidade de reconhecimento de fala; e, principalmente, o emprego de técnicas de Realidade Virtual. Tais técnicas permitem ao usuário interagir com as informações fornecidas pelo computador através de um ambiente gráfico tridimensional (ambiente virtual).

Tendo em vista esta nova tendência de interface, assim como suas vantagens, o Grupo de Realidade Virtual da Universidade Federal de São Carlos iniciou o desenvolvimento de um projeto, cujo objetivo é explorar o uso da Realidade Virtual em sistemas interativos voltados ao ensino à distância. Tal projeto, chamado Professor Virtual [6], possui como meta desenvolver um sistema de ensino à distância, através do qual professor e alunos possam interagir remotamente por intermédio de um ambiente virtual.

A partir dos estudos já realizados no projeto citado acima, procura-se expor, neste artigo, as vantagens da utilização de técnicas de Realidade Virtual em interfaces com o usuário, e, em particular, em interfaces para sistemas de ensino à distância. Logo após, na seção 4, são apresentadas definições de algumas formas básicas de interação, que permitem o relacionamento entre professor e alunos, a quais estão sendo definidas no projeto Professor Virtual.

---

[1] Bolsista CAPES
[2] Bolsista ITI/PIBIC
[3] Grupo de Pesquisa apoiado por CNPq-PROTEM-CC-Fase III, CNPq - RHAE, e FAPESP

2. INTERFACES DE REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual (RV) oferece diferentes perspectivas à interação homem-máquina, utilizando uma combinação de tecnologias, cujas interfaces com os usuários humanos podem dominar seus sentidos, de forma que eles interajam com um ambiente imersivo e dinâmico gerado por computador [9]. A Realidade Virtual pode tornar o artificial tão realista quanto o real, ou mais ainda. A simulação de vôo, por exemplo, uma das aplicações mais sofisticada e mais duradoura até agora em matéria de Realidade Virtual, é uma experiência mais realista do que pilotar um avião de verdade. No simulador, um piloto pode ser submetido a todo tipo de situações raras, o que seria impossível no mundo real.

Pode-se definir, de maneira simplifica, a Realidade Virtual como sendo a forma mais avançada de interface atualmente disponível [4]. Com aplicações na maioria das áreas do conhecimento, senão em todas, e com grande investimento nas indústrias de produção de hardware, software e dispositivos de E/S especiais, a realidade virtual vem experimentando um desenvolvimento acelerado nos últimos anos e indicando perspectivas bastante promissoras para os diversos segmentos vinculados com a área.

Quando ouve-se falar em ambientes virtuais ou sistema baseados em Realidade Virtual, há uma tendência em pensar-se no uso de capacetes, luvas, etc. Esse ponto de vista é somente um exemplo da grande variedade de sistemas de realidade virtual e focaliza-se no método de interação entre o usuário e o sistema [5]. Porém, a realidade virtual deve ser considerada em um contexto mais amplo, envolvendo também sistemas que não necessitem de equipamentos especiais e ainda preservem idéias básicas da Realidade Virtual, como imersão, interação e envolvimento.

A interface com realidade virtual envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos. A grande vantagem deste tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário à respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual [7].

2.1. Realidade Virtual e Educação à Distância: Aspectos Relacionados à Interação

A RV oferece aos educadores uma nova maneira de ensinar com eficiência e, aos alunos, uma forte motivação. A razão mais obvia, como afirma Byrne [2], é que a RV é uma maneira nova e diferente, que habilita as pessoas a fazerem coisas que elas não poderiam fazer no mundo físico [5].

Há alguns anos, a Realidade Virtual vem sendo estudada em diversos países, com propósitos educacionais e, apesar do bom grau de sucesso alcançado, as limitações tecnológicas sempre apresentaram-se como uma barreira. No entanto, com o crescente avanço computacional, surgem novas perspectivas na aplicação da RV no ensino, e principalmente através da Internet, onde está cada vez mais marcante a presença de ambientes virtuais multiusuários.

Um ambiente virtual multiusuário, como o próprio nome sugere, consiste em um ambiente virtual compartilhado por vários usuários, na maioria das vezes distantes geograficamente. Nesse ambiente, cada participante é representado por um *avatar*, ou seja, um objeto (normalmente na forma humana), onde as ações do usuário são refletidas. Utilizando-se então dessa teoria, podem ser criados sistemas de ensino à distância através da modelagem de um ambiente virtual representando uma sala de aula (ou uma escola), onde seus participantes (professores e alunos) relacionam-se por intermédio de seus respectivos avatares.

Entre os principais motivos do uso de interfaces de realidade virtual em sistemas de ensino à distância, destaca-se o alto grau de interação que tais interfaces proporcionam. Tal interação pode ser analisada em dois aspectos: *interação entre os participantes do sistema*, e *interação entre o usuário e o sistema.*

2.1.1. Interação Remota entre os Participantes do Sistema

Um dos desafios encontrados na elaboração de sistemas para ensino à distância relaciona-se ao desenvolvimento de interfaces que possibilitem o relacionamento entre seus usuários. Atualmente, os meios utilizados para tal relacionamento variam desde comunicação assincrona, tais como correio eletrônico e listas de discussões, até sistemas mais sofisticados, que utilizam comunicação sincronizada, envolvendo audio e vídeo conferência, *chats* textuais (MUD / MOO, IRC), além de recursos de multimídia, principalmente através da *www*. Apesar de que alguns resultados vêm sendo obtidos, o principal obstáculo ainda é fornecer interatividade a esses sistemas.

O uso de ambientes virtuais multiusuários em sistemas de ensino à distância, permite aos participantes interagirem com o mais alto grau de naturalidade, pois através do ambiente é possível a comunicação visual, textual e até mesmo verbal.

2.1.2. Interação entre o Usuário e o Sistema

Como citado anteriormente (na seção 2), interfaces de RV se caracterizam por permitir ao usuário um controle altamente interativo das informações fornecidas pelo sistema. Explorando essa característica em sistemas de ensino à distância, pode-se fornecer ao professor a possibilidade de expor de maneira mais clara a matéria, e ao aluno uma

forma de melhor visualização e assimilação das informações. Como aplicação prática desse assunto, têm-se o que alguns autores [4,5,6] chamam de Laboratórios Virtuais (vide tópico 3.3).
Vale ressaltar a importância do sentimento de presença do aluno dentro do ambiente de sala de aula. Tal sensação de imersão pode ser impossível na vida real para algumas pessoas, como é o caso de crianças hospitalizadas. Nesse sentido, o emprego de ambientes virtuais multiusuários pode contribuir muito para a socialização desses alunos.

3. PROJETO PROFESSOR VIRTUAL

Este projeto vem desenvolvendo um ambiente de ensino à distância que permite ao professor ser transportado para uma sala de aula remota e receber informações dessa classe, podendo interagir com os alunos como se estivesse presente. Para isso, estão sendo utilizadas técnicas de realidade virtual, e em especial a telepresença.
O trabalho está dividido em áreas de estudo, que são mostradas a seguir.

3.1. Áreas de Estudo

Estão sendo realizados estudos envolvendo interface homem-computador, modelagem facial e suporte à comunicação. Uma breve descrição sobre esses temas é apresentada a seguir.

3.1.1. Interface Homem-Computador

A Interface Homem-Computador compreende todos os comportamentos do usuário e do computador que são observáveis externamente [3]. Há uma linguagem de entrada, uma de saída para refletir os resultados e um protocolo de interação. A Figura 01 ilustra essa definição de interface.

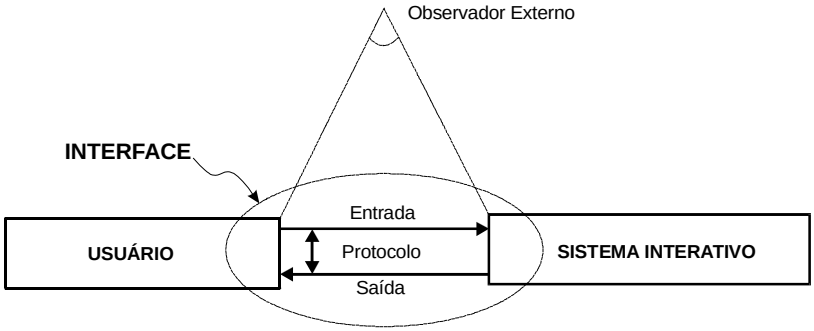

Figura 01: O conceito de interface [3].

Em outras palavras, a interface é responsável pelo mapeamento das ações do usuário sobre dispositivos de entrada em pedidos de processamento fornecidos pela aplicação, e pela apresentação em forma adequada dos resultados produzidos.
A área de interação homem-computador envolve hardware, software, metodologias, técnicas, ferramentas e várias áreas do conhecimento humano, mas o projeto concentrou-se apenas em requisitos computacionais. E, apesar das técnicas de interação não serem definidas especificamente para aplicações de RV, muitas informações e conceitos podem ser aplicados, ajudando na elaboração de um sistema de melhor qualidade.

3.1.2. Modelagem Facial

Modelagem facial refere-se a criação de objetos tridimensionais assemelhados a faces, capazes de simular expressões, fala e movimentos característicos da face. Com a modelagem facial, é possível melhorar a comunicação entre usuários de um ambiente virtual, pois ela apresenta uma forma intuitiva de expressão, mais comum ao usuário.
Num primeiro estágio, foi desenvolvido um modelo de rosto tridimensional simples, capaz de simular expressões e fala. Um segundo estágio, a ser realizado, tratará do estudo de técnicas para análise de expressões em imagens captadas a partir de uma câmera digital e a definição de uma metodologia para representação de expressões através de dados numéricos. O objetivo final é integrar os dois estágios para geração de um ambiente capaz de imitar as expressões de um modelo humano.
A pesquisa começou por um estudo de pontos de relevância nas expressões humanas. O objetivo foi estudar as características de várias expressões comuns, conseguindo assim, identificar os elementos da face que indicam uma determinada expressão. Os principais pontos indicados foram: boca, pálpebras e sobrancelhas. E, como elementos secundários: bochechas e testa.
Alguns modelos faciais já foram gerados, entre eles o “robô”. O modelo "robô" é baseado em primitivas gráficas simples. Esse modelo apresenta, em sua animação, mandíbula e pálpebras móveis, como mostra a Figura 02. Outro

modelo mais complexo, está sendo modelado com técnicas de extrusão e revolução de polígonos. Durante a animação gerada, o modelo apresenta boca, sobrancelhas e pálpebras móveis, simulando algumas expressões como raiva, susto e desagrado.

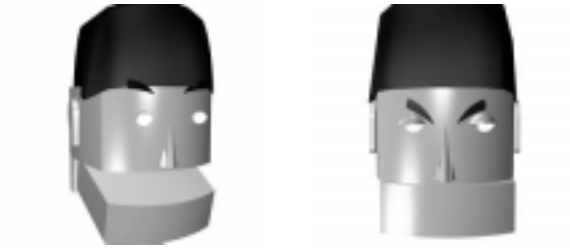

Figura 02: Animações do modelo "robô" [1].

3.1.3. Suporte à Comunicação

Um fator importante no suporte à comunicação é a escolha do protocolo, que define o modo como as informações dos processos comunicam-se entre si. O protocolo define o suporte à confiabilidade e a velocidade de comunicação. Um estudo a esse respeito está em andamento. Estão sendo analisadas duas possibilidades: utilizar o serviço *www*, através de um *browser* de navegação ou utilizar diretamente linhas telefônicas comuns.
Nessa área de estudo, serão analisados também diferentes estilos de comunicação entre os usuários, envolvendo trocas de mensagens textuais e comunicação por áudio.

3.2. Modelos para Implementação

O projeto possui três modelos a serem implementados. No primeiro modelo, tanto professor quanto os alunos são conectados ao sistema remotamente, ou seja, toda a sala de aula é virtual. Já no segundo modelo, somente o professor faz conexão remota, sendo que os alunos ficam fisicamente em uma sala de aula real. O terceiro modelo é um sistema híbrido, que deve mesclar as características dos dois primeiros. A seguir, são descritos, sucintamente, cada modelo.

3.2.1. Primeiro Modelo - Classe Virtual

Como citado anteriormente, essa versão do sistema permitirá aos alunos conectarem-se remotamente em uma sala de aula virtual, como mostra a Figura 03.

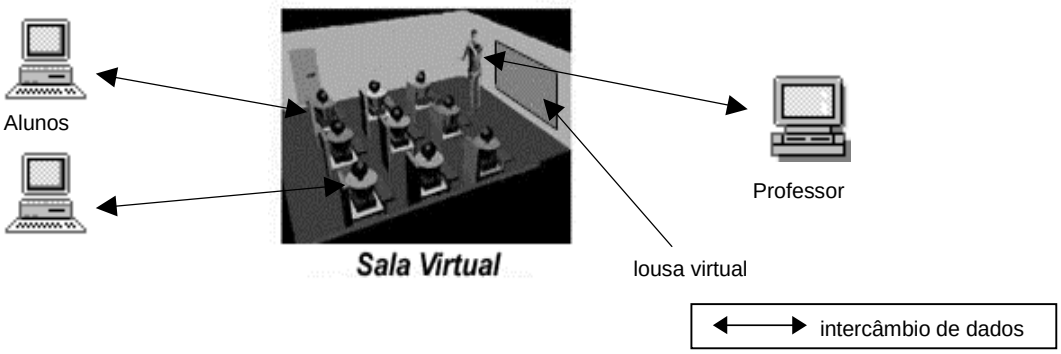

Figura 03: Modelo Classe Virtual.

Ao conectar-se no sistema, o aluno é representado na sala de aula virtual por um *avatar*, o qual reflete suas ações. Ele terá uma visão tridimensional da classe, podendo observar seus colegas, o professor, enfim todo o ambiente da classe, o que lhe proporcionará maior envolvimento com o sistema.
Nesse modelo, o professor possui um grande controle sobre a sala de aula, podendo, por exemplo, restringir a comunicação entre os alunos, selecionar alunos para montar grupos de estudo, ou até mesmo desconectar um aluno (em um caso extremo).
O sistema permite ao professor a identificação dos alunos através de nome, que aparece em cada *avatar*. Caso queira mais informações, o professor pode selecionar o avatar correspondente e uma ficha desse aluno aparecerá. Nessa ficha constam: foto do aluno, seus dados pessoais, histórico escolar, e campos com observações.
A principal vantagem nesse caso é permitir que os alunos possam participar da aula sem a necessidade de deslocamento geográfico. Essa característica amplia a aplicabilidade do sistema, tornando-o de maior utilidade, especialmente, em situações onde o deslocamento do aluno para a escola é difícil, como é o caso, por exemplo, de alunos hospitalizados.

Este modelo está sendo desenvolvido primeiro devido, entre outros fatores, a não necessidade de dispositivos físicos não convencionais, exigindo apenas uma rede de microcomputadores.

3.2.1. Segundo Modelo - Classe Real

Este modelo foi concebido como a idéia inicial do projeto. Aqui, os alunos ficam fisicamente presentes na sala de aula (vide Figura 04), que possuirá um telão, onde será gerada a imagem virtual do professor, assim como outras informações que serão fornecidas aos alunos durante a aula.

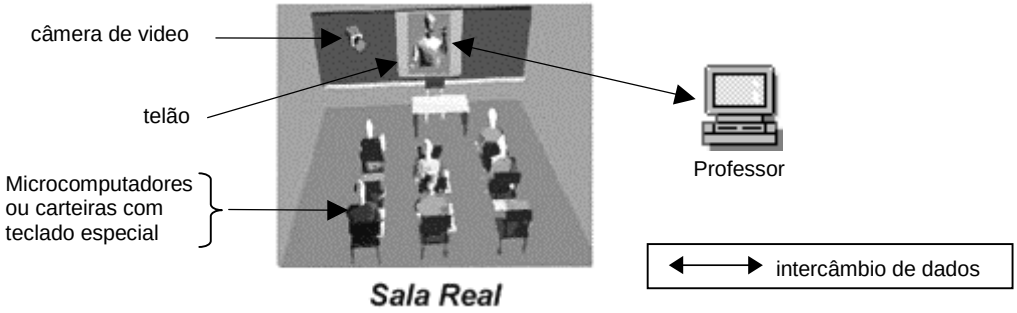

Figura 04: Modelo no qual a imagem tridimensional do professor é exibida.

Para visualização dos alunos, o professor contará com uma câmera de vídeo instalada na sala de aula. Como a transmissão de vídeo gera grande volume de dados e necessita de canais especiais, o que foge aos propósitos do projeto, o sistema somente enviará imagens periódicas da classe capturadas pela câmera, para reduzir o tráfego de dados.

Além das imagens capturadas através da câmera de vídeo, o professor terá também uma imagem tridimensional, correspondente à sala de aula. Nessa imagem, cada aluno será representado por um *avatar*. Com essa imagem o professor poderá, por exemplo, observar a disposição dos alunos na sala ou identificar um aluno quando este fizer uma pergunta. O posicionamento dos alunos será obtido através de sensores ou técnicas de visão computacional.

Para possibilitar a comunicação dos alunos com o professor, a sala de aula contará com carteiras equipadas com um pequeno teclado. Através desse teclado, o aluno entrará com dados, quando for necessário, podendo, por exemplo, acessar o sistema ou chamar a atenção do professor para perguntas (apertando um botão específico).

Outra opção seria a utilização de computadores pessoais para cada aluno, substituindo portanto as carteiras especiais. Essa opção, apesar de aumentar o custo com equipamentos, possibilita a utilização de outros dispositivos, tais como capacete, luva, mouse 3D, que fornecem ao aluno maior grau de interação e imersão ao sistema.

3.2.3. Terceiro Modelo – Sistema Híbrido

Um terceiro modelo deverá ser implementado, mesclando as características dos dois anteriores, aproveitando-se as vantagens de cada um. Nesse modelo, o aluno possui duas opções: assistir a aula a partir de um local remoto (como no 1º modelo); ou deslocar-se até a sala de aula, onde terá a imagem tridimensional do professor exibida num telão (2º modelo). A Figura 05 ilustra esse modelo.

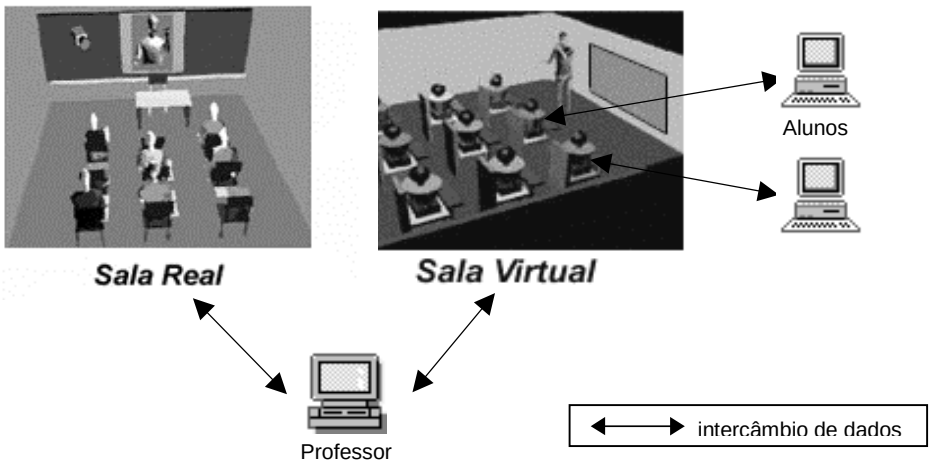

Figura 05: Modelo híbrido do sistema.

Apesar de sua maior amplitude, essa implementação enfrenta alguns problemas, por exemplo, a respeito de como estabelecer a interação entre os alunos presentes física e remotamente na aula. Uma solução pode ser aplicada utilizando-se terminais de computadores nas salas reais.

3.3. Laboratórios Virtuais

Após a criação do suporte a comunicação e interação entre professor e alunos, iniciar-se-á o desenvolvimento de um conjunto de ferramentas que, uma vez inseridas no sistema final, auxiliarão o professor à expor, de maneira mais clara, o conteúdo da matéria aos alunos. Surgem então, o que denomina-se no projeto como *Laboratórios Virtuais*.
Um Laboratório Virtual consiste num ambiente tridimensional modelado de tal forma a fornecer ao aluno a sensação de se estar em um laboratório real, permitindo a ele manipular objetos, simular efeitos, entre outras experiências, muitas delas até mesmo impossíveis de serem realizadas em um laboratório real.

4. FORMAS BÁSICAS DE INTERAÇÃO REMOTA PARA O PROJETO

O estudo da interação remota no projeto Professor Virtual consiste na análise e definição das formas de interação necessárias para que o sistema permita a comunicação (relacionamento) entre professor e alunos, através do ambiente virtual. Para atingir esse objetivo, estão sendo estudados os comportamentos (papeis) tanto do professor, quanto do aluno dentro de uma sala de aula, gerando, a partir daí, um protocolo de interação.
O estudo está dividido em três partes: *Estudo da Interação Professor–Alunos*, *Estudo da Interação Alunos–Professor* e *Estudo da Interação Aluno-Alunos*
A seguir são comentadas cada um desses estudos.

4.1. Estudo da Interação Professor–Alunos

Esse estudo compreende a detecção das possíveis ações efetuadas pelo professor para relacionar-se com seus alunos. Levando-se em conta que o sistema deva garantir ao professor um grande controle sobre a sala de aula, foram definidas as seguintes ações:

- *Identificar os alunos*:
  Para a identificação dos alunos dentro do ambiente virtual é utilizado o que denominou-se no projeto como crachá virtual. Cada aluno possui um crachá desse tipo, contendo seu primeiro nome. Clicando nesse crachá, uma ficha completa do alunos é exibida, contendo informações do aluno, tais como dados pessoais, foto, histórico acadêmico, etc.

- *Escolher com quem se comunicar*:
  Supondo que o professor queira chamar a atenção de um aluno em particular, ou fazer uma pergunta (avaliação oral) somente a um aluno (ou grupo de alunos) sem que o restante da sala tenha conhecimento. Dessa forma, o sistema deve permitir ao professor dirigir a palavra a quem ele bem entender.

- *Restringir a comunicação entre os alunos*:
  Quando um aluno conecta-se no sistema (efetua *login*) ele pode comunicar-se com quem ele quiser. Porém, em algumas ocasiões seria conveniente ao professor escolher com quem o aluno poderá se comunicar. Tal ação, assim como em uma aula real, visa preservar a ordem da sala e atenção dos alunos. Além disso, a restrição de comunicação pode ser útil na formação de grupos de estudo pelo professor, como será visto adiante.

- *Desconectar alunos da sala*:
  Como citado anteriormente, o professor possui um grande controle sobre a sala de aula. Sendo assim, ele tem a liberdade de desconectar alunos do sistema, em casos extremos.

- *Controlar presença*:
  Uma das tarefas do professor na sala de aula é referente ao controle da freqüência dos alunos. Esse controle pode ser feito automaticamente pelo sistema, da seguinte maneira: quando o aluno se conecta ao sistema, sua presença é confirmada em uma ficha (arquivo), na qual podem ser armazenadas informações tal como a data atual e horário de entrada e de saída na aula. A partir desta ficha, o professor pode informar-se sobre a freqüência de seus alunos.

- *Expor matéria*:
  Outras formas estão sendo estudadas com relação ao modo como a matéria será exposta aos alunos. Além do uso dos laboratórios virtuais, existe também a possibilidade do inserir uma lousa virtual no ambiente. Essa lousa consiste

em uma espécie de *browser*, através do qual o professor pode exibir textos, imagens, ou mesmo vídeos sobre a matéria da aula.

4.2. Interação Alunos-Professor

Define-se aqui ações do aluno em seu relacionamento com o professor durante a aula.

- *Esclarecer dúvidas*:
  Como citado anteriormente, as ações de um usuário dentro de um ambiente virtual são refletidas através de seu *avatar*. Portanto, quando um aluno tiver alguma dúvida sobre a matéria, ele poderá fornecer um comando específico ao sistema (clicar num botão, por exemplo) e seu *avatar* efetuará alguma ação (como levantar o braço). Dessa forma, o aluno ganhará a atenção do professor para fazer a pergunta.

- *Trocar anotações:*
  Nessa parte do estudo analisa-se formas do aluno enviar/receber anotações ao/do professor. Tais anotações compreendem desde exercícios (que podem ser entregues na forma de arquivos), até rascunhos para esclarecimento de perguntas durante a aula.

4.3. Estudo da Interação Aluno-Alunos

Será feito um estudo sobre o relacionamento entre os alunos dentro de uma sala de aula. Portanto, serão estudadas ações tais como a formação de grupos de estudos, como um aluno se comunicará com outro em particular, etc. Vale salientar que as formas de interação detectadas nessa parte do estudo somente serão aplicadas no primeiro modelo do projeto, onde os alunos estarão conectados remotamente.

- *Escolher com quem se comunicar*:
  Tal como na interação professor-alunos, onde o professor escolhe com quem se comunicar, o sistema deve permitir também a um determinado aluno a comunicação em particular. Para isso, o aluno tem duas opções: selecionar o(s) aluno(s) para que a comunicação seja restrita entre eles, ou desativar a comunicação com outros alunos.

- *Formar de grupos de estudo*:
  Uma atividade freqüente entre alunos em uma sala de aula é se reunir em grupos, sendo os componentes desse grupo escolhidos pelo professor ou entre os próprios alunos. Deve ser levado em conta também se a comunicação entre os grupos é permitida ou não.
  Uma maneira de formar grupos de trabalho é obtida através do uso de restrição de comunicação entre os participantes. Nos casos onde o professor é quem escolhe os componentes do grupo, ele poderá restringir a comunicação de um aluno somente aos outros participantes do grupo. No outro caso, onde os alunos formam os grupos, algo parecido acontece, só que agora cada aluno escolhe com quem se comunicar.

5. CONCLUSÕES

Com a evolução das tecnologias de interfaces, surgem novas perspectivas no sentido de tornar mais natural e simples a interação homem-máquina. Nesse contexto, surge a RV como uma das formas de interfaces mais avançada atualmente.
Utilizando-se características da RV, várias barreiras enfrentadas por sistemas de ensino á distância convencionais podem ser transpostas, principalmente no que diz respeito à interatividade entre os participantes do sistema. Entretanto, o desenvolvimento dessas aplicações é complexo e muitas vezes se depara com diversas limitações. Essas restrições, algumas vezes, são oriundas dos próprios conceitos da educação à distância; e outras vezes, as limitações são tecnológicas, da própria RV. Porém, devido ao grande potencial que sistemas de ensino à distância apresentam, por possibilitarem o acesso à informação e ao conhecimento a uma quantidade significativamente maior de pessoas, é viável (e necessário) que novos projetos sejam criados nesse campo.
A exploração da Realidade Virtual como ferramenta para criação de novas interfaces mais amigáveis é uma tarefa complexa, porém, também é importante e estimulante, devido à necessidade de tornar a interação entre homens e computadores o mais natural possível.

REFERÊNCIAS

[1] Anselmo, M. V. - ***"Projeto: Animação Facial"***, resumo disponível a partir de: http://www.dc.ufscar.br/~grv/marcus.htm

[2] Byrne, C. M. - ***"The Use of Virtual Reality as Educational Tool"***, Washington University, 1995.

[3] Chi, Uli H., - ***"Formal Specification of User Interfaces: A Comparison and Evaluation of Four Axiomatic Approaches"***, IEEE Transactions on Software Engineering, Agosto 1985, Vol. SE-11, No. 8, pp. 671-685.

[4] Hancock, D. - ***"Viewpoint: Virtual Reality in Search of Middle Ground"***, IEEE Spectrum, 32(1):68, Jan. 1995.

[5] Kalawsky, R.S. - ***"Exploring Virtual Reality Techniques in Education and Training: Technological Issues"***, Advanced VR Research Centre, Lough-borough University of Technology.

[6] Kirner, C. et al. - ***"Projeto Professor Virtual"***, Grupo de Realidade Virtual da Universidade Federal de São Carlos. http://www.dc.ufscar.br/~grv/pvirtual.htm.

[7] Kirner, C. et al. – ***"Sistemas de Realidade Virtual"***, Apostila do I Ciclo de Palestras de Realidade Virtual, Universidade Federal de São Carlos, Outubro 1996, http://www.dc.ufscar.br/~grv/tutrv.htm. 54 p.

[8] Silva, J.C.A. - ***"Uso de Gabaritos Configuráveis para Desenvolvimento de Interfaces Virtuais"***, Anais do 1º Workshop de Realidade Virtual, São Carlos, SP, Novembro de 1997, p. 81-90.

[9] Teixeira, R. – ***"Requisitos de Ambientes Virtuais Distribuídos de Larga Escala"***, Workshop de Realidade Virtual WRV'97), 9-12 de Novembro de 1997, pp. 26-35.

[10] Van Dam, A. - ***"Post-WIMP User Interfaces"***, Communications of ACM, vol. 40, n. 2, Feb. 1997, p. 63-67.