
Ambiente de Realidade Virtual aplicado ao ensino e Treinamento na Área de Saúde

Felipe Chaves², Janice Inês Deters², Anita Maria da Rocha Fernandes¹, Cilene Lino de Oliveira²

¹ Curso de Ciência da Computação – CTTMar- Campus de São José – Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) – anita.fernandes@univali.br

² Instituto de Engenharia Biomédica (IEB-UFSC)
CEP: 88040-900 – Florianópolis/SC

Abstract: *This paper presents the use of virtual reality by Web3D with an e-learning system based on intelligent tutoring systems about neurophysiology. Virtual reality is used to build a virtual lab, where students can do experiments in order to improve their learning process. The paper shows aspects about implementation, the connection between virtual lab and the intelligent tutoring system, and presents tests done among students.*

Resumo: *Este artigo enfoca a utilização de realidade virtual através da tecnologia Web3D agregada a uma plataforma de e-Learning baseada em sistemas tutores inteligentes voltada para o ensino de Neurofisiologia. A realidade virtual é utilizada na construção de um laboratório virtual, onde o aluno pode realizar experimentos à fim de “reforçar” seu aprendizado. São apresentados os aspectos de implementação do laboratório virtual, sua inserção dentro do sistema tutor inteligente, bem como os testes feitos com a comunidade acadêmica.*

1. Introdução

Na área da saúde, a utilização de recursos computacionais como suporte ao ensino é muito bem vinda, pois tal área requer que o aluno vivencie uma grande variedade de situações práticas do mundo real, o que muitas vezes durante o curso não é possível vivenciar. Situações tais como, experimentos com animais, casos clínicos raros, análise de uma grande variedade de células microscópicas, podem ser observadas através de ambientes de ensino virtuais.

Ambientes virtuais de ensino via web estão cada vez mais se proliferando em todos os níveis do ensino por várias razões. Uma delas é a crescente necessidade de educação continuada em resposta as rápidas e constantes mudanças tecnológicas e sociais. Tais ambientes têm por característica unir várias técnicas e formatos de distribuição dos meios tradicionais de educação à distância. Uma das formas para prover um ambiente de *e-learning* com várias técnicas integradas refere-se aos ambientes desenvolvidos usando Sistemas Tutores Inteligentes.

Uma das formas encontradas, para possibilitar aos estudantes a vivência prática em ambientes virtuais é o uso da Realidade Virtual. Este artigo apresenta o Sistema Tutor Inteligente de Neurofisiologia desenvolvido para o ensino de fisiologia e que agrega um laboratório virtual denominado no ambiente como “Mão na Massa”. Neste ambiente o aluno pode realizar experimentos pertinentes ao conteúdo para “fortalecer” o aprendizado deste. O laboratório virtual (desenvolvido em 3D), permite que o aluno explore o ambiente, manipule os objetos, realiza experimentos, acesse informações, interage virtualmente com outros

usuários. Possibilitando também que o se familiarize procedimentos e rotinas laboratoriais similares adotados em um laboratório real.

Ao longo deste artigo será apresentada uma visão geral sobre sistemas tutores inteligentes e realidade virtual no ensino; os aspectos de implementação do laboratório; a avaliação do laboratório por parte dos usuários e as conclusões.

2. Sistemas Tutores Inteligentes

Os sistemas tutores inteligentes constituem uma classe de sistemas de inteligência artificial (IA) que atuam como auxiliares no processo aprendizagem. Segundo Giraffa (1990), a utilização de técnicas IA, no projeto e desenvolvimento de ambientes de ensino-aprendizagem computadorizados, tem se tornado objeto de muita investigação por parte dos pesquisadores da área de Informática Aplicada à Educação, devido a suas potencialidades. São sistemas que, interagindo com o aluno, modificam suas bases de conhecimento e atuam intervindo no processo de ensino/aprendizagem. Tais sistemas possuem a capacidade de aprender e adaptar as estratégias de ensino de acordo com o seu desempenho. Caracterizam-se, principalmente, por construir um Modelo Cognitivo do Aluno, através da interação e da formulação e comprovação de hipóteses sobre o conhecimento do aluno e a situação atual [Vicari 1990, apud Fernandes, Deters e Oldoni 2006].

Os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) têm como principal objetivo realizar a tarefa de ensino de um dado conteúdo (domínio) na forma mais adaptada às necessidades individuais do aluno. De acordo com Vicari e Giraffa (2003), estes sistemas se baseiam em uma arquitetura composta basicamente por: Módulo do aluno: onde são armazenadas/modeladas as características individuais do aluno; Módulo tutor: possui o conhecimento sobre as estratégias e táticas para selecioná-las em função das características do aluno; Módulo do domínio: detêm o conhecimento sobre a matéria no formato regras de produção, estereótipos, etc; Interface: faz a intermediação da interação entre o tutor e o aluno [Fernandes, Deters e Oldoni 2006].

Apesar de todo aparato para interagir com o aluno, os STI necessitam ser atraentes. É preciso oferecer atividades que prendam a atenção do aluno durante o seu processo de aprendizagem. Dentro deste contexto tem-se a Realidade Virtual.

3. Realidade Virtual e Ensino

Aplicações de RV na educação se tornaram mais visíveis desde o começo da década de 90 com aplicações específicas [Bricken 1990]; [Byrne 1994]. A Realidade Virtual (RV) tem sido utilizada em treinamento de pessoal técnico em diferentes tarefas, no planejamento e melhoramento de organizações (Jacobson, 1993), dando suporte ao treinamento de estudantes e profissionais [Rosenblum 1998]; [Netto et al. 2001]. Neste contexto tecnologias WEB3D oferecem treinamento de baixo custo e oportunidades de ensino virtualmente em qualquer hora e local [John 2005].

A RV pode ser aplicada na realização de aulas práticas laboratoriais. Laboratórios virtuais podem proporcionar ao aluno a obtenção de conceitos teóricos e procedimentais, sem os problemas relacionados ao mundo real (segurança, tempo de uso, etc). Além disso, os laboratórios virtuais provêm aos estudantes a realização de aulas práticas, apesar da distância da instituição de educação [Youngblut 1998] e o fácil compartilhamento de recursos educacionais e de pesquisa.

A didática envolvida em mundos virtuais é outro importante aspecto que deve ser levada em consideração. Mundos virtuais provêm campo para o aprendizado construtivista [Winn 1993], pois através de tarefas experimentais, os estudantes são guiados a descobrir

conceitos críticos por eles mesmos [Youngblut 1998]. Deste modo, laboratórios virtuais criam um “ciclo de conhecimento/experiência”, desenvolvendo no usuário estratégias para resolução de diversos problemas.

A importância do desenvolvimento de ambientes virtuais 3D no ensino é ressaltada pelo número de projetos desenvolvidos para este âmbito. Alguns exemplos de laboratórios virtuais 3D desenvolvidos para o ensino são: laboratório virtual para ensino de engenharia química [Bell 2004], produção de uma ferramenta genérica para aprimoramento do uso educacional de laboratórios virtuais [Budhu 2002], laboratório virtual de radio farmacologia [Alexiou & Bouras 2004];

Levando em conta, não somente laboratórios virtuais, inúmeros trabalhos de RV tem sido desenvolvidos para o treinamento médico. Trabalhos utilizando a tecnologia WEB3D podem ser encontrados na pesquisa de John (2005), e Souza et. al. (2007) destaca com mais detalhes, aplicações de RV utilizando dispositivos hápticos.

Outros exemplos de RV na educação são: ambiente 3D para interatividade de pacientes virtuais desenvolvido a partir de Engines de games [Simo et al. 2004], produção de um ambiente educacional colaborativo [Blanc et al. 2004], desenvolvimento de aplicações colaborativas virtuais para educação [Kirner et al. 2001], projeto de ambientes e-learning somado a interfaces 3D para treinamento técnico [Jou et al. 2005].

4. Aspectos de implementação

Esta seção apresenta os aspectos de implementação do sistema tutor inteligente e do laboratório virtual.

4.1. Sistema Tutor Inteligente de Neurofisiologia

O Sistema Tutor Inteligente de Neurofisiologia (Figura 1) tem por objeto auxiliar no processo de ensino/aprendizagem de acadêmicos e/ou profissionais da área de saúde no que tange a Fisiologia, especificamente a neurofisiologia. Neste sistema, os conteúdos foram organizados e elaborados em forma de tópicos. Para cada tópico o sistema habilita a visualização dos seguintes itens: Correlação-Clínica : é uma aplicação clínica do conteúdo, com o intuito de o aluno criar relações entre a teoria e a prática clínica.; História: exibe a contextualização histórica do tópico selecionado; Auto-Avaliação: é o ambiente onde é avaliado o conhecimento assimilado pelo aluno com o objetivo de detectar as deficiências e prover alternativas para saná-las; e Mão na Massa: o laboratório virtual onde aluno realiza experimentos pertinentes ao conteúdo para “fortalecer” o aprendizado [Fernandes, Deters e Oldoni 2006].

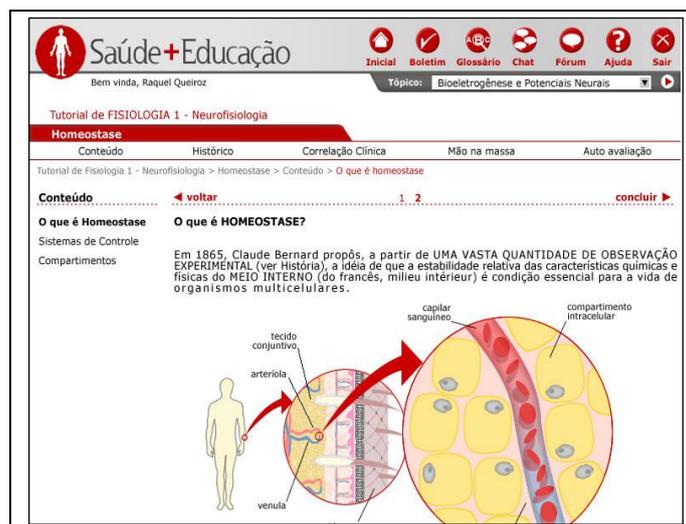


Figura 1 – Interface gráfica Sistema Tutor de Neurofisiologia

Além das opções apresentadas anteriormente o STI de Neurofisiologia possui um “Glossário” onde o aluno tem acesso ao significado de termos. Esta opção foi introduzida no sistema devido à infinidade de termos técnicos que o conteúdo é composto; A “Ajuda”, pode ser acionada a qualquer momento pelo aluno, nela constam informações de como utilizar o ambiente. As informações da ajuda são exibidas por um agente de interface. Outro elemento disponível é o Chat. O objetivo do chat é possibilitar a comunicação simultânea de todos os usuários do ambiente, permitindo que o aluno tire suas dúvidas com os demais colegas ou com o professor da disciplina. O “Fórum” se destina a criar discussões em torno de algum tema mediado pelo professor. A outra opção disponível é o “Boletim”, o boletim poderá ser acessado tanto pelo aluno para verificar o seu desempenho como também pelo professor que poderá visualizar o desempenho de uma turma ou de um aluno específico. Tendo disponíveis os seguintes dados: Nome do aluno, e-mail, desempenho, itens acessados e tempo de acesso [Fernandes, Deters e Oldoni 2006].

Os alunos são monitorados pelo tutor. Um agente pedagógico fornece o *feedback* ao aluno através de dicas, expressões faciais, sugerindo o acesso dos itens anteriormente descritos. Além disso, uma das estratégias do agente é estimular o aluno a trocar informações com os demais usuários do ambiente através do Chat.

Quanto às tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento do STI foram escolhidas ferramentas de uso livre, tais como linguagem Java, com a linguagem de Script JSP (Java Server Pages) e o framework JSF (Java Server Faces).

4.2. Mão na Massa

O Mão na Massa refere-se a um laboratório de RV não-imersivo criado para difusão de conhecimento biológico com foco em práticas Fisiológicas. Para seu desenvolvimento, levou-se em consideração, a qualidade gráfica adequada aos padrões de aprendizado, necessária aos procedimentos laboratoriais, bem como a confiabilidade do conteúdo apresentado. Assim, o laboratório apresentado neste trabalho é caracterizado por um padrão de procedimentos e rotinas didáticas similares às empregadas em um laboratório real.

4.2.1 Implementação

O laboratório foi desenvolvido na linguagem VRML com o auxílio do software 3dsMax 7. Através deste software é possível a criação de modelos tridimensionais (3D) e de animações (Figura 2) que são exportadas para o padrão da linguagem VRML.

A linguagem VRML possui em sua sintaxe, nodos *prototype* (PROTO *node*) para criação de objetos que possam ser reutilizáveis. Neste *prototype* é possível declarar campos e eventos que podem ser acessados externamente como translações SFVect3f e rotações SFRotation que possuem as coordenadas de movimentação dos objetos. O software 3dsMax 7 exporta (através do VRML *exporter*) estes movimentos no padrão VRML como *KeyValues* inclusos na definição do *prototype* da cena. Chamou-se este *prototype* de PROTOCENA, pois ele possui todos os registros desta cena que podem ser acessados posteriormente.

A interatividade da cena é executada através de nodos Scripts implementados na hierarquia do VRML. Os nodos Scripts permitem chamadas de linguagens interpretáveis pelo navegador, como JavaScript, e possibilitam a manipulação de eventos e valores gravados, tais como *KeyValues*, SFVect3fs e SFRotations. Esta funcionalidade traz dinâmica aos mundos virtuais.

É possível pegar um objeto e levá-lo a outro lugar do mundo virtual de diferentes formas através de eventos VRML, como *touch* e *plane sensors*. Diferentes ações podem disparar diferentes animações, expandindo as possibilidades de manipulação da cena. A Figura 2 apresenta a estrutura geral do experimento.

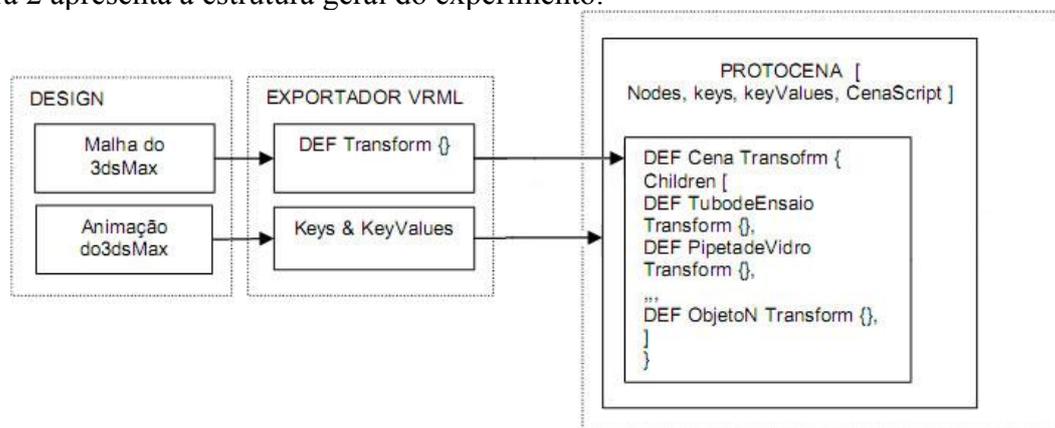


Figura 2 – Estrutura geral do experimento mostrando a interação entre Design e Codificação

É necessário que uma malha dos objetos seja trabalhada de maneira adequada para otimizar os gráficos, garantindo uma alta qualidade e baixo número de polígonos. Neste caso, aplica-se a técnica *low-poly*. Aspectos de iluminação onde é utilizada a radiação também são necessários para que seja alcançado realismo adequado à cena.

4.2.1 Experimento virtual

O primeiro experimento virtual implementado refere-se à observação de mudanças de uma variável homeostática, a osmolaridade do meio circundante sobre uma função celular. Uma visão geral do laboratório é apresentada na Figura 3.

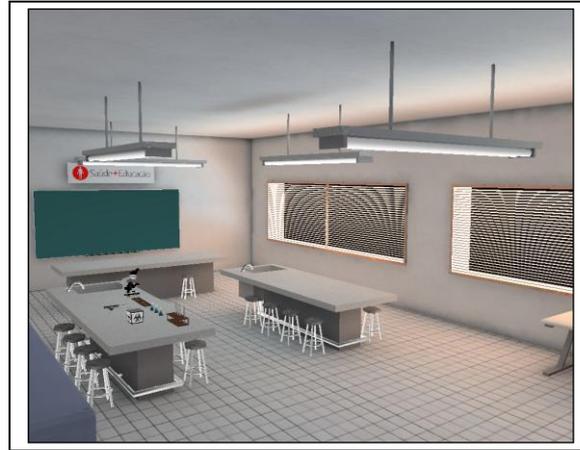


Figura 3 – Visão geral da sala de experimento

O funcionamento do experimento virtual começa com o usuário conectando a URL de uma página (página VRML). O ambiente é um conjunto de objetos onde há mesas, cadeiras, quadro negro e bancos, simulando um laboratório (Figura 4). Outros objetos, relacionados ao experimento de fisiologia, estão sobre a mesa, divididos em duas categorias: Objetos de proteção (o Guarda pó; as luvas cirúrgicas; e óculos de proteção); Objetos do experimento: (tubos de ensaio; frascos; estande; pipeta automática; pipeta de vidro; lâminas; lamínula; e Microscópio).

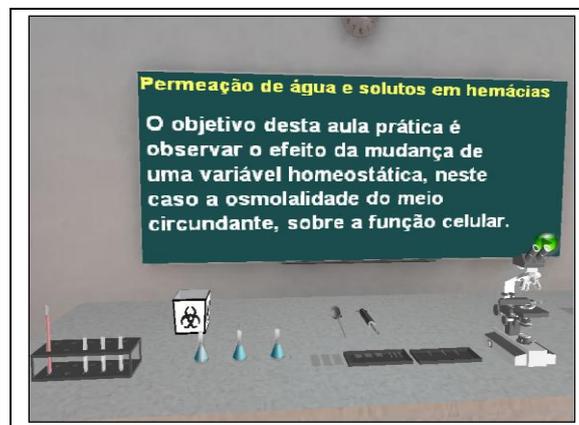


Figura 4 – Laboratório virtual com os objetos necessários ao experimento

Esses objetos estão organizados na cena em onze passos do roteiro. Para maior fidelidade, um ator gravou um vídeo em um laboratório real. Cada cena foi analisada, seus detalhes foram observados e mudanças foram efetuadas antes da implementação computacional do experimento virtual: (i) Cena Interativa 1: Vestindo o equipamento de segurança; (ii) Cena Interativa 2: Colocando solução de NaCl nos tubos de ensaio; (iii) Cena Interativa 3: Colocando solução heparinizada nos tubos; (iv) Cena Interativa 4: Colocando 0,2 ml de sangue por tubo de ensaio; (v) Cena interativa 5: Agitando a solução por um minuto; (vi) Cena interativa 6: Colocando a solução em repouso por cinco minutos; (vii) Cena interativa 7: Colocando 0,2 ml de sangue na lâmina e cobrindo com a lamínula; (viii) Cena interativa 8: Levando a lâmina ao microscópio; (ix) Cena interativa 9: Analisando a solução no microscópio; (x) Cena interativa 10: Ver outra lâmina; e (xi) Cena interativa 11: Ver as três lâminas em conjunto.

O usuário é capaz de interagir nestas cenas, através do mouse e teclado, para movimentar os objetos de acordo com as necessidades da aula prática. Algumas ações também devem ser inibidas, pois alguns passos devem ser cumpridos antes de outros, por exemplo: a vestimenta de segurança antes de iniciar o experimento.

Destaca-se em especial, a cena interativa 9, onde o usuário leva a lâmina com a solução de sangue animal ao microscópio. Após isto, com um clique do mouse no microscópio, o aluno visualizará um vídeo (gravado em um microscópio real) com soluções de sangue animal de diferentes concentrações de permeabilidade a NaCl que são: isotônica, hipotônica e hipertônica. É disponível zoom na cena para análise das hemácias com maior detalhe (Figura 5).

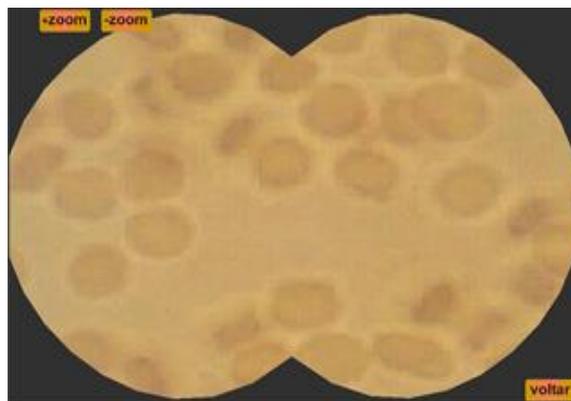


Figura 5 – Vídeo de uma solução hipotônica de hemácias obtido com um microscópio real.

Durante a observação ao microscópio virtual, elas movimentam-se como se estivessem dentro de um capilar sanguíneo.

5. Discussões

Professores de biologia/fisiologia participaram da confecção do experimento apresentado na Seção 4.2.1, particularizando os aspectos de aprendizagem. A metodologia de trabalho aplicada pela equipe de conteudistas e programadores, proporcionou a produção de um experimento de fisiologia virtual. No entanto, a produção deste laboratório possibilita sua reutilização na construção de outros experimentos em outras matérias, tais como química, farmacologia e medicina.

O desenvolvimento de ambientes de RV é uma tarefa de certo modo complexa, e algumas técnicas podem ser mais bem exploradas no sentido de produtividade e resultado final que outras. No trabalho de John (2005) fica claro o uso de VRML como a principal tecnologia utilizada em Web3D. Acredita-se que isso ocorra pois a especificação VRML97 disponibiliza funcionalidades, como renderização, física, gerenciamento de cenas, que tornam o desenvolvimento rápido e de alta qualidade [Jankovic 2000].

Neste trabalho partilha-se desta mesma opinião, sendo VRML a tecnologia utilizada para implementação deste. O uso do software 3dsMax 7 pelo exportador VRML aumentou a produtividade, já que a produção do ambiente virtual deste trabalho sem a utilização de um software de Design 3D tornaria a sua produção inviável. Objetos tais como pipetas, lâminas, lamínulas, microscópio, cenário, dentre outros, devem estar muito bem detalhados, com a finalidade de se alcançar fidelidade com o mundo real (Figura 6). A fidelidade também é assegurada pelo uso de vídeos reais das soluções de sangue animal e inserção destes no

ambiente virtual, contribuiu para o realismo do experimento, pois o aluno visualiza células reais, havendo fidelidade nas conclusões a respeito de suas propriedades.

O uso de outras ferramentas de edição, como Quest3D, LightWave3D, Maia, Blender, etc., podem aumentar ou diminuir a produtividade do projeto. O software 3dsMax foi escolhido devido aos recursos existentes para este projeto.

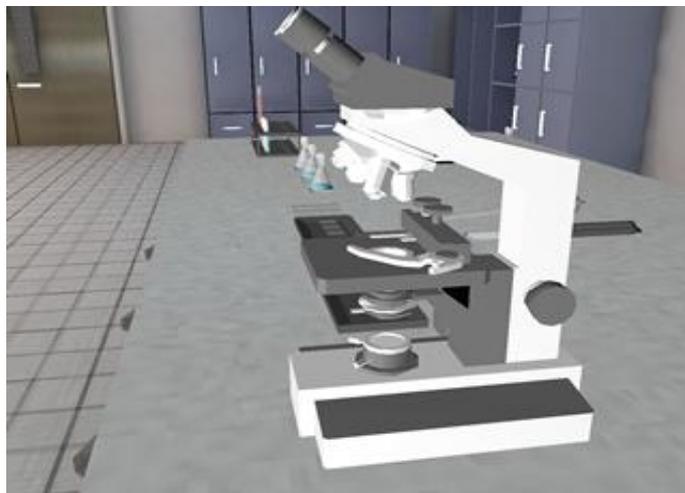


Figura 6 – Detalhes dos objetos do experimento

À fim de avaliar a receptividade dos alunos em relação a utilização de um laboratório virtual, foi feito um levantamento junto aos alunos de Pós Graduação em Engenharia Biomédica, que tiveram a disciplina de Fisiologia. A amostra foi composta por 16 alunos e o experimento virtual analisado foi o apresentado na Seção 4.2.1. A avaliação baseou-se na análise motivacional de software. Foram considerados 32 itens referentes a ergonomia, motivação e receptividade.

Mediante as respostas colhidas, no quesito receptividade, verificou-se que os alunos consideraram o laboratório virtual uma ferramenta interessante (98%), porém afirmaram (70%) que deve haver um treinamento prévio sobre como utilizar o ambiente.

No que se refere a ergonomia, os quesitos visuais foram bem vistos. 90% dos alunos consideraram tais quesitos satisfatórios. O maior problema encontrado na análise ergonômica refere-se ao manuseio dos objetos. Muitos dos alunos que participaram desta avaliação (82,3%) afirmaram ter perdido muito tempo até acharem o tempo certo com o mouse para arrastar os objetos dentro do cenário. Eles afirmaram se perder com os botões e demorarem a conseguir arrastar os objetos.

Porém, quanto a receptividade, muitos questionaram o problema de conexão com a internet quando forem utilizar o ambiente fora da universidade, uma vez que os serviços de internet utilizados por muitos acadêmicos no Brasil ainda são de baixa velocidade e/ou são instáveis. Ou seja, apesar do laboratório virtual ser uma excelente ferramenta para auxiliar no processo de aprendizagem, problemas externos poderiam vir a prejudicar o grau de satisfação dos usuários, de acordo com os alunos que participaram da avaliação.

7. Conclusões

O presente trabalho mostrou a produção de um experimento virtual através de um laboratório de fisiologia virtual em 3D. A metodologia empregada aqui é extensível a outros

tipos de tutoriais de diferentes áreas da biologia, farmacologia e medicina. Experimentos de fisiologia similares a este não foram relatados, tornando-se um fator de motivação ao desenvolvimento do projeto.

Aspectos tais como a qualidade gráfica do ambiente e dos objetos envolvidos na cena foram de especial importância ao trabalho, para que houvesse fidelidade entre o experimento virtual e o real.

O envolvimento de profissionais da biologia foi fundamental no levantamento do tema a ser transportado do mundo real para o virtual. Assim, construiu-se uma ferramenta que preza pela objetividade e que é útil na obtenção de conceitos e práticas que auxiliem profissionais da área da saúde.

Estão em andamento implementações destinadas a incluir no experimento: som, novas ações do usuário com os objetos da cena, processos computacionais para análise do comportamento do usuário dentro do ambiente e tutoriais que enfoquem diferentes aspectos correlacionados às propriedades do sangue animal. Também se encontra em desenvolvimento a construção de ambientes colaborativos virtuais baseados na metodologia deste trabalho.

Além disso, com base na avaliação feita com os alunos, a equipe de desenvolvimento pretende dedicar um esforço maior na confecção de tutoriais e/ou manuais que auxiliem o usuário na utilização do ambiente. Em paralelo a isto, uma avaliação mais aprofundada, com alunos que estão cursando a disciplina de Fisiologia, aplicando o Sistema Tutor Inteligente como um todo, será feita a fim de verificar a influência do ambiente no processo de aprendizagem do aluno.

Suporte financeiro

FINEP – Financiadora de estudos e projetos.

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Referências

- Alexiou, A. & Bouras, C. (2004). Using VR Technology to Support e-Learning: The 3D Virtual Radiopharmacy Laboratory. In: *Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, Tokyo, 7, 268-273, 23-24 Mar.
- Bell, J.T., (2004), The Application of Virtual Reality to (Chemical Engineering) Education. In: *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Conference 2004*. Chicago, pp. 217-218, 27-31 Mar.
- Blanc, L.A, Bunt, J., Kwok, Y., (2004). The Virtual Learning Space - An Interactive 3D Environment. In: *Proceedings of the tenth international conference on 3D Web technology*. Bangor, 93-102, 29 Mar-1 Apr.
- Bricken, W. (1990), *Learning in virtual reality*. Human Interface Technology Laboratory (Memo: No. 90-5). Human Interface Technology Laboratory, University of Washington. Acesso em Julho, 10, 2006, de: <http://www.hitl.washington.edu/publications/m-90-5>
- Budhu, M. (2002). Virtual Laboratories for Engineering Education. In: *Proceedings of the International Conference on Engineering Education 2002*, Manchester. 334-337, 18-22 Aug.

-
- Byrne, C. (1994). Virtual reality and education. In: *Proceedings of the International Working Conference on Exploring a New Partnership: Children, Teachers and Technology 1994*. Philadelphia, pp. 181-189, Jun 26-Jul 1.
- Fernandes, A. M. R.; Deters, J. I.; Oldoni, A. (2006). Bernardo - Agente Pedagógico do Sistema Tutor Inteligente Aplicado a Neurofisiologia. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Brasília. Anais do XVII Smpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2006. v. 1. p. 168-176.
- Souza, D. F. L., Cunha, I. L. L., Souza, L. C., Moraes, R. M., Machado, L. S., Development of a VR for Medical Training Using Free Tools: A Case Study, In: *Proceedings of Symposium on Virtual and Augmented Reality 2007*, Rio de Janeiro, 100-105, 28-31 May.
- Jacobson, R. (1993). After the virtual reality gold rush: the virtual world paradigm. *Computers & Graphics*, 17(6), 695-698.
- Jankovic, L. (2000). *Game development in VRML*. Virtual Reality. 5, 195-203.
- John, N. W. (2005). *The impact of Web3D Technologies on medical education and training* [[Versão eletrônica](#)]. *Computers & Education*, 5, 117-123.
- Jou, M., Zhang H., & Lin C. (2005). Development of an Interactive e-Learning System to Improve Manufacturing, *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Kaohsiung, 359-360, 05-08 Jul.
- Kirner, T. G., Kirner, C., Kawamoto, A. L., Cantao, J., Pinto, A., & Wazlawick, R. S. (2001). Development of a collaborative virtual environment for educational applications. In: *Proceedings of the Sixth International Conference on 3D Web Technology*, ACM Press, 61-68.
- Netto, A. V., Machado, L. S., & Oliveira, M. C.F. (2001, March) Realidade Virtual: Definições, Dispositivos e Aplicações, *Revista Eletrônica de Iniciação Científica*, 3, Article 1. Retrived Outubro, 08, 2006, de: <http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2002e1/tutoriais/>
- Rosenblum, L. (1998). VR Reborn. *IEEE. Computer Graphics and Application*, (18), 21-23.
- Simo, A., Cavazza, & M., Kijima, R. (2004). *Virtual patients in clinical medicine. Studies in Health Technology and Informatics*, 98, 353-359.
- Vicari, R. M. (1990) *Um Tutor Inteligente para a programação em Lógica: idealização, projeto e desenvolvimento*. Tese de doutorado. Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Vicari R. M. & Giraffa, L. M. M. (2003) *Fundamentos dos Sistemas Tutores Inteligentes*. In: BARONE, D. (org). *Sociedades artificiais: a nova fronteira da inteligência das máquinas*. Porto Alegre: Bookman, 2003. ISBN: 85-363-0124-4.
- Winn, W. (1993), *Humann Interface Technology Laboratory* (Technical Rep. No. 93-9). Washington Technology Center, University of Washington.. Acesso em Julho, 10, 2006 de: <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>
- Youngblut, C. (1998). *Educational Uses of Virtual Reality Technology*. Tese de Doutorado, Institute for Defense Analysis: Alexandria, Alexandria, Virginia, EUA.