

* Artigo Original

Potencialidades da Educação em Saúde Baseada em Realidade Virtual

Potential of Virtual Health Education

Paulo Vinícius de Farias Paiva

Possui graduação em Tecnologia em Redes de Computadores pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e atua junto ao grupo de pesquisa do Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE).

paulovfpiox@gmail.com

Liliane dos Santos Machado

Professora associada do Departamento de Informática da Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Computação Aplicada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo. Atua junto ao grupo de pesquisa do Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE) da UFPB.

liliane@di.ufpb.br

Sérgio Ribeiro dos Santos

Enfermeiro. Administrador. Doutor em Sociologia. Professor Associado do Departamento de Enfermagem Clínica e do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde da Universidade Federal da Paraíba. Coordenador do Grupo de Estudo e Pesquisa em Administração e Informática em Saúde (GEPAIE).

srsantos207@gmail.com

Renata Olívia Gadelha Romero

Possui graduação em Enfermagem pela Universidade Federal da Paraíba. Enfermeira especialista em Avaliação em Saúde pela Ensp/Fiocruz e em Epidemiologia pelo IPTSP/UFG. Mestranda do Programa de Pós Graduação em Enfermagem da UFPB.

renatajpm@hotmail.com

DOI: 10.3395/reciis.v7i3.806pt

Resumo

A Realidade Virtual tem como ideia principal o uso de ambientes tridimensionais nos quais os usuários podem explorar e interagir sentindo-se imersos em simulações realistas. Sistemas de RV são caracterizados principalmente pelo elevado grau de realismo que oferecem ao simular experiências do mundo real ou mesmo situações fictícias. A Medicina e a área da saúde estão sendo beneficiadas com o advento da RV, especialmente pelos Ambientes Virtuais Colaborativos, que são voltados ao ensino e treinamento de procedimentos diversos, possibilitando a educação a distância e práticas colaborativas entre usuários remotos. No contexto da educação em saúde, esses sistemas apresentam algumas vantagens em relação aos métodos tradicionais de ensino, tais como: a redução de custo na formação de estudantes, a redução do uso de cobaias e peças anatômicas em práticas de laboratório, e a possibilidade de um ensino mais interativo. Portanto, o objetivo do presente estudo é apresentar e discutir

os trabalhos que vêm sendo desenvolvidos, de modo a evidenciar os desafios ainda presentes relacionados ao uso da Realidade Virtual para o ensino na área de saúde.

Palavras-Chave: Realidade Virtual; Educação em Saúde; Sistemas de Informação; Ambientes Virtuais; Simuladores.

Abstract

The main goal of virtual reality is to create three-dimensional environments that users can explore and manipulate with the feeling of being immersed in realistic simulations. VR systems are mainly characterized by a high degree of realism in their simulation of real world experiences or even fictitious situations. Medicine and healthcare are benefiting from VR, especially the collaborative virtual environments for teaching various procedures that enable distance education as well as collaboration for remote users. In the context of health education, these systems exhibit some advantages over traditional teaching methods: lower cost for training students, decreased use of guinea pigs and anatomical specimens in laboratories and the possibility of more interactive teaching. Therefore, the aim of this study is to present and discuss the studies that have been performed to highlight the ongoing challenges related to the use of VR in the field of health education.

Keywords: Virtual Reality, Health Education, Information Systems, Virtual Environments, Simulators

Introdução

Os sistemas computacionais são conhecidos por oferecerem uma ampla gama de aplicações. Neste sentido, a computação, apoiada por diversas outras áreas do conhecimento, tais como as engenharias, a administração e ciências, como a matemática e a estatística, possibilita a solução de diversas problemáticas humanas em um contexto interdisciplinar. Algumas lacunas e necessidades antigas e já conhecidas das ciências básicas são atualmente supridas graças aos sistemas em rede, que possibilitam a colaboração a distância, auxiliando na ampliação do processo de ensino/aprendizagem.

A tecnologia da Realidade Virtual (RV) tem sido desenvolvida ao longo dos anos e permite a simulação de eventos do cotidiano das pessoas, inserindo-as em novas experiências. Simulações de museus virtuais, geração de cenários inusitados para entretenimento em cinemas 3D e a simulação de salas de aprendizagem são possibilidades já vivenciadas na atualidade. Os sistemas de RV também são conhecidos como Ambientes Virtuais (AVs) compostos por cenas gráficas tridimensionais, com os quais os usuários interagem, levando-os a sentirem-se imersos em uma realidade alternativa (MORAES et al., 2012; KIRNER; SISCOOTTO, 2007; MARQUES et al., 2011). Os AVs foram inicialmente desenvolvidos por meio do financiamento de órgãos militares e do ramo científico que eram, conseqüentemente, beneficiados pelos avanços desta tecnologia. Assim, foram criados os primeiros simuladores de treinamento militar, que constituíam simulação de campos de batalha com situações de desafio e inimigos virtuais inteligentes (SINGHAL; ZYDA, 1999). Com o crescimento e difusão do uso de tal tecnologia na indústria, no entretenimento, dentre outros setores, a RV alcança a educação, sobretudo a educação e treinamento em saúde, possibilitando práticas mais interativas.

Sistemas de RV que operam em redes de computadores, possibilitando a integração das ações de diversos usuários, são conhecidos como Ambientes Virtuais Colaborativos (AVCs)

(SOUAYED et al., 2003; AHMED et al., 2009) e apresentam algumas vantagens para o ensino em saúde. Como exemplo, pode ser citada a colaboração entre alunos e profissionais, localizados em diferentes regiões, que se ajudam mutuamente, melhorando a qualidade da aprendizagem em diferentes disciplinas. Outra vantagem oferecida pelos AVCs é a possibilidade de ensino a distância para regiões desprovidas de determinada especialidade em saúde, uma vez que um profissional devidamente qualificado pode ensinar remotamente os estudantes desta região.

Vários tipos de aplicações de RV foram desenvolvidos como suporte tecnológico para as práticas de saúde, não só no âmbito da educação, mas também no planejamento de cirurgias, na avaliação neuropsicológica e na reabilitação de pacientes com transtornos fóbicos, nos diagnósticos a distância, na composição de novos medicamentos, na visualização e simulação de pacientes virtuais, dentre outras possibilidades.

Diante o exposto, o presente estudo tem por objetivo discutir tendências do uso das aplicações de RV no ensino na área de saúde, de modo a evidenciar os desafios presentes neste campo. Inicialmente, serão introduzidos os principais conceitos que se associam e fundamentam o trabalho. Em seguida, serão apresentados os aspectos históricos e um panorama atual de educação em saúde no contexto das universidades no Brasil e os resultados de um levantamento bibliográfico realizado sobre sistemas em apoio às práticas de saúde. Nesta pesquisa, diferentes tipos de sistemas foram estudados, buscando-se analisar suas principais funcionalidades e recursos oferecidos, tais como a possibilidade de colaboração entre usuários remotos via Internet, avaliação do desempenho do treinamento individual e colaborativo (MORAES; MACHADO, 2012), dentre outros. A revisão bibliográfica foi realizada com o auxílio do portal de busca em periódicos da CAPES e a ferramenta de busca *Google Scholar*, com pesquisas realizadas em diversas bases de publicações científicas. Finalmente, são discutidas as principais aplicações de RV e suas vantagens oferecidas para o processo de ensino-aprendizagem.

Fundamentação Teórica

Atualmente, diversos trabalhos científicos apresentam a necessidade de se prover aprimoramento na qualidade e no controle das informações relacionadas com a saúde que se encontram disponíveis na Internet em diversos âmbitos, como o educacional, administrativo, político, dentre outros (GUIMARÃES; SILVA; SANTANA, 2012; LOPES, 2012; MARQUES, 2011; HEIRINRICH, 2008). No contexto da educação, por exemplo, a tecnologia da informação tem sido utilizada e bem difundida por novas áreas do conhecimento, como a Educação a Distância (EAD), Realidade Virtual (RV), Jogos educativos ou *Serious Games*, dentre outras (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). Segundo Wei e Wen-Qi (2010), 80% dos erros cirúrgicos podem ser atribuídos a erros humanos, o que torna imprescindível o desenvolvimento de novos métodos de ensino que possibilitem a prática e o treino com aprendizagem mais efetiva.

Com base na literatura, foram observadas algumas carências e lacunas existentes nos métodos tradicionais de ensino nas áreas da saúde. Por exemplo, algumas disciplinas dos primeiros períodos de cursos de graduação são ministradas muitas vezes em aulas teóricas, auxiliadas apenas por imagens, diagramas e manequins, adiando o primeiro contato prático dos alunos. Além disso, algumas das práticas são consideradas inconvenientes ou mesmo desconfortáveis, como, por exemplo, aquelas que são realizadas em pacientes dos Hospitais Universitários (HUs), que, na condição de cobaias, sentem-se constrangidos devido aos exames realizados por vários estudantes em um só tempo, ou devido aos riscos assumidos (SANTOS et al., 2010b). Outro aspecto que caracteriza limitação no processo de aprendizagem é a impossibilidade de os estudantes realizarem suas experiências práticas em períodos de

férias e greves das universidades, uma vez que os laboratórios comumente permanecem fechados.

No contexto da avaliação do conhecimento e das habilidades em procedimentos específicos, percebe-se a dificuldade de os estudantes serem avaliados de forma padronizada sob as mesmas condições e, atualmente, há a ausência de métricas bem definidas para tal finalidade, conforme a literatura aponta (SATAVA et al., 2003; WIET et al., 2012). O que se observa atualmente é que a relação professor-aluno é caracterizada pela estreita supervisão em uma série de situações, em que os princípios e os procedimentos são ensinados muitas vezes com base unicamente na interpretação particular do professor a respeito dos padrões atuais da prática em questão (COSMAN et al., 2002). Outro fator importante no quesito de avaliação da aprendizagem é o fato de o ensino ser feito em clínicas e salas cirúrgicas com pacientes reais, sendo inviável uma medição precisa do nível de conhecimento dos estudantes, uma vez que as condições fisiológicas dos pacientes não se mantêm estáticas ao longo do tempo (VICIANA-ABAD; REYES-LECUONA, 2005). Devido a essas questões, muitas das práticas em saúde não podem ocorrer indefinida e sistematicamente, sendo os simuladores baseados em RV uma solução para tal problemática, visto que trazem a possibilidade de os estudantes repetirem o procedimento incontáveis vezes, até que se sintam devidamente capacitados (MACHADO; MORAES, 2007).

Outros importantes aspectos a serem considerados são as questões éticas que constituem verdadeiras barreiras nas práticas que utilizam animais como cobaias em experimentos laboratoriais ou em práticas de ensino, bem como o uso de peças anatômicas e cadáveres (PAIVA; MACHADO; OLIVEIRA, 2012b). Ainda dentro do contexto da avaliação de habilidades, uma importante questão a ser considerada é a possibilidade de se viabilizar a avaliação do treinamento de uma equipe de saúde em procedimentos operacionalizados de forma colaborativa.

Como podemos observar, há a necessidade de métodos de ensino alternativos que venham a contribuir na redução de tais problemáticas. É neste contexto que a simulação computacional de procedimentos em saúde tem sido bastante explorada por diversas aplicações, como meio alternativo de treinamento de estudantes nesta área (WEI; WEN-QI, 2010).

Realidade Virtual e saúde

A Realidade Virtual (RV) pode ser compreendida como uma interface humano-computador que promove uma experiência realista aos seus usuários ao permitir que estes interajam com ambientes virtuais 3D simulados. Os sistemas de RV também são conhecidos como Ambientes Virtuais (AVs) e algumas das características comuns a estes sistemas são: a geração de ambientes gráficos tridimensionais, a exploração dos canais multissensoriais na interação com o usuário, a promoção de uma interação mais intuitiva por meio do uso de tecnologias que promovem manipulações naturais e, por fim, respostas às ações dos usuários em tempo real (SINGHAL; ZYDA, 1999). É importante ressaltar que tecnologias como a computação gráfica e a eletrônica são usadas como forma de facilitar a interação do usuário, empregando estímulos aos principais canais de percepções humanas como o tato, a visão e a audição (SEWELL *et al.*, 2007). Dispositivos como as luvas de dados, de rastreamento de movimentos corporais, dispositivos hápticos, que possibilitam ao usuário sentir as propriedades materiais (elasticidade, rigidez, maciez etc.) dos objetos virtuais presentes no AV por meio do tato, capacetes e óculos para visualização em três dimensões são algumas das possibilidades oferecidas pela RV na interação do usuário com o AV (Figura 1). Esses dispositivos são importantes, pois promovem ao usuário um envolvimento maior com o AV, uma vez que as suas capacidades psicomotoras e cognitivas são estimuladas.

Como consequência natural de diversos esforços de grupos de pesquisa, a RV também tem apresentado contribuição no desenvolvimento dos chamados Simuladores Médicos: ambientes virtuais que simulam experiências e situações específicas da área médica ou de áreas afins, com diferentes propósitos (PAIVA; MACHADO; OLIVEIRA, 2012a; SANTOS, 2010b). Tais simuladores possuem diversas aplicações, como a realização de diagnósticos e cirurgias a distância, o auxílio à educação e treinamento de estudantes, dentre outras. Os dispositivos hápticos são importantes no contexto do ensino em saúde, uma vez que promovem simulações de procedimentos envolvendo ferramentas como agulhas, bisturis ou mesmo apenas o toque humano.

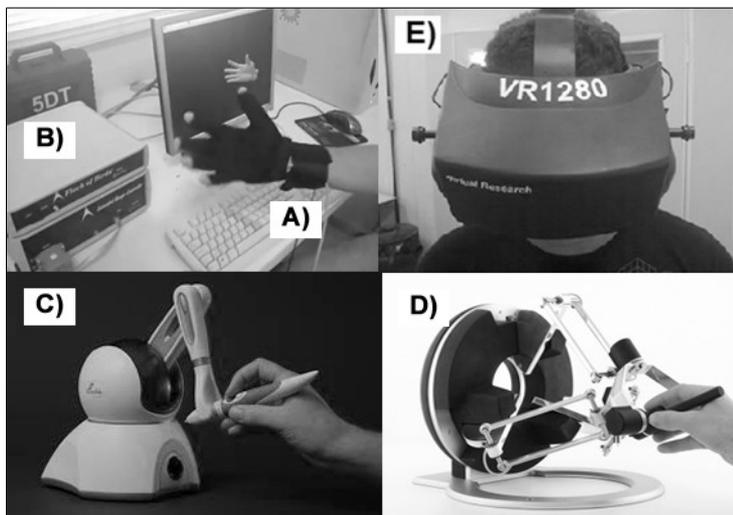


Figura 1 - Dispositivos de Interação de RV: a) luvas de dados; b) dispositivo de rastreamento de movimento; c-d) dispositivos hápticos (FORCE DIMENSION, 2012; BOBSPALLER, 2012); e) capacete de visualização. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os simuladores baseados em RV possuem diversas outras vantagens e produzem certo fascínio não apenas pela expressão realista que o espaço 3D e a sua forma de operação interativa promovem, mas, sobretudo, pela possibilidade de fazer com que as pessoas tenham conhecimento perceptivo e racional de suas experiências de modo a intensificar conceitos, produzir novas concepções, descobrir e adquirir novas informações de uma maneira ativa. A RV pode fazer com que médicos possam interagir em um ambiente virtual e permite-lhes observar modelos 3D dos órgãos do corpo humano, aprender a lidar com as situações reais que frequentemente ocorrem em operações clínicas, ou mesmo com as situações críticas e inesperadas, de modo a praticar intervenções no corpo humano virtual, que responde a cada uma delas de maneira específica (VICIANA-ABAD; REYES-LECUONA, 2005).

Vantagens dos simuladores para treinamento e avaliação de habilidades

Os principais usos dos simuladores para a avaliação objetiva da cognição em procedimentos cirúrgicos relacionam-se com a identificação correta das estruturas anatômicas, realização do procedimento na sequência correta de passos e identificação de erros (ALCÁÑIZ *et al.*, 2004). Estima-se que um procedimento cirúrgico depende de aproximadamente 75% de habilidade cognitiva e 25% de habilidade técnica (SATAVA *et al.* 2003), sendo, portanto, clara a necessidade de prática e treinamento em ambos os níveis de conhecimento (teórico e prático) (KUMAGI *et al.*, 2007).

Segundo Cosman et al. (2002), os simuladores possuem duas grandes vantagens: a possibilidade de aquisição de habilidades cirúrgicas e a avaliação objetiva do desempenho de treinamento. Deste modo, os simuladores contribuem para o atendimento ao paciente, proporcionando a oportunidade de estudantes praticarem suas habilidades cognitivas e técnicas, alcançando proficiência em determinado procedimento mesmo antes de realizá-lo em pacientes reais (SANTOS et al., 2010a). Outras vantagens oferecidas pelos simuladores de RV são a habilidade de padronização da avaliação dos estudantes e a possibilidade de os estudantes repetirem o treinamento inúmeras vezes, sem medo de cometerem falhas, ou causarem danos aos pacientes, em um ambiente controlado (COSMAN et al., 2002).

Os simuladores permitem ainda o rastreamento de movimentos de instrumentos e movimentos corporais dos usuários, facilitando o processo de avaliação do procedimento. Os dados de desempenho são armazenados para que comparações com movimentos pré-gravados por instrutores experientes possam ser efetuados. Também há a possibilidade de comparação com o desempenho de outros estudantes, de modo que estes recebam um *feedback* instantâneo sobre o seu nível de habilidades cognitivas e técnicas. Estas comparações objetivas entre os estudantes são possíveis nos simuladores graças à possibilidade de reprodução e condições imparciais geradas.

Metodologia: Revisão Bibliográfica e Aplicações de RV em saúde

Diversos trabalhos presentes na literatura apresentam aplicações computacionais utilizadas para diferentes propósitos na área da saúde. No contexto de educação nas áreas de saúde auxiliada pela computação, este estudo realizou um levantamento bibliográfico sobre diferentes tipos de aplicações computacionais que estão sendo propostas como ferramentas auxiliares neste processo.

O levantamento dos trabalhos foi realizado com auxílio do portal de busca em periódicos da CAPES e da ferramenta de busca Google Acadêmico, com buscas feitas em várias bases de publicações científicas, tais como: *IEEE Xplore, Elsevier, SpringerLink, Scielo, ACM Digital Library, CiteSeerX, PubMed*. As palavras-chave utilizadas nas buscas foram: *Collaborative Virtual Environments, Shared Virtual Environments, Virtual Reality, Surgical Simulation, Surgery Training, Assessment of Medical Skills, Decision Making*.

Buscas por diferentes tipos de publicações científicas (capítulos de livros, anais de congressos, artigos, dentre outros) nos últimos 5 anos (2008 - 2012) foram efetuadas em diferentes momentos com auxílio do recurso do portal de periódicos da CAPES. Ao todo, foram encontrados 436 títulos em um primeiro momento e 769 títulos em um segundo momento, dos quais foram selecionados 60 trabalhos. Como critério de escolha dos trabalhos, estipulou-se que os estudos tinham de envolver o uso da RV ou de outros sistemas computacionais como ferramenta de suporte às práticas de saúde, utilizando-se ou não do recurso de métodos de decisão na lógica computacional. As buscas foram realizadas no período de outubro a novembro do ano de 2012.

Os trabalhos escolhidos apresentam variados tipos de estudos, envolvendo o desenvolvimento de aplicações computacionais, discussões sobre métricas de avaliação das práticas em saúde e sobre o treinamento em procedimentos diversos em tal área. De modo geral, as aplicações encontradas destinam-se ao ensino e treinamento de procedimentos na saúde. As aplicações variaram quanto aos recursos suportados, tais como: colaboração, realidade virtual, avaliação do treinamento individual e de um grupo de usuários. As aplicações foram divididas nos seguintes grupos:

Grupo I) Simuladores com suporte à avaliação do treinamento: Esta categoria inclui os AVs com o recurso da avaliação dos usuários. Neste contexto, encontramos trabalhos que tanto utilizam métodos de avaliação mais simples (e.g. aplicação de questionários, observação) quanto os mais complexos (e.g. uso de métodos estatísticos de decisão). Os simuladores agrupados nesta categoria foram: Simulador de procedimento de pulsão lombar (FÄRBER et al., 2008), Simulador *LapSim Basic Skills 1.5* (GIUSEPPE et al., 2006), *LapVR* (LOUKAS e GEORGIU, 2011), SITEG (MACHADO ; MORAES, 2010) e GeRTiSS (ALCĂNI et al., 2003).

Grupo II) Ambientes Virtuais Colaborativos: Esta categoria contém as aplicações com suporte à colaboração via redes, voltadas para a formação de equipes de saúde. Os seguintes AVCs foram encontrados: Virtual ED I (*Emergency Department*) (HEINRICHS et al., 2008), OPVIR (REIS et al., 2010), ACOnteCe-Cardio (ALBERIO; OLIVEIRA, 2006), simulador de cirurgia de escoliose (COTE; BOULAY, 2008), simulador de cirurgia de catarata (SHEN et al., 2008), simulador para treinamento em gerenciamento de sangue em cirurgias ortopédicas (QIN et al., 2010), a sala de colaboração (*Collab Room*) (DEV e HEINRICHS, 2008) e os AVCs voltados para treinamento em manobras cirúrgicas básicas (corte, sutura etc.) e para estudo da fisiologia humana por meio de peças anatômicas, propostos por Dev et al. (2002).

Grupo III) Sistemas inteligentes para treinamento em saúde: Este grupo caracteriza-se pelo uso de métodos estatísticos no desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA) do sistema, como, por exemplo, na modelagem da fisiologia humana de pacientes virtuais, ou mesmo no controle do fluxo de execução. É importante destacar que, neste grupo de aplicações, as técnicas de IA são aplicadas na modelagem de comportamentos de personagens e no fluxo de eventos, diferentemente do uso empregado nos grupos I e II, que as utilizam para classificação do desempenho dos usuários (avaliação). Apontamos, como exemplos, as seguintes aplicações: COMET (*Collaborative Medical Tutor*) (SUEBNUKAN, 2009) e UVIMO (VICIANA-ABAD e REYES-LECUONA, 2005).

Grupo IV) Um quarto grupo de pacotes de desenvolvimento, os chamados frameworks, foi composto a parte com o intuito de se verificar quais as principais funcionalidades disponíveis e exploradas pelos sistemas de RV. Os *frameworks* são ferramentas muitas vezes utilizadas no desenvolvimento de sistemas de RV e fornecem diferentes funcionalidades computacionais já pré-codificadas, tais como: métodos estatísticos para avaliação, técnicas de computação gráfica, suporte à colaboração e dispositivos de interação. Os *frameworks* de desenvolvimento encontrados foram: SCETF (COWAN, B. et al., 2011), CyberMed (PAIVA; MACHADO; OLIVEIRA, 2011), Gipsi (LIBERATORE, 2006), Spring (MONTGOMERY, 2010), SOFA (ALLARD, 2007) e ViMet (OLIVEIRA, 2010). Alguns exemplos das aplicações pesquisadas estão visíveis na Figura 2.

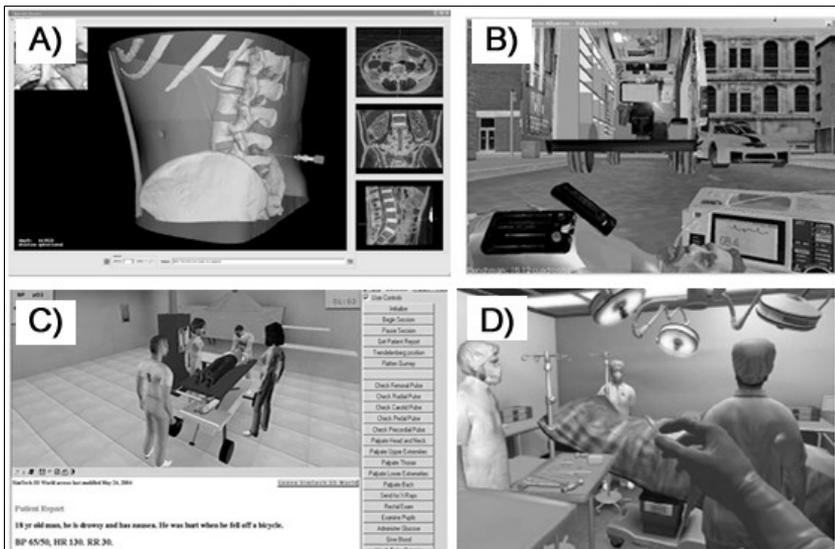


Figura 2 - Exemplos de aplicações pesquisadas: A- Simulador de pulsão lombar (FÄRBER *et al.*, 2008); B- UVIMO (VICIANA-ABAD e REYES-LECUONA, 2005); C- Virtual ED I (HEINRICHS *et al.*, 2008); D- Aplicação desenvolvida com o *framework* SCETF (COWAN, B. *et al.*, 2011). Fonte: Elaborado pelos autores.

Diversos tipos de aplicações de RV estão sendo desenvolvidas nas últimas décadas e com diferentes enfoques na área da saúde, tais como:

- **Treinamento e educação:** Diversas aplicações voltadas para o ensino e treinamento de habilidades cirúrgicas estão presentes na literatura, tais como simuladores de cirurgias minimamente invasivas de laparoscopia e endoscopia (LOUKAS; GEORGIU, 2011) e simuladores de cirurgias de catarata (SHEN *et al.*, 2008), escoliose (COTE; BOULAY, 2008) e remoção de vesícula biliar (GUNN *et al.*, 2005). O treinamento em cirurgia virtual apresenta algumas vantagens, como o baixo custo, a ausência de risco para a integridade física de pacientes, a possibilidade de os procedimentos serem repetidos tantas vezes quanto necessário, possibilitando uma aprendizagem mais sólida, e o autodirecionamento para que os estudantes possam praticar de forma autônoma, ajudando-os a melhorarem as suas competências em operações cirúrgicas e de outras práticas que envolvam a destreza psicomotora. Entretanto, é importante destacar que existem limitações tecnológicas que impedem os dispositivos de interagir de simularem o treinamento de forma tão realista quanto o treino tradicional realizado com peças anatômicas reais.
- **Planejamento de cirurgias:** A RV também pode ser usada no momento pré-operatório do planejamento cirúrgico, de modo que o profissional tenha maior proximidade com o interior do organismo do paciente para identificar os órgãos e regiões afetadas, auxiliando no plano de ação. No planejamento cirúrgico, por exemplo, há a possibilidade de o posicionamento e o ângulo de uma determinada ferramenta serem testados em situações críticas durante um procedimento simulado. Assim, um grupo de cirurgiões pode planejar conjuntamente a melhor intervenção a ser efetuada (SWELL *et al.*, 2007; REIS *et al.*, 2010).
- **Avaliação neuropsicológica e reabilitação:** A RV também tem trazido benefícios terapêuticos para diferentes doenças psicológicas. Com a RV, há a possibilidade de geração de ambientes gráficos que simulam situações específicas do mundo real com

ótimo nível de realismo. Deste modo, pacientes com processos fóbicos gerados por situações de alto nível de stress podem ser imersos gradativamente às simulações destas situações de modo que venham a ser tratados e curados de tais enfermidades. Segundo Riva (2003), a RV tem sido utilizada em tratamentos de fobias como: acrofobia, aracnofobia, pânico, distúrbios de imagem corporal, distúrbio compulsivo alimentício e medo de andar de avião. Com a RV, há também a possibilidade de avaliação para reabilitação das funções de pacientes com lesões cerebrais, resultando em boas propriedades psicométricas.

- **Diagnósticos a distância:** Outra possibilidade destes ambientes virtuais é a realização de diagnóstico auxiliado por ambientes virtuais de RV conectados à Internet, de modo que profissionais de diferentes regiões possam trocar importantes informações visando a obtenção de diagnósticos mais precisos. O trabalho proposto por Dev e Heinrichs (2008) constitui um ambiente virtual onde o médico dermatologista, auxiliado por um dispositivo háptico e um sistema de visualização com monitor de alta resolução, pode interagir com um paciente a distância, que, por sua vez, é examinado por outro dispositivo háptico que reproduz as ações do médico sobre o seu braço, possibilitando a identificação da textura da pele por meio do tato e da visão e, conseqüentemente, a realização de um diagnóstico em dermatologia (DEV et al., 2002).
- **Composição de medicamentos e visualização de estruturas microscópicas:** Com o advento da RV, é possível a simulação de imagens 3D realistas de forma objetiva e dinâmica em conjunto com informações sensoriais como o toque, a audição e a visão de forma que os estudantes se aproximam da realidade de situações que dificilmente poderiam experimentar em salas de aula convencionais. Deste modo, os estudantes podem observar de maneira mais próxima uma série de eventos antes inexploráveis, tais como a visualização das estruturas corporais internas, o funcionamento de órgãos vitais, simulação do universo microscópico e das reações químicas no organismo humano. Utilizando-se deste potencial da RV, algumas aplicações são desenvolvidas no ramo científico no que diz respeito à síntese e testes de novos medicamentos, visualização 3D de moléculas e de estruturas celulares (RIVA, 2003).
- **Simulação de pacientes virtuais:** Os simuladores são uma maneira eficaz para estagiários aprimorarem suas habilidades técnicas antes de iniciarem suas práticas na sala de cirurgia, diminuindo, portanto, a curva de aprendizado. Alguns trabalhos estão sendo realizados no tocante à simulação de pacientes virtuais que apresentam determinado quadro clínico, para que o usuário possa treinar diagnósticos, intervenções e verificar os efeitos e reações de suas ações no organismo virtual (VICIANA-ABAD; REYES-LECUONA, 2005).

Deste modo, percebe-se que existem vastas possibilidades de uso da RV na saúde. Em pesquisa conduzida por Marques et al. (2011) com objetivo de analisar os escopos e características das aplicações de RV na área da saúde desenvolvida atualmente no Brasil, a Figura 3 foi sintetizada a partir dos resultados encontrados e as porcentagens de trabalhos publicados de acordo com o enfoque de cada grupo de aplicações, como, por exemplo: terapia, ferramentas de desenvolvimento, treinamento de procedimentos e apresentação de conteúdo.

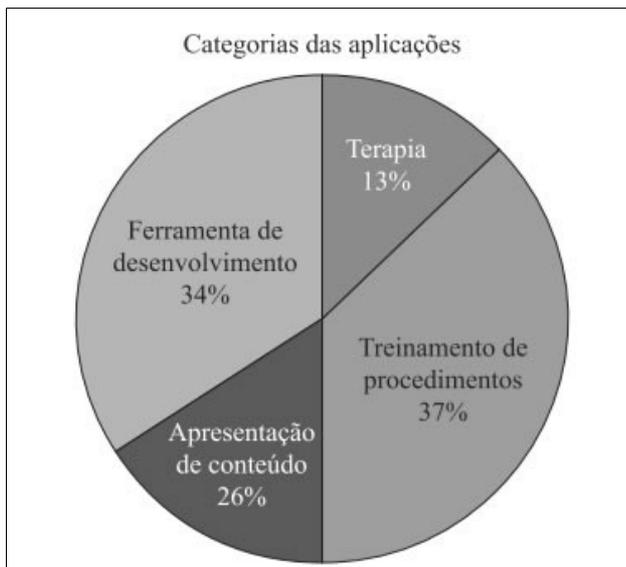


Figura 3 - Distribuição de artigos publicados de acordo com as áreas de aplicação. Fonte: Marques *et al.* (2011), p.251.

Resultados

Em relação aos simuladores com suporte à avaliação (Grupo I), observamos que todos são baseados em RV e monousuários, isto é, não permitem a colaboração de vários usuários via rede e, conseqüentemente, também não permitem a avaliação das ações de um grupo. No entanto, todos permitem a avaliação individual, embora proporcionem esta avaliação baseando-se em diferentes métodos estatísticos. A avaliação nestes simuladores é feita por meio de métodos mais sofisticados ou com base em esquemas de pontuação e variáveis de interação, como o tempo de execução ou número de erros. Como exemplo do primeiro caso, o Simulador Interativo de Exame Ginecológico (SITEG) disponibiliza um sistema especialista de avaliação que utiliza lógica *fuzzy*, permitindo a identificação de erros cometidos e a classificação do treinamento de acordo com diferentes classes de desempenho. O sistema GeRTiSS (ALCÁNI *et al.*, 2003), por sua vez, avalia o treinamento do usuário a partir de variáveis como o tempo de intervenção, o número de cortes e cauterizações, utilizando a lógica clássica como método de decisão. Ainda no âmbito da avaliação de treinamento, foram encontrados também os simuladores de RV que rastreiam os sinais dos movimentos manuais em procedimentos cirúrgicos, como, por exemplo, o simulador de laparoscopia (proposto por LOUKAS; GEORGIU, 2011), que possui, acoplado ao simulador de RV, um sistema de avaliação baseado em um Modelo Multivariado Autoregressivo dos movimentos manuais. Apenas o simulador SITEG utiliza *framework* (CyberMed) em seu desenvolvimento. Nos demais trabalhos, tal informação não foi disponibilizada pelos autores ou o recurso não foi mesmo utilizado.

No caso dos AVCs (Grupo II), naturalmente são ambientes virtuais de RV e todos apresentam o recurso da colaboração. No quesito de avaliação do desempenho do treinamento dos usuários, apenas os sistemas OPVIR e o simulador de cirurgia de catarata possibilitam a avaliação. No entanto, o método utilizado nestes sistemas é realizado por meio da lógica clássica, avaliando-se variáveis mais simples como o tempo de execução e o número de erros. Nenhum dos AVCs apresentados possibilita o recurso de avaliação das interações da equipe como um todo. Apenas o simulador ACONTECe-Cardio fez uso de reutilização de *software*, para

construção do modelo de comunicação em rede com o auxílio do sistema colaborativo COVET¹, sendo que tal informação não foi disponibilizada pelos autores dos outros trabalhos ou o recurso não foi utilizado. Os sistemas computacionais inteligentes (Grupo III) apresentados, por sua vez, são voltados ao treinamento em saúde e utilizam técnicas de IA em sua lógica. O Sistema Inteligente de Tutoria *COMET* (SUEBNUKARN, 2010), por exemplo, não é de RV, mas apresenta o uso do recurso da colaboração entre estudantes remotos no auxílio às sessões de Aprendizagem Baseada em Problemas. Neste sistema é usado método de avaliação individual baseado em Redes Bayesianas para auxiliar o grupo de estudantes na decisão de diagnóstico médico. Já o sistema UVIMO é baseado em RV, monousuário e utiliza um sistema especialista baseado em lógica *fuzzy* na modelagem dos estados fisiológicos de um paciente virtual. Ambos os sistemas não disponibilizam os recursos de avaliação individual e/ou de grupo. Na etapa de desenvolvimento, apenas o UVIMO utilizou os *frameworks* Sense8, CLIPS e FuzzyCLIPS para geração do ambiente gráfico 3D e inclusão do método de lógica *fuzzy*. O perfil das aplicações encontradas segundo os recursos suportados está apresentado resumidamente na Figura 4, com exceção do grupo dos *frameworks*.

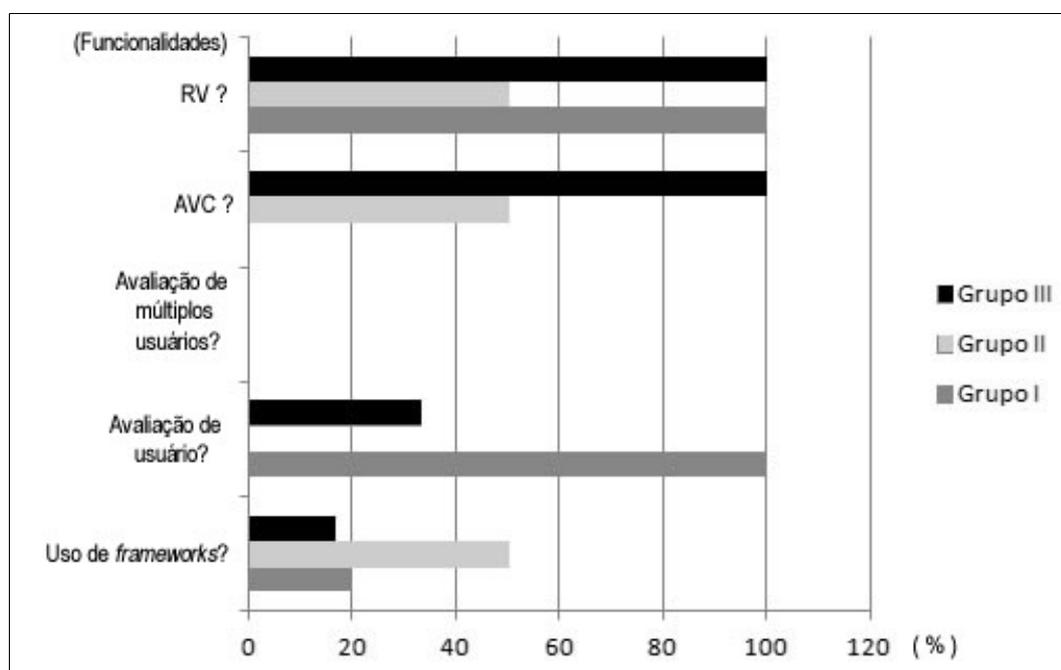


Figura 4 - Perfil das aplicações computacionais pesquisadas voltadas ao ensino da saúde. Fonte: Elaborado pelos autores.

Baseando-nos no levantamento das aplicações apresentado na Figura 4, podemos concluir que os sistemas presentes no Grupo I são todos de RV, foram desenvolvidos com auxílio de *frameworks* e possibilitam a avaliação de um único usuário. Com relação ao Grupo II, verifica-se que 50% das aplicações oferecem recursos de RV, são sistemas colaborativos, ou seja, possibilitam a interação entre usuários remotos via Internet e reaproveitaram funcionalidades de *frameworks*, mas não oferecem a possibilidade de avaliação dos usuários. Finalmente, no Grupo III, os sistemas oferecem recursos de RV e são aplicações colaborativas. Uma parte das aplicações do mesmo grupo (~37 %) apresenta o recurso da avaliação do usuário e a menor parte (~18 %) foi desenvolvida com auxílio de *frameworks*. Podemos observar ainda que

¹ O COVET (*Collaborative Virtual Environment for Training*) é um *software* colaborativo desenvolvido na Universidade de Ottawa e a sua implementação da camada de controle de comunicação via rede foi reutilizada no AVC ACOnteCe-Cardio.

nenhuma das aplicações encontradas oferece a possibilidade de avaliação das ações de um grupo de usuários. O recurso da avaliação das ações de um grupo é considerado importante para a educação em saúde, visto que permite simulações de procedimentos realizados por mais de um indivíduo, como no caso de diferentes tipos de cirurgias.

Discussão

No contexto da avaliação do conhecimento e habilidades dos estudantes em procedimentos de saúde, existem algumas dificuldades em permitir que estudantes com diferentes níveis de conhecimento sejam avaliados de forma padronizada nas mesmas condições, por conta da ausência de métricas bem definidas para este fim (LOUKAS; GEORGIU, 2011). O que se observa atualmente é que a relação entre aluno e professor é caracterizada por uma estreita supervisão em uma série de situações, em que os princípios e procedimentos ensinados são muitas vezes baseados apenas nas interpretações pessoais dos professores a respeito da prática executada pelo aluno. Outro fator importante no contexto da avaliação é que as práticas que ocorrem em salas de operação com pacientes reais apresentam dificuldades para o processo de mensuração objetiva do nível de conhecimento dos alunos, uma vez que as condições fisiológicas de pacientes reais não permanecem estáticas ao longo do tempo (VICIANA-ABAD; REYES-LECUONA, 2005).

Diante desses fatos, podemos afirmar que há muitas lacunas nos atuais processos de ensino-aprendizagem em saúde e estas podem ser amenizadas com o advento da Realidade Virtual. Como visto no presente estudo, diversos tipos de aplicações têm sido desenvolvidos e pesquisas relacionadas com os AVs relatam a eficiência de tal tecnologia em transmitir conhecimentos e estimular cognitivamente seus usuários. Outra característica apresentada pelos sistemas de RV é a capacidade de monitoramento das ações, a fim de investigar e avaliar o desempenho e conhecimento dos usuários em determinadas práticas de saúde (MACKEL *et al.*, 2006). Assim, a avaliação do usuário é importante para os AVs de ensino em que é indispensável o retorno das ações do usuário, tal qual um professor o faria se estivesse presente. Pode-se destacar ainda a vantagem de realizar a avaliação do desempenho dos usuários; uma vez que os AVs são sistemas computacionais, existe a possibilidade de armazenamento dos dados do treinamento para futuras análises por parte dos professores, que poderão avaliar de maneira padronizada um grupo de estudantes.

Portanto, apesar de haver inúmeras possibilidades oferecidas por estes sistemas, é importante destacar que a RV não visa dispensar o importante contato prático com professores e outros estudantes, mas sim auxiliar este processo de aprendizagem. Deste modo, após levantamento bibliográfico a cerca do uso das aplicações de RV em suporte ao treinamento e avaliação das habilidades e conhecimentos de estudantes, destacamos que nenhum dos AVs encontrados disponibiliza o recurso da avaliação de um grupo de usuários. Por outro lado, sabe-se que este recurso é fundamental para ambientes virtuais educativos que simulem experiências e procedimentos que são realizados em conjunto, como é o caso das cirurgias, diagnósticos a distância, dentre outros. Tal fato demonstra a necessidade existente de realização de pesquisas e desenvolvimento de tais tecnologias que venham auxiliar o processo educativo em saúde.

Conclusões

Este estudo propôs-se a investigar as potencialidades oferecidas pela tecnologia da Realidade Virtual, apresentando não só os desafios a esta tecnologia no contexto do ensino em saúde, mas também suas vantagens. Observou-se que há uma carência de métricas de avaliação de conhecimentos e habilidades práticas em saúde, conforme a literatura aponta (LEACH *et al.*,

2009), e, conseqüentemente, as aplicações computacionais desenvolvidas com base em conhecimentos especialistas também possuem essa carência. Nenhuma dentre as aplicações encontradas no levantamento bibliográfico possibilita a realização da avaliação dos conhecimentos de uma equipe de saúde, levando-se em consideração os aspectos individuais e do grupo como um todo, como, por exemplo, de uma equipe cirúrgica.

É importante destacar que, na fase de desenvolvimento dos Ambientes Virtuais com as características apresentadas neste estudo (colaboração, avaliação de desempenho, dispositivos de interação etc.), é extremamente recomendada a presença de uma equipe interdisciplinar, uma vez que estes sistemas envolvem diferentes áreas do conhecimento humano, tais como a Saúde, a Estatística e a Computação. Deste modo, faz-se fundamental um diálogo interdisciplinar entre profissionais destas áreas e a definição criteriosa dos principais requisitos destes sistemas, de modo que estes possam ser incorporados nas práticas educativas e adicionados aos currículos universitários de saúde.

Agradecimentos

Este projeto é financiado pela CAPES e pelo CNPq (Processos 181813/2010-6, 310561/2012-4, 310470/2012-9) e está inserido nas atividades do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Medicina Assistida por Computação Científica.

Referências Bibliográficas

AHMED, D.T. et. al. A Hybrid P2P Communications Architecture for Zonal MMOGs, **Journal of Multimedia Tools and Applications**, v. 45, n. 1-3, p.313-145, Oct. 2009. [doi: 10.1007/s11042-009-0311-y].

ALBERIO, M. V.; OLIVEIRA, J. C. ACOnteCe-Cardio: um Ambiente COLaborativo para Treinamento em Cirurgia Cardíaca. 2006. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/svr/2006/045.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

ALCÁÑIZ, M. et al. GeRTiSS: Generic Real Time Surgery Simulation. **Studies in Health Technology and Informatics**, v.94, p.16-18, 2004.

ALLARD, J. et. al. SOFA: an open source framework for medical simulation. **Studies in health technology and informatics**, v. 125, p. 13-8, 2007.

BOBSPALLER. Website. Disponível em:< <http://bobspaller.com/phantomomni.html>>. Acesso em: 02 fev. 2012.

COSMAN, P. H.; CREGAN, P.; MARTIN, C.J.; MARTINI, J.A. Virtual Reality Simulators: Current Status in Acquisition and Assessment of Surgical Skills. **ANZ Journal of Surgery**, v. 72, n.1, p. 30-34, 2002. [doi: 10.1046/j.1445-2197.2002.02293.x].

COTE, M.; BOULAY, J. Virtual Reality Simulator for Scoliosis Surgery Training : Transatlantic Collaborative Tests. **IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications (HAVE 2008)**, p.18-19, out. 2008. [doi: 10.1109/HAVE.2008.4685289].

COWAN, B. et. al. SCETF: Serious game surgical cognitive education and training framework. **2011 IEEE International Games Innovation Conference (IGIC)**, p.130-133, 2011.

DEV, P. *et al.* Simulated Medical Learning Environments on the Internet. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 9, n. 5, p.437-447, 2002. [doi: 10.1197/jamia.M1089].

FÄRBER, M. et al. Training and evaluation of lumbar punctures in a VR environment using a 6DOF haptic device, **Studies in Health Technology and Informatics**, v.132, p.112-114, 2008.

FORCE DIMENSION. Website. Disponível em: <<http://www.forcedimension.com>>. Acesso em: 02 fev. 2012.

GIUSEPPE, M. et al. Modelling and Evaluation of Surgical Performance Using Hidden Markov Models. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 53, n.10, p. 1911-1919, Oct. 2006. [doi: 10.1109/TBME.2006.881784].

GUNN, C., et al. Using collaborative haptics in remote surgical training. **Eurohaptics Conference e Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems**, v., p.481-482, 2005. [doi: 10.1109/WHC.2005.141].

GUIMARÃES, M. C. S; SILVA, C. H.; SANTANA, R.A. Uma abordagem de educação para saúde a partir da informação científica e tecnológica, **RECIIS**, v.6, n.2, jun. 2012.

HEIRINRICH, W.L. et al. Simulation for team training and assessment: case studies of online training with virtual worlds. **World Journal of Surgery**, v.32, n.2, p. 161-170, 2008.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R.A. Fundamentos de realidade virtual e aumentada In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY, 9., 2007, Petrópolis,RJ. **Livro do Pré-Simpósio**. p.2-21.

KUMAGI, K. et. al. A new force based objective assessment of technical skills in endoscopic Sinus Surgery. **Studies in Health Technology and Informatics**, v. 125, p.235-7, 2007.

LEACH, L. S et al. Assessing the performance of surgical teams. **Health care management review**. v.34, n.1, p.29-41, 2009. [doi: 10.1097/01.HMR.0000342977.84307.64]

LIBERATORE, V.; CAVUSOGLU, M. C.; CAI, Q. GiPSiNet: an open source/open architecture network middleware for surgical simulations. **Studies in health technology and informatics**, v. 119, p. 316-21, 2006.

LOPES, I.L., Iniciativas internacionais para o controle da qualidade da informação em Saúde na Web, **RECIIS**, v.6, n.2, Jun. 2012.

LOUKAS, C.; GEORGIU, E. Multivariate autoregressive modeling of hand kinematics for laparoscopic skills assessment of surgical trainees. **IEEE transactions on bio-medical engineering**. v. 58, n.11, p. 3289-97, 2011. [doi: 10.1109/TBME.2011.2167324].

MACKEL, T. et. al. Data Mining of the E-Pelvis Simulator Database: A Quest for a Generalized Algorithm for Objectively Assessing Medical Skill. **Proc. of Virtual and Augmented Reality**, v. 119, n. 14, p. 355-360, 2006.

MACHADO, L.S.; MORAES, R.M. Multiple Assessment for Multiple Users in Virtual Reality Training Environments. **Lecture Notes in Computer Science**, Springer, v. 4756, p. 950-956, 2007.

MARQUES, F.L.S.N. et. al. Realidade virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**. v. 27, n. 4, p. 243-258, 2011. [doi: 10.4322/rbeb.2011.020].

MONTGOMERY, K. et al. Spring: A general framework for collaborative, real-time surgical simulation. **Studies in Health Technology and Informatics**, IOS Press, Amsterdam, v.85, p. 296-303, 2002.

MORAES, R.M.; Machado, L.S. Assessment Systems for Training Based on Virtual Reality: A Comparison Study. **SBC Journal on 3D Interactive Systems**, v. 3, p.9-17, 2012.

MORAES, R.M. et al. Serious Games and Virtual Reality for Education, Training and Health In: CRUZ-CUNHA, M. M.(Ed.) **Handbook of Research on Serious Games as Educational, Business and Research Tools**. IGI Global, 2012. v.1, ch. 17, p. 315-336.

OLIVEIRA, A. C.; NUNES, F. L. S. Building a open source framework for virtual medical training. **Journal of digital imaging**, v. 23, n. 6, p. 706–20, 2010. [doi: 10.1007/s10278-009-9243-3].

PAIVA, P.V.F.; MACHADO, L.S.; OLIVEIRA, J.C. Simulation and Performance Evaluation of a Distributed Haptic Virtual Environment supported by the CyberMed framework. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY, 13., Uberlândia, MG, 2011. **Proceedings...** v. 1, p. 1-9, 2011 [doi: 10.1109/SVR.2011.16].

PAIVA, P.V.F.; MACHADO, L.S.; OLIVEIRA, J.C. An Experimental Study on CHVE's Performance Evaluation. **Studies in Health Technology and Informatics**, v.173, p. 328-330, 2012a. [doi: 10.3233/978-1-61499-022-2-328].

PAIVA, P.V.F.; MACHADO, L.S.; OLIVEIRA, J.C. A peer-to-peer Multicast Architecture for Supporting Collaborative Virtual Environments (CVEs) in Medicine. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY, 14., 2012, Niterói, RJ. **Proceedings...** p. 165-173, 2012b. [doi: 10.1109/SVR.2012.7].

QIN, J.; CHUI, Y. O.; PANG, W. M. Learning blood management in orthopedic surgery through gameplay. **IEEE Computer Graphics and Applications**, p. 45–57, 2010. [doi: 10.1109/MCG.2009.83].

REIS, R. J. et. al. Virtual Reality Environments in Surgical Training – Introducing the Pre, Trans and Postoperative Virtual Environment (OPVIR). **Brazilian Journal of Videoendoscopic Surgery**. v. 3, n. 3, p. 126-133, 2010.

RIVA, G. Applications of Virtual Environments in Medicine. **MIM – Methods of Information in Medicine**, v. 42, n. 5, p. 524-534, 2003.

SANTOS, A. D. et al. A fuzzy logic based assessment tool for VR simulated medical environments. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 10., 2010, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: COPEC, 2010a. 1 CD-ROM.

SANTOS, A. D. et al. Avaliação baseada em lógica fuzzy para um framework voltado para a construção de simuladores baseados em RV. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY, 12., 2010, Natal, RN. **Proceedings...** Natal: UFRN/SBC, 2010b, 1 CD-ROM. p.194-202.

SATAVA, R. M.; GALLAGHER, A. G.; PELLEGRINI, C. A. Surgical competence and surgical proficiency: definitions, taxonomy, and metrics. **Journal of the American College of Surgeons**. v.196, n.6, p.933–7, 2003.

SEWELL, C. et. al. The Effect of Virtual Haptic Training on Real Surgical Drilling Proficiency. **Proc. Second Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems**, 2007, p. 601-603.

SHEN, X, et al. Haptic-Enabled Telementoring Surgery Simulation. **IEEE Multimedia**. v.15, p.64-77, 2008. [doi: 10.1109/MMUL.2008.9].

SINGHAL, S.; ZYDA, M. **Networked Virtual Environments: design and implementation**. New York: ACM Press/Addison-Wesley, 1999.

SOUAYED, R. et. al. Haptic virtual environment performance over IP networks: a case study. **Proceedings of the Seventh IEEE DS-RT'03**, 2003.

SUEBNUKAN, S. Intelligent tutoring system for clinical reasoning skill acquisition in dental students. **Journal of dental education**, v.73, n.10, p.1178-86, 2009.

VICIANA-ABAD, R.; REYES-LECUONA, A. Patient modelling using expert systems for medical training simulations based on virtual reality. 2005. Disponível em: <<http://www.diana.uma.es/investigaihm/publicaciones/vicianaabad-laval2005.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

WIET, G.; HITTLE, B.; KERWIN, T.; STREDNEY, D. Translating surgical metrics into automated assessments. **Studies in Health Technology and Informatics**, v.173, p.543-8, 2012.

WEI, S.; WEN-QI, Z. Virtual Reality technology in modern medicine. **International Conference on Audio, Language and Image Processing**, p.557-561, 2010. [doi: 10.1109/ICALIP.2010.5684506].

Recebido 08-04-2013

Aceito 19-08-2013