

A presença das tecnologias interativas na educação

Romero Tori

Resumo

As tecnologias interativas, que incluem a realidade virtual, a realidade aumentada e os jogos digitais, entre outras formas de se prover interatividade via sistemas computacionais, já fazem parte não apenas do cotidiano das pessoas que nasceram e cresceram em um mundo informatizado, como de grande — e crescente — contingente daquelas que souberam se adaptar à evolução tecnológica e dela se apropriar. Não fossem os inegáveis benefícios que tais tecnologias podem trazer para a educação, seu uso já se justificaria pela simples necessidade de a escola refletir a realidade cultural de seus alunos. É, portanto, mais do que oportuno que se discuta o papel das tecnologias interativas na educação, seja em atividades virtuais ou presenciais. No entanto, para que essa discussão seja mais produtiva, faz-se necessário que se compreendam alguns conceitos fundamentais e como essas tecnologias podem interferir nas percepções de distância, interatividade e presença. Este artigo busca contribuir neste sentido, apresentando e discutindo tais conceitos.

Palavras-chave: *tecnologias interativas, interatividade, distância, presença, educação.*

Abstract

Interactive technologies, including virtual reality, augmented reality and computer games, among other ways of providing interactivity through computer systems, is nowadays present not only in the daily lives of people who were born and grew up in a computerized world, as well of a large - and growing - contingent of those who knew how to adapt themselves to technological changes and take ownership of it. Were it not for the undeniable benefits that such technologies can bring to education, its use could be justified simply by the need of schools to reflect the cultural reality of their students. It is therefore more than appropriate to discuss the role of interactive technologies in education, whether in virtual or in classroom activities. However, for this discussion to be most productive, it is necessary to understand some fundamental concepts and how these technologies can affect the perceptions of distance, interactivity and presence. This article seeks to contribute in this way, by presenting and discussing such concepts.

Keywords: *interactive technologies, interactivity, distance, presence, education.*

Escola Politécnica da USP — PCS

Departamento de Engenharia de
Computação e Sistemas Digitais

Av. Prof. Luciano Gualberto,
Travessa 3, nº. 158
Cidade Universitária
CEP 05508-900
São Paulo — SP

tori@usp.br

1 Introdução

Ao publicar sua tese de doutorado, apresentando ao mundo o primeiro programa gráfico interativo, denominado *Sketchpad* [1], Ivan Sutherland inaugurava a pedra fundamental das tecnologias digitais interativas. Conceitos e técnicas utilizadas nesse pioneiro programa CAD (*Computer Aided Design*) são empregados até hoje nos mais modernos sistemas gráficos. Sutherland, contudo, não se limitou a contribuir para o nascimento da computação gráfica interativa, já que suas pesquisas com modelagem tridimensional, estereoscopia, capacetes estereoscópicos e telepresença lançaram as bases sobre as quais também se desenvolveram a realidade virtual, os jogos eletrônicos e a realidade aumentada. Passadas quatro décadas, são essas as tecnologias interativas que hoje, aliadas à Internet e às redes sociais, estão presentes em celulares, notebooks, netbooks, desktops, pads, tablets, televisores, consoles de jogos e inúmeros outros dispositivos nas mãos de pessoas comuns, realizando tarefas prosaicas, revolucionando comportamentos e criando novos hábitos. Como seria de se esperar, essa revolução deve, mais cedo ou mais tarde, chegar à escola, se não pelos educadores, trazidas pelos próprios alunos da geração dos “nativos digitais”¹.

A educação virtual, que precisa concorrer pelo clique do mouse — ou toque do dedo — do aluno numa tela repleta de outras tentativas interativas, saiu na frente e já faz uso de inúmeros recursos das novas tecnologias. Mas, mesmo assim, há muito ainda a ser explorado pelo *e-learning* no uso de redes sociais, jogos, ambientes virtuais, realidade virtual e realidade aumentada. Para a educação tradicional, baseada na presença física do aluno em sala de aula, o caminho é ainda mais longo, pois o uso de tecnologias interativas nesses ambientes ainda se limita, na maioria dos casos, a algumas atividades em laboratório, quando muito. Este artigo procura ajudar a se dar os primeiros passos nesse caminho, apresentando e discutindo os fundamentos das principais tecnologias interativas e os conceitos de distância, presença e interatividade em educação, todos de vital importância para a educação do futuro.

2 Interatividade e Tecnologias Interativas

Consultando-se a literatura das áreas de educação e de tecnologia encontram-se muitas definições e discussões sobre interação e interatividade, algumas delas conflitantes entre si. Faz-se necessário, portanto, estabelecer uma base conceitual clara antes de se avançar no emprego desses termos. Neste artigo trabalharemos com os conceitos de

interação e interatividade conforme apresentados no livro “Educação sem Distância” [3], sintetizados a seguir.

Interação: ação exercida entre dois elementos, na qual haja interferência mútua no comportamento dos interatores.

Interatividade: percepção da capacidade, ou potencial, de interação propiciada por determinado sistema ou atividade.

Desta forma, “interação” será considerada como a ação interativa em si, enquanto que “interatividade” será tratada como uma propriedade do ambiente, tecnologia, sistema ou atividade. Uma atividade pode ser interativa (possuir “interatividade”), independentemente das ocorrências efetivas de interações. Por exemplo, uma teleconferência na qual seja possível a qualquer participante remoto interromper o apresentador para fazer-lhe perguntas possui mais interatividade que uma videoconferência unidirecional, mesmo que nenhum aluno se utilize da possibilidade de interação existente no primeiro caso.

É possível aumentar a percepção de interatividade de determinado sistema ou ambiente incrementando-se um ou mais das seguintes componentes [4]:

Frequência: periodicidade da ocorrência de oportunidades de interação; uma atividade que permite interrupção a qualquer instante — frequência contínua — certamente será percebida como possuindo mais interatividade do que se a interação fosse limitada a apenas determinados momentos.

Abrangência: conjunto de opções disponíveis ao interator nos momentos de interação; a abrangência pode ser representada por um menu de opções discretas ou de forma implícita, como as possibilidades de movimentação e atuação de um avatar num mundo virtual.

Significado: componente subjetiva da interatividade; quanto mais importante e significativa for determinada ação para o participante de uma atividade, ou usuário de um sistema, menor será sua percepção de baixa frequência ou de pouca abrangência; um fã que aguarda o show inteiro pela possibilidade de ser sorteado e poder subir ao palco para abraçar seu ídolo certamente terá mais sensação de interatividade que o aluno aguardando a hora do sinal para sair de uma aula da qual não esteja efetivamente presente.

Consideraremos como “tecnologias interativas” as ferramentas e recursos tecnológicos diretamente relacionados com o provimento da percepção de interatividade em ambientes informatizados. Dessas tecnologias destacam-se a realidade virtual, a

¹Os conceitos de “nativos digitais”, pessoas que cresceram usando a tecnologia digital, e de “imigrantes digitais”, usuários dessa tecnologia que a conheceram quando já eram adultos, foram criados por Mark Prensky ([2]).

realidade aumentada, os jogos digitais e os ambientes virtuais tridimensionais, os quais serão discutidas a seguir.

2.1 Realidade Virtual

A realidade virtual, embora só tenha sido assim denominada na década de 1980, nasceu das pesquisas de Ivan Sutherland na década de 1960, que publicou um famoso artigo, “The Ultimate Display”, no qual descreve para que objetivos utópicos deveriam mirar as pesquisas nessa área:

“O *display* definitivo seria, certamente, uma sala na qual o computador pudesse controlar a criação de matéria. Uma cadeira exibida em tal sala seria suficientemente boa para ser sentada. Algemas exibidas em tal sala seriam aprisionadoras e uma bala exibida em tal sala seria potencialmente fatal. Com uma programação apropriada tal *display* poderia se tornar, literalmente, o país das maravilhas onde Alice caminhou.” [5]

Por enquanto estamos muito longe da viabilidade de um “display definitivo”, mas certamente já avançamos bastante. No estágio atual da computação gráfica e do hardware computacional já é possível mergulhar o usuário em um ambiente virtual dando-lhe uma quase perfeita sensação da existência física daquele espaço. São vários os equipamentos empregados para esse fim, como o capacete de realidade virtual (Fig. 1), as CAVE [6] — ambientes cujas paredes, e eventualmente chão e teto, são telas de retroprojeção as quais envolvem totalmente o usuário com um mundo virtual sintético — ou os simuladores de voo utilizados para treinamento de piloto, que simulam em todos os detalhes não apenas a visão que o piloto tem da cabine como também os movimentos da aeronave.



Figura 1: Capacete de realidade virtual

Mesmo sem o uso de equipamentos sofisticados pode-se ter a experiência de imersão em ambientes

virtuais interagindo via *mouse*, teclado e monitor. Graças às poderosas e populares placas gráficas 3D é possível a navegação, com alto grau de realismo, em cenários tridimensionais e a interação com objetos e personagens.

Imersão é o conceito fundamental da realidade virtual e significa a sensação do usuário de estar dentro do ambiente sintético. Quanto menos o participante se sentir no mundo real, e mais se perceber como estando no ambiente virtual, maior será a imersão.

Em síntese, podemos definir realidade virtual como se segue:

“Realidade Virtual é uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e interação em tempo real, em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multisensoriais, para atuação ou feedback.” [7], p. 7

2.2 Realidade Aumentada

A realidade aumentada se diferencia da realidade virtual por não ter a imersão como principal paradigma. Ao contrário, o desafio neste caso é fazer com que os elementos virtuais pareçam fazer parte do ambiente real e a este se integrar. Antes de seu surgimento havia apenas duas possibilidades de ambientes interativos: o “real” e o “virtual”. Com a realidade aumentada surge um espectro de possibilidades de combinação entre real e virtual, formando um *continuum* (Fig. 2), conforme proposto por Milgram e Kishino [8] e difundido por Azuma [9].

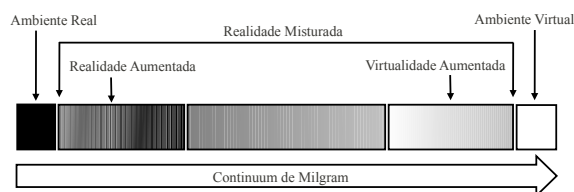


Figura 2: Continuum Real-Virtual (baseado em [8])

De acordo com Milgram e Kishino [8], a realidade aumentada seria apenas uma parte do *continuum* real-virtual, aquela referente ao predomínio do ambiente real, ambiente este enriquecido com alguns elementos virtuais integrados. No extremo oposto desse *continuum* encontramos ambientes virtuais enriquecidos com alguns elementos virtuais. Neste último caso, denominado “virtualidade aumentada” teríamos ainda a necessidade de imersão, motivo pelo qual as aplicações assim classificadas poderiam também ser consideradas como de realidade virtual. Na parte central desse *continuum* temos a chamada “realidade misturada”, na

qual não há uma predominância clara de virtual ou de real.

O “*continuum* de Milgram” é um referencial teórico importante, que mostra o enorme potencial de ambientações trazido pela realidade aumentada, que salta de apenas duas possibilidades — ambiente totalmente real e ambiente totalmente virtual — para infinitas proporções de combinação. Contudo, não é muito prático identificar os limites que separam realidade aumentada, realidade misturada e virtualidade aumentada. Alguns autores preferem a denominação ampla de “realidade misturada”, enquanto outros utilizam a denominação de “realidade aumentada” para qualquer aplicação que misture real e virtual. Neste artigo propomos que a diferenciação se dê não pela quantidade de elementos reais e/ou virtuais e sim pela necessidade, ou não, de imersão do usuário. Quando esta se fizer necessária e houver elementos reais inseridos no ambiente virtual poderemos dizer que se trata de uma extensão do conceito de realidade virtual, que poderemos também denominar de “virtualidade aumentada”. Os demais casos, em que o usuário pode, ou deve, se sentir em seu próprio ambiente real, e desde que haja algum elemento virtual inserido e sejam atendidos os requisitos discutidos a seguir, chamaremos de “realidade aumentada”.

Requisitos da realidade aumentada

Se considerarmos a mistura entre real e virtual como condição suficiente para se ter uma aplicação de realidade aumentada, a simples projeção de uma apresentação via *datashow*, feita por um professor em sala de aula, já seria suficiente para se caracterizar essa mistura. Há, portanto, a necessidade de se restringir os requisitos, o que foi estabelecido de forma bastante eficaz por Azuma [9] na forma de três condições: ambiente tridimensional; interatividade em tempo-real; e registro entre real e virtual (os elementos virtuais devem ser posicionados de forma coerente com o espaço real, como se dele fizessem parte).

Técnicas de exibição de realidade aumentada

Há, hoje, quatro técnicas principais para se exibir elementos virtuais e reais misturados e registrados:

Optical see-through: óculos com visores semi-transparentes nos quais são exibidas imagens que se misturam à cena real visualizada pelo usuário (Fig. 3).

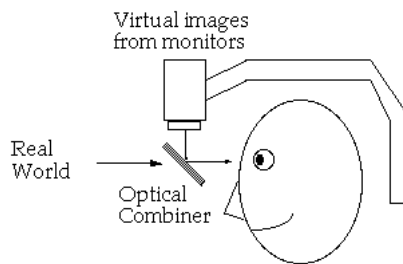


Figura 3: *Optical see-through* [9]

Video see-through: uso de capacetes de realidade virtual (Fig. 1) para exibição do mundo real, captado por câmeras de vídeo em tempo-real, misturado a elementos virtuais inseridos e registrados computacionalmente.

Monitor: uso de um monitor de vídeo para exibição do mundo real, captado por câmeras de vídeo em tempo-real, misturado a elementos virtuais inseridos e registrados computacionalmente.

Projeção: uso de projetores para cobrir superfícies de objetos reais com texturas virtuais, o que possibilita a visualização da cena real enriquecida com elementos virtuais; essa técnica é limitada em relação às demais, mas nas situações em que pode ser empregada possui a vantagem de liberar o usuário da necessidade de acoplar equipamentos ao corpo ou de precisar observar o mundo pro meio de um monitor.

Técnicas de rastreamento e registro

Há várias soluções tecnológicas que possibilitam rastrear objetos no espaço, como aquelas baseadas em sensores de ultrassom, infravermelho, braços mecânicos ou câmeras de vídeo. Como em geral as aplicações de realidade aumentada necessitam da captação de imagens do ambiente real as técnicas de visão computacional são as mais utilizadas. A solução mais popularizada, devido à facilidade e baixo custo já que necessita apenas de uma *webcam* e de um computador convencional, é a que utiliza um marcador fiducial (cartão com um símbolo impresso, em geral com uma borda preta retangular), como ilustrado na Fig. 4. O símbolo do marcador é identificado, indicando qual objeto deve ser inserido na cena, e sua deformação analisada, de forma a se obter a matriz de transformação geométrica que define o posicionamento relativo entre marcador e câmera de vídeo. De posse dessas informações o software pode inserir na cena real objetos tridimensionais interativos, registrando-os perfeitamente com os elementos ao seu redor.



Figura 4: *Uso de marcadores fiduciais para rastreamento e registro de objetos virtuais*

2.3 Jogos Digitais

No início da história dos jogos digitais muitos produtos de sucesso eram baseados apenas em interface de texto, como o famoso jogo de aventura “Carmen San Diego”, ou em simples gráficos 2D, como o cativante “Pacman”. Na busca por trazer ao usuário experiências cada vez mais envolventes e diferenciadas os desenvolvedores de jogos num primeiro momento se aproveitaram da evolução tecnológica dos processadores gráficos e posteriormente passaram a induzi-la, trazendo para o consumidor final a tecnologia de ponta da computação gráfica. Hoje a indústria dos jogos digitais já incorporou a computação gráfica e a realidade virtual e vem se aproximando cada vez mais da realidade aumentada. Com isso há grandes investimentos no desenvolvimento de *game engines* (núcleos de software que funcionam como motores dos jogos e que podem ser reaproveitados no desenvolvimento de diferentes produtos), muitos deles abertos ou disponibilizados para uso livre, assim como em consoles e placas gráficas. Essa grande disponibilidade de hardware e software pode e deve ser utilizada por educadores para enriquecer seu leque de ferramental pedagógico.

Neste artigo não nos aprofundaremos na tecnologia dos jogos digitais². Optamos por apresentar aqui um importante fenômeno que facilmente ocorre com os jogadores e que pode ocorrer, não tão facilmente, com qualquer pessoa engajada e motivada com a atividade que está desenvolvendo, incluindo-se nossos alunos em atividades de aprendizagem. Trata-se do estado de “*flow*” (fluxo), proposto por Csikszentmihalyi [13], como sendo:

“a forma como as pessoas descrevem seu estado mental, quando a consciência fica harmoniosamente organizada, e desejam prosseguir o que quer que estejam fazendo como um fim em si mesmo. Ao se analisar as atividades que consistentemente produzem *flow*

— tais como práticas esportivas, *games*, arte e *hobbies* — torna-se mais fácil compreender o que faz as pessoas se sentirem felizes.”³ [13], p. 6

Foram identificados por Csikszentmihalyi os seguintes fatores que contribuem para a passagem a um estado de *flow* [3]:

desafio: atividades que exijam habilidade e sejam desafiadoras;

metas: existência de objetivos bem definidos;

feedback: retorno constante que indique a proximidade dos objetivos e mostra quando os mesmos são atingidos;

engajamento: foco, envolvimento e concentração na atividade;

significado: importância do objetivo a ser atingido.

Ao entrar em estado de *flow* uma pessoa passa a perceber [3]:

perda da auto-consciência: alteração do estado de consciência para um nível em que a pessoa se desconecta do seu próprio “eu”;

transformação da percepção de tempo: a pessoa não percebe a passagem do tempo.

Os educadores que pretendem utilizar jogos como ferramenta didática, ou provocar estados de *flow* em seus alunos, mesmo sem o emprego de jogos, precisam equilibrar desafios e habilidades de forma a garantir que os participantes entrem e permaneçam no canal de *flow*, conforme ilustra a Fig. 5.

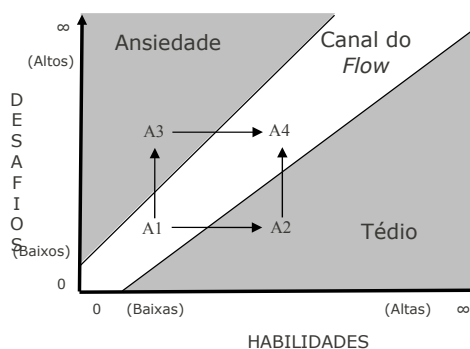


Figura 5: *Canal do Flow: adaptado de Csikszentmihalyi [13], p. 74, e também publicado em Tori [3, 14]*

²Para os interessados em se aprofundar na tecnologia e na cultura dos jogos digitais recomendamos dois sites, Game Cultura (www.gamecultura.com.br) e Gamasutra (www.gamasutra.com), e a tese “Videogames: brinquedos do pós-humano” [10] e os livros “What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy” [11] e “Extending Experiences” [12].

³Tradução do original: “ ‘Flow’ is the way people describe their state of mind when consciousness is harmoniously ordered, and they want to pursue whatever they are doing for its own sake. In reviewing some of the activities that consistently produce flow — such as sports, games, art, and hobbies — it becomes easier to understand what makes people happy.” [13], p. 6

2.4 Ambientes Virtuais Tridimensionais

Ambientes virtuais tridimensionais se utilizam da tecnologia dos jogos *online multiplayer* para criar um mundo virtual compartilhado e persistente (o ambiente continua a existir mesmo quando o usuário não o utiliza) que possibilita a cada participante controlar seu avatar (personagem que o representa no ambiente) e interagir em tempo real com objetos virtuais e com os avatares de outros participantes. Um conhecido representante dessa classe de aplicação é o *Second Life*⁴, que possui milhares de residentes (como os usuários desse ambiente são chamados), responsáveis eles próprios pela construção de todo o conteúdo desse mundo virtual. A Fig. 6 mostra o avatar do autor deste artigo visitando a ilha da NASA no *Second Life*.

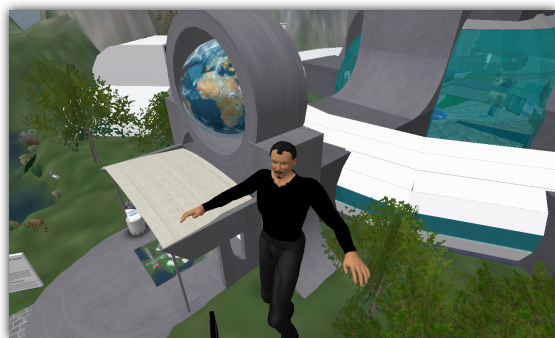


Figura 6: Romano Flow, avatar do autor no *Second Life*, visitando a ilha da NASA

Para desenvolvedores e educadores interessados em oferecer ambientes virtuais tridimensionais controlados e adaptados às suas necessidades há opções de software livre, como o *Wonderland*⁵ e o *OpenSim*⁶, este último com o diferencial de utilizar formatos e protocolos compatíveis com o *Second Life*.

Uma importante característica desses ambientes virtuais em educação é o fato de que, ao controlar seu avatar, o aluno passa a se engajar ativamente no processo, sentindo-se mais presente e envolvido.

3 Distância e Presença na Educação

O significado do termo “educação a distância” parece ser muito claro para a maioria das pessoas. Mas quando são solicitadas a explicar o significado de “distância” no contexto educacional costumam ter dificuldade em fazê-lo ou se limitam a

caracterizá-la como “ausência do professor”. Esse conceito, como veremos, é um pouco mais complexo. Conforme amplamente discutido em Tori [3], tomando-se o aluno como referência, verificamos que há três possíveis relações de distância em atividades de ensino-aprendizagem: aluno-professor, aluno-aluno e aluno-conteúdo. Para cada uma dessas relações há ainda três diferentes tipos de distância: espacial, temporal e transacional. A distância espacial se refere à separação física entre aluno e professor (ou entre aluno e demais alunos, ou entre aluno e conteúdo). A distância temporal é a que diferencia atividades síncronas (realizadas ao mesmo tempo, como “bate-papo” ou atividades presenciais) de atividades assíncronas (diferidas no tempo, como e-mail ou fórum de discussão). Já a distância transacional é a percepção psicológica de afastamento, que pode ocorrer tanto virtual quanto presencialmente. Combinando-se os três tipos de distância para cada uma das três possíveis relações obtém-se 512 formas diferentes, quanto ao aspecto “distância”, de se realizar atividades educacionais. Um número, portanto, expressivamente maior que as duas modalidades convencionais: “presencial” e “a distância”. Esta segunda modalidade englobaria, desta forma, 511 das 512 possibilidades levantadas.

Outro conceito que parece simples é o de presença. No entanto, a evolução tecnológica tem se encarregado de torná-lo cada vez mais complexo. Hoje é possível unir presença e distância numa mesma atividade, por meio de videoconferência, ambientes virtuais e outras soluções tecnológicas de redução de distâncias.

A seguir são discutidos mais a fundo os conceitos de “distância transacional” e “presença”.

3.1 Distância Transacional

Moore [15] propõe o conceito de “distância transacional” como sendo o espaço psicológico e comunicacional a ser transposto pelo aluno. É essa componente de distanciamento que explica a ocorrência de situações em que o aluno se sente distante mesmo em atividades presenciais. Ainda segundo Moore [15] há três variáveis que influem diretamente na percepção da distância transacional:

diálogo: quanto mais possibilidades de interação menor será a percepção de “distância transacional”;

estrutura do programa: quanto mais estruturada for a atividade, ou seja, percursos mais previsíveis e menos flexíveis, maior será a percepção de “distância transacional”;

autonomia do aluno: quanto menor a autonomia do aluno, maior será a percepção de “distân-

⁴www.secondlife.com

⁵openwonderland.org

⁶opensimulator.org

cia transacional”.

Comparando-se as variáveis acima com as componentes da interatividade (ver Seção 2) nota-se quão fortemente a percepção psicológica de distância se relaciona com a interatividade propiciada pelo ambiente. A componente “frequência” está diretamente relacionada à variável “diálogo”. A “estrutura do programa” interfere na “abrangência” e a “autonomia do aluno” contribui para que sua participação tenha mais “significado”.

3.2 Presença e Presença Social

Presença, no contexto de atividades mediadas por tecnologia, é definida pela International Society for Presence Research [16] como:

“[...] um estado psicológico, ou percepção subjetiva, no qual a percepção de determinado indivíduo, passando por uma experiência gerada e/ou filtrada, parcial ou totalmente, por meio de tecnologia, falha, total ou parcialmente, em reconhecer o papel da tecnologia no processo. [...] Experiência é definida como o ato de uma pessoa observar, e/ou interagir com, objetos, entidades e/ou eventos em seu ambiente; Percepção [...] é definida como uma interpretação significativa da experiência.”⁷ [16]

As pesquisas de telepresença buscam hoje reduzir a percepção da tecnologia mediadora por parte do público-alvo. A realidade aumentada pode contribuir muito nesse sentido uma vez que não necessita produzir imersão, facilitando assim a percepção de realismo e presença. Basta imaginar que um hipotético sistema perfeito de projeção holográfica poderia criar a ilusão de uma pessoa ou objeto virtual estar presente em determinado ambiente real sem que um observador nesse local necessitasse de capacete, óculos, monitor ou outro dispositivo explicitamente visível para ter tal ilusão. Aquilo que imaginamos como a realidade a nossa volta é criado em nossa mente a partir de sinais provenientes de sofisticados sensores, os quais compõem o sistema sensorio humano. O papel dessa “tecnologia” natural do corpo humano é ignorada pela mente proporcionando-nos a máxima sensação de presença quando essa “tecnologia” é utilizada como única mediadora, a ponto de identificarmos a “realidade” com as imagens (visuais, sonoras, olfativas, gustativas e táteis) que a nossa mente constrói a partir dos sinais captados por nossos sentidos.

Mas além da presença acima definida há outro conceito relacionado, chamado “presença so-

cial” [17], definido como “a sensação de se estar com alguém”. A percepção ou não da tecnologia não interfere na sensação de “presença social”, sendo mais importante a interatividade percebida. Numa conversa telefônica, num bate-papo via comunicador instantâneo ou até mesmo num fórum de discussão é possível ao participante ter a sensação de presença social, de estar engajado com outras pessoas em atividades de interesse comum. Seja colocando-se todos os envolvidos em um mesmo espaço físico ou minimizando-se a percepção da tecnologia em atividades mediadas a distância, é possível a realização de atividades tecnicamente presenciais. Mas a verdadeira presença do aluno só pode ser obtida quando se consegue fazê-lo sentir-se socialmente presente, ou seja, sem barreiras de distâncias transacionais. Para tanto a interatividade é fundamental, sendo que as tecnologias interativas podem ser poderosos instrumentos para sua viabilização em pelo menos 511 das 512 possibilidades de distanciamento em atividades educacionais.

4 Estar Presente a Distância via Tecnologias Interativas

Conforme já discutido, as tecnologias interativas podem propiciar várias formas de se oferecer sensação de “presença” ou “presença social” aos participantes de uma atividade de ensino-aprendizagem, numa nova forma de “presença a distância”, ou “telepresença”. Nesta seção avançaremos um pouco mais sobre as tecnologias interativas aplicadas à telepresença. Para uma discussão sobre o uso de videoconferência na “educação a distância” e outras referências sobre o assunto recomenda-se o artigo de Cruz [18].

Podemos classificar as aplicações de telepresença nas seguintes categorias:

Sistemas de comunicação instantânea:

sistemas de comunicação síncrona baseados em internet, com possibilidade de uso de som e vídeo; devido ao seu baixo custo e disseminação é um recurso cada vez mais utilizado por alunos, independentemente de a escola planejar ou não seu uso didático.

Salas de Videoconferência: instalações profissionais (Fig. 7), com toda infra-estrutura para comunicação síncrona por meio de vídeo, bastante utilizadas em empresas para redução de custos com deslocamentos e treinamentos. Em instituições de ensino, principalmente superior, são também utilizadas para a realização de cursos a distância, reuniões, palestras e bancas. São bastante efici-

⁷Traduzido do original: “[...] a psychological state or subjective perception in which even though part or all of an individual’s current experience is generated by and/or filtered through human-made technology, part or all of the individual’s perception fails to accurately acknowledge the role of the technology in the experience... Experience is defined as a person’s observation of and/or interaction with objects, entities, and/or events in her/his environment; perception [...] is defined as a meaningful interpretation of experience.” [16]

entes na redução de distância espacial, mas a tecnologia mediadora costuma ser muito explícita, dificultando a percepção de presença. Para compensar essa deficiência é muito importante o uso de interatividade para se propiciar maior presença social.

Sistemas Imersivos e 3D: ambientes de realidade virtual ou aumentada, que buscam reduzir a percepção da tecnologia mediadora em relação às salas de videoconferência tradicionais. A visualização tridimensional e, futuramente, em holografia, e o disfarce dos

monitores ou telas de projeção, como por exemplo a projeção em espelhos semi transparentes que dão a impressão de a imagem se misturar ao cenário real, são recursos utilizados para aumentar a sensação de presença.

Ambientes virtuais de aprendizagem: propiciam presença social por meio de diversas ferramentas, como “bate-papo” e lousa virtual.

Ambientes virtuais tridimensionais: propiciam presença social por meio de avatares controlados pelos participantes.



Figura 7: Sala de Videoconferência

5 Ambientes Presenciais de Aprendizagem

A “educação a distância”, de início considerada preconceituosamente como uma alternativa de menor qualidade à “educação presencial”, soube aproveitar a evolução das tecnologias interativas e criar metodologia própria, conseguindo aproximar alunos, professores e conteúdos e obter resultados de qualidade que muitas vezes chegam a superar os obtidos por métodos convencionais em sala de aula tradicional. A “sala de aula” da “educação a distância” é o chamado “ambiente virtual de aprendizagem” (AVA). Esses ambientes vêm se sofisticando e disseminando no mesmo ritmo da evolução tecnológica, já sendo empregados até mesmo em cursos presenciais que os utilizam como ferramentas de apoio ao presencial. Em Tori [3] pode

ser encontrada uma ampla discussão sobre os AVA e várias referências adicionais.

A “educação presencial”, por sua vez, permaneceu “deitada em berço esplêndido”, confiante em sua capacidade natural de aproximação de alunos e professores e dispensando solenemente aparatos tecnológicos mais sofisticados, além do tradicional quadro negro, ou branco, do televisor e, mais recentemente, do DVD e do *datashow*, o qual em alguns casos evoluiu para “lousa eletrônica”. Mesmo essa pequena evolução da sala de aula não foi acompanhada de uma evolução metodológica. *Datashows* e lousas eletrônicas, quando existem, costumam ser sub, ou mesmo mal, utilizados. Se na infância do *e-learning* costumava-se criticar, com razão, tentativas de se replicar modelos de sala de aula em ambientes virtuais, é chegado o momento do caminho inverso, desta vez com boas perspectivas de sucesso. Os modelos presenciais, em geral, não estavam preparados para lidar com os requisitos de interatividade, redução de distân-

cia e aumento de presença social, essenciais para a sobrevivência de qualquer curso a distância. Já os métodos e técnicas desenvolvidos para o ensino virtual só têm a contribuir para o aumento de qualidade de cursos presenciais.

O que seria o equivalente ao AVA na educação presencial? Ainda não existe na literatura o conceito de “ambiente presencial de aprendizagem” (APA). Vamos então introduzi-lo e analisar como os APAs são hoje e como deveriam ser no futuro. O APA mais comum hoje é composto basicamente de sala de aula, incluindo, em alguns casos, laboratórios e, mais recentemente AVAs de apoio. Em sua maior parte as salas de aula são formadas por quadro negro, carteiras enfileiradas e, eventualmente, algum equipamento audiovisual. É certo que a sensação de presença é máxima em uma sala de aula. Mas pode-se dizer o mesmo sobre a presença social? E a interatividade? As tecnologias de informação e comunicação, tão bem exploradas pelos AVAs o são também pelos APAs?

A partir das experiências do autor, tanto em ensino presencial quanto “a distância”, apresentamos a seguir uma proposta do que consideramos deva ser o APA do futuro:

Ambiente multi-uso Salas com mobiliário facilmente reconfigurável, possibilitando tanto apresentações expositivas quanto fóruns de discussão, trabalhos em grupo, reuniões de trabalho, experimentos ou atividades de “dinâmica de grupo”. Essa sala deve incorporar os antiquados “laboratórios de informática”, oferecendo apenas um ou dois computadores de última geração e alguns equipamentos como câmeras e projetores. Cada aluno deve ter seu próprio *notebook*, *netbook* ou *tablet*, motivo pelo qual é essencial que a sala ofereça infra-estrutura *wireless*, para acesso a rede e Internet, e número suficiente de pontos de energia elétrica. Dessa forma, em vez de investir na atualização periódica do parque de computadores a escola deverá apenas manter a infra-estrutura básica. Para a população mais carente os computadores poderão ser fornecidos aos estudantes, assim como hoje se fornecem livros didáticos (cujo custo de impressão se aproxima cada vez mais do valor de aquisição dessas máquinas).

Bibliotecas Digitais As bibliotecas físicas sempre deverão existir, ainda que evoluam para APAs e seus acervos físicos se transformem em “museus do livro”. Já a agilidade, baixo custo e potencial de busca e cruzamento de informações das bibliotecas digitais serão cada vez mais importantes para os APAs.

Cadernos Digitais As produções, anotações e biblioteca digital particular de cada aluno devem ser armazenadas permanentemente e

ser acessíveis remotamente.

Laboratórios Virtuais Simuladores de realidade virtual e realidade aumentada podem substituir, ou pelo menos minimizar, o uso de laboratórios físicos.

AVAs Os ambientes virtuais de aprendizagem, hoje utilizados apenas como apoio secundário de alguns cursos presenciais, deverão ser incorporados aos ambientes presenciais de aprendizagem e utilizados com estes de forma integrada e articulada.

6 Exemplos de Aplicação de Tecnologias Interativas na Educação

A seguir serão apresentados alguns exemplos de pesquisas inovadoras no uso de tecnologias interativas em educação, extraídos de Tori [3].

6.1 Video-avatar Tridimensional

Com o objetivo de se aumentar a sensação de presença em atividades educacionais mediadas por videoconferência, foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologias Interativas (Interlab) do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais da Escola Politécnica da USP, com apoio financeiro de FAPESP⁸, CNPQ e CAPES, o sistema de Video-avatar 3D denominado VA-3D. O VA-3D é composto de dois módulos, Local e Remoto. No módulo Local é executada a captura em 3D do vídeo do instrutor e realizada sua inserção no ambiente 3D. O módulo remoto exhibe para os alunos, em três dimensões, o ambiente virtual com o video-avatar do instrutor. Essa exibição pode ser feita por meio de diferentes tecnologias de reprodução estereoscópica, de simples anaglifos (composição dos canais direito em esquerdo num único projetor e visualização por meio de óculos de duas cores) a monitores auto-estereoscópicos. No caso de apenas um aluno assistir à videoconferência, é possível detectar os movimentos de sua cabeça e modificar de forma consistente o ponto de vista da câmera virtual, aumentando a percepção tridimensional e o realismo da cena.

6.2 Robot ARena

Conforme discutido por Bernardes [19] e já começando a surgir em consoles de videogame, a realidade aumentada deve trazer importantes inovações para as interfaces dos jogos digitais. Essa tendência poderá em algum momento ser verificada também em aplicações educacionais. Nesse sentido foi desenvolvida uma pesquisa de mestrado no Interlab da Escola Politécnica da USP, denomi-

⁸Processo 2005/60218-1.

nada *Robot ARena* [20], que trabalhou na integração de técnicas de realidade aumentada, robótica e jogos.

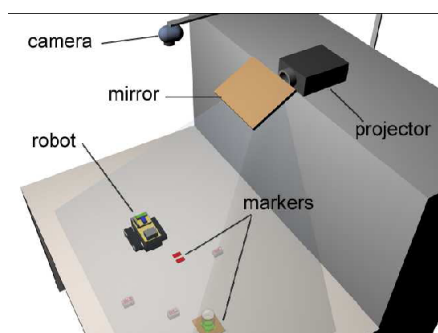


Figura 8: Infraestrutura do sistema Robot ARena

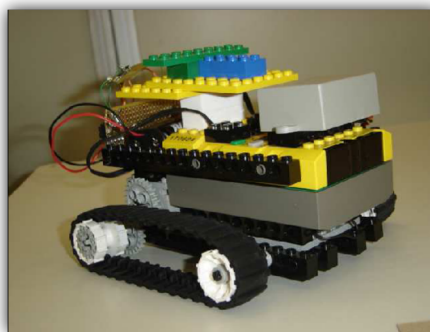


Figura 9: Robô usado no Robot ARena, montado com o Lego MindStorm®

O sistema (Fig. 8) é composto por uma mesa com retroprojeção sobre a qual um robô real (Fig. 9) se movimenta e interage com objetos e outros robôs virtuais. O objetivo da pesquisa é fornecer uma infra-estrutura que possibilite o desenvolvimento de jogos educacionais integrando robôs virtuais e reais interagindo dentro de cenários que misturem elementos reais e virtuais.

6.3 Projeto AE-3D

O projeto AE-3D, desenvolvido no Interlab da Escola Politécnica da USP, com financiamento inicial da FAPESP⁹, tem como objetivo oferecer interoperabilidade entre o ambiente virtual de aprendizagem (AVA) AE do projeto TIDIA-AE (TIDIA-AE, 2009) e ambientes virtuais tridimensionais.

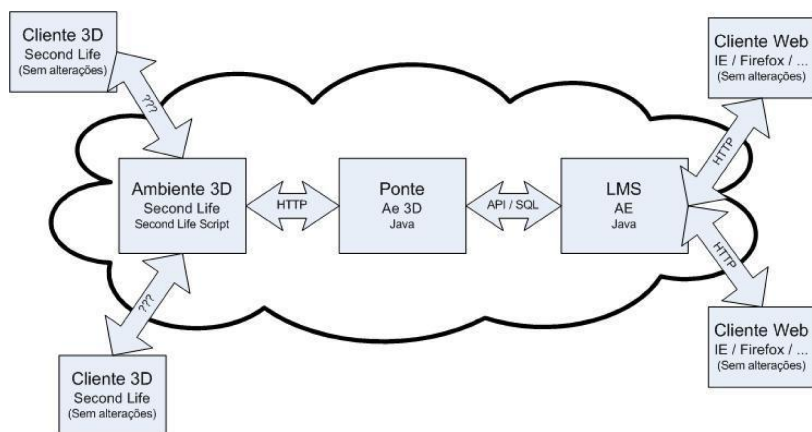
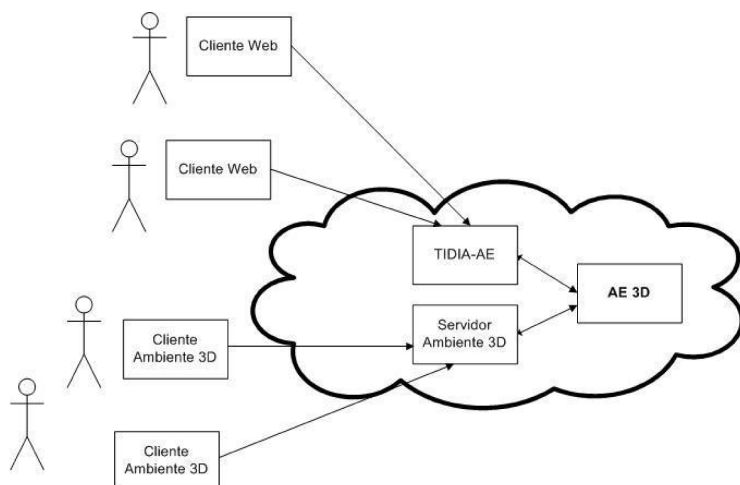


Figura 10: Arquitetura do AE-3D para Second Life e TIDIA-AE

⁹Processo 2005/60618-1.

Como prova de conceito foi desenvolvido uma interface do AE com o ambiente *Second Life*¹⁰. Atualmente o AE-3D está sendo migrado e adaptado ao *OpenSim*¹¹. A proposta é similar à do projeto *SLOODLE* [21], o qual visa integrar o ambiente *Moodle*¹² ao *Second Life*, com os seguintes diferenciais:

- facilidade de adaptação a outros ambientes 3D e AVAs;
- possibilidade de migração para ambientes dedicados;
- acesso opcional do aluno via ambiente 3D ou pelo AVA, sem necessidade de adaptações de conteúdo pelo professor.

A Fig. 10 apresenta a arquitetura atual do AE-3D.

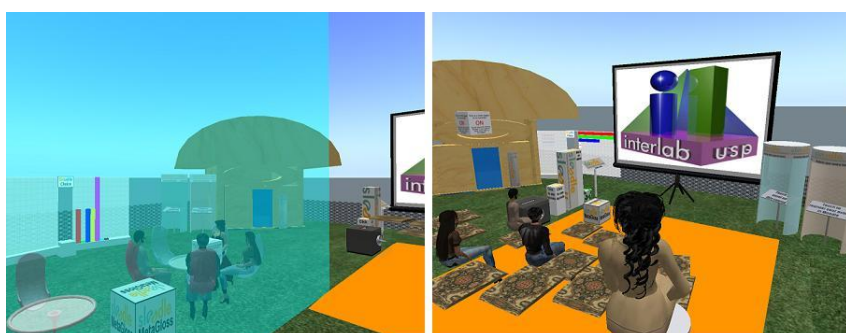


Figura 11: Ambiente de testes do AE-3D

A prova de conceito do AE-3D foi desenvolvida no ambiente do *Second Life* (Fig. 11), oferecendo os seguintes objetos interativos para interfaceamento com ferramentas do AVA:

Controlador de Login: associa o usuário do *Second Life* à sua conta de usuário do AE;

Controlador de acesso: verifica se o avatar possui permissão para permanecer no ambiente;

Seletor de Matérias: permite ao usuário escolher a disciplina;

Enquete: permite a utilização do recurso de enquete do AE;

Glossário: permite a utilização do recurso de glossário do AE;

Chat: integra usuários do AE-3D aos usuários do chat do AE;

Visualizador de Slides: possibilita a visualização de arquivos de mídia do AE (PDF, PPT e MOV, na versão protótipo) por meio de tela localizada no ambiente tridimensional (Fig. 12);

Visualizador Individual de Slides: similar ao anterior, exceto pelo fato de o usuário visualizar individualmente o conteúdo; se vários avatares estiverem usando a ferramenta

Uma importante contribuição deste projeto de pesquisa se refere ao design de interação para acesso ao AVA via ambiente 3D, que mapeou as interfaces convencionais para soluções compatíveis com o paradigma dos mundos virtuais. Como exemplo de desafios nessa área podemos citar o *chat* que mistura avatares do ambiente 3D a usuários do ambiente 2D ou o problema de se criar um mecanismo tridimensional que possibilitasse o acesso aos arquivos disponibilizados pelo professor no ambiente 2D de uma forma mais interessante e consistente com o ambiente tridimensional que a simples abertura de uma tela com a lista de arquivos. A pesquisa buscou também solucionar as questões técnicas relacionadas à conexão e interoperabilidade entre o *Second Life* e a base de dados e ferramentas do AE.

ao mesmo tempo, o ambiente será compartilhado normalmente, todos se verão, mas cada um assistirá ao seu próprio conteúdo projetado no telão.



Figura 12: Visualizador de Slides no Ambiente AE-3D

6.4 Projeto VIDA

VIDA (*Virtual Interactive Distance-learning on Anatomy*) [22,23] é o nome de um projeto de pesquisa que vem sendo desenvolvido em parceria entre o Laboratório de Pesquisa em Informática na

¹⁰secondlife.com

¹¹opensimulator.org

¹²moodle.org

Saúde (LApIS) da EACH/USP, o Laboratório de Pesquisa em Tecnologias Interativas (Interlab) da POLI/USP e o Laboratório de Pesquisa em Ambientes Interativos (Lpai) do Centro Universitário Senac, com o objetivo de se criar novas soluções de interação para aumentar a sensação de presença em atividades online de ensino de anatomia.

O conceito que norteia essa pesquisa é o de que em algum momento serão criados monitores ou projetores holográficos que possibilitarão a criação no espaço físico de imagens reais tridimensionais. Nesse contexto novas formas de interação e de aplicações da realidade aumentada em edu-

cação deverão ser pesquisadas. Neste projeto, em vez de se esperar a disponibilização desses equipamentos, as pesquisas são realizadas simulando-se, por meio de técnicas de projeção estereoscópica, a interação com imagens holográficas. Como benefício imediato os protótipos, ainda que com algumas limitações e necessidade de óculos especiais, já podem ser aplicados em treinamentos. A possibilidade de manipulação direta de objetos virtuais (Fig. 13 e Fig. 14) deve conferir ao sistema um aumento na sensação de presença em relação ao controle via mouse da visualização de objetos 3D em monitores convencionais.

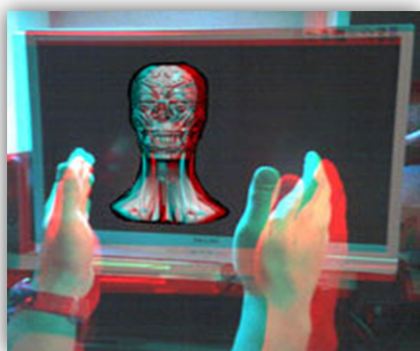


Figura 13: Projeto VIDA: imagem, em anaglifo, mostrando como o usuário interage com a imagem estereoscópica exibida, também em anaglifo, na tela



Figura 14: Projeto VIDA: montagem conceitual representando a sensação do usuário interagindo com os objetos anatômicos como se estivessem entre suas mãos

7 Conclusão

Neste artigo foram apresentados e discutidos os fundamentos das principais tecnologias interativas (realidade virtual, realidade aumentada, jogos digitais e ambientes virtuais tridimensionais), bem como os conceitos de distância, presença e interatividade em educação. Foi também proposto o conceito de ambientes presenciais de aprendizagem (APA), numa adaptação, para os ambientes presenciais, dos bem-sucedidos paradigmas de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA). Por fim foram apresentados alguns exemplos de pesquisas de novas aplicações de tecnologias interativas na educação. Os conceitos e tecnologias aqui discutidos são de vital importância para a educação do futuro, a qual, esperamos, deverá ser um misto de atividades interativas presenciais e virtuais, integrando o que há de melhor da educação baseada em salas de aula e laboratórios com as melhores práticas da educação *online*. Estamos apenas no início de uma longa caminhada rumo a uma verdadeira “educação sem distância”.

Referências

- [1] I. Sutherland, “Sketchpad. phd thesis.” 1963. Massachusetts Institute of Technology.
- [2] M. Prensky, *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill, 2001.
- [3] R. Tori, *Educação sem Distância: As Tecnologias Interativas na Redução de Distâncias em Ensino e Aprendizagem*. São Paulo: Editora Senac, 2010. 256p.
- [4] B. Laurel, “A taxonomy of interactive movies,” *New Media News*, vol. 3, no. 1, 1989. The Boston Computer Society.
- [5] I. E. Sutherland, “The ultimate display,” in *Multimedia: From Wagner to Virtual Reality* (K. Packer, R; Jordan, ed.), vol. 2, W. W. Norton & Company, 1965.
- [6] C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, R. V. Kenyon, and J. C. Hart, “The cave: audio visual experience automatic virtual environment,” *Commun. ACM*, vol. 35, no. 6, pp. 64–72, 1992.
- [7] R. Tori, C. Kirner, and R. Siscoutto, “Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada,” *Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação*, 2006. 422p. disponível em <http://www.interlab.pcs.poli.usp.br>;

- acesso em 16 de julho de 2010.
- [8] P. Milgram and F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays," *IEICE Transactions on Information and Systems E series D*, vol. 77, pp. 1321–1321, 1994.
- [9] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre, "Recent advances in augmented reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, pp. 34–47, 2001.
- [10] R. J. C. Tavares, "Videogames: brinquedos do pós-humano," Tese de doutorado. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo — PUC-SP, 2006, 320 p.
- [11] J. P. Gee, "What video games have to teach us about learning and literacy," *ACM Computers in Entertainment*, vol. 1, no. 1, 2003.
- [12] O. Leino, H. Wirman, and A. Fernandez, *Extending Experiences: Structure, Analysis and Design of Computer Game Player Experience*. Lapland University Press, 2008.
- [13] M. Csikszentmihalyi, *Flow : the psychology of optimal experience*. Harper & Row, New York :, 1st ed. ed., 1990.
- [14] R. Tori, "Games e interatividade: Em busca da felicidade," in *Estéticas Tecnológicas: Novos Modos de Sentir*, pp. 439–450, Santaella, L. and Arantes, P., São Paulo: EDUC, 2008.
- [15] M. G. Moore, "Teoria da distância transacional," *Revista de Educação a Distância*, vol. 1, no. 1, 2002.
- [16] International Society for Presence Research, "The concept of presence: Explication statement," 2000. Retrieved 07/16/2010 from <http://ispr.info/>.
- [17] F. Biocca, "The cyborg's dilemma1: Progressive embodiment in virtual environments," *Human Factors in Information Technology*, vol. 13, pp. 113–144, 1999.
- [18] D. M. Cruz, "Aprendizagem por videoconferência," in *Educação a Distância: O Estado da Arte*, (São Paulo), Litto, F. M.; Formiga, M., Pearson, 2009.
- [19] J. L. Bernardes Jr, R. Tori, R. Nakamura, D. Calife, A. Tomoyose, "Augmented reality games," in *Extending Experiences: Structure, analysis and design of computer game player experience*, vol. 1, pp. 228–246, Lapland University Press, 2008.
- [20] D. Calife, J. L. Bernardes, Jr., and R. Tori, "Robot arena: an augmented reality platform for game development," in *VI Simpósio Brasileiro de Jogos para Computador e Entretenimento Digital*, (Porto Alegre, RS, Brasil), pp. 77–86, SBC — Sociedade Brasileira de Computação, 2007.
- [21] D. Kemp, J; Livingstone, "Putting a second life 'metaverse' skin on learning management systems," 2007. Disponível em <http://www.sloodle.com/whitepaper.pdf>. Acesso em 16 de julho de 2010.
- [22] R. Tori, F. L. S. N. Marques, R. Nakamura, J. Bernardes, C. G. Correa, and D. M. Tokunaga, "Design de interação para um atlas virtual de anatomia usando realidade aumentada e gestos," in *Proceedings of Interaction South America 09*, (São Paulo: IXDA Brasil), pp. 1–12, 2009.
- [23] R. Tori, F. L. S. N. Marques, V. H. P. Gomes, and D. M. Tokunaga, "Vida: Atlas anatômico 3d interativo para treinamento a distância," in *Anais do XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, (WIE 2009 - XV Workshop Sobre Informática na Escola, Bento Gonçalves), Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2009. p. 1–10.



Mini-currículo do autor: Romero Tori é doutor e livre docente em tecnologias interativas pela USP. Atualmente é professor associado da Escola Politécnica da USP e professor titular do Centro Universitário Senac, onde coordena o programa de iniciação científica e a área de pesquisa em tecnologia.e gestão. Coordenou e desenvolve diversas pesquisas na área das tecnologias interativas, com ênfase em domínios da educação, saúde e entretenimento. Autor, ente outros trabalhos, do livro "Educação sem Distância: Tecnologias Interativas na Redução das Distâncias em Educação" pela Editora Senac de São Paulo. Seus principais trabalhos e artigos podem ser acessados através do endereço <http://romerotori.org>.