

## Qual a melhor Realidade para Aprender Jogando: Virtual ou Aumentada?

Laisi Corsani Daniela G. Trevisan Marcelo da Silva Hounsell Avanilde Kemczinski

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)  
Departamento de Ciência da Computação, Joinville, SC, Brasil

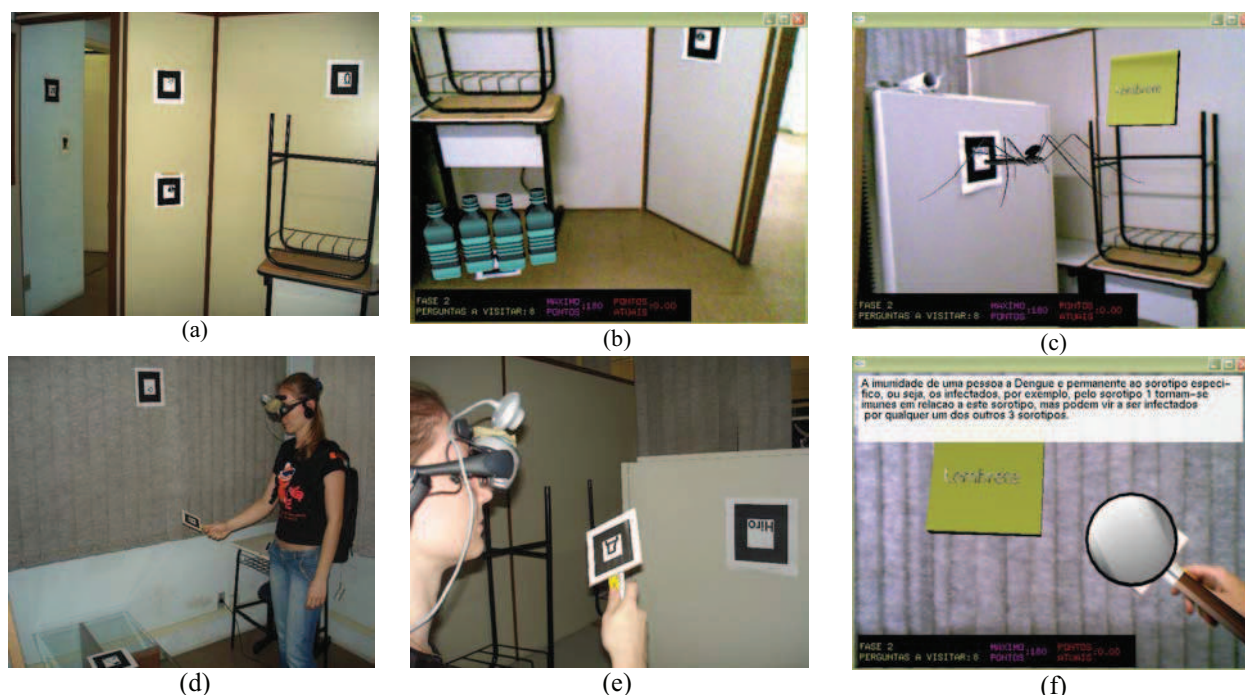


Figura 1: Interação móvel no ambiente de Realidade Aumentada. (a) Marcadores no ambiente. (b) e (c) Visualização de objetos virtuais no ambiente real. (d), (e) e (f) Usuário interagindo com o ambiente.

### Resumo

O elevado grau de interatividade que a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) possuem, faz com que sejam técnicas adequadas para o desenvolvimento de sistemas computacionais com finalidade educativa e de treinamento. Assim este trabalho tem por objetivo investigar através de dois ambientes interativos, um explorando técnicas de RV não imersiva e outro de RA, qual dessas técnicas mostra-se mais propícia para transmitir conhecimento sobre a cartilha da Dengue. Resultados de testes com usuários vieram a confirmar que o uso de RA em ambientes de ensino-aprendizagem apresentam um grande potencial, principalmente quando envolvem tarefas de exploração e de descoberta de conhecimento.

**Palavras chave:** realidade virtual, realidade aumentada, ensino-aprendizagem, dengue.

#### Contato dos autores:

{dtrevisan,marcelo,avanilde}@joinville.udesc.br

### 1. Introdução

O potencial pedagógico dos jogos eletrônicos vem sendo cada vez mais explorado. Por desenvolver

habilidades como memória, atenção, criatividade e raciocínio, eles deixaram de fazer parte apenas do lazer e hoje surgem com o nome de *serious games*. Apesar de não haver uma definição precisa sobre o termo *serious games*, essa classe de jogos visa principalmente a simulação de situações práticas do dia-a-dia, com o objetivo de proporcionar o treinamento de profissionais, situações críticas em empresas, conscientização para crianças, jovens e adultos e mesmo para situações corriqueiras, como escolher os opcionais e a cor de um carro [Zyda, 2005]. Tais jogos utilizam a conhecida abordagem da indústria de jogos para tornar essas simulações mais atraentes e até mesmo lúdicas, ao mesmo tempo em que oferecem atividades que favorecem a absorção de conceitos e habilidades psicomotoras. Assim, educação e treinamento são duas grandes áreas que se beneficiam dessa classe de jogos para atingir seus objetivos. Um bom exemplo é o America's Army<sup>1</sup> usado para treinamento dos soldados norte-americanos e o popular jogo SimCity<sup>2</sup>, surgido na década de 1990 que deu origem aos simuladores de cidades. Para o desenvolvimento desses jogos duas técnicas principais

<sup>1</sup> <http://www.americasarmy.com/>

<sup>2</sup> <http://simcitysocieties.ea.com/>

de interação estão sendo exploradas: a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA).

Kirner e Siscoutto [2007] definem RV como sendo uma “interface avançada do usuário para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador”. Nesse sentido um ambiente na forma de um jogo em RV não imersivo chamado Sherlock Dengue [Hounsell et. al. 2006] foi projetado com o intuito de trazer informações a comunidade em geral quanto à conscientização da dengue, bem como testar seus conhecimentos sobre os focos de dengue, de uma forma divertida e diferente das tradicionais. Tal motivação justifica-se pelo fato de que o combate à dengue é um dos principais problemas de saúde pública no mundo. Segundo informações do Ministério da Saúde, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que entre 50 a 100 milhões de pessoas se infectem anualmente, em mais de 100 países, de todos os continentes, exceto a Europa. Cerca de 500 mil doentes necessitam de hospitalização e 20 mil morrem em consequência da Dengue.

Por outro lado com o surgimento da Realidade Aumentada (RA) um novo paradigma de visualização e interação do usuário com o sistema tornou-se possível. Define-se RA, segundo Kirner e Siscoutto [2007], como a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais. A RA proporciona ao usuário uma interação agradável, eliminando em grande parte a necessidade de treinamento, pelo fato de trazer para o mundo real os elementos virtuais, enriquecendo e ampliando assim a visão que ele tem do mundo real. Outra característica que faz da RA ser uma técnica com elevado impacto interativo é a possibilidade de o usuário ter mobilidade real durante a interação, como ilustram as Figuras 1 (d) e (e).

Assim, neste trabalho reproduziu-se parte do ambiente virtual Sherlock Dengue previamente desenvolvido [Hounsell et. al. 2006] utilizando-se de RA para avaliar através de testes com usuários qual das técnicas de interação (RV não imersiva e RA) fornece um melhor desempenho e satisfação do usuário ao transmitir os conhecimentos da cartilha da dengue. Deste modo, conceitos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem, realidade virtual e realidade aumentada são abordados a seguir.

### 1.1 O processo ensino-aprendizagem

O primeiro aspecto a se considerar quando se fala de ensino-aprendizagem, segundo Vygostky [1994] é que as ações “ensinar” e “aprender” são dois verbos que se referem, respectivamente, ao que faz um mediador e ao

que acontece com o aluno como decorrência desse fazer do mediador.

Segundo Gil [1997], ao se falar de ensino evocam-se conceitos como: instrução, orientação, comunicação e transmissão de conhecimentos. Já ao se falar de aprendizagem, descoberta, apreensão, modificação de comportamento e aquisição de conhecimentos são os conceitos evidenciados. Considera-se que o mais crítico na relação com o ambiente explicitado pela palavra ensinar é o efeito do que o mediador faz [Kubo e Betomé, 2001]. O tipo do efeito importante é o aprendizado do aluno.

Conceitua-se então, segundo Kubo e Betomé [2001], que ensinar é o “nome da relação entre o que um mediador faz e a aprendizagem do aluno”. Em se tratando do aprender o foco do interesse passa a ser o aluno e não o mediador. A aprendizagem conceitua-se então, segundo Gil [1997], como a “aquisição de conhecimentos ou o desenvolvimento de habilidades e atitudes em decorrência de experiências educativas, tais como aulas, leituras, pesquisas, etc.”.

Para facilitar a aprendizagem dos alunos, o mediador se aproveita da aplicação dos meios disponíveis com vistas à consecução de seus objetivos, ou seja, usa de procedimentos didáticos. O procedimento didático mais comum e utilizado pelos mediadores é o da exposição, porém, muitos outros procedimentos podem ser usados a fim de diversificar a forma de ensino.

Com os avanços tecnológicos na área de informação e comunicação têm-se buscado ferramentas inovadoras para o desenvolvimento de novos métodos. Aplicações de RA e RV na área de educação, por exemplo, vem sendo estudadas e desenvolvidas. A possibilidade de criação e visualização de imagens 3D e/ou estereoscópicas e a manipulação interativa de modelos virtuais, através do computador, permitem às instituições de ensino realizar experiências para além das convencionais “salas de aula”. Algumas dessas experiências são descritas na seção 2.

### 1.2 Realidade Virtual

Três idéias básicas circundam a definição de RV: interação, imersão e envolvimento. Essas idéias não são exclusivas da RV, mas aqui elas coexistem. A idéia de interação está relacionada com a capacidade do computador em detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele, ou seja, a capacidade reativa. A imersão, por sua vez, através de dispositivos sensoriais nos dá o sentimento de estar dentro do ambiente. Já o envolvimento está relacionado com o grau de motivação para o engajamento de uma pessoa a determinadas atividades, considerando também que para obter-se uma boa performance de simulação é preciso ter um envolvimento, o que instiga a

imaginação [Burdea e Coiffet, 2003; Kirner e Pinho, 1997].

Uma das vantagens ao se utilizar RV é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual. Dispositivos como capacetes de visualização e controle, luvas, além dos convencionais como *mouse*, teclado, entre outros, são utilizados para suportar a interação do usuário, permitindo a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos, por exemplo, para apontar, pegar, e realizar outras ações.

Conforme a aplicação desenvolvida e o tipo de equipamento de visualização utilizado, pode-se classificar a RV em imersiva e não imersiva. Diz-se que a RV é imersiva quando a aplicação faz uso de capacetes ou salas de projeções nas paredes. A RV não imersiva, não obstante, acontece quando a aplicação faz uso de monitores [Kirner, Pinho, 1997]. Embora a RV imersiva apresente aplicações mais realistas e mais precisas, a RV não imersiva é mais popular por ser mais barata e mais simples. Contudo, com o crescente avanço tecnológico da RV, a tendência é que a RV imersiva tome lugar na maioria das aplicações futuras.

### 1.3 Realidade Aumentada

Algumas tecnologias de RV imergem completamente o usuário num ambiente sintético. Porém quando imersos, o usuário não pode ver o mundo real em torno dele. A Realidade Aumentada (RA), no entanto, suplementa o mundo real em vez de substituí-lo completamente. Ela permite ao usuário ver o mundo real inserindo nele objetos virtuais.

Para entender o conceito de RA é preciso entender um conceito mais amplo: a Realidade Misturada (RM). Milgram et. al. [1994] definem RM como um ambiente no qual objetos reais e virtuais são apresentados em conjunto. Ao misturar o real com o virtual, a RM se abre em duas possibilidades: Virtualidade Aumentada (VA), quando o ambiente predominante é o virtual, e Realidade Aumentada (RA), quando o ambiente predominante é o real.

Para que isso se torne possível, é necessário combinar técnicas de visão computacional, computação gráfica e Realidade Virtual, o que gera como resultado a correta sobreposição de objetos virtuais no ambiente real [Azuma, 2001; Milgram et. al. 1994]. Assim a RA pode ser classificada de duas maneiras: imersiva e não imersiva. Quando o usuário observa o ambiente misturado apontando os olhos diretamente para as posições reais com cena óptica ou por vídeo, pode-se dizer que a RA é imersiva, ou de visão direta. A RA não imersiva, ou de visão indireta, por sua vez, é dita quando o usuário observa o ambiente misturado em algum dispositivo, como monitor ou projetor, não alinhado com as posições reais. Na RA imersiva as imagens do mundo real são

vistas a olho nu, ou através de uma câmera, e os objetos virtuais são gerados por computador e projetados nos olhos do usuário, misturados com um vídeo real ou projetados no próprio cenário real. Isso se torna possível através do uso de dispositivos como capacetes ópticos, capacetes com microcâmeras acopladas, visualizadores de apontamento direto baseados em *handheld*, ou projeções de objetos virtuais no ambiente real. Já na RA não imersiva, as imagens do mundo real são capturadas por uma câmera, misturadas com as imagens virtuais e apresentadas ao usuário através de um monitor.

## 2. Trabalhos Relacionados

Zorzal, Bucciolli e Kirner [2006] mostraram que é possível criar jogos para ampliar as possibilidades pedagógicas de forma mais agradável e enriquecedora, usando RA. Eles apresentam sete aplicações de quebra-cabeças desenvolvidos com o uso da biblioteca ARToolKit<sup>3</sup>. Dentre eles destaca-se o quebra-cabeça 3D, como o próprio nome sugere, objetiva montar um modelo qualquer com algumas peças que se encaixam. Estas peças são associadas a marcadores montados em cubos de madeira com seis faces. Em cada um dos cubos é cadastrada a mesma peça nas seis faces, variando sua posição, orientação e escala, possibilitando inclusive mais de uma solução possível, pois se as mudanças nas peças forem similares em todos os cubos, seis soluções diferentes são possíveis. Esta variação do quebra-cabeça pode ser utilizada tanto para entretenimento quanto para outros fins, como desenvolvimento de raciocínio espacial e treinamento. Já o quebra-cabeça com palavras, do ponto de vista educacional, pode auxiliar na alfabetização, bem como no aprendizado de novos idiomas. Ele se utiliza da idéia de junção de letras dos jogos das palavras, que consiste de um quebra-cabeça onde o usuário pode montar sua palavra, com o aditivo de técnicas que RA para dar mais efeitos aos resultados finais. Para a realização desse quebra-cabeça foram construídos marcadores quadrados com letras em seu interior. O *software* ARToolKit utiliza marcadores de referência de forma quadrada ou retangular, por isso, foram cadastradas combinações de palavras, formando assim marcadores compostos retangulares. Quando o usuário forma uma palavra, se esta está cadastrada no banco de dados do ARToolKit, a mesma será associada ao seu objeto virtual específico e mostrada no ambiente educacional. A fim de exercitar a capacidade de raciocínio espacial e seqüencial do usuário foi desenvolvido o quebra-cabeça que simula o jogo Torre de Hanói. Para a realização do jogo, foram confeccionados quatro cubos, cada um com quatro marcadores de referência. Cada cubo representa um disco e cada face marcadora permite colocar o respectivo disco em uma posição no espaço.

<sup>3</sup> <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>



Shelton e Hedley [2002] analisaram as vantagens da interface RA para visualizar e manipular objetos 3D. Neste trabalho busca-se saber como o entendimento do conteúdo espacial dos alunos muda através da sua interação física com objetos virtuais. Tem-se como hipótese que a RA muda a forma como os estudantes vem a compreender certos conceitos. A análise dos autores inclui uma análise cuidadosa do movimento físico do estudante e da manipulação do objeto durante a atividade de RA, bem como a reflexão. A análise quantitativa de uma pré e pós-avaliação, juntamente com a análise qualitativa de um vídeo do exercício de RA, mediram os resultados da aprendizagem. Os estudantes utilizaram a estação de RA num período de dois dias. O professor de Geografia substituiu a aula tradicional abrangendo a relação terra-sol pelo exercício de RA. Para ajudar a medir a influência que o exercício de RA teve no entendimento dos estudantes sobre a relação terra-sol, foram propostas três perguntas:

- Como o desempenho do estudante mudou da pré para a pós-avaliação?
- Quais alunos melhoraram, e quais não?
- Em quais temas os alunos foram afetados?

Com o resultado desse estudo, os autores concluíram que a RA tem potencial para transformar o ensino e a aprendizagem de conceitos e conteúdos espaciais complexos. A interface de RA não apenas altera o mecanismo de conteúdo instrucional, ela pode mudar radicalmente a maneira como o conteúdo é entendido, através de uma combinação única de informação visual e sensorial que resulta em uma poderosa experiência cognitiva e de aprendizagem.

Já o projeto de investigação de Tang et al [2003] teve por objetivo explorar a eficácia da utilização da RA como um meio de instrução em tarefas de montagens assistidas por computador. Quanto à metodologia, os autores consideraram variáveis independentes e dependentes nos experimentos. A variável independente foi a classe do meio instrucional usado, com quatro níveis: o manual impresso (tratamento 1), a instrução assistida por computador (CAI) usando um monitor LCD (Mostrador de Cristal Líquido) como base na visualização (tratamento 2), a CAI através de um HMD (tratamento 3) e RA registrada espacialmente (tratamento 4). As variáveis dependentes incluem tempo de realização da tarefa, taxas de erro e a carga cognitiva. Durante o teste, os indivíduos devem completar uma tarefa de montagem de acordo com as instruções apresentadas usando o meio específico, de acordo com o tratamento apropriado. Essa montagem consistiu de 56 etapas processuais. Para cada etapa, os indivíduos devem adquirir uma peça de uma determinada cor e tamanho de uma caixa embaralhada e inserir essa peça na sub-montagem corrente, na posição e orientação especificada de acordo com a instrução recebida. O desempenho da tarefa é definido como o tempo de conclusão e precisão da tarefa. O tempo de conclusão é a medição do tempo para completar todos os 56

procedimentos. Precisão é a medição do número de erros feitos na tarefa, em que o erro é definido como: (1) uma peça é inserida no lugar errado ou/e com uma orientação errada, (2) uma peça com a cor errada e/ou tamanho errado é inserida, (3) falta uma peça ou (4) uma peça extra é inserida. Mais duas classes de erros foram definidas: erros dependentes e independentes. Erro dependente é um erro relacionado a outro erro cometido anteriormente nas etapas de montagem. O independente, é um erro isolado que não diz respeito a etapa anterior. A carga cognitiva é medida usando o teste subjetivo NASA *Task Load Index*<sup>4</sup>. Os resultados indicaram que o uso de RA proporcionou a menor taxa de erros e o menor tempo necessário para a realização da tarefa bem como apresentou a menor carga cognitiva. Assim o estudo constatou que RA não só reduz a carga cognitiva para localizar a orientação e posição na área de trabalho, mas também elimina a dependência em relação a marcos potencialmente errôneos. Nos casos onde os marcos são os resultados de etapas de montagem anteriores, pistas da correta localização fornecida pelo sistema RA previnem uma cascata de erros e reduzem a interdependência de erros entre as etapas. Assim o apoio da RA para correção de erros espaciais podem ter importantes implicações para montagem do mundo real e aprendizagem processual.

Os estudos apresentados nesta seção fornecem de forma geral evidências para apoiar a proposição de que sistemas RA melhoram o desempenho da tarefa e pode aliviar a carga mental de tarefas de montagens. A capacidade de sobrepor e registrar informação na área de trabalho numa forma significativamente espacial permite ao RA ser mais um meio instrucional efetivo.

### 3. Estudo de Caso

Esta seção tem por objetivo apresentar as principais características incorporadas no ambiente virtual “Sherlock Dengue” [Hounsell et. al. 2006] e logo em seguida descrever como essas características foram concebidas no ambiente de RA.

#### 3.1 O ambiente de RV

O ambiente do Sherlock Dengue, disponível on-line<sup>5</sup>, que será considerado para fins deste trabalho é o ambiente composto por focos – fatos – lembretes – curiosidades (sem som). Essa versão possui 8 fases e 2 temas – “Barraco” e “Apartamento”. Para testes comparativos ao novo ambiente que será implementado, serão consideradas apenas as duas primeiras fases e o tema “Apartamento”. As fases restantes não serão necessárias porque o objetivo é avaliar a forma de interação e não o número de fases alcançadas. Considera-se as duas primeiras fases pelo fato de a primeira fase ser apenas informativa e o jogo realmente começar a partir da segunda fase.

<sup>4</sup> <http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/>

<sup>5</sup> <http://www2.joinville.udesc.br/~larva/dengue/jogo.htm>

Três componentes, denominados “objetos mágicos” fazem parte do cenário do AV Sherlock Dengue:

- Fatos: são objetos 3D, apresentados na forma de “livro”, conforme a figura 2, que, quando selecionados, fazem aparecer na interface informações textuais formais referentes ao tema da dengue. Esses fatos apresentados numa fase corrente serão necessários para responder corretamente perguntas de uma próxima fase. É uma nova informação que o aprendiz recebe;

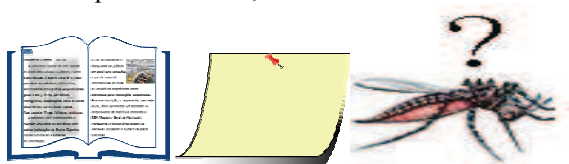


Figura 2 – Da esquerda para direita: representação de um “fato”, “lembrete” e “curiosidade” [Hounsell et. al. 2006].

- Lembretes: são objetos na cena 3D, apresentados na forma de “Post-it”, conforme figura 2, que, quando selecionados, fazem aparecer na interface informações que o aprendiz poderá resgatar ao longo do processo de inspeção, com o intuito de ajudá-lo a responder corretamente as perguntas que aparecerão durante a navegação. O conteúdo de um lembrete na fase corrente é o mesmo de um fato da fase anterior. A visita a um lembrete diminuirá a pontuação de uma pergunta associada a este (visto que o usuário já acessou anteriormente a mesma informação como um “fato”);
- Curiosidades: são objetos na cena 3D, apresentados na forma de “pernilongo”, conforme figura 2, que, quando selecionados, fazem aparecer na interface informações adicionais complementares que não influenciarão no desempenho do usuário. Possui o intuito de manter o interesse e motivação do usuário no ambiente e trazê-lo curiosidades sobre a Dengue.

Durante a primeira fase, o usuário encontrará no ambiente somente fatos e curiosidades. O objetivo é explorar o ambiente lendo os fatos para obter conhecimento para a fase seguinte, visto que os fatos de uma fase corrente serão perguntas na fase seguinte. Essa fase, por ser apenas informativa, é opcional ao usuário. Em cada fase, a partir da segunda (onde o jogo começa efetivamente), existem, além dos “objetos mágicos”, sete focos de dengue escondidos, que no tema apartamento podem variar entre os seguintes objetos: aquário, bandeja, bebedouro, cafeteira, conjunto de garrafas, garrafa pet, garrafa de vinho, latas, vasos de planta, ralo e vaso sanitário. Esses focos também variam de posição a cada acesso e o objetivo é explorar o ambiente para encontrá-los.

A navegação pelo ambiente pode ser realizada pelo *mouse* (arrastando-o na direção que se deseja movimentar) ou através do teclado (setas para movimentação, e *shift* e *ctrl* para velocidade de deslocamento). Ao passar a seta do *mouse* sobre um dos objetos mágicos ou foco, o indicador (uma seta normalmente) se transformará numa mão, auxiliando o usuário a reconhecer quando existe um objeto a ser selecionado (com o botão esquerdo do *mouse*).

Ao selecionar um foco, uma pergunta associada aparecerá. Juntamente com a pergunta aparecerão quatro opções de resposta e cabe ao usuário decidir qual é a resposta certa, selecionando-a com um clique do *mouse*. Uma vez respondida corretamente, ao selecionar novamente o foco, a pergunta não reaparecerá, caso contrário, reaparecerá para que o usuário possa respondê-la novamente. Cada pergunta possui um nível de dificuldade associado a ela: se as perguntas são diretas elas são consideradas de nível fácil (1), perguntas mais interpretativas são de nível médio (2) e perguntas interpretativas e contextualizadas são consideradas de nível difícil (3). Para a pontuação, as perguntas de nível 1 valem 10 pontos, nível 2 20 pontos e nível 3 30 pontos. A tabela 1 apresenta as formas de remuneração que o usuário obterá: se ele acertar a pergunta sem acessar o lembrete ganhará 100% da pontuação total da pergunta; se o usuário acertou a pergunta, porém acessou o lembrete correspondente a ela, ganhará 50% da pontuação; caso o usuário erre a pergunta e já tenha acessado o lembrete correspondente a esta, perderá 25% do valor total relacionado a ela, ou seja, ao responder a pergunta novamente, ele poderá no máximo ganhar 75% de seu valor ao respondê-la corretamente; se o usuário errou a pergunta e não acessou o lembrete correspondente a esta, perderá 33% de seu valor total, podendo numa próxima tentativa obter no máximo 67%. Este esquema de pontuação foi assim concebido para evitar que o usuário utilizasse o método da “tentativa-e-erro” sem nem mesmo revisar a informação que está tratando (disponível na forma de lembretes), o que é mais desejável considerando-se o seu propósito educacional. Vale ressaltar que o tempo não é levado em consideração para nenhum cálculo da pontuação.

Tabela 1 - Esquema de Pontuação.

	Acessou o lembrete	Não acessou o lembrete
Acertou	50%	100%
Errou	-25%	-33%

A figura 3 mostra a interface do AV Sherlock Dengue. A interface foi dividida em 5 áreas (janelas): na janela 1 são apresentadas as informações textuais formais dos fatos, lembretes, curiosidades e *feedback's* das perguntas (na forma de parabenizações para acertos ou comentários para os erros) e essas informações só aparecem quando necessárias; na janela 2, que é fixa, têm-se os botões necessários para prosseguir nas fases, reiniciá-las, verificar o desempenho do usuário (pontos na fase, perguntas restantes e *score* das fases

anteriores) e sair do jogo; na janela 3, que também é fixa, são apresentadas as teclas para a navegação no AV (que seguem o padrão do *plug-in* Cortona utilizado nesta visualização); a janela 4 apresenta o AV tema

disposta no canto inferior esquerdo por ser essa a região inferior a de menos interesse do usuário [Nielsen J., 2000], logo, por mais que seja uma região fixa não traz desconforto visual. A área 3 aparece ao

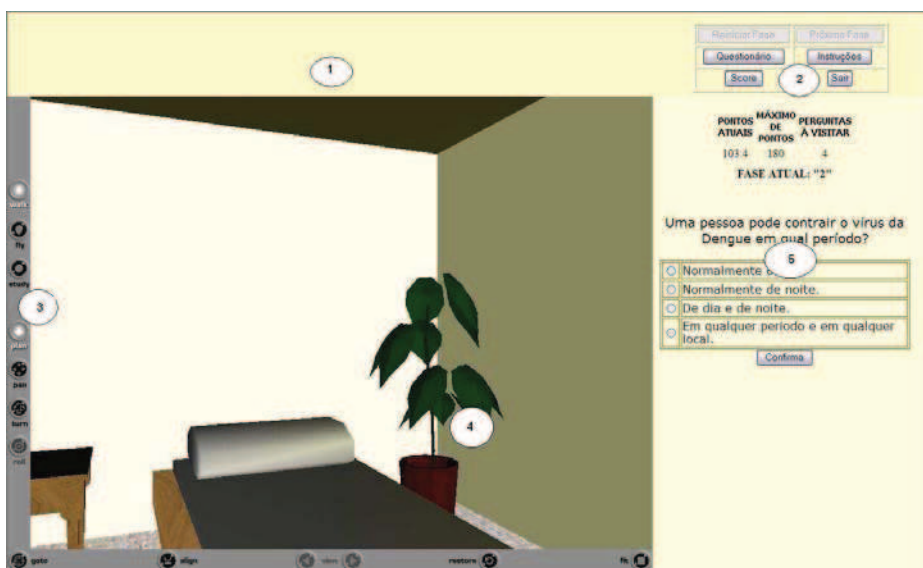


Figura 3. Interface do ambiente virtual “apartamento” [Hounsell et. al. 2006].

apartamento; e na janela 5 aparecem as perguntas quando algum foco é selecionado. O usuário estará apto a passar para a próxima fase quando obtiver a pontuação mínima desta: 40% da pontuação máxima da fase 2, 50% da pontuação máxima da fase 3, 60% da pontuação máxima da fase 4, 65% da pontuação máxima da fase 5 e 70% da pontuação máxima das fases 6, 7 e 8. No caso deste trabalho consideramos somente as fases 1 e 2 e na avaliação será pedido que o usuário responda todas as perguntas, para comparação da pontuação obtida neste ambiente com a pontuação obtida no ambiente de RA.

### 3.2 O Ambiente de RA

O projeto do ambiente RA tem como base o AV Sherlock Dengue apresentado anteriormente. Foram reproduzidas as fases 1 e 2 da versão 3 do Sherlock Dengue em RV para um ambiente interativo de RA. Para tanto, usou-se uma sala montada com alguns móveis reais e um ambiente desenvolvido com a biblioteca ARToolKit, simulando o tema “apartamento”. Durante a fase 1 o usuário navega pelo ambiente a fim de se familiarizar com ele e obter as informações para a fase 2, como na versão RV.

#### 3.2.1 Interface e objetos

A Figura 4 mostra a interface de *layout* do ambiente RA. A interface foi dividida em 4 áreas (janelas): a janela 1 (*background*) é a principal área, nela é apresentado todo o ambiente do usuário (real e virtual). Devido à qualidade da câmera utilizada, esta área foi desenvolvida em 640x480 pixels buscando-se a melhor qualidade de visualização. A área 2 é fixa na janela 1 e contém as informações de desempenho do usuário (pontos obtidos e perguntas restantes). Essa área foi

usuário somente quando este seleciona algum foco no ambiente e contém as perguntas para o usuário responder, bem como os *feedbacks* dela (acerto ou erro). Essa região foi disposta no centro por terem as perguntas bastante informação e precisarem de espaço, para não ocupar a região 4 e também para incomodar a visão do ambiente do usuário toda vez que ele olhar para um foco e não tenha respondido ainda a pergunta correspondente. A área 4 aparece quando um “objeto mágico” é selecionado e foi escolhida essa região para que mesmo que o usuário tenha alguma mensagem na tela ele continue com a visão do ambiente.

Todos os “objetos mágicos” e quase todos os focos presentes no Sherlock Dengue estão presentes no ambiente RA. Tanto para os “objetos mágicos” quanto para os focos foram utilizados objetos gratuitos disponibilizados pelo Google 3D Warehouse, semelhantes ao do ambiente RV, como se pode observar nas figuras 5 e 6.

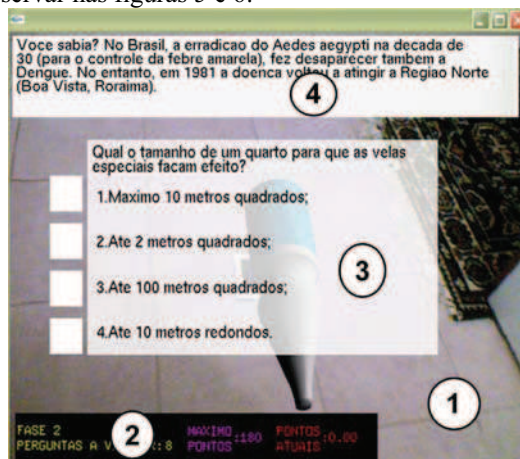


Figura 4. Representação do fato, lembrete e curiosidade do ambiente RA.





Figura 5. Representação do fato, lembrete e curiosidade do ambiente RA.



Figura 6. Representação dos focos utilizados no ambiente RA.

### 3.2.2 Interação

Cada "objeto mágico" e cada foco têm um marcador correspondente e esses marcadores são distribuídos estrategicamente pela sala montada. Durante a fase 1, existem quatro marcadores que correspondem a curiosidades e oito marcadores que correspondem a fatos. Na fase 2, existem 4 marcadores que correspondem a curiosidades, 8 marcadores que correspondem a lembretes e 8 marcadores que correspondem a focos. Os marcadores de curiosidade da fase 1 são os mesmos marcadores de curiosidade da fase 2 e os marcadores de fatos da fase 1 passam a ser os marcadores de lembretes da fase 2.

A seleção dos "objetos mágicos" no ambiente também se dá por meio de um marcador, que possui um "cabo" que é segurado pelo usuário simulando uma Lupa, conforme ilustra Figura 7. A técnica de seleção dos objetos é realizada através da combinação dos marcadores. Quando a câmera reconhece o marcador seletor juntamente com um marcador correspondente a um objeto, reconhece a seleção deste, e então executa a ação correspondente (Figura 1 (f)). Por exemplo, se uma pessoa deseja selecionar uma curiosidade, ao avistar o pernilongo basta que ela coloque a Lupa no campo de visão da câmera de modo que a câmera visualize ambos a Lupa e o pernilongo. Ao rastrear o marcador seletor juntamente com o marcador correspondente ao pernilongo, o sistema reconhece que uma curiosidade foi selecionada, apresentando-a ao usuário. O mesmo se dá com os fatos e os lembretes. O retorno visual da seleção de qualquer um desses objetos será uma mensagem apresentada na região 4 da tela conforme Figura 4. Uma vez selecionado o objeto, ele se mantém selecionado, ou seja, a mensagem aparecerá automaticamente na tela todas as vezes que o objeto for visualizado.

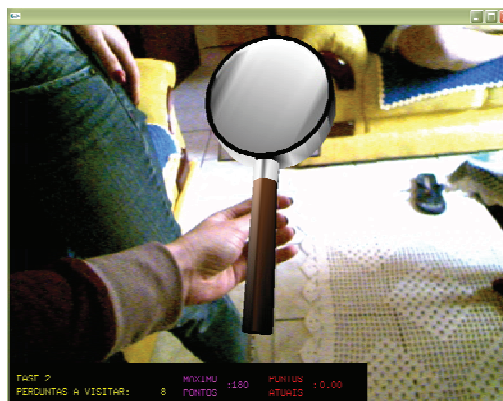


Figura 7. Representação do objeto virtual de seleção "Lupa".

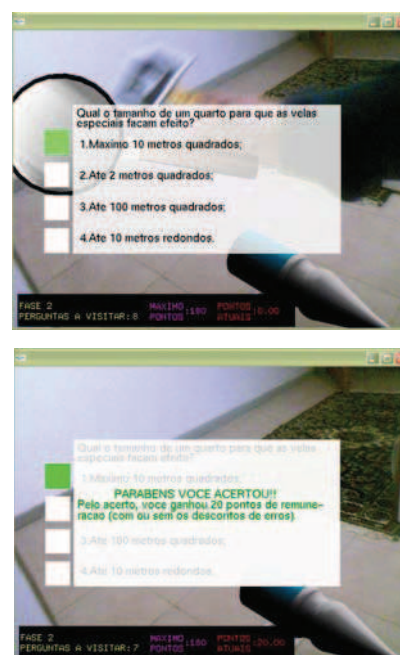


Figura 8. Botão sendo ativado no ambiente de RA.

Para os focos a seleção é feita da mesma maneira, porém o retorno ao usuário é uma pergunta de múltipla escolha a ser respondida. Sabe-se que cada pergunta tem 4 opções. No novo ambiente elas são numeradas e cada opção possui um botão de seleção desenhado ao seu lado para a resposta. A seleção dos botões se dá a partir do reconhecimento do centro do marcador de seleção "Lupa" sobre o botão desejado. Um botão é ativado depois que atinge um determinado *threshold* ou limiar, ou seja, número de quadros necessário para seleção. Esse limiar é incrementado quando o centro do marcador seletor "Lupa" se encontra dentro dos limites do botão. A verificação é então feita com teste de colisão: se um ponto, que é o centro do marcador seletor, se encontra dentro dos limites do botão, que é um quadrado, o limiar é incrementado; caso contrário, é decrementado, não podendo ser inferior à zero. Conforme o limiar é incrementado, o botão vai gradualmente tornando-se verde para dar ao usuário um *feedback* de qual botão ele está selecionando. O botão é ativado quando chega ao limiar desejado, que no caso do ambiente RA é de 30 quadros, atingindo então a cor verde total (Figura 8). Então ele retorna ao

usuário um *feedback* da pergunta, informando se acertou ou errou e se errou, porque errou. Cada botão tem o seu limiar, e quando um deles é ativado, todos são reiniciados, ou seja, seu limiar volta à zero. As perguntas, seu comportamento, nível de dificuldade e sua pontuação são as mesmas pertencentes ao AV. Uma vez respondida corretamente, a pergunta não aparecerá novamente ao usuário.

O usuário conclui sua tarefa ao responder as 8 perguntas existentes no ambiente. Faz-se necessário responder a todas para fins de avaliação, que será explorado a seguir.

## 4 Avaliação de Usabilidade

O objetivo de projetar e avaliar sistemas buscando usabilidade é proporcionar que usuários alcancem seus objetivos e satisfaçam suas necessidades em um contexto particular de uso [NBR 9241-11, 2002]. Assim sendo, podemos denominar usabilidade como sendo a medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso [NBR 9241-11, 2002].

Normalmente é preciso fornecer pelo menos uma medida para eficácia, eficiência e satisfação [NBR 9241-11, 2002]. Medidas de eficácia são relacionadas aos objetivos do usuário quanto à acurácia e completude com que esses objetivos podem ser alcançados. As medidas de eficiência relacionam o nível de eficácia alcançada ao dispêndio de recursos. E a satisfação mede a extensão pela qual os usuários estão livres do desconforto e suas atitudes em relação ao uso do produto. Sendo assim as avaliações de eficácia e eficiência tendem a ser objetivas, enquanto a de satisfação tende a ser subjetiva. As medidas consideradas são apresentadas a seguir.

### 4.1 Hipóteses

Buscando-se avaliar através de um método comparativo qual das duas técnicas promove um maior desempenho e satisfação do usuário, foram definidas três hipóteses:

- $h_1$ : a técnica RA proporcionará um grau de aprendizado maior que a técnica RV;
- $h_2$ : usuários com interação em RA efetuarão a tarefa em menos tempo devido ao fato de sua interação ser mais intuitiva; e
- $h_3$ : usuários com a interação RA ficarão mais satisfeitos do que os usuários com interação RV.

Considerando as hipóteses a serem investigadas temos duas variáveis independentes, ou seja: a técnica RA e a técnica RV. As variáveis independentes são as variáveis explicativas, ou de controle, que integra um conjunto de condições experimentais que são manipuladas e modificadas pelo investigador.

Também foram definidas três variáveis dependentes:

- pontuação: determina o grau de aprendizado do usuário na interação, ou seja, sua eficácia;
- tempo: para análise estatística em termos de eficiência; e
- satisfação: determinada a partir de um questionário de satisfação respondido pelo usuário após o término do experimento.

Variáveis dependentes são as variáveis resposta, ou seja, que se pretende explicar, avaliar, e depende da variável independente. Essas três variáveis foram responsáveis pela comprovação das hipóteses definidas.

### 4.2 Método

Foram avaliados os dois ambientes, o de RV e o de RA, através de dois grupos distintos de usuários, cada um com 6 integrantes. Cada grupo interagiu em um único ambiente. Isso se fez necessário devido ao fato de o jogo ser informativo e exploratório, logo, o desempenho de um usuário poderia ser influenciado se este já possuísse conhecimento de um dos ambientes, logo, de seu conteúdo. Antes do experimento cada usuário teve de preencher um formulário de identificação e autorização para uso das informações obtidas. Além da identificação e autorização, os usuários que fizeram experimento com RV receberam um formulário com explicações referentes à aplicação em questão. Iniciado o experimento a hora de início de cada usuário foi registrada. Ao terminar o experimento, foram registrados a hora de término e os pontos obtidos por cada usuário. Como o ambiente Sherlock Dengue possui 8 fases, apesar de nós considerarmos apenas 2 para este trabalho, ele possui 56 perguntas que são distribuídas randomicamente entre as 8 fases cada vez que o ambiente é iniciado. Isso faz com que as perguntas da fase 2 de um usuário A não necessariamente sejam as mesmas de um usuário B. Com isso, a máxima de pontos da mesma fase pode ser diferente para usuários diferentes, já que os pontos recebidos estão relacionados aos valores das perguntas, conforme explicado no capítulo anterior. Porém, o ambiente informa o máximo de pontos que um usuário pode fazer na fase, logo, essa informação também foi recolhida de cada usuário. Já para o ambiente RA, como foi desenvolvida apenas as duas primeiras fases, ele possui apenas 8 perguntas, que foram escolhidas aleatoriamente entre as 56 do Sherlock Dengue. Com isso sua máxima de pontos será sempre a mesma para qualquer usuário, sendo essa então uma informação já conhecida, que nesse caso corresponde à 180 pontos.

Ao final cada um respondeu também um questionário de satisfação, este igual para todos. Este questionário é a tradução do SUS (*System Usability Scale*) [Brooke J., 1996], um questionário simples de avaliação subjetiva, com dez perguntas que devem ser respondidas de acordo com o nível de concordância a cada uma das perguntas. Após terem sido respondidas, codificam-se as respostas e calcula-se, através de um



coeficiente, o grau de usabilidade da técnica de interação em questão.

#### 4.3 Procedimento

A avaliação com o ambiente RV foi realizada de forma conjunta. Para tal foi utilizado um laboratório de informática do Departamento de Ciência da Computação da UDESC, onde cada usuário se valeu de um computador para o experimento. Eles preencheram o formulário de identificação e autorização e então, entraram no ambiente virtual do Sherlock Dengue. Todos os usuários voluntários são estudantes do curso de Ciência da Computação e do curso de Tecnologia da Informação, porém com experiências variadas quanto ao uso de aplicações com RV e RA. Antes de iniciar a navegação propriamente dita foram dadas todas as informações necessárias do seu funcionamento e também explicado o que eles deveriam fazer. Quando todos estavam preparados para o início do experimento, ele foi então liberado e a hora de início registrada. Conforme cada usuário acabava, foram sendo anotados a hora de término, a máxima de pontos que ele poderia ter feito, os pontos feitos de fato e ele recebia então o questionário de satisfação. Respondido o questionário o usuário foi então liberado da avaliação.

Já a avaliação com o ambiente RA, foi realizada de forma individual, um usuário de cada vez. Para tal foram utilizadas duas salas do Departamento de Ciência da Computação da UDESC em que o ambiente foi montado com os marcadores distribuídos nelas, conforme ilustra Figura 1 (a). Também foi preciso montar o equipamento móvel para suporte de RA, que é composto por um notebook com a aplicação instalada e do capacete (*Head Mounted Display*) com a câmera acoplada (Figura 1(e)). As Figuras 1 (d) e (e) mostram o usuário navegando no ambiente e algumas visualizações resultantes da interação do usuário através do HMD podem ser visualizadas nas Figuras 1 (b), (c) e (f).

#### 4.4 Resultados

A avaliação foi realizada de forma a mensurar a aprendizagem através da interação nos ambientes RV e RA. Para tal, foram definidas três variáveis a serem analisadas: a pontuação obtida para medir a eficácia do

aprendizado, o tempo para estudo de eficiência do processo e a satisfação obtida em cada interação. Como para o ambiente RV a máxima de pontos poderia variar para cada indivíduo e para o ambiente RA a máxima de pontos sempre é 180, realizou-se uma regra de 3 em todos os pontos obtidos no experimento RV para ter seu equivalente com a máxima de 180 pontos para fins de comparação entre os dois ambientes. A Tabela 2 mostra o número médio de pontos obtidos em cada uma das interações, com um desvio padrão de 26 para o ambiente RA e 19,93 para o ambiente RV. Assim os usuários que interagiram com o ambiente RA tiveram uma média de pontos maior que os usuários que interagiram com o ambiente RV. Entretanto com um desvio padrão elevado não foi possível comprovar a hipótese 1 de que RA proporcionaria um melhor aprendizado do conteúdo para o usuário. Tal fato pode ser decorrente da variação do grau de experiência dos usuários quanto ao uso das tecnologias consideradas. Novos testes com uma população maior ou ainda selecionar o perfil dos usuários quanto ao grau de experiência com as tecnologias testadas seriam possibilidades para minimizar tal efeito.

Tabela 2. Resultado da avaliação para mensurar eficiência e eficácia entre as técnicas de interação.

Técnica de Interação	Nr. Médio de Pontos (PM)	Desvio Padrão da PM	Tempo Médio (TM) minutos	Desvio Padrão do TM
RV	60,43	19,93	21,5	3,4
RA	76,48	26	11,8	1,57

Na Tabela 2 pode-se ainda observar o tempo médio, em minutos, gasto na interação com os ambientes, com um desvio padrão de 1,57 para o ambiente RA e 3,4 para o ambiente RV. Os dados estatísticos revelam que os usuários na avaliação com RA realizaram o experimento em menos tempo que os usuários na avaliação com RV. Pode-se concluir então que o ambiente de RA proposto proporcionou uma maior eficiência. Com isso a hipótese 2, usuários com interação em RA efetuaram a tarefa em menos tempo devido ao fato de ser mais intuitiva, é comprovada. O grau de satisfação de cada usuário é apresentado na Figura 9. Os dados revelam que os usuários da interação RA apresentaram um grau de satisfação maior que os usuários com interação RV, com uma

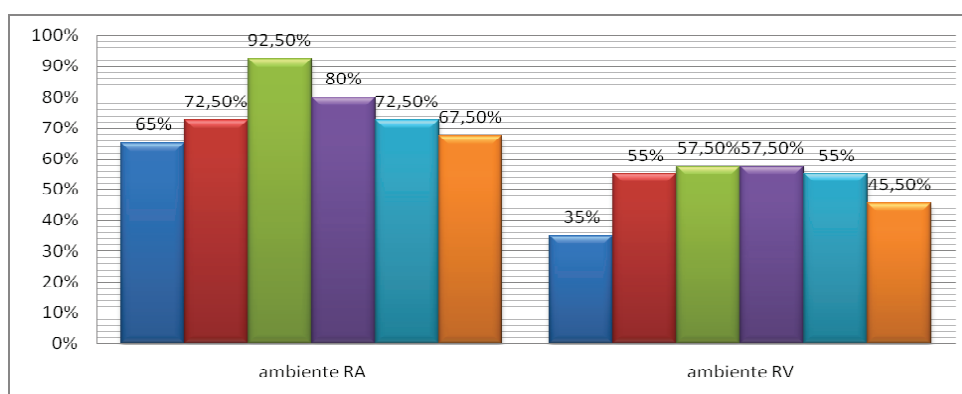


Figura 9. Grau de satisfação de cada usuário nos ambientes RA e RV segundo o teste *System Usability Scale*.

média de 75% e 42% respectivamente. Com isso a hipótese 3, os usuários com a interação RA ficaram mais satisfeitos do que os usuários com interação RV, é comprovada.

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho propôs o desenvolvimento de um ambiente de Realidade Aumentada para Ambientes Virtuais de ensino-aprendizagem tendo como estudo de caso um jogo interativo de combate e conscientização contra a Dengue.

A avaliação, por sua vez, trouxe resultados positivos quanto ao cumprimento do objetivo proposto. A interação com RA demonstrou um bom desempenho dos seus usuários indo de encontro com os resultados obtidos nos trabalhos relacionados apresentados. Além disso, a motivação e satisfação observadas nesses usuários incentivam a criação de novos ambientes com o uso da técnica de Realidade Aumentada aplicada no ensino-aprendizagem, visto a vantagem que ela proporciona aos usuários ao aproximar o mundo virtual do real. Entretanto, vale ressaltar que nesse estudo a RA foi comparada com a RV não imersiva e resultados com a RV imersiva podem gerar resultados completamente diferentes.

Uma vez que a tecnologia utilizada para dar suporte a RA baseia-se em algoritmos de visão computacional, muitas limitações foram identificadas no desenvolvimento desse trabalho. Por exemplo quanto menor for o marcador, menos distante ele pode ser detectado. Essa variação é em parte afetada pela complexidade do marcador. Quanto mais simples melhor, porém marcadores muito simples podem ser reconhecidos em qualquer lugar que apresente sombra ou tenha escritas ou desenhos que se assemelhe ao marcador. A identificação do marcador também é afetada por sua orientação em relação à câmera. Quanto mais inclinado o marcador, menos o seu centro é visível tornando o reconhecimento menos confiável. Finalmente, o processo de identificação do marcador é também afetados por condições de iluminação. Muita luz pode dar reflexo e brilho intenso no marcador o que torna mais difícil reconhecer o padrão do marcador. Para reduzir o brilho intenso o marcador poderia ser feito em papel não-reflexivo, como por exemplo montar um marcador com veludo preto e tecido branco.

No que se refere a trabalhos futuros, podemos considerar ambientes com mais tipos de interações, como por exemplo, reconhecimento de gestos para responder as perguntas, ou ainda a inserção de sonorização como alternativa para os textos que forcem a leitura no HMD. Quanto à questão do reconhecimento dos marcadores, técnicas de visão computacional com múltiplas câmeras ou ainda câmeras de alta resolução poderiam ser investigadas como forma de prover um reconhecimento mais robusto e uma visualização mais estável.

Apesar de ainda ser uma técnica considerada nova e apresentar bastantes limitações, muitas delas dependentes da tecnologia utilizada, a Realidade Aumentada se mostra promissora. Ela abre novas portas para um processo cada vez mais insaciável de procedimentos didáticos que reforcem o ensinar e o aprender, que é o ensino-aprendizagem.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a todos os voluntários que participaram dos testes e em especial ao Laboratório de Realidade Virtual Aplicada (LARVA) da UDESC por tornar possível a realização desse trabalho.

## Referências

- AZUMA, R. T., ET AL., 2001. Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, v. 21, n. 6, p. 34-47.
- BROOKE, J., 1996. SUS. A Quick and Dirty Usability Scale. In: JORDAN, P. W. *Usability Evaluation in Industry*. 1 ed. Londres: Taylor & Francis, p. 189-194.
- BURDEA, G; COIFFET, P., 1994. *Virtual Reality Technology*, John Wiley & Sons, New York, NY.
- GIL, A. C., 1997. *Metodologia do Ensino Superior*. 3 ed., São Paulo: Atlas.
- HOUSELL, M. S.; ROSA, R. L.; SILVA, E. L. DA ; GASPARINI, I.; KEMCZINSKI, A., 2006. Ambiente Virtual 3D de Aprendizagem Sobre a Doença da Dengue. In: XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2006, Brasília-D., v. 1. p. 477-486.
- KIRNER, C; SISCOUOTO, R., 2007. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. In: Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis.
- KIRNER, C; PINHO, M. S., 1997. Introdução à Realidade Virtual. In: *Workshop de Realidade Virtual*.
- KUBO, O. M; BOTOMÉ, S. P., 2001. Ensino-Aprendizagem: Uma Interação Entre Dois Processos Comportamentais. In: *Interação em Psicologia*, v. 5.
- MILGRAM, P. ET AL., 1994. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *SPIE*, v. 2351, pp. 282-292.
- NIELSEN, J., 2000. *Projetando Websites*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- NBR 9241-11, 2002. Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores. Parte 11 – Orientação sobre Usabilidade. Rio de Janeiro, 2002.
- SHELTON, B. E; HEDLEY, N. R., 2002. Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students. In: *Augmented Reality Toolkit, IEEE International Workshop*.
- TANG, A. ET AL., 2003. Comparative effectiveness of augmented reality in object assembly. *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 73-80.
- VYGOSTKY, L. S., 1994. *A formação social da mente: o desenvolvimento de processos psicológicos superiores*. 2ª edição. São Paulo. Martins Fontes, 1994.
- ZYDA, M. 2005. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer* 38(9): 25-32. IEEE.
- ZORZAL, E. R.; BUCCIOLI, A. A. B.; KIRNER, C., 2006. Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Quebra-cabeças Educacionais. In: *Symposium on Virtual Reality – SVR2006*, Editora CESUPA, p. 221-232.