

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/266334970>

Capítulo 2 Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo

Article

CITATIONS

37

READS

6,870

3 authors:



Liliane S. Machado

Universidade Federal da Paraíba

249 PUBLICATIONS **1,335** CITATIONS

SEE PROFILE



Ronei Marcos De Moraes

Universidade Federal da Paraíba

247 PUBLICATIONS **1,213** CITATIONS

SEE PROFILE



Fátima L. S. Nunes

USP

160 PUBLICATIONS **585** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Statistical methods in the evaluation of Sensory-Motor Skills acquisition in 3D interactive virtual environments [View project](#)



Test Case Selection Using CBIR [View project](#)

Capítulo

2

***Serious Games* para Saúde e Treinamento Imersivo**

Liliane S. Machado, Ronei M. Moraes e Fátima L.S. Nunes

Abstract

This chapter presents the recent developments related to games and how they have been used to improve training in medicine and education in health. Particularly, will be discussed the main components of these applications and their requirements for development (script, platform, devices, intelligence). Following, some applications will be presented considering these requirements.

Resumo

Este capítulo apresenta os recentes desenvolvimentos relacionados a jogos e como estes têm sido utilizados para auxiliar e incrementar o treinamento em medicina e áreas da saúde em geral. Particularmente, são abordados os principais componentes de aplicações desta natureza e seus requisitos de desenvolvimento (roteiro, plataforma, dispositivos e inteligência). Finalmente, serão discutidas aplicações sob os aspectos destes requisitos.

2.1. Introdução

Na computação os jogos podem ser caracterizados por aplicações baseadas em computação gráfica cujo objetivo é prover entretenimento, ou seja, experimentação em um ambiente interativo. Existem várias plataformas possíveis para um jogo eletrônico, tais como os computadores, os consoles (popularmente conhecidos como *video-games*), os mini-consoles (*handhelds*) e os dispositivos móveis (aparelhos celulares, Palms, etc). Cada uma dessas plataformas tem as suas próprias características de poder de processamento principal e de vídeo, capacidade das memórias e dispositivos de entrada/saída e até mesmo sistemas operacionais. Por exemplo, cada aparelho celular, mesmo os oriundos do mesmo fabricante, possui características diferenciadas como tamanho de tela, tipo de processador e até mesmo o sistema operacional embarcado.

Com o objetivo de lidar com as diferentes limitações individuais das plataformas e suas características próprias de jogabilidade, é necessária a adaptação dos jogos a cada uma delas. Dependendo do caso, um mesmo jogo poderá possuir versões ligeiramente diferentes para cada plataforma, sendo mantidas características muito similares. Porém, dependendo do tipo de jogo, as limitações levarão ao desenvolvimento de jogos completamente diferentes, tanto em termos gráficos, quanto de jogabilidade.

Existem várias concepções de gênero para os jogos eletrônicos. Pode-se citar os jogos de ação, aventura, corrida, educacionais, de entretenimento, esportivos, estratégia, infantis, combate e simuladores, dentre outros. Existem ainda jogos que são concebidos usando mais de uma desses conceitos. Neste trabalho, é focado um tipo especial de jogo eletrônico chamado *serious games*, que possui características presentes em mais de um dos gêneros citados acima. Particularmente, serão abordados os *serious games* com aplicação nas áreas de saúde e treinamento.

2.2. Serious Games

A sociedade tem experimentado uma categoria particular de jogos desenvolvida para abordar aspectos que não apenas o de entretenimento. 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, conhecidos como *serious games* 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. Deste modo, o termo *serious games* passou a ser utilizado para identificar os jogos com um propósito específico, ou seja, que extrapolam a idéia de entretenimento e oferecem outros tipos de experiências, como aquelas voltadas ao aprendizado e ao treinamento [Blackman, 2005].

De forma a localizar temporalmente o surgimento dos *serious games*, pode-se dizer que isto ocorreu nos anos 80 com os simuladores desenvolvidos pelos Estados Unidos para a área militar. Assim, levando-se em conta que a realidade virtual nasceu com os simuladores de voo na II Guerra Mundial, pode-se dizer que ela surgiu a partir de um conceito de *serious games*. Hoje, vários simuladores de voo e de combate existem no mercado e alguns deles são considerados para o acúmulo de horas que um piloto de aviação civil deve possuir para estar apto a pilotar aviões de maior capacidade. O deslocamento em campos de batalha e a manipulação de veículos militares são também exemplos de aplicações. Atualmente, a conexão dos *serious games* à Realidade Virtual e Aumentada (RVA) encontra-se na proposta das aplicações e, principalmente, na forma de exploração dos recursos computacionais. A utilização da visualização estereoscópica e de dispositivos de interação intuitivos, a solução de problemas de processamento gráfico (*rendering*) e de modelagem, bem como o uso de métodos de simulação física para comportamento de materiais, são exemplos de características comuns aos *serious games* e à RVA. Entretanto, as aplicações de RVA tomaram um grande impulso na década de 90, mas a falta de validação e de estudos de aplicabilidade e demanda destes sistemas relegou vários

deles ao ambiente de pesquisa ou centros de excelência [Stone, 2009]. Assim, a visibilidade dos *serious games* resgata os avanços da RVA e aproxima-os da sociedade ao trazer aplicações que utilizam a tecnologia em um contexto aplicável de imediato. Adicionalmente, busca incluir a adoção de baixo custo nos projetos e o uso de dispositivos e plataformas convencionais sempre que possível.

Para fins de treinamento, os *serious games* são aplicados para simular situações críticas, que envolvam algum tipo de risco, tomada de decisões ou, ainda, desenvolver habilidades específicas. Em ensino, pode-se simular situações onde o uso de um conhecimento seja necessário para a evolução no jogo. Em alguns casos, ensino e treinamento podem ser combinados para simular situações onde se aprende algo para ser utilizado na própria simulação instantes depois. Os *serious games* também podem ser aplicados na conscientização humana sobre problemas sociais. Alguns exemplos de tais aplicações são apresentados a seguir.

a) Virtual University

O *Virtual University* é um jogo para auxiliar o seu usuário a entender o funcionamento de uma universidade, envolvendo a gestão de recursos humanos e várias formas de tomada de decisões administrativas e acadêmicas, visando a melhoria de vários indicadores universitários (Figura 2.1). O projeto é hospedado em www.virtual-u.org/.



(a)

(b)

Figura 2.1. Projeto *Virtual University*: (a) Gestão de um Departamento de Inglês, via dados do próprio departamento; (b) Indicadores universitários de formação na graduação, mestrado e doutorado.

b) 3D Driving Academy

Este jogo teve como objetivo inicial recriar distritos de Paris, Londres e Berlim para a simulação de condução de veículos sob diferentes leis de trânsito europeias. De fato, este sistema simula atualmente as leis de trânsito de seis países diferentes. Faz uso de uma *engine* de física para os veículos e de inteligência artificial para o controle de tráfego de

centenas de carros, motocicletas, pessoas e semáforos presentes na simulação. Há ainda uma forma explícita de avaliação, na qual se verifica se o aprendiz não violou alguma das leis de trânsito do país simulado (Figura 2.2). Mais informações sobre este jogo podem ser encontradas em www.3d-fahrschule.de.



(a)

(b)

Figura 2.2. Jogo para simulação de leis de trânsito: (a) Simulação de direção sob tráfego leve; (b) Simulação de estacionamento.

c) Lemonade Tycoon 2

Este curioso jogo é direcionado à administração de negócios (Figura 2.3). Ele simula a gestão de um sistema de vendas ambulante de limonada. O usuário deve manipular a matéria-prima e o aperfeiçoamento das receitas, regulando os seus preços e as receitas. Deve se preocupar com as condições do tempo e movimentar os quiosques visando a melhora das vendas diariamente. Além disso, dispõe de uma Bolsa da Limonada, onde se pode comparar o desempenho dos seus negócios. Uma versão *freeware* deste jogo, limitada a apenas uma cidade, está disponível na Internet.

d) SimuTrans

O popular jogo SimCity, surgido na década de 1990, deu origem aos simuladores de cidades. Vários conceitos surgiram a partir dele como o alemão SimuTrans, que simula também aspectos econômicos e de transporte de uma cidade (www.simutrans.de). O jogo conta com várias traduções para diferentes línguas, incluindo o português. Na Figura 2.4, mostra-se a coordenação do acesso à marina usando-se trem e ônibus.

e) Personalização

Neste caso, a simulação é realizada via Web em páginas nas quais é possível escolher a cor e os opcionais de um veículo a ser adquirido, obtendo em tempo-real a configuração do carro com as opções selecionadas. Atualmente, a grande maioria das montadoras de

veículos do mundo disponibiliza esse tipo de sítio para agilizar as suas vendas e fornecer informações detalhadas aos seus consumidores (Figura 2.5). Em vários sítios desta natureza é possível ao consumidor adquirir o veículo segundo as opções simuladas diretamente da montadora e escolher a agência para retirar o veículo. Um exemplo brasileiro é o sítio: www.fiat.com.br/monte-seu-carro/.

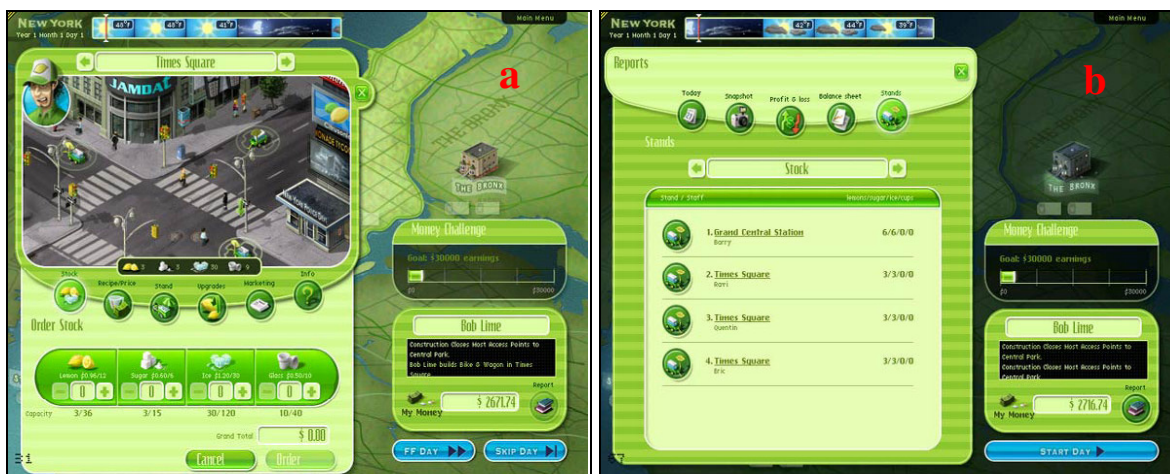
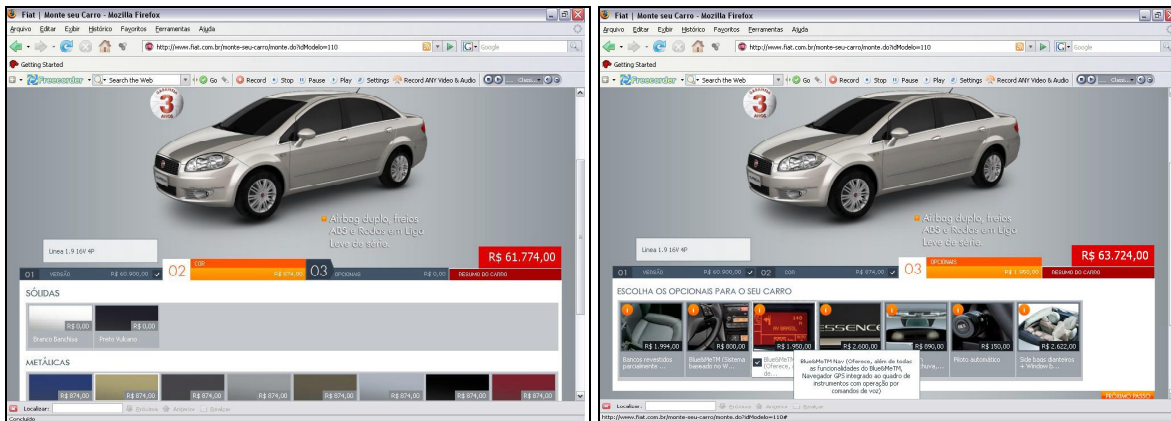


Figura 2.3. Jogo de negócios: (a) Alocação dos carrinhos de limonada em um setor da cidade; (b) Gerenciamento dos estoques de matéria prima.



Figura 2.4. Jogo de negócios: (a) Alocação dos carrinhos de limonada em um setor da cidade; (b) Gerenciamento dos estoques de matéria prima.



(a)

(b)

Figura 2.5. Customização de veículo: (a) Simulação das cores disponíveis para o carro e os seus valores em moeda corrente; (b) Disponibilidade dos opcionais e os seus respectivos valores.

f) Emergências

Vários simuladores para emergências e simulações de risco existem na literatura. Particularmente, o *Triple Zero Hero* é um jogo criado para o Departamento de Serviços Emergenciais de Queensland, na Austrália. Ele retrata diversas situações de emergência e o salvamento de pessoas em situações de risco. Sua forma de interação com o usuário pode ser realizada por meio de teclado e mouse ou por meio de *gamepads*. (Figura 2.6).



(a)

(b)

Figura 2.6. (a) Tela de abertura do *Triple Zero Hero*, onde se pode ver a possibilidade de controle via *gamepad*; (b) Simulação de combate a um incêndio, com o indicador de tempo de vítimas na parte superior da tela.

g) *Museus*

Um interessante caso de museu interativo é o Museu *Cité de la Mer*, no qual há uma simulação interativa do primeiro submarino nuclear francês – *Le Redoutable*. Nela, simula-se a navegação e manobra do submarino em diferentes temperaturas da água, diferentes níveis de salinidade (o que pode provocar problemas de instabilidade) e a presença de animais marinhos. O jogo é direcionado a visitantes do museu e a missão dos três usuários da simulação é conduzir o submarino em segurança a um determinado ponto do oceano (Figura 2.7). Informações adicionais podem ser encontradas em www.virttools.com.



Figura 2.7. (a) Navegação na presença de animais marinhos e (b) alcançando um objetivo na simulação: um conjunto de ruínas imersas no oceano.

2.3. Aplicações em Saúde

Um dos setores que tem se beneficiado dos *serious games* visando o treinamento é o da saúde. As dificuldades encontradas na obtenção de materiais, validação de produtos e treinamento de pessoal, bem como a necessidade de novas abordagens para reabilitação e ensino de hábitos saudáveis, tornam os jogos um importante aliado do ensino, treinamento e simulação para a saúde, beneficiando profissionais e pacientes. A utilização destes jogos em ambientes imersivos e a inclusão de dispositivos não convencionais estabelecem uma relação direta com as aplicações de RVA, na qual o conceito de *serious games* pode contribuir para a motivação do aprendizado em ambientes virtuais. Johnsen *et al.* (2007) conduziu pesquisas que comprovaram o aprendizado efetivo e a transferência do aprendizado para ambientes reais quando tais aplicações são utilizadas para fins de educação e treinamento.

As finalidades das aplicações são as mais diversas e há vários grupos de pesquisa no mundo todo que têm a simulação de procedimentos médicos como objeto de investigação. Trabalhos recentes voltados a diferentes tarefas já oferecem realismo ao treinamento e têm potencial para se tornarem *serious games*. Outros projetos, já concebidos com objetivo

definido para a saúde, têm sido difundidos e ampliado seu escopo de ação. Para facilitar a descrição destes projetos, estes podem ser separados em quatro categorias principais:

- a) auxiliares de terapia
- b) promoção da saúde e condicionamento físico
- c) monitoramento da saúde
- d) treinamento

Os jogos auxiliares de terapias são voltados a pessoas em processo de reabilitação e tratamentos físicos ou psicológicos. Provavelmente as aplicações mais conhecidas são aquelas voltadas ao tratamento de fobias, como medo de altura, de falar em público, de insetos (Figura 2.8) e de direção, dentre outros [Hodges *et al.*, 1995] [Juan *et al.*, 2005] [Paiva *et al.*, 2006][Slater *et al.*, 2006] [Juan *et al.*, 2007]. Tais aplicações buscam reproduzir situações de medo, introduzindo-as paulatinamente entremeadas a outras situações, de forma a habituar o usuário a elas por meio de experimentação. O uso da RVA é bastante comum nestes casos, nos quais dispositivos especiais costumam isolar o usuário da realidade, transportando-o para o mundo virtual. De maneira análoga, a própria realidade pode ser acrescida de itens relacionados ao tema, com a projeção de objetos virtuais em locais específicos do mundo real.

No contexto da RVA, já foi verificada a evolução de pacientes após o uso de sistemas com tais tecnologias considerando, por exemplo, a reabilitação de pacientes com seqüelas de atenção e percepção causadas por acidente vascular cerebral [Cardoso *et al.*, 2006] e a reabilitação da área do tornozelo como estudo de caso [Deutsch *et al.*, 2006]. Apesar destas aplicações não terem sido concebidas na forma de um jogo, os autores da última descobriram na avaliação realizada que o desempenho do paciente aumentou a partir do uso do sistema. O sucesso de tais aplicações também foi verificado na melhoria do controle postural e na minimização de quedas em pessoas idosas [Virk e McConville, 2006], o que demonstra efetividade e potencialidade destas aplicações como *serious games*. Comercialmente, estas aplicações poderiam ser adaptadas e exploradas para incentivar o usuário a se expor a situações temidas ou de risco, tornando a atividade desafiadora e prazerosa.

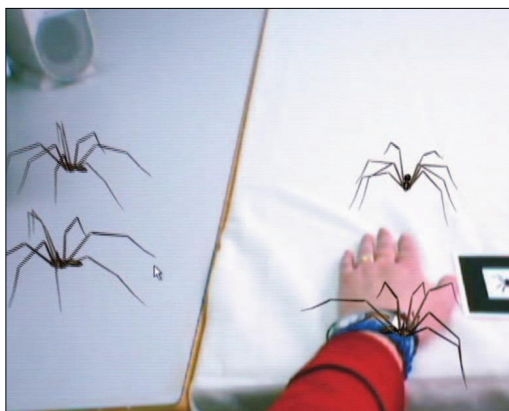


Figura 2.8. RVA para tratamento de fobia de insetos. Fonte: Juan *et al.* (2005)

Para promoção à saúde e condicionamento físico uma série de jogos tem sido lançada. Exemplos são os jogos *MindHabits*, cujo objetivo é permitir ao jogador realizar exercícios e atividades para manter atitudes positivas e diminuir o estresse no dia-a-dia (www.mindhabs.com), e *The Incredible Adventures of the Amazing Food Detective* (<http://members.kaiserpermanente.org/redirects/landingpages/afd/>), para ensinar e estimular bons hábitos alimentares. Outras iniciativas abordam ambientes tridimensionais, como o jogo *Ace's Adventures* (Figura 2.9) que visa condicionar a realização de atitudes seguras no trânsito (www.rtassoc.com/gm_aces.html). Este é o propósito é similar ao do jogo S.A.F.E., que ensina segurança no trabalho e como proceder em situações emergenciais [ProcessIT, 2007] (Figura 2.10). Nestas aplicações, o objetivo é apenas um pretexto para fazer com que o usuário seja estimulado a realizar uma determinada ação, sendo ele o detentor de uma determinada necessidade a ser entendida.



Figura 2.9. *Serious game* para aquisição de boas atitudes como pedestre no trânsito.

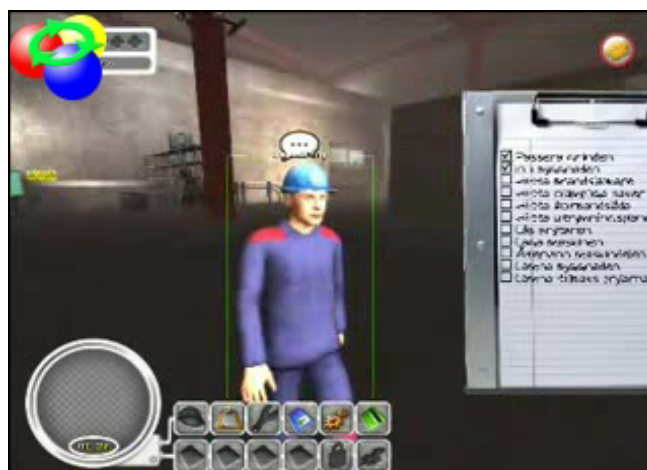


Figura 2.10. *Serious game* para segurança no trabalho.

Mais recentemente, a plataforma WiiFit tornou-se popularmente conhecida por permitir a realização de exercícios físicos de forma prazerosa e divertida usando um console de videogame [Hamilton, 2008]. Outro jogo visa estimular pessoas idosas a realizar exercícios através da dança e utiliza um tapete especial que mostra a posição dos passos a serem feitos e os reconhece para fins de pontuação (<http://www.humanagames.com/>) (Figura 2.11).



Figura 2.11. Exercícios físicos realizados em um *serious game* para dança que utiliza um tapete especial como plataforma.

Suhonen *et al.* (2008) apresentaram um estudo de caso com adolescentes usando *serious games* para desenvolver cuidados com a saúde. A finalidade do estudo era avaliar o componente social dos *sérios games* relacionados ao assunto. Para isso, foram selecionados quatro jogos com enredos dentro do contexto de cuidados com a saúde, sendo dois deles executados via Internet, um terceiro executado em dispositivos móveis e o último executado em formato de *exergame*, isto é, um jogo com o objetivo de fazer com que o usuário se exercite. Os adolescentes jogaram em pares e foram observados por dois pesquisadores, que anotaram seus comportamentos. A partir dos experimentos realizados concluíram que é importante destacar a os aspectos sociais, principalmente em relação ao desenvolvimento de jogos para múltiplos jogadores. Concluíram ainda que os jogos devem oferecer desafios de acordo com a competência dos jogadores, se possível devem prever a sua utilização em grupos e serem capazes de oferecer o desenvolvimento de habilidades.

O monitoramento da saúde vem ganhando destaque a partir da disponibilização de marcadores biológicos. Tais marcadores (sensores) têm sido utilizados para observar o aumento da atividade cerebral nas pessoas quando expostas aos jogos [Sawyer, 2008]. Esta linha tem sido mais voltada para observar o efeito dos jogos sobre as pessoas. Um estudo mostrou que crianças têm melhor recuperação e sentem menos dor quando são submetidas a uma terapia de jogos, ou seja, quando utilizam jogos durante o seu processo de recuperação [Das *et al.*, 2005].

O uso dos *serious games* para treinamento e simulação tem provavelmente a abordagem mais promissora no contexto da RVA. Devido às limitações encontradas no treinamento de procedimentos, o uso de aplicações desta natureza é capaz de prover meios efetivos de treinamento por meio da reprodução de situações reais. Um sistema de treinamento para acupuntura usa um humano virtual que considera a posição e a

profundidade de cada um dos pontos de contato considerados no tratamento de acupuntura. Usando um dispositivo específico com sensores para simular a agulha real, o sistema fornece um julgamento dos procedimentos executados em tempo real [Kanehira e Shoda, 2007]. Afirmando que o objetivo da simulação é fornecer treinamento realista para aumentar a difusão de procedimentos inovadores e menos invasivos enquanto diminui a curva de aprendizado do cirurgião, Delinguette e Ayache (2005) simularam cirurgia hepática minimamente invasiva, disponibilizando módulos para planejamento cirúrgico e simulação dos movimentos necessários durante o procedimento. O sistema destaca-se pelo realismo oferecido para os procedimentos de deformação dos objetos flexíveis quando ocorre uma interação do usuário.

Um jogo para ensinar os passos de uma cirurgia cardíaca foi desenvolvido e está disponível a partir do sítio <http://www.abc.net.au/science/lcs/heart.htm>. Apesar de não se tratar de uma aplicação imersiva, o usuário pode aprender as ferramentas e passos envolvidos neste tipo de procedimento, além de precisar obedecer passos específicos para receber uma pontuação. A mesma abordagem é utilizada pelo jogo *Open Heart* comercializado pela empresa ISM Inc. O jogo é composto por um cenário real no qual o usuário precisa se deslocar, comunicar com funcionários e realizar procedimentos médicos em um hospital para conseguir operar um paciente (Figura 2.12). Apesar de limitar os movimentos do usuário, este jogo permite interação e apresenta um cenário real com pessoas reais, o que torna mais intuitiva a aplicação. Na linha de simuladores, outro trabalho foi desenvolvido para simulação de cirurgias cardíacas e, não concebido como um jogo, visa planejar uma cirurgia em função de dados de exames de um paciente [Sorensen e Mosegaard, 2006] (Figura 2.13).

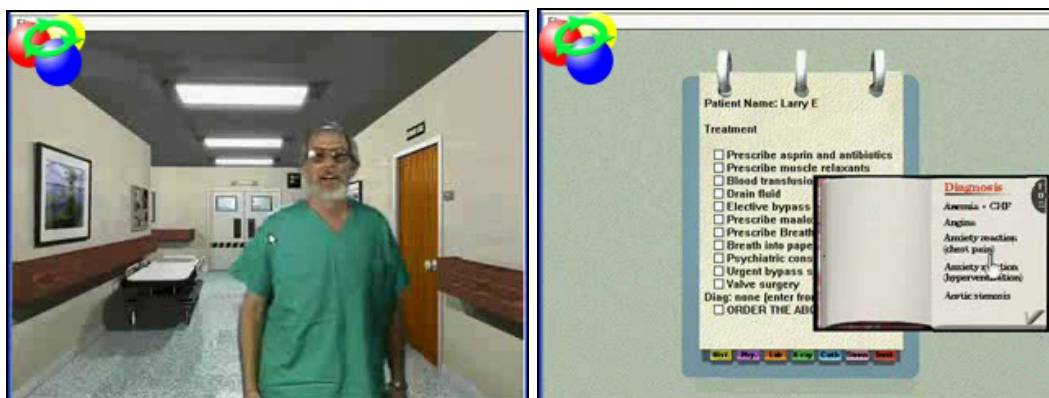


Figura 2.12. Virtual Surgeon Open Heart: serious game para prática de cirurgias cardíacas.

Visando a simulação de negócios, o jogo *Theme Hospital* surgiu no ano de 1997 como o segundo de uma série de jogos de simulação de negócios, que incluía o *Theme Park*, dentre outros. O *Theme Hospital* simulava o ambiente de um hospital, onde o usuário pode construir o seu próprio hospital, contratar médicos, enfermeiros, etc. e desenvolver o seu próprio conceito de hospital. Na medida em que o hospital vai se tornando rentável, o usuário deve investir em melhores equipamentos e pesquisar a cura de novas doenças. A Figura 2.14 mostra o ambiente de um hospital criado no Theme Hospital. Na parte inferior

à esquerda da figura é possível observar o montante que o usuário dispõe para investimentos no hospital.

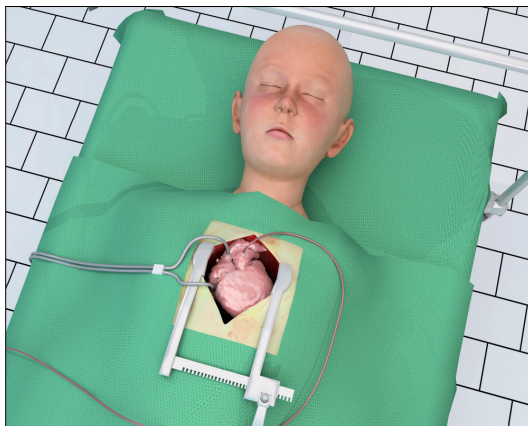


Figura 2.13. Sistema para treinamento e planejamento de cirurgias cardíacas baseada nos dados do paciente. Fonte: Sorensen e Mosegaard (2006)



Figura 2.14. Jogo Theme Hospital para simulação de negócios na área de saúde.

Na mesma linha de simuladores, um sistema para treinar cirurgia de escoliose foi apresentado por Cote *et al.* (2008), integrando um sistema biomecânico específico para cada paciente em um ambiente imersivo, colaborativo e com retorno háptico. Os autores afirmam que o sistema permite o treinamento colaborativo entre usuários remotos e a visualização das forças envolvidas no procedimento, assim como da correção resultante. Com o objetivo de simular treinamento de laparoscopia virtual, Soler *et al.* (2008) apresentaram um sistema que permite a visualização de objetos 3D reconstruídos a partir de imagens de CT ou RMN. O foco é permitir que o usuário adquira destreza manual, pois os

movimentos realizados pelo médico ocorrem no sentido inverso no interior do paciente. Nos simuladores, as pinças utilizadas no procedimento real são dispositivos hápticos que comunicam ao computador os movimentos do usuário. No ambiente de Realidade Virtual (RV), o usuário visualiza uma representação virtual das pinças, podendo manipular os tecidos e verificar os resultados de suas ações.

A simulação de procedimentos cirúrgicos também está sendo objeto de estudo em grupos de pesquisa brasileiros. Machado e Moraes (2009) utilizaram um sistema de coleta de medula óssea como embrião para o desenvolvimento de metodologias de avaliação do usuário, a partir de conceitos de *serious games* (Figura 2.15). Pesquisadores brasileiros dedicam-se ainda a ambientes para exames ginecológicos [Machado e Moraes, 2006], tratamento ortodôntico [Rodrigues *et al.*, 2006], e biópsias em geral (Figura 2.16) [Oliveira *et al.*, 2006].

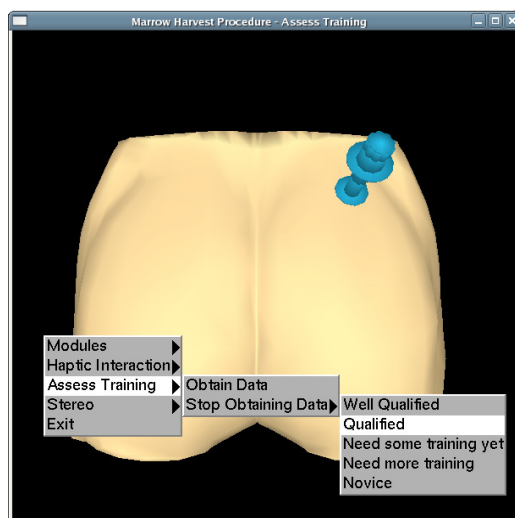


Figura 2.15. Simulador de coleta de medula óssea. Fonte: Machado e Moraes (2009)

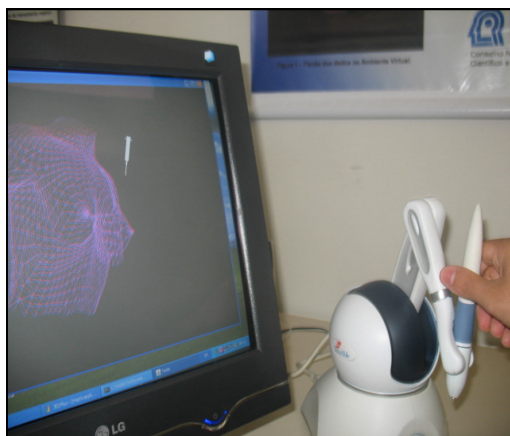


Figura 2.16. Sistema para realização de biópsia da mama.

Especificamente em relação a *serious games* aplicados à área de saúde, Marks et al. (2007) avaliaram a adequação de alguns *engines* de jogos para desenvolver aplicações para educação médica e simulação de procedimentos cirúrgicos, considerando os parâmetros de estabilidade, disponibilidade, possibilidade de customização do conteúdo e interação entre usuário via uma rede de computadores. Finalmente, Tran e Biddle (2008) discutiram a junção do envolvimento social com ferramentas técnicas para fornecer um ambiente que facilite a participação completa de profissionais com perspectivas disciplinares diversas, contribuindo com o desenvolvimento interativo dos *serious games*.

2.4. Como Criar um Jogo?

O estímulo das funções cognitivas, a motivação e a aquisição de conhecimento são elementos fundamentais em um *serious game*. Por se tratar de uma aplicação de propósito específico, o planejamento demanda o apoio de profissionais da área ao qual o conteúdo se relaciona. Estes irão auxiliar a equipe de desenvolvimento a delinear o escopo do jogo, bem como as maneiras mais adequadas de abordar os conteúdos. Nesta etapa, a utilização de equipamentos especiais ou não-convencionais deverá ser analisada para adoção na aplicação final e exploração de seus benefícios ao longo do jogo. Deste modo, estereoscopia, sensações táteis, vibrações, projeções sobrepostas, monitoramento de movimentos e outras funcionalidades podem ser utilizados para garantir melhores resultados na simulação. Estes elementos também são fornecedores de subsídios para a elaboração do roteiro com foco no objetivo do jogo. Nos jogos eletrônicos tradicionais, este conjunto de especificações é detalhado em um documento chamado *design bible* que contém o roteiro do jogo, sua conceituação artística, detalhamentos da jogabilidade e definições da interface.

Nos *serious games* a *design bible* também é utilizada para guiar todo processo de desenvolvimento do jogo, contendo suas especificações e também o histórico de sua evolução conceitual. Do mesmo modo que nos jogos eletrônicos, nenhum desenvolvimento ou implementação deve ser iniciado sem que essa especificação esteja completamente pronta. A seguir são detalhados os elementos de uma *design bible*.

2.4.1. Roteiro

Como nos roteiros de filmes e comerciais, os roteiros dos jogos são fundamentais para o processo de criação. Além de documentar o diferencial do jogo criado em relação aos demais jogos existentes, eles devem citar claramente os elementos de entretenimento, desafios ao usuário, tipos e formas de interação (*mouse*, teclado, *joystick*, dispositivo háptico, etc.), forma de imersão a ser utilizada (visualização 2D ou 3D, monoscópica ou estereoscópica, tipo de projeção, ponto de vista: de cima, lateral ou em ângulo), pessoa do jogo (primeira pessoa ou terceira pessoa), classificação de gênero, etc. Entretanto, diferentemente dos roteiros de filmes, é importante haver espaço para a interferência do usuário no desencadeamento da história.

Particularmente, nos *serious games*, há a necessidade de preservar o aspecto lúdico, porém acrescentando-se algo mais. Como mencionado anteriormente, pode haver a necessidade de introduzir conceitos ao jogador, ou de treiná-lo para a tomada de decisões ou ainda desenvolver habilidades específicas. Em ensino, pode-se buscar simular situações

onde o uso de um conhecimento seja necessário para a evolução no jogo. Em alguns casos, ensino e treinamento podem ser combinados para simular situações onde se aprende algo para ser utilizado na própria simulação momentos depois. Eventualmente, pode-se querer conscientizar o usuário sobre problemas sociais, como o tratamento a determinados grupos étnicos ou sobre a economia de água ou energia, etc. Esses conteúdos e a forma como eles serão abordados no jogo devem ser descritos em detalhes no roteiro, sempre com o foco no problema a ser abordado.

2.4.2. Conceituação Artística (*Game Design*)

A conceituação artística de um jogo é o seu projeto artístico e gráfico sobre o qual o roteiro se desenrolará. Várias possibilidades podem ser estudadas nessa fase, visto que existem várias formas possíveis de abordar o mesmo tema. Uma vez definida, essa conceituação é desenvolvida por um ou mais artistas, devido à complexidade das histórias e dos cenários. Nesta conceituação, as características dos cenários, os esboços dos personagens e a evolução da história são desenhados em *story-boards*, deixando mais clara a forma como o usuário verá o jogo final.

Deve-se lembrar que, não menos importante, os sons que o jogo utilizará serão uma das formas de comunicação com o usuário. Formas diferentes de interação com personagens e/ou objetos facilitarão a sua identificação. Do mesmo modo, deve-se prever uma trilha sonora para as diferentes fases do jogo e para a abertura.

A descrição das fases e os mapas gerais dos diversos cenários são fechados nesta etapa de conceituação artística. A partir disso, e com as descrições das texturas fundamentais, os artistas irão modelar computacionalmente o jogo.

2.4.3. Jogabilidade (*Game Play*)

Do mesmo modo que a conceituação artística, a jogabilidade possui várias possibilidades a serem estudadas para abordar um mesmo tema. Portanto, a jogabilidade é descrita a partir das regras do jogo e seu balanceamento (*game balancing*). Essas regras serão utilizadas pelos programadores em grande parte da implementação do jogo e também serão essenciais para a modelagem da inteligência do jogo.

Nos casos onde se faz necessário avaliar o usuário/jogador, essas regras serão levadas em conta para verificar se esse usuário conseguiu vencer os desafios do jogo de modo compatível com o esperado. Eventualmente, essa forma de avaliação pode também, em tempo real, modificar determinados desafios de modo que o usuário não possa finalizar o jogo sem que haja uma boa chance de que um determinado conceito tenha sido assimilado [Netto *et al.*, 2008].

2.4.4. Interface

A modelagem da interface divide-se em: *ingame* e *outgame*. A interface *ingame* é aquela disponibilizada durante o jogo e é responsável pela entrada de dados do jogador para a aplicação. A interface *outgame* é a forma de apresentar a introdução do jogo, sua configuração, instruções, etc.

Deve-se lembrar que a melhor interface é aquela que passa completamente despercebida para o jogador, permitindo que o mesmo possa focar-se no desenrolar da história e das suas ações e reações. Interfaces muito elaboradas podem confundir o jogador ou chamar a atenção mais para si do que para o que é o foco principal do jogo: a interação com a história. Do mesmo modo, uma interface complexa pode desmotivar o jogador e fazê-lo se desinteressar pelo jogo.

2.4.5. O Desenvolvimento do Jogo

Terminada a etapa de conceituação, o desenvolvimento de um jogo divide-se em dois caminhos distintos:

- Criação artística: elaboração dos elementos que serão usados para sua montagem, tais como modelos 3D, texturas, terrenos, sons e trilha sonora, dentre outros;
- Programação: implementação do motor do jogo (ou reutilização de um motor já existente) para a renderização gráfica e coordenação de tarefas, como rede para a comunicação com outros jogadores e/ou servidores e áudio para o gerenciamento de sons e trilha sonora do jogo, além da preparação para a integração dos elementos artísticos e implementação de protótipo(s).

Após a execução destas duas fases, passa-se à integração dos elementos e à montagem do primeiro protótipo completo do jogo. Essa integração pode não ser trivial e eventualmente se as fases anteriores não foram bem planejadas, vários problemas surgirão na integração. Uma vez concluída a integração, passa-se à depuração do jogo e vários testes são realizados até que todos os *bugs* sejam eliminados. Finalizada esta etapa, passa-se à documentação da versão final do jogo.

A fase seguinte é a distribuição do jogo. Em jogos eletrônicos de entretenimento, existem várias distribuidoras comerciais especializadas para a distribuição mundial de jogos. Entretanto, no caso dos *serious games*, muitas vezes essa fase não existe, pois a “encomenda” pode advir de uma empresa ou grupo delas ou mesmo uma encomenda governamental que se encarregará da distribuição do jogo entre suas repartições ou autarquias.

2.4.6. Outros Componentes

A pormenorização de alguns pontos importantes do desenvolvimento de jogos eletrônicos pouco explorados nas seções anteriores, como a inteligência e os controles sobre os personagens, merece ser abordada. Um deles é a inteligência artificial, que pode ser utilizada em dois momentos em um *serious game*: no controle e comportamento do jogo, bem como dos oponentes e aliados automatizados e sobre aspectos específicos do jogo como a avaliação do jogador. Uma consequência já mencionada é a possibilidade de que a partir dessa avaliação, o jogo possa se autorreconfigurar para garantir que um determinado conceito tenha sido assimilado.

A inteligência pode ficar centralizada em um subsistema do jogo, tomando decisões sobre ações específicas, ou descentralizada nos personagens, permitindo a essas ações isoladas. Eventualmente, pode-se unir as duas, diminuindo o custo computacional da inteligência centralizada e permitindo um número maior de opções ao longo do jogo.

Na grande maioria dos jogos, existem dois tipos de personagens: os personagens do jogador (*Player Character* ou simplesmente PCs) e os personagens controlados pelo computador (*NonPlayer Character* ou NPCs). No caso dos PCs, o controle em geral é do próprio jogador e o personagem não tem autonomia alguma, respondendo apenas às ações do usuário via teclado, *joystick*, *mouse* ou outro dispositivo de interação. Em alguns casos, isso pode ser configurado por meio da interface de controle do jogo, para que todos os personagens ou um grupo deles possa ter alguma autonomia e responder automaticamente a algumas situações do jogo. Em oposição, os NPCs são controlados totalmente pelo computador e possuem autonomia para responder automaticamente às situações do cenário. Como um “observador” de uma inteligência centralizada, estes podem transmitir informações a outros NPCs dentro de um raio de ação, o que aparenta uma maior inteligência do jogo, ou podem se comunicar apenas com a inteligência central que, por sua vez, analisará a situação e poderá emitir ações para outros NPCs. Pode-se, portanto, imaginar diferentes fases, em que haja diferentes tipos de resposta dos controladores sobre os NPCs.

Os controladores responsáveis por coordenar as ações tomadas pelos NPCs, podem ser específicos para diferentes propósitos (agentes). Por exemplo, pode-se ter um para locomoção do personagem no cenário e outro para conversação ou comunicação. Do mesmo modo, existem também diferentes arquiteturas para esses controladores. Eles podem ser completamente independentes, onde cada ação é controlada de forma independente das demais ações; podem possuir uma dependência hierárquica, onde uma ação depende da existência de um contexto na hierarquia dos controladores; ou ainda possuir uma configuração em pilha, na qual as ações são tomadas apenas se uma seqüência de eventos for verificada. Esses controladores são divididos em controladores de alto-nível e de baixo nível. Os primeiros são responsáveis pelas ações mais gerais como as tomadas de decisão e coordenação de outros controladores. São responsáveis também pelo planejamento estratégico e por decisões gerais. Já os controladores de baixo-nível são responsáveis pelas ações de maior especificidade, como mecânicas, movimentação, ações de pegar e manipular, comunicação, etc.

Com respeito à avaliação do jogador, uma outra inteligência poderia monitorar as ações do jogador e verificar se as suas ações demonstram o domínio de conceitos ou técnicas necessárias para considerá-lo apto a desempenhar uma tarefa. No caso dos *serious games* para conscientização do usuário, pode-se avaliá-lo através de ações ou mesmo de interações específicas ao longo do próprio jogo (perguntas ou passatempos). Dependendo da forma como os escores dessa avaliação evoluem no decorrer do jogo, esse subsistema pode se comunicar com o sistema de inteligência central do jogo e disparar ações específicas de reconfiguração do próprio jogo, provocando uma nova execução de uma tarefa similar àquelas já realizadas ou interagir com o jogador, sempre visando garantir que um determinado conceito importante seja assimilado.

2.5. Inteligência Artificial para Jogos

A Inteligência Artificial (IA) pode estar presente em um jogo no controle de nível superior, tomando as decisões principais no desenrolar do enredo, e também no controle de nível inferior, tomando decisões particulares descentralizadas nos NPCs, na forma de agentes. Nesta subseção serão discutidas brevemente essas formas de inteligência.

2.5.1 Controle de nível superior e avaliação do jogador

Tanto no caso das inteligências centralizadas, tomadoras de decisões a partir de ações do jogo, quanto da avaliação do jogador, a decisão depende de um contexto do jogo e das ações e reações do jogador naquele contexto. Dessa forma, ambas são baseadas nos mesmos métodos que são descritos a seguir.

a) Sistemas Especialistas Baseados em Lógica Clássica

Nesse tipo de sistema especialista um sistema computacional procura realizar uma tarefa de modo similar a um ou mais especialistas da área. O conhecimento de um ou mais especialistas é armazenado em uma base de conhecimento usando uma representação baseada em lógica, como por exemplo, por regras.

As regras são formulações lógicas do tipo:

SE <condição> ENTÃO <conclusão>.

Uma regra pode ser composta por conjunções e disjunções e pode levar a mais de uma conclusão simultaneamente. Por exemplo:

SE (<condição1> OU <condição2>) E (<condição3>)

ENTÃO (<conclusão1> E <conclusão2>).

A regra acima com mais de uma conclusão é equivalente a um conjunto de regras com apenas uma conclusão:

SE (<condição1> OU <condição2>) E (<condição3>) ENTÃO <conclusão1>

SE (<condição1> OU <condição2>) E (<condição3>) ENTÃO <conclusão2>.

É necessário observar que é fundamental para o funcionamento deste tipo de sistema que haja consistência da Base de Conhecimento, ou seja, existe a necessidade de que não haja conflito entre as regras. Portanto, o sistema não pode concluir “sim” e “não” a partir das mesmas informações, o que levaria a uma inconsistência.

b) Sistemas Especialistas Baseados em Lógicas Não-Clássicas

Há casos, nos quais os atributos não podem ser medidos com a exatidão necessária, ou o próprio especialista verifica que o conhecimento não é válido em qualquer situação. Nestas situações, podem ser introduzidos coeficientes de certeza para codificar a incerteza na conclusão da regra. A informação incerta pode ser tratada através de probabilidades, crença e plausibilidade, possibilidades, entre outras.

c) Redes Neurais

Existem várias formas e tipos de Redes Neurais para diversas aplicações. Uma das mais populares é a Rede Neural *Multi-Layer Perceptron* (MLP) que é particularmente indicada para avaliação de contextos e inteligência artificial.

d) Redes Bayesianas

Como nas Redes Neurais, existem várias formas e tipos de Redes Bayesianas. A maioria delas é indicada para avaliação de contextos e inteligência artificial

2.5.2 Controle de nível inferior

No controle de nível inferior são tomadas decisões particulares e de modo descentralizado sobre os NPCs, na forma de agentes. Em geral, são utilizadas as conhecidas Máquinas de Estados Finitos e *Fuzzy* para modelar os estados sobre os quais os NPCs podem tomar decisões de forma descentralizada. Além delas, existem também as estratégias de busca para encontrar o menor caminho para controlar o direcionamento de personagens.

a) Máquinas de Estado

As Máquinas de Estados Finitos (MEF) não se enquadram propriamente na categoria de sistemas inteligentes, mas são técnicas muito utilizadas em jogos de computador. Em geral, em um grafo, aos nós associa-se um conjunto de ações a serem tomadas a cada estado da MEF, e os arcos denotam as possíveis transições de estados. As ações podem ser implementadas diretamente na linguagem do motor do jogo, ou por *script*. O uso de *scripts* objetiva trazer maior comodidade ao processo de implementação da IA de um jogo. A desvantagem em se utilizar as MEFs é que, como os estados são finitos, o seu comportamento acaba sendo repetitivo e, portanto, previsível. Por outro lado, quanto maior o número de estados possíveis para um NPC, maior será a máquina de estados e, por conseguinte, maior será o grafo a ela associado, tornando a sua modelagem exponencialmente complexa. Portanto, neste caso, o seu processamento pode eventualmente não poder ser realizado em tempo-real, o que é fundamental para a continuidade do jogo. Em alguns casos, essas desvantagens podem ser parcialmente contornadas com o uso das Máquinas de Estados *Fuzzy* (MEFu). Nelas, os estados são modelados como conjuntos *fuzzy* com funções de pertinência, o que permite tomar decisões diferentes dependendo dos graus de pertinência dos estados envolvidos.

b) Estratégias de Busca

Formalmente, o espaço de busca é constituído por n nós conectados através de arcos. A cada arco pode ou não estar associado um valor, que corresponde ao custo c de transição de um nó a outro. A cada nó pode-se ter associado uma profundidade p , sendo que a mesma tem valor 0 (zero) no nó raiz e aumenta de uma unidade para um nó filho. Essas estratégias de busca podem ser aplicadas ao controle de ações dos personagens, como: ataque/defesa; simular ações com alguma inteligência ou encontrar uma trajetória entre localidades. Particularmente utilizados para o planejamento de trajetórias são os algoritmos de Busca Egoísta (*Best-First-Search*), de Dijkstra e o Algoritmo A*.

2.6. Ferramentas

O desenvolvimento de um *serious games* para a saúde exige um grupo multidisciplinar e a aplicação de conceitos particulares ao conteúdo abordado. A elaboração de interfaces e formas de comunicação usuário-sistema tem recebido particular atenção para oferecer meios efetivos de comunicação. Bibliotecas, *toolkits*, *engines* e *frameworks* podem auxiliar este desenvolvimento, sendo várias criadas com o propósito de facilitar a integração de tarefas, dispositivos e metodologias. Além das *engines* de jogos que têm sido utilizadas para o desenvolvimento dos *serious games*, bibliotecas, *toolkits* e *frameworks* de RVA também têm sido utilizados para facilitar esta tarefa. Entretanto, é importante observar que não há uma padronização nestes desenvolvimentos e os projetos atuais utilizam ferramentas bastante diferenciadas, sendo que alguns criam soluções próprias para o projeto em questão. Adicionalmente, várias das ferramentas aqui apresentadas podem ser utilizadas em conjunto para a criação de *serious games*. Para melhor organizar estas ferramentas, elas foram separadas em 4 (quatro) categorias:

- bibliotecas
- *toolkits*
- *frameworks*
- *engines*

2.6.1 Bibliotecas

As bibliotecas utilizadas nos *serious games* visam prover conjuntos de classes de suporte a tarefas de baixo-nível ou específicas de dispositivos. Mais comumente elas têm sido desenvolvidas para auxiliar o desenvolvimento de aplicações de RVA, não tendo como foco específico *serious games*. Entretanto, elas podem ser utilizadas nesta tarefa para facilitar ou abstrair o acesso a dispositivos ou métodos específicos.

Uma biblioteca para desenvolvimento na área médica é a MVL [Kuroda *et al.*, 2005] que oferece métodos para manipulação múltipla e deformação interativa, além de suporte a dispositivos hápticos. Outra biblioteca é a SSTML [Bacon *et al.*, 2006] que permite a integração de diferentes linguagens no processo de desenvolvimento e é voltada para a simulação de procedimentos cirúrgicos.

2.6.2 Toolkits

Dentre os *toolkits* utilizados em *serious games*, o mais conhecido é o *ARToolKit* [ARToolKit, 2009], que visa oferecer um conjunto de ferramentas para suporte a captura e sobreposição de imagens em cenários reais. Desse modo, ele oferece suporte ao rastreamento óptico e implementa técnicas de visão computacional para capturar e identificar marcadores, posicionando objetos virtuais sobre estes. Além disso, oferece alguns utilitários para configurar e testar o sistema de captura e reconhecimento dos marcadores. Em geral, as aplicações que utilizam realidade aumentada utilizam este *toolkit* ou estendem-no, criando soluções robustas. Um exemplo de aplicação desenvolvida com o *ARToolKit* pode ser observado na Figura 2.17.

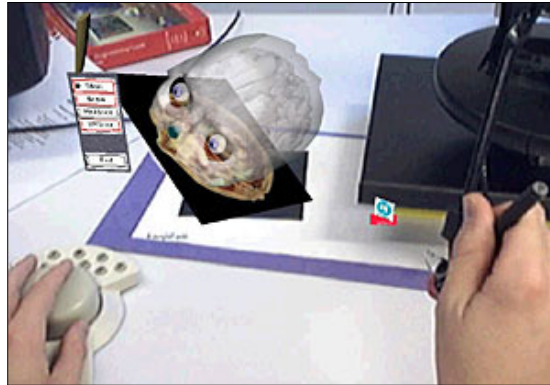


Figura 2.17. Aplicação médica usando o ARToolKit e sistemas hápticos.

Fonte: <http://www.ict.csiro.au/images/NetworkTech/AugmentedReality1big.jpg>

2.6.3 Frameworks

Os *frameworks* podem ser definidos como bibliotecas de classes que suportam funcionalidades, mas que baseiam-se em extensão e aplicam padrões de projetos. Nesta linha, dois grupos brasileiros tem trabalhado no desenvolvimento de *frameworks* para auxiliar o desenvolvimento de aplicações médicas. Devido às suas características, estes *frameworks* podem ser utilizados e estendidos para o desenvolvimento de *serious games*, na área de saúde usando RVA, sendo, por este motivo, detalhados a seguir.

a) ViMeT - Virtual Medical Training

O ViMeT é um *framework* orientado a objetos que visa a fornecer um conjunto de classes que permite construir aplicações para exames de biópsia. As classes oferecem as funcionalidades de detecção de colisão com precisão, deformação, interação com equipamentos convencionais e não convencionais, estereoscopia, interface gráfica e modelagem de objetos tridimensionais [Oliveira *et al.*, 2006]. O ViMeT é implementado em linguagem Java, usando a API Java 3D, sendo que as funcionalidades citadas são implementadas como classes, conforme pode ser observado na Figura 2.18.

Há duas formas de instanciação do *framework*: utilização direta das classes apresentadas ou instanciação automática. Para esta última, uma ferramenta de apoio, denominada *ViMeTWizard*, auxilia a instanciação permitindo ao usuário a seleção de parâmetros referentes aos objetos e às funcionalidades disponíveis (Nunes *et al.*, 2007). Os parâmetros das aplicações geradas a partir da *ViMeTWizard* são armazenados em banco de dados, podendo ser posteriormente alterados para gerar novas aplicações. Na Figura 2.19 é apresentado o projeto de arquitetura do ViMeT, com as formas de instanciação citadas, as classes responsáveis pelas funcionalidades e a camada de persistência, que permite uma flexibilidade na manutenção do banco de dados.

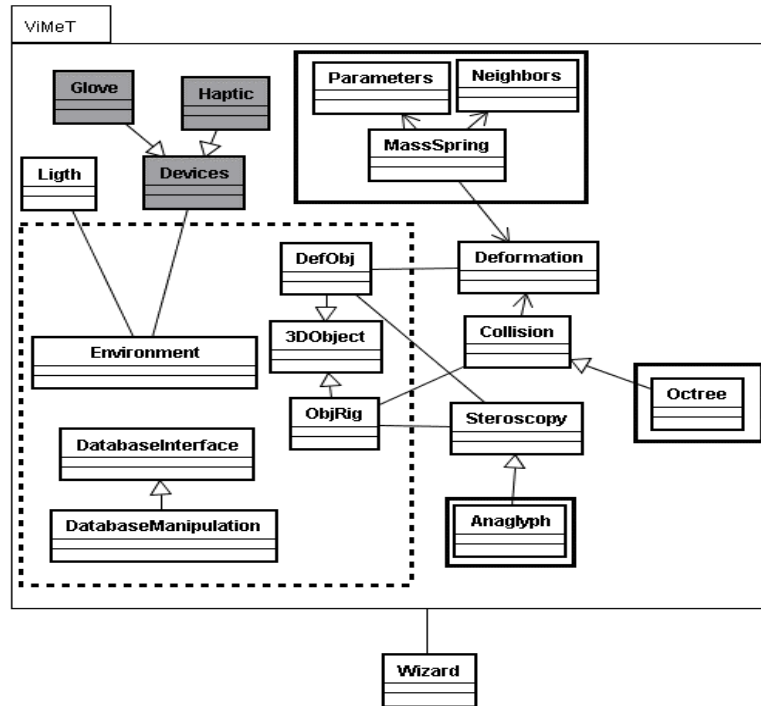


Figura 2.18. Diagrama com as classes do ViMeT. Fonte: Nunes *et al.* (2007)

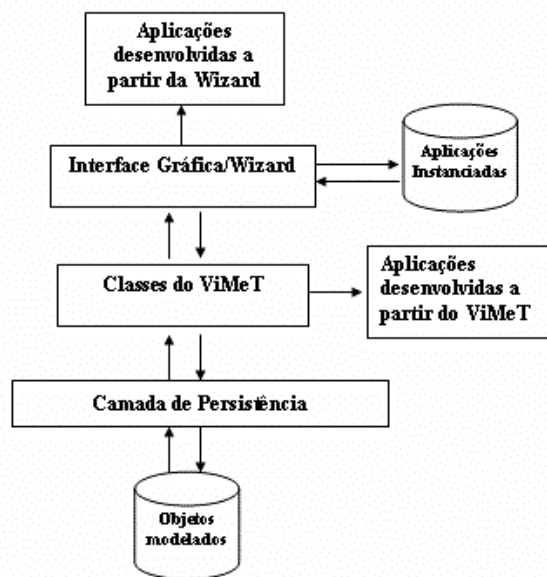


Figura 2.19. Projeto da arquitetura do ViMeT. Fonte: Oliveira *et al.* (2006)

Inicialmente, o *ViMeT* foi idealizado para facilitar a construção de aplicações que simulam exames de punção, havendo, neste caso, a necessidade de inserir dois objetos modelados: um que representa o órgão humano sobre o qual o exame será realizado, e outro

que representa o instrumento que coleta material deste órgão. Assim, o desenvolvedor seleciona os objetos e determina características no que diz respeito à colisão, deformação, estereoscopia e interação. As Figuras 2.16 e 2.20 apresentam exemplos de aplicações geradas com o *ViMeT* com a importação de dois objetos: um deformável, que representa o órgão humano e outro que representa o instrumento médico.

Atualmente o *framework* está sendo expandido para contemplar maior realismo nas aplicações e considerar a geração de ferramentas de treinamento médico que ultrapassem os limites dos exames de biópsia. Uma das possibilidades é a utilização de uma quantidade maior de objetos para construir atlas virtuais de forma dinâmica e de acordo com o interesse do usuário. Um módulo de avaliação que contempla os *serious games* também está sendo planejado para oferecer auxílio mais significativo a docentes e aprendizes.

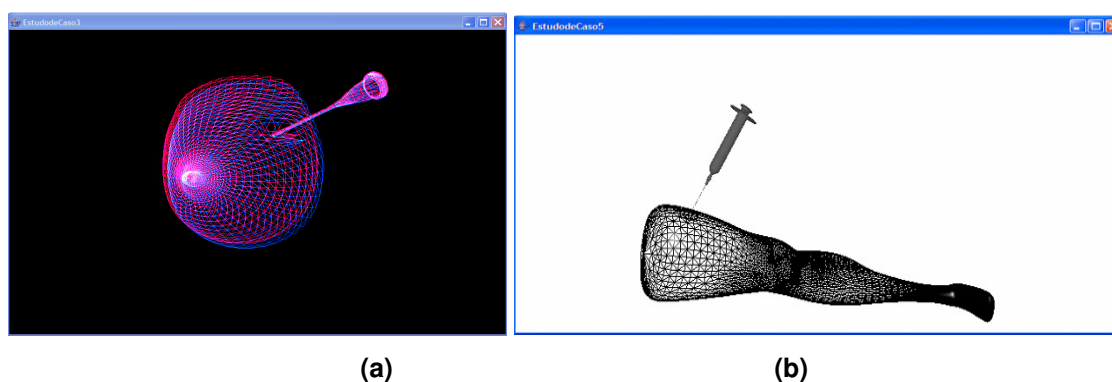


Figura 2.20. Exemplos de aplicações geradas com o framework ViMeT.

b) *CyberMed*

O *CyberMed* é um *framework* livre desenvolvido para facilitar a criação de aplicações para a área de saúde [Machado *et al.*, 2009][Machado *et al.*, 2008a]. Seus componentes incluem um conjunto de classes responsáveis por tarefas específicas no contexto de uma aplicação baseada em RVA. Dentre elas destacam-se classes de geração de visualização estereoscópica, controle de deformação, detecção de colisão, interatividade, suporte a dispositivos de retorno háptico, avaliação online do usuário e sincronização de tarefas. Sua principal vantagem é a facilidade de integração de novos componentes e a possibilidade de uso individual de suas classes em outras ferramentas de desenvolvimento.

O *CyberMed* divide-se em um conjunto de três camadas: *utils*, *core* e *application engine*, que têm por finalidade prover uma série de serviços. Cada camada procura abstrair uma série de conceitos com o objetivo de facilitar a construção de aplicações baseadas em RV. A camada *Core* é responsável pelo controle dos estados internos do sistema. Algumas de suas funcionalidades estão ligadas a aquisição, cálculo, armazenamento e acesso aos dados do sistema. A aquisição de informações de modelos gráficos é feita através dos importadores de modelos (*Readers*), que podem ser estendidos com a finalidade de integrar padrões diversos de modelos ao *CyberMed*. Outra responsabilidade desta camada é o gerenciamento dos interadores que, porventura, sejam integrados ao *CyberMed*. A camada *Application Engine* tem por objetivo prover um conjunto de métodos para auxiliar o usuário

na construção das aplicações. Esta camada oferece uma série de pacotes para a inclusão de visualização, colisão, rastreamento, deformação, avaliação, interação háptica e colaboração. Por fim, a camada *Utils* possui uma série de mecanismos que auxiliam o desenvolvedor em tarefas como cálculo de matrizes, operações de transformação lineares, sincronização de tarefas, etc. Entre outras funcionalidades, a camada *Utils* também possui um conjunto de métodos para a construção de menus (Figura 2.21).

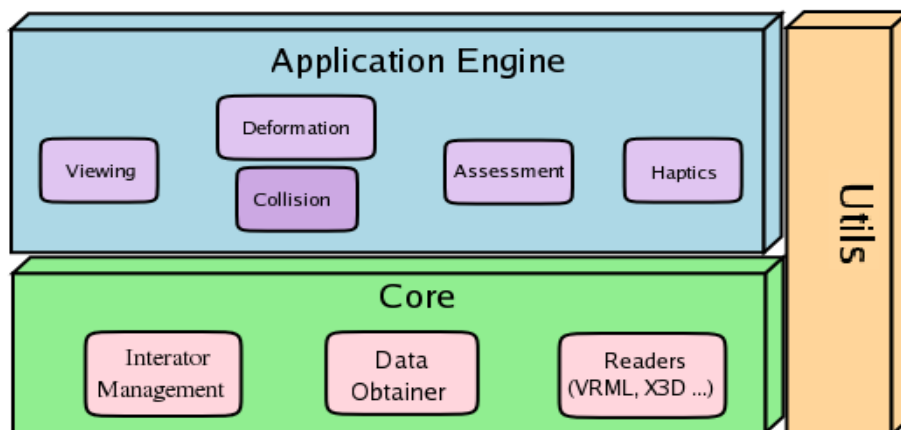


Figura 2.21. Arquitetura geral do CyberMed.

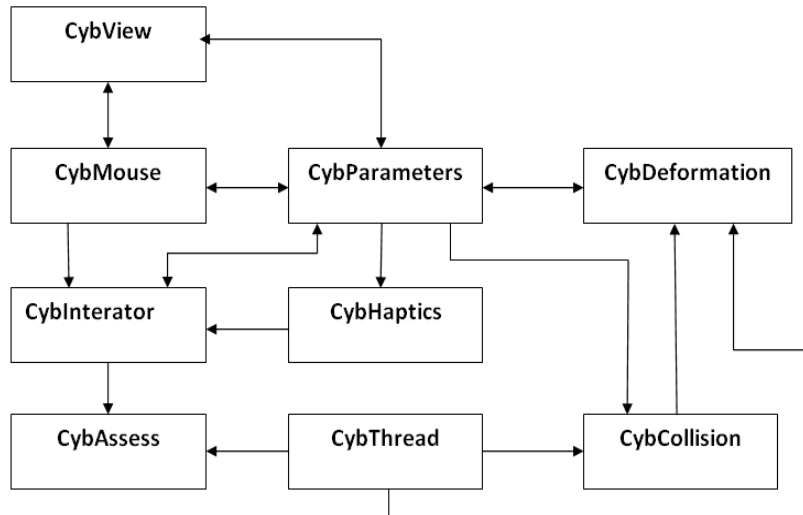


Figura 2.22. Diagrama com as principais classes do CyberMed. Fonte: Machado et al. (2008)

O *CyberMed* conta com uma classe fundamental para armazenamento dos dados da simulação que é utilizada para compartilhar informações entre os demais módulos. Como destaque, este *framework* apresenta uma classe de avaliação, que permite utilizar métodos de avaliação *online* do usuário, coletando e analisando seus dados de interação em tempo-

real. Deste modo, o *framework* está apto a verificar as ações do usuário e emitir um escore de seu desempenho, o que favorece o desenvolvimento de *serious games*.

Na Figura 2.22 é possível observar o arranjo simplificado das principais classes do *CyberMed* para prover funcionalidades de (na figura, dispostas de cima para baixo, da esquerda para a direita): visualização, interação por dispositivos convencionais, armazenamento de modelos tridimensionais e suas propriedades, sincronização, deformação interativa, interação em tempo-real, suporte a sistemas hápticos, monitoramento e avaliação do usuário, sincronização de tarefas e detecção de colisão. As Figuras 2.15 e 2.23 apresentam aplicações desenvolvidas com o *CyberMed* para a área médica.

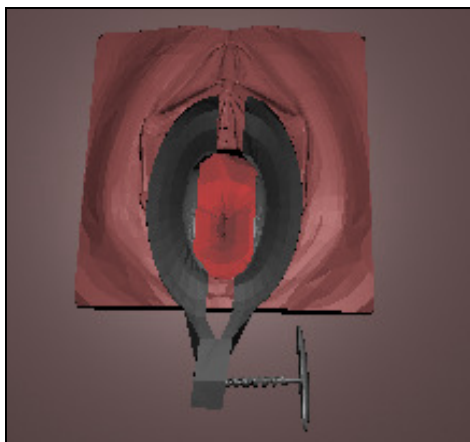


Figura 2.23. Visualização em sistema para aprendizado de exame ginecológico desenvolvido com o CyberMed. Fonte: Machado et al. (2008a)

c) Outros

Além dos frameworks apresentados, outros podem ser citados, tais como:

- **Avango** [Tramberend, 2001] – *framework* orientado a objetos que permite a criação de aplicações com classes específicas que herdam propriedades de distribuição, tendo a finalidade de auxiliar o desenvolvimento de aplicações distribuídas de ambientes virtuais (AVs) interativos. A distribuição de dados é realizada por replicação transparente de um grafo de cena compartilhado entre os processos participantes de uma aplicação distribuída, utilizando um sistema de comunicação para garantir o estado de consistência.
- **basho** [Hinkejann e Mannuss, 2004] – *framework* para criação de AV que apóia diferentes renderizadores e possui um núcleo pequeno com facilidade de controle e manutenção. Possui também um renderizador de grafo de cena, baseado em *OpenSceneGraph*.
- **IVORY** [Sprenger *et al.*, 1998] – *framework* desenvolvido para visualização de informação baseada em física (força, massa, aceleração, potência, energia, entre outros), com classes implementadas em Java e objetos em VRML 2.

- **SOFA** [Allard *et al.*, 2007] – *framework* de código aberto com o objetivo principal de auxiliar na pesquisa de simulação de procedimentos médicos, permitindo criar simulações complexas e evoluir aplicações combinando novos algoritmos com os algoritmos disponíveis no *framework*.
- **ViRAL** (*Virtual Reality Abstraction Layer*) (Bastos *et al.*, 2004) – *framework* gráfico, baseado em componentes, desenvolvido com a linguagem de programação C++ e independente de plataforma. Consiste em uma camada interposta entre as aplicações e os sistemas de RV e que tem como objetivo principal facilitar o desenvolvimento de aplicações de RV que sejam operadas por interfaces WIMP (*Windows, Icons, Menus and Pointing Device*).
- **VPat** (*Virtual Patients*) (Freitas *et al.*, 2003) – *framework* que possui classes básicas para permitir o desenvolvimento de classes mais especializadas capazes de implementar algoritmos complexos de visualização e simulação de movimento e, ainda, suportar aplicações de RV.

2.6.4 Engines

As *engines* de jogos têm sido constantemente utilizadas no desenvolvimento de *serious games* por oferecerem gerenciamento do fluxo do código, simulação de física e/ou suporte a diferentes plataformas. Observa-se que o suporte a sistemas imersivos já está disponível em algumas delas, como a visualização estereoscópica e suporte a alguns dispositivos especiais. Entretanto, mecanismos de inteligência mais apurados, capazes de verificar aprendizado ou assimilação de conceitos, bem como gerar ações específicas relacionadas a isto, precisam ser implementadas de acordo com cada caso. O suporte a dispositivos hápticos também é pouco comum e, geralmente, aborda *joysticks* com *force feedback*.

No contexto das *engines* de jogos, a OGRE destaca-se por poder ser utilizada em diferentes plataformas com diversas configurações. Além disso, ela provê diversos *plugins* e ferramentas para gerar aplicações gráficas. Por ser de uso livre e amplamente divulgada, há uma série de jogos desenvolvidos com a OGRE. Entretanto ela não foi desenvolvida para ser uma *engine* de jogos, mas uma *rendering engine*, ou seja, ser genérica para prover gráficos a serem inseridos em aplicações diversas [OGRE, 2009]. Apesar disso, tem sido empregada no desenvolvimento de jogos.

Outra *engine* gratuita é a Panda3D que permite adicionar código escrito na linguagem de *script* Phyton. Criada pela Disney, ela oferece rotinas de renderização gráfica, suporte a estereoscopia com anaglifo e multiplexação, dentre outras funcionalidades, além de permitir ligar seu código a rotinas de C++ [Panda3D, 2009]. Esta *engine* foi utilizada no desenvolvimento de um *serious game* para ensino de geografia para o ensino fundamental. Neste jogo foi utilizada inteligência baseada em teoria das evidências, implementada em C++ com Phyton, para verificar os conhecimentos do jogador durante a busca por objetos em um campo (Figura 2.24) [Netto *et al.*, 2008]. Para o aprendizado de matemática, esta mesma *engine* permitiu criar um RPG (*roleplaying game*) em primeira pessoa em que os conhecimentos de geometria espacial adquiridos em sala-de-aula precisam ser empregados para garantir a vitória do jogador. A Figura 2.25 apresenta

duas visualizações deste jogo, com o cenário de navegação e o ambiente com passatempos interativos [Morais *et al.*, 2008].



Figura 2.24. *Serious game* desenvolvido em Panda3D para apoio ao ensino de geografia. Fonte: Netto *et al.* (2008)

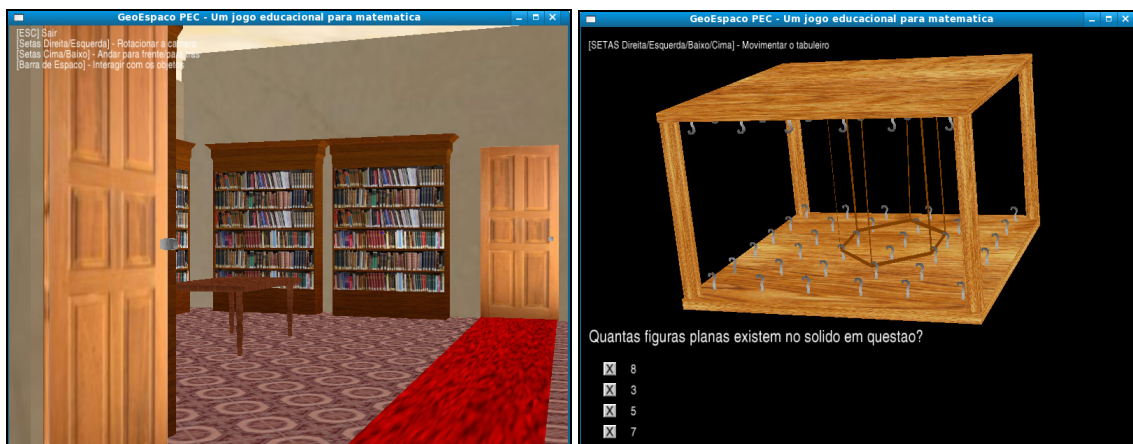


Figura 2.25. *Serious game* desenvolvido em Panda3D para apoio ao aprendizado de geometria espacial. Fonte: Moraes *et al.* (2008)

2.7. Tendências

A utilização dos *serious games* tem ganhado destaque pela sua potencialidade de abrangência social. Observa-se, entretanto, que apesar das aplicações para saúde se multiplicarem e cada vez mais constituírem uma área bastante pesquisada pela comunidade de RVA, a abordagem destas na forma dos *serious games* ainda é pouco explorada, sendo

mais comum em aplicações de treinamento em outros campos, como a área militar [Chatam, 2007].

O que se espera dos *serious games* no futuro próximo é sua maior inserção na sociedade. Para tanto, a criação de ferramentas que padronizem ou auxiliem seu desenvolvimento ainda precisa ser expandida. Além disso, é necessário aliar novos equipamentos a aplicações inovadoras com o objetivo de aproximar estas aplicações das situações reais [Sawyer, 2008]. Neste último caso, ressalta-se a necessidade de aplicar mais componentes biológicos nas aplicações voltadas à saúde em detrimento das simulações baseadas apenas em física.

Com a divulgação de novas aplicações e a validação destes sistemas será possível comprovar efetivamente que aprender pode ser divertido e que jogar pode ser uma atividade séria.

Referências

- Allard, J.; Cotin, S.; Faure, F.; Bensoussan, P.-J.; Poyer, F.; Duriez, C.; Delingette, H.; Grisoni, L. (2007) SOFA – an Open Source Framework for Medical Simulation. *Studies in Health Technologies and Informatics*, 125:13-18. IOS Press.
- ARToolKit (2009) ARToolKit Home Page. Human Interface Technology Laboratory, University of Washington. Online: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.
- Bacon, J.; Tardella, N.; Pratt, J.; Hu, J.; English, J. (2006) The Surgical Simulation and Training Markup Language (SSTML): An XML-Based Language for Medical Simulation. *Studies in Health Technologies and Informatics*, 119: 37-42. IOS Press.
- Bastos, T.A., Raposo, A.B., Gattas, M. (2005) Um Framework para o Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Virtual Baseados em Componentes Gráficos. *Proc. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, pp. 213-223. SBC.
- Blackman, S. (2005) Serious Games... and Less! *Computer Graphics*, 39(1):12-16. ACM.
- Burdea, G. e Coiffet, P. (2003) *Virtual Reality Technology*. 2nd ed., Wiley Interscience.
- Cardoso, L., Costa, R.M., Piovesan, A., Costa, M., Penna, L. (2006) Using Virtual Environments for Stroke Rehabilitation. *Proc. IEEE 5th International Workshop on Virtual Rehabilitation*, New York, p. 1-5.
- Chatham, R.E. (2007) Games for Training. *ACM Communications*, 50(7): 36-43.
- Cote, M.; Boulay, J.-A.; Ozell, B.; Labelle, H.; Aubin, C.-E. (2008) Virtual reality simulator for scoliosis surgery training: Transatlantic collaborative tests. *Proc. IEEE Int. Work. Haptic Audio Visual Environments and Games (HAVE 2008)*, pp. 1-6 .
- Das, D.A.; Grimmer, K.A.; Sparnon, A.L.; McRae, S.E.; Thomas, B.H. (2005) The efficacy of playing a virtual reality game in modulating pain for children with acute burn injuries: A randomized controlled trial. *BMC Pediatrics*, 5:1 (3 March 2005).
- Delingette, H. and Ayache, N. (2005) Hepatic surgery simulation. *ACM Communications*, 48(2): 31-36.

- Deutsch J.E.; Lewis J.A.; Burdea G. (2007) Technical and patient performance using a virtual reality-integrated telerehabilitation system: preliminary finding. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.*, 15(1):30-35.
- Freitas, C. M. D. S., Manssour, I. H., Nedel, L. P., Gavião, J. K., Paim, M, T. C., Maciel, Â. (2003) Framework para Construção de Pacientes Virtuais: Uma aplicação em Laparoscopia Virtual. *Proc. Symposium on Virtual Reality*, pp. 283-294. Ribeirão Preto, SBC.
- Gerson, N.; Sawyer, B.; Parker, J. (2006) Games and Technology: Developing Synergy. *Computer*, 39(12):129-130. IEEE.
- Hamilton, A. (2008) Weighing Wii Fit: Serious Fun. *Time – Business & Tech*. Online: <http://www.time.com/time/business/article/0,8599,1779642,00.html>.
- Hinkenjann, A., Mannuss, F. (2004) basho – A Virtual Environment Framework. *Proc. VII Symposium on Virtual Reality*, pp. 344 – 346. São Paulo.
- Hodges, L.F.; Rothbaum, B.O.; Kooper, R.; Opdyke, D.; Williford, J.S.; North, M. (1995) Effectiveness of Computer-Generated (Virtual Reality) Graded Exposure in the Treatment of Acrophobia. *American Journal of Psychiatry*, 152(4): 626-628.
- Johnsen, K.; Raij, A.; Stevens, A.; Lind, D. S.; Lok, B. (2007). The validity of a virtual human experience for interpersonal skills education. *Proc. SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI '07)*, pp. 1049-1058. ACM.
- Juan, M.C.; Alcañiz, M.; Monserrat, C.; Botella, C; Baños, R.M.; Guerrero, B.; (2005) Using Augmented Reality to Treat Phobias. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(6):31-37.
- Juan, M.C.; Alcañiz, M.; Calatrava, J.; Zaragoza, I.; Baños, R.; Botella, C.; (2007) An Optical See-Through Augmented Reality System for the Treatment of Phobia to Small Animals. *Lecture Notes in Computer Science*, 4563: 651-659. Springer.
- Kanehira, R.; Shoda, A. (2008) Development of an Acupuncture Training System Using Virtual Reality Technology. *Proc. Fuzzy Systems and Knowledge Discovery Conference (FSKD '08)*, 4:665 – 668.
- Kuroda, Y.; Nakao, M.; Kuroda, T.; Oyama, H.; Yoshihara, H. (2005) MVL: Medical VR Simulation Library. *Studies in Health Technologies and Informatics*, 111: 273-279. IOS Press.
- Machado, L.S.; Moraes, R.M. (2006) VR-Based Simulation for the Learning of Gynaecological Examination. *Lecture Notes in Computer Science*, 4282:97-104. Springer.
- Machado, L.S.; Valdek, M.C.O.; Moraes, R.M. (2008a) On-Line Assessment System for a Training System with Multiple Stages Based on Virtual Reality. *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 14(3-5):511-524.
- Machado, L.S.; Souza, D.F.L; Souza, L.C.; Moraes, R.M. (2008) Desenvolvimento Rápido de Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada Utilizando Software Livre. *Realidade Virtual e Aumentada na Prática*, pp. 5-33. Minicursos do SVR2008.

- Machado, L.S.; Moraes, R.M. (2009) Qualitative and Quantitative Assessment for a VR-Based Simulator. *Studies in Health Technology and Informatics*, 142:168-173. IOSPress.
- Machado, L.S.; Moraes, R.M.; Souza, D.F.L.; Souza, L.C.; Cunha, I.L.L. (2009) A Framework for Development of Virtual Reality-Based Training Simulators. *Studies in Health Technology and Informatics*, 142: 174-176. IOSPress.
- Marks, S.; Windsor, J.; Wünsche, B. (2007) Evaluation of game engines for simulated surgical training. *Proc. 5th Int. Conf. on Computer Graphics and interactive Techniques in Australia and Southeast Asia (GRAPHITE '07)*, pp. 273-280. ACM.
- Morais, A.M.; Medeiros, D.P.S.; Machado, L.S.; Moraes, R.M.; Rego, R.G. (2008) RPG para Ensino de Geometria Espacial e o Jogo GeoEspaçoPEC. *Anais do Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional*. CDROM. Natal. SBMAC.
- Netto, J. C. M.; Machado, L. S.; Moraes, R. M. (2008). Teoria das Evidências Aplicada na Inteligência de um Jogo Educacional do Tipo RPG. *Anais do XVIII Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística (SINAPE)*. Julho, São Pedro, Brasil. CDROM.
- Nunes, F.L.S.; Oliveira, A.C.M.T.G.; Rossato, D.J.; Machado, M.I.C. (2007) ViMeTWizard: Uma ferramenta para instanciação de um framework de Realidade Virtual para treinamento médico. *Proc. XXXIII Conf. Latinoamericana de Informática*, 1:1-8. San José.
- OGRE (2009) OGRE – Open Source 3D Graphics Engine. Online: <http://www.ogre3d.org/>.
- Oliveira, A.C.M.T.G.; Pavarini, L.; Nunes, F.L.S.; Botega, L.C.; Justo, D.R.; Bezerra, A. (2006) Virtual Reality Framework for Medical Training: Implementation of a deformation class using Java. *Proc. ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry*. Hong Kong –China.
- Paiva, J.G.S.; Cardoso, A.; Lamounier Jr., E. (2006) Interface for Virtual Automotive Route Creation in Driving Phobia Treatment. *Proc. VIII Symposium on Virtual Reality*, Belém, pp. 27-38.
- Panda3D (2009) Panda3D – Free 3D Engine. Online: <http://www.panda3d.org/>.
- ProcessIT (2007) Interactive Games Renew Safety Education. *ProcessIT Innovations Annual Report 2007*, pp.11. Online: <http://www.processitinnovations.se/default.aspx?id=2067>.
- Rodrigues, M.A.F.; Silva, W.B.; Barbosa Neto, M.E.; Ribeiro, I.M.M.P. (2006) Um Sistema de Realidade Virtual para Tratamento Ortodôntico. *Proc. VIII Symposium on Virtual Reality*, pp. 431-444 . SBC.
- Slater, M.; Pertaub, D.P.; Barker, C.; Clark, D. M. (2006) An experimental study on fear of public speaking using a virtual environment. *Cyberpsychology & Behavior*, 9(5): 627-633.
- Soler, L.; Nicolau, S.; Fasquel, J.-B.; Agnus, V.; Charnoz, A.; Hostettler, A.; Moreau, J.; Forest, C.; Mutter, D.; Marescaux, J. (2008) Virtual reality and augmented reality applied to laparoscopic and notes procedures. *Proc. 5th IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro (ISBI 2008)*. pp. 1399 – 1402.

- Sorensen, T.S.; Mosegaard, J. (2006) Virtual Open Heart Surgery - Training Complex Surgical Procedures in Congenital Heart Disease. *Proc. Siggraph Emerging Technologies*. Artigo 35. ACM.
- Sprenger, T.C.; Gross, M.; Bielser, D.; Strasser, T. (1998) IVORY - An Object-Oriented Framework for Physics-Based Information Visualization in Java. *Proc. IEEE Symposium on Information Visualization (InfoViz'98)*, pp. 79-86.
- Stone, R. (2009) Serious Games: Virtual Reality's Second Coming? *Virtual Reality*, 13(1):1-2. Springer.
- Sawyer, B. (2008) From Cells to cell Processors: The Integration of Health and Video Games. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28(6):83-85.
- Suhonen, K.; Väättäjä, H.; Virtanen, T.; Raisamo, R. (2008) Seriously fun: exploring how to combine promoting health awareness and engaging gameplay. *Proc. 12th Int. Conf. on Entertainment and Media in the Ubiquitous Era (MindTrek '08)*. ACM, pp. 18-22.
- Tran, M.Q.; Biddle, R. (2008) Collaboration in serious game development: a case study. *Proc. Conf. on Future Play: Research, Play, Share (Future Play '08)*, pp. 49-56. ACM.
- Tramberend, H. (2001) Avango: A Distributed Virtual Reality Framework. *Proc. Afrigraph '01*. ACM.
- Virk, S.; McConville, K.M.V. (2006) Virtual Reality Applications in Improving Postural Control and Minimizing Falls. *Proc. 28th Annual Int. Conf. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS '06)*. pp. 2694 - 2697.
- Zyda, M. (2005) From visual simulation to virtual reality to games. *Computer* 38(9): 25-32. IEEE.