

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIRURGIA**

**ESTUDO DE MODELO DE AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL APLICADO  
AO ENSINO DA GRADUAÇÃO EM CIRURGIA**

**Tese de Doutorado  
ROSILENE JARA REIS**

**Porto Alegre  
2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIRURGIA**

**ESTUDO DE MODELO DE AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL APLICADO  
AO ENSINO DA GRADUAÇÃO EM CIRURGIA**

**Tese de Doutorado**

**ROSILENE JARA REIS**

**Orientador**

**Prof. Dr. Amarilio Vieira de Macedo Neto**

**Coorientadores**

**Prof. Dr. Márcio Sarroglia Pinho**

**Prof. Dra. Patricia Alejandra Behar**

**Porto Alegre  
2009**

**R375t** Reis, Rosilene Jara

Estudo de modelo de ambiente de realidade virtual aplicado ao ensino da graduação em cirurgia / Rosilene Jara Reis; orient. Amarilio Vieira de Macedo Neto.

126p. :il. color.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia. Porto Alegre, BR – RS, 2009.

1. Tecnologia biomédica. 2. Cirurgia. 3. Ensino. I. Macedo Neto, Amarilio Vieira de. II. Título

NLM: W82

Catálogo: Norah B. Piccoli – CRB10 / 1536

Ao meu esposo Edison Gil, pelo estímulo, amor e compreensão pelas minhas ausências. Ao nosso filho Matheus, razão maior de nossas vidas. Aos meus pais Miguel (*in memoriam*) e Diná, pelo amor e pela educação que me proporcionaram. Aos meus irmãos Antonio Carlos e Marisa, pelo carinho e pela amizade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a execução desta tese, em especial:

Ao Prof. Dr. **Amarilio Vieira de Macedo Neto**, pelo apoio, pela amizade e pela compreensão. Seu espírito científico e inovador, seu constante estímulo, sua orientação precisa e objetiva foram determinantes para a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. **Márcio Sarroglia Pinho**, pelos ensinamentos e pelo apoio neste primeiro projeto envolvendo Realidade Virtual e Cirurgia, realizado em conjunto pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Seu suporte científico, suas orientações técnicas e sua supervisão constante foram fundamentais para a realização desta tese.

À Prof. Dra. **Patricia Alejandra Behar**, pela disponibilidade e pelo apoio científico. Agradeço pelos seus questionamentos; eles foram essenciais para o resultado final desta tese.

Aos Profs. Dr. **Adamastor Humberto Pereira** e Dr. **Cleber Dario Pinto Kruehl**, coordenadores e professores do Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia da UFRGS, pelo apoio a este projeto e pelos ensinamentos que me proporcionaram.

À Prof. Dra. **Noili Demaman**, pela revisão de linguagem e padronização técnica do texto. Sua eficiente orientação linguística me fez admirar ainda mais este belo idioma que é o nosso português.

Ao analista de sistemas e mestre em informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – Grupo de Realidade Virtual – **Mauro Cesar Charão**, pelas contribuições técnicas e programação do sistema.

Ao arquiteto **Marcelo Danussi**, ao acadêmico de arquitetura **André Rocha Tomasi**, ao doutorando de informática **Régis Augusto Poli Kopper**, ao mestrando de informática **André Trombeta**, membros do Grupo de Realidade Virtual – PUCRS, obrigada pelas modelagens dos cenários e pelas contribuições técnicas na montagem do programa.

À Enfermeira do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) **Marta J. Giotti Cioato** e à sua equipe, pela amizade demonstrada, pela disponibilidade e pelo incentivo recebido durante a realização deste trabalho. Seu apoio nas filmagens e simulações realizadas no bloco cirúrgico do HCPA e o fornecimento do instrumental cirúrgico necessário para a modelagem dos equipamentos foram muito valiosos para a construção desse Ambiente Virtual.

À Dra. **Alice de M. Zelmanowicz**, pela amizade e disponibilidade. Suas orientações técnicas para a escrita do texto foram importantes na elaboração desta tese.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia, **Estela Maris Araripe**, pela amizade, eficiência, disponibilidade e interesse demonstrados.

Aos **acadêmicos** de medicina e **aos especialistas** das áreas de informática e medicina e informática na educação que, voluntariamente, participaram dos testes de avaliação do ambiente de Realidade Virtual.

Às instituições: **UFRGS, PUCRS e HCPA**, por abrirem as suas portas à pesquisa.

À University of Washington em Seattle, Estados Unidos, e ao Institute for Simulation and Interprofessional Studies, também naquele país, representados pelo Dr. Prof. **Richard Satava**, pelas orientações técnicas e científicas e pelos estímulos recebidos durante as visitas àquela universidade.

Agradeço a esse grupo multidisciplinar que acreditou na realização do primeiro trabalho de um projeto que pretende muita produção científica.

## RESUMO

A educação médica tem passado por expressivas modificações através dos anos. Até meados do século XIX, a medicina acadêmica baseava-se na observação dos fatos; a partir deles, concluía-se o tratamento possível. Contemporaneamente, o ensino da Medicina envolve uma busca constante de novos métodos para acomodar novas exigências. Paralelamente a essa busca, enfrenta na evolução tecnológica um de seus maiores desafios. Na cirurgia, por exemplo, o advento das técnicas laparoscópicas gerou a necessidade de habilidades muito diferentes daquelas empregadas nas cirurgias convencionais, sendo que o treinamento de cirurgiões depende cada vez mais de ambientes de simulação. Uma destas ferramentas que permite estas simulações é a Realidade Virtual (RV). Considerando esse contexto, os objetivos deste trabalho foram desenvolver um ambiente de RV para o ensino de cirurgia em nível de graduação, refletir sobre o impacto desse tipo de ferramenta na educação desses alunos e refletir sobre a viabilidade de estabelecer um programa de pós-graduação focado no desenvolvimento de ambientes de RV aplicáveis à Medicina. Para tanto, formou-se uma equipe multidisciplinar que desenvolveu um ambiente RV pré-, trans- e pós-cirúrgico. O ambiente permite que alunos que nunca tiveram contato com um bloco cirúrgico executem diversas tarefas ligadas à realização de uma toracotomia e aprendam regras e rotinas vigentes no bloco. Uma avaliação preliminar com 15 estudantes de medicina e 12 profissionais (cinco médicos, cinco cientistas da computação e dois educadores) mostrou que ambos os grupos consideraram a experiência virtual global como satisfatória ou muito satisfatória (escores de 7 a 9 em uma escala de 10 pontos). O ambiente de RV desenvolvido neste estudo servirá de base para outras aplicações, por exemplo, para acoplar outros módulos cirúrgicos em substituição à toracotomia. Além disso, o sistema pode ser adaptado para treinamento de outros públicos-alvo, tais como enfermeiros ou estudantes de enfermagem, auxiliares de enfermagem e outros. Apesar das complexidades inerentes ao desenvolvimento de ferramentas de RV, a necessidade inegável de fornecer aos estudantes mais oportunidades de treinamento, o inexorável crescimento da tecnologia dentro da medicina e a importância de integrar esses aspectos às oportunidades de fazer educação permitem que se conclua que o projeto teve sucesso. A linha de pesquisa estabelecida a partir deste trabalho é extremamente promissora.

**Palavras-chave:** Ensino; estudantes de medicina; sistemas virtuais.



## ABSTRACT

Medical education has undergone major changes along the years. Until the mid 19th-century, academic medicine was based on the observation of facts; possible treatments were derived from this observation. Currently, the teaching of Medicine involves the continuous search for new methods to accommodate novel requirements. Parallel to this search, one of the biggest challenges for the teaching of Medicine is the evolution of technology. In surgery, for example, the advent of laparoscopic techniques has translated into the need for abilities that are quite different than those applied in conventional procedures, and the training of surgeons has relied increasingly more on simulations environments. One of the tools that allow these simulations is Virtual Reality (VR). Considering this context, the objectives of the present work were to develop a VR environment for the teaching of surgery at the undergraduate level, to reflect on the impact of this type of tool for the education of medical students and to consider the feasibility of establishing a graduate program focused on the development VR environments applicable to Medicine. For that, a multidisciplinary team was formed, and a pre, trans, and postsurgical VR environment was developed. This environment allows students who have never been in contact with a surgical unit to complete various tasks relating to the performance of a thoracotomy and to learn about the rules and routines associated with a surgical unit. A preliminary assessment with 15 medical students and 12 professionals (five physicians, five computer scientists, and two education specialists) showed that both these groups considered the overall virtual experience as satisfactory or very satisfactory (scores 7-9 in a 10-point scale). The VR environment developed in this study will serve as a basis for other applications, such as additional surgical modules to replace the thoracotomy module. The environment may also be adapted for the training of other target publics, such as nurses or nursing students, nursing assistants or others. Despite the complexities associated with the development of VR tools, the undeniable need to provide students with more opportunities for training, the inexorable ingrowth of technology into medicine, and the importance of integrating all this into an opportunity for education, lead to the conclusion that this project was successful and that the research line established with the present work is extremely promising.

**Keywords:** Teaching; medical students; virtual systems.

## LISTA DE SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| ABMS    | American Board of Medical Specialties                       |
| AGCME   | Council for Graduate Medical Education                      |
| CAVE    | <i>Automatic virtual environment</i>                        |
| FEPAFEM | Federação Pan-Americana de Faculdades e Escolas de Medicina |
| GRV     | Grupo de Realidade Virtual                                  |
| HCPA    | Hospital de Clínicas de Porto Alegre                        |
| HMDs    | <i>Head mounted displays</i>                                |
| LCME    | Liaison Committee on Medical Education                      |
| MIST-VR | <i>Minimally Invasive Surgical Trainer-Virtual Reality</i>  |
| NASA    | National Aeronautics and Space Agency                       |
| PUCRS   | Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul       |
| RV      | Realidade virtual   |
| UFRGS   | Universidade Federal do Rio Grande do Sul                   |
| VIVED   | <i>Virtual visual environment display</i>                   |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Diagrama de passos a serem seguidos para a introdução de alternativas no processo ensino-aprendizagem, segundo Van Wilgenburg <sup>11</sup> ..... | 15 |
| Figura 2 Paradigmas da educação, segundo Van Wilgenburg <sup>11</sup> .....  | 16 |
| Figura 3. Sensorama, simulador baseado em vídeo.....   | 21 |
| Figura 4 Primeiro <i>head mounted display</i> proposto por Ivan Sutherland em 1968.....  | 23 |
| Figura 5 Simulador estadunidense de voo. ....  | 24 |
| Figura 6 Atlas da <i>National Library of Medicine</i> . ....   | 25 |
| Figura 7 Imagem do <i>Atlas of the Visible Human Male Cross-Sectional Anatomy</i> . ....   | 25 |
| Figura 8 <i>CAVE Automatic Virtual Environment</i> . ....  | 26 |
| Figura 9 Cirurgia endoscópica com tecnologia RV. ....  | 27 |
| Figura 10 Dispositivo de visualização conhecido como <i>shutter glasses</i> . ....   | 31 |
| Figura 11 <i>Phantom</i> , dispositivo háptico de retorno de força. ....   | 31 |
| Figura 12 Scott Fisher, em 1985, com o primeiro <i>head mounted display</i> (HMD) – NASA. ...  | 32 |
| Figura 13 Luva rastreadora de posição dos dedos. ....  | 33 |
| Figura 14 Simulador baseado em modelo físico. ....   | 42 |
| Figura 15 <i>Immersion Medical CathSim Vascular Access Simulator</i> . ....  | 43 |
| Figura 16 Simulador híbrido de manipulação simples para sinoscopia. ....   | 44 |
| Figura 17 Simulador de cirurgia minimamente invasiva. ....   | 45 |
| Figura 18 Simulador de anastomose. ....  | 45 |
| Figura 19 Imagens do simulador de suturas .....  | 46 |
| Figura 20 Simulador híbrido de artroscopia do joelho. ....   | 47 |
| Figura 21. Ambiente de planejamento de cirurgia hepática.....  | 48 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 12 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA .....   | 20 |
| 2.1. Realidade virtual.....  | 20 |
| 2.1.1. Histórico.....  | 20 |
| 2.1.2. Definições .....  | 27 |
| 2.1.3 Equipamentos.....  | 29 |
| 2.1.4. Realidade virtual no contexto educacional .....   | 33 |
| 2.1.5. Realidade virtual na educação médica.....   | 36 |
| 2.1.6. Realidade virtual no ensino da cirurgia .....   | 39 |
| 2.2. Aspectos do desenvolvimento de sistemas de realidade virtual aplicados ao ensino .                  | 48 |
| 2.2.1. Objetivo e tipo de tarefa .....   | 48 |
| 2.2.2. Grau de imersão .....   | 49 |
| 2.2.3. Estímulos táteis e sonoros.....   | 49 |
| 2.2.4. Tipo de dispositivo de visualização .....   | 50 |
| 2.2.5. Aspectos em aberto das pesquisas sobre sistemas de realidade virtual aplicados<br>ao ensino ..... | 50 |
| 3. OBJETIVOS .....   | 52 |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 53 |
| 5. ARTIGO EM INGLÊS.....   | 60 |
| 6. ARTIGO EM PORTUGUÊS .....   | 79 |
| 7. ANEXOS.....   | 98 |

## 1 INTRODUÇÃO

A educação médica vem se modificando muito através dos anos. A história nos relata que o treinamento no ensino médico começou com o aprendizado informal sob orientação de um médico prático. Tal informalidade foi dando origem a um ensino médico construído e calcado nas necessidades da época e de um dado momento no tempo. Paralelamente à tentativa de educar, as universidades foram se estruturando – se é que podemos chamar esse modelo de estrutura –, porém, de uma forma débil, desorganizada, sem compromisso com a ciência, sem critérios, sem infraestrutura adequada para o funcionamento e privilegiando alguns.

Até a primeira metade do século XIX, a chamada medicina acadêmica ou científica baseava-se muito na observação dos fatos; a partir deles, concluía-se o tratamento possível visando à cura ou minimização do sofrimento. A própria ideia de medicina era extremamente heterogênea; o conhecimento adquirido variava conforme o século e a cultura, e muitas práticas conviviam num mesmo período.

No final do século XIX e início do século XX, o ensino da medicina passou por um movimento de mudança que se iniciou nos Estados Unidos da América e no Canadá, através dos questionamentos do educador americano Abraham Flexner<sup>1</sup>, que avaliou o ensino médico nesses países e concluiu que a maioria das faculdades de medicina existentes apresentava condições péssimas de funcionamento. Os alunos eram admitidos sem nenhum preparo, não existiam laboratórios, não havia relação entre a formação científica e o trabalho clínico e os professores não tinham controle sobre os hospitais universitários. Essas observações, que deram origem a um relatório intitulado *Medical Education in the United States and Canada* (Educação Médica nos Estados Unidos e Canadá), tiveram o efeito de um terremoto. Nos anos seguintes, a quase totalidade das instituições por ele criticadas fechou suas portas<sup>1</sup>.

De 1910 até 1950, as escolas médicas iniciaram um processo de inovação curricular, dando então mais valor às áreas básicas e à pesquisa. Durante os anos 1970, houve um movimento com o propósito de modificar a estrutura de preparação de profissionais da saúde nas Américas, focalizando o atendimento de saúde para as comunidades<sup>(1) 2</sup>.

No Brasil, em 1968, a reforma curricular do ensino médico seguiu o modelo Flexner<sup>(2)</sup>. No entanto, a boa vontade esbarrou no legislador brasileiro que cometeu dois graves enganos. O primeiro foi ignorar as tendências à massificação do ensino superior; o segundo, pensar que o Brasil deveria procurar se pautar pelo modelo dos países europeus, quando somos muito mais parecidos com os Estados Unidos. Não parecidos pela riqueza, evidentemente, mas pela extensão territorial, pela existência de várias culturas, pela mistura de raças, pela deficiente administração pública, desigualdade social e por uma capacidade ilimitada de iniciativa, criatividade e inovação<sup>(3) 1-8</sup>.

---

1 A Federação Pan-Americana de Faculdades e Escolas de Medicina (FEPAFEM), preocupada com o ensino em nossas escolas, aprovou a proposta de Mário Chaves quanto à participação ativa das Américas na Conferência Mundial de Educação Médica em Edinburgo, em 1988 (Walton, 1993a). Para tanto, prepararam uma análise criteriosa da situação da educação médica em nosso continente, o que deu origem ao Projeto EMA - Educação Médica nas Américas (Chaves e Reis, 1990). Como as Américas, outros continentes e grandes regiões do mundo prepararam suas respectivas análises para serem discutidas na Conferência Mundial sob responsabilidade da Federação Mundial de Educação Médica (WFME). Os resultados dessa reunião contribuíram, fundamentalmente, para a elaboração dos princípios constantes da Declaração de Edimburgo (WALTON, 1993a, 1994b), princípios esses que têm norteado todo o movimento de transformação e inovação de educação médica em várias escolas médicas. A Conferência Mundial em Atendimento Primário de Saúde, patrocinada pela Organização Mundial da Saúde em Alma Ata (1978), estabeleceu o programa global de "Saúde para todos no ano 2000" (WHO, 1993, 1994). A Conferência Mundial de Educação Médica, sob responsabilidade da Federação Mundial de Educação Médica (WFME), em 1988; a *World Summit on Medical Education*, em 1993, foram eventos culminantes na educação médica em termos mundiais.

2 O conceito de qualidade utilizado por Flexner no início do século presidiu a legislação da reforma universitária brasileira (2). O artigo primeiro da lei 5.540, de 1968, reza que "o ensino superior tem por objetivo a pesquisa, o desenvolvimento das ciências, letras e artes e a formação de profissionais de nível universitário". O artigo segundo diz que "o ensino superior, indissociável da pesquisa, será ministrado em universidades e, excepcionalmente, em estabelecimentos isolados". Nessa época, no entanto, o mundo já não era o mesmo. Não houve uma nova reforma Flexner para o ensino superior americano, mas, nos últimos 50 anos, os Estados Unidos desenvolveram o sistema de educação superior de maior porte, abrangência e qualidade de todo o mundo, e que é hoje copiado pela maioria dos países.

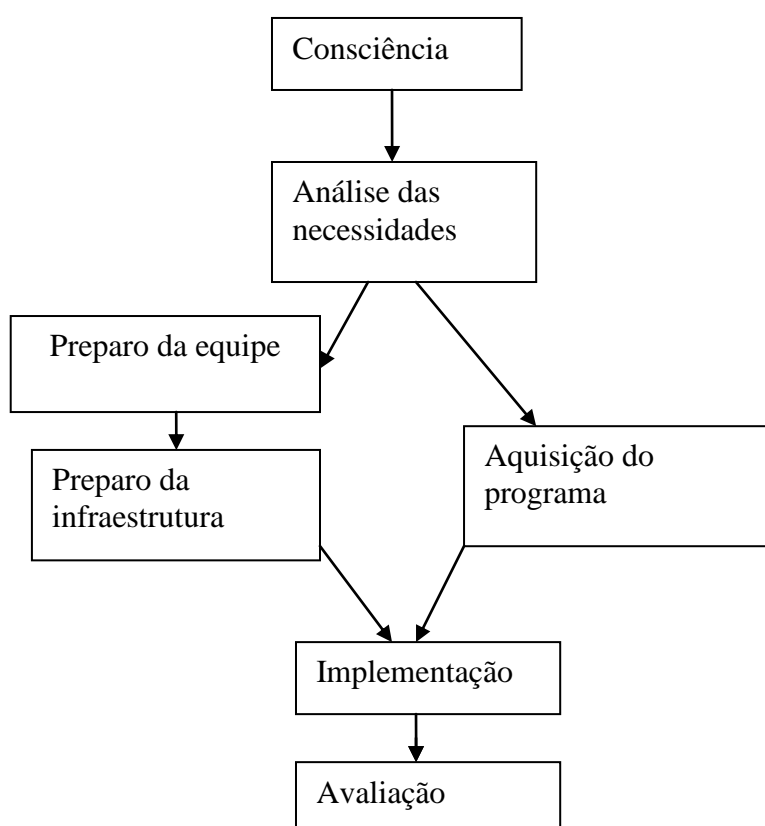
3 O que ainda temos da Europa é o verso da centralização, da racionalidade formal e dos controles burocráticos, que estão latentes no modelo elitista e centralizado da reforma universitária de 1968. É bem verdade que, ao introduzir o sistema de crédito, a pós-graduação, o sistema departamental e o ciclo básico, a reforma de 1968 se inspirou na universidade americana, e não na europeia. Mas o legislador só olhou para o topo da pirâmide, para Harvard e Yale – aquilo que os Estados Unidos têm de Europa – e não para os milhares de *colleges* e outras instituições que formam o corpo e os braços da educação superior americana.

Falar do ensino médico brasileiro, ao mesmo tempo em que permite comparações com o praticado em outros países mais desenvolvidos, permite que se veja o Brasil alinhado às dificuldades que também existem nesses países: a ausência de recursos técnicos e a dificuldade de divulgação do conhecimento fizeram com que, no passado, o exercício dessa profissão – como o de outras tantas – pouco se pareça com o que hoje se dá. Nos últimos 20 anos, as autoridades aprenderam, com os equívocos do passado, que a formação do profissional médico é muito mais ampla do que, simplesmente, reformas de cursos ou currículos.

Nesse contexto, o espaço universitário é hoje muito maior, muito mais complexo; potencialmente, muito mais rico do que o imaginado por Flexner e por nossos legisladores dos anos 1960. Poderíamos dizer que a universidade contemporânea é aquela que se dedica simultaneamente ao ensino, à pesquisa e à extensão. Nesse sentido, o modelo mais próximo que poderíamos citar é o da multiversidade, preconizado por Clark Kerr<sup>7</sup>, onde são privilegiados os seguintes aspectos: automotivação, aprendizagem, conhecimento, criatividade, comprometimento, democracia, diversidade, flexibilidade, globalização, integração, pluralismo e visão, além de outros; impossível fechar uma lista sem que se revele incompleta<sup>6-8</sup>.

O processo de inovação curricular como se apresenta não é um fato atual. Iniciado há quase um século, é um processo dinâmico, contínuo e articulado às constantes e rápidas modificações que ocorrem no mundo. Devemos lembrar que, quando estamos formando, hoje, os profissionais do próximo século, eles devem estar preparados para enfrentar as necessidades do futuro<sup>9</sup>. Nestes tempos de incessantes transformações, é importante repensar o papel do professor e do aluno no processo ensino-aprendizagem. O ensino deverá ser ativo, com o professor atuando como incentivador e orientador da aprendizagem do aluno. O aluno, por seu lado, deve ser estimulado pelo professor a observar, criar, refletir e executar<sup>10</sup>.

Van Wilgenburg<sup>11</sup>, em 1997, publicou que, do ponto de vista técnico, a chave do sucesso de mudanças no processo de ensino e aprendizagem está na dependência e no cuidado da preparação de todos os passos necessários para a sua implementação, que são eles: consciência das mudanças, análise das necessidades, preparação de equipe, infraestrutura, implementação das mudanças e, finalmente, avaliação (Figura 1).



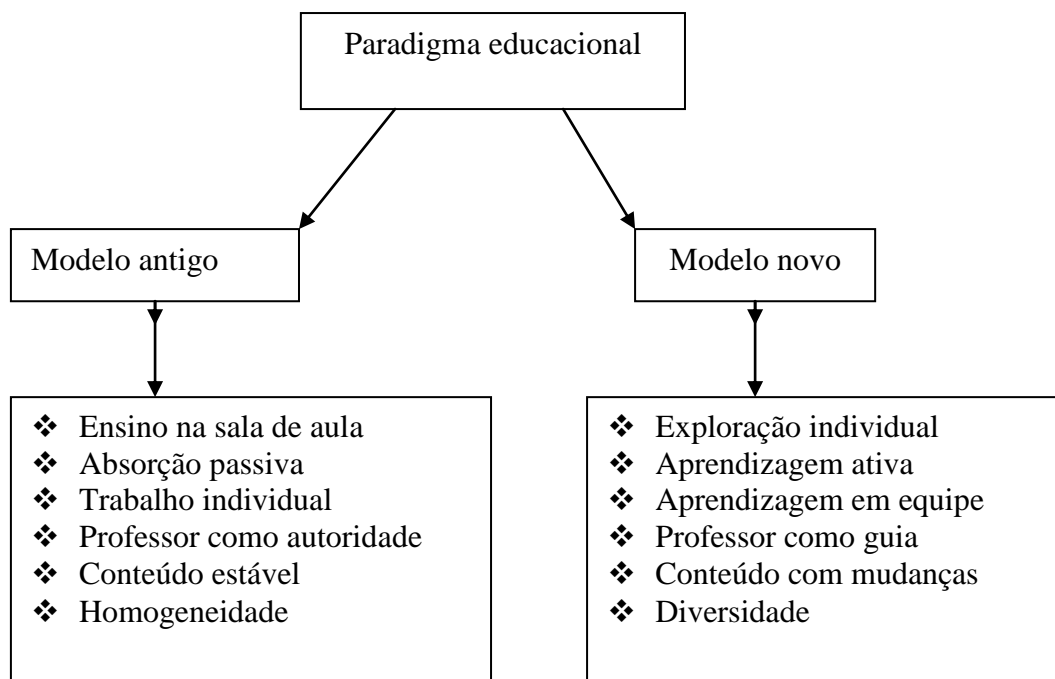
**Figura 1 Diagrama de passos a serem seguidos para a introdução de alternativas no processo ensino-aprendizagem, segundo Van Wilgenburg<sup>11</sup>.**

A necessidade de se buscar novas alternativas para o processo ensino-aprendizagem e a imposição de mudanças fazem aumentar cada vez mais o interesse das universidades na utilização de novas ferramentas para o ensino. Dentre essas alternativas, uma invade nossas portas com uma proposta inovadora: a tecnologia. O uso da tecnologia na educação médica veio para superar os limites de espaços e tempos, de modo a propiciar que todos tenham



acesso à informação e possam vivenciar diversas maneiras de aprender. Por outro lado, essa nova ferramenta exige dos professores novas competências e atitudes para desenvolver o conhecimento, implicando criar e recriar estratégias e situações de aprendizagem que possam se tornar significativas para o aluno, sem perder de vista o foco da educação<sup>12</sup>.

A introdução de novas tecnologias e a relação entre os professores, e esse novo instrumento poderá ser dramática se considerarmos a necessidade de reciclagem da equipe como um todo. Como todas as mudanças, essa também será passível de resistência por parte dos educadores. Independentemente das dificuldades de tal processo, no entanto, o paradigma educacional deverá mudar para um novo modelo, como mostra a Figura 2.



**Figura 2 Paradigmas da educação, segundo Van Wilgenburg<sup>11</sup>.**

No ensino da cirurgia, o tradicional modelo de aprendizado Halstediano<sup>13</sup> de *see one, do one, teach one*, no qual o treinamento se dava em campo operatório, isto é, no próprio paciente, há muito tempo não é adequado para o treinamento dos cirurgiões<sup>14</sup>. Fora da sala cirúrgica, outros métodos para tal prática são utilizados como treinamento: modelos animais,

tecidos artificiais, caixas de treinamento e simuladores. Embora a prática em animais vivos seja o mais realístico dos treinamentos, ela apresenta problemas financeiros e éticos, sendo ilegal em alguns países<sup>15</sup>. Os tecidos artificiais são utilizados para a prática básica das habilidades cirúrgicas, mas o resultado final no aprendizado é limitado. Frente a essas dificuldades, os instrutores foram buscar outras formas de avançar no aprendizado e desenvolver as habilidades cirúrgicas dos seus aprendizes.

É amplamente aceito que os alunos de graduação, independentemente da escolha de sua especialidade, necessitam possuir um conjunto básico de conhecimentos, aptidões (habilidades), valores e atitudes que irão proporcionar um eficaz desempenho de sua atividade. Com base nessa premissa, os autores desta tese, através de dados observacionais na prática diária com seus alunos de graduação em medicina e de pós-graduação, concluíram que as deficiências nas bases cirúrgicas e técnicas operatórias nos cursos de medicina brasileiros eram imensas. Questionamentos quanto ao modelo atual de ensino da cirurgia mostraram que esse é, ainda hoje, o mesmo de 20 anos atrás; qual será, portanto, o seu grau de eficiência para uma geração que ultrapassou os limites bidimensionais e que se familiariza cada dia mais com modelos tridimensionais?

A geração de alunos que estão sob nossa responsabilidade acostumou-se a interagir, desde a infância, com as telas de televisão e com os monitores de uma forma ativa, recebendo luz, movimento, som e desafios, e respondendo com as emoções e os sentidos de uma forma criativa. Cabe então perguntar se este não é o momento adequado para enveredar por um novo rumo no ensino da cirurgia, pois, como os alunos já estão inseridos nesse contexto de simuladores, seria oportuna uma transformação no jeito de ensinar.

A prática do uso intensivo de tecnologia para criar ambientes que proporcionem melhores condições para a aquisição e construção do conhecimento está sofrendo uma incrível expansão. O uso da tecnologia está possibilitando às instituições de ensino realizar

experiências para além do que se fazia em sala de aula. Sem dúvida nenhuma, os benefícios obtidos até agora com tal prática são inegáveis: diversos problemas, no entanto, emergiram, e só a pesquisa de novos modelos poderá contribuir para que sejam sanados<sup>16</sup>.

Entre as novas tecnologias em expansão, as simulações através de Realidade Virtual (RV) vêm se difundindo de forma muito rápida na educação. Entre as áreas que podem ser muito beneficiadas está a medicina, no ensino e prática de cirurgias<sup>16-21</sup>. Atualmente, um número crescente de instituições de ensino médico, no mundo todo, discute novos paradigmas pedagógicos, e, nesse contexto, as potencialidades da RV encontram-se na ordem do dia.

No exterior, em alguns nichos de excelência, a RV vem se firmando como importante ferramenta no processo ensino-aprendizagem. Ela busca captar os movimentos do corpo do usuário (em geral braços, pernas, cabeças e olhos) e, a partir desses dados, permitir a interação humano-computador<sup>22</sup>. Nessa interação, o usuário (aluno) não vai estar mais diante de um monitor, e, sim, se sentirá dentro da interface, interagindo com os dados da simulação e incrementando suas possibilidades de construir um sólido aprendizado.

Parece existir um consenso de que a RV pode ajudar no processo de ensino da cirurgia. Entretanto, as pesquisas estão avançando atualmente não somente na direção de avaliar a utilidade do processo, mas também em relação aos custos, às implicações e às possíveis desvantagens.

No Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), este é o momento de discutir e modificar o ensino da cirurgia. Para que nossos alunos adquiram habilidades cirúrgicas, é necessária a *praxis*, seja qual for a forma disponível para tal. Assim, o Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia da Faculdade de Medicina da UFRGS aprovou uma inovadora linha de pesquisa no ensino da cirurgia mediante o emprego da RV. Esse projeto, multidisciplinar e interinstitucional, reúne

médicos, paramédicos, enfermeiros, engenheiros de sistema e educadores. É nesse projeto pioneiro que se enquadra o presente trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Realidade virtual

#### 2.1.1 Histórico

A ideia de uma realidade virtual é muito antiga. Na Antiguidade Clássica, do século VIII a.C. ao século V d. C., vários filósofos descreveram o processo do pensamento pelo qual uma representação virtual do mundo é criada a partir de nossas experiências sensoriais. No início do século XX, psicanalistas interpretaram sonhos como uma simulação de mundos virtuais, e, na literatura, o britânico H. G. Wells descreveu uma experiência de telepresença no romance *The Remarkable Case of Davidson's Eyes*. Nesse livro, o autor relata a experiência vivida pela personagem Davidson, que, após uma aberração mental transitória, passa alguns minutos no outro lado do mundo, mas continua fisicamente em seu laboratório<sup>23</sup>.

No início dos anos 1950, Morton Heilig, um cineasta, diagramou o que chamou de *teatro de experiência*. Heilig foi estimulado por uma tecnologia da época, o Cinerama, que consistia no uso de três câmeras filmando de diferentes ângulos um filme que era posteriormente projetado em três grandes telas curvadas para dentro. O Cinerama e Cinemascope causavam na audiência uma impressão de estar dentro do filme. Essa é considerada uma das primeiras experiências de realismo artificial. Logo em seguida, em 1956, Morton Heilig levou o Cinerama a outros níveis, desenvolvendo um simulador baseado em vídeo, denominado Sensorama<sup>24</sup>, que permitia ao usuário expor-se a uma combinação de visão tridimensional, som estéreo, vibrações e sensação de vento e de aromas num passeio

simulado de motocicleta por Nova York. Assim, a indústria de entretenimento teve um papel importante no surgimento da RV, através deste simulador (Figura 3).



**Figura 3. Sensorama, simulador baseado em vídeo.**

No final da década de 1950, Douglas Engelbart, um engenheiro e ex-militar dos Estados Unidos – que trabalhava como técnico de radares – reconheceu nos computadores algo além de simplesmente máquinas de fazer cálculos. Ele os via como um meio de exibir dados digitais graficamente. Essa contribuição de Engelbart foi a primeira no sentido de tornar os computadores mais amigáveis aos usuários, até que se chegasse, na década de 1980, aos computadores pessoais<sup>25</sup>.

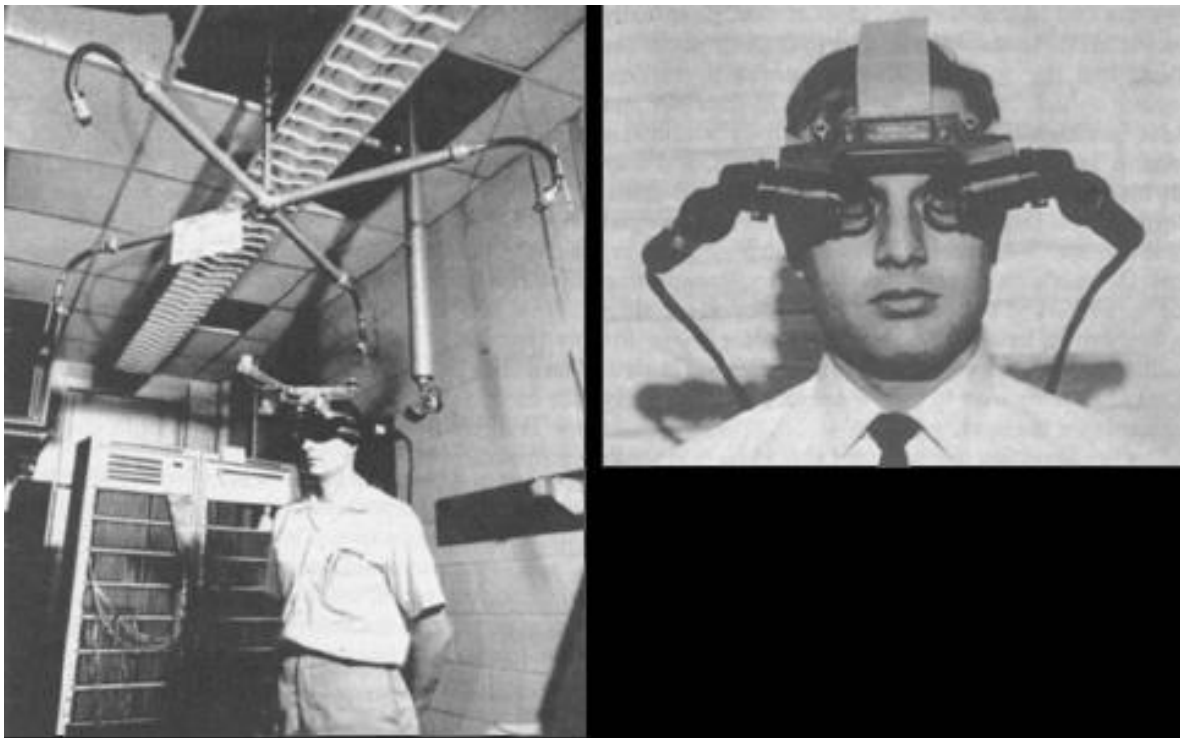
Em 1961, Comeau e Bryan descreveram o primeiro sistema de circuito fechado de televisão com o visor montado num capacete, produzido pela Philco. O sistema tinha um

rastreador<sup>4</sup> de posição no capacete e permitia ao usuário controlar remotamente uma câmera de televisão a partir dos seus movimentos da cabeça<sup>26</sup>. Em 1965, Ivan Sutherland publicou um artigo chamado *The Ultimate Display* (O Monitor Definitivo)<sup>27</sup>, marco referencial para o desenvolvimento dos dispositivos e para o conceito da RV que existe hoje. Sutherland criou os conceitos de ambientes virtuais que imitam os reais e de ambientes virtuais que vão além da realidade, sem estar restritos aos limites físicos. Também definiu a visualização de dados na forma de um monitor conectado a um computador digital representando uma janela para o mundo das maravilhas da matemática.

Em 1968, Sutherland descreveu o primeiro *head mounted display* (HMD) (monitor acoplado à cabeça) (Figura 4). Cinco anos depois disso, Sutherland e Evans desenvolveram um simulador que era capaz de produzir 20 imagens por segundo. Esse simulador deu origem ao primeiro simulador de voo usado pelo exército norte-americano<sup>27,28</sup>.

---

<sup>4</sup> Dispositivo capaz de informar a posição e/ou orientação de um objeto em relação a um referencial.



**Figura 4 Primeiro *head mounted display* proposto por Ivan Sutherland em 1968.**

As primeiras luvas para aplicações virtuais apareceram em 1977 e 1982, desenvolvidas, respectivamente, pelo grupo coordenado por Dan Sandin, Richard Soyre e Thomas Defanti (Universidade de Illinois) e por Thomas Zimmerman para serem acopladas a computadores. Em 1987, a empresa VPL Research Inc., da qual Zimmemam foi um dos fundadores, colocou pela primeira vez produtos de RV no mercado, com a comercialização das *data gloves* (luvas eletrônicas com sensores que captam o movimento dos dedos) e, em seguida, um capacete de visualização chamado *eye phones* (fones para os olhos)<sup>29</sup>.

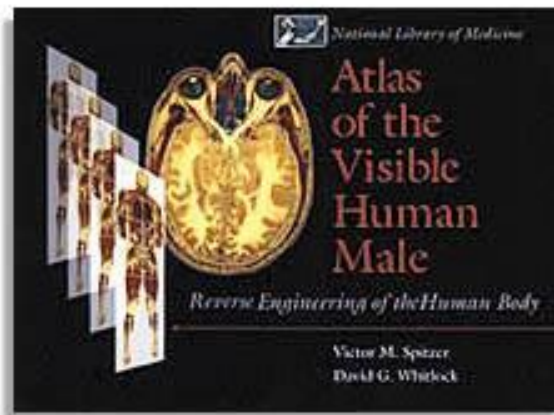
Após a II Guerra Mundial e até a década de 1990, a força aérea dos Estados Unidos, entusiasmada com o sucesso dos simuladores, investiu milhões de dólares em tecnologias utilizadas na simulação de pilotagem de aeronaves e mais tarde na condução de tanques e de navios (Figura 5).



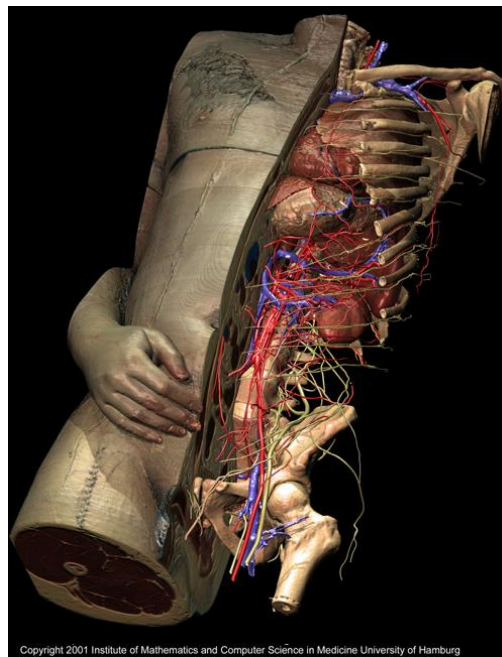


**Figura 5 Simulador de voo da Força Aérea Americana.**

Em 1986, a *National Library of Medicine* (Biblioteca Nacional de Medicina), nos Estados Unidos, começou um projeto com objetivo de fornecer acesso a imagens médicas que seriam usadas na pesquisa e manipuladas pelos usuários com maior facilidade e tecnologia mais avançada. Nasceu assim o *Visible Human Project* (Projeto Humano Visível), que consiste em um banco de dados de imagens de um corpo humano seccionado milimetricamente e digitalizado em alta resolução (Figura 6)<sup>30</sup>. A partir deste projeto, surgiram diversas ferramentas como o *Atlas of the Visible Human Male Cross-Sectional Anatomy Tutor* (Tutor do Atlas de Anatomia Transversal Masculina), um curso interativo de anatomia. Ele possui um catálogo de aproximadamente 3.000 figuras em alta definição em três diferentes visões (Figura 7). Esse Atlas é um guia de referência para profissionais, estudantes e para qualquer outra pessoa interessada em estudar o corpo humano<sup>31</sup>.



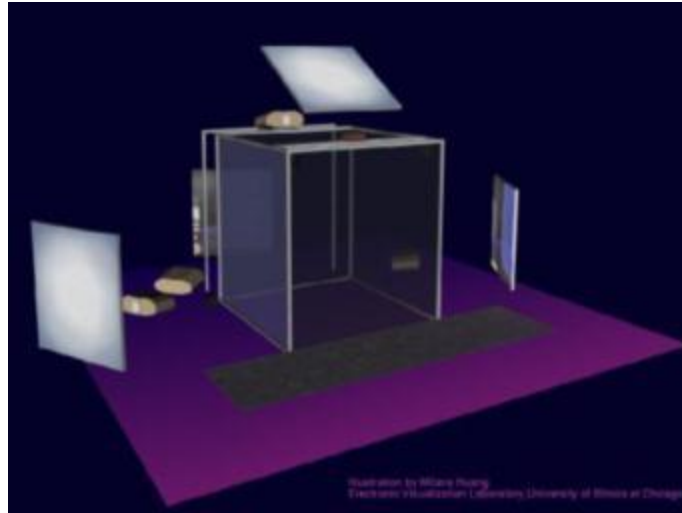
**Figura 6** Atlas da *National Library of Medicine*.



**Figura 7** Imagem do *Atlas of the Visible Human Male Cross-Sectional Anatomy*.

Durante a década de 1980, novos trabalhos de RV foram desenvolvidos; entre eles, o projeto *Virtual Visual Environment Display* (Monitor para Visualização do Ambiente Virtual, VIVED), que utilizou pela primeira vez técnicas modernas como rastreamento de posição, som tridimensional e *data gloves*. Na década de 1990, foi introduzido um novo conceito na RV, a *Cave Automatic Virtual Environment* (CAVE), ou caverna digital<sup>32</sup>. Esse recurso foi desenvolvido em 1992 pelo laboratório de RV da Universidade de Illinois, nos Estados

Unidos<sup>32</sup>. A CAVE consiste em um ambiente com três ou mais paredes e um projetor estereográfico que aponta na direção de cada uma dessas paredes, de modo que a pessoa que se encontra na caverna, utilizando óculos de visão estereoscópica, sente-se imersa no ambiente que está sendo projetado (Figura 8).



**Figura 8** *CAVE Automatic Virtual Environment.*

Na medicina, Richard Satava, militar e professor da *Washington University*, nos Estados Unidos, foi o primeiro cirurgião a propor o uso de um simulador para o treinamento de residentes em videolaparoscopias. Os resultados por ele obtidos mostraram uma melhora do desempenho do aluno em sala operatória após o treinamento em RV comparado com as caixas pretas<sup>33-35</sup>. Desde então, esses simuladores de treinamento básico têm sido utilizados em instituições de ensino como a *Queen's University* em Belfast (Irlanda) e a *Yale University* (Estados Unidos). Na área de cirurgia endoscópica, a RV foi adotada na Suíça no *Institute of Microengineering of the Swiss Federal Institute of Technology* e no *Federal Institute of Technology of Lausanne*. A tecnologia permite a repetição de tarefas endoscópicas em um modelo de órgão tantas vezes quantas fossem necessárias (Figura 9).



**Figura 9** Cirurgia endoscópica com tecnologia RV.

### **2.1.2 Definições**

Manetta, em 1995, definiu RV como um sistema computacional usado para criar um mundo artificial dentro do qual o usuário tem a impressão de estar, podendo navegar neste mundo mediante a manipulação de objetos<sup>36</sup>. Para Sherman, em 1992, a RV permite que o usuário explore um mundo gerado pelo computador estando realmente dentro dele<sup>37</sup>. Aukstakalnis e Blatner, também em 1992, definem a RV como uma forma de as pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com computadores e dados extremamente complexos<sup>17</sup>.

Agrupando algumas outras definições, pode-se dizer, também, que RV é uma técnica avançada de interface, onde o usuário pode realizar imersão (mergulhar no ambiente), navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador utilizando canais multissensoriais<sup>22</sup>. Esse ambiente virtual pode ser projetado para simular tanto um ambiente imaginário quanto um real. A interface com RV envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos e os movimentos tridimensionais naturais do corpo humano. A grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para a manipulação do mundo virtual.

Para permitir esse tipo de interação, o usuário utiliza dispositivos não-convencionais, como capacete de visualização e luvas, entre outros. Esses dispositivos dão ao usuário a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente tridimensional real, 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<sup>38,39</sup>.

A RV também pode ser considerada como a junção de três ideias básicas: **imersão**, **interação** e **envolvimento**. Segundo Morie<sup>40</sup>, isoladamente, essas ideias não são exclusivas de RV, mas aqui elas coexistem.

A ideia de **imersão** precisa ser analisada a partir do ponto de vista do sentido humano: o usuário tem a sensação de estar dentro e fazer parte daquele mundo virtual. Para que a imersão seja eficaz, o usuário deve ser capaz de olhar ao redor de si mesmo e não ver o ambiente real. Normalmente, um sistema imersivo é obtido com o uso de capacete de visualização, óculos ou CAVE. Existem também sistemas imersivos baseados em salas com projeções nas paredes, teto, e piso. Além do fator visual, a maioria das experiências do ambiente virtual dá prioridade para os componentes de vídeo e áudio em relação a outros fatores que estimulam as sensações; entretanto, cada vez mais, cientistas e engenheiros estão procurando maneiras de incorporar a sensação de toque. Os sistemas que proporcionam interação de toque e retorno de força são chamados de sistemas de háptico, do inglês *haptics*<sup>38,39</sup>, termo originário do grego *hapthai*, que significa contato físico, toque.

A ideia de **interação** está ligada à capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar, instantaneamente, o mundo virtual e as ações sobre ele (capacidade reativa). As pessoas ficam cativadas por uma boa simulação e ao ver as cenas mudarem em resposta aos seus comandos<sup>41</sup>. Por meio da interatividade, o sujeito pode manipular a simulação, podendo mover-se livremente entre os objetos do mundo virtual. Essa é a característica mais marcante nos videogames.

A ideia de **envolvimento**, por sua vez, está ligada com o grau de motivação para o engajamento de uma pessoa em determinada atividade<sup>41</sup>. O envolvimento pode ser passivo, como ler um livro ou assistir televisão, ou ativo, como participar de um jogo com algum parceiro. A RV tem potencial para os dois tipos de envolvimento – pode permitir a exploração de um ambiente virtual ou propiciar a interação do usuário com um mundo virtual dinâmico. Uma experiência de RV eficaz faz com que o ambiente real seja esquecido e haja concentração na existência do ambiente virtual.

### 2.1.3 Equipamentos

A RV é baseada na ideia de que o usuário está imerso no ambiente em que está interagindo, vivenciando assim experiências sensoriais geradas por computador enquanto estiver dentro do mundo virtual. Para que essas experiências sensoriais possam ser oferecidas ao usuário, equipamentos que estimulam os diferentes sentidos do ser humano são utilizados. Além disso, o usuário deve ser capaz de interagir com o ambiente. Para tal, não basta apenas receber informações do mundo virtual, é necessário também que possa modificá-lo. Para isso, são necessários dispositivos que capturem a posição e os movimentos do usuário no ambiente virtual. Esta seção apresentará os principais tipos de equipamentos utilizados na RV.

Dentre as formas de interação do ser humano com o mundo à sua volta, a visão, sem dúvida, ocupa papel relevante, o que é muito importante para a RV. Basicamente, existem três tipos de dispositivos de visualização para RV: os visores acoplados à cabeça (HMDs), os visores baseados em projeção (CAVE) e os *shutter glasses* (Figuras 9,10,13)<sup>23,42</sup>.

Os HMDs (Figura 4) são dispositivos que, como o nome diz, são acoplados à cabeça do usuário e dão ideia de tridimensionalidade por permitirem que o usuário, ao navegar no ambiente, perceba as mudanças ocorridas a partir de seu próprio ponto de vista, em cenas

ditas de primeira pessoa. Além disso, alguns desses equipamentos são capazes de oferecer estereoscopia, uma técnica que utiliza uma imagem levemente diferente para cada olho, formando assim uma imagem tridimensional como ocorre quando estamos olhando objetos reais<sup>23</sup>.

Segundo Sutherland, a estereoscopia, apesar de importante para a ilusão de uma imagem tridimensional, não é tão importante quanto a mudança que a imagem sofre à medida que o usuário se movimenta no ambiente virtual<sup>28</sup>, pois, para um ambiente de RV, é muito importante incorporar o rastreamento do movimento da cabeça do usuário. Existem diversos HMDs disponíveis no mercado, com distintas apresentações no que diz respeito à qualidade da imagem, possibilidade de estereoscopia, presença de fones de ouvido, etc.

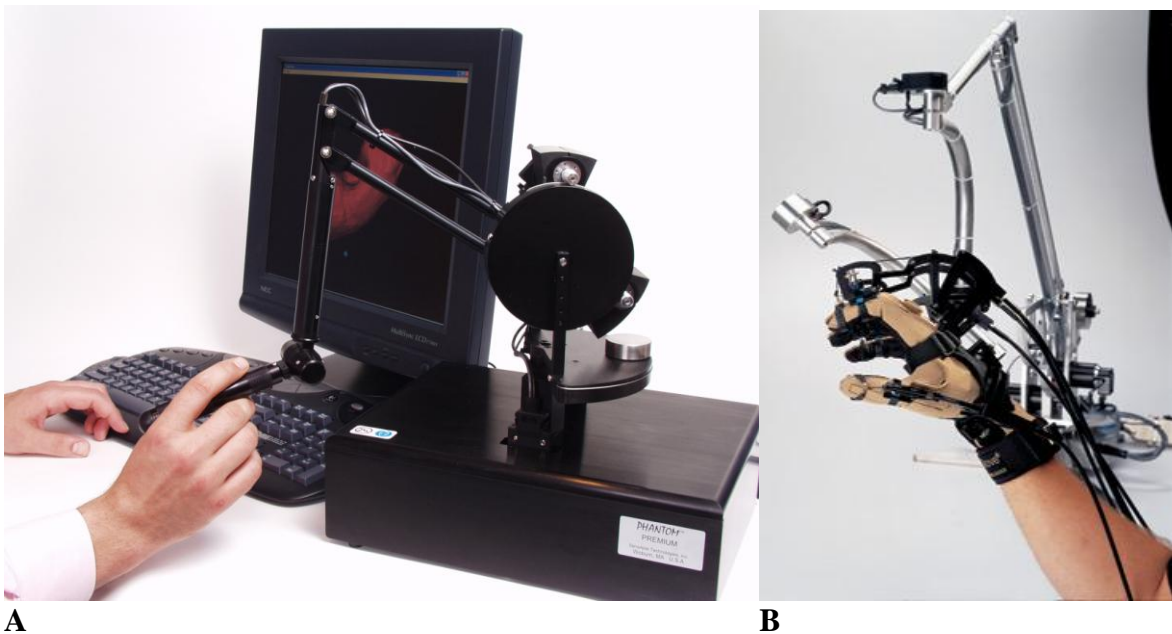
Os monitores baseados em projeção, por sua vez, exibem as imagens a partir de projetores que têm a capacidade de exibir imagens estereoscópicas. Essas imagens, que podem ser vistas utilizando-se óculos especiais, formam para o usuário figuras em três dimensões. Um exemplo de visor baseado em projeção é o sistema de visualização utilizado na CAVE<sup>42</sup>.

Os *shutter glasses* (Figura 10) são óculos que possuem duas lentes de cristal líquido sincronizadas com um monitor. Quando a imagem do olho direito é exibida no monitor, a lente esquerda dos óculos é escurecida; já quando a imagem do olho esquerdo é mostrada, a lente direita é escurecida. Dada a alta frequência de repetição desse procedimento (acima de 20 vezes por segundo), o usuário não percebe as trocas de imagem, tendo assim a sensação de enxergar as duas imagens de forma simultânea.



**Figura 10** Dispositivo de visualização conhecido como *shutter glasses*.

Outros dispositivos que permitem ao usuário explorar os ambientes virtuais de forma intuitiva – através das mãos – são chamados de dispositivos hápticos. São equipamentos de entrada e saída, podendo tanto medir a força da mão do usuário no momento da interação com o ambiente virtual, como também retornar a sensação simulada de toque, assim como características táteis de cada objeto como: rigidez e resistência<sup>42</sup>. As Figuras 11a e 11b ilustram dispositivos que permitem a interação com objetos virtuais, possibilitando ao usuário sentir o peso e a inércia e descansar a mão sobre o objeto. Além disso, permitem o controle de resistência.



**Figura 11** A) *Phantom*, dispositivo háptico de retorno de força. B) Dispositivo háptico de retorno de força.



Para que o usuário possa interagir com o ambiente virtual não sendo apenas um observador, é necessário que o computador interprete suas ações. Para tal, faz-se necessário o uso de equipamentos como rastreadores de posição e de orientação. Entre os tipos de rastreadores existentes, um dos mais utilizados é o magnético: capaz de determinar a posição de um objeto no espaço. Alguns HMDs (Figura 12) possuem rastreadores de movimento que conseguem determinar a inclinação da cabeça do usuário em relação aos planos horizontal e vertical.



**Figura 12** Scott Fisher, em 1985, com o primeiro *head mounted display* (HMD) – NASA.

Luvas e roupas também são outros dispositivos utilizados para rastrear a posição dos dedos e de outras partes do corpo. Nesse caso, é possível determinar a movimentação dos membros do usuário, por exemplo, quando este estiver caminhando (Figura 13).



**Figura 13 Luva rastreadora de posição dos dedos.**

#### **2.1.4 Realidade virtual no contexto educacional**

Nos últimos anos, a RV tem sido amplamente utilizada nas mais diversas áreas do conhecimento<sup>43</sup>. Esse importante progresso pode ser observado em diversos segmentos da educação formal, assim como em pesquisas, em treinamentos, nos negócios e no lazer. A RV é considerada, atualmente, como uma área de pesquisa com muitas perspectivas futuras<sup>44-46</sup>. Ambientes virtuais de fácil entendimento, acoplados a processos educativos, motivam o aluno com a possibilidade de visualizar, interagir e ter experiências que só poderiam ser vividas em laboratório, catalisando o processo de ensino e aprendizagem. A possibilidade de imersão, de sensação de realidade do usuário, potencializa um significativo aprendizado. Para que isso ocorra, entretanto, é importante que o sistema suporte uma interface intuitiva e amigável até para o usuário menos experiente<sup>47</sup>.

Pinho, já em 1998, afirmava que a capacidade de retenção e compreensão de um indivíduo aumenta quando a mídia usada para comunicação é interativa<sup>48</sup>. É preciso pensar em RV não como apenas mais uma ferramenta que oportuniza aprendizagem, e sim como uma forma de complemento, uma forma de atingir aquelas áreas onde os métodos de

aprendizagem usuais não são suficientes. A potencialidade da RV está na exploração de ambientes através da visualização, manipulação e interação, permitindo a manipulação direta desse ambiente que responde às ações do usuário. Aplicando as técnicas de RV (imersão, interação e navegação) na educação, podem-se produzir ambientes motivadores que facilitem o ensino e o aprendizado mesmo quando esses dados são complexos.

A utilização de RV na educação é uma forma avançada de interface do usuário com o computador, onde cada pessoa pode aprender de maneiras diferentes, dependendo das suas necessidades individuais: algumas pessoas são visuais; outras, verbais. Algumas preferem explorar; outras, deduzir. Além disso, a RV permite a aquisição de experiências que, muitas vezes, seriam de difícil acesso por outros meios. Também estimula uma interação mais intuitiva e a participação ativa do estudante<sup>47</sup>.

Esse recurso veio para apoiar o processo de aprendizagem humana e, como toda a nova tecnologia, também trazer modificações para o processo de educar. Essas modificações precisam ser aceitas pelos educadores que, antes de qualquer coisa, precisam estar motivados para absorver esta tecnologia<sup>16</sup>.

Pantelides<sup>49</sup>, pesquisadora da *East Carolina University* (Estados Unidos), resumiu da seguinte forma as vantagens do uso da RV em educação:

- Maior motivação dos usuários;
- O poder de ilustração para alguns processos e objetos é muito maior do que o de outras mídias;
- Possibilidade de análise de muito perto;
- Possibilidade de análise de muito longe;
- Possibilidade de pessoas deficientes realizarem tarefas que, de outra forma, não poderiam realizar;
- Oportunidade para experiências;

- Possibilidade de desenvolvimento do trabalho no ritmo do aprendiz;
- Não-restrição ao prosseguimento de experiências ao período da aula regular;
- Possibilidade de interação estimulando a participação ativa do estudante.

O aluno, ao agir através da RV, tem disponibilizado o real e o possível, simulados por esses sistemas. Estão imbricados nessa interação, por serem indissociáveis, tantos os aspectos cognitivos do aluno como os afetivos. Apesar das inúmeras pesquisas realizadas sobre a interação humano-computador, ainda existe um grande número de perguntas sem respostas sobre o assunto. No Quadro 1, estão listados alguns parâmetros envolvidos na interação do fator humano com a RV<sup>16</sup>.

**Quadro 1** Interação humano-computador na RV

|                      |  |
|----------------------|--|
| Condições visuais    | - Percepção de profundidade;<br>- Discriminação de cor;<br>- Visão passiva ou contemplativa;<br>- Visão ativa. |
| Condições de retorno | - Passivo de áudio;<br>- Ativo de áudio;<br>- Tátil;<br>- De força.  |
| Coordenações         | - Mão-mão;<br>- Mão-olhos;<br>- Mão-ouvidos.<br>- Voz-ouvidos;<br>- Voz-olhos.                                 |

Em oposição às inúmeras vantagens, a RV também requer cuidados, já que ela pode desencadear problemas como doenças cibernéticas que englobam os efeitos adversos resultantes da exposição a ela, tais como: enjoo, distúrbios visuais, problemas com a coordenação motora, problemas de equilíbrio, tontura e fadiga<sup>16</sup>. Algumas pesquisas estão sendo conduzidas, visando à busca de alternativas para contornar esses problemas.

### 2.1.5 Realidade virtual na educação médica

O objetivo do moderno ensino da medicina tem sido atingir as três áreas do conhecimento: o aspecto cognitivo, o psicomotor e o afetivo. Entende-se por cognitivo o conhecimento teórico, esse que é disponibilizado através de aulas clássicas e complementado através das publicações. O psicomotor compreende as habilidades práticas que estão mais evidentes nas áreas cirúrgicas. O afetivo diz respeito aos conceitos éticos, morais e de relacionamento médico-paciente.

Esse ensino tradicional, nas últimas décadas, tem sido discutido em muitos países. Baseado num aprendizado passivo onde o professor centraliza o conhecimento que deverá passar para o aluno na forma de memorização, ele tem obtido resultados finais inadequados no que diz respeito à formação do profissional médico<sup>50</sup>. A partir de tais debates, inúmeras escolas canadenses e europeias adotaram inovações curriculares. Foi, no entanto, a Faculdade de Medicina de Harvard, em 1984, que iniciou uma proposta de ensino implantada como programa paralelo ao currículo tradicional e que tinha como estratégias a aprendizagem baseada em problemas, o processo ensino-aprendizagem centrado no aluno e o resgate da relação médico-paciente como elemento agregador de conteúdos biopsicossociais<sup>51</sup>.

A aprendizagem baseada em problemas é considerada uma significativa inovação na educação médica e pode ser considerada como o eixo principal do aprendizado teórico de um currículo médico, objetivando a absorção de conteúdos cognitivos e a integração de disciplinas. Propõe-se a um trabalho criativo do professor, que estará preocupado não só com *o que*, mas, essencialmente, com *o porquê* e *como* o estudante aprende. Por exemplo, um problema é apresentado a um grupo de alunos por um professor tutor. Tal problema, discutido em grupo, deve incentivar o levantamento de hipóteses para explicá-lo. A partir daí, objetivos serão traçados para melhor estudá-lo; pesquisas e estudos serão propostos e uma nova

discussão em grupo terá lugar para sintetizar e aplicar o novo conhecimento. O trabalho pode ocorrer de forma individual (cada aluno), mas nada impede que esse se dê em grupo como produto das atividades individuais<sup>52</sup>.

Tal proposta de reestruturação curricular que objetiva a multidisciplinaridade, a prática e a criatividade deu lugar a outras formas de praticar habilidades clínicas, como as estações clínicas e os pacientes simulados ou padronizados. Os alunos passam um período de tempo pré-determinado em cada estação clínica, colhendo uma história objetiva, propondo um diagnóstico diferencial e interpretando os resultados dos exames. O uso do paciente simulado padronizado como uma ferramenta de ensino foi validado por uma longa história. Em 2003, a aplicação de um questionário (*Liaison Committee on Medical Education, LCME, Annual Medical School Questionnaire*) revelou que 97 faculdades – aproximadamente 75% das faculdades médicas existentes nos Estados Unidos – usufruem de, pelo menos, um ou mais pacientes simulados em exames de introdução a habilidades clínicas<sup>53</sup>.

Embora o aprendizado das habilidades clínicas e cirúrgicas fundamentais, como a realização da anamnese e exame físico e habilidades motoras, seja mais eficaz em pacientes reais, o encontro com o paciente real apresenta limitações, como questionamentos éticos, má vontade do paciente, constrangimentos dos alunos nos seus primeiros treinamentos e erro médico (no que diz respeito aos treinamentos cirúrgicos). Dentro dessa perspectiva, outras ferramentas devem ser encontradas e utilizadas no ensino da medicina, objetivando um melhor desempenho do aluno antes de ele enfrentar situações reais, como as citadas acima<sup>53</sup>.

Paralela a essa busca de novos e adequados métodos de ensino médico que resultem em uma melhor formação profissional está a evolução tecnológica verificada em diversas áreas nos últimos anos, permitindo e impulsionando o mundo do ponto de vista econômico, social e cultural. Muitas dessas tecnologias já vêm sendo utilizadas no ensino médico, tais como educação continuada à distância, telemedicina e RV. Todas elas, no momento do seu

desenvolvimento, são de alto custo, mas proporcionam informação imediata, interação, globalização, encurtamento de distâncias. Posteriormente, o custo normalmente passa a ser aceitável.

Em relação à educação médica, a RV vem ocupar o seu espaço como uma ferramenta auxiliar, aplicada ao ensino pela sua capacidade de apresentar e representar, através de sons e imagens, ideias abstratas e conceitos de difícil representação. É o que acontece com a anatomia, com seus órgãos e suas vísceras, muitas vezes inacessíveis tanto no cadáver como em campo operatório. Para isso, verdadeiros Atlas anatômicos virtuais são criados, dando uma ideia dos órgãos em três dimensões, onde as mais profundas estruturas podem ser reconhecidas e relacionadas a outros órgãos vizinhos<sup>30,31</sup>.

Ainda nesse contexto, usando óculos especiais, pode-se visualizar uma imagem de um órgão ou parte do cérebro superposta em tempo real sobre a parte do corpo correspondente do paciente. Por exemplo, o aluno de medicina pode visualizar o feto dentro do útero em três dimensões, o que dá uma orientação espacial muito maior para o auxílio ao diagnóstico clínico ou até para as cirurgias guiadas por imagem<sup>54</sup>.

Cabe salientar que a disciplina de Semiologia – o ensino do diagnóstico clínico – já conta com um sistema que utiliza inteligência artificial para o auxílio do diagnóstico das patologias. Tal ambiente tridimensional simula o sistema cardiovascular, a aparência física e os sinais vitais do paciente virtual. São utilizados animações e o mapeamento de textura para simular a demonstração de desconforto, dor e alterações da pele do paciente<sup>55</sup>. Nessa mesma linha, outro sistema na área da pediatria foi desenvolvido para o ensino das complicações neonatais; baseia-se em animações e mudanças na textura do modelo de um bebê virtual recém-nascido para indicar o estado físico desse<sup>56</sup>.

Outra forma de aplicação da RV no ensino médico é a CAVE, ou caverna digital. A caverna digital facilita a análise de procedimentos cirúrgicos com alto grau de complexidade e

microcirurgias de precisão para que os médicos, cirurgiões e estudantes de medicina possam simular procedimentos e aprimorar os recursos para a solução de casos complicados. Também, no campo de análises moleculares e em bacteriologia, o laboratório para interação virtual tem sido utilizado com frequência<sup>32, 54</sup>. Outras experiências podem ser exploradas na área da psiquiatria e na clínica médica, simulando casos clínicos de forma mais interativa.

Sob uma previsão futura, tudo leva a acreditar que, em pouco tempo, as faculdades de medicina terão suas salas virtuais totalmente equipadas para o ensino das múltiplas disciplinas. Há previsão também de que os professores e alunos brevemente estarão adaptados a tal tecnologia, e as discussões, então, estarão em torno dos métodos de validação dessas técnicas utilizadas na educação médica.

### **2.1.6 Realidade virtual no ensino da cirurgia**

O ensino da cirurgia representa um desafio, tanto para o professor, que leva à sala cirúrgica a sua experiência e o conhecimento de como lidar com as situações inesperadas, quanto para o aluno iniciante, que está ainda tentando aprender os passos básicos de um procedimento. O aluno deve não apenas compreender os problemas cognitivos que fundamentam um procedimento cirúrgico, mas, também, dominar os aspectos técnicos, com treinamento frequente no ambiente cirúrgico. Diferentemente de outras funções cognitivas da medicina, a habilidade cirúrgica requer experiência prática, preferencialmente sob supervisão de um cirurgião experiente.

Por outro lado, o paciente que vai a uma sala de cirurgia quer estar confiante nas mãos do cirurgião e quer ter a certeza de que o médico saberá realizar a cirurgia proposta sem lhe causar danos. Isso representa um dilema para o estudante e para o professor. Esse deve ter muito equilíbrio na hora de permitir que o aluno iniciante se familiarize com os passos



cirúrgicos (habilidade de julgamento e experiência técnica), enquanto, ao mesmo tempo, protege o paciente dos erros da inexperiência. Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo discutir os atuais métodos de ensino da cirurgia, definir diretrizes e apresentar os simuladores em RV, como alternativa, aos currículos da graduação em medicina como uma ferramenta de ensino.

A discussão acerca das deficiências do ensino da cirurgia levou o Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina da UFRGS – em conjunto com a Assessoria Científica da mesma Faculdade, em 1994 – a concluir que algumas mudanças deveriam ser introduzidas. Dentre elas, deveria haver um maior direcionamento à cirurgia experimental e à definição, adequação e qualificação do aprendizado das habilidades consideradas básicas à formação do profissional médico<sup>57</sup>. Essas conclusões foram extraídas a partir de dados desapontadores relativos ao desempenho dos alunos em um projeto de avaliação do ensino de graduação médica na área de técnica operatória.

O tradicional ensino da cirurgia hoje vigente nos programas de cirurgia das escolas médicas mundiais – já amplamente questionado – aponta para uma mudança que vem aliar-se às novas tecnologias da era da informação; entre elas, uma das mais importantes nesta área é a RV. O ensino tradicional de avaliações subjetivas, baseado no treinamento em sala operatória e dependente do volume cirúrgico de cada instituição hospitalar, deverá dar espaço a um ensino fundamentado em critérios de avaliação mais objetivos, precisos e com retorno imediato do seu desempenho.

Satava<sup>58</sup> lembra, no entanto, que o currículo educacional deve sempre ser o foco principal no desenvolvimento de qualquer projeto de simulação, e que a tecnologia deve dar o suporte para que os objetivos educacionais sejam alcançados. A mudança curricular, com a agregação de novas tecnologias no ensino, precisa ser dinâmica e adaptar-se às novas demandas médicas. Com base nessa premissa, as instituições de acreditação *Accreditation*

*Council for Graduate Medical Education (AGCME)* e *American Board of Medical Specialties (ABMS)* definiram, durante o consenso de 2001<sup>59</sup>, as seguintes mudanças no paradigma da educação e do treinamento de cirurgia nas faculdades médicas. Seu foco se deu em seis competências (conhecimento, cuidados com o paciente, habilidades interpessoais e de relacionamento, profissionalismo, aprendizado baseado na prática e prática baseada em sistemas):

- Os currículos da cirurgia devem ser padronizados;
- A avaliação objetiva do desempenho do aluno deverá ser realizada ao final de cada nível;
- Os critérios baseados em níveis de proficiência deverão ser aplicados aos residentes de cirurgia.

Seguindo esse mesmo pensamento em padronização de diretrizes, o *American College of Surgeons (ACS)*, reunido em um comitê, decidiu adotar uma nova regra a partir de junho de 2008. Ela determina a obrigatoriedade da simulação em todos os programas de residência médica em cirurgia, buscando a implementação de centros de simulação cirúrgica para garantir a alta qualidade de seus serviços<sup>60</sup>. Outra decisão do ACS é a certificação desses centros já existentes, através da fiscalização do cumprimento das novas normas por esse colégio. Atualmente, estão certificados 17 centros nos Estados Unidos e um centro no Canadá, por um período de três anos<sup>61</sup>.

Os simuladores utilizados no ensino médico podem ser baseados em modelos físicos, em computadores ou híbridos<sup>62</sup>. Também chamados de simuladores de pacientes humanos (*human patient simulators, HPS*), os simuladores baseados em modelos físicos possuem um grau de realismo razoável. No entanto, esses modelos têm sérias limitações, como o fato de simular apenas partes isoladas do corpo, impossibilitando uma ilusão completa da realidade. Além disso, por serem modelos inanimados, não existe nenhum tipo de retorno nem medidas

de desempenho objetivas. O ensino fica condicionado a um acompanhamento constante de instrutores experientes (Figura 14).



**Figura 14 Simulador baseado em modelo físico**

Uma alternativa atrativa é constituída de simuladores que utilizam computadores, pois oferecem, cada vez mais, experiências muito próximas da realidade. A RV, por promover a interação tridimensional com o computador em tempo real, permite algumas formas de interação, como manipulação e cortes de órgãos do corpo humano. Já os simuladores híbridos que combinam modelos físicos com computadores podem ser utilizados para simulações difíceis de serem reproduzidas somente na máquina, como a textura dos tecidos e a forma dos órgãos.

Com relação à manipulação, os simuladores podem ser simples ou complexos. Os simuladores que focam no posicionamento preciso de uma agulha ou instrumento são os mais simples que existem. As simulações são realizadas através de um movimento único, como a inserção de uma agulha para o bloqueio anestésico ou acesso vascular central ou periférico. Por ter essa característica de simplicidade, a representação visual é próxima do real e a inclusão de estímulos táteis é factível com um bom grau de fidelidade. Simuladores assim já se encontram disponíveis, comercialmente, em produtos como o *Immersion Medical CathSim Vascular Access Simulator* (Figura 15).



**A**



**B**

**Figura 15** *Immersion Medical CathSim Vascular Access Simulator*. A) Usado para o treinamento de cateterismo endovenoso em adultos e crianças. B) Versão atualizada.

Com um nível de complexidade mais elevado, os simuladores de manipulação simples simulam procedimentos completos de cirurgias minimamente invasivas. As tarefas fundamentais oferecidas por esses recursos, como a manipulação de um endoscópio flexível, são relativamente simples e diretas. Uma vez realizadas, inúmeras nuances na manipulação dos instrumentos podem ser treinadas, fazendo com que o uso desses simuladores tenha uma componente curricular e cognitiva bem elaborada. Devem-se desenvolver tarefas específicas que ensinem cada passo do procedimento individualmente e de uma forma incremental, de modo que algumas tarefas só poderão ser executadas se outras, mais básicas, tiverem sido aprendidas antes. Alguns simuladores de manipulação simples estão disponíveis comercialmente, como o simulador de cirurgia dos seios da face (Figura 16); no entanto, ainda não são utilizados em larga escala por serem muito caros e rodarem apenas em computadores de alto desempenho.

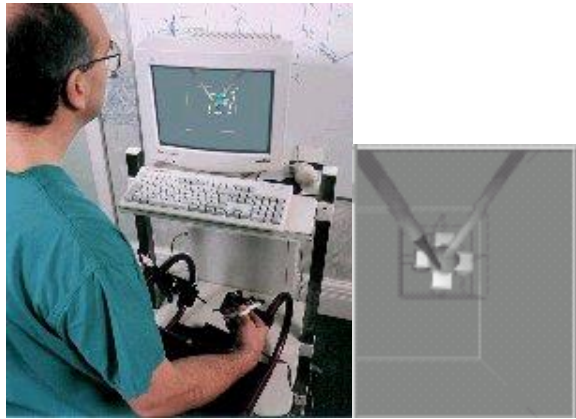


**Figura 16 Simulador híbrido de manipulação simples para sinoscopia.**

Ao contrário dos simuladores mencionados nos parágrafos anteriores, os de manipulação complexa não atingiram ainda um estágio de desenvolvimento e comercialização elevado, porém têm sido bastante pesquisados recentemente. Simuladores desse tipo são voltados ao ensino de tarefas complexas, como a sutura de vasos sanguíneos, e representam essas tarefas visualmente, com retorno de tato e força. Isso torna as aplicações computacionalmente custosas. As imagens possuem um grau de realismo razoável, porém não fotorrealistas, mas o realismo da interação é alto o suficiente para que o conjunto seja aceito como válido para o ensino de certas destrezas utilizando ambas as mãos.

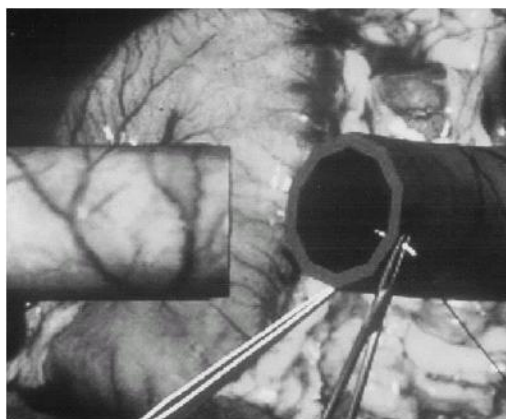
O primeiro simulador de manipulação complexa desenvolvido foi o *Minimally Invasive Surgical Trainer-Virtual Reality* (Treinador de Cirurgia Minimamente Invasiva-RV, ou MIST-VR), em 1997 (Figura 17). Já foi comprovado de diversas formas que seu uso é efetivo tanto na melhora do desempenho do aluno que treinou no simulador, quanto na avaliação de técnicas psicomotoras entre cirurgiões experientes e novatos<sup>63,64</sup>. É importante ressaltar que o MIST-VR não simula uma cirurgia, mas sim tarefas graficamente simples,

como a manipulação de uma esfera para ser posicionada dentro de um cubo. No entanto, essas tarefas utilizam as mesmas técnicas empregadas em uma cirurgia real.



**Figura 17 Simulador de cirurgia minimamente invasiva**

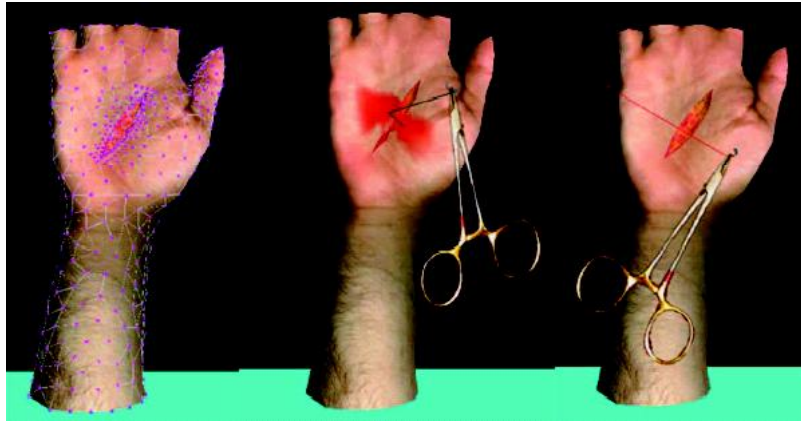
Outro exemplo de simulador de manipulação complexa, desenvolvido recentemente, é o simulador de anastomose (sutura de estruturas tubulares) (Figura 18)<sup>64</sup>.



**Figura 18 Simulador de anastomose**

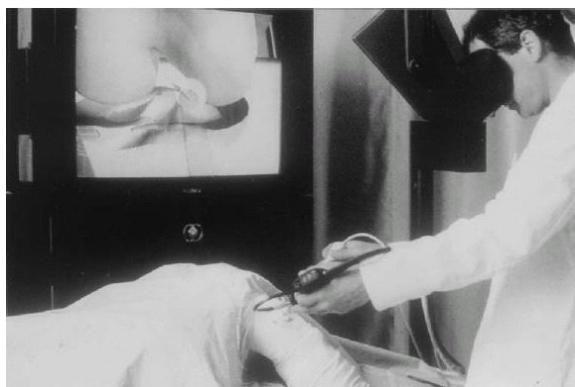
Berkley *et al.* apresentam um simulador de suturas que pode ser classificado como de manipulação complexa. Nesse, tenta-se simular, com realismo razoável, o retorno tátil e a deformação através da modelagem de elementos finitos: uma metodologia precisa para

projeto e teste de protótipos, largamente, utilizada na indústria. Segundo os autores, a utilização desses elementos possibilita uma simulação realista do retorno tátil e da deformação em tempo real dos tecidos. No estágio em que se encontra, o retorno tátil é feito utilizando um *Phantom*. O nó da sutura, porém, não é feito pelo usuário, e sim através de uma tecla (Figura 19)<sup>65</sup>.



**Figura 19** Imagens do simulador de suturas.

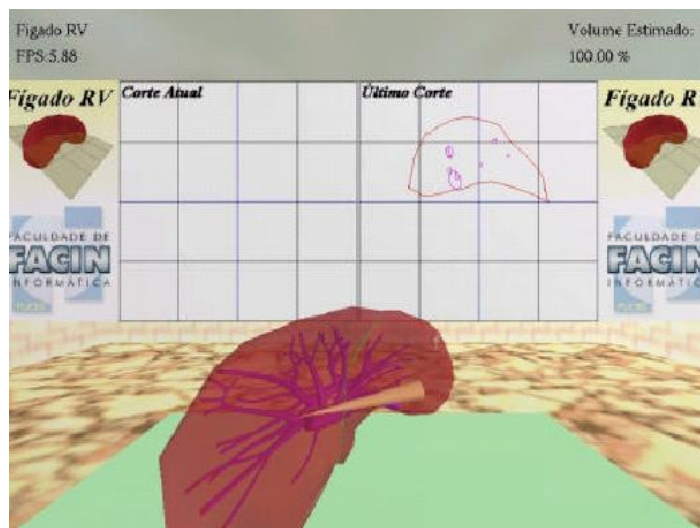
Finalmente, entre os simuladores para ensino médico, os de procedimento integrado executam diversas tarefas diferentes – como corte, dissecação e sutura de anastomose, combinadas em um procedimento cirúrgico completo. Isso incorpora ao ambiente de simulação um aspecto extremamente complexo, com diferentes tecidos, órgãos e instrumentos cirúrgicos. As imagens geradas por esses simuladores não são de ótima qualidade, porém a interação é realista e oferece uma oportunidade para a prática do procedimento completo. Simuladores desse tipo podem ser baseados em manequim, computador ou híbridos. Um exemplo de simulador híbrido de procedimento integrado é o simulador de artroscopia do joelho, mostrado na Figura 20<sup>58</sup>. Esse simulador oferece uma representação detalhada da anatomia interna do joelho e dispõe de diversos instrumentos diferentes para realizar vários procedimentos.



**Figura 20 Simulador híbrido de artroscopia do joelho**

Outra aplicação dos simuladores é o planejamento cirúrgico, em que profissionais experientes podem simular um procedimento a ser realizado e avaliar as consequências de suas decisões em um ambiente seguro. McCloy e Stone afirmam que as tecnologias de RV permitem que uma operação seja praticada e o resultado analisado antes de a cirurgia ser realizada<sup>66</sup>. Desse modo, as abordagens utilizadas na cirurgia podem ser ensaiadas e otimizadas, aumentando as chances de sucesso. Para que o planejamento cirúrgico possa ser realizado, é necessário que imagens reais dos órgãos do paciente a ser operado sejam utilizadas nos simuladores. Um exemplo de sistema de planejamento cirúrgico é o simulador de hepatectomia desenvolvido por Benes *et al.* para o planejamento de cirurgias hepáticas (Figura 21)<sup>67</sup>.





**Figura 21 Ambiente de planejamento de cirurgia hepática.**

## **2.2 Aspectos do desenvolvimento de sistemas de realidade virtual aplicados ao ensino**

Antes de iniciar o desenvolvimento de um sistema de RV aplicado ao ensino em qualquer área, é preciso discutir alguns aspectos práticos que serão analisados a seguir.

### **2.2.1 Objetivo e tipo de tarefa**

É essencial que se saiba quais os tipos de tarefas que o aluno deverá realizar e qual o objetivo a ser atingido ao final da exposição do aluno ao sistema. O sistema desenvolvido para o ensino e treinamento de cirurgias videolaparoscópicas na Washington University, por exemplo, o MIST-VR, tem foco em residentes iniciantes, que deverão melhorar o seu desempenho na realização de cirurgias em pacientes reais após algumas horas de treinamento. O sistema não é adequado a residentes seniores. Para esses, seria necessário desenvolver um sistema novo, com tarefas mais avançadas.

### **2.2.2 Grau de imersão**

Pode-se afirmar que quanto maior o grau de imersão, de interação e de imaginação aplicado a um sistema, mais próximo ele está da sintetização de uma nova realidade, a RV. Esses aspectos, combinados, fazem com que o sistema esteja próximo da representação mental que o usuário tem do real.

Ao se desenvolver um sistema, deve-se considerar qual é a intensidade da sensação de presença e da percepção visual que ele requer. Em alguns sistemas, como o apresentado por Simo e Cavazza<sup>55</sup>, cujo objetivo é o diagnóstico e a conduta terapêutica adequada para um dado quadro clínico, o mais importante é a aparência física do paciente virtual, e não tanto a imersão do aluno.

Por outro lado, nos sistemas de ensino e treinamento de cirurgias ou qualquer procedimento invasivo, onde o aluno participa ativamente no meio, é necessário um alto nível de imersão do usuário. Quanto mais próximo da realidade esse modelo virtual for, mais intensa será a experiência de aprendizagem.

### **2.2.3 Estímulos táteis e sonoros**

Os estímulos táteis e sonoros devem ser avaliados durante a realização do treinamento. Esses estímulos poderão servir apenas para sinalizar um evento no sistema virtual ou então para reproduzir um estímulo do modo mais próximo possível da sensação real. No caso dos sistemas desenvolvidos para deficientes auditivos ou visuais, os estímulos táteis e sonoros têm importância maior do que para indivíduos sem deficiências dessa natureza.

#### **2.2.4 Tipo de dispositivo de visualização**

Não há consenso na literatura quanto aos dispositivos de visualização a serem utilizados nos sistemas de RV. North *et al.*, por exemplo, afirmam que os sistemas de projeção são mais vantajosos do que os HMDs, pela liberdade de movimentação do usuário, que contempla a possibilidade de interação e colaboração entre o professor e o aluno<sup>68</sup>.

Em oposição às ideias acima, Low *et al.* defendem o uso dos HMDs pela alta qualidade de resolução de imagem que eles atingem, principalmente quando o detalhe da imagem é importante para o resultado final da aprendizagem do aluno<sup>69</sup>.

#### **2.2.5 Aspectos em aberto das pesquisas sobre sistemas de realidade virtual aplicados ao ensino**

Apesar da evolução atingida pelos sistemas de RV aplicados à educação, ainda há muito a ser feito e aprimorado, especialmente no que diz respeito ao *hardware*, *software* e à avaliação do método de ensino. Em termos de equipamentos, os dispositivos de geração de tato e força ainda não são precisos e confiáveis o suficiente para dar ao usuário uma sensação real de tato dentro do sistema. Novas pesquisas nessa área ainda devem ser realizadas para que se alcance um melhor desenvolvimento de tais dispositivos, aumentando a sensação de presença para o usuário. Como alternativa a essa limitação, equipamentos reais podem ser utilizados como forma de interação<sup>70</sup>.

Os rastreadores também sofrem limitações, como no caso dos magnéticos, que sofrem interferência de campos magnéticos externos ou objetos metálicos, além de possuírem fios, o que diminui o sentido da presença do usuário. Também o rastreamento óptico não é

perfeitamente viável por necessitar de uma linha direta, sem impedimentos visuais, entre o rastreador e a sua base. Logo, pesquisas para o desenvolvimento de sistemas de rastreamento que não tenham dependência de fatores externos ainda devem ser realizadas.

Dessa mesma forma, os *softwares* são carentes de *frameworks* de sistemas de RV (uma abstração que reúne os códigos comuns entre vários projetos de *software* provendo uma funcionalidade genérica). Esses *frameworks* permitem o desenvolvimento de aplicações de ensino utilizando sistemas bem estruturados e mais robustos.

A avaliação estrutural dos sistemas de RV, através de um método estatístico, é muito importante para que se determine a sua validade para a prática na educação. Diversas formas de avaliação podem ser utilizadas, como a aplicação de questionários em usuários e a avaliação das técnicas utilizadas no sistema de RV. A avaliação, utilizando métricas objetivas, proposta por Moody *et al.*, busca encontrar fatores bem definidos que caracterizam o desempenho do sistema em relação a um ambiente tradicional de treinamento ou ensino<sup>71</sup>.

### **3 OBJETIVOS**

Os objetivos deste trabalho foram:

1. Desenvolver um sistema de RV para o ensino de cirurgia em nível de graduação.
2. Refletir sobre o impacto de tal tipo de sistema para o ensino desses estudantes.
3. Refletir sobre a viabilidade de estabelecer um programa de pós-graduação com foco no desenvolvimento de sistemas de RV.

#### 4 REFERÊNCIAS

1. Flexner A. Medical Education in the United States and Canada. A report to the Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching. Boston (MA): Updyke; 1910.
2. Perez EP. A propósito da educação médica. Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil (Recife). 2004; 4(1).
3. Pan-American Health Organization and Pan-American Federation of Associations of Medical Schools. Latin American position paper: World Summit on Medical Education. Medical Education. 1993; 17: 524-533.
4. Walton H. Medical education world wide: a global strategy for medical education. Medical Education. 1993; 27: 394-398.
5. WHO (World Health Organization). EUA. Implementation of the global strategy for health for all by the year 2000: second evaluation. Eighth report on the world health situation. Region of the Americas, 1993: 3.
6. WHO (World Health Organization). Finland. Implementation of the global strategy for health for all by the year 2000: second evaluation. Eighth report on the world health situation. European region, 1994:5(52).
7. Flexner A. Universities - American, English German. Oxford, UK: University Press; 1930.
8. Schwartzman S. A qualidade no espaço universitário: conceitos, modelos e situação atual. IN: I Congresso Internacional "Qualidade e Excelência na Educação". Rio de Janeiro; 1993.
9. Mattos MI. Ensino Médico: o que sabemos? Interface-Comunicação, Saúde e Educação. 1997;1: 193-196.
10. Pinheiro BM, Gonçalves MH. O processo ensino-aprendizagem. Rio de Janeiro: Senac Nacional; 2001.

11. Van Wilgenburg H. Computer simulation in education. In: Zutphen LFM., Balls M. (Ed). *Animal Alternatives, Welfare and Ethics*. Amsterdam: Elsevier; 1997. p. 469-475.
12. Carvalho M, Vieira AA. Erro Médico em Pacientes Hospitalizados. *Jornal de Pediatria*. 2002;78: 261-268.
13. Haluck RS, Krummel TM. Computers and virtual reality for surgical education in the 21st century. *Archives of Surgery*. 2000;135:786-791.
14. Issenberg S.B. *et al*. Simulation technology for healthcare professional skills training and assessment. *Jornal of the American Medical Association*. 1999; 282: 861-866.
15. Thomas WG. *et al*. A preliminary evaluation of an innovative synthetic soft tissue simulation module for use in basic surgical skills workshops. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 1996;78:268–271.
16. Ferreira LF. *et al*. Fazer e compreender na RV: em busca de alternativas para o sujeito da aprendizagem. *Novas Tecnologias CINTED-UFRGS na Educação*. 2003;1(1):1-11.
17. Aukstakalnis S, Blatner D. *Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality*. Berkeley (CA): Peatchpit Press; 1992.
18. Burdea G, Coiffet P. *Virtual Reality Technology*. New York (NY): John Wiley & Sons; 1994.
19. Ellis SR. What are Virtual Environments? *IEEE Computer Graphics and Applications*. 1994;14(1):17-22.
20. Isdale J. "What is Virtual Reality? A homebrew Introduction and Information Resource List". [Acesso em: 16 fev. 2009.] Disponível em: <http://sune.uwaterloo.ca/pub/vr/documents/WHATISVR.TXT>.
21. Kalawsky RS. *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Boston (MA): Addison-Wesley Longman; 1993.
22. Kirner C, Pinho MS. Introdução à Realidade Virtual. IN: Livro do Mini-curso - 1º Workshop de Realidade Virtual. São Carlos (SP). p. 9-12, 1997. [Acesso em: 16 fev. 2009]. Disponível em: <http://www.ckirner.com/download/tutoriais/rv-wrv97.pdf>.

23. Kopper RA. Treinamento Médico Usando Ambientes Virtuais. [Dissertação]. Porto Alegre: Faculdade de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), 2004.
24. Burdea G, Coiffet P. Virtual reality technology. New York, NY: John Wiley & Sons; 1994.
25. Mitchell K. Virtual reality. [Acesso em: 16 fev. 2009]. Disponível em: <http://unix.guru.org/~kmitch/vr>. 1996.
26. Kalawsky RS. The Science of Virtual Reality and Virtual Environments. Boston (MA): Addison-Wesley; 1993.
27. Sutherland IE. The ultimate Display. AFIPS Conference Proceedings. New York, 1965;2:506-508.
28. Sutherland IE. A Head-Mounted Three-Dimensional Display. AFIPS Conference Proceedings. New York, 1968;33:757-764.
29. Zimmermann TG. *et al.* A hand gesture interface device. In: Proceedings of CHI and GI 87 Conference held in Toronto, Canada. New York: ACM Press; 1987. p. 189-192.
30. Visible Human Project. [Acesso em: 28 mar. 2003.]. Disponível em: [http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible\\_human.html](http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html).
31. Visible Human Project. [Acesso em: 13 maio 2003]. Disponível em: <http://www.nlm.nih.gov/research/visible/vhpconf2000/authors/sullivan/imagindx.htm>.
32. Cruz-Neira C, Sandin DJ, Defanti TA. Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The design and Implementation of the CAVE. ACM Computer Graphics. 1993;27(2):135-142.
33. Satava RM. Virtual reality surgical Simulator: The first step. Surgical Endoscopy. 1993;7:203-205.
34. Rosser JC, Roser LE, Savalgi RS. Skill acquisition and assessment for laparoscopic surgery. Archives of Surgery. 1997;132:200-204.



35. Rosser JC, Roser LE, Savalgi RS. Objective avaluation of laparoscopic surgicall skill programm for residents and senior surgeons. Archives of Surgery. 1998;133:657-661.
36. Manetta C, Blade R. Glossary of Virtual Reality Terminology. Piaget. 1977;1(2).
37. Sherman B, Judkins P. Glimpses of Heaven, Visions of Hell: Virtual Reality and its implications. London (UK): Hodder and Stoughton; 1992.
38. REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA. 2001;1(1). ISSN 1519-5228.
39. Pinho MS. Realidade virtual como Ferramenta de Informática na Educação. Instituto de Informática/Centro de Informática na Educação PUCRS. Resumo do SBIE, Belo Horizonte (MG); 1996.
40. Morie JF. Inspiring the Future: Merging Mass Communication, Art, Entertainment and Virtual environments. ACM Computer Graphics. 1994;28(2):135-138.
41. Kirner C. Sistemas de realidade virtual. [Acesso em: 16 fev. 2009] Disponível em: <http://www2.dc.ufscar.br/~grv/tutrv/tutrv.htm>.
42. Czernuszenko MK. *et al.* The ImmersaDesk and Infinity Wall Projection-Based Virtual Reality Displays. ACM Computer Graphics. 1997;31(2):46-49,.
43. Cardoso A, Lamounier E, Tori R. Sistema de Criação de Experiências de Física em Realidade Virtual para Educação a Distância. In: II Workshop Brasileiro de Realidade Virtual. Marília, SP, p. 174-181, 1999.
44. Andrade AF, Waslawick RS, Cruz DM. Realidade Virtual na Escola: Um Panorama. Anais do XVIII do SBC. Belo Horizonte (MG), p. 604-613, 1998.
45. Encarnação J, Gobel M, Rosemblum L. European Activities in Virtual Reality. IEEE Computer Graphics and Applications. 1994;14:66-74.
46. Forsberg AS, Laviola JJ, Markosian L, Zeleznik RC. Seamless Interaction in Virtual Reality. IEEE Computer Graphics and Applications. 1997;17:6-9.

47. Nakamoko PT, Takahashi EK, Mende EB, Cardoso A, Lamounier Jr E. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. O Uso de Mapas Conceituais e Realidade Virtual para o Ensino de Física no Ensino Médio. Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. p. 161-168, 2004.
48. Pinho MS. Realidade virtual como ferramenta de Informática na Educação. Porto Alegre, RS: PUCRS; 1998.
49. Pantelides V. Reasons to use Virtual Reality in Education. Virtual Reality in the Schools. 1995;1(1).
50. Venturelli J. Educación médica: nuevos enfoques, metas y métodos. Washington (DC): Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud; 1997.
51. Aguiar AC. Implementando as novas diretrizes curriculares para educação médica: o que nos ensina o caso de Harvard? Interface – Comunicação, Saúde, Educação. 2001;5:161-6.
52. Komatsu RS, Zanolli M, Lima VV. Aprendizagem baseada em problemas. In: Marcondes E, Gonçalves E (Org). Educação médica. São Paulo: Sarvier; 1998. p. 223-237.
53. Howley LD. Assessment of clinical competence in medical education: Where we've been and where we're going. Medical Education. 2008;42( 4):350-358.
54. Sabbatini RM. Realidade Virtual em Medicina. Revista Informédica. 1993;1(1);5-11.
55. Simo A, Cavazza M. Visualizing Pathophysiological Simulatio with a virtual Patient. Proceedings of the Seventh International Conference on Information Visualization; 2003.
56. Korosec D, Holobar A, Divjak M, Zazula D. Dynamic VRML for Simulated training in Medicine. 15th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'02). Slovenia; 2002.
57. Arenson-Pandikow HM, Bordin R., Krimberg M, Stoduto FD. Técnica Operatória: projeto integrado de avaliação do ensino médico. Acta Cirurgica Brasileira. 1994;9(4);201-204.

58. Savata RM. Accomplishments and challenges of surgical simulation. *Surgical Endoscopy*. 2001;15:232-241.
59. Accreditation Council for Graduate Medical Education [site]. [Acesso em: 16 fev. 2009]. Disponível em: [http://www.acgme.org/acWebsite/newsRoom/newsRm\\_acGlance.asp](http://www.acgme.org/acWebsite/newsRoom/newsRm_acGlance.asp).
60. Satava R. Conferência de abertura. Congresso Internacional da Sobracil. Bento Gonçalves (RS); 2007.
61. American College of Surgeons – Accredited Education Institutes [site]. [Acesso em: 16 fev. 2009]. Disponível em: <http://www.facs.org/education/accreditationprogram/list.html>.
62. Kneebone R. Simulation in surgical training: educational issues and practical implications. *Medical Education*. 2003;37:267-277.
63. Seymour NE. *et al.* Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Annals of Surgery*. 2002;236(4):458-463.
64. Gallagher AG. *et al.* Browning Virtual reality training in laparoscopic surgery: a preliminary assessment of minimally invasive surgical trainer virtual reality (MISTVR). *Journal of Endoscopy*. 1999;31( 4):310-313.
65. Berkley J. *et al.* Real-time finite element modeling for surgery simulation: an application to virtual suturing. *Transactions on Visualization and Computer Graphics. IEEE Computer Graphics and Applications*. 2004;10:314-325.
66. McCloy, R.; Stone, R. Science, medicine, and the future. *Virtual reality in surgery. BMJ*. v. 323, p. 912-915, 2001.
67. Benes J, Bueno R, Pinho MS. Sistema de simulação tridimensional para treinamento e planejamento de hepatectomia [Trabalho de Conclusão de Curso]. Faculdade de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), 2003.
68. North, MM, Sessum J, Zakalev A. Immersive visualization tool for pedagogical practices of computer science concepts: a pilot study. *The Journal of Computing in Small Colleges*. 1999;19(3).

69. Low KL, Ilie A, Welch G, Lastra A. Combining Head-Mounted and Projector-Based Displays for Surgical training. IEEE Virtual Reality. Los Angeles (CA); 2003.
70. Wagner C, Schill MA, Manner R. Intraocular Surgery on a Virtual Eye. Communications of the ACM. 2002;45(7):45-49.
71. Moody L, Baber C, Arvanitis TN, Elliott M. Objective metrics for the evaluation of simple surgical skills in real and virtual domains. Presence: Teleoperative & Virtual Environments. ISS.2, p. 207-221.

## **5 ARTIGO EM INGLÊS**

### **Pretraining education for medical students: development of a pre, trans and postoperative virtual environment**

Rosilene Jara Reis, Amarilio Vieira de Macedo Neto, Márcio Sarroglia Pinho, Patricia Alejandra Behar

Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia e Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

## ABSTRACT

**Objective:** To develop a virtual reality (VR) pretraining education tool for the teaching of basic surgical principles in medical school.

**Methods:** A multidisciplinary team was formed to discuss, define and develop a VR system for introducing medical students to the environment of a surgical unit.

**Results:** A pre, trans and postoperative virtual environment, dubbed OPVIR, modeled after the surgical unit at a teaching hospital was developed. The system requires students to perform a wide range of tasks, from choosing the right size gown, positioning the operating team around the surgical table, choosing instruments and starting a thoracotomy to filling a pathology report. At the end of the sequence, students receive a performance score indicating the number of correct and incorrect answers as well as information on the time they required to complete the tour. In a preliminary evaluation of OPVIR, 15 medical students rated the overall virtual experience as satisfactory or highly satisfactory (scores 7 to 9 in a 10-point scale).

**Conclusions:** Our preliminary results suggest that OPVIR is useful as a pretraining education tool for medical students who have never been in contact with a surgical unit. Further studies should focus on validating OPVIR as part of the curriculum, on developing other surgical modules to replace the thoracotomy module and on developing more complex VR tools for the actual training of graduate and residency level students in surgery.

**Keywords:** Teaching; medical students; virtual systems.

## INTRODUCTION

There seems to be a consensus in the literature concerning the notion that computer-based tools and virtual reality (VR) systems are useful for medical training, especially in surgery. Today's apprentices face ethical issues associated with the use of animal models and increasing restrictions for practicing in patients; also, new surgical technologies such as laparoscopy and other minimally-invasive techniques rely heavily on "remote handling" of structures, requiring skills that are best developed using VR.<sup>1,2</sup> Many medical societies, such as the American College of Surgeons (ACS) and the Society of Gastrointestinal Endoscopic Surgeons have adopted and recommend VR training systems and programs.<sup>3</sup> In fact, since June of 2008, the ACS has established as mandatory the use of simulation in all surgery residency programs, with accreditation of these programs. There are currently 17 accredited centers in the U.S and one in Canada,<sup>3</sup> and accreditation is open to any residency program in the world. Plastic surgeons have recently argued that a program similar to the simulation training established by the ACS "should be mandated for plastic surgery, to take advantage of the use of computers, virtual reality, and simulation in the training of plastic surgery residents."<sup>3</sup>

The use of simulators and virtual technologies may thus be a natural solution for medical programs. Technology has become an unavoidable part of both our daily lives and medicine specifically, and it would be foolish not to prepare students to use it. As stated by Satava,<sup>4</sup> "at today's rate of change, every surgeon will see not one, but many revolutions during their career – the practice of surgery is changing faster than any time in the past."

Still, the many complexities of virtual trainers and simulators require that individuals be pretrained in the use of these systems so that they can focus on learning the actual task they are being trained in. Therefore, even if virtual realities are available for training, a gap still needs to be bridged before they become useful. As pointed out by Gallagher *et al.*<sup>5</sup> the

acquisition of skills is best achieved if pretraining education is provided to ensure that the learner knows what needs to be done. In addition, at this point most trainers and VR systems target relatively experienced surgeons or graduate level students and residents.

Taking all this into consideration, the Graduate Program in Surgery at a major federal university in southern Brazil (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS) has recently established a new research line focused on the development of VR tools. The first task of this interdisciplinary team was to develop a simple VR tool to introduce medical students to a surgical environment.

The objective of the present paper is to describe the pre, trans and postoperative virtual environment (OPVIR) developed by this group.

## **METHODS**

The present project was developed by a multidisciplinary team (associated with UFRGS and the Rio Grande do Sul Catholic University PUCRS) including two surgeons, one pathologist, one nurse, five computer scientists, one architect, and one student member of a VR study group of PUCRS. Figure 1 summarizes the main project steps. The choice of focus was based on the contents to be covered in the Basic Surgical Techniques course at the UFRGS School of Medicine. A right thoracotomy was chosen as the technique to be modeled because the chest cage is rigid and has fixed anatomical structures, facilitating the development of the virtual scenario and tools. The project was approved by the appropriate Institutional Review Board and Research Ethics Committee and all participants signed an informed consent form.

**Figure 1** Main steps in the development of OPVIR



## **Modeling of Scenarios and Virtual Patient**

A preexisting virtual human body (Figures 2a and 2b) was initially adapted with the development of specific features – including surgical planes and movements to allow positioning of the patient on the table for the performance of a thoracotomy.

**Figure 2a** Virtual human body

**Figure 2b** Virtual human body adapted to the OPVIR

The surgical facility was then modeled based on an initial storyboard describing the sequence of events. Modeling included the preparation of images based on videos and photographs taken from the surgical unit at the university's hospital (Hospital de Clínicas de Porto Alegre, HCPA) (Figure 3) and on the basic thoracotomy tools (Figure 4). We also modeled items of clothing (pants, shirts, shoe covers, caps, gowns, masks), furniture and OR equipment (stretchers, racks, anesthesia cart, surgical table, instrument table, light beam and negatoscope), preparation steps (scrubbing, getting dressed with or without aid, positioning of operating table, setting up operating table and required surgical instruments, positioning the surgical team and transporting the patient to the recovery room). Photographs and films obtained from anatomy and surgical atlases<sup>6-8</sup> were also used in this stage. Colors, textures and other visual details were modeled to reproduce the environment the students will encounter.

**Figure 3** Modeling of virtual surgical facility

**Figure 4** Surgical instruments modeled for a OPVIR

## **Programming**

The virtual environment was developed in C++, using OpenGL for displaying the scenario. The code was compiled with Visual Studio.NET 2003. An OpenSceneGraph (OSG) library is used to upload the scenario, to control interaction, browsing, collision detection, reproducing animated sequences and generating stereoscopic images for the IGlasses.

The Image Manipulation (IM) Library was used for reproducing AVI or WMV video images. The FMOD library is used for loading and playing audio with simultaneous reproduction of 64 channels at a frequency of 44 KHz (or 32 stereosound files). This library can be used with both music and video files. The PTHREAD library was used for the generation of two simultaneous processes, one for the system itself and another for the reading of devices such as the IGlasses.

3D Studio<sup>®</sup> and Google Sketchup Viewer<sup>®</sup> were used for geometric modeling. Videos were edited with Pinnacle Studio<sup>®</sup> versions 8 and 10. Audios were produced in an Audacity<sup>®</sup> Cross-Platform Sound Editor v. 1.3.4.0.

## **Description**

The virtual environment can be run in a conventional PC (Core 2 duo processor, 1.5 GB RAM, Microsoft Windows XP or later G Force 6600 256 MB RAM video card, standard sound card). Shutter glasses must be worn for stereoscopic vision. Surgical instruments are positioned using data entering devices such as a mouse, keyboard or trackers.

At the start of the program, a voiced-over slide show with legends provides instructions for the tasks to be performed. There are 23 steps to be covered, from entering the locker room to resecting a tumor and filling out a pathology report. Once this routine has been completed, the student can go back to revise contents, but interactive tasks are only available

by restarting the system. The entire virtual environment sequence is planned to take around 40 minutes. At the end of the tour, the student will learn which choices were correct or incorrect.

The tasks were designed so that they could be easily performed. As the tour proceeds, the student will receive guiding tips. When all the steps are completed, a report is generated to inform the score (correct or incorrect choices) and the time required to complete the tour.

### **Preliminary assessment of OPVIR**

Fifteen medical students (age ranging from 21 to 24 years) without previous surgical experience, who had never been exposed to a virtual environment but used a PC regularly tested the system and filled out an assessment questionnaire. All students signed an informed consent form and were interviewed concerning demographic aspects.

The evaluation questionnaire focuses on usability. The questions were designed based on the ISO/IEC 12119 standard, which sets quality requirements for software packages and provides instructions on how to test the software in relation to these requirements. The ISO/IEC 9126-1 standard (which describes a set of quality features for software in general) was also considered.<sup>9,10</sup>

The questionnaire included 17 questions with five choices (scores from 0 to 4) and three questions with two choices (scores 0 or 4). The questions received a weight of one or four: ten questions (1-5, 7, 9-11 and 16) received a weight of one, because they were highly dependent on personal opinion and did not directly impact the objective of developing a pretraining education tool. However, they are important to evaluate the operation of the system and other similar preferences that may be relevant for our target public, that is, medical students. The additional 10 questions (6, 8, 12-15, 17-20) received a weight of 4 because they focus on assessment of the system as a pretraining education tool.

After completing the questionnaire, students were also asked to rate the program from 0 to 10 (subjective assessment) and to make comments. The final evaluation score (objective assessment) is calculated as follows: score of the answer chosen multiplied by the weight attributed to the specific question. The final score is given by the sum of scores divided by 20 (total number of questions). Scores from 0 to 4.0 indicated a low level of satisfaction with the system; 4.1 to 6.5, regular; 6.6 to 8.0, fair level of satisfaction; 8.1 to 10.0, high level of satisfaction.

A group of 12 professionals, including five physicians, five computer scientists and two educators, was also asked to try and rate the system.

## **RESULTS**

The main outcome of our project was the development of OPVIR, a virtual environment system to introduce medical students to operating routines. Table 1 describes the main scenarios featured in OPVIR.

### ***Table 1 OPVIR scenarios***

#### **Preliminary evaluation**

Before testing the software, participants were instructed on how to use it. They were allowed to ask questions while completing the tasks. The mean test time was 40 minutes. Students completed the virtual environment tour only once before answering the questionnaire.

The answers provided by 15 students are summarized in Table 2.

### ***Table 2 Scores attributed by 15 medical students to several aspects of OPVIR***

The overall subjective scores assigned to the system by the students (from 0 to 10) were 7 (one student), 8 (four students) and 9 (ten students). Suggestions for improvement referred to more guidance (six students), improving texts and legends (five students), and more emphatic voiceovers (two students). The reasons for approval were: you learn while you play (one student); different from traditional methods (four); easy to learn (two); makes you curious (six); grabs attention (one); diversity of resources (one).

The overall subjective scores given to the system by the group of five physicians was 9 or 10; by the group of five computer analysts, 8, 9 or 10; and the two educators rated OPVIR with a subjective score of 8. Therefore, the subjective score assigned to the software by all groups was similar ( $\geq 8$ ).

## **DISCUSSION**

The development of a VR system, even a simple one like OPVIR, is not an easy task. The need to work in a multidisciplinary environment, the extent of technical choices to be made, and the technical limitations imposed by the lack of experience and tradition in this field make the achievement of concrete results a real challenge. Nevertheless, the VR environment developed by us will now serve as a basis for a number of applications: for example, the thoracotomy module can be replaced or supplemented with other surgical modules, and the system can be adapted for the training of other target publics, such as nurses or nursing students, assistants or others. Of the eight steps proposed by Gallagher *et al.*<sup>5</sup> as part of a well-thought curriculum, OPVIR currently covers, even if superficially, the first five. Taking into consideration the system's low cost, ease of use and versatility, we believe that we have developed a successful prototype.

Most studies in the literature focus on the usefulness of VR to develop surgical skills.

<sup>11-13</sup> In the present study, our choice of target public – undergraduate level medical students –

decisively influenced our possibilities. Rather than a training tool, OPVIR ended up as a tool for what Gallagher *et al.*<sup>5</sup> have called “pretraining education.” As stated by those authors, before being trained the subject must have sufficient knowledge of what to do, why do it and when and where to do it. Pretraining education should allow trainees to grasp the educational context which will help them understand the objectives of training. In that sense, we believe that our virtual environment, once integrated with other curriculum contents and teacher support, will translate into an educational experience, and should perhaps be further refined towards that goal. A study is currently underway to validate both the tool and its efficacy for pretraining education.

Technically, we should strive to improve the degree of immersion (how real the experience feels), which, for the specific purposes of OPVIR, we believe is important. Even though a realistic representation is not considered to contribute to all training experiences<sup>5</sup> we believe that higher fidelity can add to the educational experience of medical students using OPVIR.

The experience of reflecting on and developing OPVIR has simultaneously broadened our horizons and complicated our next steps. On the one hand, it has become clear that we can fruitfully apply the notion of using VR tools for pretraining education in many fields and at many levels; on the other hand, we must now face the challenge of developing actual VR training tools and of making sense of these tools from an educational perspective. Nevertheless, given the undeniable need to provide students with further opportunity for training, the relentless ingrowth of technology into medicine, and the need for integrating all this into an opportunity for education, this is a challenge we welcome and want to face sooner rather than later.

**Acknowledgements.** We thank the Graduate Program in Medicine: Surgery at Universidade Federal do Rio Grande do Sul for the all the support provided.





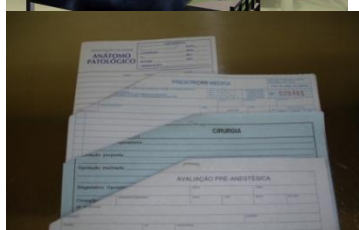
## REFERENCES

1. Arenson-Pandikow HM, Bordin R, Krimberg M, Stoduto FD. Técnica Operatória: projeto integrado de avaliação do ensino médico. *Acta Cirurg Bras.* 1994;9:201-4.
2. Ferreira LF, Tarouco LR, Becker F. Fazer e compreender na Realidade Virtual: em busca de alternativas para o sujeito da aprendizagem. *Novas Tecnologias CINTED-UFRGS na Educação* 2003;1:1-11.
3. American College of Surgeons – Accredited Education Institutes [website]. <http://www.facs.org/education/accreditationprogram/list.html>.
4. Satava RM. How the Future of Surgery is Changing: Robotics, telesurgery, surgical simulators and other advanced technologies. *Rob, Telesurg & Surg Sim.* 2006;5:1-21.
5. Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, Higgins G, Fried MP, Moses G, *et al.* Virtual Reality Simulation for the Operating Room-Proficiency-Based Training as a Paradigm Shift in Surgical Skills Training. *Ann Surg.* 2005;241:364-72.
6. Sobotta J, Becher H. *Atlas de Anatomia Humana*, 22. ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan; 2006.
7. Moore KL, Dalley AF. *Anatomia orientada para a clínica*, 4. ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan; 2002.
8. Abrahams PH, Hutchings RT, MARKS JR SC. *Atlas colorido de anatomia humana de McMinn*, 4. ed. São Paulo (SP): Manole; 2005.
9. ISO/IEC 9126-1 International Standard. Information technology – software quality characteristics and metrics – part 1: quality characteristics and sub-characteristics. ISO/IEC: june, 1995.
10. ISO/IEC 12119 International Standard. Information technology: software packages/quality requirements and testing. ISO/IEC: october, 1994.
11. Satava RM. Virtual reality surgical simulator: The first steps. *Surg Endosc.* 1993;7:203-5.
12. Rosser JC, Rosser LE, Savalgi RS. Skill acquisition and assessment for laparoscopic surgery. *Arch Surg.* 1997;132:200-4.
13. Rosser JC Jr, Rosser LE, Savalgi RS. Objective evaluation of a laparoscopic surgical skill program for residents and senior surgeons. *Arch Surg.* 1998;133:657-61.



**Table 1** OPVIR scenarios

| Scenario     | Task   | Image  |
|--------------|--|--|
| Introduction | Welcome and instructions   |    |
| Waiting room | Providing information to relatives                                 |    |
| Locker room  | Choosing a gown of the right size                                  |   |
| Locker room  | Identifying the correct locker and learning how to dress correctly |  |
| Washroom     | Learning how to wash and scrub                                     |  |
| OR           | Positioning the patient on the operating table for a thoracotomy   |  |

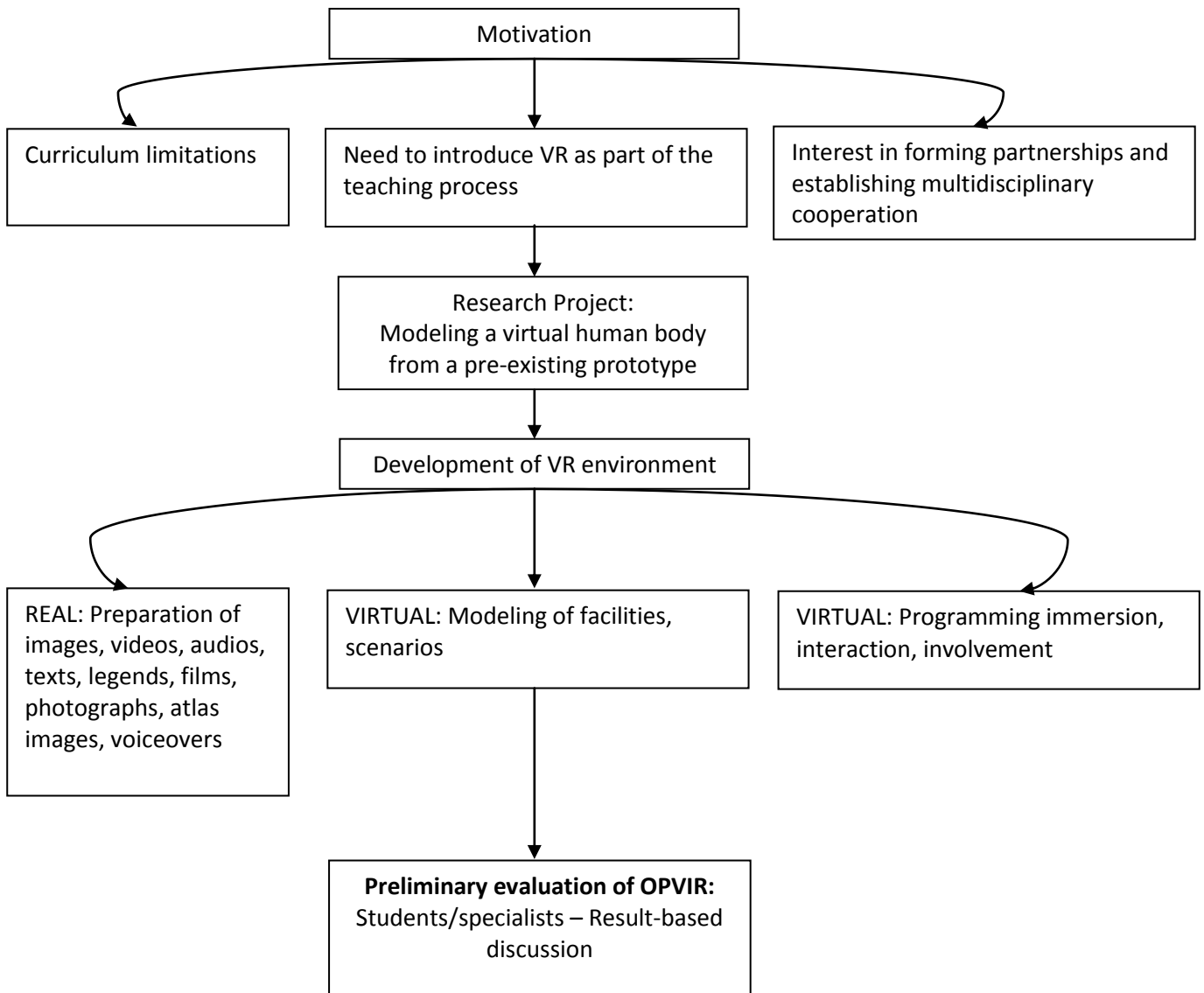
|                          |   |  |
|--------------------------|---|--|
| OR                       | Positioning surgical team and assigning responsibilities                              |    |
| Surgical instrumentation | Identifying basic surgical instruments for the thoracotomy                            |    |
| OR                       | Opening the chest, identifying anatomic landmarks and performing inspection maneuvers |    |
| Recovery room            | Transporting the patient to the recovery room   |   |
| Records                  | Describing the procedure, filling out a pathology report and a prescription           |  |

**Table 2** Scores attributed by 15 medical students to several aspects of OPVIR

| Evaluation item  | Score (no. of students) |   |   |    |               |
|--|-------------------------|---|---|----|---------------|
|  | 0<br>(Never)            | 1 | 2 | 3  | 4<br>(Always) |
| Readability  | 2                       |   |   |    | 13            |
| Are texts clear  |                         |   |   | 4  | 11            |
| Are long texts adequate                                    |                         |   | 5 | 8  | 2             |
| Are icons self-explanatory                                 |                         |   | 2 | 12 | 1             |
| Quality of sounds and video                                |                         |   |   | 1  | 14            |
| Integration of videos and audios to system<br>and contents |                         |   |   |    | 15            |
| Are scenarios pleasant                                     |                         |   |   |    | 15            |
| Are scenarios realistic                                    |                         |   |   |    | 15            |
| Are voiceovers clear                                       |                         |   |   |    | 15            |
| Was the narrator's voice pleasant                          |                         | 1 | 1 | 6  | 7             |
| Clarity of legends and reading time                        |                         |   |   | 9  | 6             |
| Effectiveness of navigation instructions                   |                         | 6 |   |    | 9             |
| Clarity of theme   |                         |   |   | 7  | 8             |
| Relevance of topic   |                         |   |   |    | 15            |
| Is the system interesting                                  |                         |   | 1 | 2  | 12            |
| Are sound resources pleasant                               |                         | 1 | 1 | 5  | 8             |
| Do sound resources contribute to realism                   |                         |   | 3 | 7  | 5             |
| Are tasks easy to understand                               |                         |   | 2 | 12 | 1             |
| Are tasks easy to perform                                  |                         |   | 1 | 7  | 7             |
| Degree of approval   |                         |   |   |    | 15            |

**Figures:**

**Figure 1**



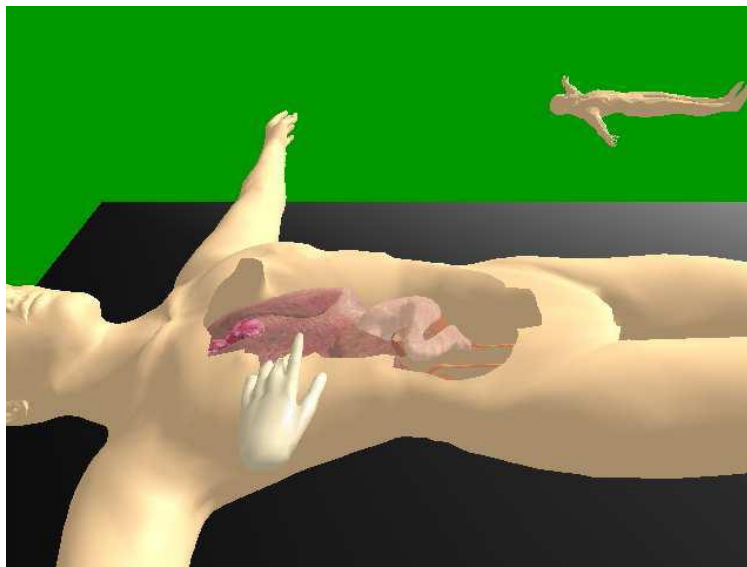
**Figure 1** Main steps in the development of OPVIR.

**Figure 2**

**A**

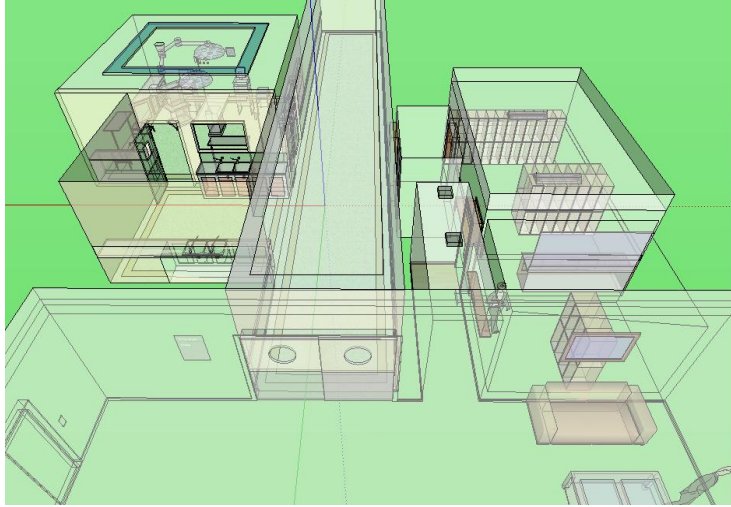


**B**



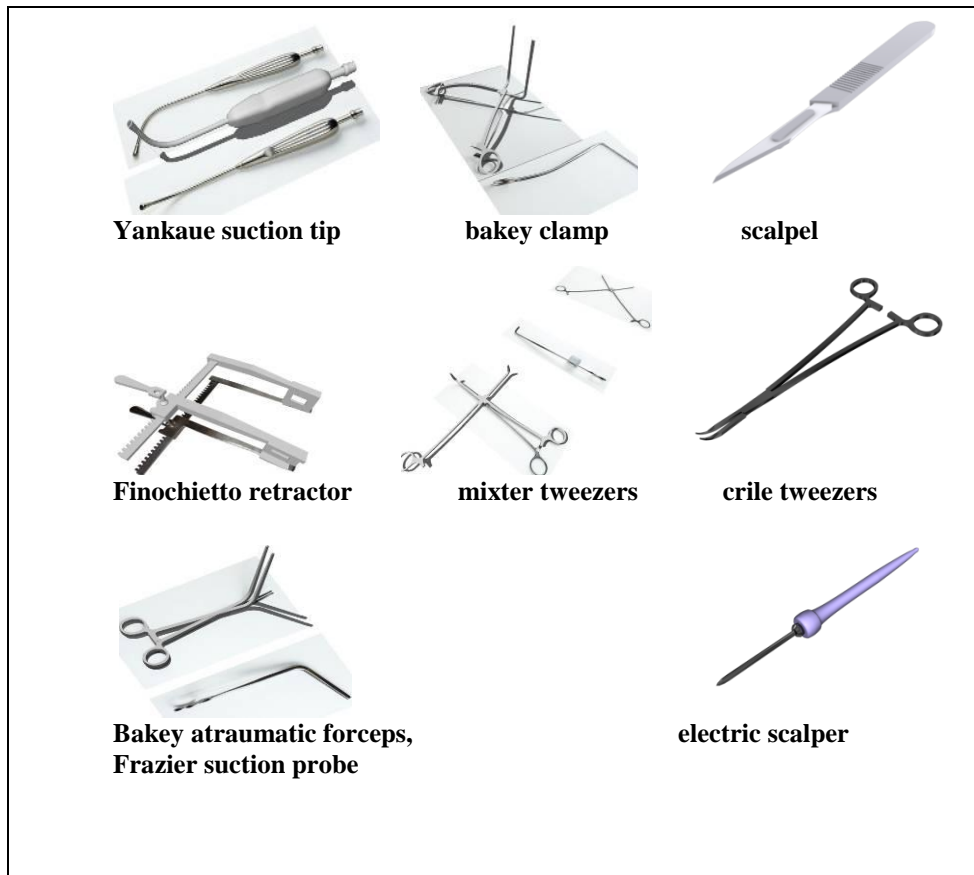
**Figure 2** A) Virtual human body. B) Virtual human body adapted to the OPVIR.

**Figure 3**



**Figure 3** Modeling of virtual surgical facility.

**Figure 4**



**Figure 4** Surgical instruments modeled for a OPVIR.

## **6 ARTIGO EM PORTUGUÊS**

### **Ensino pré-treinamento para estudantes de medicina: desenvolvimento de um ambiente virtual pré-, trans- e pós-cirúrgico**

Rosilene Jara Reis, Amarílio Vieira de Macedo Neto, Márcio Sarroglia Pinho, Patricia Alejandra Behar

Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia e Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)



## RESUMO

**Objetivo:** Desenvolver uma ferramenta de ensino pré-treinamento em ambiente de realidade virtual (RV) para instrução de princípios cirúrgicos básicos em faculdades de medicina.

**Métodos:** Uma equipe multidisciplinar foi formada para discutir, definir e desenvolver um sistema de RV cujo objetivo era apresentar o ambiente de um bloco cirúrgico a estudantes de medicina.

**Resultados:** Desenvolveu-se um ambiente virtual pré-, trans- e pós-cirúrgico, denominado OPVIR, modelado de acordo com o bloco cirúrgico de um hospital universitário. O sistema requer que os estudantes realizem uma ampla variedade de tarefas, desde a escolha do tamanho correto da roupa, o posicionamento da equipe cirúrgica em volta da mesa de cirurgia, a escolha dos instrumentos e o início da toracotomia até o registro do exame anatomopatológico. No final da sequência, o sistema fornece um escore de desempenho que indica o número de respostas corretas e erradas, assim como informações sobre o tempo que o aluno levou para completar a turnê virtual. Em uma avaliação preliminar, 15 estudantes de medicina avaliaram a experiência virtual global como satisfatória ou muito satisfatória (escores de 7 a 9 em um escala de 10 pontos).

**Conclusões:** Os resultados preliminares sugerem que o OPVIR é útil como ferramenta de ensino pré-treinamento para estudantes de medicina que nunca estiveram em um bloco cirúrgico. Estudos adicionais devem ter como objetivo a validação do OPVIR como parte do currículo, o desenvolvimento de outros módulos cirúrgicos para substituir o módulo da toracotomia e o desenvolvimento de ferramentas de RV mais complexas para o treinamento de residentes em cirurgia.

**Palavras-chave:** Ensino; estudantes de medicina; sistemas virtuais.

## INTRODUÇÃO

Parece haver um consenso na literatura a respeito da noção de que ferramentas, baseadas em computador e sistemas de realidade virtual (RV), são úteis para o treinamento médico, especialmente no que se refere à cirurgia. Atualmente, os alunos de cirurgia enfrentam questões éticas associadas ao uso de modelos animais e restrições crescentes à prática em pacientes. Além disso, novas tecnologias cirúrgicas, como a laparoscopia e outras técnicas minimamente invasivas, são altamente dependentes do “manuseio remoto” de estruturas, o que exige habilidades que podem ser mais bem desenvolvidas utilizando-se a RV<sup>1,2</sup>. Muitas sociedades médicas, como o Colégio Americano de Cirurgiões (*American College of Surgeons - ACS*) e a Sociedade de Cirurgiões de Endoscopia Gastrointestinal (*Society of Gastrointestinal Endoscopic Surgeons*), adotaram e recomendam sistemas e programas de treinamento em RV<sup>3</sup>. Na verdade, desde junho de 2008, o ACS estabeleceu como obrigatório o uso de simulação em todos os programas de residência em cirurgia, com acreditação desses programas. Atualmente, existem 17 centros acreditados nos Estados Unidos e um no Canadá<sup>3</sup>, e o processo de acreditação está aberto a qualquer programa de residência do mundo. Recentemente, os cirurgiões plásticos defenderam que um programa similar ao treinamento de simulação implementado pelo ACS “deveria ser obrigatório para a área de cirurgia plástica para se aproveitar as vantagens do uso de computadores, da realidade virtual, e da simulação no treinamento de residentes em cirurgia plástica”<sup>3</sup>.

O uso de simuladores e tecnologias virtuais pode, portanto, ser uma solução natural para os programas médicos. A tecnologia tornou-se uma parte inevitável da nossa rotina diária e da medicina especificamente, e seria insensato não preparar os alunos para usá-la. Como referido por Satava<sup>4</sup>, “com a velocidade atual das mudanças, todos os cirurgiões não verão uma, mas muitas revoluções durante suas carreiras – a prática da cirurgia está mudando mais

rápido do que jamais mudou no passado”. Contudo, as complexidades dos equipamentos de treinamento virtual e dos simuladores exigem que os indivíduos aprendam a utilizar esses sistemas, de forma que possam (depois de dominar aspectos, por exemplo, de coordenação motora e espacial) se concentrar em aperfeiçoar a tarefa que é o foco do treinamento. Portanto, mesmo quando as realidades virtuais estão disponíveis, ainda há uma lacuna que precisa ser preenchida antes que elas se tornem úteis. Como apontado por Gallagher *et al.*<sup>5</sup>, a aquisição de habilidades é mais eficiente se houver ensino pré-treinamento, que assegura que o aprendiz sabe o que precisa ser feito. Além disso, atualmente a maioria dos equipamentos de treinamento e sistemas de RV é direcionada a cirurgiões relativamente experientes ou residentes.

Levando tudo isso em consideração, o Programa de Pós-Graduação em Cirurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) estabeleceu recentemente uma nova linha de pesquisa direcionada ao desenvolvimento de ferramentas de RV. A primeira tarefa desta equipe multidisciplinar foi o desenvolvimento de uma ferramenta simples de RV para apresentar um ambiente cirúrgico a estudantes de medicina. O objetivo do presente estudo é descrever o ambiente virtual pré-, trans- e pós-cirúrgico (OPVIR) desenvolvido por este grupo.

## **MÉTODOS**

O presente projeto foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar (associada com a UFRGS e a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS) formada por dois cirurgiões, um patologista, uma enfermeira, cinco cientistas da computação, um arquiteto e um estagiário do grupo de RV da PUCRS. A Figura 1 apresenta um resumo das principais fases do projeto. A escolha do foco baseou-se nos conteúdos a serem estudados na disciplina de Técnica Operatória oferecida na Faculdade de Medicina da UFRGS. Uma toracotomia

direita foi escolhida como a técnica a ser simulada porque a cavidade torácica é rígida e tem muitas estruturas anatômicas fixas, o que facilita o desenvolvimento do cenário e das ferramentas virtuais. O projeto foi aprovado pelo Conselho de Revisão Institucional e pelo Comitê de Ética e Pesquisa, e todos os participantes assinaram termo de consentimento informado.

## **Figura 1** Principais fases do desenvolvimento do OPVIR

### **Modelagem dos Cenários e do Paciente Virtual**

Inicialmente, um corpo humano virtual pré-existente (Figuras 2a e 2b) foi adaptado com o desenvolvimento de características específicas – incluindo planos cirúrgicos e movimentos que permitissem o posicionamento do paciente na mesa de cirurgia para a realização da toracotomia.

#### **Figura 2a** Corpo humano virtual

#### **Figura 2b** Corpo humano virtual adaptado para o ambiente da sala cirúrgica virtual

O bloco cirúrgico foi modelado com base em um *storyboard* inicial que descrevia a sequência de eventos. A modelagem incluiu a preparação das imagens baseadas em vídeos e fotografias tiradas do bloco cirúrgico do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) (Figura 3) e em instrumentais básicos para realização da toracotomia (Figura 4). Também foram modelados itens da vestimenta (calças, camisas, propés, gorros, batas e máscaras), móveis e equipamentos da sala cirúrgica (macas, gabinetes, carro de anestesia, mesa cirúrgica, mesa auxiliar, foco de luz e negatoscópio); passos da preparação (escovar-se, vestir-se com e sem auxílio, posicionamento da mesa cirúrgica, montagem da mesa cirúrgica e dos instrumentais cirúrgicos necessários, posicionamento da equipe cirúrgica e transporte do paciente para a sala

de recuperação). Fotografias e filmes obtidos de Atlas de anatomia e cirurgia (Atlas de anatomia humana-Sobotta/Becher<sup>6</sup>, Anatomia orientada para a clínica-Moore/Dalley<sup>7</sup>, Anatomia humana de McMININN Abrahams/Hutchings/Marks Jr<sup>8</sup>) também foram utilizados nesta fase. Cores, texturas e outros detalhes visuais foram modelados para reproduzir o ambiente que os alunos encontrarão.

**Figura 3** Modelagem de bloco cirúrgico virtual

**Figura 4** Instrumentais cirúrgicos modelados para um ambiente de treinamento de RV

### **Programação**

O ambiente virtual foi desenvolvido em linguagem C++, utilizando OpenGL para exibição do cenário. O código foi compilado com o Visual Studio .NET 2003. Uma biblioteca OpenSceneGraph (OSG) foi utilizada para carregar o cenário, para controlar a interação, a navegação, a detecção de colisão, a reprodução de animações e a geração de imagens estereoscópicas para o IGLasses.

A biblioteca IM (*Image Manipulation Library*) foi utilizada para reproduzir imagens de vídeo nos formatos AVI e WMV. A biblioteca *FMOD* foi usada para o carregamento e para a execução de áudio, com reprodução simultânea de 64 canais com frequência de 44 KHz (ou 32 arquivos de som estéreo). Essa biblioteca pode ser utilizada tanto para arquivos de música quanto para arquivos de vídeo. A biblioteca *PTHREAD* foi utilizada para a criação de dois processos simultâneos, um para o sistema em si e o outro para a leitura de dispositivos como o IGLasses.

Para a modelagem geométrica, foram usados recursos do 3D Studio<sup>®</sup> e do Google Sketchup Viewer<sup>®</sup>. Os vídeos foram editados em Pinnacle Studio<sup>®</sup> versões 8 e 10. Os áudios

foram produzidos em uma plataforma de som Audacity<sup>®</sup> Cross-Platform Sound Editor versão 1.3.4.0.

### **Descrição**

O ambiente virtual pode rodar em um computador pessoal convencional com configuração de processador Core 2 duo, 1,5 GB de memória RAM, sistema operacional Microsoft Windows XP ou mais recente, placa de vídeo G Force 6600 256 MB RAM, placa de som padrão. Para se obter visão estereoscópica devem ser utilizados os *shutter-glasses*. Os instrumentais cirúrgicos são posicionados através da utilização de dispositivos de entrada de dados como mouse, teclado ou rastreadores de posição.

Ao iniciar o programa, uma narração com legendas e *slide show* fornece instruções sobre as tarefas a serem realizadas. Há 23 tarefas que devem ser realizadas, desde entrar no vestiário até fazer a ressecção de um tumor e preencher um registro anatomopatológico. Assim que esta rotina tenha sido completada, o aluno pode voltar para revisar os conteúdos, mas as tarefas interativas somente ficam disponíveis se o sistema for reiniciado. Toda a sequência do ambiente virtual é planejada para ser realizada em 40 minutos. No final da turnê virtual, o aluno será informado sobre quais escolhas foram corretas ou erradas.

As tarefas foram desenvolvidas para que pudessem ser realizadas facilmente. À medida que o aluno avança na turnê, vai recebendo instruções. Quando todos os passos são completados, um relatório é gerado para informar o escore (escolhas corretas e erradas) e o tempo gasto para completar a turnê.

### **Avaliação preliminar do OPVIR**

Quinze estudantes de medicina (com idades variando de 21 a 24 anos) sem experiência prévia em cirurgia, que nunca haviam sido expostos a um ambiente virtual, mas que usavam

um computador pessoal regularmente, testaram o sistema e preencheram um questionário de avaliação. Todos os alunos assinaram um termo de consentimento informado e foram entrevistados a respeito de aspectos demográficos.

O questionário de avaliação focalizou a usabilidade. As perguntas foram formuladas com base no padrão ISO/IEC 12119, que define requisitos de qualidade para pacotes de software e fornece instruções sobre como testar o software com relação a esses requisitos. O padrão ISO/IEC 9126-1 (que descreve um conjunto de características de qualidade para softwares em geral) também foi considerado<sup>9,10</sup>.

O questionário incluiu 17 perguntas com cinco opções de resposta (escores de 0 a 4) e três perguntas com duas opções de resposta (escores de 0 a 4). As perguntas receberam peso um ou quatro: dez perguntas (1-5, 7, 9-11 e 16) receberam peso um, porque eram altamente dependentes da opinião pessoal e não tinham impacto direto sobre o objetivo de se desenvolver uma ferramenta de ensino pré-treinamento. Contudo, essas perguntas são importantes para avaliar a operação do sistema e outras preferências similares que podem ser relevantes para o público-alvo, ou seja, estudantes de medicina. As outras 10 perguntas (6, 8, 12-15, 17-20) receberam peso quatro porque estavam centradas na avaliação do sistema como uma ferramenta de ensino pré-treinamento.

Após responder o questionário, também se solicitou que os alunos avaliassem o programa dando uma nota de 0 a 10 (avaliação subjetiva) e que fizessem comentários. O escore final (avaliação objetiva) foi calculado da seguinte maneira: escore da resposta escolhida multiplicado pelo peso atribuído à pergunta específica. O escore final foi dado pela soma dos escores dividida por 20 (número total de perguntas). Os escores de 0 a 4,0 indicaram um nível baixo de satisfação com o sistema; 4,1 a 6,5, satisfação regular; 6,6 a 8,0, bom nível de satisfação; 8,1 a 10,0, alto nível de satisfação.

Um grupo de 12 profissionais, incluindo cinco médicos, cinco cientistas da computação e dois educadores, também testou e avaliou o sistema.

## **RESULTADOS**

O principal resultado do projeto foi o desenvolvimento do OPVIR, um sistema de ambiente virtual para apresentar rotinas cirúrgicas a estudantes de medicina. A Tabela 1 descreve os principais cenários oferecidos pelo OPVIR.

### ***Tabela 1*** Cenários do OPVIR

#### **Avaliação preliminar**

Antes de testar o software, os participantes foram instruídos sobre como utilizá-lo. Eles puderam fazer perguntas enquanto completavam as tarefas. O tempo médio de teste foi de 40 minutos. Os alunos completaram a turnê no ambiente virtual somente uma vez antes de responderem o questionário.

As respostas fornecidas pelos 15 alunos são apresentadas resumidamente na Tabela 2.

### ***Tabela 2*** Escores atribuídos por 15 estudantes de medicina a vários aspectos do OPVIR

Os escores subjetivos globais atribuídos ao sistema pelos alunos (de 0 a 10) foram 7 (um aluno), 8 (quatro alunos) e 9 (dez alunos). As sugestões de melhoria referiram-se a necessidade de mais clareza nas instruções (seis alunos), melhora dos textos e das legendas (cinco alunos) e narrações mais enfáticas (dois alunos). As razões da aprovação foram: aprende-se enquanto se utiliza programa (um aluno); diferente dos métodos tradicionais (quatro); fácil de aprender (dois); desperta a curiosidade (seis); faz com que se preste atenção (um); diversidade de recursos (um).



Os escores subjetivos globais atribuídos ao sistema pelo grupo de cinco médicos foram de 9 ou 10; pelo grupo de cinco analistas de computação foram 8, 9 ou 10; os dois educadores atribuíram ao OPVIR o escore subjetivo de 8. Portanto, o escore subjetivo atribuído ao software por todos os grupos foi similar ( $\geq 8$ ).

## **DISCUSSÃO**

O desenvolvimento de um sistema de RV não é uma tarefa fácil. A necessidade de se trabalhar em um ambiente multidisciplinar, o âmbito das escolhas técnicas a serem feitas e as limitações impostas pela falta de experiência e tradição neste campo fazem da obtenção de resultados concretos um verdadeiro desafio. Todavia, o ambiente de RV desenvolvido neste estudo servirá de base para várias aplicações: por exemplo, o módulo de toracotomia pode ser substituído ou suplementado por outros módulos cirúrgicos, e o sistema pode ser adaptado para treinamento de outros públicos-alvo, tais como enfermeiros ou estudantes de enfermagem, auxiliares de enfermagem e outros. Dos oito passos propostos por Gallagher *et al.*<sup>5</sup> como parte de um currículo bem planejado, o OPVIR atualmente engloba, mesmo que superficialmente, os primeiros cinco passos. Levando em consideração o baixo custo, a facilidade de uso e a versatilidade do sistema, acredita-se que um protótipo bem-sucedido tenha sido desenvolvido.

A maioria dos estudos encontrado na literatura concentra-se na utilidade da RV para desenvolver habilidades cirúrgicas<sup>11-13</sup>. No presente estudo, a escolha do público-alvo – estudantes de medicina do nível de graduação – influenciou decisivamente as possibilidades. Em vez de ser simplesmente uma ferramenta de treinamento, o OPVIR acabou tornando-se uma ferramenta para o que Gallagher *et al.*<sup>5</sup> chamaram de “ensino pré-treinamento”. De acordo com esses autores, antes de ser treinado, o sujeito deve ter conhecimento suficiente sobre o que fazer, por que fazer e quando e onde fazer. O ensino pré-treinamento deveria

permitir que os aprendizes dominassem o contexto educacional que os ajudará a entender os objetivos do treinamento. Nesse sentido, acredita-se que quando o ambiente virtual criando neste estudo for integrado a outros conteúdos curriculares e ao suporte de professores, se transformará em uma experiência educacional e talvez tenha que ser mais profundamente ajustado para este fim. Atualmente, um estudo está sendo desenvolvido para validar a ferramenta e sua eficácia para o ensino pré-treinamento.

Tecnicamente, um esforço deve ser feito para melhorar o nível de imersão (o nível de realismo da experiência), o que, acredita-se ser importante para os objetivos específicos do OPVIR. Mesmo que se considere que uma representação realista não contribua com todas as experiências de treinamento<sup>5</sup>, acredita-se que uma maior fidelidade pode contribuir com a experiência educacional dos estudantes de medicina que usem o OPVIR.

A experiência de refletir sobre e desenvolver o OPVIR ampliou os horizontes e, ao mesmo tempo, complicou os próximos passos. De um lado, ficou claro que se pode aplicar a noção do uso de ferramentas de RV de maneira produtiva ao ensino pré-treinamento em muitos campos e em muitos níveis; de outro, é necessário enfrentar o desafio de desenvolver ferramentas mais complexas de treinamento em RV e de atribuir sentido a elas a partir de uma perspectiva educacional. Todavia, devido à necessidade inegável de fornecer aos estudantes mais oportunidades de treinamento, ao implacável crescimento da tecnologia dentro da medicina e à necessidade de se integrar tudo isso em uma oportunidade de educação, este é um desafio que acolhemos e que desejamos enfrentar o quanto antes.

**Agradecimentos.** Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul por todo o apoio recebido.

## REFERENCES

1. Arenson-Pandikow HM, Bordin R, Krimberg M, Stoduto FD. Técnica Operatória: projeto integrado de avaliação do ensino médico. *Acta Cirurg Bras.* 1994;9:201-4.
2. Ferreira LF, Tarouco LR, Becker F. Fazer e compreender na Realidade Virtual: em busca de alternativas para o sujeito da aprendizagem. *Novas Tecnologias CINTED-UFRGS na Educação* 2003;1:1-11.
3. American College of Surgeons – Accredited Education Institutes [website]. <http://www.facs.org/education/accreditationprogram/list.html>.
4. Satava RM. How the Future of Surgery is Changing: Robotics, telesurgery, surgical simulators and other advanced technologies. *Rob, Telesurg & Surg Sim.* 2006;5:1-21.
5. Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, Higgins G, Fried MP, Moses G, *et al.* Virtual Reality Simulation for the Operating Room-Proficiency-Based Training as a Paradigm Shift in Surgical Skills Training. *Ann Surg.* 2005;241:364-72.
6. Sobotta J, Becher H. *Atlas de Anatomia Humana*, 22. ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan; 2006.
7. Moore KL, Dalley AF. *Anatomia orientada para a clínica*, 4. ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan; 2002.
8. Abrahams PH, Hutchings RT, MARKS JR SC. *Atlas colorido de anatomia humana de McMinn*, 4. ed. São Paulo (SP): Manole; 2005.
9. ISO/IEC 9126-1 International Standard. Information technology - software quality characteristics and metrics - part 1: quality characteristics and sub-characteristics. ISO/IEC: june, 1995.
10. ISO/IEC 12119 International Standard. Information technology: software packages/quality requirements and testing. ISO/IEC: october, 1994.
11. Satava RM. Virtual reality surgical simulator: The first steps. *Surg Endosc.* 1993;7:203-5.
12. Rosser JC, Rosser LE, Savalgi RS. Skill acquisition and assessment for laparoscopic surgery. *Arch Surg.* 1997;132:200-4.
13. Rosser JC Jr, Rosser LE, Savalgi RS. Objective evaluation of a laparoscopic surgical skill program for residents and senior surgeons. *Arch Surg.* 1998;133:657-61.

**Tabela 1** Cenários do OPVIR

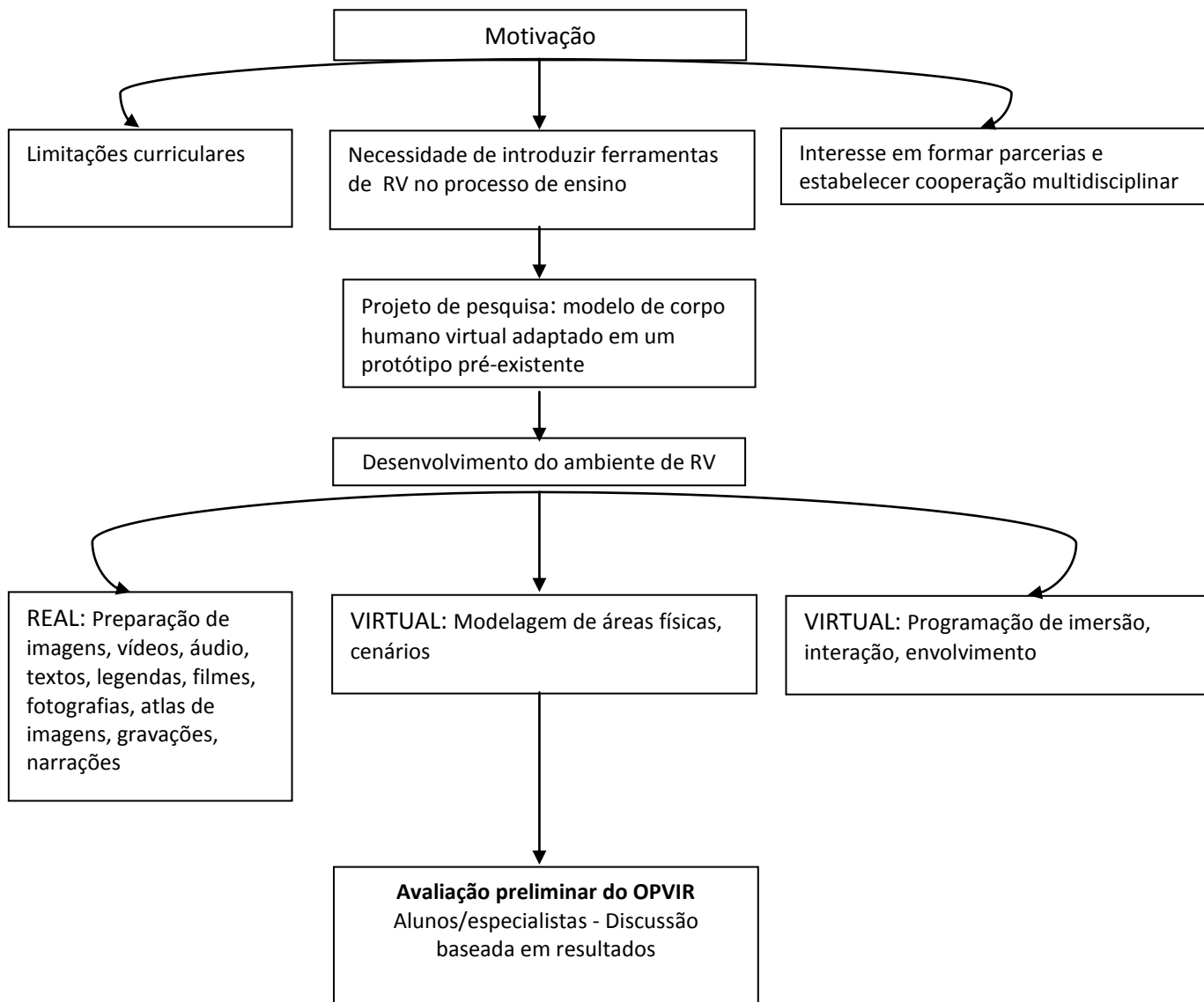
| Cenário                 | Tarefa   | Imagem   |
|-------------------------|--|--|
| Apresentação            | Boas-vindas e instruções   |    |
| Sala de espera          | Fornecimento de informações aos familiares   |    |
| Secretaria do vestiário | Escolha da roupa do tamanho correto.   |   |
| Vestiário               | Identificação do armário correto e aprendizado de como paramentar-se corretamente. |  |
| Lavabos                 | Noções de assepsia e escovação   |  |
| Sala cirúrgica          | Posicionamento do paciente na mesa cirúrgica para uma toracotomia.                 |  |

|                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
| Sala cirúrgica           | Posicionamento da equipe cirúrgica e definição de responsabilidades.                                   |    |
| Instrumentação cirúrgica | Identificação de instrumental cirúrgico básico para toracotomia.                                       |    |
| Sala cirúrgica           | Abertura da parede torácica, identificação dos planos anatômicos e realização de manobras de inspeção. |    |
| Sala de recuperação      | Transporte do paciente para a sala de recuperação.   |   |
| Registros                | Descrição do procedimento, registro do exame anatomopatológico e prescrição médica                     |  |

**Tabela 2** Escores atribuídos por 15 estudantes de medicina a vários aspectos do OPVIR

| Item avaliado  | Escore (nº. de alunos) |   |   |    |               |
|--|------------------------|---|---|----|---------------|
|  | 0<br>(Nunca)           | 1 | 2 | 3  | 4<br>(Sempre) |
| Facilidade de leitura                                  | 2                      |   |   |    | 13            |
| Clareza dos textos                                     |                        |   |   | 4  | 11            |
| Extensão dos textos                                    |                        |   | 5 | 8  | 2             |
| Clareza dos ícones                                     |                        |   | 2 | 12 | 1             |
| Qualidade de sons e vídeo                              |                        |   |   | 1  | 14            |
| Integração de vídeos e sons ao sistema e aos conteúdos |                        |   |   |    | 15            |
| Agradabilidade dos cenários                            |                        |   |   |    | 15            |
| Realismo dos cenários                                  |                        |   |   |    | 15            |
| Clareza da narração                                    |                        |   |   |    | 15            |
| Agradabilidade da voz do narrador                      |                        | 1 | 1 | 6  | 7             |
| Clareza das legendas e tempo para leitura              |                        |   |   | 9  | 6             |
| Eficiência das instruções de navegação                 |                        | 6 |   |    | 9             |
| Clareza do tema  |                        |   |   | 7  | 8             |
| Relevância do assunto                                  |                        |   |   |    | 15            |
| Interesse do sistema                                   |                        |   | 1 | 2  | 12            |
| Agradabilidade dos recursos de som                     |                        | 1 | 1 | 5  | 8             |
| Realismo dos recursos de som                           |                        |   | 3 | 7  | 5             |
| Facilidade de compreensão das tarefas                  |                        |   | 2 | 12 | 1             |
| Facilidade de realização das tarefas                   |                        |   | 1 | 7  | 7             |
| Nível de aprovação                                     |                        |   |   |    | 15            |

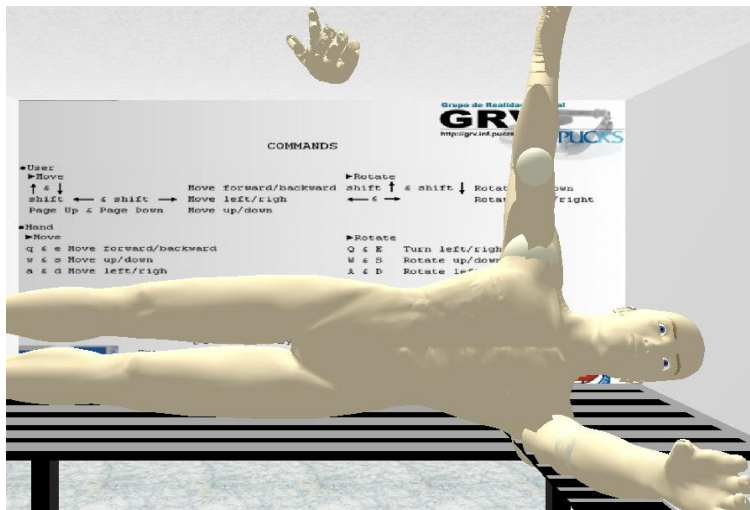
**Figura 1**



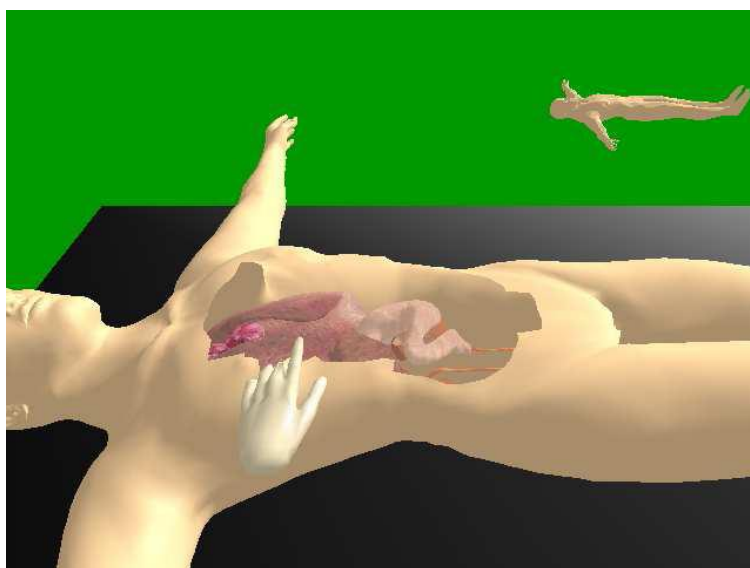
**Figura 1** Principais fases do desenvolvimento do OPVIR.

**Figura 2**

**A**



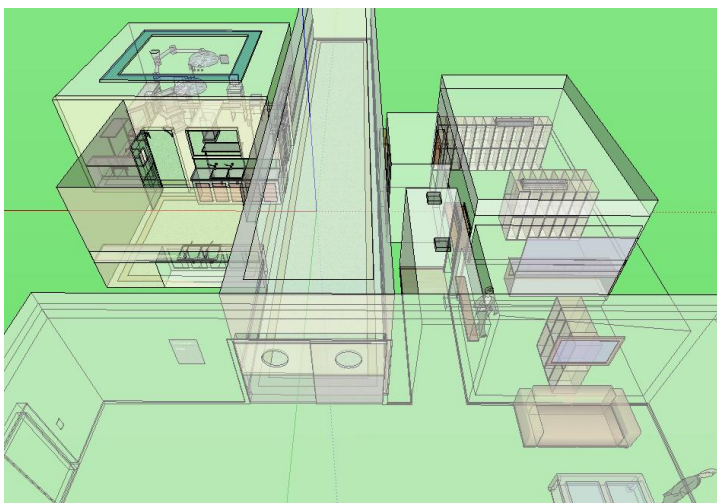
**B**



**Figura 2** A) Corpo humano virtual. B) Corpo humano virtual adaptado para o ambiente da sala cirúrgica virtual.

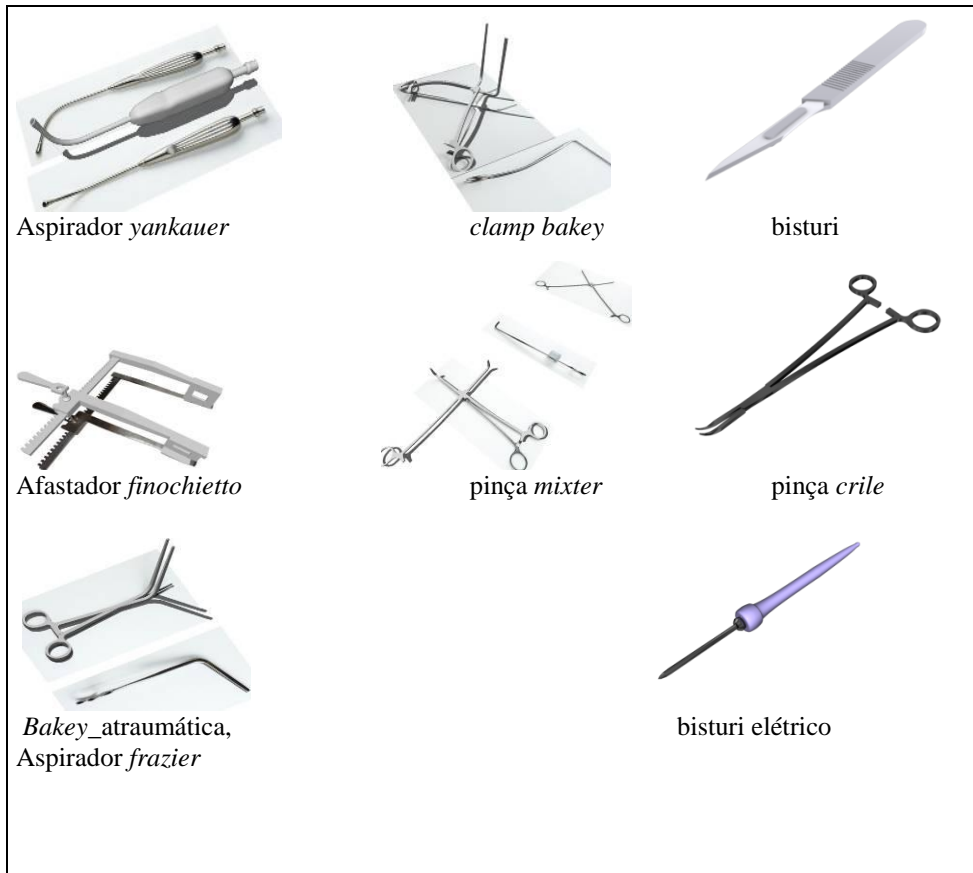


**Figura 3**



**Figura 3** Modelagem de bloco cirúrgico virtual.

**Figura 4**



**Figura 4** Instrumentais cirúrgicos modelados para um ambiente de treinamento de RV

## **7 ANEXOS**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE MEDICINA**

**CARTA SOLICITAÇÃO A ALUNOS**

Prezados alunos,

O Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia, da Faculdade de Medicina da UFRGS, em conjunto com a Pós-Graduação de Ciência da Computação da PUCRS, está realizando uma pesquisa sobre o desenvolvimento e a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem para alunos da Faculdade de Medicina da UFRGS.

Uma das áreas de pesquisa escolhida foi a cirúrgica, pois necessita de novas ferramentas adaptadas à educação e desenvolvimento de habilidades específicas. A pesquisa – realizada através de um questionário – é constituída de entrevista e avaliação de um programa de computador respondida pelos alunos especialistas das áreas: médica, ciência da computação e educação. Para tanto, serão tomados todos os cuidados de privacidade e confidencialidade das entrevistas e dos questionários/formulários de avaliação, e esses serão utilizados para fins exclusivos de produção de conhecimento. O sigilo dos nomes dos alunos será preservado no texto final do trabalho, com a substituição dos mesmos por siglas.

Pretende-se que o resultado da pesquisa auxilie no desenvolvimento de ferramentas computacionais dirigidas a alunos de Medicina, contribuindo para sua aprendizagem e para o campo da Informática na Educação.

Desde já, agradeço a sua colaboração.

Dra. Rosilene Jara Reis  
Mestre em Medicina: Cirurgia  
FAMED/UFRGS  
Prof. Dr. Amarilio Vieira de Macedo Neto  
PPG Medicina: Cirurgia FAMED/UFRGS  
Pesquisador responsável

- Telefone: 3316.7000
- Telefone: 3316.5607
- Telefone: 3316.8276

## TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu,

\_\_\_\_\_, venho por meio deste autorizar minha participação na pesquisa intitulada: ESTUDO DE MODELO DE AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL APLICADO AO ENSINO DA GRADUAÇÃO EM CIRURGIA, que se realizará no Hospital de Clínicas de Porto Alegre, junto ao Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia, da Faculdade de Medicina da UFRGS e Programa de Pós-Graduação de Ciência da Computação da PUCRS.

Autorizo a utilização de minha entrevista e minha avaliação, realizadas no segundo semestre de 2008, na pesquisa desenvolvida pelos Programas descritos acima.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do aluno

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA**

**CARTA SOLICITAÇÃO A  
CIENTISTAS DA COMPUTAÇÃO E EDUCADORES**

Prezados especialistas da área de Ciência da Computação e Educação,

O Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia, da Faculdade de Medicina da UFRGS, em conjunto com a Pós-Graduação de Ciência da Computação da PUCRS, está realizando uma pesquisa sobre o desenvolvimento e a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem para alunos da Faculdade de Medicina da UFRGS.

Uma das áreas de pesquisa escolhida foi a cirúrgica, pois necessita de novas ferramentas adaptadas à educação e desenvolvimento de habilidades específicas. A pesquisa – realizada através de um questionário – é constituída de entrevista e avaliação de um programa de computador respondida pelos alunos especialistas das áreas: médica, ciência da computação e educação. Para tanto, serão tomados todos os cuidados de privacidade e confidencialidade das entrevistas e dos questionários/formulários de avaliação, e esses serão utilizados para fins exclusivos de produção de conhecimento. O sigilo dos nomes dos alunos e dos especialistas será preservado no texto final do trabalho, com a substituição dos mesmos por siglas.

Pretende-se que o resultado da pesquisa auxilie no desenvolvimento de ferramentas computacionais dirigidas a alunos de Medicina, contribuindo para sua aprendizagem e para o campo da Informática na Educação.

Desde já, agradeço a sua colaboração.

Dra. Rosilene Jara Reis  
Mestre em Medicina: Cirurgia  
FAMED/UFRGS  
Prof. Dr. Amarilio Vieira de Macedo Neto  
PPG Medicina: Cirurgia FAMED/UFRGS  
Pesquisador responsável

- Telefone: 3316.7000
- Telefone: 3316.5607
- Telefone: 3316.8276

## TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, \_\_\_\_\_, venho por meio deste autorizar a minha participação na pesquisa intitulada: ESTUDO DE MODELO DE AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL APLICADO AO ENSINO DA GRADUAÇÃO EM CIRURGIA, que se realizará no Hospital de Clínicas de Porto Alegre, junto ao Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia, da Faculdade de Medicina da UFRGS e Programa de Pós-Graduação de Ciência da Computação da PUCRS.

Autorizo a utilização de minha entrevista e de minha avaliação realizados no segundo semestre de 2008, na pesquisa desenvolvida pelos Programas descritos acima.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do especialista da área de ciência da computação/educadores

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE MEDICINA**

**CARTA SOLICITAÇÃO A ESPECIALISTAS DE MEDICINA**

Prezados especialistas da área médica,

O Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia, da Faculdade de Medicina da UFRGS, em conjunto com a Pós-Graduação de Ciência da Computação da PUCRS, está realizando uma pesquisa sobre o desenvolvimento e a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem para alunos da Faculdade de Medicina da UFRGS.

Uma das áreas de pesquisa escolhida foi a cirúrgica, pois necessita de novas ferramentas adaptadas à educação e desenvolvimento de habilidades específicas. A pesquisa – realizada através de um questionário – é constituída de entrevista e avaliação de um programa de computador respondida pelos alunos especialistas das áreas: médica, ciência da computação e educação. Para tanto, serão tomados todos os cuidados de privacidade e confidencialidade das entrevistas e dos questionários/formulários de avaliação, e esses serão utilizados para fins exclusivos de produção de conhecimento. O sigilo dos nomes dos alunos e dos especialistas será preservado no texto final do trabalho, com a substituição dos mesmos por siglas.

Pretende-se que o resultado da pesquisa auxilie no desenvolvimento de ferramentas computacionais dirigidas a alunos de Medicina, contribuindo para sua aprendizagem e para o campo da Informática na Educação.

Desde já agradeço a sua colaboração.

Dra. Rosilene Jara Reis  
Mestre em Medicina: Cirurgia  
FAMED/UFRGS

Prof. Dr. Amarílio Vieira de Macedo Neto  
PPG Medicina: Cirurgia FAMED/UFRGS  
Pesquisador responsável

- Telefone: 3316.7000
- Telefone: 3316.5607
- Telefone: 3316.8276



## TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, \_\_\_\_\_, venho por meio deste autorizar a minha participação na pesquisa intitulada: ESTUDO DE MODELO DE AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL APLICADO AO ENSINO DA GRADUAÇÃO EM CIRURGIA, que se realizará no Hospital de Clínicas de Porto Alegre, junto ao Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia da Faculdade de Medicina da UFRGS e Programa de Pós-Graduação de Ciência da Computação da PUCRS.

Autorizo a utilização de minha entrevista e de minha avaliação realizados no segundo semestre de 2008, na pesquisa desenvolvida pelos Programas descritos acima.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do especialista da área médica

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIRURGIA**

**ENTREVISTA COM ALUNOS DE MEDICINA**

1. Qual é a sua idade?
2. Em qual semestre da faculdade de medicina você está?
3. Qual é sua experiência em cirurgia?
4. Já entrou em um bloco cirúrgico?
5. Qual é a sua experiência em computador, mouse, teclado?
6. Qual é a sua experiência em jogos de computador?
7. Você tem um computador em casa? Desde quando?
8. Para que você utiliza o computador? Jogos, textos, filmes, fotos, modelagens, áudio/som/músicas/internet/emails?
9. Você já fez algum curso de Informática? Que nível? Onde?
10. Você utiliza a internet? Para quê?
11. O que você sabe sobre Realidade Virtual?
12. Quais os programas que você mais utiliza: Word, Internet Explorer, Excel, Messenger?

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIRURGIA**

**ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS: MÉDICOS, ANALISTAS DE SISTEMAS E  
EDUCADORES**

1. Qual é a sua área de atuação?
2. Qual é a Universidade a que pertence?
3. Qual é a sua experiência em Realidade Virtual?

**Formulário de Análise de Modelo de Ambiente de Realidade Virtual Aplicado ao  
Ensino da Graduação em Cirurgia**

**PUCRS/UFRGS**

**Tese de Doutorado**

**QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS ALUNOS DE MEDICINA**

01. Você acha fácil ler o que aparece na tela?

0-Não  4-Sim

02. Os textos são claros e de fácil entendimento?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

03. Os textos com maior quantidade de informações são adequados?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

04. Os ícones são claros o suficiente para não gerar ambiguidade?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

05. Os vídeos e os áudios dos vídeos são de boa qualidade?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

06. Os vídeos e os áudios dos vídeos estão bem integrados ao programa e seu conteúdo?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

07. Os cenários (desenho gráfico e cores) são agradáveis?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

08. Os cenários (desenho gráfico e cores) dão ideia de bloco cirúrgico real?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

09. A narração dos textos é de claro e fácil entendimento?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

10. A voz que narra os textos é agradável?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

11. As legendas são claras e o tempo para a leitura das mesmas está adequado?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

12. As orientações para navegar e interagir com o programa são eficientes?

0-Não  4-Sim

13. O conteúdo do programa (bases da cirurgia) é claro e de fácil entendimento?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

14. O conteúdo do programa (bases da cirurgia) é relevante?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

15. O programa é motivador e instiga a curiosidade?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

16. Os recursos sonoros (indicadores de erros e acertos, porta se abrindo, transporte do paciente na maca, pessoas na sala de espera) são agradáveis?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

17. Os recursos sonoros utilizados nos cenários ajudam a dar a ideia de bloco cirúrgico virtual?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

18. As tarefas a serem realizadas são de fácil entendimento?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

19. As tarefas a serem realizadas são de fácil execução?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

20. Você aprova o programa como uma ferramenta auxiliar no aprendizado das bases da cirurgia?

0-Não  4-Sim

21. Dê uma nota para o programa de 0 a 10:

Nota \_\_\_\_\_

22. Se tiver alguma sugestão ou comentário, utilize o espaço abaixo.

**Formulário de Análise de Modelo de Ambiente de Realidade Virtual Aplicado ao  
Ensino da Graduação em Cirurgia**

**PUCRS/UFRGS**

**Tese de Doutorado**

**QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS DA ÁREA MÉDICA**

01. O conteúdo teórico do programa inclui conceitos básicos e relevantes sobre as bases da cirurgia?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

02. O conteúdo teórico do programa apresenta informações precisas e atuais sobre as bases da cirurgia?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

03. O conteúdo do programa é claro e de fácil entendimento?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

04. O conteúdo do programa está adequado às necessidades curriculares?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

05. O conteúdo do programa reforça conceitos progressivamente/apresenta diferentes níveis de dificuldade?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

06. O conteúdo do programa é didaticamente eficiente?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

07. O vocabulário médico é claro e adequado?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

08. As orientações que o programa fornece sobre como utilizá-lo (navegar e interagir) são fáceis de serem entendidas?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

09. As tarefas a serem realizadas pelos alunos são de fácil execução?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

10. Os ícones são claros o suficiente para não gerar ambiguidade?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

11. Os textos são claros e de fácil entendimento?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

12. Os textos com maior quantidade de informações são adequados?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

13. As legendas são claras e o tempo para a leitura das mesmas está adequado?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

14. As narrações dos textos são claras?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

15. As imagens (cenários), os vídeos, as cores e os recursos sonoros são utilizados de forma agradável?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre



16. As imagens, os vídeos e os sons estão bem integrados ao programa e seu conteúdo?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

17. Os cenários modelados (desenho gráfico), as animações, vídeos e os recursos sonoros dão uma ideia de um bloco cirúrgico real?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

18. O programa é motivador e instiga a curiosidade?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

19. O relatório final (com escores) que é gerado através das ações do aluno é eficiente e fornece um feedback de avaliação?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

20. Você aprova o programa como uma ferramenta auxiliar no aprendizado das bases da cirurgia?

0-Não  4-Sim

21. Dê uma nota para o programa de 0 a 10:

Nota \_\_\_\_\_

22. Se tiver alguma sugestão ou comentário, utilize o espaço abaixo.

**Formulário de Análise de Modelo de Ambiente de Realidade Virtual Aplicado ao  
Ensino da Graduação em Cirurgia**

**PUCRS/UFRGS**

**Tese de Doutorado**

**QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS DA ÁREA DA CIÊNCIA  
DA COMPUTAÇÃO/EDUCADORES**

01. As informações técnicas do programa estão organizadas de forma lógica?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

02. Você acha fácil ler o que aparece na tela?

0-Não  4-Sim

03. As orientações que o programa fornece sobre como utilizá-lo são fáceis de serem entendidas?

0-Não  4-Sim

04. As tarefas a serem realizadas pelos alunos são de fácil entendimento?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

05. Os ícones são claros o suficiente para não gerar ambigüidade?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

06. Os textos são claros e de fácil entendimento?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

07. Os textos com maior quantidade de informações são adequados ?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

08. As imagens (cenários), os vídeos, as cores e os recursos sonoros são utilizados de forma agradável?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

09. As imagens, os vídeos e os sons estão bem integrados ao programa e seu conteúdo?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

10. A ajuda (help) do programa é adequada?

0-Não  4-Sim

11. O sobre do programa é adequado?

0-Não  4-Sim

12. As orientações para navegar e interagir no programa são eficientes?

0-Não  4-Sim

13. O tempo de espera para carregar o programa é aceitável?

0-Não  4-Sim

14. A resistência às respostas inadequadas e às dicas oferecidas aos alunos nestas ações são claras e eficientes?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

15. Os cenários modelados (desenho gráfico), as animações e os recursos sonoros dão uma ideia de um bloco cirúrgico real?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

16. O programa possibilita a correção e de seu conteúdo e inclusão de novos elementos?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

17. As narrações dos textos são claras e agradáveis?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

18. As legendas são claras e o tempo para a leitura das mesmas está adequado?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

19. O relatório final (com escores) que é gerado através das ações do aluno é eficiente e fornece um feedback de avaliação?

0-Nunca  1-Quase nunca  2-Às vezes  3-Quase sempre  4-Sempre

20. Você aprova o programa como uma ferramenta auxiliar no aprendizado das bases da cirurgia?

0-Não  4-Sim

21. Dê uma nota para o programa de 0 a 10:








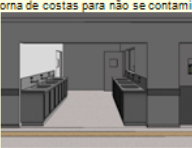




Nota \_\_\_\_\_

22. Se tiver alguma sugestão ou comentário, utilize o espaço abaixo.

# TREINAMENTO CIRÚRGICO VIRTUAL - TCV

## STORYBOARD

### SEQUÊNCIA DOS EVENTOS

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>ESTUDO DE MODELO DE AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL APLICADO AO ENSINO DA GRADUAÇÃO EM CIRURGIA</b></p> <p>Treinamento Cirúrgico Virtual</p>    | <p><b>Sala de Espera</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Familiares aguardam com expressão de ansiedade, alguns sentados outros de pé</li><li>■ Orientações do sistema narrado e legenda</li><li>■ Slide show relacionado ao texto</li></ul>  | <p><b>Secretaria do Vestiário</b></p> <p>Receber a roupa limpa após escolher o tamanho<br/>Uma funcionária passa a roupa<br/>Orientação para seguir ao vestiário</p>                        |
| <p><b>Vestiário</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Porta do armário em evidência</li><li>■ Aproxima-se</li><li>■ Veste o modelo</li><li>■ Segue em direção a porta que dará acesso ao corredor para a área limpa do bloco cirúrgico</li></ul>    | <p><b>Corredor do Bloco Cirúrgico</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Identifica o corredor e o lavabo</li></ul>    | <p><b>Lavabos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Cenário com torneiras</li><li>■ Não pára, segue a sala de cirúrgica</li></ul>   |
| <p><b>Sala Cirúrgica</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Escolhe o posicionamento do paciente para uma toracotomia lateral direita</li></ul>    | <p><b>Retorno ao Lavabo</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Assistir um vídeo de lavagem das mãos</li><li>■ Retorna de costas para não se contaminar</li></ul>    | <p><b>Retorna à Sala de Cirurgia</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Identifica a equipe cirúrgica e a função de cada um</li><li>■ Vídeo: vestir-se o/ si/ auxílio</li></ul>  |
| <p><b>NO CAMPO OPERATÓRIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Escolhe instrumentos para incisão</li><li>■ Iniciar vídeo de toracotomia</li><li>■ Escolhe instrumento para hemostasia</li><li>■ Coloca afastador</li><li>■ Manobras de inspeção</li><li>■ Anatomia cirúrgica</li><li>■ Fechamento</li></ul>  | <p><b>Transporte para a sala de recuperação</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Transporte do paciente para a sala de recuperação</li><li>■ Equipe acompanha</li></ul>    | <p><b>Retorna ao vestiário</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Retorna ao vestiário</li><li>■ Fala com familiares na sala de espera</li></ul>                                 |

# TREINAMENTO CIRÚRGICO VIRTUAL - TCV

## AJUDA

### 1- INTRODUÇÃO AO TCV (Treinamento Cirúrgico Virtual)

Bem-vindo. Este programa educacional oferece a você um modo fácil de navegar e interagir com seus cenários virtuais. É um sistema autoexplicativo que utilizará recursos de mídia para chamar sua atenção frente a uma ação certa ou errada. Com apenas alguns cliques, você realizará as tarefas solicitadas, sem que se já importante o tempo gasto para a realização das mesmas.

### 2- INSTALAÇÃO E DESINSTALAÇÃO DO PROGRAMA

Utilizando o programa TCV a partir de um DVD ou pendrive, utilize os comandos copiar e colar do Windows para realizar o processo de instalação. E, para desinstalação do programa, o comando excluir.

### 3- COMANDOS E EQUIPAMENTOS

- Movimentação do usuário através do mouse

Mantendo a tecla da esquerda do mouse, acionada, arraste-o sobre os cenários.

- Movimentação do usuário através do teclado

Tabela 1 – Movimentação do usuário no ambiente virtual utilizando o teclado

| Tecla de Atalho | Ação                     |
|-----------------|--------------------------|
| ↑               | anda para frente         |
| ↓               | anda para trás           |
| ←               | vira para esquerda       |
| →               | vira para direita        |
| Shift + →       | desloca para direita     |
| Shift + ←       | desloca para esquerda    |
| Shift + Home    | arrumar a rotação        |
| P               | passa para fase seguinte |
| F1              | ajuda                    |
| F2              | sobre                    |
| Esc             | sair do programa         |

|        |  |
|--------|--|
| Config | permitir rotação no eixo X *olhar para cima e para baixo                     |
| Config | permitir rotação no eixo Z *girar verticalmente para esquerda e para direita |
| Config | exibir textos das dicas *acrescentar os textos ao cenário                    |

- Óculos

Colocar os óculos, confortavelmente, acomodados e firmes no rosto. Mover a cabeça com movimentos leves e suaves.

#### 4- INICIALIZAÇÃO DO SISTEMA

Clique duas vezes com o mouse na pasta do arquivo **Bin**; após, clique duas vezes no aplicativo **medicina.exe** para executá-lo.

#### 5- CONFIGURAÇÕES NECESSÁRIAS PARA NAVEGAR NO TCV

- Processador core 2 duo
- 1.5 GB RAM
- Sistema operacional Microsoft Windows XP
- Placa de vídeo G Force 6600 256 MB RAM
- Placa de som padrão

#### 6- SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

- Dificuldade para navegar, necessidade de adaptar-se aos óculos ou à existência de problemas técnicos.

Oriente-se com a equipe do TCV

- Dificuldade para entender a tarefa ou não consegue realizá-la

Leia atentamente o texto e repita a ação.

- Perdeu a ordem da navegação.

Vá ao item 8

- Barulho na sala de testes.

Solicite a equipe do TCV que mantenha o silêncio na sala.

#### 7- RECURSOS DO PROGRAMA

Nos cenários interativos com modelos em 3D, serão oferecidas opções da utilização de:

- Sons
- Vídeos demonstrativos
- Textos explicativos
- Legendas
- Narrações
- Relatório final

Todos os recursos supracitados integram o programa e têm o objetivo de orientar o usuário durante as tarefas; chamar a atenção sobre erros e acertos; trazer mais realismo à navegação e, como objetivo final, proporcionar o aprendizado das ações básicas dos princípios fundamentais da técnica operatória comuns a todos os procedimentos cirúrgicos.

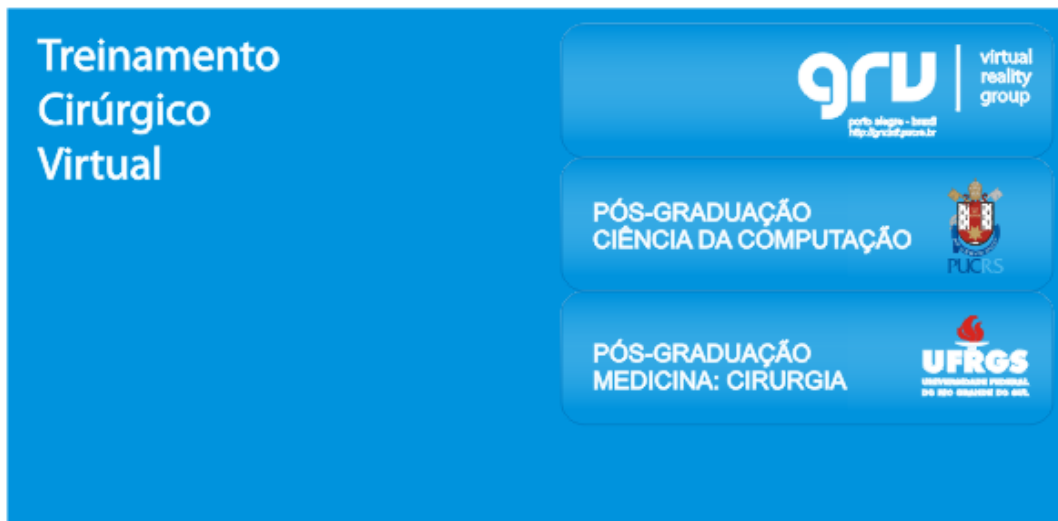
## **8- ORDEM DA NAVEGAÇÃO NOS DIVERSOS CENÁRIOS**

Sala de espera > Corredor de acesso à secretaria do vestiário > Corredor e porta de acesso ao vestiário > Vestiário > Porta de acesso ao corredor que leva à área limpa do bloco cirúrgico > lavabo > Sala cirúrgica > Porta de acesso à sala de recuperação > Sala de recuperação > Retorno à sala cirúrgica > Saída da sala cirúrgica > Retorno ao vestiário > saída do vestiário > Retorno à sala de espera



## TREINAMENTO CIRÚRGICO VIRTUAL - TCV

### SOBRE



O programa **TCV** foi desenvolvido em parceria com a Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia da **Universidade Federal do Rio Grande do Sul** e a Pós-Graduação em Informática da **Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre**.

Trata-se de uma nova ferramenta de apoio ao processo do ensino médico utilizando a Realidade Virtual com o **objetivo** de introduzir o aluno a área física do bloco cirúrgico e promover a sua ambientação, proporcionando o aprendizado dos princípios fundamentais da técnica operatória comuns a todos os procedimentos cirúrgicos.

O **Software** apresenta um modelo virtual de bloco cirúrgico que permite a navegação do aluno desde a sala de espera (para os familiares) até a sala de recuperação pós-cirúrgica. Neste passeio virtual do aluno nos cenários interativos com modelos em 3D será oferecido a opções da utilização de áudios, vídeos, fotografias, textos, legendas, narrações e tarefas em uma seqüência lógica através da utilização de técnicas de estereoscopia para que o usuário tenha uma maior interação com o ambiente virtual. Para que seja possível a exibição estereoscópica, o usuário necessitará usar óculos do tipo *shutter-glasses*.

## **TESE DE DOUTORADO**

Título: Estudo de modelo de ambiente de realidade virtual aplicado ao ensino da graduação em cirurgia

Aluna: Rosilene Jara Reis

Orientadores: Amarilio Vieira de Macedo Neto e Márcio Sarroglia Pinho

Colaboradores: Maria Isabel Edelweiss, Patrícia Behar, Mauro Cesar Charão, Marcelo Danussi, André Rocha Tomasi, Régis Augusto Poli Kopper, André Trombeta.

Projeto 2004-2008

Versão 1.0

E-mails: rjreis@terra.com.br, marcio.pinho@pucrs.br, aneto@hcpa.ufrgs.br

Porto Alegre, Brasil, 2008

**O TCV agradece a todos que participaram do seu desenvolvimento e aos usuários, pois sem estes o programa nunca existiria.**

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)