

# Um Modelo de Interface para Navegação em Mundos Virtuais

Márcio Serolli Pinho  
Leandro Luis Dias  
Carlos G. Antunes Moreira  
Emmanuel González Khodjaoghlanian  
Gustavo Pizzini Becker  
Lúcio Mauro Duarte

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
Faculdade de Informática - Av. Ipiranga, 6681 – Porto Alegre – RS – 91.360-080 –  
Brasil  
pinho@inf.pucrs.br

**Abstract:** One of the most complicated tasks working with a tridimensional virtual worlds is the navigation process. Usually, this process requires the use of buttons and key-sequences and the development of interaction metaphors which frequently makes the interaction process artificial and inefficient. In these environments, very simple tasks, like look upward and downward can became extremely complicated. To overcome this obstacles, this work presents an interaction model for tridimensional virtual worlds, based on the interpretation of the natural gestures of a real user while he/she is walking in a real world. This model is an example of a non-WIMP(Window,Icon,Menu,Pointer) interface. To test this model we create a device named *virtual-bike*. With this device, the user can navigate through the virtual environment exactly as he was riding a real byke.

**Keywords:** virtual reality, user interfaces

**Resumo:** Uma das tarefas mais difíceis quando se trabalha com mundos virtuais tridimensionais é a **navegação**. Em geral, este processo envolve o uso de botões e teclas e a criação de metáforas de interação que tornam o processo pouco natural e de eficiência reduzida. Neste ambientes, movimentos simples como baixar ou elevar a cabeça, andar para o lado ou para frente, tornam-se complicados e pouco naturais. Exemplos disto são os muito conhecidos navegadores Netscape, Virtus, Internet Explorer, Worldtoolkit e outros. A partir desta dificuldade este trabalho desenvolveu um modelo interação para mundos virtuais tridimensionais baseado na interpretação dos movimentos reais do usuário. O modelo constitui um exemplo de interfaces do tipo non-WIMP(Window,Icon,Menu,Pointer). Para testar o modelo implementou-se um dispositivo(**bicicleta virtual**) a partir do qual o usuário pode navegar por um ambiente exatamente como se estivesse passeando de bicicleta.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual, Interface com o usuário

Trabalho parcialmente financiado pela FAPERGS

## 1. Introdução

Com o advento de bibliotecas gráficas de tempo real como OpenGL e Direct3D[WOO 97, WOO 98], tornou-se possível a exibição de ambientes tridimensionais que, visualmente, são muito semelhantes aos ambientes reais.

Quando a necessidade de interação com estes **ambientes virtuais** é pequena e as principais tarefas estão restritas à exibição de objetos e sua manipulação com operações de rotação e deslocamento, o problema parece resolvido. Além disto, quando a tarefa de interação restringe-se à navegação por trilhas pré-definidas, também não há problema.

Entretanto, quando há a necessidade de **navegação** rápida e natural por um ambiente semelhante ao mundo real, surgem problemas com as ferramentas de interface hoje disponíveis. Em geral, este processo de navegação envolve o uso de botões e teclas e a criação de metáforas de interação que tornam o processo pouco natural e de eficiência reduzida.

Nestes ambientes, movimentos simples como baixar ou elevar a cabeça, andar para o lado ou para frente, tornam-se complicados e pouco naturais. Exemplos disto são os muito conhecidos navegadores Netscape, Virtus, Internet Explorer, Worldtoolkit e outros. Isto ocorre, principalmente porque está se utilizando as tradicionais ferramentas de interface do tipo WIMP(Window, Icon, Menu, Pointer) em aplicações essencialmente tridimensionais, onde o próprio corpo do usuário faz parte da interação.

Com o advento da realidade virtual, as formas de interface entre homem e máquina tiveram uma grande evolução em termos de qualidade[Pinho 1997]. Esse acréscimo na qualidade da interface tem sua explicação no fato de que a realidade virtual proporcionou modos mais intuitivos dos usuários interagirem com os sistemas, sem a necessidade de botões de controle ou outros recursos para a interação[Paush 1998, Mine 1995].

### 1.1 Ambientes Virtuais

Um ambiente virtual é um cenário dinâmico em 3 dimensões modelado computacionalmente através de técnicas de computação gráfica e usado para representar a parte visual de um sistema de realidade virtual. O ambiente virtual nada

mais é do que um cenário onde os usuários de um sistema de realidade virtual podem interagir.

Uma característica importante dos ambientes virtuais é o fato deles serem sistemas dinâmicos, ou seja, os cenários se modificam em tempo real à medida que os usuários vão interagindo com o ambiente. Um ambiente virtual pode ser projetado para simular tanto um ambiente imaginário quanto um ambiente real.

Também denominados de “mundos virtuais”, esses ambientes são projetados através de ferramentas especiais, sendo que a mais popular é o VRML[Clark 1996, Hardenbergh 1998, Siggraph 1995]. O grau de interação de ambiente virtual será maior ou menor dependendo da forma de interface adotada, além dos dispositivos associados ao sistema.

## 1.2 Interfaces em Ambientes Virtuais

A Realidade Virtual vem trazer ao uso do computador um novo paradigma de interface com o usuário. Neste paradigma, o usuário não está mais em frente ao monitor, mas sim, sente-se dentro da interface. Com dispositivos especiais, a Realidade Virtual busca captar os movimentos do corpo do usuário(em geral braços, pernas, cabeça e olhos) e, a partir destes dados, realizar a interação homem-máquina. A interface de Realidade Virtual procura ser semelhante à realidade, buscando a **sensação de presença**[Slater 1994] em um ambiente sintético tridimensional, através de uma ilusão gerada por computador. Esta sensação de presença ou **imersão**[Greenhalgh 1997, Dourish 1992, Durlach 1998] constitui-se na principal característica da Realidade Virtual. A qualidade desta imersão, ou grau de ilusão, ou quão real esta ilusão parece ser, depende da **interatividade** e do **grau de realismo** que o sistema é capaz de proporcionar.

A **interatividade**[Forsberg 1998] é dada pela capacidade que o sistema tem de dar respostas às ações do usuário. Se o sistema responder de maneira instantânea, gerará no usuário o sentimento de que a interface está *viva*, criando, assim, uma forte sensação de realidade. Por isto, a Realidade Virtual é um sistema computacional que deve utilizar-se de técnicas de tempo real para a interação com o usuário. O **grau de realismo**, é dado pela *qualidade destas respostas*. Quanto mais parecida com uma cena real for uma imagem apresentada ou um som emitido ao usuário, mais envolvido pelo sistema este usuário ficará.

### **1.3 Interfaces non-WIMP**

As interfaces *non-WIMP* caracterizam-se por envolverem o usuário em uma interação contínua e paralela com o ambiente computacional. São aquelas que não dependem de objetos de interface para se desenvolverem[Vam Dam 1997 e Morrison 1998]. A idéia central é ter-se interfaces que envolvam o usuário de forma completa, interpretando todos os seus movimentos(de cabeça, de corpo, de olhos, de braços) através de canais e dispositivos especiais. Esta interpretação deve ser contínua e paralela e a geração de sensações sobre o usuário deve atingir a todos os seus sentidos, incluindo aqueles geralmente usados(visão e audição), mas adicionando ainda a possibilidade de geração de tato e força e outras sensações como frio e calor, por exemplo.

A forma mais desenvolvida existente hoje de interfaces *non-WIMP* são os ambientes virtuais tridimensionais de realidade virtual. Neles tem-se a atualização constante das imagens apresentadas ao usuário e a qualquer movimento o usuário pode receber uma resposta em face destas ações.

## **2. Modelo de Interface Proposto**

### **2.1 Modelo sem Metáforas para Navegação**

Analisando os problemas apresentados na seção anterior, criou-se um modelo de interface que procura realizar a interação da forma mais direta possível. A idéia central é mapear os movimentos de um usuário diretamente para movimentos dentro do mundo virtual, sem que este precise memorizar metáforas e seqüências de botões para interagir no ambiente.

Como outros estudos já demonstraram, uma interface muito genérica tende a tornar-se de difícil utilização em aplicações específicas de relativa complexidade[Cooper, 1997; Schneiderman, 1998], por isto, decidiu-se optar por um modelo para tratar o problema específico de navegação. Não nos preocupamos, no modelo, em atacar o problema de manipulação de objetos.

### **2.2 Os possíveis movimentos**

Observando os movimentos de um ciclista enquanto este passeia por uma cidade, identificou-se um conjunto de movimentos que normalmente executa-se para analisar um local:

- Olhar para os lados, para cima, para baixo ou para trás;
- Aproximar a cabeça de um objeto para observá-lo com detalhe;
- Andar para frente
- Parar o deslocamento;
- Mudar a direção do deslocamento;
- Aumentar e diminuir a velocidade do deslocamento.

Tomou-se como base um ciclista, entretanto, poder-se-ia optar por outra forma de deslocamento, como caminhar ou andar de carro. Optou-se pelo ciclista, em função de dois limitantes: no caso de caminhada os deslocamentos são lentos; no caso de andar de carro, a possibilidade da análise de detalhes (interação com o ambiente) é reduzida.

### 2.3 Ações sobre a Interface

A partir da identificação dos movimentos no mundo real, aos quais chamou-se de **Objetivos**, passou-se a definição de quais os movimentos este usuário deveria realizar sobre a interface a fim de realizar suas tarefas.

Com isto definiu-se as relações da tabela 1.

Objetivo	Movimento do usuário sobre a interface
Olhar para os lados, para cima, para baixo ou para trás	Mover a cabeça
Aproximar a cabeça de um objeto para observá-lo com detalhe	Mover a cabeça
Andar para frente	Pedalar
Parar o deslocamento	Para de pedalar
Mudar a direção do deslocamento	Girar o guidão
Aumentar e diminuir a velocidade do deslocamento	Pedalar mais rápido ou mais devagar

**Tabela 1 – Objetivos do usuário *versus* movimentos sobre a interface**

## 3. Teste do Modelo

A fim de testar o modelo proposto construiu-se um dispositivo de navegação baseado na leitura dos movimentos de uma bicicleta e na exibição de imagens usando um óculos de realidade virtual. Para tanto adaptou-se um conjunto de sensores à uma bicicleta e a partir da leitura destes, realizou-se o movimento.

Após a construção do protótipo passou-se a um conjunto de testes a fim de avaliar se de fato, este dispositivo tornou a navegação mais simples.

Nas seções a seguir são apresentados detalhes relativos à construção do protótipo e aos testes desenvolvidos.

### 3.1 Bicicleta Virtual - Ferramenta de teste do Modelo de Interface

O protótipo construído trata-se de uma bicicleta real que foi presa a um tripé permitindo assim que se pedale sem de fato sair do lugar. Para captar os movimentos do guidão foi adaptado a este um potenciômetro. A velocidade de deslocamento foi lida por um dínamo acoplado à roda.

O movimento da cabeça do usuário é captado por um rastreador de posição.

A arquitetura do protótipo pode ser vista na figura 1.

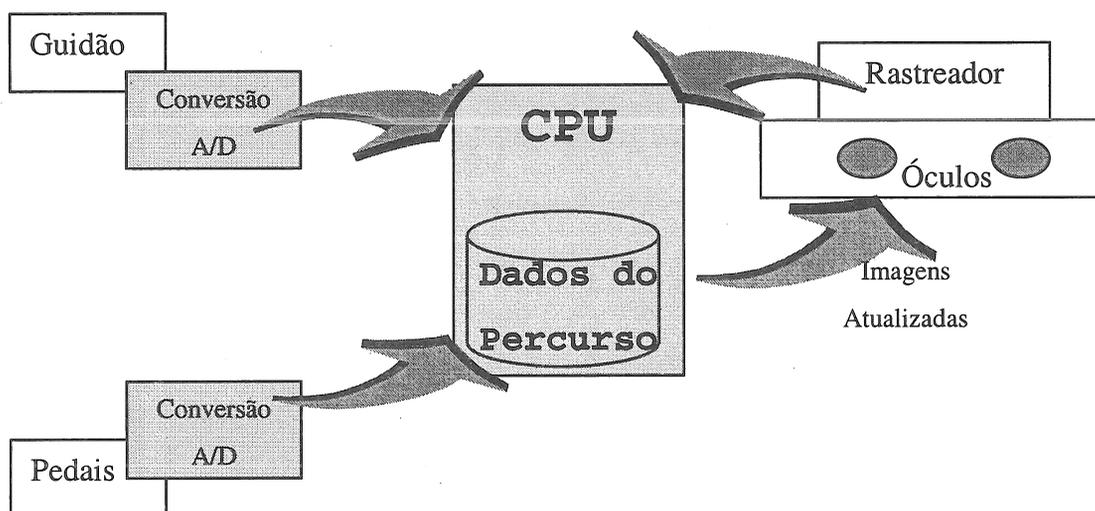


Figura 1 – Arquitetura do Protótipo de Teste

#### 3.1.1 Leitura os movimentos da Bicicleta

Para realizar a leitura dos dados da bicicleta foram utilizados dois sensores. Um deles ligado à direção (um potenciômetro) e um segundo ligado à roda da bicicleta (figura 2).

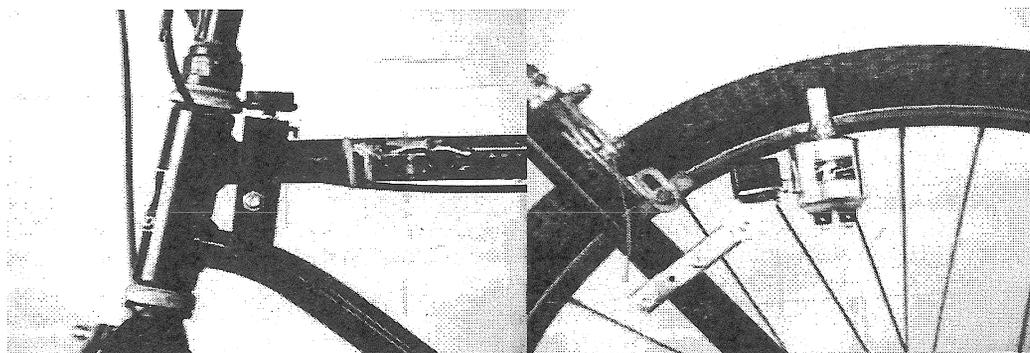


Figura 2 – Captadores de movimento acoplados à bicicleta

A transformação dos sinais analógicos em digitais é feita através de um equipamento chamado TNG-3[Mindtel 1999], que permite que se converta voltagem em sinais digitais. A conexão do TNG-3 com o computador é feita por uma porta serial.

### 3.1.2 Leitura dos movimentos da Cabeça

Para realizar a leitura do movimento da cabeça do usuário, utiliza-se um rastreador de posição do tipo ISOTRACK II, da empresa Polhemus[Polhemus 1999]. Este rastreador possui um alcance de aproximadamente 1,2 metros em cada eixo cartesiano.

Neste ponto é importante notar que em face dos dispositivos disponíveis o movimento dos olhos do usuário não causa mudanças na interface. Assim, para olhar para os lados, ele deve mover a cabeça.

### 3.1.3 Exibição dos Cenários

Os cenários exibidos buscam simular uma cidade por onde o usuário pode navegar. Para a exibição das cenas tridimensionais foi utilizada a biblioteca gráfica OpenGL[Woo 1997, Woo 1998] e o óculos de realidade virtual I-Glasses[I-Glasses 1999].

As cidades exibidas foram modeladas com um editor construído especificamente para este fim. Na figura 3 pode-se observar a visão do usuário sentado na bicicleta. Note que no sistema o usuário não dispõe de controle de interface como menus ou botões.

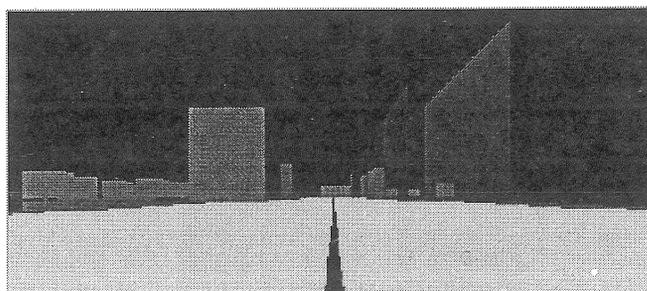


Figura 3 – Exemplo da Visão do usuário

## 3.2 Modelagem dos Cenários

A fim de permitir a navegação e a execução de testes detalhado, decidiu-se pela criação de nossos próprios cenários de validação. Para tanto desenvolveu-se um Editor de Cidades[Braum 1998].

Este Editor permite a criação rápida de pequenas cidades. Tratam-se de cidades com ruas, prédios e árvores. Estas entidades são suficientes para dar ao usuário a sensação visual de uma cidade. O Editor permite a gravação de cenários no formato VRML e em um formato próprio. Na figura 4 apresenta-se um exemplo da tela do Editor e a visualização do mesmo em um navegador VRML.

observado um usuário submetendo-se ao teste.

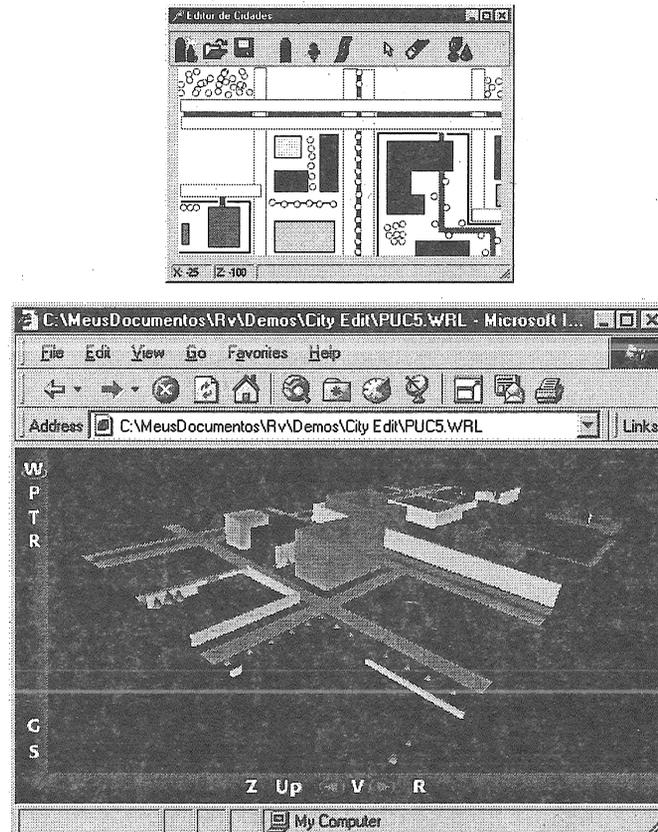
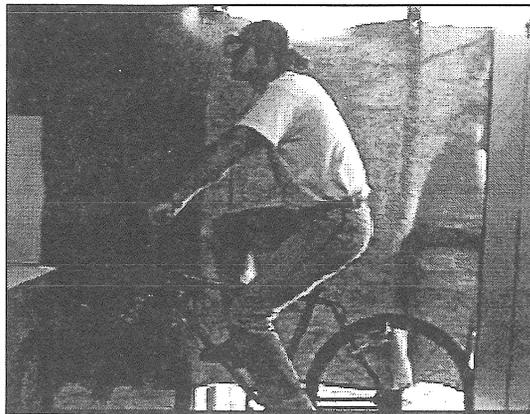


Figura 4 – Editor de Cidades

### 3.3 Metodologia dos Testes de Validação do Modelo

A metodologia de avaliação consistiu-se em comparar os resultados do uso do modelo como uso de um navegador comercial, como Internet Explorer. Na figura 5 pode-se



**Figura 5 – Usuário na Bicicleta Virtual**

A fim de testar o modelo proposto e o dispositivo construído, definiram-se alguns objetivos[Bowman, 1998] a serem alcançados no uso da interface. Estes objetivos são:

- a) Andar por um percurso determinado;
- b) Procurar um determinado objeto;
- c) Reconhecer os objetos do ambiente após uma navegação;
- d) Voltar a um determinado ponto da cidade;
- e) Analisar detalhes de uma parte da cidade.

A partir destes objetivos definiram-se algumas métricas a fim de avaliar quanto o modelo atende aos objetivos.

Estas métricas, com relação a cada objetivo podem ser vistas na tabela 2.

Objetivo	Métricas
a) Andar por um percurso determinado	Tempo total gasto Nível de dificuldade
b) Procurar um objeto	Tempo total gasto
c) Reconhecer os objetos do ambiente após uma navegação	Número de objetos reconhecidos
d) Voltar a um determinado ponto	Tempo total gasto
e) Analisar detalhes de uma parte da cidade	Nível de dificuldade

**Tabela 2 - Objetivos e suas respectivas métricas**

Para aplicar os testes escolheu-se um conjunto de 2(duas) cidades e definiu-se as seguintes tarefas para 16(dezesseis) usuários:

- a) Siga em frente, dobre à direita na terceira rua e vire à esquerda após o prédio verde;

- b) Na terceira rua à direita há uma caixa branca atrás de um prédio. Tente encontrá-la;
- c) Ande pelas duas ruas à direita desta avenida. (Ao voltar foi perguntado ao usuário: você lembra de ter visto quantas árvores ?)
- d) Tente achar novamente a caixa branca da tarefa b)
- e) Leia o que está escrito naquela placa ali em frente

Estas tarefas foram então executadas pelos usuários da seguinte forma: metade deles usou primeiro o Internet Explorer e a outra metade usou primeiro a Bicicleta Virtual. Isto foi feito a fim de avaliar se o conhecimento prévio do cenário poderia afetar o desempenho do usuário.

### 3.4 Resultados dos testes de validação

Os resultados obtidos na realização de cada tarefa estão expressos nas tabelas a seguir.

Métricas	Bicicleta	Navegador
Tempo Total gasto (em média)	25 s	40 s
Nível de Dificuldade		
Fácil	25,00%	18,75%
Médio	62,50%	43,75%
Difícil	12,50%	37,50%

Tabela 3 - Objetivo/Tarefa A - Andar por um percurso determinado

Métricas	Bicicleta	Navegador
Tempo Total gasto(em média)	28 s	35 s

Tabela 4 - Objetivo/Tarefa B - Procurar um objeto

Métricas	Bicicleta	Navegador
Percentual de acertos	75%	50%

Tabela 5 - Objetivo/Tarefa - Procurar um objeto - Reconhecer os objetos do ambiente após uma navegação

Métricas	Bicicleta	Navegador
Tempo total gasto	20	35
Ganho em relação a primeira vez	20,00%	12,50%

Tabela 6 - Objetivo/Tarefa D - Voltar a um determinado ponto

Métricas	Bicicleta	Navegador
Nível de Dificuldade		
Fácil	68,75%	37,50%
Médio	18,75%	31,25%
Difícil	12,50%	31,25%

Tabela 7 - Objetivo/Tarefa E - Analisar detalhes de uma parte da cidade

A ordem de utilização das interfaces não alterou os resultados dos testes.

#### 4. Conclusões

De uma forma geral os resultados obtidos foram bastante positivos para o modelo proposto. Na grande maioria dos casos a ferramenta desenvolvida mostrou-se muito superior aos navegadores comerciais existentes. Mesmo para usuários experientes no uso de navegadores tridimensionais (7 dos 16 usuários) o uso da ferramenta proposta mostrou-se muito eficiente.

Alguns usuários comentaram que sentiram-se cansados e desconfortáveis em ter que pedalar, estes preferiam que se estivesse simulando uma motocicleta.

Alguns usuários acharam a qualidade da imagem exibida no óculos como insatisfatória. A resolução usada limita-se a 640x480 por questões técnicas do equipamento.

Os melhores resultados obtidos com o modelo encontram-se no teste de "Análise de detalhes de uma parte da cidade". Isto se deve principalmente ao fato de que com a ferramenta construída o usuário precisa apenas mover a cabeça para enquadrar melhor um objeto de estudo, sem precisar lançar mão de teclas ou outros artifícios.

Notou-se também que a suavidade dos movimentos foi muito maior com o uso do modelo proposto.

Estamos agora iniciando estudos para tratar o problema de manipulação direta de objetos tridimensionais também utilizando técnicas de realidade virtual.

## 5. Referências Bibliográficas

- [Bowman 1998] Bowman, D. Hodges, L. *A Methodology for the evaluation of Travel Techniques for Immersive Virtual Environments*. GVU. TR98-04. 1995. Disponível em <ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/gvu/tr/1998/98-04.pdf>
- [Braum 1998] Braum, M. Sommer, S. "Ambiente de Edição de Cidade". Disponível em <http://www.inf.pucrs.br/~grv>.
- [Cooper 1997] Cooper, A. *About face: The essential of user interface design*. IDG Books. 1997.
- [Clark 1998] Clark, Pete. "The Easy VRML Tutorial". Documento disponível na Internet no endereço <http://www.mwu.edu/~pclark/intro.html>.
- [Greenhalgh, 1997] Greenhalgh C. *Analyzing movement and world transition in virtual reality teleconferencing*. In 5<sup>th</sup> European Conference of Computer Supported Cooperative Work (ECSCW'97), Lancaster, UK, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [Dourish, 1992] Dourish, P. e Bellotti, V. Awareness and Collaboration in Shared Workspaces. In Proceedings of CSCW'92, ACM Press, November, 1992.
- [Durlach 1998] Durlach, N., Slater M. *Presence in Shared Virtual Environments and Virtual Togetherness*. BT Workshop on Presence in Virtual Environments, 1998. Disponível em <http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/m.slater/BTWorkshop/durlach.html>
- [Forsberg 1998] Forsberg, A. et alii. **Seamless interaction in Virtual Reality**. IEEE Computer Graphics and Applications. nov/dec 1997, pp. 6-9.
- [Hardenbergh 1998] HARDENBERGH, J. C. - VrmL Frequently Asked Questions, [http://www.oki.com/vrml/vrml\\_faq.html](http://www.oki.com/vrml/vrml_faq.html), 1998
- [I-Glasses 1999] I-Glasses. I-O Display Systems Inc. <http://www.i-glasses.com>
- [Mindtel 1999] MindTel LLC - Center for Science and Technology <http://www.mindtel.com/mindtel/mindtel.html>
- [Mine 1995] Mine, M. Virtual Environment Interaction Techniques. UNC Chapel Hill Computer Science Technical Report. TR95-018.
- [Morrison 1998] Morrison S.A, Jacob, R.J. "A Specification Paradigm for Design and Implementation of Non-WIMP User Interfaces," ACM CHI'98 Human Factors in Computing Systems Conference, pp. 357-358, ACM Press, 1998.
- [Paush 1998] Paush, R. "Immersive Environments: research, applications and magic". Siggraph'98. Course notes., 1998.
- [Pinho 1997] PINHO, Márcio S e KIRNER, Cláudio. Uma Introdução à Realidade Virtual. Mini-curso. X SIBGRAPI. Campos do Jordão, SP, Outubro, 1997.
- [Polhemus 1999] Polhemus Company. <http://www.polhemus.com>
- [Schneiderman, 1998] Schneiderman, B. *Design the user Interface: strategies for effective human-computer Interaction*. Addison-Wesley. 3<sup>rd</sup> ed., 1998.
- [Siggraph 1995] Siggraph'95 - Course notes <http://www.siggraph.org/conferences/siggraph95/siggraph95.html>
- [Slater 1994] Slater, M; Usoh, M. e Steed A. *Depth of Presence in Virtual environments*. Presence, 1994, 3:130-144
- [Van Dam, 1997] Van Dam, A. Post-WIMP User Interfaces. Communications of the ACM. Vol 40. No. 2, Feb 1997. P 63-67.
- [Woo 97] Woo, Mason et al. "OpenGL Programming Guide, The Official Guide to Learning OpenGL", Release 1, 1997.
- [Woo 98] Woo, M. "A visual introduction to OpenGL programming". Siggraph'98. Course notes, 1998