

### 3. Interação em Ambientes Virtuais Imersivos

Com o advento da realidade virtual, as formas de interface entre homem e máquina poderão ter uma enorme evolução em termos de qualidade. Esse acréscimo na qualidade de interface poderá surgir pelo fato de que a realidade virtual pode proporcionar modos mais intuitivos dos usuários interagirem com o sistema. Isto, entretanto só será possível se esta nova tecnologia de fato possibilitar o desenvolvimento de ambientes virtuais mais semelhantes com a realidade, além de técnicas mais naturais de interação com esses ambientes.

Para tanto, essas técnicas de interação devem permitir ao usuário, executar ações como **seleção**, **manipulação** e **navegação** dentro dos ambientes virtuais, **aproveitando seus conhecimentos sobre o mundo real**.

As técnicas bidimensionais chamadas de "*metáforas de mesa*" baseadas em menus, botões, caixas de diálogo e outros são pouco apropriadas para aplicações que usam capacetes de realidade virtual, luvas e dispositivos de apontamento com seis graus de liberdade.

Neste capítulo é apresentado um estudo sobre os aspectos relativos à interação em ambientes virtuais imersivos. São apresentadas técnicas de **seleção**, de **manipulação** de objetos, bem como de **navegação** em ambientes tridimensionais imersivos.

Antes desta subdivisão, são apresentadas algumas considerações gerais sobre as técnicas de interação em ambientes imersivos. A seguir algumas destas técnicas mais importantes e representativas das diversas categorias são descritas com mais detalhes.

#### 3.1 Ambientes virtuais imersivos

Neste trabalho, um **ambiente virtual imersivo** é um cenário tridimensional dinâmico (animação) armazenado em computador e exibido através de técnicas de computação gráfica, em tempo real, de tal forma que faça o usuário acreditar que está imerso neste ambiente. Normalmente, esta exibição, a fim de atingir a sensação de imersão, é realizada através de dispositivos especiais como HMDs, BOOMs, *Shutter-Glasses* ou CAVES.

O ambiente virtual nada mais é do que um cenário onde os usuários de um sistema de realidade virtual podem navegar e interagir. Uma característica importante dos ambientes virtuais é o fato deles serem sistemas dinâmicos, ou seja, os cenários modificam-se, 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.

##### 3.1.1 Usos da interação em ambientes virtuais

O uso de interação em ambientes virtuais imersivos tem crescido muito nos últimos anos. Cada vez mais áreas estão buscando nesta ferramenta um melhor suporte ao processo de interação homem-máquina.

Atualmente por exemplo, a comunidade de arquitetura já busca formas não só de **visualizar**

os ambientes com imersão, mas está buscando principalmente, **interagir** e **projetar** seus espaços em ambientes imersivos.

O outro exemplo são as aplicações de visualização científica, nas quais, os cientistas podem ver e interagir com cenas e objetos complexos de uma a forma muito mais rica, poderosa e intuitiva do que através de uma tela de computador [Taylor, 1993; Lin, 2000; Wan, 2000], além de poder situar-se dentro do experimento sem afetar sua simulação.

Conforme pode ser observado na Tabela 3.1 algumas dessas aplicações têm obtido resultados razoáveis. Apesar destes exemplos, o número de aplicações bem sucedidas de ambientes virtuais ainda é pequeno e fica restrito aos limites dos laboratórios de pesquisa. A maioria das aplicações de sucesso é representada por sistemas de **visualização espacial**. Nessas aplicações faz-se um grande uso da possibilidade que os ambientes imersivos têm de que o usuário mova-se dentro do mesmo e visualize o ambiente, de diversas posições, sem, entretanto, haver a necessidade de um alto grau de interação entre o usuário e os objetos do ambiente.

**Tabela 3.1 – Exemplos de aplicações interativa de realidade virtual**

<b>Domínio</b>	<b>Exemplos</b>
Experiências de imersão	Tratamento psicoterápico [Rothbaum 1995; Shinomiya, 1997; Rizzo, 2000] Entretenimento e Educação [Pausch 1996; Johnson, 1998; Goebel, 1999; Sommerer, 1999, Sommerer, 1999]
Treinamento	Cirúrgico [Chua, 1998; Burdea, 1998; Stansfield, 1998; Zhu, 1999] Militar [Macedonia 1994; Julier, 1999] Manutenção: [Wilson 1995; Jayaram, 1999; Fröhlich, 2000]
Visualização de ambientes inexistentes perigosos ou impossíveis	Simulação de Colisões: [Schulz, 1998] Dinâmica de Fluidos: [Bryson 1992] Manipulação de Dados Geográficos [Lin, 2000, Wan, 2000]

Em outras palavras, a promessa de ambientes virtuais tridimensionais úteis, onde o usuário possa interagir diretamente com objetos virtuais tridimensionais, ainda não é realidade.

Estas limitações têm diversas razões. Além das conhecidas restrições e limitações tecnológicas impostas pelos dispositivos, como tempo de resposta, excesso de fios para conexão e baixa qualidade visual das imagens, alguns fatores menos óbvios impedem o desenvolvimento de aplicações de realidade virtual para o chamado “mundo real”.

A principal dificuldade é a total falta de restrições dos ambientes tridimensionais gerados por computador. Diferentemente do que ocorre com uma metáfora de mesa, utilizada nos mais diversos ambientes de janelas gráficas, onde a mesa e o *mouse* provêm restrições e suporte físicos para o movimento, as técnicas de interação tridimensionais tocam “objetos” virtuais que não dão ao usuário o retorno tátil e/ou comportamental que o objeto real provê.

Em outras palavras, a idéia de [Norman 1988], de que o “conhecimento de como se manipula um objeto está armazenado no próprio objeto” (um botão de elevador só pode ser pressionado, um controle de volume só pode ser girado, etc...), não pode ser aplicada à maioria dos ambientes virtuais.

Além disto, a incapacidade inerente aos dispositivos de realidade virtual de captar todas as informações que podem ser produzidas pelo usuário, obriga este usuário a seguir regras muito rígidas e às vezes pouco naturais no processo interativo.

Na Tabela 3.2 pode-se observar uma comparação entre tarefas do mundo real e as implicações de se realizá-las num ambiente virtual.

**Tabela 3.2 – Tarefas reais e virtuais**

<b>Mundo Real</b>	<b>Ambientes virtuais imersivos</b>
A manipulação de objetos é usualmente feita com ferramentas	A seleção de ferramentas é complicada
A possibilidade de comunicação com outros usuários através de voz é de fundamental	A tecnologia de reconhecimento de voz ainda é precária

importância no processo interativo entre mais de um usuário	
A possibilidade de tomar medidas do ambiente é bastante natural para aplicações reais	Ainda é difícil e pouco precisa a possibilidade de tomar medidas em ambientes virtuais
A anotação de informações textuais e gráficas sobre papel ou quadros de aviso é extremamente simples e útil no processo de interação em ambientes reais	A entrada de textos e números é pouco desenvolvida em ambientes virtuais

Outro aspecto que tem dificultado a disseminação da tecnologia de interação em ambientes virtuais é a falta de padrões para interação neste tipo de um ambiente. Com isto, toda vez que o usuário tem que mudar de sistema, de plataforma ou até mesmo de dispositivo, tem que re-aprender uma nova forma de interação.

Da mesma forma que em ambientes não imersivos, a realização de tarefas em um ambiente virtual imersivo, passa necessariamente por uma ou mais destas tarefas básicas: **navegação**, **seleção** e **manipulação**. Nas seções a seguir estas três tarefas serão abordadas com maiores detalhes.

### 3.2 Formas básicas de interação em ambientes virtuais

Na análise de qualquer das tarefas interativas citadas acima pode-se definir três categorias, de acordo com tipo de controle exercido pelo usuário. Estas categorias são as seguintes [Mine, 1995]:

- **Interação direta:** esta categoria inclui as técnicas interativas que se utilizam o corpo do usuário (mãos, braços, cabeça, etc) atuando diretamente sobre o objeto através de um “toque virtual” sobre este. Para tanto se faz necessário que o sistema de realidade virtual possua funções de suporte ao rastreamento das mãos e da direção do olhar, reconhecimento de gestos e detecção do apontamento de um objeto. O sucesso das técnicas de interação direta depende da capacidade do sistema em realizar um mapeamento natural e intuitivo entre a ação do usuário e a ação resultante no mundo virtual. Maiores detalhes sobre estas técnicas são apresentados na seção 3.3;
- **Interação com controles físicos:** esta categoria inclui o uso de botões, *joysticks*, pedais, etc. Usar controles físicos para interagir com um mundo virtual (como uma guidão, em um simulador de carro) pode aumentar enormemente a sensação de presença do usuário no mundo virtual, pois permite ao usuário algum tipo de sensação tátil não disponível na interação direta. Dispositivos físicos também são úteis para o controle preciso da tarefa de interação. Estes dispositivos, no entanto, nem sempre oferecem um mapeamento natural que facilite a tarefa de interação no mundo virtual;
- **Controles virtuais:** a idéia neste caso é representar visualmente um dispositivo físico. Qualquer coisa que se imagine pode ser implementada como um controle virtual. Esta grande flexibilidade é a vantagem maior dos controles virtuais, entretanto, as desvantagens incluem a falta de um retorno sensorial e a dificuldade de interação com o objeto virtual.

Nas seções 3.5, 3.6 e 3.7 é analisado o emprego destas formas básicas nas tarefas de navegação, seleção e manipulação, respectivamente.

### 3.3 Metáforas de interação direta

A categoria de interação direta é a mais comum nas implementações de ambientes virtuais. A maioria das metáforas usada pode ser enquadrada em uma das seguintes sub-categorias:

- **Interação com a mão:** Nesta categoria o usuário utiliza a própria mão para selecionar e manipular os objetos do ambiente virtual. A possibilidade de aproveitar-se o conhecimento intuitivo do usuário sobre este tipo de manipulação é o grande atrativo desta categoria. Entretanto, ela limita o processo a objetos próximos ao usuário;
- **Extensão de braço:** nessa categoria o braço usuário é estendido de forma a atingir qualquer objeto dentro do ambiente virtual. A grande vantagem desta metáfora é a possibilidade de continuar-se a usar os movimentos das mãos para realizar a tarefa, o que representa uma forma bastante natural e intuitiva de interação, e mesmo assim poder-se atingir objetos que estão além de seu campo de ação. As várias implementações desta metáfora diferem na forma como o braço é estendido e como o movimento da mão real é mapeado para o movimento da mão virtual no ambiente tridimensional [Bowman, 1997; Song, 1993; Poupyrev, 1996];
- **Ray-casting:** nesta categoria o conceito de apontar o objeto em uma imagem bidimensional é estendido para um ambiente tridimensional. Nela, um raio, controlado pelo usuário, atinge o objeto a ser manipulado. As várias formas de implementar esta metáfora diferem na maneira como usuário especifica a direção do raio, em algumas ele usa um dispositivo físico como uma caneta, e outras o dedo, em outras as duas mãos (criando um raio que tem origem em uma das mãos e a direção é controlada pela outra) ou ainda a direção da cabeça;
- **Image-plane:** nestas técnicas o aspecto tridimensional do ambiente virtual não é considerado, sendo feita uma seleção sobre a projeção perspectiva da cena tridimensional. Na verdade, esta metáfora é uma adaptação da metáfora de *ray-casting*. Neste caso raio parte do olho do usuário e tem sua direção controlada por sua mão ou um outro dispositivo, atingindo o objeto desejado. O efeito disto na prática é que se pode selecionar um objeto apenas posicionamento a mão do usuário entre seu olho e a imagem do objeto obstruindo sua visão do objeto de interesse.

Maiores detalhes sobre técnicas interativas baseadas nestas metáforas serão apresentados a partir da seção 3.5

Existem algumas outras técnicas que não se enquadram nestas categorias como, por exemplo, o mundo nos em miniatura (seção 3.9.1), menus (seção 3.8), painéis (seção 3.11), e gestos (seção 3.10).

### 3.4 Parâmetros do processo interativo

A definição de uma técnica de interação é guiada pelo desejo do projetista de prover forma de maximizar o conforto e o desempenho do usuário enquanto este desenvolve uma tarefa de manipulação. Deste modo, entender a tarefa de interação e suas propriedades é de extrema relevância para o projeto de diálogos de manipulação tridimensional efetivos e fáceis de utilizar.

Alguns parâmetros influenciam de maneira fundamental a qualidade e o resultado de uma metáfora de interação. Entre estes cabe destacar:

- **Densidade de objetos existentes na região do objeto alvo:** quanto maior o número de objetos próximos ao objeto de interesse, maior pode tornar-se a dificuldade para manipulá-lo, em especial no caso de uma seleção, pois achar objeto desejado pode levar mais tempo e diferenciá-lo dos demais pode ser mais complicado;
- **Distância até o objeto-alvo:** se o objeto de interesse estiver muito distante do usuário, o processo de manipulação pode tornar-se difícil, em especial se for utilizado a alguma técnica de apontamento por raios;
- **Tamanho do objeto-alvo:** caso o objeto-alvo apareça muito pequeno para o usuário, sua seleção pode tornar-se complicada, pois haverá a necessidade de uma maior precisão nos movimentos de seleção ou apontamento;
- **Oclusão do objeto-alvo:** caso o objeto-alvo esteja sendo obstruído por outros, a manipulação fica inviável. Para efetuar-la, o usuário deverá deslocar os objetos que o obstruem ou então redefinir sua própria posição em relação a este, a fim de conseguir visualizar o objeto;
- **Número de objetos a ser selecionado:** caso o número de objetos a ser selecionado seja muito grande o usuário necessitará de alguma metáfora adicional que permita marcar novos objetos como selecionados sem perder a seleção feita anteriormente;
- **Graus de liberdade do movimento:** uma metáfora de interação com seis graus de liberdade permite um excelente controle do objeto, possibilitando sua movimentação e orientação em todas as direções. Isto, entretanto pode não ser interessante quando se precisa realizar operações de ajuste ou alinhamento fino na posição ou na orientação do objeto e nem quando, durante um movimento, não é necessário, nem desejável, tratar-se o deslocamento em um certo eixo.

Nas seções a seguir serão apresentadas as características das três principais tarefas interativas executadas em ambientes virtuais tridimensionais (navegação, seleção e manipulação).

## 3.5 Navegação em ambientes imersivos

Em um ambiente imersivo, entende-se por **navegação**, o processo de deslocamento, por parte do usuário, de seu avatar dentro do ambiente virtual. Este deslocamento compreende tanto a mudança de sua posição, quanto as possibilidades de rotação do avatar (mesmo que este não saia de sua posição atual) e ainda as tarefas de parar e alterar a velocidade do movimento.

No contexto de navegação, alguns autores dividem as técnicas navegação em **técnicas de deslocamento** [Bowman, 1998; Bowman, 1996], e **técnicas de wayfinding** [Ruddle, 1998; Slater, 1995; Waller, 1998, Darken, 1998]. Nesta abordagem, o deslocamento consiste em mudar o observador de lugar, e o *wayfinding*, nas técnicas que objetivam auxiliar o usuário a encontrar o caminho correto ou desejado. Neste trabalho estes aspectos serão abordados sem esta distinção.

### 3.5.1 Categorias do processo de navegação

A **navegação** em um ambiente virtual pode ser dividida, segundo seus objetivos, em três categorias:

- **Navegação exploratória:** quando o movimento não tem destino específico. Neste caso, a navegação serve principalmente para criar no usuário um conhecimento maior do ambiente;
- **Navegação de busca:** quando o usuário está indo a uma posição, conhecida ou não, a fim de encontrar um objeto-alvo, ou posição-alvo, onde a alguma outra tarefa será realizada;
- **Navegação de manobra:** quando o objetivo do deslocamento é o posicionamento do usuário para a realização de uma tarefa. Em geral é feito através de movimentos lentos, pequenos e precisos, principalmente lançando-se mão de rotações da cabeça e do corpo do usuário.

### 3.5.2 Técnicas de navegação

O mapeamento do movimento físico (como o andar, por exemplo) para o movimento virtual, é uma das maneiras mais intuitivas de se realizar movimento em um ambiente virtual. Feito desta forma, o movimento não requer nenhuma ação especial por parte do usuário e propicia informações que podem ajudá-lo a manter, com grande facilidade, um modelo mental de sua localização dentro do ambiente.

A desvantagem de usar o movimento físico para mover-se no mundo virtual, é que o alcance do movimento do usuário depende diretamente da tecnologia de rastreamento utilizada na aplicação. Quando se opta por rastrear o movimento do corpo do usuário com rastreadores, fica-se restrito, na maioria dos casos, a uma área de trabalho (área de rastreamento) de 1 a 2 metros, o que, muitas vezes, não proporciona uma adequada mobilidade do usuário no ambiente.

Outras alternativas para captura o deslocamento são as “plataformas de movimento” [Noma,

2000] que permitem ao usuário mover-se dentro do ambiente “caminhando” de forma estacionária sobre uma esteira (Figura 3.1) ou sobre degraus móveis . Estes dispositivos, entretanto ainda são pouco confiáveis e muito caros para serem montados.

Estas observações mostram que alguns meios alternativos para deslocamento devem ser encontrados. Tipicamente são utilizadas algumas formas de vôos pelo ambiente (movimentações aéreas sobre o ambiente) ou também algumas formas de tele-transporte instantâneo como elevadores portais ou carros que conduzem os usuários de/para locais estratégicos no cenário virtual.



Figura 3.1 - Dispositivo de navegação com esteira

Em função dessa dificuldade em realizar a movimentação natural em um mundo virtual, costuma-se controlar o processo de deslocamento através de dois parâmetros distintos: **direção do movimento** e **velocidade do movimento**, os quais serão abordados mais profundamente nas duas próximas seções.

### 3.5.3 Controle da direção do movimento

O controle da direção do movimento pode ser feito de diversas formas. A seguir algumas delas são apresentadas.

O controle da navegação pelo **movimento da mão** depende da orientação corrente da mão do usuário que pode apontar a direção a seguir. Esta alternativa permite uma grande flexibilidade e liberdade na movimentação possibilitando inclusive, movimentações em marcha ré. Entretanto, para alguns usuários, em especial para aqueles que não estão habituados a ambientes imersivos, o apontamento no espaço pode causar confusão, além de causar um pouco de fadiga no braço.

Uma alternativa, para a técnica acima, é usar a mão apenas para mover uma espécie de cursor de forma a colocá-lo visualmente sobre um **objeto-alvo**. A direção do movimento, então, é dada por um vetor que sai da cabeça do usuário e vai até o cursor. Um fator limitante do uso desta técnica é a necessidade de manter-se o braço erguido durante a navegação.

Uma terceira alternativa para o movimento por apontamento é o uso de um **fator de escala**. A idéia consiste em aplicar um fator de escala sobre o ambiente virtual de forma que o ponto destino fique ao alcance da mão do usuário. Feito isto, o usuário marca com a mão este ponto e uma nova escala (inversa à anterior) é realizada, tendo, desta feita, como ponto de referência, o ponto marcado pelo usuário. O resultado final disto é que o usuário é transportado para o ponto marcado. É

importante aqui que a aplicação das escalas sejam feitas de forma gradual e animada de maneira que o usuário possa observar a realização do movimento e assim não fique perdido após sua realização.

Outra forma de deslocar um avatar em um ambiente virtual é a utilização do **movimento da cabeça**. Nesta alternativa, o usuário escolhe a direção a seguir pelo simples gesto de movimentar sua cabeça livremente. Este método, entretanto, impossibilita a observação do ambiente ao seu redor do usuário durante o movimento, sem que exista a mudança de direção deste movimento.

O **uso de dispositivos físicos** para a navegação é outra opção que à primeira vista pode ser bastante interessante para o controle da direção do movimento. Entretanto alguns cuidados devem ser adotados com a escolha dos dispositivos. Opções como *joysticks*, *trackballs* e botões têm um custo baixo e são de fácil incorporação nas aplicações.

Por outro lado, estes dispositivos, podem criar dificuldades no mapeamento entre o seu movimento e o movimento do avatar no mundo virtual. O giro de um botão de um *joystick*, por exemplo, representará qual movimento no ambiente virtual?

Cabe ressaltar, ainda, que em algumas aplicações do mundo real em que já se usa dispositivos físicos, a forma mais efetiva de criar um mecanismo de interação é incorporar o próprio dispositivo à aplicação. Exemplos disto são os simuladores de avião [Pausch, 1995], de carros e de bicicletas [Pinho, 1999].

Ao invés de utilizar-se dispositivos físicos, uma alternativa é a implementação de **dispositivos virtuais** [Doellner, 1998] para controlar a movimentação em um ambiente virtual. Esta técnica tem a flexibilidade como grande vantagem, pois qualquer dispositivo pode ser modelado. A interação com estes dispositivos, entretanto, é difícil, fundamentalmente, devido à falta de retorno sensorial tátil durante o processo (o usuário toca em um botão virtual, mas não sente que o tocou). Algumas técnicas como mudar a cor de um botão virtual ou movê-lo à medida que o usuário interage com ele, são alternativas para reduzir este problema.

Algumas vezes a direção do movimento do usuário pode não ser controlado por ele diretamente, mas sim, **dirigida por objetos** presentes no mundo virtual. Estes objetos incluem veículos autônomos (uma vez dentro, o usuário é transportado para um ponto específico no mundo virtual, como num elevador ou num ônibus), atratores (como um planeta e sua gravidade) e objetos repelentes.

Nesta mesma linha de subtrair do usuário o controle do movimento enquadra-se a idéia de limitar-se o **movimento por caminhos pré-definidos**, da mesma forma que no caso de navegação em ambientes não-imersivos (seção 2.4.4).

Uma outra forma de controlar o movimento em um ambiente virtual é **dirigi-lo por objetivos**. Em um sistema dirigido a objetivos, uma lista de alvos é exibida ao usuário através de textos ou de um conjunto de ícones. Para navegar para uma determinada posição, a usuário simplesmente o escolhe-a de uma lista. Para a efetivação desta técnica é necessário que o sistema de controle do ambiente virtual proveja alguma forma de acesso a menus ou painéis de opções virtuais

(seções 3.8 e 3.11, respectivamente)

Pode-se implementar esta forma de navegação através do apontamento sobre pequenos mapas ou miniaturas do ambiente virtual. Maiores detalhes sobre esta técnica são apresentados na seção 3.9.1.

A direção do movimento pode ainda ser especificada com o uso das duas mãos. Neste caso, o sistema deve criar um vetor baseado nas posições de ambas as mãos. Este vetor é então usado para direcionar o movimento [Mine, 1997] (Figura 3.2).

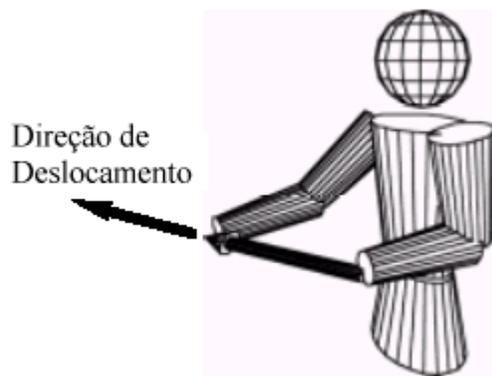


Figura 3.2 – Controle da direção com as duas mãos[Mine1997]

### 3.5.4 Controle da velocidade do movimento

A forma mais simples de especificar a velocidade do movimento em um mundo virtual é torná-la **constante**, qualquer que seja a direção ou a posição do usuário no espaço virtual. Pode-se levar em conta, para determinar tal velocidade, a relação entre o tamanho deste espaço e o tempo disponível ou desejável para atravessá-lo.

Apesar da facilidade de implementação, as dificuldades em obter-se o posicionamento desejado, que em geral é atingido diminuindo-se a velocidade ao final do movimento, tornam esta técnica pouco atraente.

Ao invés de uma velocidade constante, o usuário pode se movimentar com uma **aceleração constante**. Nesta modalidade o movimento inicia-se com uma velocidade baixa, que é ideal para deslocamentos curtos, e à medida que este deslocamento perdura, aplica-se a ele uma aceleração. Isto permite que a velocidade cresça com a duração do deslocamento no ambiente virtual. Este tipo de controle de velocidade é útil quando se tem um ambiente muito grande a ser percorrido e também quando existem muitos detalhes no cenário para serem explorados. Deve haver neste caso formas de reduzir a velocidade, através de uma desaceleração, a fim de atingir com mais facilidade a posição desejada.

O uso da **posição da mão** também pode ser uma forma de controle da velocidade. O usuário pode indicar a velocidade através, por exemplo, da distância entre sua mão e seu corpo. Criando-se uma relação linear entre esta distância e a velocidade, pode-se ter uma velocidade baixa mantendo-se a mão próxima à cabeça. À medida que se afasta a mão, aumenta-se também a velocidade de deslocamento. Esta técnica pode causar dificuldades no controle da velocidade pois pode gerar

inúmeros valores entre o mínimo e o máximo. A fim de solucionar este problema, [Mine, 1995] sugere que se definam intervalos ou zonas nas quais são estipulados níveis de velocidades, bastando ao usuário, indicar com a mão o intervalo desejado. Na Figura 3.3 pode-se observar tanto a idéia do controle linear da velocidade quanto a idéia de zonas.

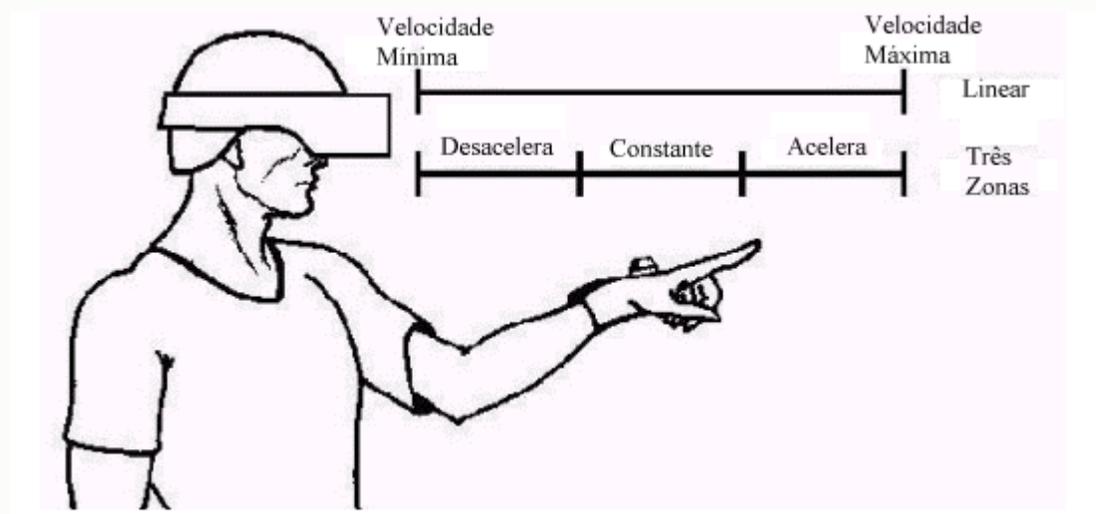


Figura 3.3 - Controle de velocidade pela distância da mão[Mine, 1995]

Outra técnica para a especificação da velocidade de deslocamento pode ser o uso das duas mãos. Neste caso, distância entre as mãos determina a velocidade de deslocamento.

Outros estudos sobre interação com as duas mãos podem ser encontrados em [Buxton, 1986; Goble, 1995; Mapes, 1995; Zeleznik, 1997] e também neste texto, na seção relativa a interação por gestos (seção 3.10).

A maior limitação destas alternativas é a fadiga de manter-se o braço muito tempo esticado para controlar uma certa velocidade.

**Dispositivos periféricos reais** também podem ser usados para o controle da velocidade. Para isto pode-se usar dispositivos convencionais como teclado, *mouse* ou *joysticks* ou outros dispositivos como pedais, bicicletas e esteiras rolantes.

Assim com no controle da direção do deslocamento, a velocidade pode ser definida por **controles virtuais**. Da mesma forma que na especificação da direção do movimento, a falta de retorno tátil pode causar dificuldades na manipulação.

### 3.6 Seleção em ambientes imersivos

Antes da manipulação de um objeto é essencial que ele seja “selecionado”, ou seja, que o usuário possa informar ao sistema que controla o ambiente virtual qual é, ou quais são, os objetos alvo da futura manipulação.

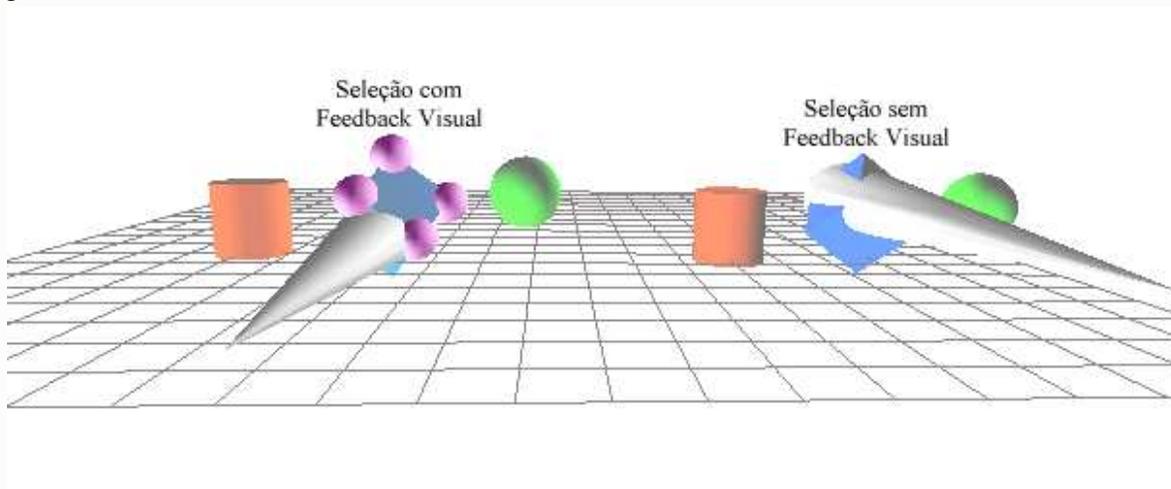
No processo de seleção pode-se identificar duas etapas. Na primeira, **a indicação do objeto**, o usuário, “mostra” ao sistema qual o objeto deseja manipular. Na segunda, **a confirmação da seleção**, o usuário define o objeto como selecionado, concluindo o processo de seleção e permitindo,

a partir disto, a manipulação.

A **indicação do objeto** pode ser feita apontando-se, tocando-se, englobando-se o objeto com moldura, escolhendo-se diretamente sobre uma lista de texto (menu) ou de ícones ou ainda através de comandos de voz.

A **confirmação** do processo de seleção por sua vez, pode ser feita com gestos, botões, voz ou até mesmo por algum mecanismo de tempo que seja capaz de controlar por quanto tempo um objeto fica sendo apontado, neste caso, se a seleção prolongar-se por um período maior do que aquele estipulado, a seleção é confirmada e o objeto pode então ser manipulado.

Um o aspecto essencial no processo de seleção é a necessidade de “*feedback*” ao usuário. Este retorno é necessário nos dois momentos do processo de seleção. No apontamento é preciso que o objeto apareça com algum destaque em relação aos demais. Alternativas para isto são exibir o objeto selecionado com uma cor diferente ou com uma moldura ou marcadores ao seu redor, por exemplo (Figura 3.4). No instante da **confirmação** é preciso que algum sinal, sonoro visual ou tátil, seja gerado ao usuário.



**Figura 3.4 - Feedback visual durante o processo de seleção**

Nas seções a seguir são apresentadas várias formas de seleção de objetos.

### **3.6.1 Seleção direta de objetos**

Para selecionar objetos próximos a seu corpo, o usuário pode mover um cursor, que pode estar preso à sua mão. Quando este cursor tiver tocando o objeto, pode-se confirmar a seleção. Na Figura 3.1 pode-se observar um usuário “tocando” um objeto.

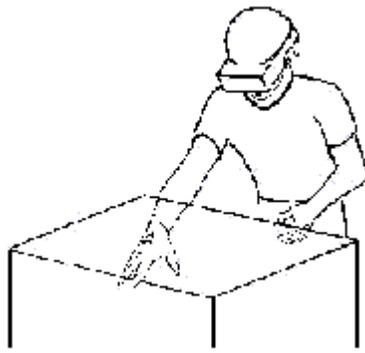


Figura 3.5 - Avatar tocando objeto virtual

Cabe ressaltar que esta técnica permite a seleção apenas de objetos próximos ao corpo do usuário.

### 3.6.2 Técnicas de seleção por raio

Para selecionar objetos distantes, precisa-se criar alguma forma de extensão do alcance dos braços do usuário. Para tanto, várias alternativas podem ser utilizadas.

Pode-se lançar mão, por exemplo, de um **raio de apontamento**.

Nesta técnica, conhecida por *ray casting*, uma espécie de raio *laser* sai da mão do usuário e projeta-se na direção do ambiente virtual sendo controlado pelo movimento de algum objeto ou pela própria mão do usuário (Figura 3.6). Em ambos os casos há a necessidade de algum dispositivo de rastreamento a fim de capturar o movimento da mão e a direção do apontamento.

A direção do raio também pode ser controlada pelo movimento a cabeça do usuário. Este movimento para o controle de raios é uma das formas mais poderosas e intuitivas de apontar e posicionar objetos. Em algumas aplicações, até mais eficaz do que a própria mão. [Chung, 1994; Chung 1992] apresentou testes em que radiologistas que planejavam radioterapia preferiram realizar a orientação dos raios através do movimento da cabeça se comparado com o uso de *mouse*, *joystick* ou apontador *laser*.

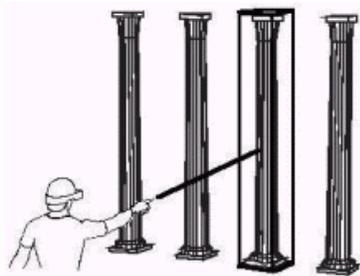


Figura 3.6 – Uso de um raio para selecionar objeto virtual

No uso de raios para a seleção, uma dificuldade é a precisão para o apontamento de objetos distantes. Para solucionar este problema pode se permitir que o usuário efetue escalas no ambiente virtual mudando assim o tamanho dos objetos. Esta idéia é a base da técnica *World in Miniature*,

descrita na seção 3.9.1.

Outra alternativa é a idéia de usar-se **cones de luz** no lugar de raios de apontamento. Assim, à medida que a distância a partir do início do raio aumenta, a área atingida por ele também cresce formando uma espécie de cone (Figura 3.7). Esta idéia é a base de duas técnicas conhecidas como *Spotlight* e *Aperture*, descritas nas seções 3.6.4 e 3.6.5, respectivamente.

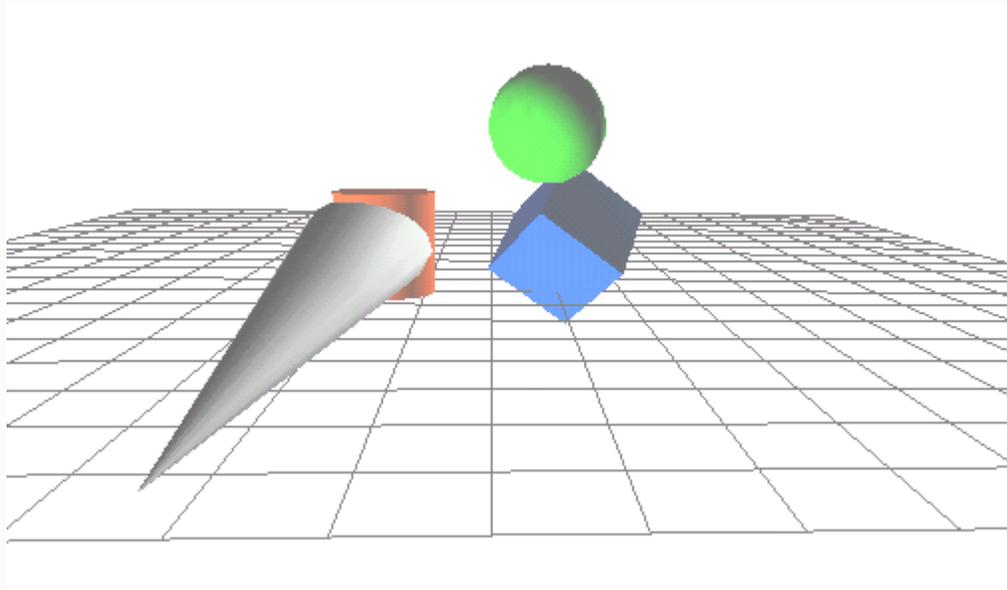


Figura 3.7- Seleção por “cone de luz”

### 3.6.3 Seleção sobre a imagem 2D do ambiente 3D

Outra forma de seleção é o apontamento sobre a imagem do ambiente tridimensional. Nesta metodologia, a posição de um cursor que se desloca sobre o plano de projeção da imagem, serve como ferramenta para apontar o objeto desejado.

Na realidade esta é uma técnica de apontamento por raio na qual a origem do raio é o ponto entre os olhos usuário e o controle da direção é dado pelo cursor sobre a tela. O movimento do cursor, por sua vez, pode ser feito pela mão do usuário desde que este movimento seja rastreado através de algum dispositivo de captura de movimento. O primeiro objeto atingido pelo raio é dado como selecionado. [Pierce, 1997] chama esta técnica de *stick finger* (Figura 3.8).

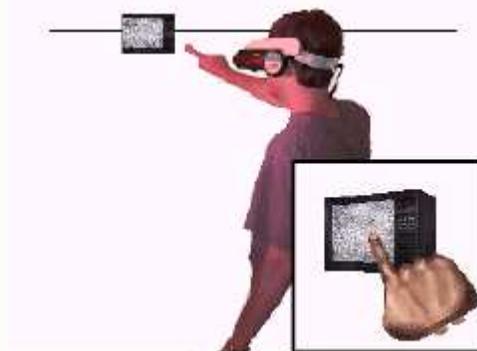


Figura 3.8- Técnica de seleção “Stick Finger” [Pierce, 1997]

Utilizando variantes desta idéia [Pierce, 1997] apresenta outras três técnicas para selecionar objetos usando sua imagem. Em todas o usuário veste um óculos de realidade virtual e uma luva,

ambos com suas posições capturadas por um rastreador.

Na técnica chamada de *Head-crusher* o usuário seleciona um objeto colocando sua imagem entre os dedos da mão conforme o detalhe apresentado na Figura 3.9. A seleção do objeto é realizada disparando-se um raio do ponto médio entre os olhos usuário passando pelo ponto médio entre dedos (indicador e polegar) da mão usada para a seleção.



Figura 3.9- Técnica de seleção “Head Crusher”

Outra técnica que atua sobre a imagem bidimensional do ambiente virtual é a que busca simular um “truque” visual comumente montado em fotografias. Neste truque a uma pessoa é colocada, em uma foto, sobre a palma da mão de outra. No caso de um ambiente virtual o objeto é selecionado a partir da posição da mão, tomando-se como ponto direcionador do raio de seleção, um ponto ligeiramente acima da palma da mão do usuário. É preciso neste método, detectar que o braço está estendido e que os dedos da mão estão abertos. Isto pode ser feito com o uso de luva de realidade virtual, com um rastreador ou com a captura da imagem da mão e posterior identificação de suas posições.

A última técnica proposta por Pierce é útil para selecionar um grupo de objetos. Para tanto o usuário utiliza as duas mãos para delimitar uma moldura sobre a cena virtual. Esta moldura é especificada, conforme a Figura 3.10, através do posicionamento das mãos em frente ao objeto de interesse do usuário. O nome dado a esta técnica é “*Framing hands*”. Para prover uma informação adicional ao usuário durante o processo de seleção, pode-se desenhar sobre a imagem um retângulo que represente a moldura de seleção.

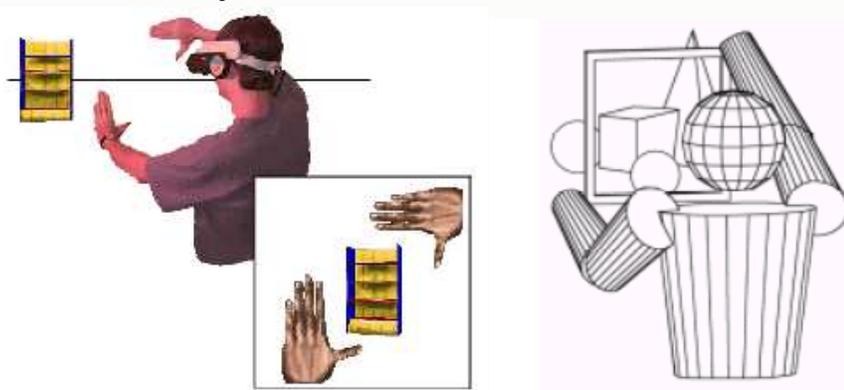


Figura 3.10- Técnica de seleção “Framing hands”

#### 3.6.4 Técnica de *Spotlight*

A seleção de objetos através de raios é fácil ser implementada e, por isto, freqüentemente é usada em ambientes virtuais. Esta técnica, entretanto, apresenta alguns problemas de imprecisão causados tanto pelo ruído presente nos rastreadores de posição, quanto pelas características intrínsecas da técnica, como por exemplo, a impossibilidade de manter-se o braço e a mão elevados por um longo tempo.

Para facilitar o uso de raios de apontamento, [Liang, 1994] propôs a técnica de “*Spotlight*” na qual o raio apontador é substituído por um **cone de seleção**. Através deste cone, que funciona de forma semelhante a uma lanterna, é possível realizar o apontamento de um objeto de forma mais fácil, principalmente porque o cone possui um campo de ação maior do que o raio.

Entretanto, este método requer que se exiba alguma representação visual deste cone, o que, dependendo da aplicação, pode não ser desejável. Outra característica importante deste método é a necessidade de um mecanismo adicional de escolha para o caso de objetos pequenos que estejam muito próximos entre si. Nestes casos a técnica causa o apontamento de múltiplos objetos (Figura 3.11).

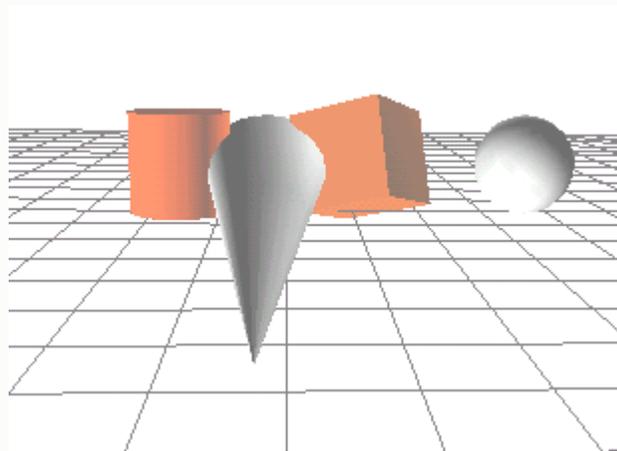


Figura 3.11 – Múltiplos objetos selecionados com um “*Spotlight*”

### 3.6.5 Seleção baseada em cone variável

A seleção por cone variável [Forsberg, 1996] é uma variação da técnica de “*Spotlight*”. Nela o volume do cone de seleção é que controlado por um “círculo de abertura”, diminuindo o problema da seleção múltipla. Este círculo de abertura pode ser um anel real cuja posição esteja sendo rastreada de alguma forma.

A montagem do cone de seleção é feita tomando-se o olho do usuário como ápice do cone e o círculo de abertura como uma espécie de controlador da forma do cone, definindo tanto sua dimensão quanto sua direção (Figura 3.12). O círculo de abertura pode ser um anel real controlado pela mão do usuário.



O principal problema deste método é que o “círculo de abertura” tem que estar no campo visual do usuário. Isto pode causar fadiga no braço usuário principalmente se ele estiver olhando para cima, pois, neste caso, o braço precisará estar elevado.

Uma solução apontada para este problema é a possibilidade de prender-se o círculo de abertura na ponta de um bastão, permitindo assim, um alcance maior ao usuário e a possibilidade de elevar o rastreador sem ter que se elevar o braço demasiadamente.

### 3.6.6 Técnica do cursor de seda

A seleção de objetos através de toque com a mão é a mais simples de todas as técnicas (ver seção 3.6.1). Porém esta técnica que possui alguns problemas. O primeiro deles, já relatado anteriormente, refere-se à inacessibilidade de objetos distantes.

Um outro problema é a instabilidade do apontamento causada pelos erros gerados pelos rastreadores de posição. Para sobrepor especificamente este segundo problema [Zhai, 1994] propôs a técnica de **cursor de seda**. Trata-se de um cursor que ao invés de ser bidimensional, assume uma forma tridimensional transparente e possui volume, o que permite uma maior comodidade no apontamento de um objeto. A dificuldade do método está em escolher corretamente o tamanho e a forma deste cursor.

### 3.6.7 Outras formas de seleção

Além de usar apontamento direto ou por raios pode-se selecionar objetos distantes usando **comandos de voz** [Harmon, 1996; Billingham, 1998]. Com comandos deste tipo pode-se identificar os objetos através de algum nome que os diferencie dos demais. O inconveniente nesta metodologia é que o usuário precisa lembrar o nome que identifica cada o objeto.

A **seleção por lista de objetos**, por sua vez, pressupõe o uso de menus partir dos quais o objeto pode ser escolhido. Também neste caso é necessário conhecer a identificação do objeto que se pretende selecionar.

## 3.7 Manipulação de objetos em ambientes imersivos

A **manipulação** [Poupyrev, 1999] consiste na mudança de algum parâmetro ou o estado de um objeto previamente selecionado. Esta mudança de estado e inclui rotação, posição, tamanho ou outro parâmetro qualquer, geométrico (forma ou posição), visual (cor ou textura) ou comportamental (iniciar movimento ou parar, por exemplo).

Para efetuar estas operações pode-se usar **manipulação direta, controles físicos e apontamento por raios**. A seguir, cada uma das formas de manipulação são descritas.

### 3.7.1 Manipulação direta

Na manipulação direta, o usuário “pega” o objeto virtual com a mão, move-o no ambiente

virtual com o movimento do braço e “largar-o” quando julgar que a tarefa está concluída, exatamente como faria com um objeto real.

A implementação desta técnica pressupõe o rastreamento da posição da mão do usuário a fim de capturar seus movimentos (rotação e translação) e transferi-los ao objeto selecionado.

Esta técnica, entretanto, tem limitações já mencionadas anteriormente quando da análise dos aspectos de **seleção direta** (seção 3.6.1). O principal problema diz respeito à distância máxima dos objetos em relação ao usuário.

### 3.7.2 Manipulação por raios

Quando se utiliza a técnica de seleção por raios (ver seção 3.6.2) pode-se aproveitar a metáfora de seleção e estendê-la para aplicar rotação e translação.

Neste caso, algumas limitações são características. Para rotação, torna-se bastante natural a aplicação de giros ao redor do eixo definido pelo raio. Entretanto, a rotação em outros eixos torna-se difícil e pouco natural de ser indicada pelo usuário.

No caso da translação o deslocamento do raio pode, fácil e intuitivamente, alterar a posição do objeto. Porém este deslocamento ficar restrito aos pontos que estão próximos à circunferência cujo centro é o usuário e cujo raio é a distância entre ele e o objeto que está sendo apontado (Figura 3.13).

Uma forma de ampliar estas possibilidades é dar ao usuário algum tipo de controle que aproxime ou afaste o objeto do ponto de origem do raio (Figura 3.14). Neste caso há a necessidade de prover algum tipo de controle adicional para que este comando de afastar ou aproximar seja efetivado pelo usuário. Isto pode ser feito, por exemplo, através de botões ou comandos de voz.

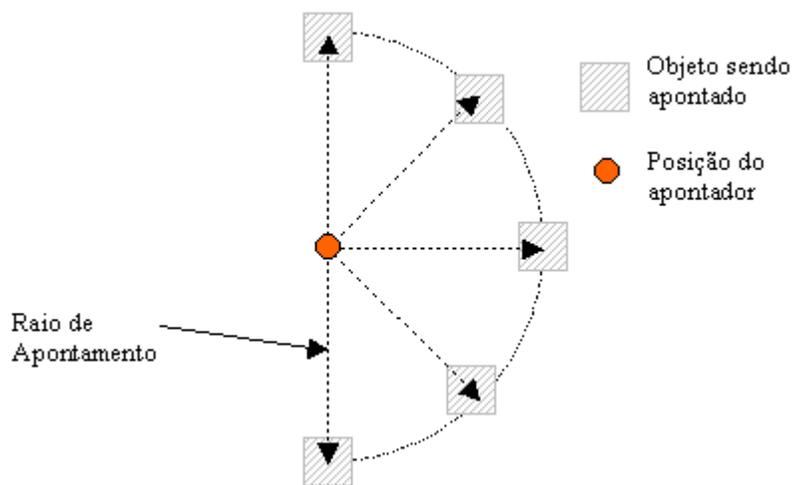


Figura 3.13 – Possibilidades de translação com raio de apontamento

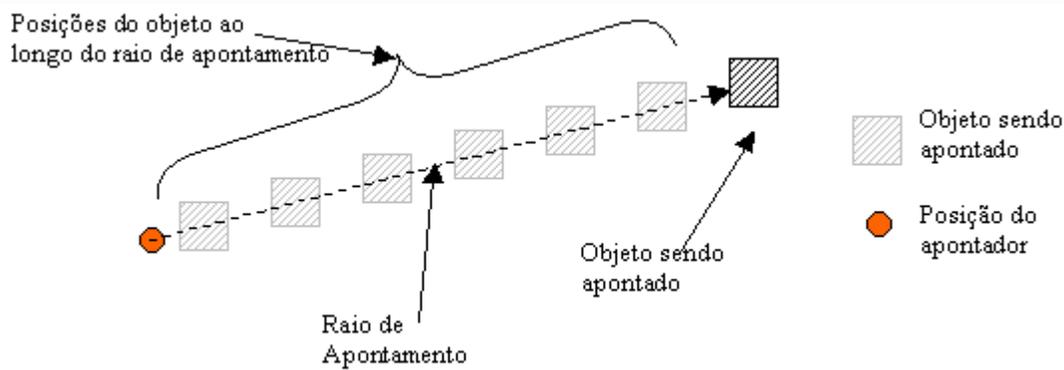


Figura 3.14 - Movimento do objeto sobre o raio de apontamento

### 3.7.3 Interação através de dispositivos

Os controles físicos, como *mouse* tridimensional ou rastreador de posição, são bastante interessantes e podem dar ao usuário um grande poder de interação, em especial no que diz respeito à precisão, pois o movimento e o controle dos graus de liberdade podem ser feitos de forma individual e seletiva.

As formas de uso dos dispositivos são as mais variadas e dependem das capacidades do dispositivo, das necessidades da aplicação e das habilidades do usuário. Entretanto, como estes dispositivos não têm paralelo nas tarefas rotineiras da maioria das pessoas, seu uso pode causar dificuldades, principalmente aos usuários iniciantes.

Da mesma forma que no caso da manipulação não-imersiva, um aspecto relevante no trato com qualquer dispositivo é o controle dos seus graus de liberdade. Na verdade, em certos casos este “controle” é imprescindível para o bom andamento do processo interativo. Por exemplo, numa aplicação em que o usuário tem que encaixar um objeto entre dois outros, depois atingir a orientação correta será muito mais simples de posicioná-lo se as rotações subsequentes, lidas pelo rastreador, não forem repassadas ao ambiente virtual. O inverso vale, por exemplo, para tarefas como apertar um parafuso numa aplicação de montagem virtual. Neste caso os deslocamentos lidos pelo rastreador apenas irão atrapalhar o giro do objeto sobre o eixo desejado.

## 3.8 Menus em ambientes imersivos

O uso de menus virtuais é ainda um aspecto a ser melhor desenvolvido, no processo de interação em ambientes imersivos. Precisa-se buscar, acima de tudo, técnicas de interação menos atreladas aos tradicionais menus de interface bidimensionais.

O tipo mais comumente utilizado é aquele que apresenta ao usuário um menu suspenso dentro de um ambiente virtual como se fosse uma placa na qual aparecem opções disponíveis para interação (Figura 3.15).

O apontamento das opções dá-se normalmente através de uma caneta real na qual se acopla um rastreador de posição. O objetivo desta metáfora de interface é simular uma espécie de apontador

laser, que aponta itens em uma projeção que se realiza sobre uma parede.

Há varias diferenças entre os menus bidimensionais e os menus a serem usados em ambientes virtuais. Segundo [Jacoby, 1992], a principal diferença é que os menus bidimensionais são exibidos sempre a uma distância de aproximadamente 60 centímetros do usuário e em locais já conhecidos, os menus tridimensionais, por sua vez, podem ser exibidos em diversas posições, com diversos tamanhos e com várias orientações. Além disso, há o complicador de que usuário está imerso no mesmo espaço do menu podendo também estar posicionado e orientado de qualquer forma.

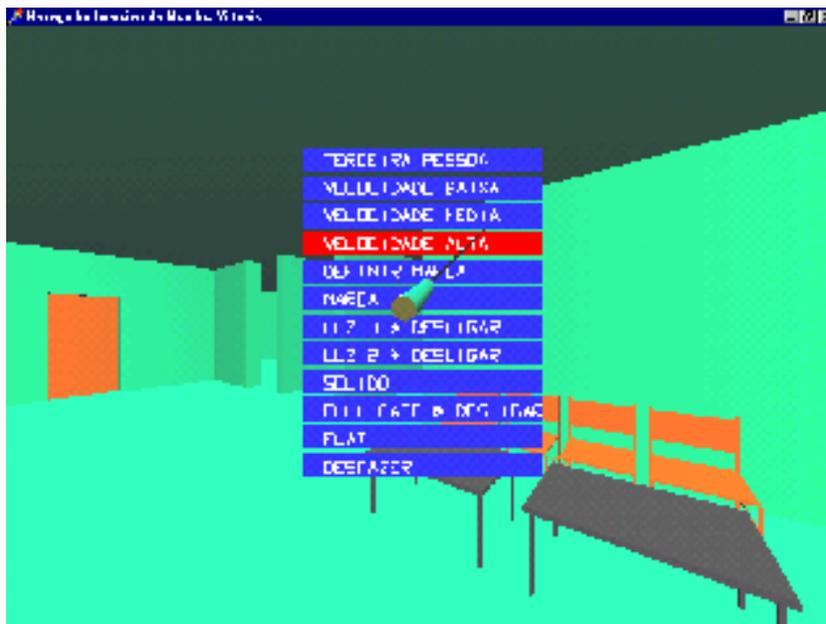


Figura 3.15 – Exemplo de menu suspenso [Antoniazzi, 1999]

### 3.8.1 Categorias de menus

[Feiner, 1993 e Lindermann, 1999b] classificam o uso de menu de acordo com a posição, dentro do ambiente 3D, da janela onde é exibido o menu.

São definidos três tipos de janelas. O primeiro tipo agrupa as **janelas fixas no mundo**. Estas janelas têm sempre a mesma posição no ambiente virtual, aparecendo ou desaparecendo da visão do usuário, dependendo da sua localização e orientação dentro do espaço virtual.

O segundo tipo de janela é a **janela presa à visão do usuário** que aparece sempre na mesma posição do campo de visão deste. Esta janela, na realidade, move-se junto com o ponto de visão do usuário, e é usada para manipular características globais do ambiente virtual como, por exemplo, ativar ou desativar um som, definir o modo de exibição dos objetos, salvar ou carregar um arquivo.

O terceiro tipo de janela é a **fixa a objetos**. Este tipo de janela acompanha os objetos do cenário, sendo exibida, sempre que necessário, como uma espécie de “menu de contexto”. Este tipo de menu é usado principalmente para controle de características intrínsecas dos objetos aos quais estão vinculadas, como por exemplo, para definir velocidade de um carro, o peso de uma esfera, a cor de uma parede ou para ligar e desligar um motor. O *software Alice* (<http://www.alice.org>), por

exemplo, utiliza, na maior parte de seus comandos, este tipo janela.

### 3.8.2 Outras formas de menus

Nas alternativas apresentadas acima os menus tridimensionais são fortemente baseados nos menus de interfaces gráficas tradicionais. Entretanto outras formas podem ser testadas, conforme os exemplos a seguir.

Um exemplo de menu não retangular é o “*Ring Menu*” do sistema de modelagem JDCAD [Ling, 1994] no qual as opções são colocadas ao redor do usuário, de maneira circular, formando uma espécie de cinto ou anel. Neste tipo de menu a grande facilidade de seleção de opções é a maior vantagem. Enquanto num sistema de menus convencional o usuário deve apontar a opção desejada, neste, o simples giro do anel, controlado pela mão (ou por outro artifício qualquer) permite a seleção da opção (Figura 3.16).

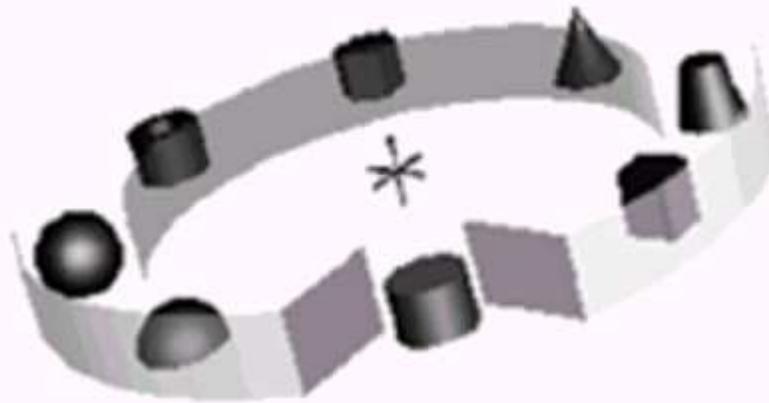


Figura 3.16 - Ring Menu [Ling, 1994]

Outro exemplo de menu não retangular é o “*HIT-Wear*” [Sasaki, 1999]. Nele as opções do menu são sobrepostas aos dedos do usuário de forma que a seleção possa ser feita apontando-se, com outra mão, o dedo que contém a opção desejada. Neste sistema, o enquadramento das opções sobre os dedos é feito capturando-se a imagem da mão com uma câmera e identificando-se as posições dos dedos através do processamento das imagens. Nada impede, entretanto, que estas informações sejam obtidas através da utilização de uma luva ou de um rastreador de posição.

## 3.9 Utilização do corpo do usuário como referencial em técnicas de interação

Quando o usuário está imerso em um ambiente virtual, sem a possibilidade de sentir o toque dos objetos, a única sensação tátil existente é seu próprio corpo. Baseado nisso, [Mine, 1997] propõe o uso de técnicas que aproveitem este fato para tornar a manipulação mais fácil de ser aprendida e utilizada.

Mine defende o uso de técnicas de manipulação baseadas na noção de “propriocepção”. A propriocepção do ser humano é a sensação que toda pessoa tem da posição e da orientação das partes

de seu próprio corpo [Boff, 1986]. Segundo Mine, estas técnicas provêm um maior controle, precisão e segurança na manipulação de objetos.

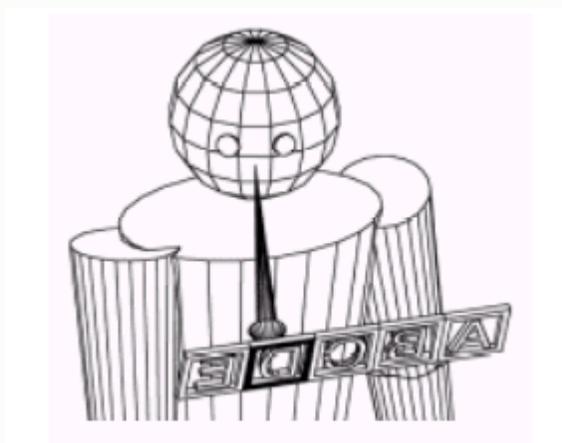
Usando as informações do próprio corpo do usuário, como a posição das mãos ou da cabeça as técnicas propostas possibilitam entre outras coisas:

- Uma referência física real na qual o usuário pode apoiar-se para compreender o processo interativo;
- Um controle mais fino sobre os movimentos;
- A possibilidade de uma interação “*eyes-off*” (sem os olhos), na qual o usuário não necessita estar sempre olhando para os objetos ou para aquilo que estiver fazendo.

Em técnicas de manipulação direta, os objetos podem ser facilmente movidos e reposicionados em função de que o usuário conhece bem as dimensões de seu próprio corpo e as possibilidades de ação de seus braços e mãos.

Na manipulação de controles interface, como menus, a possibilidade de que o usuário ande livremente pelo ambiente virtual podem acarretar dificuldades para encontrar os objetos após um movimento ou um deslocamento muito grandes. Usando o próprio corpo do usuário como referencial, pode-se colocar estes objetos presos em uma espécie de cinto ou mesmo no bolso de sua camisa, por exemplo. Isto permite que o usuário o alcance o menu ou o controle rapidamente sempre que necessitar e ainda não obriga que estes objetos estejam sempre visíveis durante o processo de interação. Este aspecto tem, ainda, duas vantagens adicionais que são, reduzir o tempo de exibição da cena, além de aumentar a área disponível para a visualização do ambiente.

Uma segunda alternativa, usando-se a idéia de propriocepção, é esconder os menus virtuais em locais fixos em relação ao corpo do usuário. Colocando-os, por exemplo, acima ou abaixo da cabeça do usuário. Com isto, este usuário precisa apenas olhar para cima ou para baixo e alcançar o menu com a mão, puxando-o para frente de seus olhos. Para interagir com o menu o usuário pode usar a outra mão ou a direção do olhar (Figura 3.17).



**Figura 3.17 - Interação com menus através do olhar[Mine, 1997]**

Pode-se também, imaginar o menu comporte-se como uma cortina que ao ser puxada até um

certo ponto fixa-se nesta posição. Puxado-a-mais uma vez, solta-se e retorna à posição original. O “soltar” do menu também pode ser feito através de uma alavanca virtual. Esta técnica tem a vantagem de dispensar o uso de botões e de não ocupar espaço no campo de visão do usuário quando não está em uso.

### 3.9.1 Uso de miniaturas do ambiente virtual

No caso de manipulação direta o uso de propriocepção requer que o objeto esteja próximo do corpo do usuário. Quando isto não ocorre, o usuário pode mover-se até o objeto e assim assumir uma posição mais próxima. Isto, entretanto, causa uma sobrecarga nos do sistema cognitivo do usuário, que num momento está tratando de um deslocamento e logo a seguir de uma manipulação.

Nestes casos, uma forma de interação que pode ser adotada é uso de miniaturas do ambiente virtual para manipulação de objetos. Estas técnicas são também classificadas como técnicas **exocêntricas**, pois o usuário opera sobre ambiente de fora do sistema de referência dele.

A idéia central é tornar o ambiente pequeno o suficiente para colocá-lo todo alcance da mão do usuário, permitir que este o manipule com o uso das mãos, como se estivesse trabalhando sobre uma maquete ou mapa.

Um exemplo desta técnica pode ser visto em [Stoakley, 1995] no qual o sistema “*WIM - World in Miniature*” é apresentado. Nele ambiente virtual é reduzido de forma a ficar sobre uma das mãos do usuário que pode, então manipular os objetos com outra mão. A colocação do ambiente virtual sobre uma das mãos do usuário permite ainda que se possa efetuar a rotações e transações neste ambiente com bastante facilidade.

O outro exemplo desta categoria de técnica de interação é a “*Scale world grab*” [Mine, 1997]. No método, ao selecionar-se um objeto, o ambiente virtual é automaticamente escalado de forma que o objeto fique ao alcance da mão do usuário. Feita a manipulação, uma escala inversa devolve o objeto a seu tamanho original, respeitando as transformações realizadas durante o processo de manipulação (Figura 3.18).



Figura 3.18 - Técnica “scaled world” [Mine 1997]

[Wartell, 1999] aborda o uso de mapas em miniatura para navegação em grandes volumes de dados. [Darken, 1999] por sua vez, apresenta um estudo sobre a eficácia do uso de mapas para a orientação em um ambiente virtual.

### 3.10 Uso de gestos no processo interativo

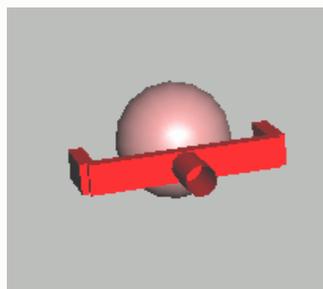
A utilização de gestos é mais uma forma de interação em ambientes virtuais. Este processo interativo pode ir desde o reconhecimento de gestos simples até complexas análises de como as pessoas usam as mãos para a manipulação ou descrição de objetos.

No caso de gestos simples, pode-se, por exemplo, usar o gesto de “atirar por cima do ombro” para efetuar remoção de objetos. Este método é bastante intuitivo, fácil de lembrar, não usa nenhum tipo de botão ou menu e, além disso, ainda é bastante seguro, pois não é facilmente executado por acidente, principalmente por que um ser humano não costuma manipular objetos em suas costas. Esta técnica permite também que se utilize a região nas costas do usuário como uma zona onde se podem buscar os objetos anteriormente removidos do ambiente.

No caso de análise de gestos mais complexos, um exemplo é a arquitetura TGSH (*Two-handed gesture environment shell*) [Nishino, 1997] capaz de reconhecer um conjunto de até dezoito gestos usados em um modelador geométrico. A interpretação dos gestos é realizada através uso de redes neurais utilizando-se de uma técnica chamada *Dynamic Gesture Recognition* [Vamplew, 1995].

Outro trabalho de análise de gestos pode ser visto em [Marsh, 1998]. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de entender como as pessoas escrevem objetos com gestos icônicos (gestos que imitam a forma de um objeto). Nos testes uma seqüência de palavras escritas era apresentada aos usuários e estes tinham de descrever com gestos o objeto que estavam lendo.

Nos dois trabalhos acima o movimento das mãos é capturado por luvas e rastreadores de posição. No trabalho “*Gesture VR*” [Segen, 1998], por outro lado, o movimento das mãos é capturado através de duas câmeras de vídeo. Após a captura, as imagens são processadas a fim de permitir a interação com o ambiente virtual. Na Figura 3.19 pode-se observar um exemplo do uso deste sistema em um modelador geométrico. No sistema o usuário pode pegar, mover e largar objetos. No mundo virtual a mão é representada por uma espécie de “pegador”.



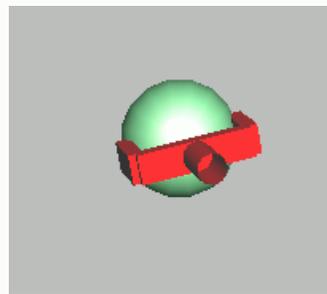
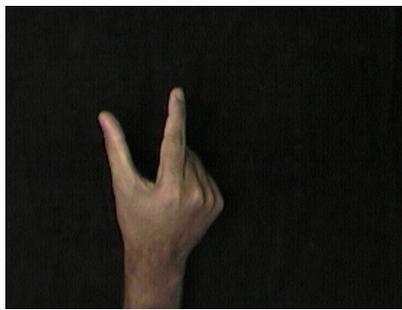


Figura 3.19 – Modelador geométrico com o “Gesture VR”

### 3.11 Painéis tridimensionais

Autores como [Conner, 1992] propõem o uso de controles de interfaces (*widgets*) presos a objetos como forma de controlar suas propriedades. Estes controles, assim como os menus (seção 3.8), são, por isto, batizados de *object-bound widgets*.

Este tipo de recurso, entretanto pode acarretar algumas dificuldades como, por exemplo, a necessidade de estar-se próximo do objeto para que o controle possa ser acionado. Além disto tem-se o problema do possível bloqueio da visão de parte do objeto pela imagem do *widget*.

Outro problema sério na interação com este tipo de recurso é a ausência de sensação tátil durante a interação. Este fator atrapalha e desorienta novos usuários tornando difícil sua interação com os objetos que lhe são apresentados.

Pensando nestes problemas algumas soluções, principalmente as que utilizam realidade aumentada [Bajura, 1995], têm conquistado espaço como ferramenta de interação com o usuário. A realidade aumentada oferece imersão mantendo, mesmo assim, algum grau de conexão com um mundo real, através do emprego de objetos reais mesclados com imagens do ambiente virtual.

Para solucionar o problema da falta de apoio para as mãos, comum aos painéis de menus e de *widgets*, alguns pesquisadores estão utilizando-se de um conceito chamado “*Pen-and-Table*”. Trata-se de uma categoria de técnica de interação em que uma plataforma fixa (como uma mesa ou um painel de parede) ou móvel (como uma prancheta), controla a posição da janela onde devem ser exibidas opções de menus ou *widgets* de interface. Com uma caneta, o usuário aponta as opções desejadas. A seguir, são apresentados alguns exemplos desta categoria de técnica interativa.

O “*Personal Interacion Panel – PIP*” [Szalavári, 1999] é formado por uma prancheta e um apontador. O usuário veste óculos transparentes nos quais são exibidos objetos de interface (*widgets*) e objetos tridimensionais do ambiente virtual. O fato de usar este tipo de equipamento dá à ferramenta, segundo seus autores, uma maior facilidade de aprendizado, pois o usuário não se sente isolado do mundo real ao iniciar o uso da aplicação. O principal uso do PIP é o controle de experimentos de visualização científica. Nestes, além de controlar alguns parâmetros da visualização, interagindo com a caneta sobre a prancheta, esta última pode ser utilizada para definir planos de corte sobre o objeto ou fenômeno em estudo, ou ainda, a posição e a orientação de um objeto dentro do espaço virtual. Uma característica interessante do dispositivo é a possibilidade de se selecionar um objeto e trazê-lo para prancheta a fim de observá-lo, como se esta fosse uma mesa

sobre a qual se coloca um objeto de estudo.

O “*Virtual Notepad*” [Poupyrev, 1998] é uma ferramenta de interfaces que permite ao usuário, anotar textos sobre imagens, dentro do ambiente virtual. A principal aplicação desta ferramenta é a anotação de textos e desenhos sobre imagens de exames de raio-x. Usando uma prancheta sensível à pressão, um rastreador de posição e uma caneta, usuário pode escrever, apagar, copiar e alterar textos. Para permitir a correta operação de esta ferramenta, há dois modos de trabalho. O “modo de deslocamento”, em que o usuário move a caneta ligeiramente afastada da mesa e o “modo de escrita”, em que o usuário toca a mesa com uma caneta e pode escrever sobre ela. Para apagar o que está escrito o usuário vira a caneta e encosta sua extremidade oposta (onde existe uma borracha) sobre o que já foi escrito.

Outro exemplo deste tipo de interface é o “*3D Palette*” [Billingham, 1997]. Criado especificamente para modelagem de cenários em ambientes virtuais, o equipamento opera com uma caneta e uma prancheta rastreadas magneticamente. Sobre a prancheta, são exibidos objetos tridimensionais que podem ser apontados na prancheta e instanciados no ambiente virtual. Além destes objetos tridimensionais, a ferramenta possui um editor gráfico para a criação de texturas que podem, posteriormente, ser aplicadas aos objetos.

Os trabalhos existentes nesta linha têm obtido bons resultados no processo de interação com o usuário, entretanto, ainda são extremamente específicos e difíceis de alterar para serem usados em novas aplicações. [Pinho, 2000] apresenta uma alternativa a este problema. Neste trabalho o desenvolvedor da aplicação pode editar a interface em um editor específico, que gera o código necessário para seu uso em linguagens de programação com C, Pascal e Java.

## Referências

[Antoniuzzi, 1999] Antoniuzzi, A., Braum, M. Sommer, S. “Navegador Imersivo de Mundos Virtuais”. Porto Alegre: Faculdade de Informática da PUCRS, 1999. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação.

[Billingham, 1997] Billingham, M. “3D Palette: A virtual reality content creation tool”. In: ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology 1997, Lausanne, Switzerland. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1997. p. 155-156.

[Billingham, 1998] Billingham, M., Put That Where? Voice and Gesture at the Graphic Interface . **Computer Graphics**, New York, 1998. 32(4): pp. 60-63.

[Boff 1986] Boff, K.R., L. Kaufman and J.P. Thomas, Eds.. **Handbook of Perception and Human Performance**. New York, John Wiley and Sons, 1986.

[Bowman 1997] Bowman, D. and L.F. Hodges. "An Evaluation of Techniques for Grabbing and Manipulating Remote Objects in Immersive Virtual Environments". In: 1997 Symposium on Interactive 3D Graphics, Providence, RI. **Proceedings...** New York, ACM Press, 1997, p. 35-38.

[Bowman 1999] Bowman, D., Davis, E., Badre, A., Hodges, L., Maintaining Spatial “Orientation during Travel in an Immersive Virtual Environment”. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, 1999. 8(6): pp. 618-631.

[Bowman, 1996] Bowman, D.A., Koller, D., Hodges, L.F., “Travel in immersive virtual environments: an evaluation of viewpoint motion control techniques”. In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1996, **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1996. p. 45-52.

[Bowman, 1998] Bowman, D., Koller, D., Hodges, L., “A Methodology for the Evaluation of Travel Techniques for Immersive Virtual Environments”. **Virtual Reality: Research, Development, and Applications**, 3(2), 1998. pp. 120-131.

[Bryson 1992] Bryson, S. and C. Levit. “The Virtual Wind Tunnel.” **IEEE Computer Graphics & Applications**, Los Alamitos, CA. p:25-34.

[Burdea, 1998] Burdea, G., et alii. “Virtual reality Training for the Diagnosis of Prostate Cancer”, In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1998. Atlanta, GA. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1998. p. 190-197.

[Chua, 1998] Chua, G.G. et alii. “Volume-based Tumor Neurosurgery Planning”, In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1998, Atlanta, GA. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1998. p. 167-175.

[Chung 1994] Chung, J. **Intuitive Navigation in the Targeting of Radiation Therapy Treatment Beams**. North Carolina: UNC, 1994, University of North Carolina, Ph.D. Thesis.

[Chung, 1992] Chung, J.C., “A comparison of Head-tracked and Non-head-tracked Steering Modes

- in the Targeting of Radio-therapy Treatment Beams”. In: Symposium on Interactive 3D Graphics, 1992. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1997. p. 193-196.
- [Conner 1992] Conner, D.B., S.S. Snibbe, K.P. Herndon, D.C. Robbins, R.C. Zeleznik and A. van Dam. “Three-dimensional widgets” In: Symposium on Interactive 3D Graphics, 1992. **Proceedings...** New York, NY: ACM Press, 1997. p. 183-188.
- [Darken, 1998] Darken, R., Allard, T., Achille, L., “Spatial Orientation and Wayfinding in Large-Scale Virtual Spaces: An Introduction”. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, 1998. 7(2): pp. 101-107.
- [Darken, 1999] Darken, R.P. “Map usage in Virtual Environment: Orientation Issues”, In: Virtual Reality 1999 Conference, Houston, Texas. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. p.133-140.
- [Doellner, 1998] Doellner, J., Hinrichs, K., Interactive, Animated 3D Widgets. In: Computer Graphics International, 1998. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1998, pp. 278-286.
- [Feiner, 1999] Feiner, S. “Windows on the World: 2D windows for 3D augmented reality”, In: ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 1993, **Proceedings...** New York, ACM Press, 1993, p. 145-155.
- [Fröhlich, 2000] Fröhlich, B. et alii. “Physically-based manipulation on the Responsive Workbench”, In: Virtual Reality 2000 Conference, New Brunswick, NJ. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2000. p.5-12.
- [Gleem, 2000] GLEEM. OpenGL Extremely Easy-to-use Manipulators. Disponível em <http://www.media.mit.edu/~kbrussel/gleem/> (set. 2000).
- [Goebel, 1999] Goebel, M. “Digital Storytelling – Creating Interactive Illusions with Avocado”, In: ICAT’99 – International Conference on Artificial Reality and Telexistence. Tóquio, Japão, 1999. **Proceedings...** Tóquio, Japão. Virtual Reality Society of Japan, 1999, pp. 9-22.
- [Harmon, 1996] Harmon, R., Patterson, W., Ribarsky, W., Bolter, J., The virtual annotation system. In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1996. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1996. p. 239-245.
- [Iwata, 2000] Iwata, H. “Gait Master Locomotion Interface”. Institute of engineering Mechanics and Systems, University of Tsukuba, Tsukuba , Japão. Documento disponível em <http://intron.kz.tsukuba.ac.jp>, (sept, 2000).
- [Jacoby 1992] Jacoby, R., Ellis, S., “Using Virtual Menus in a Virtual Environment”. In: Visual Data Interpretation, 1992. **Proceedings...** 1992. SPIE. pp. 39-48.
- [Jayaram, 1999] Jayaram, S. “A Virtual Assembly Design Environment”, In: Virtual Reality 1999 Conference, Houston, Texas. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. p.172-179.

- [Johnson, 1998] Johnson, M. et alii. "The NICE Project: Learning Together in a Virtual World", In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, Atlanta, GA. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1998. p. 176-183.
- [Julier, 1999] Julier, S. et alii. "The Software architecture of a Real-time Battlefield Visualization Virtual Environment". In: Virtual Reality 1999 Conference, Houston, Texas. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. p. 29-36.
- [Kessler, 1999] Kessler, G.D. "A framework for Interactors in Immersive Virtual Environment". In: Virtual Reality 1999 Conference, Houston, Texas. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. p. 190-97.
- [Lin, 2000] Lin, C-R. Loftin, R., Nelson, H. "Interaction with Geoscience Data in an Immersive Environment". In: Virtual Reality 2000 Conference, New Brunswick, NJ. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2000. p. 55-62
- [Lindermann, 1999a] Lindermann, R. "Hand-held Windows: towards effective 2D interaction in immersive virtual environments". In: Virtual Reality 1999 Conference, Houston, Texas. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. p. 205-216.
- [Lindermann, 1999b] Lindeman, R. John L. Sibert, and James K. Hahn, "Towards Usable VR: An Empirical Study of User Interfaces for Immersive Virtual Environments," In: ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 1999, **Proceedings...** New York: ACM Press, 1999.
- [Macedonia 1994] Macedonia, M.R., M.J. Zyda, D.R. Pratt, P.T. Barham and S. Zeswitz. "NPSNET: A Network Software Architecture for Large Scale Virtual Environments." **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, 1994, 3(4): 265-287.
- [Marsh, 1998] Marsh, T and Watt A. "Shape your Imagination: Iconic Gesture-based Interaction" In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1998, Atlanta, Georgia. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1996. p. 45-52.
- [Mine, 1995] Mine, M. "ISAAC: A Virtual Environment Tool for the Interactive Construction of Virtual Worlds". UNC Chapel Hill Computer Science Technical Report TR95-020, 1995.
- [Mine, 1995] Mine, M., Virtual environment interaction techniques. UNC Chapel Hill CS Dept.: Technical Report TR95-018. 1995.
- [Nishino, 1997] Nishino et. el. "Interactive Two-Handed Gesture Interface in 3D Virtual Environments". In: ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology 1997, Lausanne, Switzerland. **Proceeding ...** New York, NY: ACM Press, 1997. p. 1-8.
- [Noma, 2000] Noma, H. et alii "Development of Ground Surface Simulator for Tel-E-Merge System", In: IEEE Virtual Reality 2000 Conference, New Brunswick, NJ. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2000. p.217-224.
- [Noma, 2000] Noma, H., Sugihara, Miyasato, T. "Developement of ground surface simulator for Tel-e-merge systems". In: IEEE Virtual Reality 2000 Conference, New Brunswick, NJ.

**Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2000. p. 217-224.

[Norman, 1988] Norman, D.A. *The psychology of everyday things*. New York, Basic Books. 1988.

[OpenInventor, 2000] Open Inventor. Silicon Graphics Inc. Disponível em:  
<http://www.sgi.com/Technology/Inventor/> (set. 2000).

[Pausch, 1996] Pausch, R., J. Snoddy, R. Taylor, S. Watson and E. Haseltine. "Disney's Aladdin: First Steps Toward Storytelling in Virtual Reality." *Proceedings of SIGGRAPH 96*, New Orleans, LA, ACM: 193-202.

[Pausch, 1995] Pausch, R., Crea, T., Conway, M., A Literature Survey for Virtual Environments: Military Flight Simulator Visual Systems and Simulator Sickness. 1995. 1(3).

[Pierce 1997] Pierce, J.S., A. Forsberg, M.J. Conway, S. Hong, R. Zeleznik and M.R. Mine. "Image Plane Interaction Techniques in 3D Immersive Environments." In: *1997 Symposium on Interactive 3D Graphics*, 1997, Providence, RI. **Proceedings...**, New York, NY: ACM Press, p.39-44.

[Pinho, 1999] Pinho, M. et alii "A User Interface Model for Navigation in Virtual Worlds" In: Conferência Latino-Americana de Informática, 1999, Assunción, Paraguay, **Anais...**

[Pinho, 2000] Pinho, M. et alii "Painel de Interação Configurável para Ambientes Virtuais Imersivos", In: Workshop de Realidade Virtual, 2000, Gramado, RS, **Anais...** Porto Alegre, RS:Sociedade Brasileira de Computação.

[Poupyrev 1996] Poupyrev, I., M. Billinghurst, S. Weghorst and T. Ichikawa. "The Go-Go Interaction Technique: Non-Linear Mapping for Direct Manipulation in VR". In: ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 1996, Seattle, WA **Proceedings...**, New York, NY: ACM Press, 1996, p.79-80.

[Poupyrev, 1998] Poupyrev, I., S. Weghorst. "Virtual notepad: handwriting in Immersive VR". In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1998, Atlanta, Georgia. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1998, pp. 126-132.

[Poupyrev, 1999] Poupyrev, I., et al. Manipulating objects in virtual worlds: categorization and empirical evaluation of interaction techniques. **Journal of Visual Languages and Computing, Academic Press**, 10(1), 1999. pp. 19-35.

[Rizzo, 2000] Rizzo, A. "Virtual Environment Applications in Clinical Neuropsychology", In: IEEE Virtual Reality 2000 Conference, New Brunswick, NJ. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2000. p.63-70.

[Rothbaum 1995] Rothbaum, B., L. Hodges, R. Kooper, D. Opdyke, J. Williford and M. North. "Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia." **American Journal of Psychiatry** 152(4): 626-628.

[Ruddle, 1998] Ruddle, R.A., Payne, S.J., Jones, D.M. Navigating large-scale "Desk-Top" virtual buildings: Effects of orientation aids and familiarity. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, 7, pp. 179-192, 1998.

[Sasaki, 1999] Sasaki, H. et alii. “Hit-wear: a menu sytem superimposed on a humam hand for weareable computers”. In: ICAT’99 – International Conference on Artificial Reality and Telexistence. Tóquio, Japão, 1999. **Proceedings...** Tóquio, Japão. Virtual Reality Society of Japan, 1999, pp. 146-53.

[Schulz, 1998] Schulz, M. et alii. “Crashing in Cyberspace – Evaluating Structural Behavior of Car Bodies in a Virtual Environment”, In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1996, Atlanta, GA, **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1998. p. 160-166.

[Segen, 1998] Segen, J., Kumar, S. “GestureVR: Vision-Based 3D Hand Interface for Spatial Interaction”. In: ACM Multimedia Conference 1998. **Proceedings...**

[Slater, 1995] Slater, M., Usoh, M., Steed, A. “Taking Steps, The Influence of a Walking Metaphor on Presence in Virtual Reality”. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)**, New York, 2(3), p. 201-219, Sep., 1995.

[Sommerer, 1999] Sommerer, C. et alii “LIFE SPACIES II: from text to form on the Internet using language as genetic code”, In: ICAT’99 – International Conference on Artificial Reality and Telexistence. Tóquio, Japão, 1999. **Proceedings...** Tóquio, Japão. Virtual Reality Society of Japan, 1999, pp. 215-220.

[Song, 1993] Song, D., Norman, M. *Nonlinear Interactive Motion Control Techniques for Virtual Space Navigation*. In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1993, **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1993. p. 111-117.

[Stansfield, 1998] Stansfield, S., et alii. “MediSim: A Prototype VR System for Training Medical First Responders”, In: IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1998. Atlanta, GA. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1998. pp. 198-205.

[Taylor 1993] Taylor, R.M., W. Robinett, V.L. Chi, F.P. Brooks Jr., W.V.Wright, S. Williams and E.J. Snyder. “The Nanomanipulator: A Virtual-Reality Interface for a Scanning Tunnel Microscope.” In: SIGGRAPH’1993 - International Conference in Computer Graphics and Interactive Techniques, 1993, Anaheim,CA, **Proceeding ...** New York, NY: ACM, 1993. p. 155-156.

[Vamplew, 1995] Vamplew, P. Recognition and anticipation of hand motions using a recurrent neural network. In: IEEE International Conference on Neural Networks, 1995. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2000. p. 2904. 1995.

[Waller, 1998] Waller, D., Hunt, E., Knapp, D. *The transfer of spatial knowledge in virtual environment training*. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, 7(2), pp. 129-143, 1998.

[Wan, 2000] Wan, M. at alii “Intercative Stereoscopic Rendering of Voxel-based Terrain”, In: Virtual Reality 2000 Conference, New Brunswick, NJ. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2000. p.197-206.

[Wartell, 1999] Wartell, Z. et alii, “Third-person navigation of Whole-Planet Terrain in Head-

- Tracked Stereoscopic Environment”, In: Virtual Reality 1999 Conference, Houston, Texas. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. p.141-149.
- [Wilson 1995] Wilson, J.R., D.J. Brown, S.V. Cobb, M.M. D'Cruz and R.M. Eastgate. “Manufacturing Operations in Virtual Environments (MOVE).” **Presence: Teleoperators and Virtual Environments** 4(3): 306-317.
- [Shinomiya, 1997] Shinomiya, Y. et alii. “Horseback riding therapy simulator with VR Technology”, In: ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology 1999, Lausanne, Switzerland. **Proceedings...** New York, NY: ACM, 1997. p. 9-14.
- [Zhai, 1994] Zhai, S., Buxton, W., Milgram, P., The "Silk cursor": investigating transparency for 3D target acquisition. In: ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 1994, **Proceedings...** New York: ACM Press, 1994.
- [Zhu, 1999] Zhu, Y. et alii “A Virtual Reality System for Knee Diagnosis and Surgery Planing”, In: Virtual Reality 1999 Conference, Houston, Texas. **Proceedings...** Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. p. 84.

# Anotações