

4

HybridDesk - Concepção e Implementação

Este trabalho partiu da motivação para criar um *workspace* que agregasse os recursos das tradicionais interfaces *WIMP* mais o acréscimo de outros recursos (hardware e software) que viabilizasse a realização de tarefas interativas 3D. Ou seja, criar uma forma de integrar interfaces 2D e 3D utilizando tecnologias tradicionais e não-tradicionais (*Trackers*, *HMDs*, *Telas Multi-Toque*, *CAVE*, Estereoscopia, entre outros). Esta extensão para interatividade 3D foi inspirada na taxonomia das tarefas de interação 3D (BowmanKLP05) buscando criar ambientes de interação mais direcionados para elas. A decisão por outros recursos de hardware foi motivada pelo conceito da congruência dimensional (DarkenD05) (Seção 2.6). Um processo de integração foi realizado tanto no nível de hardware quanto no de software. A análise das propriedades de continuidade apresentadas em (Trevisan04) serviram como *guidelines* para o design desta integração e permitiram criar transições entre ambientes de interação resultantes. Com a existência destas transições foi possível oferecer outros meios de realizar uma forma de anotação 3D aproveitando as ferramentas tradicionais pertencentes às interfaces *WIMP* e outras não tradicionais utilizadas para realização de tarefas interativas 3D.

Este capítulo tem por objetivo descrever os argumentos que fundamentaram e guiaram a concepção e implementação do *HybridDesk*. Assim, o processo de desenvolvimento do *workspace* descrito neste capítulo detalha uma evolução de experimentações tecnológicas até chegar a um protótipo final. As decisões tomadas para a concepção deste último protótipo foram influenciadas pela elaboração de um outro protótipo inicial e, portanto, as etapas relevantes nesta fase inicial serão também detalhadas.

O capítulo inicia com uma análise dos requisitos da tarefa de anotação 3D seguida de uma descrição dos argumentos que levaram à escolha do hardware utilizado e das decisões tomadas no design das transições entre os ambientes de interação. Por fim, uma visão geral da implementação do sistema de gerenciamento do *HybridDesk* é apresentada.

4.1

Análise da tarefa de Anotação 3D

O design da *HUI* neste trabalho baseou-se na análise da tarefa de anotação 3D e na verificação de seus requisitos, ou seja, a determinação do contexto dos ambientes de interação necessários. Este contexto refere-se ao conjunto de software e hardware utilizado na composição de um ambiente de interação. Esta tarefa foi considerada importante porque pode ser interpretada como uma tarefa contendo tanto elementos simbólicos (informações como textos) comumente encontradas em interfaces 2D, e elementos gráficos encontrados em interfaces 3D. A composição do contexto foi conduzida de acordo com os recentes estudos envolvendo dispositivos de entrada e *displays* na realização das tarefas de interação, conforme abordado na Seção 3.2.

A tarefa de anotação 3D caracteriza-se como uma forma de incluir informações em um *VE*, e frequentemente são informações direcionadas a um objeto particular contido no *VE*. Como uma das motivações neste trabalho foi procurar meios de aproveitar o conhecimento prévio dos usuários, uma das decisões neste sentido foi escolher o ambiente *WIMP* como provedor de ferramentas para criar e editar informações simbólicas. A razão principal para esta escolha foi baseada na maturidade e popularidade das várias aplicações (editores de texto e planilhas, confecção de apresentações, entre outras) contidas neste ambiente. Deste modo, a tarefa de anotação 3D foi idealizada na forma de associações a arquivos no ambiente *WIMP*, ou seja, a criação de “atalhos” (*shortcuts*) dentro do *VE* para dados contidos no ambiente *WIMP*. A representação deste atalho deve assumir a forma de um ícone 3D no formato de um cubo virtual pequeno. A associação deste ícone a um objeto ocorre através do posicionamento espacial manual do mesmo, ou seja, o usuário indica algum lugar específico nas proximidades da malha do objeto. Esta forma de posicionamento dá importância à posição espacial do ícone como uma informação complementar além daquela contida no arquivo referenciado pelo ícone. Pode-se dizer que a representação visual desta tarefa se faz por três estágios: o primeiro pela visualização do ícone 3D no *VE* como uma forma de sinalizar a existência de uma informação; segundo pela verificação da posição 3D do ícone, uma vez que, este posicionamento espacial do ícone é relevante para as informações contidas na anotação; e no terceiro estágio pela visualização do conteúdo da informação por meio de uma aplicação contida no ambiente *WIMP*. Em relação à forma de armazenamento da informação, esta é caracterizada por arquivos no ambiente *WIMP*.

4.1.1

Sub-tarefas

Depois de definida a forma de representação visual e armazenamento para as informações da tarefa de anotação 3D, a definição do tratamento das necessidades referentes às tarefas 3D dentro do *VE* foi iniciada. Basicamente foram identificadas as seguintes sub-tarefas:

1) **Navegação 3D** : Alguma forma de busca por um objeto no *VE*, ou simplesmente uma forma de exploração que possibilite visualizar os objetos contidos nele;

2) **Seleção e Manipulação 3D** : Formas de seleção e manipulação (no sentido de mudança de posicionamento 3D através de translações e rotações) de objetos para permitir o posicionamento de um ou mais ícones.

Resumidamente, os recursos de hardware e software escolhidos para a HUI deveriam permitir:

- 1) A execução de pelo menos uma *3DIt* para a tarefa de navegação;
- 2) A execução de pelo menos uma *3DIt* para selecionar um objeto para posteriormente ser utilizado para a tarefa de manipulação;
- 3) A execução de pelo menos uma *3DIt* para a tarefa de manipulação;
- 4) Utilização de uma interface *WIMP* (Microsoft Windows XP por exemplo) para criar e editar as informações referente a um objeto selecionado no *VE*.

Além de prover as *3DIts* necessárias, outra preocupação foi procurar explorar recursos de hardware que trouxessem vantagens na realização das tarefas no *VE*, ou seja, explorar a ideia de imersão e os resultados dos estudos apontados na Seção 3.2.

Na tarefa de Navegação, a imersão foi concebida no sentido de criar um incentivo na realização de explorações, e conseqüentemente direcionar uma maior atenção no *VE* como um todo. Estas explorações poderiam ajudar na formação de um conhecimento espacial (*spatial knowledge*) através do conceito do *wayfinding*.

Para a tarefa de manipulação, ficou entendido que seria importante avaliar um objeto isoladamente, examinando detalhes na sua superfície. Isto possibilitaria identificar lugares específicos que poderiam ser alvo de anotações e, conseqüentemente, o posicionamento de ícones. Optou-se por restringir a escolha de *3DIts* que valorizassem a manipulação direta e preferencialmente a curta distância, ou seja, buscar formas de interação que tivessem alguma semelhança com práticas reais para o aproveitamento de habilidades. A ideia de criar imagens que aparentem conter objetos virtuais que estão suspensos no ar em lugares e situações acessíveis à manipulação parece ser atrativo

(BlundelS06). Este contexto induz a curiosidade e atenção do usuário a experimentar mais a interação com o conteúdo digital de forma ativa e direta.

Por fim, o Microsoft Windows XP ficou definido como o ambiente *WIMP* escolhido, desta forma, a utilização do mouse e teclado seria importante, uma vez que estão fortemente vinculados às interações neste ambiente.

Analisando as necessidades mencionadas, uma restrição foi imposta para delinear também a escolha das *3DIts*, assim como o arranjo tecnológico para a execução delas. Essa restrição basicamente referiu-se ao lugar de trabalho: o usuário deveria permanecer sentado durante todas as interações e ter disponível alguma forma de mesa para posicionar pelo menos o mouse e teclado. Esta restrição ficou influenciada pela posição que normalmente os usuários ficam durante o uso do ambiente *WIMP*. Outro fator determinante foi o aproveitamento desta mesa como uma superfície de apoio para os cotovelos e braços, durante a execução das *3DIts*. Pela natureza dos movimentos espaciais durante a execução de algumas *3DIts*, após algum tempo de uso, problemas podem surgir decorrentes de cansaço causado por manter os braços suspensos durante muito tempo. Este apoio poderia beneficiar tanto algumas *3DIts* de navegação assim como de manipulação propiciando apoio para os cotovelos durante o uso de ferramentas de interação como *Wands*.

4.1.2

HUI como Interface de Transição

Uma vez identificadas as sub-tarefas necessárias para a realização da tarefa da anotação 3D, e a decisão por utilizar o ambiente *WIMP* para uma das tarefas, foi decidido criar um ambiente de interação isolado para a tarefa de manipulação 3D e outro ambiente para a tarefa de navegação 3D. Desta forma, fica evidente a composição de 3 ambientes de interação distintos e interligados para a tarefa da anotação 3D.

A Figura 4.1 ilustra os três ambientes e mostra o fluxo de dados entre eles, e com isto é factível afirmar que a HUI que implementa estes ambientes, e conseqüentemente os interliga, é considerada também uma interface de transição.

4.2

Arranjo Tecnológico - Protótipo Inicial

Na fase inicial da pesquisa foi decidido por um arranjo tecnológico (CarvalhoRG07, CarvalhoRG07b) envolvendo as seguintes tecnologias:

- 1) Um *HMD* com uma webcam acoplada e um ponto de rastreamento;
- 2) *Tracker* ótico utilizando o SDK ARtoolkit;

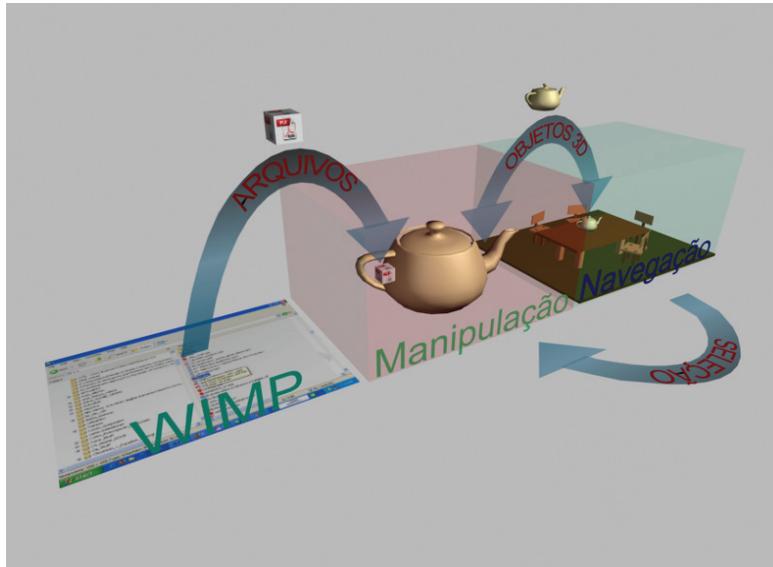


Figura 4.1: Três ambientes para a realização da anotação 3D.

- 3) *Tracker* Eletromagnético - Flock Of Birds;
- 4) Mouse;

4.2.1 Continuidade e Dispositivos

Analisando as propriedades da continuidade, a escolha por um único *display* ao longo de todas as interações foi decidida para manter uma continuidade perceptiva. Neste sentido, um *HMD* foi escolhido (Figura 4.2(a)).

Almejando manter uma continuidade funcional, o mouse foi transformado em uma ferramenta universal através do uso de um *tracker* eletromagnético. Isto foi conseguido através da fixação de um ponto de rastreamento na lateral do mouse (Figura 4.2(b)). Além disso, optou-se por usar o mouse como um dispositivo 3D (através do ponto de rastreamento anexado) para utilizar os dados da sua localização 3D como entrada para as técnicas de navegação e manipulação 3D. Acredita-se que isto mantém uma congruência dimensional entre as tarefas de interação 3D e o dispositivo de entrada.

O termo ferramenta universal está sendo usado aqui como referência a um dispositivo de entrada utilizável em todas as interações do *workspace*.



4.2(a): *HMD* com uma câmera acoplada para permitir *AR* do tipo *Video See-Through*.



4.2(b): Mouse com um ponto de rastreamento fixado.

Figura 4.2: Dispositivos utilizados no protótipo inicial

4.2.2

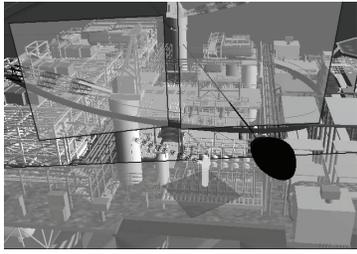
Ambientes de Interação

AR para Manipulação

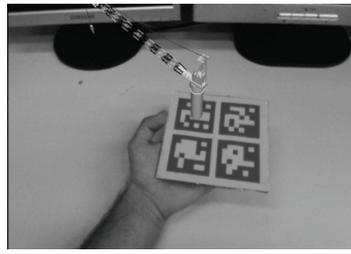
O *HMD* com a webcam acoplada permitiu uma forma de *AR* do tipo *Video See-Through*. Este tipo de *AR* ficou evidente com o uso de uma ferramenta que servia como um repositório de objetos virtuais conforme mostra a Figura 4.3(b). Esta ferramenta era composta por uma peça de madeira pequena na forma de um quadrado, e fixado a ela havia um marcador do SDK ARToolkit (este marcador é um ponto de rastreamento). O ARToolkit analisava o marcador na imagem da câmera e informava a posição 3D dele, consequentemente a posição da peça de madeira também, e com esta informação foi possível desenhar (na imagem da câmera) um objeto virtual em cima da peça de madeira. O objeto virtual acompanhava as mudanças de posicionamento e orientação da peça de madeira. Para fins de formalização, esta peça de madeira foi considerada no texto como um dispositivo de entrada neste ambiente.

Assim, uma forma de manipulação direta ao alcance das mãos foi disponibilizada para o usuário, conforme o levantamento de requisitos para a tarefa de manipulação definido na concepção do trabalho. Além do manuseio do repositório, uma forma de *Wand* (mouse como ferramenta univesal) foi utilizada para anexar os ícones 3D nos objetos contidos nele (Figura 4.3(c)). Basicamente, se na ponta da *Wand* estivesse algum ícone e este estivesse nas proximidades de um objeto 3D, um evento de clique da *Wand* era o necessário para anexar o ícone.

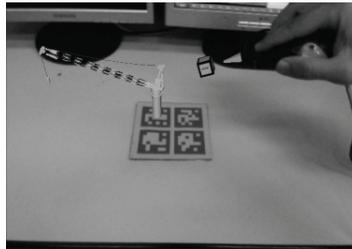
A câmera utilizada era uma webcam contendo uma lente grande angular que permitia uma visão mais ampla da área de trabalho sem a necessidade de muitos movimentos da cabeça. Apesar do uso da lente, a imagem final utilizada



4.3(a): Seleção de um objeto dentro do *VE*.



4.3(b): Manipulação do objeto utilizando o repositório do ambiente *AR*.



4.3(c): Associação de um ícone 3D a um objeto do *VE*.

Figura 4.3: Alguns passos para a realização da anotação 3D.

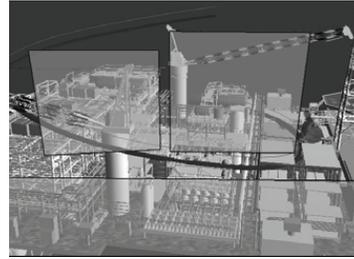
não estava distorcida, pois o driver da câmera disponibilizava um recurso para o tratamento da distorção radial.

VR para Navegação

Para a tarefa de navegação, a visualização da câmera era desativada e o usuário apenas enxergava as imagens do *VE*. Isto caracterizou um outro ambiente interativo utilizando *VR* imersiva para a tarefa de navegação. Neste modo, além do *VE*, o usuário enxergava uma representação transparente simplificada do ambiente físico ao seu redor, ou seja, a mesa, monitores e os *input devices* utilizados (Figura 4.4). Esta representação transparente era necessária para indicar ao usuário os limites de interação física. Ou seja, houve uma preocupação em disponibilizar uma experiência virtual que não fosse prejudicada por objetos potenciais a colisões, por exemplo, a mesa, os monitores, entre outros, que estavam no *desktop* e próximos ao usuário. O dispositivo de entrada disponibilizado neste modo era um mouse sendo usado como uma *Wand*. Foi implementado um mecanismo de aviso visual a medida que a *Wand* se aproximava das transparências. Este aviso era percebido tornando opacas as regiões das transparências próximas da *Wand*. Os repositórios do ambiente



4.4(a): Visualização do ambiente físico potencial a colisão do ponto de vista do usuário



4.4(b): Visualização de 4.4(a) por meio de transparências dentro do *VE*

Figura 4.4: Uso de transparências como indicador de potenciais colisões.

AR estavam também presentes, mas sendo visualizados como transparências, e serviram como um elo para o ambiente *AR*, uma vez que os objetos escolhidos do *VE* no ambiente *VR* (Figura 4.3(a)) eram enviados para o ambiente de *AR* por meio destes repositórios (Figura 4.3(b)). Esta ideia de um “elo” entre os dois ambientes foi idealizada para criar uma forma de continuidade cognitiva entre eles, ou seja, utilizou-se um recurso visual com o intuito de ajudar a interpretar que o objeto escolhido no ambiente *VR* era o mesmo no ambiente *AR*. Duas *3DIts* foram disponibilizadas no *VR*, uma para seleção através da *raycasting*, e outra para navegação através de uma *3DIt* do tipo *steering* onde o vetor de direcionamento era dado pelo orientação da *Wand*.

WIMP para criar conteúdo para as anotações

Para permitir a utilização do ambiente *WIMP*, deparou-se com um problema referente à limitação tecnológica da webcam, que tinha uma resolução relativamente pequena (640x480). A visualização da tela de um computador através de uma câmera com uma resolução baixa como esta ficaria pouco adequada para a verificação de detalhes na imagem final, por exemplo, a leitura dos nomes dos arquivos. Por outro lado, o *HMD* disponibilizado no laboratório não deixava de ser um *display* bidimensional e permitia resoluções razoáveis como 1024x768, ou seja, uma alternativa poderia ser a transferência da visualização da interface *WIMP* do monitor para o visor do *HMD*. Esta transferência possibilitaria a interação com o sistema operacional visualizando-o no próprio *HMD*. Mas um problema surgiu quanto ao uso do teclado nas duas alternativas. Na primeira ficaria difícil interagir com o teclado visualizando-o através de uma câmera; e na segunda não haveria a visualização do teclado pois o usuário

apenas enxergaria o *WIMP* no *HMD*. Porém, optou-se investir um esforço em um protótipo inicial assumindo a segunda alternativa e excluindo o uso do teclado. Esta decisão possibilitou somente um uso parcial da *WIMP* através das manipulações do mouse para seleção e gerenciamento de arquivos. As possibilidades de edição de documentos e o uso de outros aplicativos através do teclado foram automaticamente excluídas. Esta utilização da *WIMP* no *HMD* caracterizou mais um ambiente de interação.

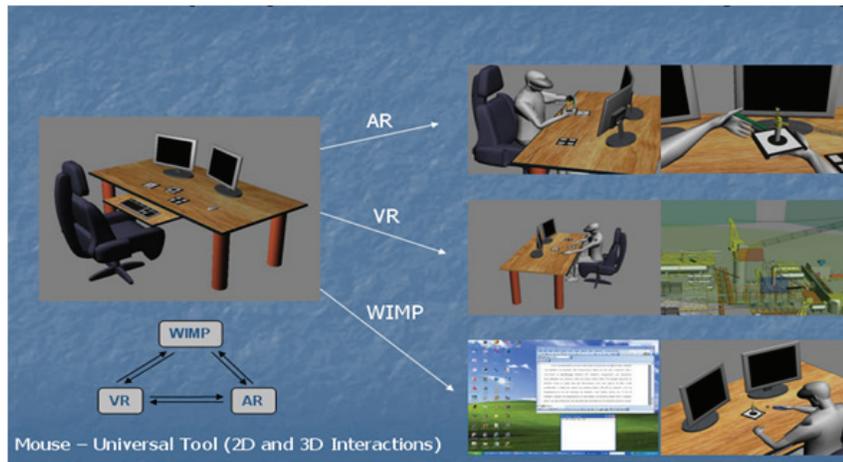


Figura 4.5: Os três ambientes interativos do Protótipo Inicial.

Com a descrição da junção desses equipamentos é razoável afirmar que este arranjo tecnológico permitiu criar uma interface de transição que possibilitava caminhar ao longo de três ambientes: *VR*, *AR* e *WIMP* (Figura 4.5). A interface *VR* foi utilizada para suprir as necessidades das tarefas de navegação, a *AR* para as tarefas de manipulação e a *WIMP* para realizar parcialmente as tarefas tradicionais de *desktop*.

4.2.3

Avaliação Empírica e Erros

Foi possível observar através de avaliações empíricas realizadas neste arranjo com usuários que alguns dos problemas encontrados foram confirmações de problemas já mencionados na literatura:

- 1) O uso do *HMD* por algum tempo começava a causar desconforto devido ao seu peso;
- 2) A falta de estereoscopia no *VR* (limitação do *HMD*) pode ter sido uma das razões que dificultava a avaliação da profundidade entre as ferramentas de interação e as transparências da mesa;
- 3) Câmera com baixa resolução;

4) A visualização do mundo real pela *AR Video See-Through* dava uma impressão que os elementos estavam mais distantes, como se fossem menores. Provavelmente isto foi resultado direto do uso da lente grande angular que aumentou o *FOV* da câmera, e desta forma, englobou mais informação em um espaço de imagem pequeno. Pode-se dizer que houve uma “compressão visual” dos elementos na imagem aparentando uma redução de tamanho dos mesmos;

5) Visualização do ambiente *WIMP* no *HMD* era um pouco confusa por problemas de brilho. Às vezes era difícil identificar aonde o mouse estava na tela;

6) O teclado não pôde ser utilizado.

Apesar das regras de continuidade terem ajudado a desenhar este arranjo tecnológico que conceitualmente apresentava características de continuidade promissoras, a capacidade tecnológica do hardware escolhido era muito limitada. Este primeiro protótipo serviu como motivação para continuar evoluindo nas ideias, porém com outro hardware.

4.3

Arranjo Tecnológico - Protótipo Atual

Nesta fase de desenvolvimento, o ambiente criado fez uso de um arranjo tecnológico mais sofisticado, integrando as seguintes tecnologias:

1) *MiniCave* : Um sistema de visualização baseado em projeções inspirado em uma *CAVE* de 4 lados (Frontal, Lateral Esquerda, Lateral Direita, Inferior);

2) Monitor *LCD* : Um monitor do tipo *LCD*;

3) Tracker Ótico : Um sistema de rastreamento ótico composto por duas câmeras, pontos de rastreamento na forma de marcadores compostos por conjuntos de esferas retro-reflexivas;

4) Mouse e Teclado;

5) Uma *Wand*;

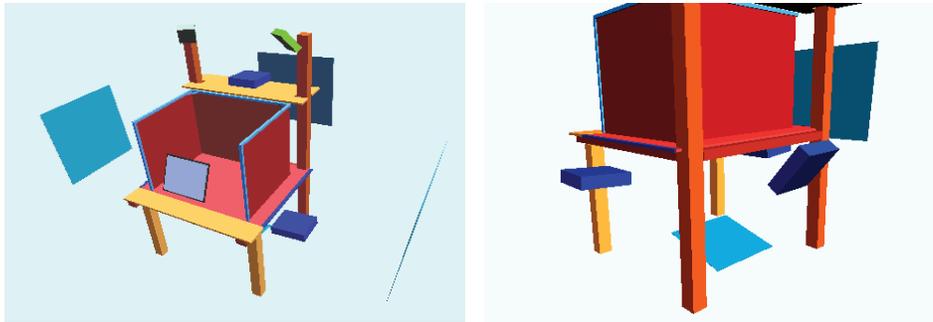
6) *Head-Tracking* + Óculos estereoscópicos;

Na Figura 4.6 há o esquema de uma maquete virtual que guiou a construção do workspace. A explicação das suas componentes são apresentadas na seção seguinte.

4.3.1

Dispositivos

Uma estrutura de madeira foi construída na forma de uma mesa composta por quatro pernas mas sem o tampo (Figura 4.7). Duas das pernas foram prolongadas formando duas hastes com a altura de dois metros. Uma prateleira de madeira foi fixada próximo ao topo das hastes com espaço para acomodar



4.6(a): Visão Frontal.

4.6(b): Visão Traseira.

Figura 4.6: Concepção ilustrada por uma maquete virtual.

Figura 4.7: Estrutura de madeira do *workplace*.

um projetor convencional. Uma outra peça de madeira foi fixada na frente da estrutura para servir de apoio para dispositivos como mouse e teclado, além disso, como apoio para os braços.

A *MiniCave* foi idealizada utilizando peças de vidro apoiadas sobre uma peça de acrílico (Figura 4.7). As telas de projeção utilizadas foram do tipo *back-projection Da-Lite 3D Virtual Black* (www.da-lite.com). Este tipo de tela permite a utilização de estéreo do tipo passivo usando luz polarizada e estéreo anaglifo (ver Apêndice A), mas por enquanto, somente o estéreo anaglifo foi utilizado. As três telas sobre o acrílico foram posicionadas ao longo das três peças de vidro na parte interna do cubo (Figura 4.8(a)). Estas telas e as respectivas peças de vidro ficaram fixadas por uma estrutura de madeira em forma de U (Figura 4.8(b)). Uma quarta tela foi posicionada na parte superior do acrílico, alinhando-a com as telas apoiadas no acrílico. Prendedores de roupa foram utilizados para “esticar” as telas nas laterais das peças de vidro.

Um jogo de espelhos foi utilizado para diminuir a distância entre cada projetor e as telas correspondentes. Para isto, armações de madeira contendo



4.8(a): As 4 Telas de Projeção da *Mini-Cave*.



4.8(b): Peça de madeira em U para fixar as peças de vidros e as telas.

Figura 4.8: Componentes da *MiniCave*.

um espelho foram construídas (Figura 4.9(a)). Para as duas telas laterais, os projetores ficaram posicionados nas laterais da estrutura um pouco abaixo da peça de acrílico sobre uma prateleira de madeira (Figura 4.9(b)). Os espelhos correspondentes a estes projetores foram posicionados à frente com uma inclinação pequena de tal forma que a imagem projetada ocupasse corretamente as telas de projeção.

O projetor responsável pela tela frontal foi posicionado em uma prateleira acima dela. Para evitar uma grande inclinação e o uso elevado de *keystone* (recurso comumente encontrado em projetores para correção de deformações de perspectiva nas imagens projetadas), este projetor ficou posicionado de “cabeça para baixo” (Figura 4.10(a)).

Abaixo da peça de acrílico, no chão, um espelho foi posicionado inclinando-o em um ângulo pequeno de aproximadamente 15 graus. Para o projetor correspondente foi construída uma armação de madeira similar às usadas para os espelhos. Esta armação possibilitou inclinar o projetor para baixo de tal forma que a imagem ficasse projetada na área do espelho que estava no chão (Figura 4.10(b)).

O sistema de *tracking* utilizado foi o *BraTrack* (www.bratrack.com). Esta solução é composta de duas câmeras, um conjunto de marcadores, e uma máquina dedicada para o processamento do rastreamento. As posições rastreadas pelo sistema são enviadas através da rede. As câmeras foram posicionadas no alto de cada haste da estrutura, e direcionadas para baixo de tal forma que o espaço interno da *MiniCave* estivesse dentro da sua área de cobertura (Figura 4.11).

O monitor *LCD* ficou fixado em um sistema de trilhos posicionado horizontalmente na altura da peça de acrílico e, conseqüentemente, à frente da *MiniCave* (Figura 4.12(a)). Isto permitiu que este *display* tivesse mobilidade



4.9(a): Armação de madeira contendo um espelho.



4.9(b): Projetor e espelho para a tela lateral do *workspace*.

Figura 4.9: Espelho Lateral.

ao longo do eixo dos trilhos e deslizasse para a lateral da *MiniCave* (Figura 4.12(b)).

A *Wand* foi concebida fixando marcadores em um Wiimote (*joystick* do game console Wii da Nintendo). O *head-tracking* foi possibilitado fixando marcadores em um óculos do tipo estéreo anaglifo (filtro de cores do tipo vermelho-ciano) utilizado pelo usuário durante as interações (Figura 4.13).

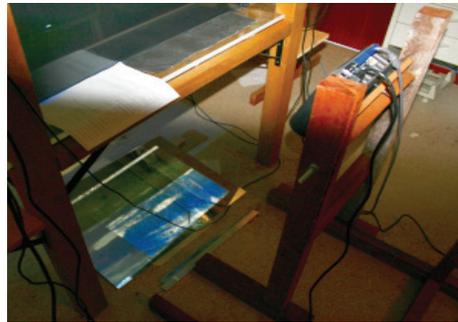
O mouse e o teclado ficaram posicionados na peça de madeira à frente do sistema de trilhos do *LCD* (Figura 4.13(c)).

Resumidamente, o *HybridDesk* utiliza no mínimo 5 saídas de vídeo: 4 para os 4 projetores e uma para o *LCD*. Além dessas, uma saída adicional foi utilizada para um monitor usado como gerenciador, na qual uma tela de *overview* do mundo virtual foi exibida. Desta forma, no protótipo implementado, um total de 6 saídas de vídeo foram utilizadas. Para isto, uma placa de vídeo aceleradora 3D com duas saídas de vídeo e mais dois *splitters* (divisores) de vídeo foram necessários. Os *splitters* são do tipo *TripleHead2Go* (Figura 4.15(a)) e estes dividem uma saída da placa em outras três. Desta forma, um *desktop* estendido ao longo de duas saídas foi criado, a primeira continha a resolução de 2400x600 (três vezes 800x600) e a segunda 3072x768 (três de 1024x768) (Figura 4.14). Estas duas saídas juntas formavam um *desktop* estendido grande exibido ao longo de todas as telas e o monitor *LCD* (Figura 4.15(b)).

Para geração e gerenciamento dos gráficos 3D foi utilizada a biblioteca



4.10(a): Projetor e espelho para tela de projeção frontal.



4.10(b): Espelho e projetor para a tela inferior da *MiniCave*.

Figura 4.10: Projetores e Espelhos.



Figura 4.11: Câmeras do sistema de *tracking* ótico posicionadas para cobrir o espaço interno da *MiniCave*.

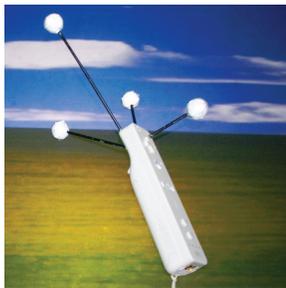
OpenSceneGraph (www.openscenegraph.org) baseada na ideia de grafos de cena. O sistema renderiza e gerencia 6 câmeras virtuais no *VE*: 4 para a *MiniCave* (Figura 4.16), uma para o *LCD*, e uma adicional para uma visão geral da posição do observador e conseqüentemente da *HybridDesk* dentro do *VE* (Figura 4.17(b)). Para as câmeras da *MiniCave* e do *LCD* interno são geradas imagens estereoscópicas do tipo anaglifo (vermelho-ciano), desta forma, 10 quadros por passada são computados para gerar os olhos esquerdo e direito para cada câmera. Na Figura 4.17(a) há uma foto da posição da cabeça do usuário olhando para a *MiniCave* e vendo as imagens geradas da Figura 4.16.



4.12(a): LCD no centro.

4.12(b): LCD ao lado da MiniCave.

Figura 4.12: Sistema de Trilhos.



4.13(a): Wand adaptada usando um Wiimote e marcadores de rastreamento óptico.



4.13(b): Óculos estereoscópico do tipo anaglifo com marcadores de rastreamento óptico.



4.13(c): Teclado e Mouse à frente da Minicave.

Figura 4.13: Acessórios para interação no *workspace*.

4.3.2 Ambientes de Interação

Ao contrário do primeiro protótipo, a instalação e configuração deste novo *setup* fez uso de outros *displays*, explorando mais a ideia da semi-imersividade. Analisando os estudos relatados na Seção 3.2, nota-se que cada tarefa de interação 3D, de certa forma, tem sido beneficiada com algumas características dos *displays* (ver Seção 2.3.1). As tarefas de navegação de um modo geral aparentam ter benefícios com um *FOV* e *FOR* elevado. Isto também mostra vantagens na realização de buscas durante tarefas de seleção, pois o espaço visual “instantâneo” torna-se maior. Já as tarefas de manipulação mostram indícios de serem mais propícias a estímulos visuais em uma área restrita de visualização, o que leva a crer a necessidade de um *FOV* mais restrito. Porém, como o foco e conseqüentemente a atenção ficam

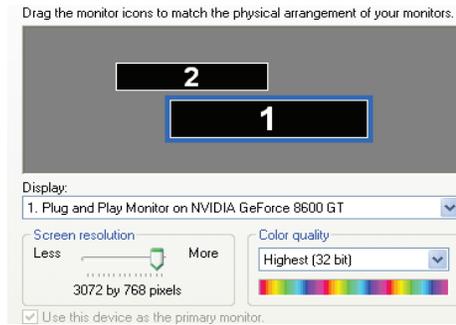
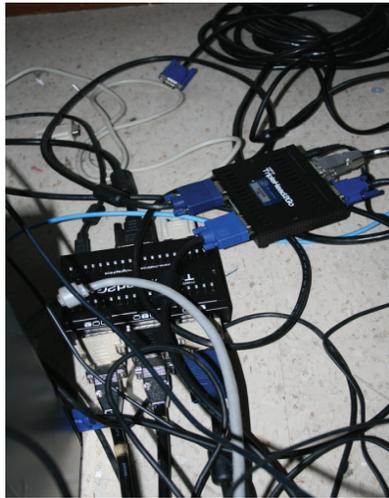


Figura 4.14: Resolução do desktop : 2400x600 e 3072x768.



4.15(a): Dois *TripleHead2Go* para permitir as 6 saídas de vídeo necessárias para o *workspace*.



4.15(b): *Desktop* estendido ao longo das telas.

Figura 4.15: Saídas de vídeo do *workspace*.

mais intensos nesta área, detalhes visuais passam a ser mais observados. Desta forma, características como brilho, resolução, nitidez e foto-realismo tornam-se igualmente importantes.

Nesta nova abordagem, algumas decisões foram ponderadas em relação às propriedades da continuidade para permitir explorar mais características favoráveis dos *displays* nas tarefas de interação. Isto levou a algumas descon continuidades, principalmente na propriedade perceptiva, uma vez que mais de um *display* foi utilizado nesta abordagem, forçando assim o usuário alternar entre os mesmos. Na Figura 4.18 estão os dispositivos e *displays* utilizados em cada ambiente de interação, assim como as trocas de dispositivos necessárias (descontinuidades funcionais) durante as transições entre os ambientes.

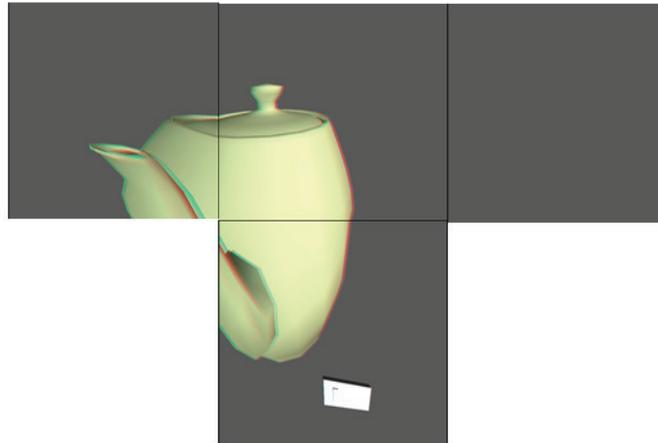
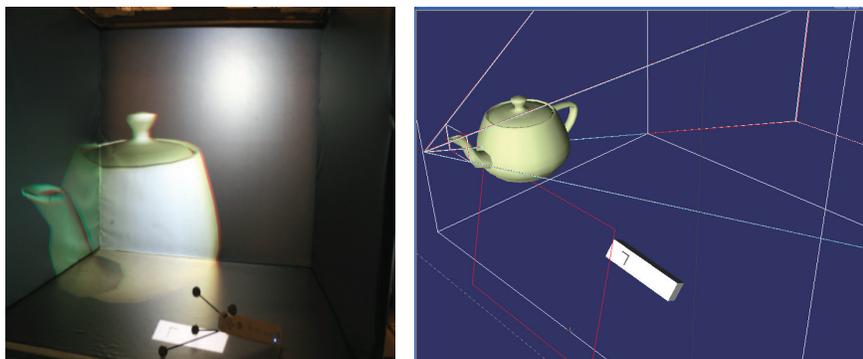


Figura 4.16: Geração das imagens das 4 câmeras virtuais para a MiniCave.



4.17(a): Visão do usuário da MiniCave para o cenário gerado na Figura 4.16

4.17(b): Visão geral do mundo virtual para o cenário da gerado na Figura 4.16

Figura 4.17: Composição das projeções na MiniCave.

WIMP

Para interface *WIMP*, as telas da MiniCave e o do *LCD* foram disponibilizadas como único *desktop*. Sendo o *LCD* considerado a tela inicial e as demais para organização das janelas. Os dispositivos de interação convencionais (mouse e teclado) foram disponibilizados nesse ambiente, mantendo a congruência dimensional das tarefas de *desktop* e a natureza destes dispositivos. As interações neste ambiente permaneceram as referentes ao ambiente Windows XP, desta forma, a visualização, manipulação e escolha de um arquivo para envio para o ambiente *VR-Manip* se faz por meio das interações usuais do Windows XP utilizando o mouse e teclado. Não houve nenhuma alteração nas funcionalidades de interatividade deste ambiente, apenas a inclusão de menus de contexto para mover-se para os outros ambientes. Estes

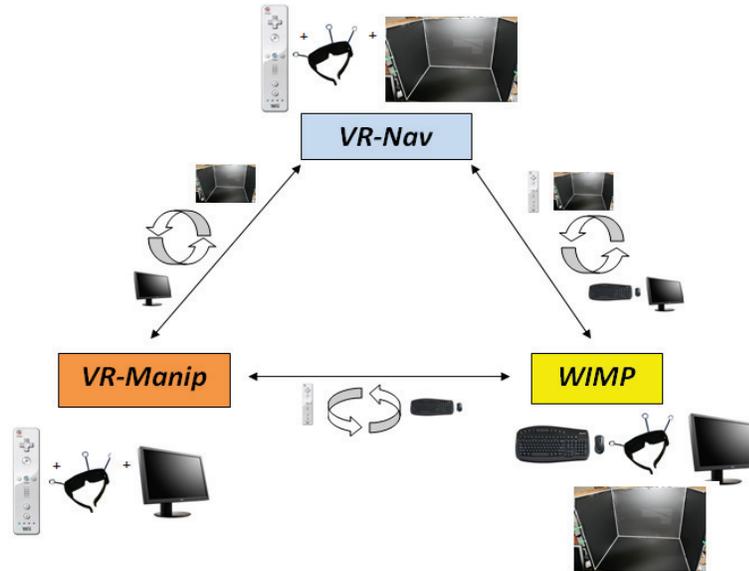


Figura 4.18: Dispositivos utilizados em cada ambiente e as trocas necessárias durante as transições.

menus serão explicados na seção de transições (Seção 4.4).

VR - Nav

O ambiente interativo semi-imersivo *VR-Nav* é caracterizado pelo uso simultâneo das quatro telas de projeção para proporcionar uma área física de visualização maior juntamente com um *FOV* elevado. Na Seção 3.2 alguns trabalhos indicam que estas características trazem benefícios para tarefas de navegação, tanto na locomoção como no *wayfinding*.

Como dispositivo de entrada neste ambiente de interação, uma *Wand* ficou disponível. No *VE*, uma representação virtual desta *Wand* foi acrescentada com similaridades na aparência. Esta representação acompanha todos os movimentos da *Wand* real (Figura 4.19). O *head-tracking* ficou habilitado neste ambiente, juntamente com a visualização estéreo do tipo anaglifo.

O espaço físico de interação fornecido por uma CAVE permite a execução de uma variedade de técnicas de interação através de movimentos físicos envolvendo braços, mãos e até pernas. Mas as técnicas de navegação envolvendo locomoção física não são muito aproveitadas neste ambiente porque seu espaço físico é pequeno, impossibilitando andar longas distâncias. De forma abrangente, a grande vantagem da CAVE é a sua imersão proporcionada pelas superfícies que envolvem o usuário, bem como a possibilidade da execução de técnicas envolvendo braços e mãos livremente. Por causa destas vantagens, buscou-se inspiração no formato das CAVES para o ajuste das superfícies de

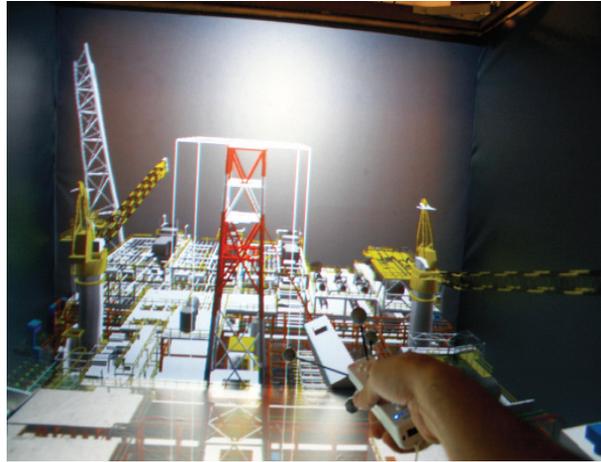


Figura 4.19: *Wand* virtual acompanhando os movimentos da *Wand* real.

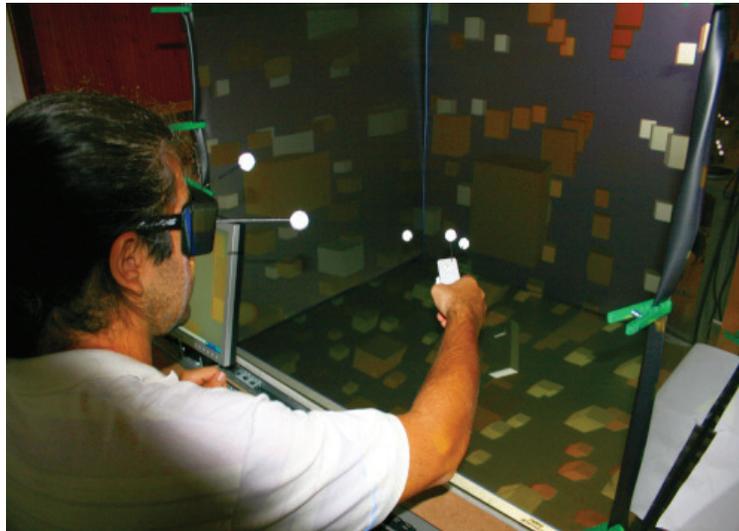


Figura 4.20: *VR Nav*.

projeção no ambiente proposto, procurando uma imersão parcial que estimulasse visualmente o usuário e ao mesmo tempo disponibilizasse espaço para realizar movimentos físicos com os braços e mãos. A característica da CAVE de permitir a permanência do usuário em pé teve que ser sacrificada para possibilitar o uso dos outros ambientes, procurando manter uma postura física (posição sentada) comum ao longo da execução das tarefas em todos os ambientes interativos do sistema híbrido.

Apesar da perda de mobilidade para tarefas de navegação envolvendo locomoção física e outras formas de manipulação, pode-se presumir que este ambiente apresenta algumas vantagens na questão de fadiga durante as interações por ele oferecidas. Esta redução da fadiga está diretamente vinculada à posição sentada que o usuário permanece durante o uso do ambiente, assim

como a presença de superfícies de apoio para os braços. Vale ressaltar que em (BlundelS06) é mencionada uma questão importante de usabilidade referente à fadiga onde são levantadas algumas observações:

1) O desconforto decorrente das interações por intervalos prolongados de tempo tem como uma das explicações o fato de ter que segurar artefatos físicos de interação no espaço sem o apoio das mãos ou braços em alguma superfície de apoio;

2) Sem uma superfície de apoio, o que pode servir como um ponto estático de referência, pode resultar no aumento da dificuldade em realizar operações mais precisas;

3) Se for frequente o uso de movimentos de grande alcance, comparando-se com a movimentação de curto alcance feita usando *joysticks* ou mouse, isso pode resultar em ganho de tempo durante as movimentações, mas a possibilidade de ocorrência de problemas relacionados à fadiga muscular é maior;

Duas *3DIts* de navegação foram disponibilizadas. A primeira *3DI* foi baseada na técnica “*grabbing the air*”, ou seja, a locomoção virtual realizando arrastos usando a *Wand*. O arrasto é realizado mantendo pressionando o botão “B” da *Wand* durante os movimentos da *Wand*. A segunda *3DI* realiza movimentos utilizando as teclas de navegação na *Wand*. A tecla “Up” causa uma locomoção na direção da *Wand*; a tecla “Down” realiza o mesmo movimento na direção inversa; a tecla “Right” realiza um movimento para o lado direito do usuário e a tecla “Left” para o lado esquerdo.

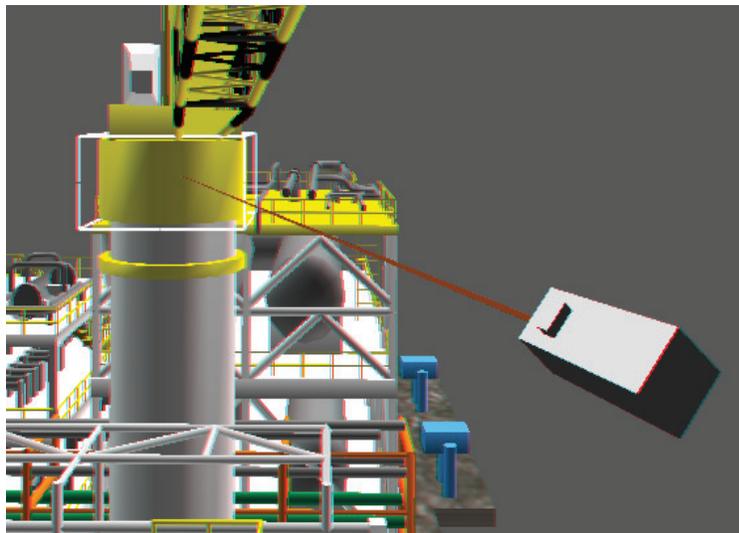


Figura 4.21: Raio partindo da representação virtual da *Wand*.

Uma *3DI* do tipo *raycasting* foi implementada e acionada pelo botão “A” da *Wand*. Uma vez ativo o raio e em cima de algum objeto 3D, um outro

clique no botão “A” aciona a seleção deste objeto. O raio virtual iniciava da ponta da representação virtual da *Wand* (Figura 4.21).

Sendo a *Wand* um dispositivo de natureza 3D, por conter dados contínuos referentes à sua localização e orientação espacial, acredita-se que com a escolha dela como dispositivo deste ambiente foi mantida uma congruência dimensional nas *3DIts* oferecidas, uma vez que todas necessitavam de informações de natureza 3D para sua realização. A *3DIt* “*Grabbing in the Air*” necessita de pontos 3D para calcular um delta de movimento, e a navegação por teclas e o *raycasting* necessitam de um vetor direção 3D.

Além da navegação, a tarefa de manipulação direta de objetos poderia ser realizada também na MiniCave através da interação com os objetos no paralaxe negativo, porém esta funcionalidade foi desabilitada devido aos problemas decorrentes da obstrução de objetos virtuais por objetos reais e vice-versa (ver propriedade *Masking* na Seção 2.3.1).

VR - Manip

O terceiro ambiente foi direcionado para tarefas de manipulação de objetos virtuais ao alcance das mãos conforme os requisitos levantados inicialmente. Este ambiente foi inspirado na ideia de *reachin displays* para permitir a manipulação de objetos ao alcance das mãos. A grande maioria dos *reachin displays* utiliza superfícies finas como espelhos e vidros para exibir o conteúdo digital normalmente proveniente de um monitor CRT. Apesar dos atuais monitores *LCD* não serem da mesma espessura que um vidro ou espelho, acreditamos que este *display* fornece também um acesso viável à sua parte traseira. Desta forma, a interação com as mãos é realizada diretamente atrás do monitor *LCD* (Figura 4.22), ao invés de interagir atrás de uma superfície refletora.

Outra inspiração foi o *setup fishtank*, no sentido de prover o *head-tracking* durante a interação na frente do monitor. Tal fato em conjunto com as características dos *reachin displays* poderiam ser vistos como uma forma de “acesso ao *tank*”.

O dispositivo de entrada disponibilizado neste ambiente é a mesma *Wand* disponibilizada no ambiente *VR-Nav* (Figura 4.23) e apresenta a mesma representação virtual dela. Mesmo o usuário não vendo as mãos e nem as representações reais dos apontadores (somente as representações virtuais), o fato de estar próximo e consistente com os movimentos das mãos pode vir a ser uma vantagem.

A *3DIt* implementada neste ambiente é baseada na associação direta de movimento entre um objeto virtual (o objeto escolhido visualizado no *LCD*) e uma ferramenta de interação física, a *Wand*. A técnica necessita manter o



4.22(a): Visão lateral.

4.22(b): Visão do Topo.

Figura 4.22: Ambiente para manipulação de objetos virtuais inspirado nos *Reachin Displays* e *FishTank*

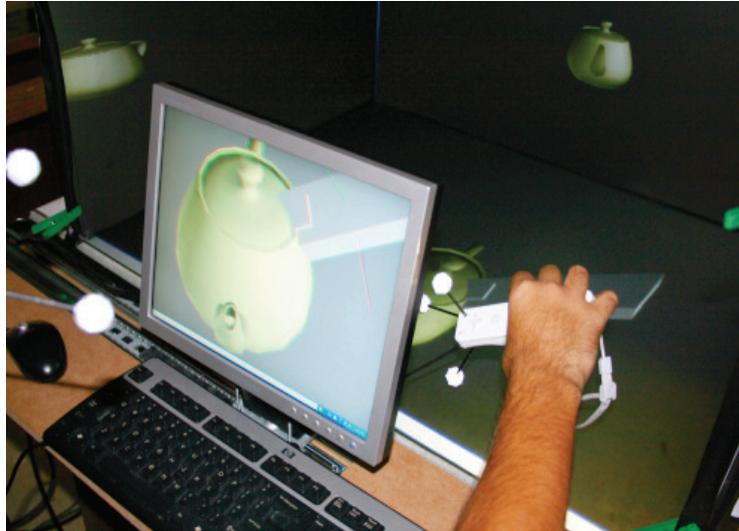
botão “B” pressionado para que o objeto acompanhe os movimentos da *Wand*.

Assim como no *VR-Nav*, acredita-se que aqui foi mantida uma congruência dimensional da 3DIt implementada, dado que a *Wand* forneceu os dados 3D necessários para realizar os arrastos e rotações para manipular o objeto escolhido.

No *VR-Manip* o arquivo escolhido no *WIMP* fica simbolizado por um ícone 3D na ponta da representação virtual da *Wand* (Figura 4.24). Para anexar o ícone no objeto é preciso clicar no botão “A”, feito isso, o arquivo aparece anexado ao objeto 3D no *VR-Nav* com uma linha conectando o ícone 3D ao centro do objeto 3D.

Entretanto, com o resultado obtido do processo de integração desta forma de *reachin display* com a MiniCave não foi possível dispor de todas as vantagens dos *setups* convencionais dos *reachin displays*. Por exemplo, estes *setups* normalmente sustentam um monitor do tipo CRT ou do tipo auto-estéreo em um suporte horizontal, e abaixo deste suporte fica uma superfície refletora inclinada (ver Seção 3.1). Entretanto, seria difícil a mobilidade destes suportes dentro da estrutura do *workspace*, uma vez que um dos objetivos principais foi minimizar o esforço físico na troca dos ambientes de trabalho.

Outro problema ficou vinculado à integração do sistema de *tracking* neste *setup*. Normalmente estes sistemas quando integrados nos *reachin displays* são posicionados para atuarem atrás da superfície refletora, para isto o *tracking* deveria estar posicionado atrás e abaixo da estrutura (ver *PSS* na Seção 3.1), porém isto iria impossibilitar o uso da tela de projeção frontal da MiniCave. Além disso, o *head-tracking* ficaria também comprometido pela obstrução

Figura 4.23: *VR Manip.*

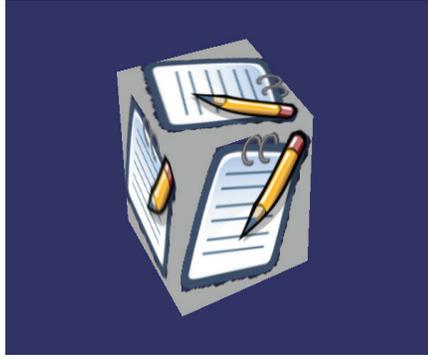
causada pela estrutura toda do *display*, ocasionando falta de visibilidade do marcador localizado na cabeça do usuário.

O *LCD* não ficou posicionado como as superfícies refletoras convencionais, pois nesta posição poderia haver obstrução dos apontadores dificultando o processo de *tracking*. Desta forma, foi assumido o posicionamento vertical do *LCD* facilitando assim a sua aproximação da MiniCave e proporcionando espaço para o usuário apoiar os cotovelos durante as interações de manipulação.

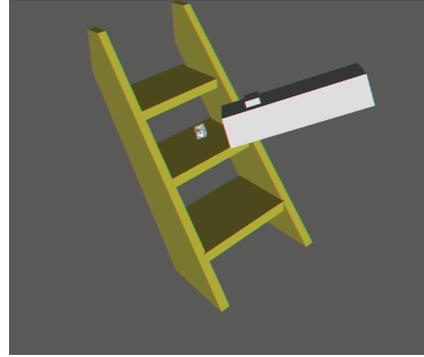
Apesar do *LCD* ficar posicionado quase verticalmente, isto não impede a visualização dos objetos virtuais que não estão atrás do *display*, isto porque o *head-tracking* estará habilitado. Com o *head-tracking* habilitado o *LCD* vai ser visto como uma janela para um mundo virtual acessível atrás dele. Isto quer dizer que o usuário poderá movimentar a cabeça para explorar melhor o que está atrás desta “janela virtual”.

Como o uso do *head-tracking* também foi habilitado neste ambiente, a imagem gerada no *LCD* está diretamente ligada com a câmera virtual formada pela posição do usuário e os 4 cantos do *LCD*. Porém, estes cantos não são determinados em tempo real, para isto, foi capturada previamente a posição dos cantos na posição real de uso (quando o *LCD* está totalmente à direita na frente da MiniCave). Ou seja, houve uma calibração estática da posição do *LCD* para ser usada como informação durante toda a interação no *VR-Manip*.

A opção por integrar ao ambiente algo inspirado nesta tecnologia é uma tentativa de incorporar a vantagem do acesso a objetos virtuais ao alcance das mãos, sem ter a desvantagem de usar um capacete.



4.24(a): Aparência do ícone 3D para um arquivo de uma aplicação de texto.



4.24(b): Anexando um ícone 3D em um objeto.

Figura 4.24: Ícone 3D na *ponta* da Wand durante o uso do *VR-Manip*.

4.4 Interações de Transição e Continuidade

Para integrar os ambientes de interação foram criados mecanismos de interface simbolizando transições. Os critérios utilizados para criar estas transições foram inspirados na continuidade proposta por Trevisan em (Trevisan04) baseando-se nos aspectos perceptivo, cognitivo e funcional da interação.

Nesta seção são explicados os eventos que disparam a inicialização das transições (Figura 4.25) na *HybridDesk*, assim como os procedimentos (Figura 4.18) e recursos utilizados durante as mesmas. Apesar dos eventos de inicialização poderem ser considerados como comandos dos ambientes, decidiu-se explicá-los aqui dada sua relação com as transições.

A transição entre o ambiente de *VR-Nav* e o *VR-Manip* é acionada pela indicação de um objeto no *VE* mais o clique no botão “A” da *Wand*. O processo de transição inicia com uma aproximação deste objeto indicado (por meio de uma animação) até a tela frontal da *MiniCave*, e ao mesmo tempo, uma outra animação é acionada indicando a movimentação do *LCD* para frente da *MiniCave* (Figura 4.26). A animação do movimento do objeto escolhido para próximo da posição da tela frontal da *MiniCave* é utilizada com intuito de tentar prover uma indicação de que o objeto escolhido estaria vindo para perto do usuário atrás do *LCD*, ou seja, uma forma de indicar que o objeto na *MiniCave* estaria indo para trás do *LCD*. Quando o usuário posiciona o *LCD* na frente da *MiniCave* ele já visualiza o objeto escolhido na tela do *LCD*.

O recurso da animação da aproximação do objeto para a tela frontal objetiva tentar manter um vínculo cognitivo do objeto escolhido entre os dois ambientes no sentido de mostrar ao usuário que o objeto atrás do *LCD* é

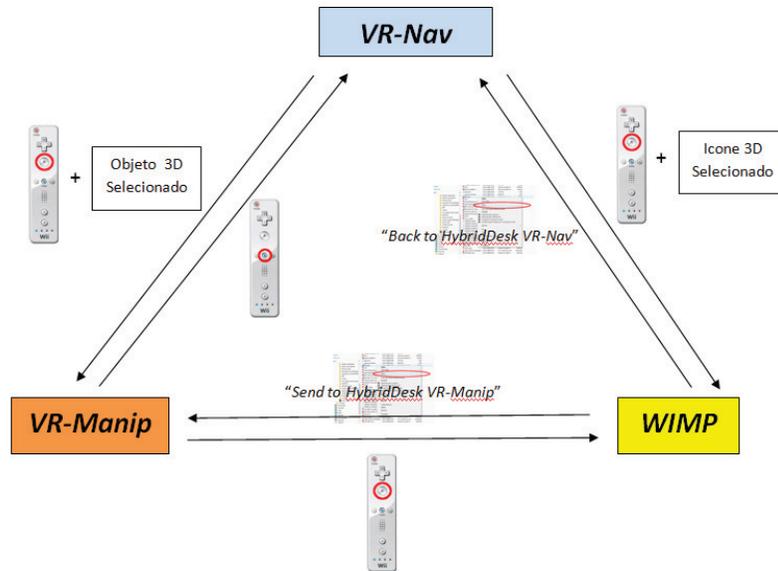


Figura 4.25: Eventos que disparam as transições entre os ambientes de interação.

realmente o que foi selecionado. Apesar de haver uma quebra perceptiva no sentido de que houve uma mudança de *display* para atuar no objeto (mudou da MiniCave para o *LCD*), há uma certa continuidade funcional, uma vez que o usuário não precisa mudar o dispositivo de interação 3D (*Wand*), e a continuidade cognitiva é mantida pelos recursos de animação que mostram que o objeto é o mesmo.

Para retornar do *VR-Manip* para o *VR-Nav* é necessário o clique no botão “Home” da *Wand*. Este evento dispara a execução de uma animação na MiniCave de volta ao ponto de vista no *VR-Nav* de onde foi realizada a seleção do objeto sendo manipulado no *VR-Manip*. Além disso, outra animação exibe um *LCD* ilustrativo (na tela frontal da MiniCave) indo para o lado esquerdo da MiniCave (Figura 4.27) com o objetivo de lembrar o usuário a não necessidade do uso deste *display* durante o *VR-Nav*.

A respeito do aspecto funcional da continuidade na transição entre o *VR-Nav* e o *VR-Manip*, o dispositivo de entrada (*Wand*) continua o mesmo, porém, os comandos associados a ela são diferentes. Entretanto, alguns comandos possuem semelhanças semânticas, por exemplo, o botão “B” no *VR-Nav* é utilizado para arrastos de movimento durante a navegação, e no *VR-Manip* é utilizado para movimentar o objeto selecionado através de arrastos também.

A transição do ambiente de navegação para o *WIMP* é acionada pela indicação de algum ícone 3D (por meio do uso do raio virtual) anexado em algum objeto do cenário virtual (Figura 4.28) mais o clique no botão “A”

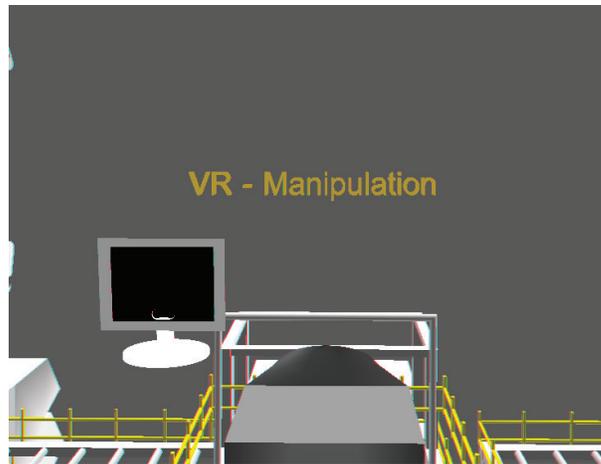


Figura 4.26: Animação para indicar a movimentação do *LCD* para dentro da *MiniCave*.

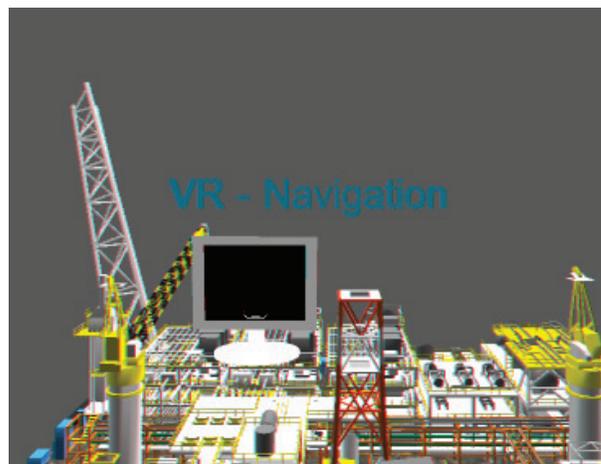


Figura 4.27: Animação para indicar a movimentação do *LCD* para fora da *MiniCave*.

da *Wand*. O ponto de entrada no *WIMP* da transição vinda do ambiente *VR-Nav* é o gerenciador de arquivos do Windows XP, dentro da pasta onde está o arquivo associado ao ícone 3D, e por fim com este arquivo escolhido. Para retornar para o *VR-Nav* a partir do *WIMP* é necessário utilizar o menu de contexto e clicar na opção “Back to HybridDesk VR-Nav” (Figura 4.25). Esta volta culmina em uma descontinuidade perceptiva, uma vez que é preciso empurrar o *LCD* para fora da *MiniCave*.

Este ponto de entrada no Windows com o arquivo selecionado serve para tentar criar um vínculo cognitivo com o ícone 3D selecionado no passo anterior no *VR-Nav*.

Para escolher um arquivo e anexar a um objeto 3D é obrigatório ir para o ambiente *VR-Manip* e a partir dele iniciar o *WIMP* através do clique do

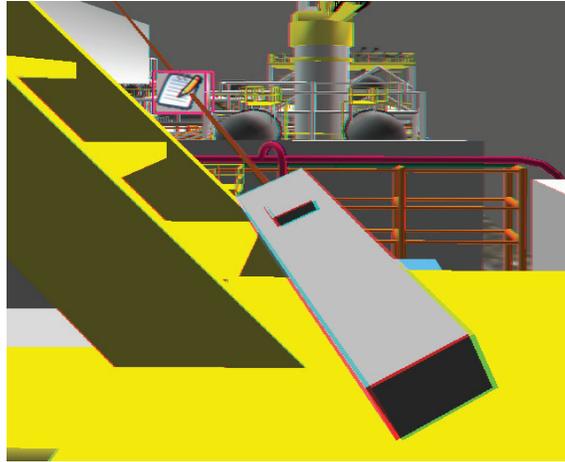


Figura 4.28: Indicação de um ícone 3D como um dos requisitos para ir ao ambiente *WIMP*.

botão “A” da *Wand*. Uma vez feito isso, no *LCD* é exibido o gerenciador de arquivos do Windows XP na pasta “C:”. Para enviar um arquivo para o *VR-Manip*, o usuário precisa acionar um menu de contexto em cima do arquivo escolhido e clicar na opção “Send to HybridDesk VR-Manip”. A volta para o ambiente *VR-Manip* com um ícone 3D aparecendo na ponta da *Wand* também tem a finalidade cognitiva de tentar criar um vínculo entre um arquivo do Windows XP e o ícone 3D no *VE*. Entretanto esta volta também acompanha uma descontinuidade funcional, dada a necessidade na troca do teclado e mouse pela *Wand*.

A visualização do *WIMP* no *LCD* mantém um continuidade perceptiva quando a transição para o *WIMP* inicia no ambiente *VR-Manip*, uma vez que este também usa o *LCD*. Porém, uma quebra de continuidade funcional ocorre, pois o usuário é levado a deixar de lado a *Wand* e usar o mouse ou o teclado. Entretanto vale ressaltar que esta quebra pode também não ser total, pois pode ocorrer a situação em que um manipulador está sendo usado na mão não dominante do usuário e o mouse na mão dominante.

Na Figura 4.29 há um resumo visual do que foi relatado nesta seção através de um esquema das propriedades da continuidade ao longo das transições na *HybridDesk*.

Apesar de que em todas as transições entre os sub-ambientes houve pelo menos uma quebra de continuidade em algum aspecto, houve uma preocupação em tentar compensar esta descontinuidade através do estímulo de outro aspecto, por exemplo, as animações como uma forma de estimular o aspecto cognitivo para compensar a quebra no aspecto perceptivo dada a obrigatoriedade na troca de *displays*.

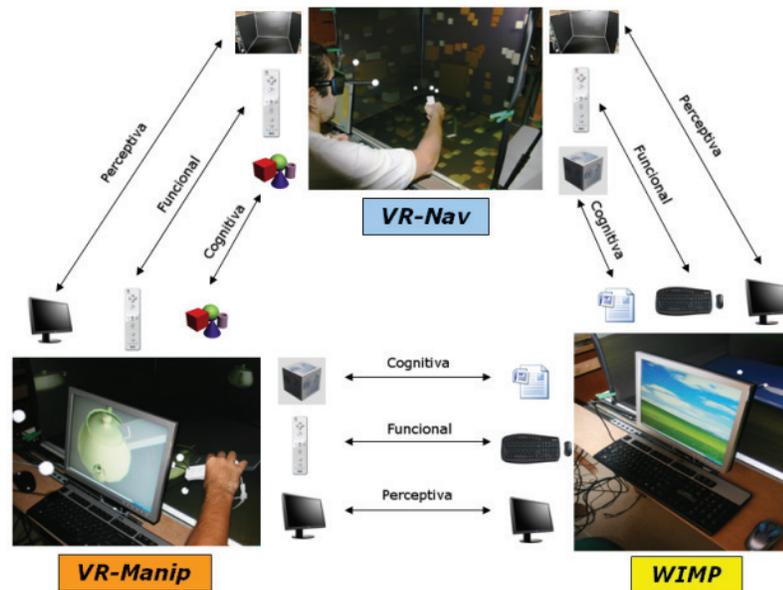


Figura 4.29: Esquema das propriedades da continuidade no HybridDesk.

Conforme mencionado na Seção 3.3 sobre o modelo de transições de Grasset (GrassetLB06, GrassetLB05), e as observações apontadas nas Seções 3.4 e 3.5 sobre possíveis adaptações neste modelo, na Figura 4.30 está ilustrado o HybridDesk no modelo de Grasset, porém acrescido de alguns ítems referentes aos parâmetros das funções de movimento e transição.

Este acréscimo no modelo de transições de Grasset fez-se necessário dado que no modelo original a idéia de deslocamento 3D dentro de uma interface ficou muito vinculada à função de movimento V . Entretanto, neste trabalho nem todas as interfaces são de natureza 3D, ou seja, há o uso da *WIMP*, que é 2D. Desta forma, decidiu-se agregar à função de movimento um conjunto de parâmetros que estariam ligados tanto a componentes de hardware quanto de software num dado momento dentro de uma interface. Por exemplo, na função $V(t, \text{“Grabbing the air”}, \text{Wand}, \text{LCD})$ há um movimento ao longo do tempo t dentro de uma interface usando “Grabbing the air” como técnica de interação através do dispositivo de input *Wand* e o display *LCD*. Seguindo o mesmo raciocínio, este acréscimo também foi aplicado para a função de transição T , por exemplo, em $T(t, \text{Animações}, \text{LCDin—LCDout})$ ocorre uma transição ao longo do tempo t que utiliza recursos de animações visuais e movimentações físicas do tipo *LCDin—LCDout*, ou seja, deslocamento do display *LCD* para dentro e para fora da *MiniCave*.

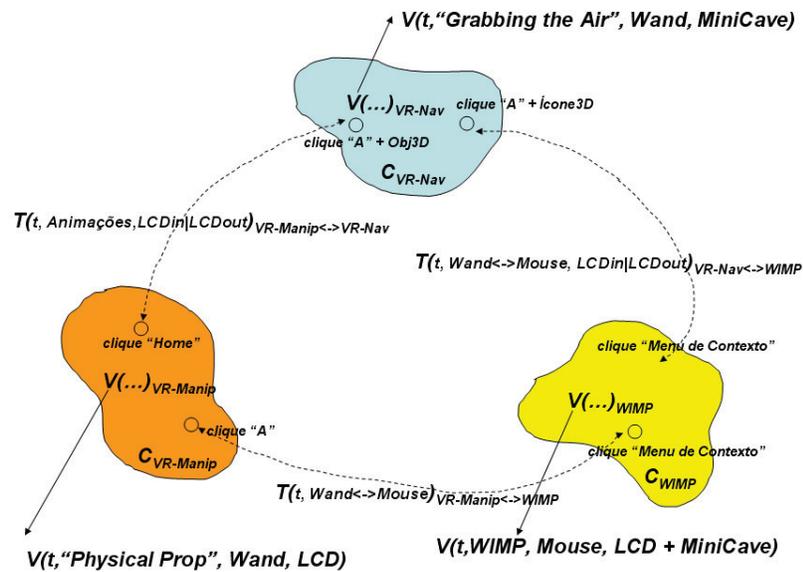


Figura 4.30: Esquema das transições do HybridDesk numa adaptação do modelo formal de (GrassetLB06, GrassetLB05).

4.5 Implementação

Como mencionado na Seção 4.3 foi utilizada a biblioteca gráfica **OpenSceneGraph** para gerenciar o grafo de cena do *VE*. Porém, foi desenvolvido um conjunto de classes para gerar um conjunto de câmeras com cones de visão adequados (mais precisamente, cones de visão assimétricos conforme os descritos no trabalho (CruzNeiraSD93)) para gerar as imagens projetadas na *MiniCave* de acordo com a posição da cabeça do usuário, assim como no *LCD*.

Um conjunto de classes de suporte foram criadas para realizar cálculos e gerenciamento. Uma classe chamada **WallProjection** foi responsável por gerenciar uma câmera do mundo virtual a cada quadro. A atualização da câmera se fez por meio da geração do cone de visão com base nos quatro cantos da tela de visualização e a posição da cabeça do usuário que foram informados a cada quadro.

A classe **WorkPlace** foi responsável por gerenciar 5 objetos da classe **WallProjection**, ou seja, as 4 câmeras virtuais da *MiniCave* e o *LCD* do ambiente *VR-Manip*. Ela também criou e associou para cada uma dessas câmeras um objeto da classe **osgViewer::Viewer**. Esta classe **Viewer** é parte integrante da biblioteca **OpenSceneGraph** e é responsável por criar uma janela aonde será desenhada a visão de uma câmera virtual. Desta forma, a classe **WorkPlace** criou 5 janelas no desktop e as posicionou. O posicionamento dessas janelas foi feito de tal forma que cada janela ocupasse uma superfície de

projeção da MiniCave e a tela do *LCD*. Este posicionamento das janelas ocorreu ao longo de um desktop estendido.

Duas classes adicionais (**BraTrackProtocol** e **classUDPSocketBasics**) foram responsáveis por receber via rede e tratar as informações de rastreamento computadas em uma máquina remota aonde o tracker BraTrack (www.bratrack.com) estava instalado. As informações vindas continham posições e orientações dos marcadores acoplados no óculos estéreo e na *Wand*.

Para realizar a detecção de objetos por meio de um raio virtual foi criada a classe **PickHandler**. Ela basicamente continha funcionalidades para receber dois pontos 3D e um nó para uma cena e então calcula quais os objetos contidos nesta cena estão atravessados pelo raio definido pelos dois pontos 3D passados por parâmetro.

Durante a seleção de objetos no *VE*, um *feedback* visual (na forma de uma caixa branca envolvente) nos objetos indicados foi criado utilizando uma classe chamada **SelectionBox**. Nela são definidos parâmetros como a cor da caixa, a espessura das suas linhas e o tamanho.

Além das classes implementadas, foi utilizada a biblioteca **WiiYourSelf!** (wiiyourself.gl.tter.org/) que continha a classe “wiimote” utilizada para identificar os eventos vindos dos wiimotes utilizados. Além de captar os eventos foi possível também enviar outros comandos através desta classe, por exemplo, o comando para o wiimote vibrar.

As animações de transição mostrando um *LCD* virtual indo para os lados foram geradas no programa de modelagem e animação 3dsMax 9.0 e exportadas para o formato IVE do *OpenSceneGraph*.