UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Aplicação da Realidade Virtual na Visualização de Dados Científicos

Antonio Valério Netto

Nº 166

RELATÓRIOS TÉCNICOS

São Carlos - SP

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
ISSN 0103-2569

Aplicação da Realidade Virtual na Visualização de Dados Científicos

Antonio Valério Netto

Nº 166

RELATÓRIOS TÉCNICOS

São Carlos – SP
Mai./2002

APLICAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL NA VISUALIZAÇÃO DE DADOS CIENTÍFICOS

ANTONIO VALERIO NETTO

Departamento de Ciências da Computação e Estatística
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC
Universidade de São Paulo - USP - Campus São Carlos
Caixa Postal 668 - CEP 13560-970 - São Carlos, SP

1. Introdução

Nascida de pesquisas militares e científicas em meados dos anos 70, a realidade virtual vem pouco a pouco saindo de quartéis e laboratórios e já pode ser vista e sentida em áreas como arquitetura, medicina, publicidade, entretenimento e nas indústrias.

Ela surgiu como uma tecnologia avançada de interface, enfatizando características como a utilização de dispositivos multi-sensoriais, navegação em espaços tridimensionais, imersão no contexto da aplicação e interação em tempo real. Isto despertou um grande interesse dos pesquisadores e usuários e uma resposta rápida das empresas fornecedoras da área, que estão viabilizando rapidamente esta tecnologia, por meio da oferta crescente de produtos de *hardware* e *software* cada vez mais poderosos e acessórios de interface como capacetes, luvas e óculos mais leves e acessíveis financeiramente (Valerio Netto, 1998).

Em função do elevado potencial para uso nas mais variadas áreas do conhecimento, cobrindo inúmeras atividades da sociedade, como educação, pesquisa, treinamento, negócios, laser, etc., a realidade virtual está sendo considerada uma área que aponta para o futuro com muito trabalho a ser feito e muitas questões a serem resolvidas (Hancock, 1995).

Existem diversas definições na literatura em relação à Realidade Virtual (RV). Agrupando-se algumas dessas definições (Burdea & Coiffet, 1994; Jacobson, 1991; Krueger, 1991), pode-se dizer que RV é uma técnica avançada de interface, onde o usuário pode realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multi-sensoriais.

Esta interface envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais, o usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo. A grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual. Para suportar esse tipo de interação, o usuário utiliza dispositivos não convencionais como capacetes de visualização e controle (*Head Mounted-Display* – HMD[1]) (Figura 1), e luvas de dados, os chamados *Dataglove* (Figura 2) (Earnshaw, et al., 1995). Um *dataglove* permite que o usuário possua seis graus de liberdade de movimento, tenha interação e navegação no ambiente virtual e suporte ainda gestos como apontar, pegar ou manipular objetos (Sturman & Zeltzer, 1994).

[1] É um dos mais populares dispositivos de interface para RV. Consiste de um par estéreo de pequenos visores que cobrem os olhos dos usuários. Um dispositivo de *head-tracking* (localizador da cabeça) fornece a localização e a orientação do observador para simular à vista correta (Delaney, 1996).

Todos estes dispositivos dão ao usuário a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente tridimensional real, permitindo a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos, por exemplo, para apontar, pegar, e realizar outras ações (Kirner, 1996).

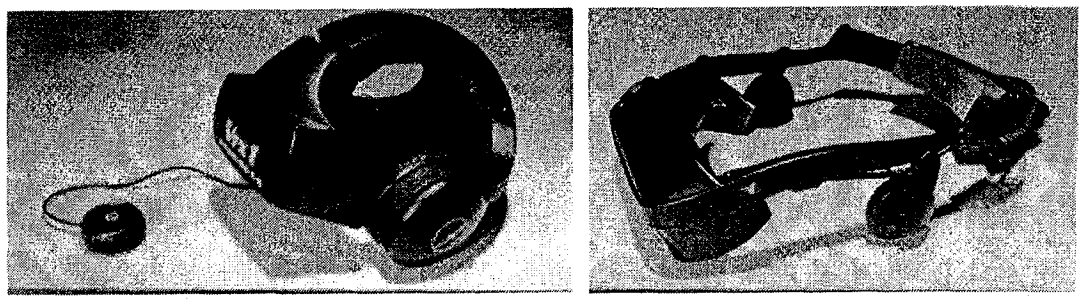

Figura 1 – Dois modelos de *HMD* vendidos comercialmente (Delaney, 1996).

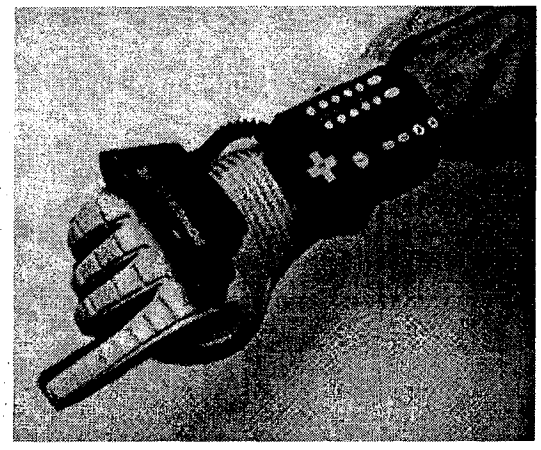

Figura 2 - "Power Glove", um dos modelos de *Dataglove* vendidos comercialmente (Dispositivos, 1999).

A realidade virtual é freqüentemente confundida com animação, CAD ou multimídia, apesar de existirem algumas características diferentes entre estes termos. Em comparação com estas tecnologias alternativas, a RV é (Leston, 1996):

- Orientada a usuário;
- Faz *rendering* (atualização da textura e da geometria do objeto) das imagens em tempo real, isto é, atualiza as imagens assim que sofrem qualquer tipo de modificação;
- Mais imersiva - existe uma grande sensação de presença dentro do mundo virtual;
- Mais interativa - existe uma grande faixa de modificações sobre o comportamento dos objetos que o usuário pode influenciar;
- Mais intuitiva - existe pouca ou nenhuma dificuldade em manipular as interface computacionais existentes entre o usuário e a máquina;
- Descrição topológica funcional dos objetos, ao contrário da descrição elementar do CAD.

Basicamente, a RV pode ser aplicada a cinco áreas específicas: "jogos e entretenimento", comunicação à distância, "simulação e treinamento", tele-presença e visualização (Grimes, 1991). Para Jean Leston (Leston, 1996) as empresas têm utilizado a RV nos seguintes campos: automação de projetos, venda e *marketing*, planejamento e manutenção, treinamento

e simulação, e concepção e visualização de dados. Embora a todo o momento, surjam novas aplicações nas mais variadas áreas do conhecimento e de maneira bastante diversificada, em função da demanda e da capacidade criativa das pessoas. Em muitos casos, a RV vem revolucionando a forma de interação das pessoas com sistemas complexos tratados com o uso de computadores, propiciando maior desempenho e economizando custos.

Na prática, isso significa que a RV possui um vasto campo de utilização, e com certeza uma das áreas que recentemente está fazendo uso desta técnica com mais freqüência é a visualização científica, o que pode ser constatado num dos capítulos a seguir, onde é apresentada uma breve revisão a nível geral dos trabalhos pertinentes a este enfoque.

Este trabalho tem o intuito de despertar os leitores para uma tendência que pode se concretizar ao longo dos próximos anos; a utilização de Ambientes Virtuais seja ele imersível ou não, em projetos de Visualização Científica. É possível, mediante os trabalhos e artigos na área, acreditar que num futuro próxima realidade virtual e Visualização Científica se confundirão quando os dados a serem manipulados e analisados forem de natureza médica, meteorológica, de fluídos ou qualquer outra base de dados científicos que necessite de uma investigação visual tridimensional. Existe um antigo provérbio chinês que diz:

Eu escuto, eu esqueço...

Eu vejo, eu lembro...

Eu manipulo, eu entendo.

É importante esclarecer, porém, que este trabalho não visa verificar as potencialidades e as limitações desta técnica de exibição de informações diante da complexidade dos dados que uma aplicação de Visualização Científica requer. Isto é matéria para um estudo e uma revisão mais aprofundada, mas sem dúvidas é um trabalho de pesquisa essencial para quem deseja fazer uso de aplicações agregando Visualização Científica com técnicas de RV.

2. Visualização Científica e o emprego de ambientes virtuais

Visualização científica, tradicionalmente definida como sendo a representação pictórica da informação científica, evoluiu muito acompanhando os avanços da informática e da computação gráfica. Hoje constitui uma área dinâmica, em plena expansão, caracterizada por linhas de pesquisas recentes e bastante complexas (Martinez, 1997).

A Visualização Científica é a técnica para investigar dados numéricos por meio da visualização de objetos gráficos. Através desta visualização, complexos dados numéricos computacionais e de medição tornam-se intuitivamente mais fáceis de se entender. Métodos de interação que utilizam visualização tridimensional permitem analisar todos os aspectos relevantes de um conjunto de dados. Não obstante, técnicas de apresentação em 3D e métodos de interação usando uma interface convencional (mouse-menu-driven) ainda tem algumas desvantagens: como por exemplo, as relações espaciais são freqüentemente dificultosas para reconhecimento e navegação, são somente possíveis indiretamente (Nielson et al.,1997).

A Visualização Científica faz uso da computação gráfica na investigação de fenômenos científicos (McCormick et al., 1987; Smarr, 1991). A computação gráfica permite aos pesquisadores entenderem a estrutura qualitativa de um fenômeno, por meio de gráficos e desenhos detalhados, que não poderiam ser conseguidos de outra forma. A computação gráfica interativa permite um controle em tempo real sobre como os gráficos são gerados, favorecendo o aumento da habilidade dos pesquisadores de explorarem o fenômeno por meio do computador (Bryson, 1993).

Os ambientes virtuais viabilizam uma total interação com interfaces tridimensionais para exibição e controle da computação gráfica interativa. Os ambientes virtuais são caracterizados pela simulação de ambientes que se comportam como se fossem reais. Este realismo não é

somente uma apresentação foto-realística dos objetos em questão, mas sim a possibilidade de se manipular esses objetos interagindo com o meio (Bryson & Levit, 1991).

Quando o fenômeno científico a ser estudado é de cunho tridimensional e contêm estruturas complexas, ambientes virtuais fornecem um caminho natural para exibi-los. A entrada de dados em ambientes virtuais por meio de luvas (*Dataglove*) permite um simples e intuitivo controle da posição tridimensional e da orientação das vistas envolvidas na visualização do fenômeno. Este controle é particularmente proveitoso quando a excelência dos dados do fenômeno permite somente a exibição parcial por um determinado espaço de tempo. Usando técnicas de controle para ambientes virtuais, o pesquisador pode rapidamente mudar o que e onde o dado é exibido, permitindo a exploração de ambientes de dados complexos (Earnshaw & Watson, 1993).

A análise visual de dados científicos é normalmente melhor realizada por meio de ambientes interativos no qual os pesquisadores são capazes de ver todo o conjunto de dados, mover de um lado para o outro através do tempo, pesquisar por valores específicos ou determinadas características, obter informações quantitativas sobre localização de dados em particular e manipular objetos no espaço de dados. A realidade virtual fornece um ambiente interativo e mostra ser capaz de suportar a exploração interativa de um conjunto de dados científicos (Baker & Wickens, 1999).

Em acréscimo a potencialidade de fácil navegação e manipulação de objetos, a RV fornece ao usuário a imersão em um conjunto de dados, o qual pode ser muito proveitoso para algumas aplicações. Ferramentas *desktop* geralmente restringem o usuário a uma vista exocêntrica – o usuário é mantido do lado de fora, olhando para dentro. A RV facilita as vistas egocêntricas, no qual o display é construído pelo ponto de vista do usuário, que pode estar inserido dentro do espaço de dados. A imersão pode contribuir para o sentimento de presença que raramente é possível com ferramentas *desktop* (Slater & Usoh, 1993).

A RV e a Visualização Científica estão unidas por várias razões, além das já citadas característica de visualização e controle em três dimensões. A Visualização Científica é orientada em direção a exibição informativa de quantidades abstratas e concepções, contrário a um esforço de representar objetos realisticamente no mundo real. Portanto a demanda gráfica da Visualização Científica pode ser direcionada exatamente para o oposto das representações realísticas. Algumas representações gráficas já são possíveis com a tecnologia existente. Entretanto, um pesquisador pode realizar investigações em RV que seriam impossíveis ou inexpressivos no mundo real. Os melhores aspectos da simulação computacional e da interação intuitiva de um mundo real são combinados.

Finalmente, a Visualização Científica engloba um extenso conjunto de problemas, alguns possíveis de serem pesquisados com a tecnologia existente hoje e outras não. Com certeza os projetistas de aplicações em realidade virtual podem identificar problemas de Visualização Científica que podem ser solucionados por uma interface em RV com a tecnologia existente hoje. Desta maneira, aplicações demonstram a eficiência da tecnologia de RV quando esta fornece valiosas ferramentas para a visualização científica.

O principal impacto da tecnologia de RV na Visualização Científica é o fornecimento de uma interface em tempo real intuitiva para a exploração de dados, facilitando o uso da Visualização Científica no processo de pesquisa. Então são dois pontos a ressaltar: exploração em tempo real dos dados requisitados e a interface em RV formidavelmente facilitando a capacidade de exploração destes dados.

Um sistema para suportar uma exploração interativa de um conjunto de dados complexos necessita ter dois aspectos:

- Interação em tempo real;
- Uma natural interface tridimensional antropomórfica.

Esses aspectos fornecem três principais vantagens:

- Habilidade para rapidamente amostrar um conjunto de dados sem atravancar a visualização;
- Habilidade de investigar regiões não pretendidas pelo interesse inicial sem penalidade;
- Habilidade de ver a relação entre um dado e sua localização no espaço ou no tempo sem atravancar a visualização.

Estas vantagens podem ser condensadas em apenas uma só: interação em tempo real encoraja a exploração dos dados científicos.

Em Haase et al. (1997) uma classificação de aplicações quanto ao nível dinâmico e interativo para Visualização Científica que utiliza ambiente virtual para a exibição dos dados é apresentada:

- Cena estática sem interação – A cena estática é a visualização de uma parte do conjunto de dados dinâmicos. Usando-se técnicas de ambientes virtuais as cenas podem ser vistas com a melhoria de efeitos 3D. A navegação pelo interior do projeto pode ser uma melhoria comparada a técnicas convencionais de interface 3D.
- Cena estática com interação – Apresentação de atributos como cor, reflexão, transparência e etc., pode ser trocada interativamente em um ambiente virtual. Por exemplo, por meio de um menu 3D. Além disso, objetos podem ser escondidos ou sua visualização simplificada por aplicação direta da manipulação e/ou gestos. Técnicas para investigação de dados podem também ser realizados dessa forma.
- Cena dinâmica sem interação – Dinamismo em Visualização Científica são normalmente apresentados por animações. Já que animações podem ser descritas com uma série de transformações de matriz ou par cor-vértice, dinamismo pode estar presente em ambientes virtuais por pré-carregamento semelhante a "scripts".
- Cena dinâmica com interação – Completa funcionalidade da Visualização Científica interativa são integradas com técnicas de ambientes virtuais. Métodos de interação e apresentação em ambientes virtuais substituem as características "pseudo-3D" das tradicionais interfaces mouse-menu-driven.

3. Aplicações de RV na área de visualização científica

A aplicação pioneira nesta área foi o projeto WINDTUNNEL (Figura 3), desenvolvido pela *NASA Ames Research Center* (Ressler, 1997; Machover, 1994; Bryson, 1992a). Esta aplicação foi projetada para permitir a visualização e a simulação tridimensional de fluxos de fluídos instáveis que são baseados nos valores calculados sobre a velocidade, a energia e os dados de pressão destes fluídos (Bryson, 1993). Um sistema estéreo CRT Boom-mounted (BOOM[2] - *Binocular Omni-Oriented Monitor*) com seis graus de liberdade foi utilizado para visualização e uma luva controladora *hand position sensitive* foi utilizada para introduzir vários *tracers* (ex: fumaça) dentro do campo de fluxo (*flowfield*) virtual (Figura 4). Um multiprocessador gráfico foi utilizado para calcular os dados computacionais e para fazer o *rendering* (atualização gráfica) (Bryson & Levit, 1991).

[2] Ao contrário do *head-mounted display*, que precisa ser "vestido", suporta monitores, sensores e a óptica necessária através de um "pau-de-carga" com um contrapeso que elimina o problema de peso e o tamanho dos monitores. O BOOM pode ser comparado a um par de binóculos suspensos por um cabo, que permite ao usuário andar ao redor dos objetos sem ter que suportar o peso dos dispositivos sobre a cabeça (Araújo, 1996).

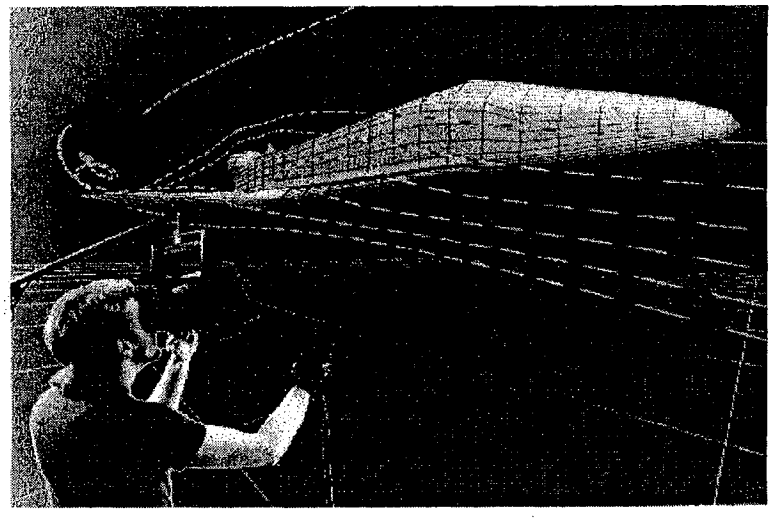

Figura 3 - WINDTUNNEL desenvolvido pela NASA (Ressler, 1997).

As técnicas desenvolvidas para o virtual WINDTUNNEL também foram aplicadas para a visualização das curvas do espaço-tempo geradas pelo princípio da teoria da relatividade (Bryson, 1992b). Seguindo a mesma tendência de visualização de dados elementares, um grupo da *Gergia Institute of Technology*, criou uma interface chamada *Glyphmaker* para mapeamento variável de dados utilizando elementos gráficos dentro de um ambiente virtual. Estes dados são classificados por tipos e posteriormente o usuário pode manipulá-los e investigá-los (Ribarsky et al., 1994).

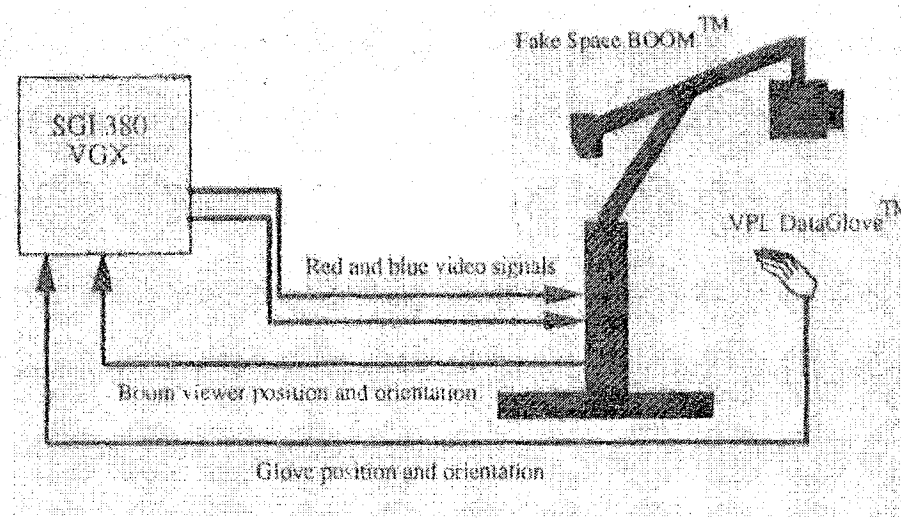

Figura 4 - Configuração do hardware no sistema do túnel virtual (Bryson & Levit, 1991).

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Biblioteca

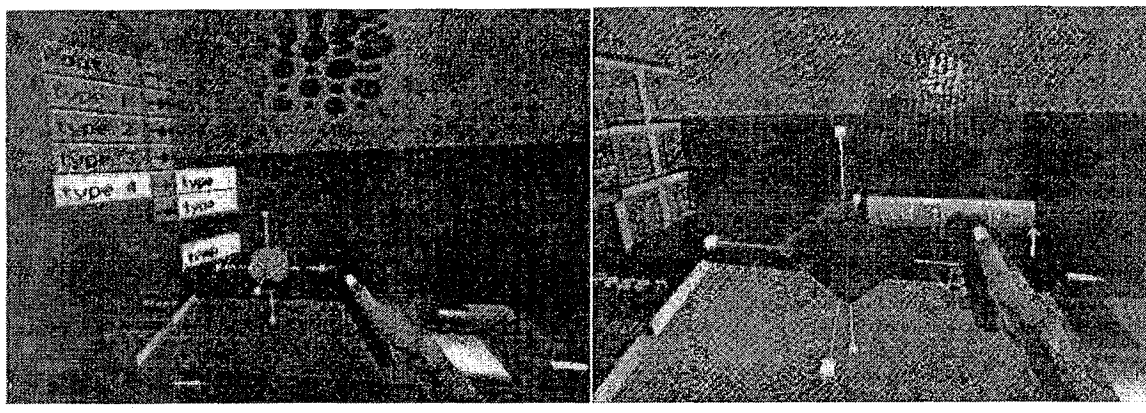

Figura 5 – Vista da interface da aplicação *Glyphmaker* (Ribarsky et al., 1994).

A medicina tem sido um dos principais focos de atenção dos projetistas de aplicativos que agregam Visualização Científica e RV. As aplicações em medicina incluem amostragens de imagens de exames de dados provenientes de ressonância magnética (Kalawsky, 1993), visualização e manipulação de imagens médicas detalhadas com ênfase em técnicas de interação para posterior diagnóstico (Poston & Serra, 1996), criação de ambientes flexíveis para planejamento e treinamento de cirurgias virtuais de dados coletados externamente de pacientes (Cleynenbreugel, 1996; Poston, 1996) e a criação e validação de modelos de anatomias específicas de pacientes para planejamento de cirurgias da próstata com dados provenientes do *MRI Pelvic Scan* (Kay, et al., 1996).

Foi desenvolvido um equipamento de ultra-som que permite visualizar dentro do paciente, imagens de órgãos internos em três dimensões. Este aparelho faz a composição de imagens sintéticas virtuais com imagens reais obtidas por meio do ultra-som convencional (Hand, 1994).

Existe também um outro projeto de ultra-som para visualizar dados ecográficos (Bajura. et al., 1992). A visualização é realizada usando uma pequena câmera de vídeo acoplado em frete a um convencional HMD (*Head-Mounted Display*) usado para fazer a observação. As imagens de vídeo provenientes da câmera são compostas por um gerador computadorizado que contêm uma ou mais imagens de ultra-som 2D da posição da vista do observador no momento. O observador caminha em volta do sujeito, e as imagens do ultra-som aparecem estáticas num espaço 3D. Este tipo de processo de visão pode ter muitas outras aplicações, uma delas seria guiar por meio das imagens determinadas intervenções cirúrgicas.

Vários centros de pesquisas e universidades no exterior fazem trabalhos de Visualização Científica utilizando interfaces em realidade virtual. Alguns exemplos são relatados em artigos, como é o caso do projeto Nanomanipulator (desenvolvido pela Universidade da Carolina do Norte – UNC, em parceria com a Universidade da Califórnia – UCLA) e do sistema *VR display* (desenvolvido pela Universidade de Indiana) citado em Taubes (1994). O primeiro permite a um usuário empurrar uma partícula de um átomo através de uma superfície especificada, e monitorar este efeito por meio de um HMD e um braço de realimentação (Figura 6). O segundo mostra como um campo elétrico gerado por um peixe elétrico responde a objetos próximos e a própria movimentação do corpo do peixe.

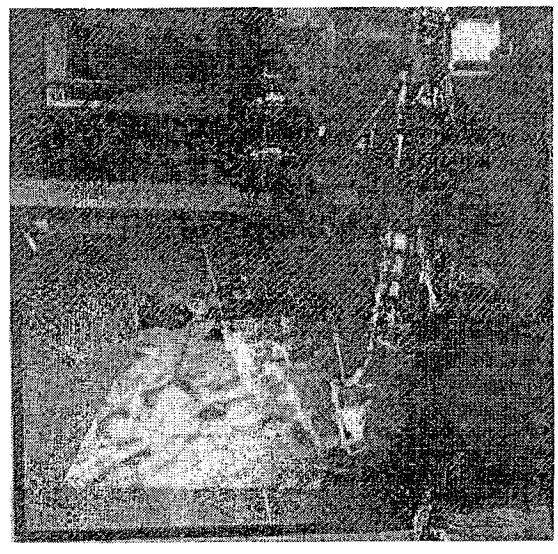

Figura 6 – Vista do sistema Nanomanipulador desenvolvido pela UNC/UCLA (Taubes, 1994).

Um outro trabalho desenvolvido pela *Georgia Institute of Technology* em parceria com mais duas instituições relata um ambiente virtual gerados a partir de bancos dinâmicos de informações geográficas destinado a navegação e investigação destas regiões (Koller et. al. 1995).

Outros artigos (Encarnação et al., 1994; Boman, 1995) citam o trabalho realizado pela Universidade de Tóquio (Japão) no desenvolvimento de um ambiente virtual para análise de software para controle automático de complexas redes de força e também o trabalho realizado pela *German National Research Center for Mathematics and Computer Science* em parceria com a *German Supercomputer Center* (HLRZ) na pesquisa de ambientes virtuais para aplicações em Visualização Científica no campo da medicina, fluxo de fluídos, modelamento molecular e modelamento ambiental. Em outro trabalho, pesquisadores da universidade de Illinois, Chicago, em colaboração com o Instituto tecnológico da Califórnia estão usando sistemas CAVE[3] - *Cave Automatic Virtual Environment* - para visualizar medições das atividades celebrais que são obtidos por meio de imagens de ressonância magnética.

Em outro artigo (Cruz-Neira et al.,1993) é relatado o uso de plataformas CAVE para a visualização de dados vindos de várias áreas da ciência como por exemplo, exploração de fractais e de dados científicos vindos do espaço.

O Instituto de Pesquisas da Mitsubishi juntamente com a faculdade de engenharia de Tóquio trabalham em ambientes de dados multi-sensoriais capazes de auxiliar na exibição de dados científicos por meio da visão, da acústica e de informações resultadas da sensação do toque (Ogi & Hirose, 1996).

O centro de pesquisas e tecnologia da Boing Information Service trabalha com ambientes virtuais para visualização e análise de dados provenientes das aquisições de características técnicas dos equipamentos já existentes (modelos antigos de helicópteros) para auxiliar em novos projetos aerodinâmicos de helicópteros (Kerlick, 1995).

O laboratório de pesquisa naval dos EUA em parceria com o *Virtual Reality Laboratory* (Washington, DC) desenvolveram um ambiente virtual não-imersivo, chamado *Virtual Workbench* (VW) (Figura 7), destinado a permitir ao usuário visualizar e interagir com

[3] Trata-se de um ambiente do tamanho de uma sala que utiliza quatro telas de projeção (três para as paredes e uma para o piso), sobre as quais gráficos tridimensionais são projetados em estéreo e visualizados através de óculos com LCD *Shutters* (Cruz-Neira et al., 1992).

complexos objetos estereoscópios. O VW é um ambiente ideal para trabalhos colaborativos onde vários usuários podem se reunir ao mesmo tempo para estudarem e entenderem determinados objetos virtuais tridimensionais. Este projeto está sendo bastante empregado para auxiliar nos estudos sobre dinâmicas moleculares (Obeysekare et al., 1996).

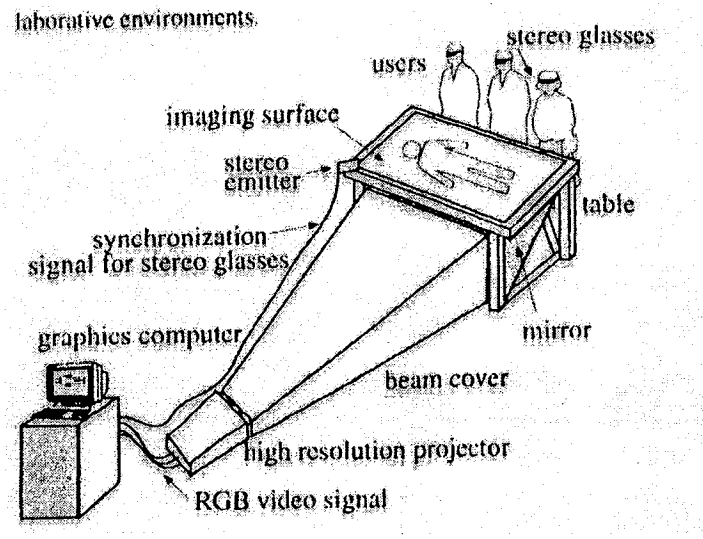

Figura 7 - Diagrama esquemático do Virtual Workbench (Obeysekare et al., 1996).

Um outro projeto para modelagem molecular foi desenvolvido pelo instituto *Fraunhofer IGD* em Darmstadt. O objetivo também é investigar a relação de moléculas complexas interagindo num ambiente virtual (Haase et al., 1997). Outros trabalhos que apresentam técnicas de realidade virtual sendo utilizadas para a visualização de dados moleculares podem ser encontrados em Brooks (1990) e Taylor et al. (1993).

Na Alemanha é realizado pelo Institut fuer Bildmedien uma pesquisa sobre o *Extended Virtual Environment*. O objetivo é a visualização de certos modelos científicos (um exemplo é o *Hot Early Universe Soup*).

No Reino Unido, os trabalhos desenvolvidos pela Universidade de York em colaboração com o grupo Glaxo e a empresa Division estudam as capacidades de imersão e interação da RV para explorar estruturas moleculares complexas. Na Austrália, o *Theoretical Particle Physics Group* da Universidade de Melbourne testa a aplicação das tecnologias de ambientes virtuais em simulações científicas (Trindade & Fiolhais, 1999).

3.1 Trabalhos de pesquisa em universidades brasileiras

A RV envolve tecnologias revolucionárias para o desenvolvimento de aplicações em função de novas possibilidades que oferece para interfaceamento com o uso de dispositivos multi-sensoriais, navegação em espaços tridimensionais, imersão no contexto da aplicação e interação em tempo real. Paralelamente, a Visualização Científica em ambientes distribuídos vem tendo importância crescente, por permitir a interação de especialistas localizados remotamente, com o suporte de recursos gráficos. Projetos como o AVVIC (Ambiente Virtual para Visualização Interativa Compartilhada) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) busca o uso conjugado de RV e Visualização Científica, em ambientes distribuídos, visando facilitar o desenvolvimento de aplicações mais poderosas (AVVIC, 1999).

Outro projeto realizado pela UFSCar é o REVIR que enfoca o uso integrado de realidade virtual e Visualização Científica no desenvolvimento de ferramentas e programas computacionais aplicados ao ensino fundamental, dando ênfase nas séries iniciais do primeiro

grau (primeira a quarta série), onde se implementará inicialmente o Ambiente Virtual para Educação no Trânsito, com simulações, animações e ferramentas de navegação (REVIR, 1999). As metas do projeto são: produzir programas computacionais educacionais voltados para a educação básica, a geração de aplicações e publicações científicas na área, a realização de treinamento de especialistas em tecnologia de ponta na área em questão (Bugatti,1999).

Na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/DI) está se trabalhando num projeto intitulado "Visualização Científica e análise de dados: mundos virtuais e Cyber arquitetura", que visa analisar a criação de espaços arquitetônicos virtuais orientados à Internet, bem como a interação do visitante com o mundo em questão (Araújo Filho, 1999).

4. Considerações finais

A realidade virtual encontrou na área de entretenimento sua principal aplicação, mas tem despertado grande interesse do setor industrial e de pesquisa. Contudo, alguns setores industriais e de aplicações ainda apresentam restrições à utilização dessa nova ferramenta devido ao seu custo inicial, pois são necessários a aquisição de equipamentos (*hardware*) e software adequados para o modelamento e desenvolvimento de ambientes virtuais, além de treinamento e contratação de mão de obra especializada para trabalhar neste campo.

Dessa forma a utilização da realidade virtual numa escala maior está dependente da tecnologia dos equipamentos e software que permitam aproximações cada vez maiores da situação que se deseja simular com o que podemos simular.

Contudo é importante salientar que uma tendência para as inovações e melhorias de *software* que trabalham com algum tipo de CAD ou representações gráficas tridimensionais deverá necessariamente se utilizar a RV para sofisticar suas versões. É uma evolução natural para quem trabalha ou cria objetos num ambiente gráfico, primeiramente desenhá-los em duas dimensões, subseqüentemente, dar profundidade a este desenho acrescentando mais uma dimensão (objetos tridimensionais) e posteriormente viabilizar a interação com esse objeto da forma mais simples que se conhece, com as mãos (Valerio Netto, 1998).

Tomando como parâmetro este perfil do mercado tecnológico, é possível traçar um futuro para aplicações em Visualização Científica quando se trata da exibição e análise de dados complexos. No caso, aponta em direção do uso cada vez maior de técnicas de realidade virtual para apresentar seus resultados.

Muitos trabalhos práticos de visualização científica, principalmente no campo da medicina, necessitam de alguma forma de uma tomada de decisão baseados no que se está analisando mediante a visão ou mesmo a sonorização dessas informações. Fazer uma interação ou manipulação com estes dados (interface com o usuário) para realizar uma melhor análise significa dispor de alguma técnica ou ambiente virtual para isto.

A exploração imersiva de dados científicos é o próximo passo natural depois da visualização em tempo real. Sistemas de visualização como conhecemos hoje não irão desaparecer, mas serão acrescentados e completados utilizando-se tecnologias de ambientes virtuais. Além disso, a Visualização Científica imersiva permitira abranger um número de novas áreas de aplicação que antigamente não podiam ser tratadas com as técnicas tradicionais de visualização (Haase et al., 1997).

Acredita-se que no futuro, a fronteira entre o que é Visualização Científica ou realidade virtual para estes projetos que necessitam manipular dados complexos e que precisem para isto de ambientes tridimensionais, acabe-se diluindo e fundido-se num novo patamar provavelmente chamado de visualização virtual ou Visualização Científica imersiva (ou apenas visualização imersiva), termo já empregado em alguns artigos e livros existentes hoje (Haase, 1996; Haase et al., 1997).

Entretanto, apesar da tecnologia existente hoje possibilitar inúmeras aplicações significantes na área de Visualização Científica utilizando-se de RV, existe um limite imposto por esta tecnologia. A eliminação desses limites depende do desenvolvimento de algumas áreas pendentes como: gerenciamento de dados, prototipação rápida, arquitetura dos *softwares*, dispositivos visuais e dispositivos de entrada de dados.

A Visualização Científica necessita de displays para ambientes virtuais mais complexos em relações as outras aplicações que se utilizam desta técnica para exibir suas saídas. Um fenômeno para ser exibido por uma aplicação em Visualização Científica freqüentemente envolve uma estrutura delicada e detalhada requerendo um display com alta qualidade e alta resolução de cores cheias. Experiências têm mostrado que displays com resolução 1000 por 1000 *pixel* são suficientes para exibir muitas aplicações. Além do que, um campo amplo da visão é freqüentemente desejável porque permite aos pesquisadores visualizarem com detalhes grandes estruturas relacionadas ao fenômeno como um todo. Muitas vezes esta necessidade com relação a alta qualidade das imagens não permite a utilização de HMD's como periférico para auxiliar a imersão, por isto muito das aplicações para Visualização Científica utilizam outras alternativas como o CRT-based *Binocular Omni-Oriented Monitor* (BOOM) ou CAVE para exibir seus dados. Outro fator considerado na escolha do periférico de visualização é a aceitação do usuário. Muitos pesquisadores têm expressado desagrado em utilizar capacetes ou qualquer outro display robusto em suas cabeças. Dessa forma, tanto o sistema BOOM quanto o CAVE evitam muito desses problemas (Bryson, 1996).

Com relação aos problemas com os dispositivos *Dataglove* estão incluídos a falta de acuracidade (inexatidão) nos movimentos e a falta de um padrão de vocabulário gestual entre as várias aplicações. Além deste estado de imaturidade tecnológico, existe também a imaturidade do conhecimento agregado de como construir aplicações mais eficientes (Bryson, 1996).

A Visualização Científica fornece uma oportunidade de experimentar quais aplicações são possíveis de se produzir uma razoável demanda da tecnologia, requisitada para uma abordagem interessante e imaginativa de projetos de sistema. Por esta razão é sentido que a realidade virtual e a Visualização Científica irão fornecer uma rica e frutífera interação nos anos que se seguirão.

5. Referências bibliográficas

ARAÚJO, R. B. (1996). *Especificação e análise de um sistema distribuído de realidade virtual*, São Paulo, Junho, 144 Pp., Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ARAÚJO FILHO, M. S. C. (1999). Visualização Científica e análise de dados: mundos virtuais e cyber arquitetura. *Universidade Federal de Pernambuco.* http://www.di.ufpe.br/~pet/trabalhos.htm (Setembro).

AVVIC, (1999). Ambiente virtual para visualização interativa compartilhada. *Universidade Federal de São Carlos.* http://www.dc.ufscar.br/~avvic/ (Setembro).

BAKER, M. P. & WICKENS, C. D. (1999). *Human factors in virtual environments for the visual analysis of scientific data*, Pacific Northwest laboratory, Richland, Washington. file://ftp.ncsa.uiuc.edu/ncsapubs/preprints/TR032.ps (Setembro).

BAJURA, M. et al. (1992). Merging virtual objects with the real world, *Computer Graphics SIGGRAPH'92*, Chicago, pp. 203-210, July.

BOMAN, D. K. (1995). International survey: virtual-environment research, *IEEE Computer*, v. 6, June.

BROOKS, F. P. (1990). Project GROPE – haptic display for scientific visualization, *Computer Graphics*, v. 12, n.4, pp. 25-34.

BRYSON, S. & LEVIT, C. (1991). The virtual windtunnel: an environment for the exploration of three-dimensional unsteady fluid flows, *Proceedings of IEEE Visualization'91*, San Diego.

BRYSON, S. (1992a). Virtual reality takes on real physics applications, *Computer Physics*, vol6 (4), July/Aug.

BRYSON, S. (1992b). Virtual spacetime: an environment for the visualization of curved spacetimes via geodesic flows, *Proceedings of IEEE Visualization'92*, Boston.

BRYSON, S. (1993). Virtual reality in scientific visualization, *Computer & Graphics*, pp. 679-685, v. 17, n. 6.

BRYSON, S. (1996). Virtual reality in scientific visualization, *Communications of the ACM*, pp. 62-71, v. 39, n. 5, May.

BUGATTI, I. G. (1999). *Revir – a realidade da educação virtual*, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Grupo de Realidade Virtual http://www.dc.ufscar.br/~plinio/port/ptaj2p.htm (Outubro).

BURDEA, G. & COIFFET, P. (1994). *Virtual reality technology*, John Wiley & Sons, New York, N.Y.

CLEYNENBREUGEL, J. V. et. al. (1996). A flexible environment for image guided virtual surgery planning, *Proceedings of 4th International Conference of Visualization in Biomedical Computing – VBC'96*, Ed. Springer, Sept.

CRUZ-NEIRA, C. et al. (1992). The CAVE audio visual experience automatic virtual environment, *Communication of the ACM*, 35(6): 64-72, June.

CRUZ-NEIRA, C. et al. (1993). A report on visualization application in the cave virtual reality environment, *IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality*, October, San Jose (CA), pp. 59-66.

DELANEY, J. (1996). Realidade virtual: Virtual i-glasses, *PC Magazine Brasil*, vol. 6, n. 7, Jul.

DISPOSITIVOS, (1999). Dispositivos empregados para o interfaceamento com ambientes virtuais. *Universidade Federal da Bahia.* http://www.dcc.ufba.br/mat056/rvirtual/disp.htm (Agosto).

EARNSHAW, R. A. & WATSON D. (1993). *Animation and scientific visualization tools & Applications*, Ed. Academic Press, pp. 113-122.

EARNSHAW, R. A. et al. (1995). *Virtual Reality applications*, Academic Press, 328 Pp., London.

ENCARNAÇÃO, J. et al. (1994). European activities in virtual reality, *IEEE Computer Graphics & Applications,* pp. 66-74, January.

GRIMES, J. (1991). Virtual reality 91 anticipates future reality, *IEEE Computer Graphics & Applications*, pp. 81-82, November.

HAASE, H. (1996). Symbiosis of virtual reality and scientific visualization system, *Computer Graphics Forum,* vol. 15, n. 3.

HAASE, H. et al (1997). Immersive Investigation of Scientific Data In: NIELSON, G. M. et. al. (1997). *Scientific visualization – Overviews, Methodologies and techniques*, IEEE Computer Society, Cap. 2, pp.35-58.

HAND C. (1994). Other faces of virtual reality, *First International Conference MHVR'94 - Lecture Notes in Computer Science n.1077*, pp. 107-116, Ed. Springer, Moscow, Russia, Setember.

HANCOCK, D. (1995). Viewpoint: virtual reality in search of middle ground, *IEEE Spectrum*, vol. 32, n. 1, pp.67-70, Jan.

JACOBSON, L. (1991). *Virtual reality: A status report*, AI Expert, pp. 26-33, Aug.

KALAWSKY, R. S. (1993). *The science of virtual reality and virtual environments*, Ed. Addison-Wesley, 405 Pp..

KAY, P. A. et al. (1996). Creation and validation of patients specific anatomical models for prostate surgery planning using virtual reality, *Proceedings of 4th International Conference of Visualization in Biomedical Computing – VBC'96*, Ed. Springer, Sept.

KERLICK, G. D. (1995). Visualization for aerodynamic design of helicopter rotor blades, *Proceedings'95 Visualization,* IEEE Computer Society, pp. 351-354, Atlanta (GA), October.

KIRNER, C. (1996). *Apostila do ciclo de palestras de realidade virtual*, Atividade do Projeto AVVIC- CNPq (Protem - CC - fase III) - DC/UFSCar, São Carlos, pp. 1-10, Out.

KOLLER, D. et al. (1995). Virtual GIS: a real-time 3D geographic information system, *Proceedings'95 Visualization,* IEEE Computer Society, pp. 94-100, Atlanta (GA), October.

KRUEGER, M. W. (1991). *Artificial reality II*, Addison-Wesley, Reading, MA, USA.

LESTON, J. (1996). Virtual reality: the it perspective, *Computer Bulletin*, pp. 12-13, June.

MACHOVER, C. (1994). Four decades of computer graphics, *IEEE Computer Graphics and Application*, pp. 14-19, November.

MARTINEZ, M. L. (1997). *Estudo sobre Visualização Científica com ênfase em campos vetoriais*. São Paulo, 1997. 193p + apêndice. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MCCORMICK, T. A. et al. (1987). Visualization in scientific computing, *Computer Graphics*, 21 (6).

NIELSON, G. M. et al. (1997). *Scientific visualization – Overviews, Methodologies and techniques*, 577p., IEEE Computer Society.

OBEYSEKARE, U. et. al.(1996). Virtual Workbench – a non-immersive virtual environment for visualizing and interacting with 3D objects for scientific visualization, *Proceedings'96 Visualization,* IEEE Computer Society, pp. 349-349, San Francisco (CA), October.

OGI, T. & HIROSE, M. (1996). Multisensory Data Sensualization based on human perception, *Abstracts of proceedings of the virtual reality annual international symposium.* http:// www.computer.org/conferen/proceed/vrais96/abstract.htm (Julho).

POSTON, T. & SERRA, L. (1996). Dextrous virtual work, *Communications of the ACM*, pp. 37-45, v. 39, n. 5, May.

POSTON, T. et. al. (1996). The brain bench: virtual stereo taxis for rapid neuro surgery planning and training, *Proceedings of 4th International Conference of Visualization in Biomedical Computing – VBC'96*, Ed. Springer, Sept.

REVIR, (1999). Descrição geral do projeto, obetivos e motivações, fases e histótico do projeto. *Universidade Federal de São Carlos, Grupo de Realidade Virtual* http://www.dc.ufscar.br/~grv/revir/descrição.html (Setembro).

RESSLER, S. (1997). *Virtual reality for manufacturing - case studies*, National Institute of Standards and Technology. http://www.nist.gov/itl/div894/ovrt/projects/mfg/ mfgVRcases.html (Setembro).

RIBARSKY, W. et al. (1994). Visualization and analysis using virtual reality, *IEEE Computer Graphics and Application*, pp. 10-12, January.

SLATER, M. & USOH, M. (1993). Presence in immersive virtual environments, *Proceedings of VRAIS'93*, pp. 90-96.

SMARR, L. (1991). Visualization captures the imagination of physicists, *Computers in Physics*, vol5 (6).

STURMAN, D. J. & ZELTZER, D. (1994). A survey of glove-based input, *IEEE Computer Graphics and Application*, pp. 30-39, January.

TAUBES, G. (1994). Taking the data in hand - literally - with virtual reality, *Science*, pp. 884-886, v. 265, August.

TAYLOR, R. M. et al.(1993). The nanomanipulator: a virtual reality interface for a scanning tunneling microscope, *Computer Graphics, Proc. SIGGRAPH*, pp. 127-134, August.

TRINDADE, J. A. & FIOLHAS, C. (1999). *A realidade virtual no ensino e na aprendizagem da física e da química*, Instituto politécnico da Guardia, Universidade de Coimbra, Portugal http://nautilus.fis.uc.pt/Read_c/RV/Ensino/artigo.htm (Outubro).

VALERIO NETTO, A. (1998). *Prototipação de um torno CNC utilizando realidade virtual.* São Carlos, 1998. 131p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.