

Uso de Realidade Aumentada em Ambientes Virtuais de Visualização de Dados

Claudio Kirner, Tereza G. Kirner, Nivaldi Calonego Júnior, Carolina V. Buk

Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação
Faculdade de Ciências Matemáticas da Natureza e Tecnologia da Informação
Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)
Rodovia do Açúcar, Km 156 – 13.400-911 - Piracicaba , SP

{ckirner,ncalonego,tgkirner}@unimep.br, carolinabuk@yahoo.com.br

Abstract. *The increasing growing of the information dissemination demands new techniques to represent and visualize data, so that the user can understand the information sets and achieve its decision making in a fast way. This paper presents a data visualization tool, developed using Virtual Reality and Augmented Reality, which allows graphics to be superimposed over images from the real world, so that the user can manipulate (put, delete, arrange and configure) graphics in a real environment.*

Resumo. *A crescente disseminação de informação demanda novas técnicas de reapresentação e visualização de dados, de forma que os usuários possam entender as informações recebidas e tomar decisões mais acertadas, dentro do tempo exigido. Este artigo apresenta uma ferramenta de visualização de dados, construída com Realidade Virtual e Realidade Aumentada, que permite que gráficos sejam sobrepostos a imagens de vídeo oriundas do mundo real, tornando possível ao usuário manipular os gráficos de seu interesse, em ambiente real.*

1. Introdução

A visualização de informação provê um elo de ligação entre dois poderosos sistemas de processamento de informações: a mente humana e o computador. Visualização refere-se ao processo de transformar dados, informação e conhecimento em uma forma de apresentação visual, passível de ser interpretada com facilidade pelas pessoas. Através de interfaces visuais eficientes, as pessoas podem tratar grandes volumes de dados, de maneira rápida e efetiva, chegando a descobrir características, padrões e tendências que, à primeira vista, não seriam identificadas. Tais interfaces são fundamentais na sociedade atual, em que as pessoas necessitam lidar com quantidades cada vez maiores de informações, incluindo grandes volumes de dados complexos, para tomadas de decisão [Kirner, 2000; Gershon, 1998; Warwick, 1998].

A visualização de informação é responsável por mapear conjuntos de dados disponíveis, muitas vezes, em formato baseado em texto (incluindo descrições textuais, informação numérica mostrada em tabelas, etc.), representando-os em um formato

visual, visando assistir os usuários na exploração e entendimento de tais conjuntos de dados [Carlis, 1999; Gershon, 1997]. Apresentações visuais são mais atraentes, concisas, amigáveis e de entendimento intuitivo por parte dos usuários.

Recentemente, a qualidade da visualização de informação vem sendo melhorada substancialmente, em decorrência do emprego de representações tridimensionais, combinadas com técnicas para incorporação de efeitos de cor, textura, luz, etc. Adicionalmente, há vários exemplos de sistemas e aplicações de visualização de informação que empregam recursos de realidade virtual, como o que é apresentado em Kirner (2000). Cabe destacar que a realidade virtual representa, conforme Myers (1996), uma forte tendência no desenvolvimento de interfaces homem-computador.

A realidade virtual permite a expansão das possibilidades de visualização, rompendo a barreira da tela do monitor do computador. Com realidade virtual, consegue-se um espaço tridimensional infinito, no qual podem ser dispostos gráficos tridimensionais e por onde se pode navegar e interagir.

As principais características dos ambientes e aplicações de realidade virtual referem-se ao nível de interação, imersão e navegação propiciados aos usuários [Kirner, 1997; Vince, 2004].

No entanto, a navegação e interação em ambientes virtuais requerem um certo treino e familiaridade com dispositivos não convencionais, o que pode limitar o uso de sistemas e aplicações de visualização de informação baseados em realidade virtual. Para vencer essa dificuldade, foi desenvolvida um ambiente virtual de suporte à visualização de informação, com recursos de realidade aumentada, de forma que, adicionando-se os objetos virtuais (gráficos representativos de dados) ao ambiente real, se pudesse também usar as mãos para mover e atuar sobre os gráficos dispostos no ambiente.

A realidade aumentada é uma tecnologia que utiliza realidade virtual para enriquecer os ambientes reais com objetos virtuais, através de algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real. Uma das maneiras mais simples de se conseguir isto, é usar uma *webcam* para capturar uma cena, na qual são adicionados objetos virtuais, mostrando-a no monitor do computador [Kirner, 2004].

Assim, o que antes só podia ser descrito textualmente e através de tabelas, pode então ser modelado e observado com realidade virtual, além de poder ser incorporado ao ambiente com realidade aumentada. No ambiente com realidade aumentada, é possível realizar ações como, por exemplo, colocar um vaso imaginário sobre uma mesa real ou uma ponte idealizada sobre um rio verdadeiro. Por outro lado, os ambientes virtuais também podem ser enriquecidos com a presença de elementos reais, como pessoas ou objetos, configurando o que se chama de virtualidade aumentada. Tanto a realidade aumentada quanto a virtualidade aumentada fazem parte de uma categoria mais geral conhecida por realidade misturada [Azuma, 2001; Milgram, 1997].

Este trabalho discute a representação de dados em gráficos discretos tridimensionais, buscando soluções para seu uso em ambientes de realidade aumentada. A seção 2 aborda a visualização de dados, destacando aspectos de representação e de interação com as representações visuais criadas. A seção 3 apresenta uma ferramenta de visualização de dados, que é um ambiente virtual interativo, destacando aspectos de seu desenvolvimento. A seção 4 focaliza-se na exploração dos recursos de realidade

aumentada incorporados à ferramenta de visualização de dados. Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões do trabalho.

2. Visualização e Representação de Dados

O fato das pessoas terem maior facilidade em analisar representações gráficas do que quantidades de dados repercute no impacto da visualização nas questões cognitivas. Assim, a cognição, ligada à aquisição ou uso de conhecimento, tem seu foco orientado mais para o objetivo do que para o significado da visualização [Card, 1999]. Desta forma, o objetivo da visualização pode ser resumido como a percepção e o entendimento do conteúdo representado, que levam à descoberta e à tomada de decisão, e não a figura ou imagem em si.

2.1 Visualização de Dados

A visualização tende a basear-se em dados físicos e, mesmo quando trata de abstrações, elas são atreladas ao espaço físico. Informações não físicas, como dados financeiros, podem beneficiar-se da representação visual, mas não apresentam um mapeamento espacial óbvio. Os benefícios para a cognição decorrem de uma boa representação visual do problema e de sua manipulação interativa, fazendo com que as pessoas usem suas capacidades inerentes de percepção visual.

Visualização da informação pode, assim, ser definida como *“o uso de representações visuais e interativas de dados abstratos, suportadas por computador, para amplificar a cognição”* [Keim, 2002].

O tipo de visualização mais apropriada para cada situação está relacionado à representação de dados. Schneiderman (1996) propõe uma taxonomia composta de sete tipos de visualizações de informação: unidimensional, bi-dimensional, tri-dimensional, multidimensional, temporal, hierárquica e em rede. Esta taxonomia é adotada em vários trabalhos (por exemplo, Card (1999) e Keim (2002)) e assume que os usuários visualizam coleções de itens, cada item incluindo múltiplos atributos. Os primeiros quatro tipos de visualização são caracterizados como espaciais e os outros três tipos são os estruturais. As visualizações do tipo espacial, resumidos a seguir, são de interesse especial para a visualização de dados apoiadas por realidade virtual e realidade aumentada.

- **Visualização de dados unidimensional.** Compreende tipos de dados dispostos linearmente, incluindo documentos textuais, códigos fonte de programas, listas sequenciais de nomes em ordem alfabética, e outros exemplos similares. Cada item do conjunto de dados é uma linha de texto, contendo uma lista de características. Além disso, pode ser necessário haver uma linha adicional contendo atributos de interesse como, por exemplo, data da última atualização dos dados, nome do autor, etc. Para este tipo de visualização de dados, é importante que a interface utilizada mostre características como tipos de fontes de letras, cores, tamanho, etc. Os problemas normalmente enfrentados pelos usuários, ao interagir com este tipo de visualização referem-se a encontrar determinado dado e/ou seus atributos, e enxergar um item de dado com todos os seus atributos.

- **Visualização de dados bi-dimensional.** Inclui mapas geográficos, plantas de prédios, ou *layouts* de jornais e similares. Cada item da coleção de dados cobre uma porção da área total, podendo ser uma área retangular ou não. Cada um desses itens possui atributos relacionados tanto ao domínio da tarefa (como nome, proprietário, valor, etc.) quanto características relativas ao domínio da interface (como tamanho, cor, brilho, etc.). Os principais problemas enfrentados pelos usuários, ao interagirem com este tipo de visualização, referem-se a identificar itens adjacentes, sobreposições e itens contidos dentro de outros. A realidade virtual é usada para este tipo de visualização, devido à facilidade de representação de uma grande quantidade de dados, que podem ser apresentados, por exemplo, sob a forma de gráficos de barras, que são mostrados dentro das cenas do mundo virtual.
- **Visualização de dados tri-dimensional.** Incluem objetos do mundo real, tais como moléculas, corpo humano, prédios, etc., que possuem itens com volume e, além disso, apresentam relacionamento entre itens ou características. Neste tipo de visualização, é essencial que o usuário tenha possibilidade de explorar o espaço tridimensional, o que requer o sentido de posicionamento no cenário tri-dimensional e a capacidade de orientação no cenário considerado. Para tanto, o uso de realidade virtual é muito apropriado e altamente justificável.
- **Visualização de dados multidimensional.** A maioria dos bancos de dados relacionais e estatísticos são manipulados adequadamente como multidimensionais, uma vez que comportam itens com muitos atributos em um espaço n -dimensional. As principais dificuldades, neste caso, são encontrar padrões, agrupamentos, correlações entre pares de variáveis, etc. Dados multidimensionais podem ser representados sob a forma tri-dimensional, acrescida por técnicas de apresentação de múltiplos pontos de vista, sendo importante a incorporação de quatro ou mais atributos para os dados (três dados de espaço, além de cor, sombra, forma, etc.). Os ambientes virtuais são especialmente úteis neste tipo de visualização de dados, uma vez que permitem ao usuário navegar dentro dos mundos virtuais e interagir com as representações de dados.

A consideração das características dos quatro tipos de visualização espacial, destacados acima, é de grande relevância para o trabalho ora apresentado, sobre a visualização de dados apoiada por realidade virtual e realidade aumentada.

2.2 Representação de Dados

A representação de dados visa apresentar a informação ao usuário, de maneira simples e sintética. Uma das formas mais comuns de se fazer isto é através de gráficos discretos tridimensionais com múltiplos atributos, como diagramas de barras dispostos no espaço e incrementados com elementos visuais, sonoros e de animação.

Os elementos visuais incluem: forma, dimensão (largura, profundidade e altura), cor, tonalidade, transparência, pulsação de cor (frequência), etc. Os elementos de animação mostram as variações dos gráficos (ou de parte deles), em um determinado período de tempo e com uma velocidade compatível (taxa de variação do tempo).

Os elementos visuais costumam oferecer uma noção estática da situação dos dados, mas podem também incorporar uma visão da história recente e de tendências, quando estão associados, por exemplo, à derivada ou a outras funções dinâmicas. Os elementos sonoros são comumente usados como advertência, ou para chamar a atenção para ocorrências especiais ou atípicas, de forma que o usuário possa perceber o fato, mesmo que esteja focando outra seção do conjunto de gráficos [Franklin, 2003].

Os elementos animados permitem a avaliação dos dados de forma dinâmica, visualizando o seu comportamento em períodos de tempo [Nakakoji, 2001].

2.3 Interação com Representações de Dados

Embora muitos sistemas de visualização da informação se preocupem mais com a visualização em si, em janelas ou através de navegação tridimensional, a interação com a representação de dados vem ganhando destaque, uma vez que pode potencializar as aplicações, otimizando a análise e tomada de decisão por parte do usuário. Assim, gráficos podem ser mapeados em regiões clicáveis, sujeitos à interação com o usuário, fornecendo informações adicionais ou executando ações específicas. Limites visuais com mínimos, máximos, faixas de erro, etc. podem ser inseridos ou alterados graficamente pelo usuário.

Essas características de interação podem ser incorporadas a sistemas implementados como aplicações tradicionais (ambientes bidimensionais) ou aplicações avançadas tridimensionais, usadas em realidade virtual e realidade aumentada [Azuma, 2001; Belcher, 2003; Kirner, 2000]

3. Ambiente Virtual Interativo de Visualização de Dados

O visualizador de dados DATAVIS-AR [Buk, 2004] é uma ferramenta de visualização interativa, desenvolvida utilizando Realidade Virtual e Realidade Aumentada, cujo objetivo é facilitar a análise de dados, através de visualização gráfica. Uma das características de destaque da ferramenta é permitir a configuração do sistema, de forma que este possa atuar automaticamente, sob o acompanhamento e eventual intervenção do usuário.

A Figura 1 fornece uma visão geral da ferramenta DATAVIS-AR.

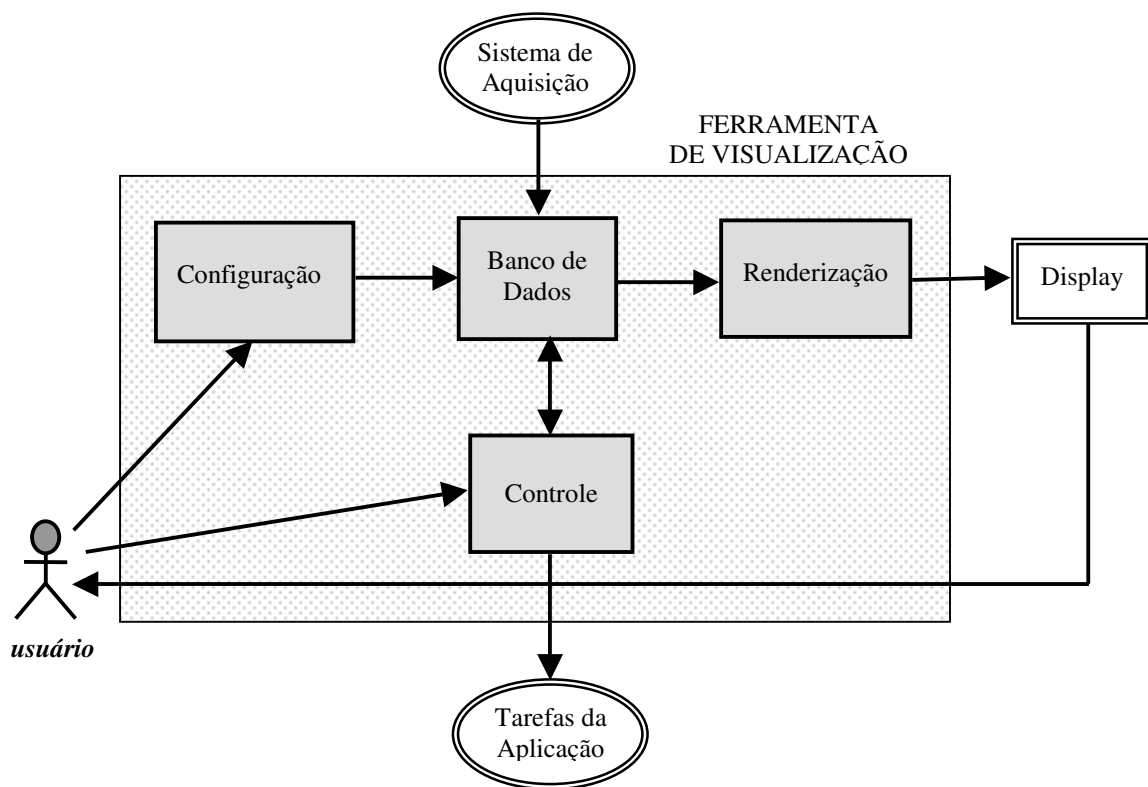


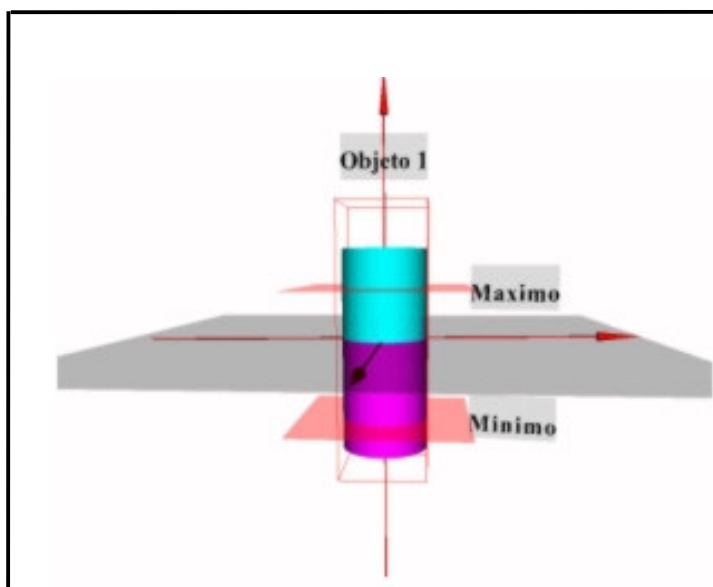
Figura 1. Visão Geral da Ferramenta de Visualização de Dados

O funcionamento da ferramenta DATAVIS-AR é resumido a seguir.

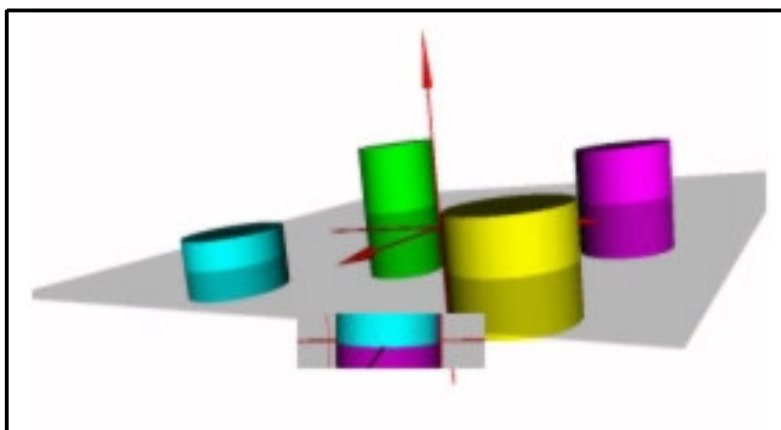
- Um Sistema de Aquisição de dados alimenta continuamente o Banco de Dados, tem capacidade de armazenar uma certa quantidade de dados históricos, mantendo sempre os dados mais recentes.
- Enquanto o Banco de Dados vai recebendo os dados, ela é também rastreada pelo módulo de Controle, que analisa os dados em relação às restrições e fatores de decisão, emitindo comandos de ação, quando estes forem requeridos.
- De maneira semelhante, o módulo de Renderização de Imagens também rastreia o Banco de Dados e prepara as imagens a serem fornecidas ao usuário.
- No sentido de ajustar o Banco de Dados, o usuário utiliza o módulo de Configuração, que permite o estabelecimento de restrições e ajuste de fatores de decisão. Nesse caso, o usuário pode, por exemplo, ajustar os valores de mínimo e de máximo dos gráficos usados na visualização e o acionamento visual dos planos sensores de mínimo e máximo, através do *mouse*.
- Da mesma forma, o usuário, vendo as imagens dinâmicas, pode com elas interagir, através de dispositivos que, atuando no módulo de Controle, disparam ações ou comandos para as tarefas da aplicação. Nesse caso, o usuário, utilizando o *mouse*, pode selecionar gráficos e clicar sobre eles induzindo uma ação. Uma alternativa interessante é usar as mãos rastreadas por *webcam* para selecionar os gráficos e comandos de voz para emitir ações ou comandos sobre os elementos selecionados.

- Além dos valores provenientes do Sistema de Aquisição, o Banco de Dados recebe parâmetros, alimentados pelo usuário (através do módulo de Configuração) e alimentados pelo módulo de Controle que, ao analisar os dados recentes e históricos, gera outros dados de interesse. Assim é o caso dos valores de mínimos e máximos estabelecidos pelo módulo de Configuração, bem como a taxa de variação dos dados históricos (obtida com base na derivada) gerada pelo módulo de Controle. O resultado gráfico aparece nas cores, tonalidades, pulsações e até mesmo sonorização dos gráficos.

O elemento de referência do ambiente virtual interativo é a barra mostrada na Figura 2a que, além de uma série de atributos, apresenta também dois planos sensores ajustáveis para indicar valores máximo e mínimo para o dado. A replicação estruturada do elemento de referência forma o ambiente virtual final, conforme exemplo mostrado na Figura 2b.



(2a) - Elemento de Referência



(2b) - Ambiente Virtual Simplificado

Figura 2. Ambiente Virtual Interativo da Ferramenta de Visualização

4. Visualização de Dados com Realidade Aumentada

Usando o DATAVIS-AR, descrito na seção anterior, e o Sistema de Realidade Aumentada ARToolkit (2004), foram realizadas a experiências de colocação dos gráficos virtuais no mundo real, ou seja, sobre uma placa na mão do usuário.

Para isto, foi empregado um computador com uma *webcam* e o software ARTOOLKIT, que, através de mecanismos de visão computacional, reconhece marcas previamente cadastradas e sobre elas coloca objetos virtuais associados. Assim, o Visualizador de Dados com Realidade Virtual foi definido como um objeto e associado com um marcador reconhecido pelo ARToolkit. Ao colocar-se a placa com o marcador no campo de visão da *webcam*, o sistema coloca o gráfico sobre a placa, que pode ser inspecionada pelo usuário, conforme mostra a Figura 3.

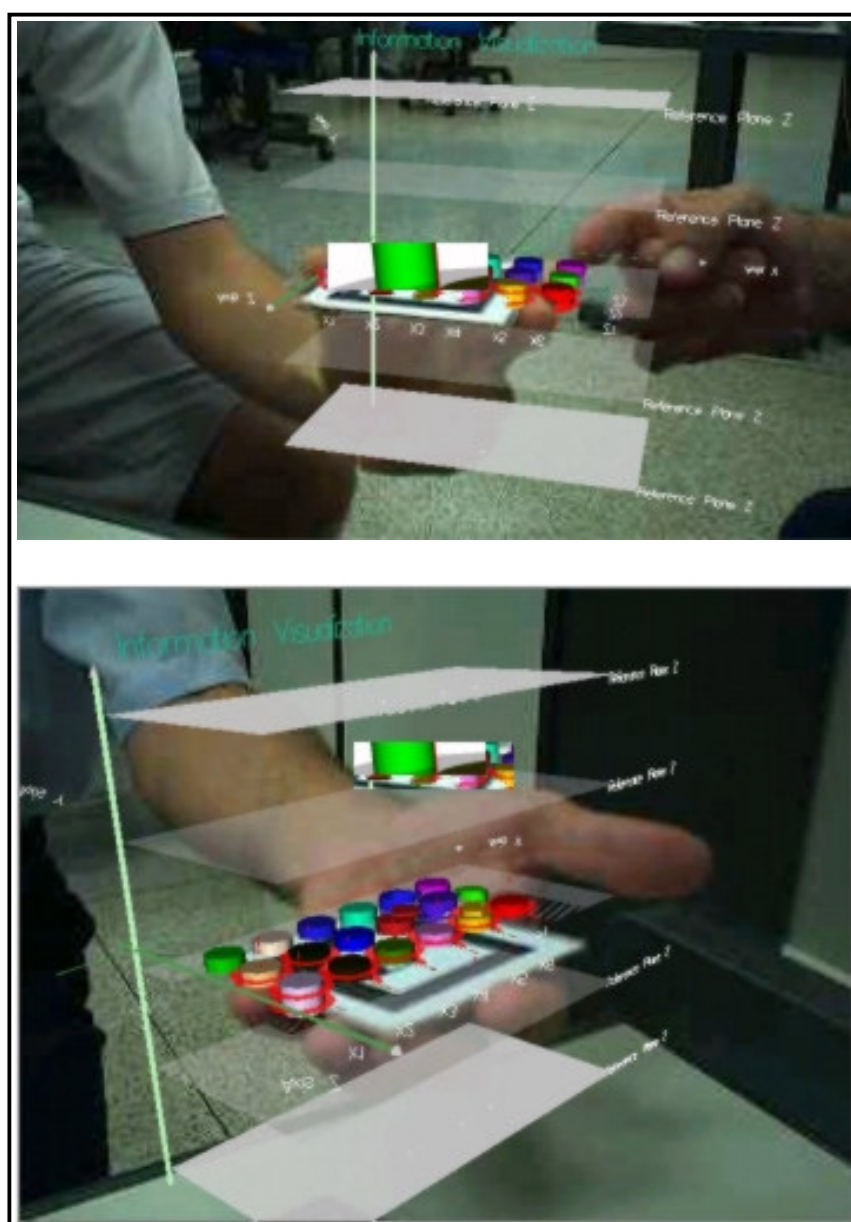


Figura 3 - Exemplos de Uso do DATAVIS-AR

Como o sistema reconhece várias marcas diferentes simultaneamente, foi possível construir um tabuleiro quadriculado com espaço para várias placas, de forma que cada placa contenha uma parte do gráfico geral. Assim, o usuário poderá ver o conjunto, pegar uma parte do gráfico e movimentá-lo, trocar partes de lugar e mesmo substituir, eliminar ou incluir novas partes do gráfico, além de executar interações. Tal funcionalidade é ilustrada na Figura 4.

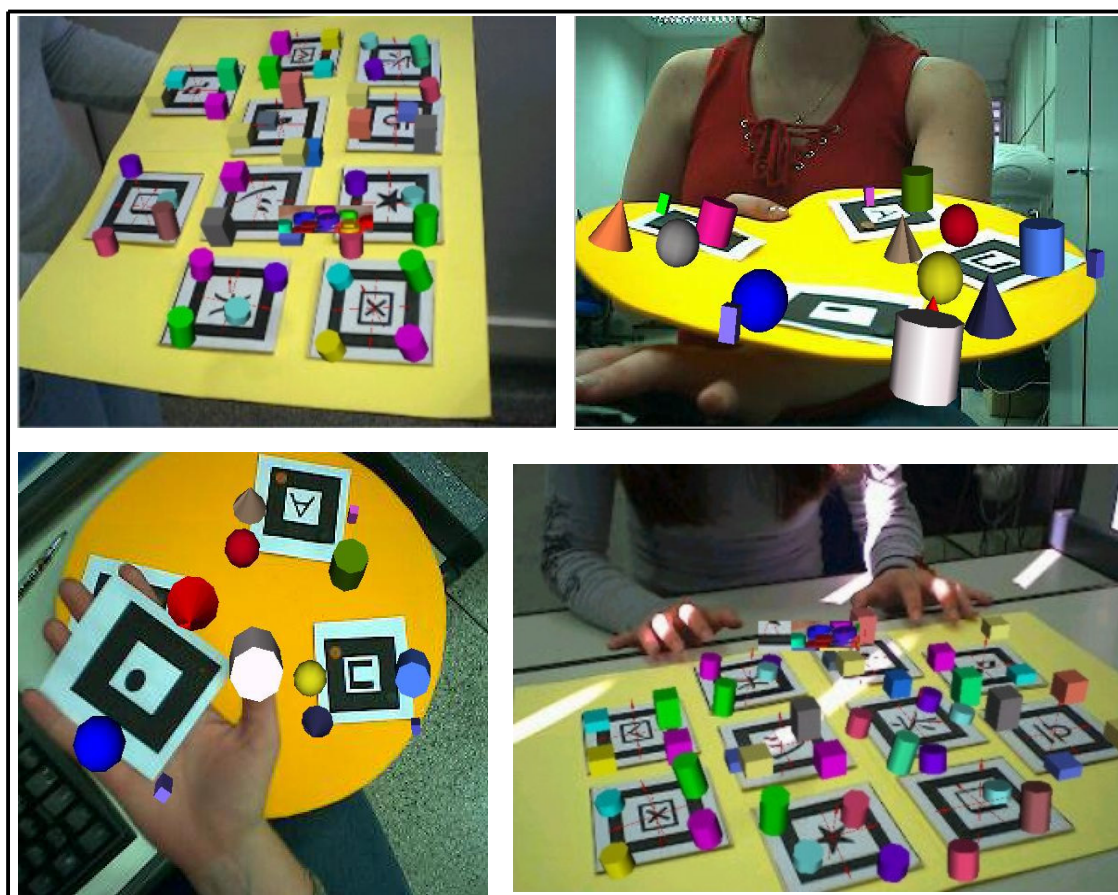


Figura 4. Visualização dos Gráficos de Dados, em Realidade Aumentada

As características funcionais da ferramenta DATAVIS-AR permitem a configuração para as mais diversas classes de aplicações reais, passíveis de serem beneficiadas pela interatividade. Entre potenciais aplicações, podem ser destacadas:

- Monitoramento da taxa de poluentes em rios e lagos.
- Monitoramento de temperatura, volume, pressão e outros parâmetros em processos industriais.
- Monitoramento de parâmetros funcionais e de desempenho em redes de computadores; etc.

Em aplicações como as citadas, é possível visualizar cenários do mundo real, capturados através de câmeras de vídeo, e, no ambiente virtual, sobrepor os gráficos que mostrem parâmetros específicos da aplicação, que sejam de interesse para os

usuários. Assim, ao perceber situações de exceção, os usuários poderão atuar sobre um determinado item, usando a mão ou algum dispositivo de interação com o ambiente virtual, rastreado por câmera, o que possibilitará o disparo de ações. Essas ações podem envolver a captura de dados históricos ou dados mais atualizados, o acionamento de atuadores, a visualização detalhada de áreas específicas, a execução de funções relacionadas à aplicação, etc.

Atualmente, encontra-se em andamento, um ambiente virtual para monitoramento e controle de redes de computadores, que será acoplado à ferramenta DATAVIS-AR. Com isso, será possível acompanhar todo o comportamento da rede, através dos gráficos e com os recursos propiciados pela realidade virtual e a realidade aumentada.

5. Conclusão

A realidade virtual apresenta elevado potencial para visualização de informação, particularmente no que se refere à visualização de grandes volumes de dados, na medida em que não impõe limites de espaço para a exploração dos dados representados.

Porém, a interface com realidade aumentada requer, quase sempre, familiarização e treinamento para navegação adequada dentro dos mundos virtuais e para uso dos dispositivos especiais.

O emprego da Realidade Aumentada contribui significativamente para o estabelecimento de uma interação mais amigável e natural com os ambientes de visualização. Isso permite a sobreposição de imagens capturadas por câmeras de vídeo com imagens geradas por computador, facilitando a análise e a interação com os gráficos e potencializando o aspecto cognitivo, relacionado com o entendimento da informação.

Este trabalho apresentou a ferramenta DATAVIS-AR, um ambiente virtual que incorpora recursos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, cujo objetivo é facilitar a análise de dados e consecutiva tomada de decisão, através de visualização gráfica. Uma das características de destaque da ferramenta é permitir a configuração do sistema, de forma que este possa atuar automaticamente, sob o acompanhamento e eventual intervenção do usuário. A incorporação de Realidade Aumentada à ferramenta de visualização foi destacada, como forma de otimizar a interação com os gráficos representativos dos dados.

A ferramenta apresentada pode servir a uma imensa gama de aplicações, sempre que seja necessário obter e analisar grandes volumes de dados complexos, como subsídio para a tomada de decisões importantes e até mesmo críticas.

Como extensões previstas, encontram-se em andamento estudos que visam a substituição do cursor controlado pelo *mouse* pelas mãos do usuário, o que tornará a interação com o sistema extremamente natural. Além disso, é fundamental realizar testes de usabilidade da ferramenta, vinculados à sua utilização em diferentes domínios de aplicação, o que também vem sendo priorizado

Referências

- ARToolKit, versão 2.6 (with VRML support). Disponível em:
<http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space/download>
- Azuma, R. et al. (2001) "Recent Advances in Augmented Reality." IEEE Computer Graphics and Applications, v .21, n.6, 2001, p. 34-47.
- Belcher, et al. (2003) "Using Augmented Reality for Visualizing Complex Graphs in Three Dimensions." Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'03), Tokyo, Japan, Oct. 2003, p. 84-92.
- Buk, C. (2004) Ambiente Virtual para Visualização de Dados. Projeto de Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UNIMEP, 2002 (em andamento).
- Card, S.K., Mackinlay, J.D., Shneiderman, B. (1999) Readings in Information Visualization: Using Vision to Think. Morgan & Kaufmann Pub., 1999.
- Carlis, J.V, Konstans, J.A. (1999) "Interactive Visualization of Serial Periodic Data." Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization, 1999, p. 29-38.
- Franklin, K.N., Roberts, J. (2003) "Pie Chart Sonification." Proceedings of the Seventh International Conference on Information Visualization (IV'03), London, England, July 2003, p. 4-9.
- Gershon, N.D., Eick, S.G. (1997) "Information Visualization Applications in the Real World." IEEE Computer Graphics and Applications, July/August 1997, p. 66-70.
- Gershon, N.D., Eick, S.G., Card, S. (1998) "New Visions of Human-Computer Interaction." ACM Interactions, March 1998, p.8-15.
- Keim, D., Hao, M.C., Dayal, U. (2002) "Hierarchical Pixel Bar Charts." IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, v.8, N.3, July/Sep. 2002. p.255-269.
- Kirner, T.G., Martins, V. F. (2000) "Development of an Information Visualization Tool Using Virtual Reality." Proceedings of the 15th ACM Symposium on Applied Computing - SAC'2000, Como, Italy, March 2000, p. 604-607.
- Kirner, C., Pinho, M.S. (1996) "Introdução a Realidade Virtual". Mini-Curso, JAI/SBC, Recife, PE, 1996.
- Kirner, C., Calonego Jr, Buk, C., Kirner, T.G. (2004) "Visualização de Dados em Ambientes com Realidade Aumentada." Anais do 1º Workshop de Realidade Aumentada, Piracicaba, SP, maio de 2004, p. 45-48.
- Meyers, B.A., Hollan, J., Cruz, I. (1996) "Strategic Directions in Human-Computer Interaction." ACM Computing Surveys. v. 28, n. 4, p. 794-809, December 1996.
- Milgram, P. et. al. (1997) "Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. " Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351, 1997, p. 282-292.
- Nakakoji, K., Takashima, Yamamoto, Y. (2001) "Cognitive Effects of Animated Visualization in Exploratory Visual Data Analysis." Proceedings of the Fifth

International Conference on Information Visualization (IV'01), London, England, July 2001, p. 77-84.

Shneiderman, B. The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. Technical Report CS-TR-3665, University of Maryland College Park, 1996.

Vince, J. (2004) "Introduction to Virtual Reality." Springer-Verlag, 2nd edition, 2004.

Warwick, K., Gray, J., Roberts, D. (1998) "Virtual Reality in Engineering." London, IEE, 1998.