

Sistema de Multiprojeção para o Auxílio ao Ensino de Odontologia

Diego R. Colombo Dias¹, José R. Ferreira Brega¹, Ildeberto A. Rodello², José R. Pereira Lauris³

¹Laboratório Sistemas de Tempo Real (LSTR) – Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Bauru – SP – Brasil

²FEA-RP – Universidade de São Paulo (USP)
Ribeirão Preto – SP – Brasil

³Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB) – Universidade de São Paulo (USP)
Bauru – SP – Brasil

{diegocolombo,remo}@fc.unesp.br, rodello@fearp.usp.br,
jrlauris@fob.usp.br

Abstract. *This article presents the development of a stereoscopic viewing application for dental structures. In the first section are presents the concepts and technologies, demonstrating applications and examples. Finally is presented the physical structure and the system developed, where a 3D dental structures is used as a case study to be viewed in multiple projections and thus provide immersion to the user.*

Resumo. *Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma aplicação de multiprojeção estereoscópica para visualização de estruturas dentárias. Nas primeiras seções são apresentados os conceitos e tecnologias utilizadas, demonstrando aplicações e exemplos. Por último, é apresentada a estrutura física e o sistema desenvolvido, onde uma arcada dentária em 3D é utilizada como estudo de caso, podendo ser visualizada em múltiplas projeções, proporcionando assim maior imersão ao usuário.*

1. Introdução

A Realidade Virtual (RV) é a forma mais avançada de interface do usuário com o computador até agora disponível em um ambiente sintético tridimensional [1]. Segundo Kirner [2], a RV é a forma mais avançada de interação do usuário com aplicações executadas por computador. Ela propicia visualização, movimentação e interação com elementos do ambiente virtual gerado por computador, em tempo real.

Essa interação com o ambiente tridimensional permite ao usuário visualizar o ambiente sobre qualquer ponto de vista, movimentar-se dentro dele, e interagir com seus objetos virtuais, tudo isto em tempo real. Ao interagir com um ambiente virtual tridimensional o computador detecta e reage às ações do usuário respondendo a estas ações com modificações no ambiente, tão mais próxima ao esperado no universo real que conhecemos, quanto melhor for a modelagem do ambiente utilizado na RV [2].

As possibilidades de utilização da RV na Odontologia são inúmeras, as quais vão desde o ensino de anatomia, até a simulação de tratamento clínico operatório [3], assim, o desenvolvimento de um sistema de RV com base em estruturas dentárias é o início do que poderá evoluir, no futuro, para uma representação completa do sistema estomatognático.

Este trabalho também utiliza o conceito de Visualização de Informações (VI), onde modelos 3D criados com o uso da computação gráfica auxiliam o entendimento dos dados apresentados, confiando na habilidade poderosa dos humanos em visualizar [4].

Um sistema multiprojeção proporciona maior imersão ao usuário, podendo ser implementado em sistemas fortemente acoplados ou aglomerados gráficos. Os aglomerados gráficos realizam multiprojeções de maneira diferenciada aos sistemas fortemente acoplados em alguns aspectos, como por exemplo, o fato dos tradicionais dividirem a tarefa em pequenas tarefas, as quais são distribuídas para os nós e logo após o processamento das mesmas é que a sincronização acontece. Outro objetivo dos aglomerados gráficos é oferecer uma visão múltipla do mesmo conjunto de dados, gerando apenas a imagem referente a cada nó.

A combinação dessas técnicas possibilita então a criação de um Sistema de Realidade Virtual para Estruturas Dentárias, onde modelos de um ambiente virtual são utilizados como auxílio ao entendimento dos dados contidos no modelo.

2. Realidade Virtual e Odontologia

A interação do usuário com o ambiente virtual está relacionada à capacidade do computador em detectar e reagir a estímulos do usuário. Da mesma maneira que acontece com os videogames, onde a interação ocorre em tempo real, às cenas são alteradas no momento em que comandos são executados pelo usuário. Isto torna a interação mais estimulante e eficiente [5]. A interface com ambientes virtuais pode ser alcançada com a utilização de capacetes, luvas ou trajes especiais. A forma mais simples de interação que o usuário pode ter com um ambiente virtual, é a navegação. Ela ocorre quando o usuário se movimenta dentro do ambiente por meio de dispositivos, convencionais ou não, que são capazes de alterar os pontos de vista do cenário [2].

A RV tem sido muito utilizada atualmente nos campos voltados ao ensino e pesquisa. A utilização na Odontologia vai desde o estudo anatômico, até os processos de simulação de cirurgias. Porém, ainda não é um tema muito explorado, ao contrário da Medicina, que já possui vários estudos combinando a área médica com técnicas de RV. Fadel e outros [6] pesquisaram o termo Odontologia e Realidade Virtual no MEDLINE (Sistema online de busca e Análise de Literatura Médica) entre os anos de 1966 e 2006, resultando apenas em 8 artigos relacionados a área.

O uso de aplicações em ambientes virtuais tem por objetivo formar e treinar profissionais mais capacitados para o futuro, pois sistemas virtuais podem obter melhor desempenho, visando que o profissional não realize procedimentos de riscos nos treinamentos.

Desta maneira, este trabalho propõe um sistema de visualização de informações de arcadas dentárias utilizando aglomerados gráficos de baixo custo, onde modelos 3D são utilizados como apoio ao ensino da Odontologia, não sendo necessários dispositivos

específicos de RV como capacetes e luvas. Todo o processo de interação do usuário será efetuado por meio de dispositivos padrões, como teclado e *mouse*.

3. Visualização de Informação

Com o avanço da tecnologia, dos equipamentos de imagens em geral e dos computadores, surge à possibilidade da construção de sistemas cada vez mais complexos, que possam oferecer informações de maneira mais precisa do que dados puros e brutos; principalmente utilizando recursos da RV, onde um ambiente virtual sintético, que pode ser semelhante ao mundo real, é usado para representar os dados de maneira gráfica.

De maneira a explorar o sistema cognitivo humano, a idéia da VI é apresentar ao usuário uma maneira de visualizar esses dados utilizando-se da sua principal percepção: a visão.

Card e outros [4] definem VI como sendo “o uso de representações visuais de dados abstratos suportadas por computador e interativas para ampliar a cognição”. De acordo com a definição de Card, a VI tem o objetivo de melhorar o entendimento e o aproveitamento do conhecimento exposto.

A VI é aplicada à representação de dados abstratos, não sendo necessária uma representação geométrica e podendo ser representada por uma imagem, gerada a partir de informações obtidas acerca dos dados.

A Figura 1 ilustra um exemplo simples de processo automatizado de VI, onde uma imagem é gerada a partir de dados de entrada. As informações são obtidas acerca da relação entre os dados [7].

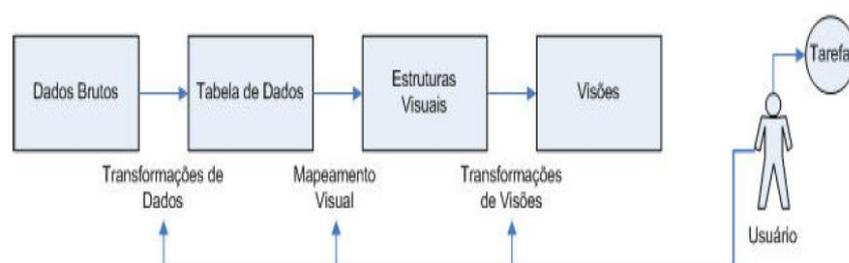


Figura 1. Processo simplificado de visualização de informações auxiliada por computador [7].

A estrutura de VI é iniciada a partir dos dados brutos organizados em uma tabela de dados, chamada de entidade, da qual é gerada uma estrutura visual utilizada para representar as informações. Estas informações podem ser: gráficos de barra, setores, diagramas, esquemas e mapas. Para que seja gerada essa representação, as entidades devem ser transformadas em formas gráficas, para que o usuário possa utilizar sua própria cognição na extração das informações. A partir disto, criam-se visões que permitem ao usuário observar as estruturas visuais, para que decisões possam ser tomadas e tarefas sejam realizadas.

O modelo é dividido em três etapas: Transformações de Dados, Mapeamento Visual e Transformações Visuais.

As Transformações de Dados são responsáveis por processar e organizar os dados em uma representação lógica, geralmente em uma ou mais tabelas, podendo também ser incluídas novas informações [7].

O Mapeamento Visual é responsável por construir uma estrutura visual que represente visualmente os dados da tabela [7].

As Transformações Visuais permitem modificar e estender as estruturas visuais de modo interativo por meio de operações básicas como: Teste de localização, Controle de ponto de vista e Distorções da imagem [7].

Uma área similar a VI é chamada de Visualização Científica (VC). O objetivo da VC, da mesma maneira que a VI, é proporcionar o entendimento dos dados apresentados, confiando na habilidade poderosa dos humanos em visualizar [8]. A VC é geralmente aplicada à apresentação de objetos físicos, fenômenos da natureza ou posições de um domínio espacial, por meio de uma representação geométrica. Por ser considerada uma área multidisciplinar, tem sido utilizada como ferramenta em pesquisas e atividades educacionais.

McCormick e outros [9] definem VC como sendo o uso de Computação Gráfica para criar modelos que ajudem na compreensão de conceitos ou resultados complexos, freqüentemente associados a representações numéricas volumosas.

Segundo Collins [10], as primeiras técnicas de VC surgiram no século XII, sendo hoje aplicada à representação de grandes volumes de dados complexos. Porém foram McCormick e colaboradores [10] que apresentaram um trabalho intitulado *Visualization in Scientific Computing* no evento SIGGRAPH do ano de 1987, sendo a primeira publicação na área, dando origem a vários outros trabalhos seguintes.

Atualmente as técnicas de VC têm sido usadas para analisar modelos 3D e mostrar grandes volumes de dados, permitindo ao usuário extrair informações de maneira fácil e rápida.

Mas deve-se estar atento à forma com que VC é utilizada. De acordo com Globus e Raible [11], a VC pode ser usada para gerar imagens de alta qualidade, mas nem sempre essas transmitem informações científicas relevantes.

De acordo com a definição de McCormick e outros [9] é possível combinar técnicas de RV, que utiliza técnicas de Computação Gráfica, com técnicas de VC, a fim de desenvolver um software de simulação de alta qualidade com propósito educacional [12].

Algumas áreas tem empregado técnicas de VC em conjunto com RV. A área médica tem investido nessas técnicas para a visualização e construção de sistemas de apoio a diagnóstico. Um exemplo de aplicação é a VRVis [13], sendo essa uma ferramenta que realiza a visualização de dados de imagens mamográficas.

Nesse trabalho, a VC é aplicada na área Odontológica, sendo utilizada na visualização de arcadas dentárias representadas por modelos 3D, dos quais se podem obter dados para gerar informações ao usuário.

4. X3D

A linguagem X3D [14] é o padrão ISO para a representação de informações tridimensionais na Web. A linguagem consiste basicamente de uma série de nós ou "blocos de construção" que permitem a representação de um ambiente virtual. Uma vez definido o ambiente em X3D, o usuário é capaz de visualizar e interagir com este ambiente, "passar" através dos elementos que o compõe e ativar hiperligações com outros documentos ou ambientes virtuais. Um ambiente modelado em X3D é essencialmente uma coleção de objetos organizados em uma estrutura hierárquica. Como na vida real, um objeto é representado pela sua geometria, algumas características da sua superfície (cor, textura etc) e uma posição e orientação no espaço.

O X3D combina tanto dados geométricos como descrições de comportamentos instantâneos em um simples arquivo que tem inúmeros formatos de transmissão, sendo que o padrão de codificação ideal é o XML. O XML foi adotado como sintaxe para o X3D para resolver um grande número de problemas existentes na sintaxe usada anteriormente, o VRML 97, e por prover fácil integração a aplicativos Web. A sintaxe do VRML 97 era estranha para todos, com exceção da comunidade do VRML.

Existe uma Document Type Definition (DTD) para X3D, definida como parte do padrão. A URL do DTD é: <http://www.web3d.org/specifications/x3d-3.0.dtd>.

Também existe um *schema* para X3D aceito. Ele é definido como parte do padrão. A URL do *schema* é: <http://www.web3d.org/specifications/x3d-3.0.xsd>.

5. Aglomerados Gráficos

Segundo Guimarães [15], o desenvolvimento acelerado de arquiteturas de redes e dos computadores pessoais propiciou avanços significativos na área de processamento de alto desempenho. Os sistemas fortemente acoplados passaram a ser substituídos por aglomerados, que são caracterizados por uma coleção de nós interconectados através de uma rede local, oferecendo ao usuário a ilusão de um único sistema.

Os aglomerados gráficos diferem dos tradicionais em alguns aspectos, como por exemplo, o fato dos tradicionais dividirem a tarefa em pequenas tarefas, as quais são distribuídas para os nós e logo após o processamento das mesmas é que a sincronização acontece. Os aglomerados gráficos, por sua vez, têm como objetivo oferecer uma visão múltipla do mesmo conjunto de dados, ou seja, cada nó processa apenas os dados referentes à sua parte de interesse, gerando assim a imagem apenas daquela parte [15].

Além disso, os nós dos aglomerados tradicionais são todos idênticos, o que pode ser uma boa opção analisando que há apenas uma tarefa que é executada em diversos nós. Entretanto, em ambientes de RV o foco é um pouco distinto, haja vista que as aplicações requerem muitas tarefas variadas para serem realizadas, o que, muitas vezes, necessita de dados pequenos quando comparado com os dados dos aglomerados tradicionais.

Outro aspecto fundamental nesta diferença de aglomerados tange a questão de tempo real. Os aglomerados gráficos devem realizar as tarefas em tempo real, enquanto que os tradicionais realizam em forma de lote. A interatividade e a geração de imagens em tempo real das aplicações gráficas requerem que as tarefas sejam executadas respeitando-se alguns limites de tempo. Por exemplo, as aplicações de multiprojeção precisam ser capazes de receber uma entrada, processar os dados e enviar para a saída

(monitores ou projetores), mais de 15 vezes por segundo, enquanto que as aplicações que utilizam os aglomerados tradicionais não possuem esta necessidade [15].

Se a aplicação for estereoscópica, a taxa de atualização deve ser de 60 por segundo, sendo preferencialmente 120, uma vez que para cada olho do usuário deve ser gerada uma imagem. Devido à esta taxa, os mecanismos de sincronização e comunicação são o maior desafio deste tipo de aplicação.

6. Glass

A Glass é uma biblioteca para aglomerados gráficos que foi desenvolvida pelo Laboratório de Sistemas Integráveis do Departamento de Engenharia da Universidade de São Paulo, biblioteca que anteriormente era chamada DICELib. O objetivo principal dessa biblioteca é facilitar o desenvolvimento de aplicações que necessitem de sincronização entre nós de um aglomerado gráfico.

A biblioteca consiste em um conjunto escalável de componentes que podem ser utilizados para desenvolver aplicações que utilizem aglomerados gráficos. Ela pode ser utilizada para portar aplicações de RV, já utilizadas em sistemas fortemente acoplados, contudo, sem a necessidade de reimplementação.

A Figura 2 apresenta uma visão geral dos seus componentes. Inicialmente, tem-se o arcabouço, que é composto pelos componentes: Instanciação, Protocolo e os *Plugins*. O componente Instanciação tem por objetivo inicializar as aplicações conforme a arquitetura interna da Glass, que permite criar aplicações cliente ou servidor. O componente Protocolo encapsula bibliotecas, escondendo as diferenças entre os protocolos de comunicação TCP, UDP, MPI, VIA, entre outros.

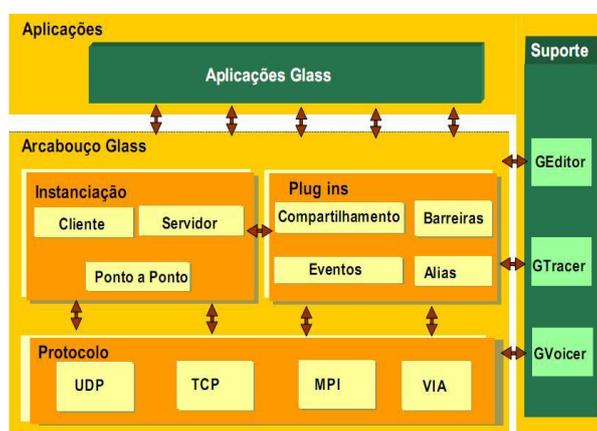


Figura 2. Arquitetura Glass [15].

O principal objetivo da Glass é prover um ambiente de fácil uso, tanto para desenvolver aplicações desde o início, como aplicações já existentes. Diferente de outras soluções disponíveis, a biblioteca não requer grande número de modificações no código fonte e na arquitetura da aplicação.

A Glass possui dois grupos de aplicações, sendo eles: *i*) as Aplicações Glass criadas pelos desenvolvedores e os programas exemplos; e *ii*) as Aplicações de Suporte que auxiliam o desenvolvimento de novas aplicações.

Como mencionado, um aglomerado gráfico é composto de um nó servidor e nós clientes. Os nós que manuseiam os dados de entrada dos dispositivos não precisam estar executando as aplicações, contudo eles devem receber as entradas, processar e enviar os resultados para os nós clientes que estão executando a aplicação. Os eventos devem ser recebidos por todos os nós interessados, caso isso não aconteça, incoerências no ambiente podem ocorrer. O tratamento correto dos dados de entrada é de extrema importância para as aplicações de multiprojeção, pois o ponto de vista de cada imagem deve ser preciso.

As aplicações Glass podem utilizar diversos dispositivos de multiprojeção, como: Cavernas Digitais, capacetes de visualização, monitores e projetores; e vários dispositivos de interação, como: *mouse*, rastreadores e dispositivos de sensação de toque.

O funcionamento interno da Glass pode ser realizado de duas maneiras: Com replicação ou Sem replicação. O modo utilizado neste trabalho é o Com replicação. Neste modo, o nó cliente deve tratar as interações do usuário e gerar as primitivas de controle. As primitivas, depois de tratadas, são enviadas ao servidor, que deve enviar para todos os nós tratarem e gerarem suas imagens. As imagens geradas são sincronizadas em tempo de execução pelo servidor. O funcionamento Com replicação é apresentado na Figura 3.

Apesar da Glass ser uma biblioteca heterogênea, no quesito *hardware*, deve-se estar atento a adição de nós no aglomerado. Diferentes configurações de nós podem ocasionar “gargalos” à aplicação. O servidor sempre normaliza a taxa de quadros usando como referência o nó que tiver a menor taxa de quadros por segundo.

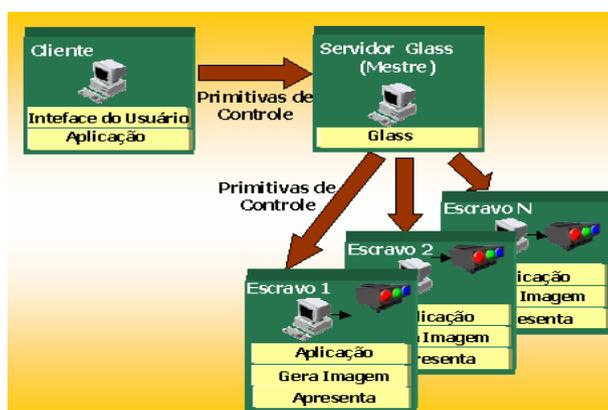


Figura 3. Aplicação Glass na arquitetura com replicação [15].

7. Descrição do Aplicativo Desenvolvido

Este trabalho consiste em uma aplicação desenvolvida utilizando a linguagem de programação C/C++, sendo essa escolhida por se tratar da mesma linguagem de desenvolvimento da biblioteca baseada em aglomerados gráficos utilizada. A biblioteca Glass é utilizada no sistema de multiprojeções, que é responsável pela sincronização e renderização do grafo de cena.

Foi utilizado um *loader X3D opensource*, o *CyberX3D* [16]. Este *loader* é capaz de carregar e editar arquivos X3D, além de possibilitar a configuração de todo o

comportamento do ambiente virtual. Ele foi desenvolvido na linguagem C/C++. Sua escolha foi devido à necessidade de integração entre o *loader* e a Glass.

Como já mencionado, o principal atrativo do sistema é o baixo custo, por utilizar computadores pessoais ao invés de sistemas fortemente acoplados. O sistema é composto por três computadores: um servidor responsável pelo sincronismo da aplicação, e dois nós clientes responsáveis pela multiprojeção. A Figura 4 apresenta a estrutura física do sistema.

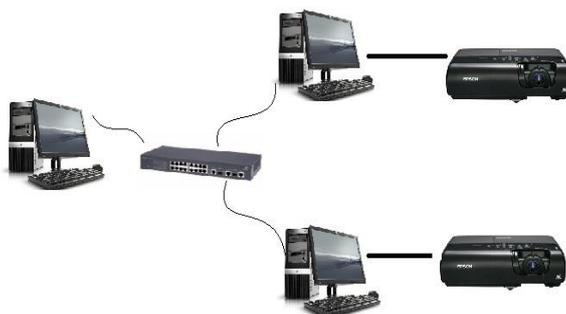


Figura 4. Estrutura Física do Sistema.

A Figura 5 apresenta exemplos de multiprojeções realizadas pela aplicação desenvolvida, utilizando a estrutura apresentada acima.

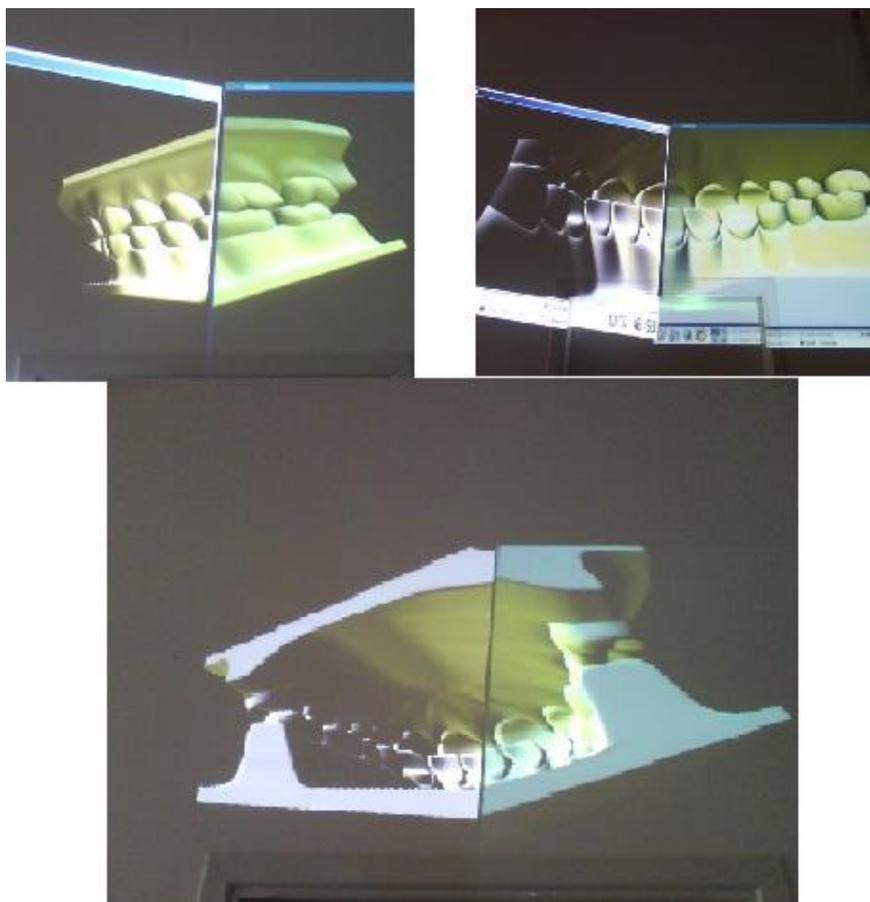


Figura 5. Exemplos de multiprojeção de modelos X3D.

O modo de estereoscopia utilizado pelo sistema vai depender dos dispositivos de projeção adequados. Pode-se utilizar técnicas de anaglifo implementadas via software, ou até mesmo lentes polarizadas nas saídas dos projetores.

Uma interface utilizando a linguagem Java foi desenvolvida. Ela foi escolhida por prover fácil integração a dispositivos móveis. Estes dispositivos podem ser utilizados como meio de interação no ambiente virtual, sendo usados como dispositivos de entrada, ao invés do teclado e *mouse*. Outro fator importante é a necessidade de se integrar aplicativos Java com aplicativos desenvolvidos em C/C++.

8. Conclusões

As técnicas de VI e a biblioteca Glass mostram a potencialidade do emprego de sistemas de RV para odontologia. A multiprojeção feita por aglomerados gráficos, que auxilia a proporcionar maior imersão ao usuário, permite maior entendimento das informações obtidas de um modelo 3D.

Um sistema de RV utilizando técnicas de VC mostra que a combinação destas áreas possibilita à criação de uma aplicação robusta, com fins diversificados no meio Odontológico, porém sendo uma aplicação de baixo custo.

Deve ficar claro que o sistema de RV proposto não é limitado apenas a modelos odontológicos, podendo ser estendido a qualquer problema onde as informações possam ser representadas por modelos 3D.

Os resultados obtidos mostram que um sistema desenvolvido com estes recursos tem grande utilidade para os profissionais da odontologia. Pretende-se estender o uso da VC como apoio ao ensino e pesquisa de estruturas dentárias, permitindo que alunos e professores interajam de maneira eficaz.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela agência brasileira CNPq, sob concessão No. 477708/2008-0

Referências

- [1] Hancock, D. "Viewpoint: virtual reality in search of middle ground", IEEE Spectrum, 32(1):68, 1995.
- [2] Kirner, C., Siscoutto, R. "Fundamentos de Realidade Virtual e aumentada". In: Kirner, C.; Siscoutto, R. Realidade Virtual e aumentada – Conceito, Projeto e Aplicações. Porto Alegre: Editora SBC, 2007.
- [3] Seipel, S., Wagner, I.V., Koch, S., Schneider, W. "A virtual reality environment for enhanced oral implantology". Medinfo. 8 Pt 2:1710, 1995.
- [4] Card, S. K., MacKinlay, J. D., Shneiderman, B., and Card, M. "Readings in Information Visualization: Using Vision to Think". Morgan Kaufmann Series in Interactive Technologies, Academic Press, 1999.
- [5] Bownman, D., et al. "3D User Interfaces: Theory and Practice". Boston. MA: Addison-Wesley, 2005.

- [6] Fadel, M. A. V., Costa, F.O.C., Fernandes, A.P.S., Regis Filho, G. I. “Utilização da realidade virtual em odontologia” . In: X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2006, Florianópolis. Anais do X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2006
- [7] Dias, Mateus P. “A contribuição da Visualização da Informação para a Ciência da Informação”. Dissertação de Mestrado. PUC Campinas, Brasil, 2007.
- [8] Adaime, L M. “Aplicação do Visualization Toolkit para pós-processamento de análises pelo método dos elementos”. Dissertação de mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia, UFPR, Curitiba, 2005.
- [9] McCormick, B H., Defanti, T A., Brown, M D. “Visualization in Scientific Computing. Computer Graphics”. (edição especial), v. 21, n. 6, 1987.
- [10] Collins, B M. “Data visualization: has it all been seen before? Earnshaw”, R A; Watson, D (Eds.) Animation and Scientific Visualization: tools & applications. Academic Press, p. 3-28, 1993.
- [11] Globus, A., Raible, E. “Fourteen ways to say nothing with scientific visualization”. IEEE Computer Graphics and Applications, v. 27, n. 7, p. 86-88, 1994.
- [12] Barnes, M. "Virtual Reality and Simulation", Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference, pp 101-110, 1996.
- [13] Berti, C. B., Nunes, F. L. S. “Visualização de Informações de Bases de Imagens Médicas utilizando Realidade Virtual”. In: V Workshop de Informática Médica, 2005, Porto Alegre. IV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, 2005.
- [14] Ames, D., Nadeau, D., Moreland, J. “VRML 2.0, Sourcebook”, 2nd. Edition, Wiley John & Sons, Inc., 1997.
- [15] Guimarães, M. P. “Um ambiente para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual baseadas em aglomerados gráficos”. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.
- [16] Konno, S. “CyberX3D for C++”. Disponível em: <http://www.cybergarage.org/vrml/cx3d/cx3dcc/index.html>. Acesso em: 15 de janeiro de 2010.