

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO “EURÍPIDES DE MARÍLIA” - UNIVEM
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

VRVis: Ferramenta de Realidade Virtual para Visualização de Informações

Claudia Beatriz Berti

Marília
2004

CLAUDIA BEATRIZ BERTI

VRVIS: FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA VISUALIZAÇÃO
DE INFORMAÇÕES

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado do Centro Universitário
Eurípides de Marília, mantido pela Fundação de Ensino Eurípides Soares
da Rocha, para obtenção do Título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora:

Profa. Dra. **Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques**

Marília
2004

BERTI, Claudia Beatriz

VRVis: Ferramenta de Realidade Virtual para Visualização de Informações / Claudia Beatriz Berti; orientadora: Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques.

Marília, SP: [s.n.], 2004.

95 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha.

1. Visualização de Informação 2. Realidade Virtual

CDD: 006

CLAUDIA BEATRIZ BERTI

VRVIS: FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA VISUALIZAÇÃO
DE INFORMAÇÕES

Banca examinadora da dissertação apresentada ao Programa de Mestrado da
UNIVEM/F.E.E.S.R., para obtenção do Título de Mestre em Ciência da Computação.

Resultado: _____

ORIENTADORA: Profa. Dra. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques

1º EXAMINADOR: _____

2º EXAMINADOR: _____

Marília, ____ de _____ de 2004.

Dedico este trabalho, com todo amor do meu coração, a minha mãe. Hoje ela é um anjo. Não me sinto só, pois do céu ela me acompanha e me abençoa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, com todo meu carinho, minha alma e meu coração:

- a Deus por ter me presenteado com a vida!
- toda minha amada família: meu pai (meu anjo aqui na Terra), minha irmã Marisa, tia Lila, “tio” Jô, tia Ziza, tia Didi, priminhas, mais tios, tias, mais primos e primas!
- todos os meus amigos do Centro de Ensino Superior de Dracena e especialmente ao Prof. José Gonzaga da Silva Neto pela confiança e apoio.
- os professores e funcionários do Programa de Mestrado: Prof. Dr. Jorge, Prof. Dr. Marcos, Prof. Dr. Remo e Prof. Dr. Sementille, Prof. Dr. Ildeberto, Leninha-“Lê”, Beth e Roberta.
- a Profa. Dra. Fátima, orientadora extraordinária, exemplo profissional, e acima de tudo, uma grande amiga...
- aos “Fora da Curva” (Adriane, Elisângela, Gislene, Leonardo, Lucilena, Luis, Marcos e Rosiane), pois certamente não conseguiria vencer cada etapa deste trabalho sem a luz e a força desta maravilhosa e eterna amizade!
- Diogo Sobral, meu Mestre e amigo, e sua maravilhosa família (Sueli, Daniella e Diego).
- Rafael Takashi e Sérgio Roberto.

O importante é caminhar sempre, com decisão e coragem.

Tecla Merlo

BERTI, Claudia Beatriz. **VRVis: Ferramenta de Realidade Virtual para Visualização de Informações**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2004.

RESUMO

A quantidade cada vez maior de dados, oriundas de diversas áreas, torna necessário o estudo de uma forma visual para representar informações. A importância de se estabelecer novas formas de representação de dados atribui-se à necessidade de rapidez, objetividade e segurança na forma de interpretação e análise dos mesmos. Alguns dados são facilmente representados, pois já possuem um padrão gráfico. Existem outros, porém, que não possuem este referencial. São os chamados dados abstratos. O interesse e a necessidade de representá-los, originou uma linha de pesquisa dentro da Visualização, denominada Visualização de Informação. O desafio está no desenvolvimento de ferramentas que atendam à necessidade de representar dados de maneira simples e, ao mesmo tempo, intuitiva. O objetivo deste trabalho é apresentar uma ferramenta para visualizar grandes volumes de informações abstratas a partir de técnicas de Realidade Virtual. Foram estudados os conceitos de Visualização de Informação e suas aplicações em várias áreas, a fim de apresentar as possibilidades de representação da informação da forma mais intuitiva possível para o usuário.

Palavras-chave: Visualização de Informação. Realidade Virtual.

BERTI, Claudia Beatriz. **VRVis: Ferramenta de Realidade Virtual para Visualização de Informações**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2004.

ABSTRACT

The quantity of information, each time greater, arising from several areas, makes necessary the study of a new visual way to represent data. The importance of establishing new ways to represent data is attributed to the need of quickness, objectivity and safety on the way of interpretation and analysis of them. Some are easily represented because they already have a graphic standard. There are others, however, that don't have this reference. They are called abstract data. The interest and the need of representing the abstract data have been originated a line of research inside the Visualization, called Information Visualization. The challenge is on the development of tools that attend to the need of presenting them in a simple and intuitive way at the same time. The objective of this work is to present a tool to visualize big volumes of abstract information, by using Virtual Reality techniques. The conceptions of the Information Visualization and its applications were studies in several areas, in order to introduce the possibilities of representing the information the most intuitive way as possible to the user.

Keywords: Information Visualization. Virtual Reality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Gráfico do tempo gasto com atividade de Multiplicação.	20
Figura 2.2 - Fórmula trigonométrica exibida na <i>Apple Graphing Calculator</i>	21
Figura 2.3 - Visualização de fórmulas matemáticas na <i>Apple Graphing Calculator</i>	21
Figura 2.4 - Exemplo de Mapa Náutico.	22
Figura 2.5 - Um dos diagramas usados pela Nasa no lançamento da Challenger.	23
Figura 2.6 - Gráfico de dispersão de Tufte.	24
Figura 2.7 - Imagem da dinâmica da fase gasosa da água.	26
Figura 2.8 - Exemplos de Visualização Volumétrica do cérebro.	27
Figura 2.9 - Exemplos de Visualização Volumétrica da cabeça.	27
Figura 2.10 - Visualização do Volume da mão obtido através de um exame de TC	28
Figura 2.11 – Exemplos de imagens 3D geradas a partir do projeto Visible Humam: (a) Pulmão, (b) Artérias do coração, (c) Partículas de Artérias.	29
Figura 2.12 - Representação de Tráfego de bytes.	30
Figura 2.13 - Mapas de tempo.	31
Figura 2.14 - Mapa Representando as áreas de desflorestamento da Amazônia.	31
Figura 2.15 - Tela do sistema IconVis.	33
Figura 3.1 - Representação gráfica do método <i>fish-eye view</i>	41
Figura 3.2 Visualização do conjunto Íris. (a) Visão de todo o conjunto. (b) Detalhe do sub- conjunto da espécie <i>setosa</i>	44
Figura 3.3 – Sistema Envision.	45
Figura 3.4 - Sistema TileBars: Um exemplo da visualização de resultados da pesquisa.	46

Figura 3.5 - Sistema VR-VIBE: Documento visto em <i>close</i> .	49
Figura 3.6 - Sistema VR-VIBE: Cena com <i>flags</i> marcadas por usuários.	49
Figura 3.7 - Sistema SPIRE-Galáxia: Visualização de documentos representados por estrelas.	51
Figura 3.8 - Sistema SPIRE-ThemeView: Visualização de documentos representados por relevo.	52
Figura 3.9 - Sistema Virgilio: Botões de escolha no elevador.	53
Figura 3.10 - Sistema Virgilio: (a) Saindo do elevador, (b) Cena com diferentes objetos representando a informação pesquisada.	54
Figura 3.11 - Sistema Virgilio: Os dados de cada canção são armazenados em diferentes pastas dentro das gavetas.	55
Figura 4.1 – Estrutura do sistema.	58
Figura 4.2 - Fases para desenvolvimento do projeto VRVis.	61
Figura 4.3 - Modelo Entidade-Relacionamento da base de imagens.	62
Figura 4.4 - Modelo Relacional da base de imagens.	63
Figura 4.5 - Tela de seleção de parâmetros da ferramenta de visualização VRVis.	64
Figura 4.6 - Trecho do código para incrementação do grau de relevância.	65
Figura 4.7 - Trecho do código para construção dinâmica da cláusula SELECT.	66
Figura 4.8 – Representação dos dados usando metáfora de árvore.	68
Figura 4.9 - Representação de dados utilizando metáfora de pirâmide.	68
Figura 4.10 – Tela com botões para escolha do modo de visualização.	70
Figura 4.11 - Objetos modelados: (a) Folha, (b) Tronco da árvore, (c) Triângulo.	71
Figura 4.12 - Representações de diferentes quantidades de registros: (a) 40 registros, (b) 164 registros e (c) 291 registros.	72

Figura 4.13 – Exemplos de movimentos de rotação e translação dos objetos da cena tridimensional.	73
Figura 5.1 – Árvore com folhas de tamanhos diferentes.	78
Figura 5.2 – Método Random pra geração das posições das folhas.	79
Figura 5.3 - (a) e (b) Disposição de folhas utilizando o método Random	79
Figura 5.4 – Cena com legenda para os graus de relevância.	80
Figura 5.5 – Metáfora de Pirâmide.	81
Figura 5.6 - Resultados de uma consulta fornecidos pelo VRVis: (a) Forma textual,	83
(b) Metáfora.	83
Figura 5.7 – Resultados de uma consulta fornecidos pelo VRVis: (a) Forma textual, (b) Forma visual.	84
Figura 5.8 – Tela de seleção de parâmetros do VRVis.	84
Figura 5.9 – Resultado da pesquisa com cinco graus de relevância.	85
Figura 5.10 – Acesso aos dados dos registros representados pelo VRVis.	86
Figura 5.11 – Gráfico do tempo de resposta na geração de cena	87

LISTA DE ABREVIATURAS

3D: Tridimensional

TC: Tomografia Computadorizada

RMN: Ressonância Magnética Nuclear

RV: Realidade Virtual

DOI: Degrees Of Interest

SIG: Sistemas de Informações Geográficas

VRML: Virtual Reality Modeling Language

API: Application Program Interface

PC: Personal Computer

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO: CONCEITOS E APLICAÇÕES.....	19
2.1 EXEMPLOS DE REPRESENTAÇÃO DE DADOS.....	19
2.2 TIPOS DE VISUALIZAÇÃO	24
2.2.1 <i>Visualização Científica</i>	24
2.2.2 <i>Visualização Volumétrica</i>	26
2.2.3 <i>Visualização Médica</i>	28
2.2.4 <i>Visualização Geográfica</i>	30
2.2.5 <i>Visualização de Informações Abstratas</i>	32
3. REALIDADE VIRTUAL E VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO.....	35
3.1 REALIDADE VIRTUAL – CONCEITOS BÁSICOS	35
3.2 SISTEMAS DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO EM AMBIENTE TRIDIMENSIONAL.....	37
3.3 VISUALIZAÇÃO DE GRANDES VOLUMES DE DADOS.....	39
3.4 EXEMPLOS DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES ABSTRATAS	42
3.4.1 <i>Ferramenta FastMapDB</i>	42
3.4.2 <i>Sistema Envision</i>	44
3.4.3 <i>Sistema TileBars</i>	45
3.5 USO DE METÁFORAS PARA VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO	47
3.5.1 <i>Sistema VR-VIBE</i>	48
3.5.2 <i>Sistema SPIRE</i>	50

3.5.3 Sistema Virgilio	52
4. VRVIS: FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO.....	57
4.1 ASPECTOS GERAIS	57
4.2 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO	59
4.3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	60
4.3.1 Estudo do Modelo Entidade-Relacionamento	61
4.3.2 Estudo das Consultas Possíveis.....	64
4.3.3 Estudo do Formato da Estrutura “Select” do SQL (Structure Query Language)	65
4.3.4 Definição de Graus de Relevância e Seleção de Metáforas.....	66
4.3.5 Estudo e Implementação da Interface de Resultado da Consulta e Construção da Cena 3D Dinâmica	69
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	74
5.1 ANÁLISE DAS METÁFORAS IMPLEMENTADAS	77
5.2 COMPARAÇÃO ENTRE O RESULTADO TEXTUAL E O VISUAL	82
5.3 DESEMPENHO DO PROCESSO DE GERAÇÃO DA CENA.....	86
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	90
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

1. INTRODUÇÃO

“A proposta da computação é o *insight*, não números” (CARD et al. apud Hammim, 1999, p. 6).

Grandes quantidades de dados, oriundos de diversas áreas, como engenharia, científica, executiva, médica, biológica, sendo elas de diversos tipos, fontes e tamanhos, geram o interesse em novas formas de visualização, a fim de torná-los mais compreensíveis.

Visualização é um termo relacionado aos métodos que permitem a extração de informações relevantes a partir de complexos conjuntos de dados, processo geralmente feito através da utilização de técnicas de computação gráfica, processamento de imagens e mais recentemente Realidade Virtual. A visualização de dados e informações procura reunir o poder da percepção visual humana com o poder de processamento do computador moderno para que um conjunto de dados possa ser analisado e compreendido rapidamente (CARD et al., 1999).

A visualização de informação é uma ferramenta para a interpretação de dados representados em computador e para a geração de imagens a partir de conjuntos de dados complexos e multidimensionais (CARD et al. apud McCORMICK, 1999).

Para Fairchild (1993), os computadores têm feito o possível para manipular grandes conjuntos de informações, mas a cognição humana dificulta o entendimento de resultados complexos. A informação é prontamente disponibilizada, mas os usuários são incapazes de acessar eficientemente itens individuais ou manter o contexto global para saber como a informação se ajusta simultaneamente.

Avanços na tecnologia de Realidade Virtual sugerem a codificação de subconjuntos de

informações usando técnicas de multimídia e a visualização dos resultados numa perspectiva de espaço tridimensional, possibilitando aumentar a quantidade de informações que o usuário pode controlar e compreender significativamente.

“Muitas aplicações trabalham com dados facilmente representados porque existe um mapeamento natural para objetos do mundo físico. Entretanto, outras aplicações introduzem novas classes de dados, os dados abstratos, sem essa correspondência óbvia” (ESTIVALET, 2003).

Sobre as questões abordadas, Fairchild (1993) ainda trata da criação de mecanismos de visualização para facilitar o gerenciamento de conjuntos de informações abstratas e a visualização fundamentada em Realidade Virtual. Neste universo, os objetos visualizáveis podem ser examinados por um ou mais usuários.

O nível de interesse pelo objeto analisado, assim como o grau de detalhamento, dependerá de cada usuário. Assim sendo, se uma determinada informação sobre um objeto não for do interesse de quem o está analisando, este poderá criar visualizações mais pertinentes à sua necessidade.

Estas novas classes de dados e suas respectivas tarefas de análise e interpretação, com seus problemas específicos, levaram ao surgimento de um novo foco nas pesquisas e desenvolvimentos dentro da comunidade de visualização.

Esse estudo, denominado *Visualização de Informação*, combina aspectos da visualização científica, interfaces homem-computador, mineração de dados, processamento de imagens e computação gráfica (CARD et al., 1999), para efetivamente conseguir uma representação gráfica-visual de dados abstratos.

Teoricamente, qualquer tipo de dado pode ser representado. Como já citado, alguns

dados, por já possuírem uma representação padrão, tornam-se mais fáceis de serem visualizados e não exigem grande esforço computacional para isto.

A dificuldade está na representação de informações que não possuem referência gráfica. Como representar, por exemplo, os estágios de desenvolvimento de uma doença em determinados indivíduos? Detalhando-se estes dados, seria possível representar esses estágios de acordo com a faixa etária, sexo, características físicas, enfim, uma quantidade enorme de dados relacionados e associada ao dado inicial, gerando mais informações.

Baseado na frase “uma imagem vale mais do que mil palavras”, é possível entender que se houver a possibilidade de visualizar esta gama de informações de maneira interativa, não apenas fazendo a análise de longos relatórios - nos quais normalmente se exibem totais numéricos e percentuais - certamente os resultados propostos com a referente análise ganhariam em qualidade e eficiência. Sem mencionar a rapidez de compreensão das informações apresentadas.

“Visualizar o não-visual” (WISE et al., 1995). Este é o objetivo da Visualização de Informação. Este é o desafio dos desenvolvedores de ferramentas de Visualização de Informação.

Fica assim exposta a importância de se representar dados de uma maneira que se contribua para a compreensão e interpretação das informações.

O presente trabalho tem por objetivo a representação tridimensional de dados abstratos e para tanto, foi realizado o estudo dos fundamentos da Visualização de Informação, da sua origem à concepção de técnicas. Um protótipo de sistema de visualização foi implementado, utilizando técnicas de Realidade Virtual e modelagem de objetos 3D (tridimensional).

Além desta introdução, a presente dissertação está organizada em seis capítulos, descritos a seguir.

O Capítulo 2 aborda a revisão bibliográfica geral, descrevendo os fundamentos, conceitos e aplicações da Visualização de Informação. Também são descritos alguns exemplos de representações gráficas de dados utilizados comumente em várias atividades e apresentados tipos diferentes de visualização, como científica, volumétrica e de dados abstratos.

O estado da arte, projetos utilizando Realidade Virtual, metáforas na representação de informações e sistemas em ambiente tridimensional para visualização de grandes volumes de dados, bem como problemas e técnicas envolvendo a manipulação destes dados, são discutidos no Capítulo 3.

O projeto é apresentado e descrito no Capítulo 4. São apresentados os aspectos gerais do sistema, sua metodologia e descrita cada fase de implementação.

Os resultados e discussões são expostos no Capítulo 5. As conclusões e trabalhos futuros são apresentados no Capítulo 6 e o Capítulo 7 relaciona as referências bibliográficas que forneceram a base teórica do projeto.

2. VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO: CONCEITOS E APLICAÇÕES

A necessidade de representar dados utilizando imagens é um tema que vem sendo pesquisado desde 1786 por John Playfair (CARD et al., 1999) - geólogo e matemático escocês que trabalhava com representação de dados gráficos.

A idéia, o fundamento da Visualização de Informação está diretamente ligada à cognição humana. Visualização é uma atividade cognitiva. É a associação com o modelo apresentado, facilitando a memorização e a compreensão.

A apresentação visual de dados propõe que, com um rápido olhar, se entenda o que se julgava difícil (CARD et al., 1999).

O objetivo desta atividade é a extração de características significantes a partir de grandes bases de dados. Com a visualização desses dados, a percepção e compreensão do usuário em relação às informações apresentadas poderão ser beneficiadas em termos de ganho de tempo e aumento da facilidade de compreensão.

Segundo Card et al. (1999), pode-se conceituar Visualização de Informação como o uso de representação visual, interativa e com suporte computacional de dados abstratos para ampliar a cognição, ou seja, “usar a visualização para pensar”.

2.1 Exemplos de Representação de Dados

Pode-se relacionar vários exemplos de maneiras de representação de dados cuja visualização facilita a compreensão. Um experimento simples, porém significativo foi feito com

uma operação matemática básica: a multiplicação. Considerada, uma das atividades matemáticas mais mentais, Card et al. (1999), citam como experimento um teste com uma pessoa multiplicando dois números com dois dígitos, como por exemplo, 48×39 . Os autores comparam o tempo gasto com a atividade de multiplicação, utilizando apenas a mente como instrumento e depois realizando a mesma operação, mas utilizando lápis e papel.

Nesta segunda fase, fornecendo papel e lápis, o tempo gasto com esta simples atividade foi drasticamente reduzido. A Figura 2.1 representa o tempo da atividade nos dois momentos.

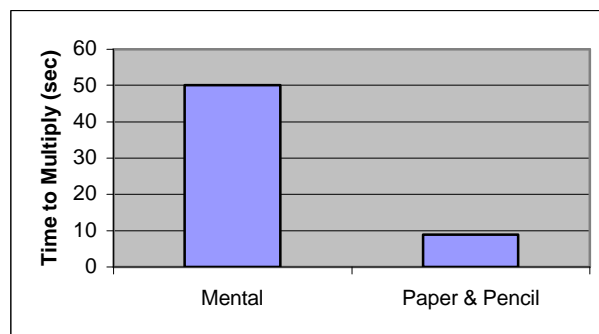


Figura 2.1 - Gráfico do tempo gasto com atividade de Multiplicação.

(Fonte: CARD et al., 1999, p. 2)

Esta experiência foi realizada com dígitos diferentes de 0 ou 1 e com uma pessoa que não conhecia nenhum método especial de multiplicação mental.

Por que utilizando papel e lápis observa-se tanta diferença no tempo de realização desta atividade? A resposta é muito simples. A dificuldade não está em multiplicar mentalmente os algarismos e sim manter os resultados parciais em mente até utilizá-los (CARD et al., 1999).

A representação visual, por manter os resultados parciais fora da mente, prorroga o trabalho da memória.

Dispositivos computacionais ajudam a cognição humana e podem fazer tão bem ou

melhor, o papel de intérprete, tornando-se, assim, um poderoso componente. Como exemplo, pode-se citar a Calculadora Gráfica (*Apple Graphing Calculator*).

O usuário digita uma fórmula trigonométrica para calcular, por exemplo: $z = \cos 3r^{1.3}$. Instantaneamente, a visualização é exibida. A imagem pode ser vista em 3D, em diferentes ângulos e com recursos de iluminação, conforme ilustra a Figura 2.2. A Figura 2.3 exibe outras fórmulas matemáticas também realizadas na Calculadora Gráfica.

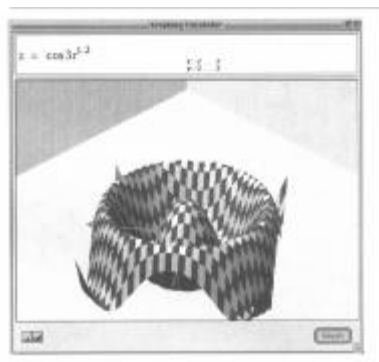


Figura 2.2 - Fórmula trigonométrica exibida na *Apple Graphing Calculator*.

(Fonte: CARD et al., 1999, p. 3)

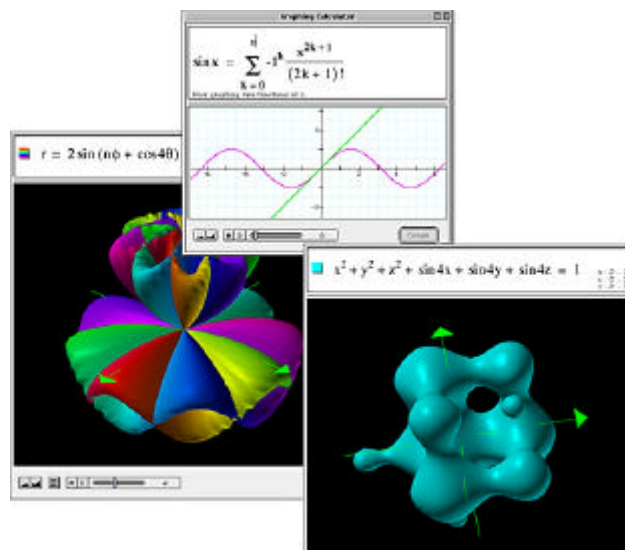


Figura 2.3 - Visualização de fórmulas matemáticas na *Apple Graphing Calculator*.

(Fonte: <www.apple.com/.../spring99/simulation/figure15.html>)

É perceptível a contribuição desta ferramenta no processo de compreensão e interpretação de dados, especialmente quando os dados são resultantes de fórmulas matemáticas. É comum conhecer o método para a resolução da fórmula, mas o resultado permanece apenas como um numeral. Utilizando ferramentas como a Calculadora Gráfica, pode-se visualizar, analisar e compreender mais facilmente o resultado, pois existe a associação da imagem ao valor obtido.

Outros exemplos de ajuda visual à interpretação e compreensão de dados são os mapas de navegação (Figura 2.4). Praticamente todos os cálculos das posições de barcos são feitos usando um mapa náutico. O mapa é o navegador principal para representação da posição da embarcação. Não serve apenas para mensurar distâncias, ele também fornece informações sobre características do local navegado, fundamentais para o navegador (CARD et al., 1999).



Figura 2.4 - Exemplo de Mapa Náutico.

(Fonte: <<http://umbra.nascom.nasa.gov/eclipse/940510/maps/map1.jpg>>)

Diagramas são também classes importantes de auxílio visual, apesar de normalmente não serem interativos. Podem proporcionar grande discernimento, mas também deficiência, em alguns casos (CARD et al., 1999). Edward R. Tufte, Prof. de “Desenho da Informação” na Universidade de Yale cita, como exemplo da deficiência mencionada, o acidente com a nave espacial Challenger, em 1986. Havia a dúvida se a espaçonave deveria ser lançada num dia frio.

A decisão dependia basicamente do risco da temperatura nos anéis que selavam o impulsor do foguete. A Figura 2.5 mostra o diagrama usado pela Nasa para tomar a decisão do lançamento do foguete.

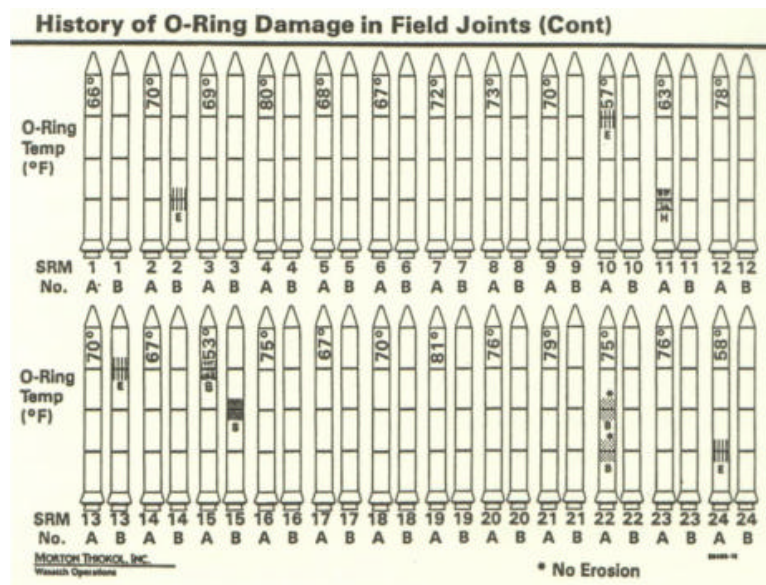


Figura 2.5 - Um dos diagramas usados pela Nasa no lançamento da Challenger.

(Fonte: CARD et al., 1999)

No diagrama da Figura 2.5, os dínamos são mostrados em ordem de lançamento. A escolha desta representação deixou obscura a visualização de variáveis de interesses importantes. Entre as falhas podem ser citadas: temperaturas são exibidas textualmente e não graficamente,

não há legenda, é confuso e difícil de ser interpretado. Conseqüentemente, não mostra um padrão óbvio de representação (CARD et al., 1999).

O pesquisador mostra que os mesmos dados representam informações diferentes. Ele usa um gráfico de dispersão para relacionar as duas maiores variáveis de interesse. Tipos diferentes de danos são combinados num único índice, como mostra a Figura 2.6.

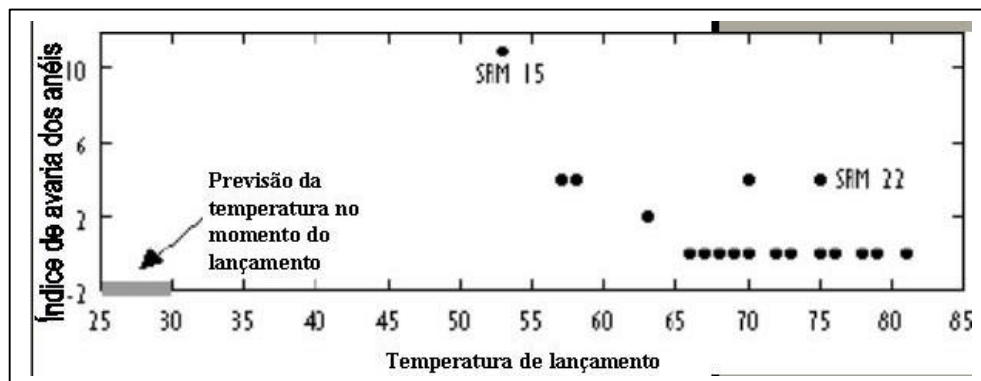


Figura 2.6 - Gráfico de dispersão de Tufte.

(Fonte: CARD et al., 1999)

2.2 Tipos de Visualização

Assim como há diversas maneiras de representar dados, a Visualização de Informação pode beneficiar inúmeras áreas, cada uma com suas características e tipos específicos de informação. A seguir, alguns tipos de visualização, cuja utilização como ferramenta de interação torna-se importante fator de compreensão dos dados.

2.2.1 Visualização Científica

De acordo com Beauclair (2003), a primeira definição de Visualização Científica surgiu em 1987 no relatório “*Visualization in Scientific Computing*”, como uma forma de comunicação

que transcende as aplicações e os limites tecnológicos. Também nesta época, o termo foi usado para sensibilizar a *National Science Foundation* para a importância do uso de métodos de computação gráfica associado às simulações com supercomputadores.

Denomina-se Visualização Científica, a representação de fenômenos e dados científicos. O objetivo é a extração de informações científicas relevantes (CARD et al., 1999). A Visualização Científica trata da representação gráfica de dados físicos: o corpo humano, a terra, as moléculas, entre outros.

Um sistema desenvolvido por pesquisadores de Portugal (TRINDADE et al., 2003) que representa a Dinâmica da Molécula da Água é um exemplo deste tipo de visualização que pode ser observado na Figura 2.7.

O sistema foi desenvolvido utilizando o WorldToolKit¹ e caracteriza-se como uma aplicação dentro da Realidade Virtual, pois possui interação, imersão e envolvimento com o usuário. É visto em tempo real e utiliza dispositivos não convencionais, tais como:

- ? um capacete, que permite uma visualização imersiva do cenário. Este é modificado sempre que o usuário executa movimentos com a cabeça, captados por um sensor de posição;
- ? uma luva, cuja função é permitir que o usuário possa interagir com as moléculas, agarrando-as ou elevando o valor médio da velocidade (temperatura).

¹ Software da empresa Sense8 para desenvolvimento de aplicações gráficas.

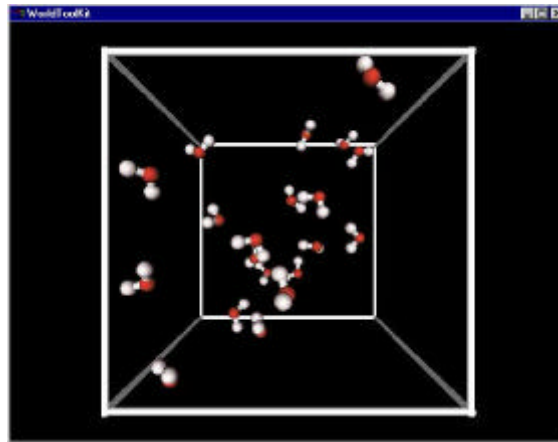


Figura 2.7 - Imagem da dinâmica da fase gasosa da água.

(Fonte: http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art6/art6.html>)

2.2.2 Visualização Volumétrica

A visualização volumétrica, que emergiu na década de 1990, denota o conjunto de técnicas de Computação Gráfica interativa relacionadas com a apresentação de informações de volumes de dados complexos. O desenvolvimento de aplicações de visualização visa fornecer aos usuários cientistas, ferramentas que auxiliem nas mais variadas tarefas que requerem formas de analisar, exibir e explorar o interior de grandes volumes de dados multidimensionais (que geralmente variam com o tempo). A intenção é permitir que o usuário consiga identificar características significativas e obter os resultados desejados mais fácil e rapidamente (MANSSOUR & FREITAS, 2002).

Na Medicina, várias modalidades de exames, tais como a tomografia computadorizada, a ressonância magnética, a ultra-sonografia e a tomografia por emissão de pósitrons, produzem dados que podem compor volumes. Características da anatomia e fisiologia humana podem ser

investigadas através das imagens geradas com técnicas de Visualização Volumétrica, aumentando as facilidades já existentes para o diagnóstico médico por imagens (MANSSOUR, 1998).

Beauclair (2003) define a Visualização Volumétrica como o conjunto de técnicas utilizadas na visualização de dados científicos associados a regiões de um volume. As Figuras 2.8, 2.9 e 2.10 demonstram a visualização volumétrica de algumas partes do corpo humano.

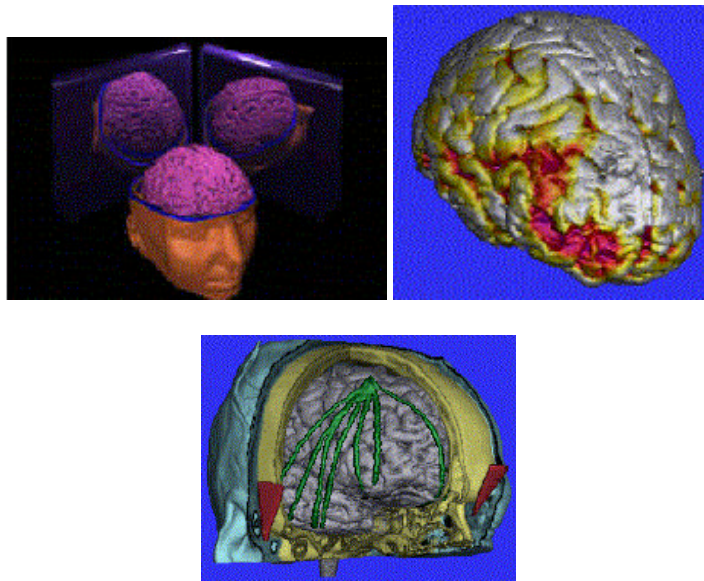


Figura 2.8 - Exemplos de Visualização Volumétrica do cérebro.

(Fonte: <<http://w3.impa.br/~tron/pdf/vc.pdf>>)

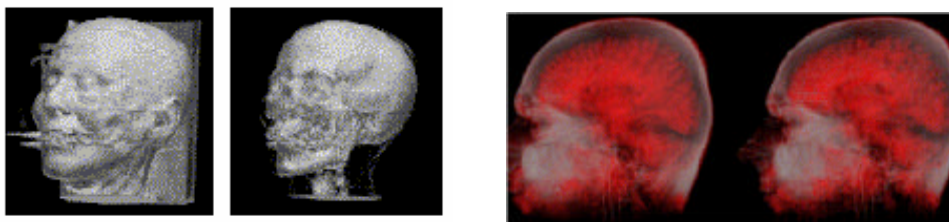


Figura 2.9 - Exemplos de Visualização Volumétrica da cabeça.

(Fonte: <<http://w3.impa.br/~tron/pdf/vc.pdf>>)



Figura 2.10 - Visualização do Volume da mão obtido através de um exame de TC .

(Fonte: MANSOUR, 1998)

2.2.3 Visualização Médica

Uma das áreas que tem investido muito e se beneficiado com as técnicas de visualização de dados é a médica. Os avanços da medicina estão diretamente ligados aos meios através dos quais se analisam os dados e realizam diagnósticos. As ferramentas computacionais são aliadas imprescindíveis nesta evolução.

Dos mais simples exames de Raio-X à ultra-sonografia 3D, todas as imagens geradas são fundamentais para a medicina. A partir de imagens, é possível, por exemplo, diagnosticar, tratar e curar doenças em fetos nos seus primeiros meses de vida. As tecnologias de visualização de imagens voltadas à simulação e ao ensino médico, também têm lugar de destaque nesta área.

De acordo com Manssour (2003), a aquisição de imagens médicas é feita através de uma variedade de técnicas, porém as mais utilizadas são a Tomografia Computadorizada (TC) e a Ressonância Magnética Nuclear (RMN), pois os dados adquiridos estão na forma digital e podem desse modo ser facilmente processados por meios computacionais.

Um exemplo de sistema de visualização médica voltado ao ensino e simulação é o Atlas Digital do corpo humano, criado pela Biblioteca Nacional de Medicina, através do projeto *Visible Human* do centro de Ciência e Saúde da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos.

Este projeto engloba uma coleção de vídeo clipes exibindo várias reconstruções de imagens médicas, como a Ressonância Magnética e a Tomografia Computadorizada.

As imagens são derivadas de conjuntos de dados de uma variedade de imagens de modalidades médicas. Os conjuntos de dados (imagens bidimensionais) são capturados por um scanner, segmentados para separar os vários tecidos e um algoritmo desenvolvido pela GE R&D é usado para criar a representação tridimensional das estruturas. Uma vez gerado o modelo tridimensional, um pacote de animação denominado LYMB é usado para fazer a visualização e animação da imagem.

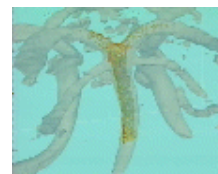
A Figura 2.11 apresenta exemplos de imagens 3D geradas por este projeto. Na Figura 2.11 (a) é possível observar o pulmão 3D que foi reconstruído de dados obtidos por tomografia computadorizada do sistema GE Medical com um scanner para tomografia. O objetivo deste modelo é a identificação de câncer no pulmão. O modelo de dados 3D visualizado na figura 2.11 (b) foi obtido através de estudos em cadáveres. Com o objetivo de realizar pesquisas e simulações, o modelo pode ser utilizado na possível verificação de problemas nas artérias. O exemplo da Figura 2.11 (c) exibe estruturas de artérias do cérebro. Os dados foram capturados através de scanner de Ressonância Magnética.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.11 – Exemplos de imagens 3D geradas a partir do projeto Visible Human: (a) Pulmão, (b) Artérias do coração, (c) Partículas de Artérias.

(Fonte: <<http://www.crd.ge.com/esl/cgsp/projects/medical/>>)

2.2.4 Visualização Geográfica

Esta área da visualização de informação trabalha com a representação de dados geográficos, utilizando mapeamento de áreas e possibilitando a associação de inúmeras informações referentes a elas.

Um exemplo é apresentado por Chen (1999), que descreve que devido ao grande tráfego de bytes na *World Wide Web* (WWW), existe um grande interesse em compreender a dispersão geográfica de padrões de acesso, especialmente de comércio eletrônico da Internet, conforme ilustra a Figura 2.12.

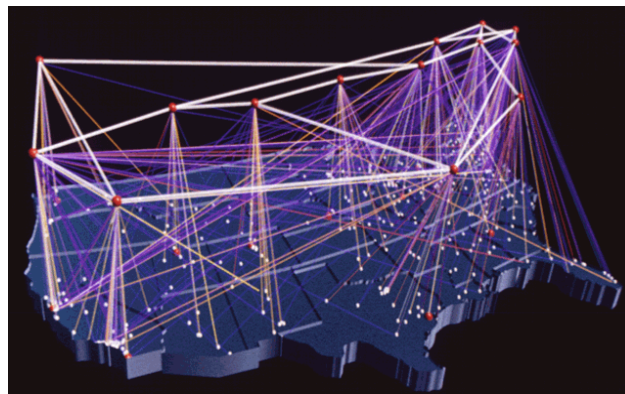


Figura 2.12 - Representação de Tráfego de bytes.

Fonte: (<[http:// www.ncsa.uiuc.edu/SCMS/DigLib/stills/1452.cox.lg.gif](http://www.ncsa.uiuc.edu/SCMS/DigLib/stills/1452.cox.lg.gif)>)

A Visualização Geográfica caracterizou-se e tornou-se importante desde o primeiro mapeamento. Serviços fundamentais, tal como previsões do tempo, contam com a visualização de dados para melhor interpretação de informações. Não é difícil perceber a facilidade visual que um mapa oferece (Figura 2.13).

Além de serviços meteorológicos e tráfego de bytes citado por Chen (1999), a visualização geográfica está presente em vários outros campos. Análises topológicas e referentes

à preservação ambiental (Figura 2.14) são outros exemplos que podem ser relacionados.

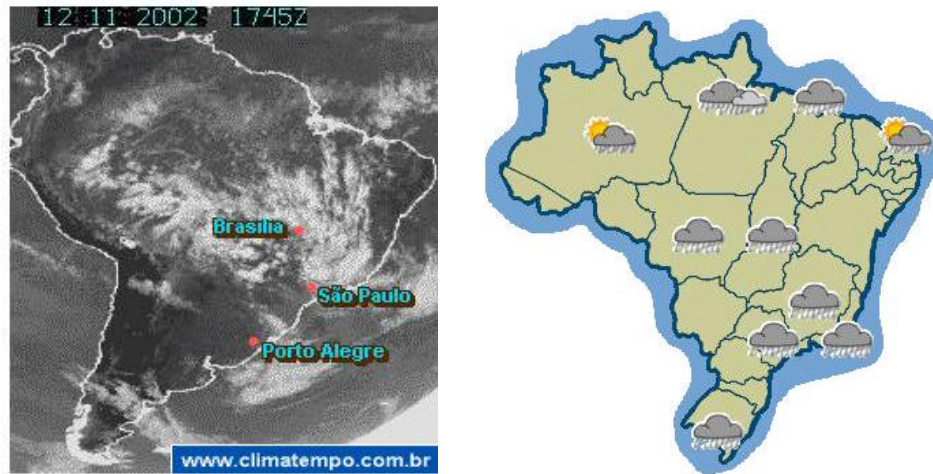


Figura 2.13 - Mapas de tempo.

(Fonte: <<http://www.climatempo.com.br>>)

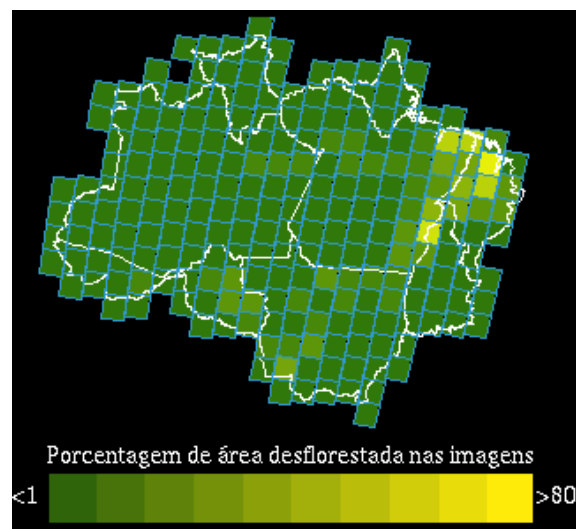


Figura 2.14 - Mapa Representando as áreas de desflorestamento da Amazônia.

(Fonte: <www.dpi.inpe.br/prodes/home>)

2.2.5 Visualização de Informações Abstratas

“Visualizações baseadas em mapas geográficos são simples, intuitivas e até naturais. Elas quebram a barreira entre um sistema complexo e o conhecimento de uma área de domínio” (CHEN, 1999). Esta intuição existe, pois as informações são organizadas essencialmente sobre estruturas geográficas facilmente compreendidas.

No entanto, a visualização de dados não é tão intuitiva, Chen (1999) relata algumas questões relacionadas à dificuldade de compreensão desses dados abstratos, fazendo alguns comparativos com a visualização geográfica:

- Modelos de visualização geográfica podem ser estendidos para visualizar informações que não estão geograficamente na natureza?
- De maneira geral, como informações abstratas podem ser visualizadas?
- Quais os critérios para visualizar informativa e compreensivamente uma informação abstrata?
- Quais são as questões relativas aos fatores humanos que devem ser levadas em conta?

A grande dificuldade na visualização de dados abstratos é que sua representação não possui uma forma definida. Desta maneira, um dos desafios do estudo da Visualização de Informação é encontrar a forma mais adequada de representar este tipo de dado.

Nesta área, pode-se citar o sistema *IconVis* (ESTIVALET, 1999) como exemplo de representação de dados abstratos. É uma ferramenta para visualização de dados através do uso de Ícones. O trabalho foi desenvolvido baseado em um conjunto de dados da biologia de pequenos mamíferos, estudados por um grupo de pesquisadores.

De acordo com o autor, as informações sobre os animais estão contidas em uma tabela de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados. Nessa tabela encontram-se diversos dados, tais como: data, hora e posição da captura, indicação se o animal já foi capturado anteriormente, sexo, peso, comprimento total, comprimento da cauda, comprimento da pata com e sem unha, largura do dente incisivo, características sexuais das fêmeas e outras informações.

O programa lê as informações contidas em uma tabela do banco de dados e as relaciona com ícones que serão utilizados na visualização, também obtidos de um arquivo. De posse dessas informações, realiza-se a visualização das informações para que se possa fazer uma análise mais detalhada e compreender melhor as informações contidas na base de dados, conforme exemplificado na Figura 2.15.

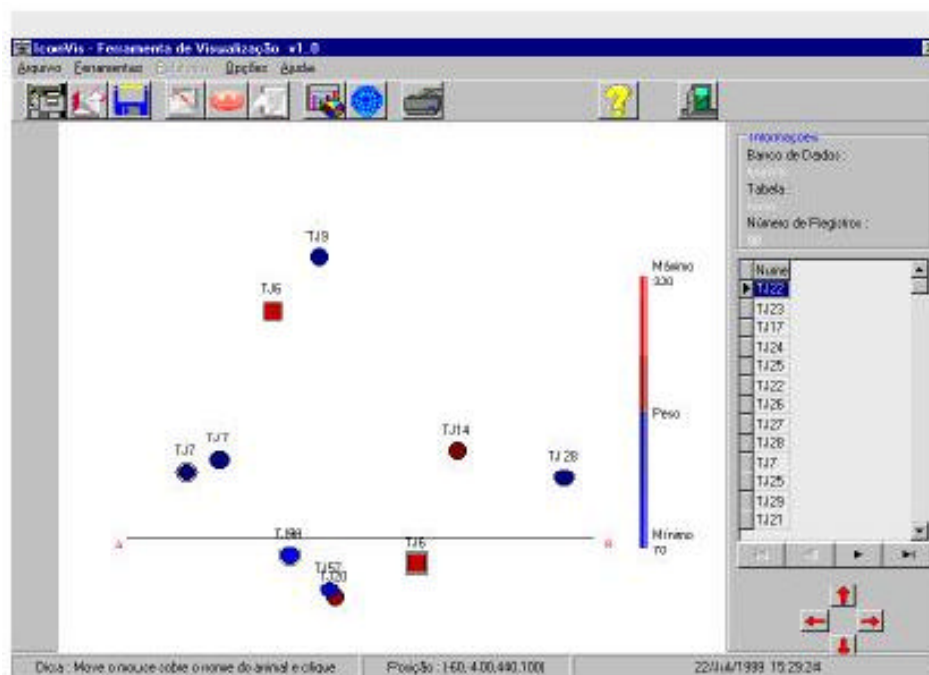


Figura 2.15 - Tela do sistema IconVis.

(Fonte: <<http://www.inf.ufrgs.br/pos/SemanaAcademica/Semana99/estivalet/estivalet.html>>)

Todas as formas de visualização de dados são fundamentais para a interpretação e compreensão das informações disponibilizadas. De simples mapas a representações requintadas, todas as formas ampliam a cognição humana. E este é o papel da visualização de informação: facilitar a compreensão.

O desafio dos pesquisadores é a apresentação de informações que não são graficamente representáveis e tão pouco naturalmente intuitivas. Para isto, torna-se importante que as ferramentas que possibilitarão a pesquisa e visualização destes dados sejam interativas.

A facilidade de compreensão dos resultados apresentados pode aumentar de acordo com o grau de interação e envolvimento do usuário com a aplicação. Neste aspecto, a Realidade Virtual fornece meios para tornar a informação significativa e capacitar o usuário para interagir com a informação representada, como será visto no próximo capítulo.

3. REALIDADE VIRTUAL E VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

3.1 Realidade Virtual – Conceitos Básicos

Pode-se relacionar várias interpretações e definições para o termo Realidade Virtual (RV). De acordo com Burdea e Coiffet (1994), a RV é uma simulação na qual a computação gráfica é usada para criar uma visão de mundo real. No entanto, o mundo sintetizado não é estático e responde às entradas do usuário (gestos, comandos verbais, etc). Esta é a chave característica da Realidade Virtual, a interatividade em tempo real.

“Realidade Virtual é uma forma dos humanos visualizarem, manipularem e interagirem com o computador e dados extremamente complexos” (AUSTAKALNIS et al., 1992).

Alguns autores, como Thomas Erickson utilizam o termo “Realidade Artificial” como sinônimo de Realidade Virtual (ERICKSON, 1993).

Pode-se ainda definir Realidade Virtual como uma técnica avançada de interface que utiliza “a junção de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento” (MORIE, 2003). A autor ainda declara que: “é importante dizer que, isoladamente, essas idéias não são exclusivas de Realidade Virtual, mas aqui elas coexistem” (KIRNER, 1996).

De acordo com Kirner (1996), o fundamento da imersão é a sensação do usuário estar “dentro” do ambiente gerado. A interação é possibilitada com a detecção, pelo computador, das entradas do usuário no mundo virtual e com a modificação deste ambiente dependendo das ações do usuário. Já o envolvimento está ligado ao grau de motivação de uma pessoa com uma atividade apresentada no mundo virtual.

“A interface com Realidade Virtual 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” (KIRNER, 1996).

Para o autor, a grande vantagem deste tipo de interface é que, utilizando dispositivos não convencionais como capacete de visualização e controle ou luva, o usuário tem a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente tridimensional real. Isto permite a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com ações das mãos, por exemplo, para pegar ou apontar. Desta maneira, o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual.

Dentre vários tipos de classificação, a Realidade Virtual pode ser dividida entre: Realidade Virtual imersiva e não imersiva. Caracteriza-se como Realidade Virtual imersiva, sistemas que utilizam dispositivos de hardware não convencionais, tais como capacetes de visualização e luvas. Como descrito por Kirner (1996), o usuário tem a sensação de realmente “estar” no ambiente virtual criado e utiliza o conhecimento intuitivo do mundo físico para manipular objetos da cena. A Realidade Virtual não imersiva utiliza as mesmas técnicas, mas os dispositivos de hardware são convencionais como o monitor de vídeo, teclado e mouse.

Mesmo na Realidade Virtual não imersiva, “os dispositivos baseados nos outros sentidos acabam dando algum grau de imersão à Realidade Virtual com o uso de monitores, mantendo sua caracterização e importância” (ROBERTSON et al., 1994).

Embora a Realidade Virtual sugira o uso de dispositivos não convencionais como capacetes e luvas, para que o usuário do sistema tenha imersão no ambiente tridimensional, a Realidade Virtual não imersiva ainda é aceitável e traz alguns pontos positivos quanto à

utilização plena de todos os recursos da evolução da indústria de computadores, evitando-se as limitações técnicas e problemas decorrentes do uso de dispositivos não convencionais.

Wexelblat (1993), afirma que a Realidade Virtual pode ser usada para estruturar quase toda atividade humana. A Visualização de Informação é um dos campos de conhecimento que podem ser contemplados com os benefícios da Realidade Virtual, fazendo com que o usuário tenha interação com um espaço virtual. Assim, é possível construir sistemas que apresentam dados complexos de forma simples, clara e com interatividade com o usuário.

3.2 Sistemas de Visualização de Informação em Ambiente Tridimensional

Apesar da Realidade Virtual ter o poder de intensificar a visualização, facilitando assim, a interação do usuário com as informações em sistemas convencionais, esta interação se torna difícil quando se trata de dados 3D.

Alguns dos problemas encontrados e citados por Erickson (1993) na manipulação e interação com dados representados por objetos 3D em sistemas convencionais são:

- como o usuário pode mudar a escala dos dados apresentados;
- como usar eficientemente a interface para manipular os dados;
- qual seria a perspectiva de visualização destes dados.

Estes problemas são provenientes da visualização de dados em sistemas convencionais, nos quais os usuários ficam restritos ao teclado e ao mouse como únicos dispositivos de entrada. Os objetos nestes sistemas são movidos individualmente em apenas duas dimensões. Na Realidade Virtual, onde o usuário tem uma “presença” num espaço tridimensional, há maiores possibilidades naturais para a manipulação de imagens 3D.

Essas imagens podem ser, por exemplo, rotacionadas e visualizadas, de maneira correspondente aos movimentos de um objeto no mundo real. Isto porque os dispositivos de interface sensoriais, como luvas e capacetes, permitem uma grande ligação entre as entradas dos usuários e os sistemas de *feedback*, nos quais os movimentos das mãos e da cabeça comandam o ajuste adequado do cenário e outras características do sistema.

Os usuários podem ainda mudar o ponto de vista simplesmente “caminhando” sobre o objeto.

“O poder da Realidade Artificial é que ela faz uma interface invisível: o usuário não manipula a interface para manipular o dado, ele apenas precisa manipular o dado diretamente” (ERICKSON, 1993). E permite ainda que vários usuários interajam simultaneamente no mesmo ambiente.

É importante destacar que a visualização é apenas um meio ou ferramenta usada como recurso para interpretação de dados e não um fim por si só.

Fairchild (1993) também trata da visualização de dados quando cita que o problema central é definir o que pode ser feito quando há muitas informações a administrar. Com alguns conjuntos de informações, a estrutura tradicional de visualização gráfica nó-ligação pode ser usada, mas para os problemas da realidade, que requerem a compreensão dos usuários sobre grandes conjuntos de informações, deve-se encontrar soluções para o gerenciamento destes complexos e volumosos conjuntos de dados.

Este problema central pode ser subdividido em três partes:

- como elaborar visualizações significativas de objetos simples, avulsos;
- como elaborar visualizações significativas de conjuntos de objetos;
- como possibilitar aos usuários o controle eficiente da seleção da visualização.

O desenvolvimento de ambientes de Realidade Virtual para manipulação de informações

requer métodos de interação, pois o usuário deve ser capaz de definir eficientemente a codificação de sub-conjuntos semânticos de objetos individuais para visualização e definir qual sub-conjunto de objetos deve ser exibido com maior fidelidade de informações (FAIRCHILD, 1993).

Dependendo das necessidades da aplicação e da interação do usuário com as informações, as possibilidades para codificá-las são realmente infinitas.

Por exemplo, para uma determinada aplicação, partes da informação como imagens faciais, altura, peso e cor dos olhos são importantes. Outro usuário pode querer visualizar a mesma informação de outra maneira e para isto, conjuntos completamente diferentes de informações como hábitos e local de trabalho são necessários.

O que é necessário, então, é um modelo irrestrito para mapeamento de espaço semântico da informação, a fim de que esta seja codificada na forma multimídia.

Logicamente todas as formas possíveis de mapeamento não poderão ser previamente determinadas por programadores porque os próprios usuários podem repentinamente decidir um novo mapeamento geral para compreender mais claramente um relacionamento específico na informação.

3.3 Visualização de Grandes Volumes de Dados

Para Kreuseler et al. (2000), a exploração de universos heterogêneos de informação em níveis arbitrários de detalhes requer um pré-processamento apropriado das quantidades da informação, a combinação de diferentes interfaces gráficas e a elucidação da estrutura do conjunto de informações obtidas.

Sobre a organização de grandes estruturas de informação, Chen (1999) cita que as hierarquias são os tipos mais comuns de estruturas de dados. Uma hierarquia pode representar desde a taxonomia de todos os animais até a estrutura de um sistema de classificação. A hierarquia permite a representação de estruturas complexas de uma maneira simples.

A navegação em uma estrutura hierárquica implica na movimentação de um nó ao outro, ao longo das ligações hierárquicas na estrutura.

O desafio para o projeto de construção de interfaces gráficas se mostra quando o tamanho da hierarquia se torna grande e se pretende habilitar o usuário a ter fácil acesso à informação contextual e aos seus detalhes.

Fairchild (1993), explica que podem ser usadas três técnicas para reduzir a complexidade que se tem em grandes coleções de objetos:

- as leis de perspectivas;
- *fish-eye views*;
- e distorção de grau de interesse .

As leis de perspectivas partem do modelo do que acontece na vida real, fazendo com que o objeto que esteja mais próximo do observador seja exibido em tamanho maior. Se o usuário decidir pesquisar mais informações sobre um determinado objeto, ele simplesmente se move em direção a ele.

A técnica *fish-eye views* consegue melhorar a visualização fazendo com que os objetos que são considerados de maior importância sejam mostrados maiores e com mais detalhes do que objetos com menor importância.

De Bra (2003) descreve que a técnica *fish-eye views* (Figura 3.1) é “uma maneira de gerar um gráfico que exhibe a estrutura ao redor do nó corrente em maior detalhe e exhibe menor detalhe conforme aumenta a distância do nó corrente”. Para o autor, o principal problema na

geração de *fish-eye views* é como decidir quais detalhes podem ser suprimidos e qual distorção da estrutura é aceitável.

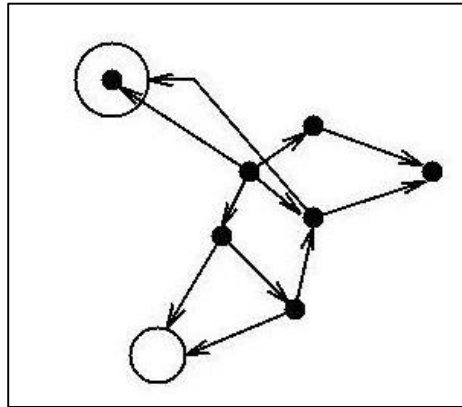


Figura 3.1 - Representação gráfica do método *fish-eye view*.

(Fonte: <<http://www.scholars.nus.edu.sg/cpace/ht/kathy/aids/eyeview.html>>)

A terceira técnica é a distorção DOI (*Degrees of Interest* - graus de interesse). Nela há um crescimento no tamanho do objeto pesquisado e a informação contém incrementos para objetos mais próximos do observador. Além disso, os objetos que têm maior importância têm suas posições distorcidas, basicamente tentando acompanhar o usuário no mundo virtual, enquanto que os de menor importância saem do foco do usuário.

A referência que se faz a objetos de maior importância e mais próximos do usuário são representações de dados de interesse mais relevante. Entende-se que em certos sistemas estes objetos representam uma palavra-chave de uma *query* ou um grupo de dados.

Quem determina o grau de importância que um objeto terá neste mundo virtual é o próprio usuário através de ferramentas do sistema.

3.4 Exemplos de Visualização de Informações Abstratas

Muitas pesquisas e projetos existentes buscam facilitar a tarefa de visualização de resultados e interação com dados e informações. A seguir são apresentados alguns exemplos destes sistemas.

3.4.1 Ferramenta FastMapDB

É uma ferramenta de visualização de dados armazenados em bases relacionais. O objetivo dessa ferramenta é auxiliar, com recursos visuais, a análise de dados em processo de descoberta de conhecimento a partir de dados armazenadas em bases de dados, permitindo que o usuário “veja” a distribuição de objetos. Auxilia nas tarefas de limpeza e preparação de dados, além de auxiliar o usuário escolher conjuntos mais reduzidos de atributos a serem submetidos a operações de *data mining* (TRAINA et al., 2001).

Os autores partiam do pressuposto que seres humanos não são eficientes para interpretar grandes volumes de dados em forma numérica ou textual, especialmente em espaços de alta dimensão, mas têm uma percepção muito boa quando esses espaços são representados de forma gráfica. Sendo assim, a ferramenta explora a visualização de dados como elemento de análise, onde o usuário utiliza sua capacidade de percepção visual para interpreta-los.

O estudo para desenvolvimento desta ferramenta, se propõe a mostrar que é possível criar representações espaciais a partir de qualquer tipo de dado, considerando, pelos autores, que é possível identificar um grau de similaridade entre dois elementos de dados.

A técnica utilizada por Traina et al. (2001) considera que os dados estejam representados em uma relação de uma base de dados e cada atributo representa um valor numérico, uma data ou

um texto curto. Para cada um destes tipos de atributos é definida uma medida de distância que é o módulo da diferença entre dois valores numéricos, o número de dias entre duas datas ou a distância de edição entre dois textos.

As distâncias individuais entre cada atributo são combinadas para definir a distância entre cada tupla da relação, permitindo que uma tupla de N atributos seja interpretada como um ponto em um espaço N -dimensional. Aplica-se então um algoritmo de redução de dimensionalidades que mapeia este espaço para o espaço 3D onde a visualização das tuplas é feita. Isto feito, atributos categóricos podem ser considerados para colorir ou modificar a representação de cada ponto visualizado.

Como os próprios autores declaram, é importante destacar que essa técnica não depende da existência de uma distribuição espacial de dados, embora possa considera-la caso exista. Além disso, todos os dados são visualizados e não apenas estatísticas a seu respeito.

A ferramenta FastMapDB foi desenvolvida em linguagem C++ e atualmente pode acessar relações em gerenciadores Oracle, Sybase, MS-SQLServer e Borland Interbase.

A Figura 3.2 demonstra a ferramenta em sua utilização no conjunto *Íris Plant* que contém dados sobre flores do gênero *Íris* divididas em três classes de 50 tuplas cada.

O conjunto possui quatro atributos numéricos contínuos: comprimento e largura da sépala, comprimento e largura da pétala. Pode-se “ver” que a classe *Íris setosa* é completamente separável das demais, e as demais não. A Figura 3.1 (a) mostra uma visão de todo conjunto de dados e a Figura 3.1 (b) detalha o conjunto separável da classe *Íris setosa*.

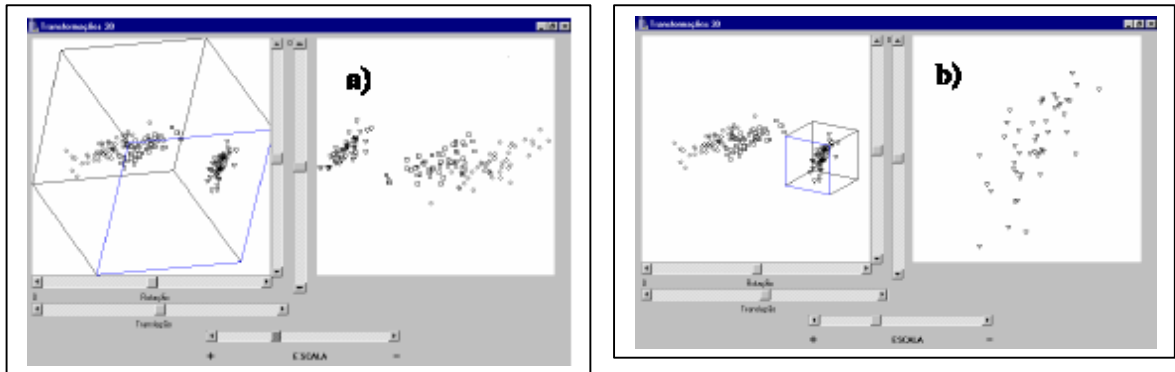


Figura 3.2 Visualização do conjunto Íris. (a) Visão de todo o conjunto. (b) Detalhe do sub-conjunto da espécie *setosa*.

(Fonte: Traina et al., 2001)

3.4.2 Sistema Envision

Envision é um sistema pioneiro de biblioteca digital multimídia. Desenvolvido com o apoio da *National Science Foundation* e a ACM (*Association for Computing Machinery*), inclui publicações da própria ACM e de outras fontes para atender aos pesquisadores, professores e alunos em todos os níveis de experiência (HEATH, 1995).

Os resultados das consultas nos bancos de dados do *Envision* podem ser visualizados como uma matriz de ícones, possibilitando que os usuários acessem-nos graficamente.

O projeto *Envision* utiliza a interface de cores e figuras para descrever as características dos documentos. Por exemplo, a cor de um ícone indica o grau de relevância do documento exibido: documentos mais relevantes têm a cor laranja e a cor branca é usada para documentos

marcados como não úteis pelos usuários, como mostra a Figura 3.3.

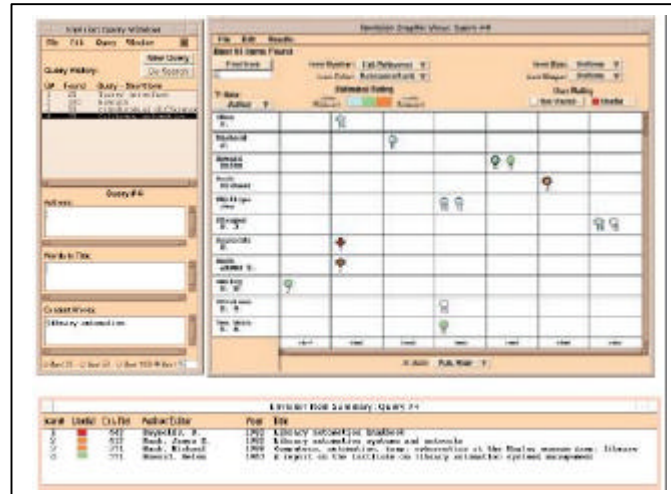


Figura 3.3 – Sistema Envision.

(Fonte: Heath et al., 1995)

3.4.3 Sistema TileBars

Este sistema utiliza uma técnica de visualização desenvolvida por Hearst (1995) que considera que a classificação dos resultados de uma pesquisa de documentos pode não ser apresentada de uma maneira informativa e de relevância conveniente. Lembra ainda que a noção da relevância é também complicada para ser expressa em simples números (como numa classificação).

O sistema TileBars representa o conteúdo recuperado com relação a palavras-chaves numa *query*. Mostra simultaneamente o tamanho do documento, a frequência da incidência e distribuição das palavras-chaves no documento. No título de cada documento está um ícone que representa o documento. Cada linha das caixas nos ícones representa uma palavra-chave (ou grupo de palavras-chaves) e cada caixa representa uma seção do texto (Figura 3.4). A cor de cada

caixa indica qual a frequência de ocorrências correspondente de cada palavra-chave em cada parte do texto.

Caixas que estão verticalmente alinhadas representam a mesma seção do documento e por meio disso o usuário identifica as seções dos documentos que contém múltiplas palavras-chaves da *query*. O usuário pode navegar de uma seção específica clicando na parte do ícone.

Hearst (1995) afirma que o sistema oferece uma tela de fácil entendimento nas consultas de documentos. A distribuição de cada termo na consulta é marcada na posição correspondente no documento. Com base no local da ocorrência dos termos, o usuário pode decidir rapidamente a importância do documento específico consultado. Conforme ilustra a Figura 3.2, se um termo está uniformemente distribuído através do documento, então, o documento está intensamente relacionado com a consulta. Por outro lado, se o termo aparece apenas no início do documento, o documento provavelmente não está completamente relacionado com a consulta.

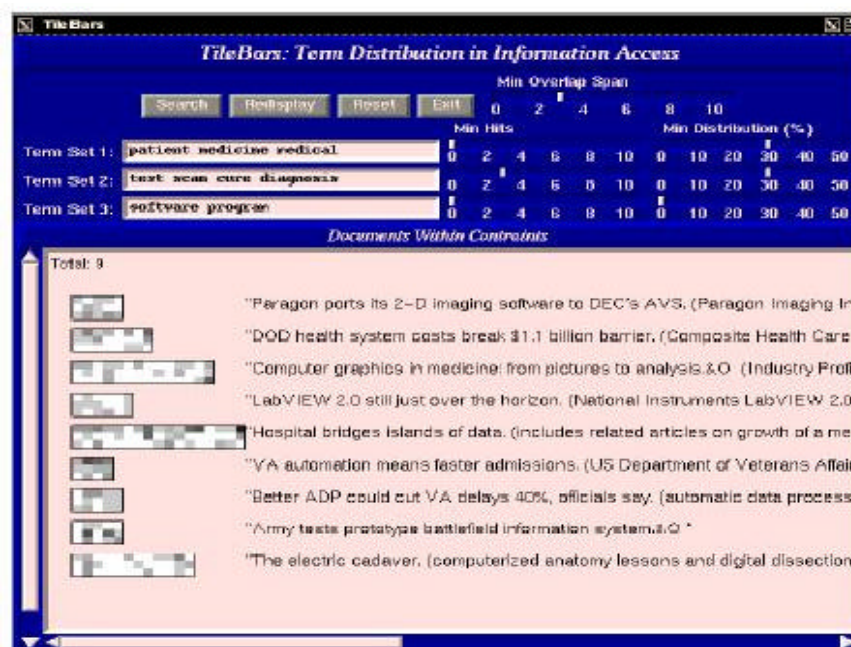


Figura 3.4 - Sistema TileBars: Um exemplo da visualização de resultados da pesquisa.

(Fonte: Hearst, 1995)

3.5 Uso de Metáforas para Visualização de Informação

Segundo Chen apud Fairchild (1999), metáforas espaciais estão entre as formas mais populares de projetos na Visualização de Informação e muitos sistemas são baseados em seus princípios.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido a maior fonte de inspiração dos projetos de Visualização de Informação, utilizando o universo, galáxias ou outras formas de metáforas. Nos SIGs as informações como atrações turísticas, consumo de eletricidade e muitos outros tipos, podem ser sobrepostas ao desenho da estrutura geográfica, tornando a interpretação e compreensão destas informações mais fáceis e intuitivas.

Skupin (2000) afirma que esta facilidade de compreensão se dá em virtude da habilidade espacial-cognitiva que capacita as pessoas a navegarem através de espaços geográficos tão bem quanto são capazes de receber informações representadas em formulários cartográficos. O corrente domínio de metáforas espaciais em pesquisas de Visualização de Informação é o resultado das referidas habilidades cognitivas para exploração e análise de informações não geográficas.

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas para visualização das informações multidimensionais. Estes métodos tentam mapear correlações dos objetos no espaço de alta dimensão da informação para correlações espaciais com representação bidimensionais e tridimensionais (KREUSELER et al., 2000).

Alguns sistemas que utilizam metáforas para representação e visualização de informação são apresentados a seguir.

3.5.1 Sistema VR-VIBE

O VR-VIBE é um sistema de informação baseado em Realidade Virtual desenvolvido na Universidade de Nottingham. É uma extensão do *Visual Information Browsing Environment* (VIBE) originalmente desenvolvido pela Universidade de Pittsburgh (MCCRICKARD & KEHOE, 1997).

Conforme cita Kreuseler et al. (2000), este é um exemplo de sistema que explora a disposição de objetos, onde os similares ficam espacialmente próximos uns dos outros, sendo um programa originalmente desenvolvido para visualização e exploração de dados multivariados.

A tela do VIBE é limitada com círculos que representam os atributos dos dados. Retângulos representam registros colocados na tela de acordo com a relação de relevância de seus atributos. O usuário do sistema VIBE pode selecionar retângulos e obter mais informações sobre o registro correspondente (MCCRICKARD & KEHOE, 1997).

Este sistema representa as inter-relações entre documentos baseados em consultas por palavras-chaves especificadas por usuários, em espaço 3D representado por Realidade Virtual. A Figura 3.5 mostra uma cena onde um documento é selecionado e visto em “close”.

Uma cena em realidade virtual no VR-VIBE é baseada no número de palavras-chaves inicialmente especificadas pelo usuário e nos documentos que são relevantes a estas palavras-chaves. Tanto as palavras-chaves quanto os documentos são colocados no espaço 3D. A distância dos documentos em relação à palavra-chave determina o grau de relevância de cada documento em relação a ela. Quanto mais próximo o documento estiver da palavra-chave, mais relevante será seu conteúdo.

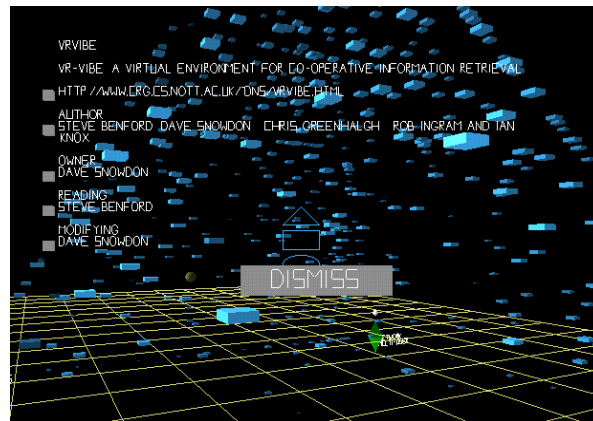


Figura 3.5 - Sistema VR-VIBE: Documento visto em *close*.

(Fonte: <<http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/technologies/visualisation/vrvibe/>>)

A cena exibida pela Figura 3.6, exibe alguns *flags* marcados por usuários para uma pesquisa posterior mais detalhada.



Figura 3.6 - Sistema VR-VIBE: Cena com *flags* marcadas por usuários.

(Fonte: <<http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/technologies/visualisation/vrvibe/>>)

3.5.2 Sistema SPIRE

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas para visualização de informações multidimensionais. Estes métodos tentam mapear correlações dos objetos no espaço de alta dimensão da informação para correlações espaciais em representações bidimensionais e tridimensionais (KREUSELER et al., 2000).

Sistemas como SPIRE (*Spatial Paradigm for Information Retrieval and Exploration*) usam diferentes metáforas visuais, como Galáxia e ThemeView com o objetivo de visualizar coleções de documentos e recuperação de resultados de uma base de dados (KREUSELER et al., 2000).

O sistema SPIRE é um conjunto de ferramentas de visualização de informação desenvolvido por *Pacific Northwest National Laboratory* (PNL) nos Estados Unidos.

De acordo com Thomas et al. (1999), este sistema foi projetado claramente para ajudar a capacitar analistas de informação a tratar grupos de documentos texto, produzindo automaticamente uma base de conhecimento de temas (palavras chaves) que podem ser usadas para distinguir grupos em coleção de documentos a serem analisados.

O objetivo do SPIRE é ajudar usuários na exploração de grande quantidade de documentos utilizando uma metáfora espacial. Os autores afirmam que os usuários são capazes de usar as ferramentas de visualização facilmente, entendendo o relacionamento entre os documentos. Galáxia, como mostra a Figura 3.7, é uma versão do SPIRE que usa metáfora de estrelas e céu para representar o conjunto de documentos. Cada documento é representado por um “*docstar*”. Assim como em outros sistemas de visualização que utilizam metáforas espaciais,

documentos similares ficam agrupados próximos uns dos outros, representados por estrelas e separados por distâncias maiores quando diferentes (THOMAS et al., 1999).

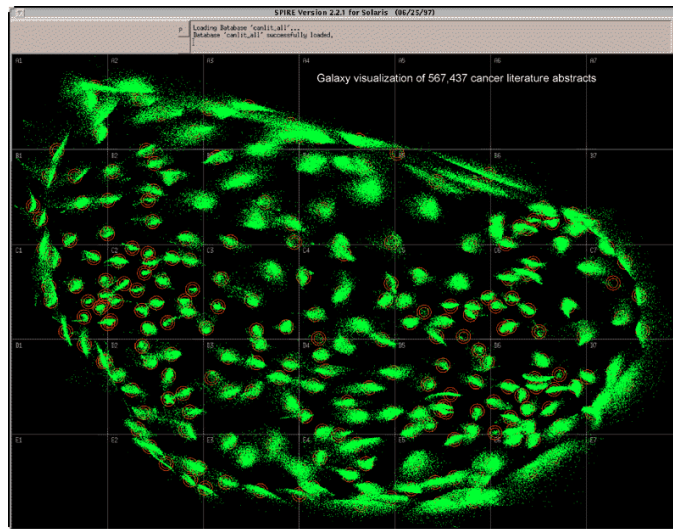


Figura 3.7 - Sistema SPIRE-Galáxia: Visualização de documentos representados por estrelas.

(Fonte:< <http://www.pnl.gov/infoviz/about.html>>)

Outra versão do sistema SPIRE é o ThemeView (Figura 3.8). Na visualização, os tópicos ou os temas do conjunto de documentos são exibidos como um mapa natural do relevo de terreno. As montanhas indicam temas dominantes. A altura dos picos indicam as forças relativas dos tópicos no conjunto de documentos. Os temas similares parecem próximos, enquanto que os temas que não têm relação são separados por distâncias maiores.

O sistema fornece uma visão geral dos tópicos principais contidos nos documentos. Combinado com suas ferramentas de exploração, o sistema permite que o analista identifique relacionamentos imprevistos e examine mudanças nos tópicos a qualquer momento (WONG et al., 2000).

Atribui como informação de entrada o resultado de uma *query* e exibe os valores de atributos do conjunto de dados nos objetos do mundo virtual, de acordo com a capacidade destes objetos em representar os atributos característicos do dado. Esta característica, ou atributo, é representada semanticamente pelo relacionamento entre os objetos no conjunto de dados usado nestas relações. A partir daí, cria-se uma representação visual correspondente, composta de uma coleção de cenas de VRML (MASSARI et al., 1997).

A base de dados utilizada como exemplo contém informações sobre gravações em CD, cantores, músicas e tipos de canções, sendo que uma parte considerável das informações armazenadas no banco de dados de CD é multimídia, pois o banco de dados contém a imagem de cada cantor, a imagem da capa de cada CD e arquivos de som de cada canção.

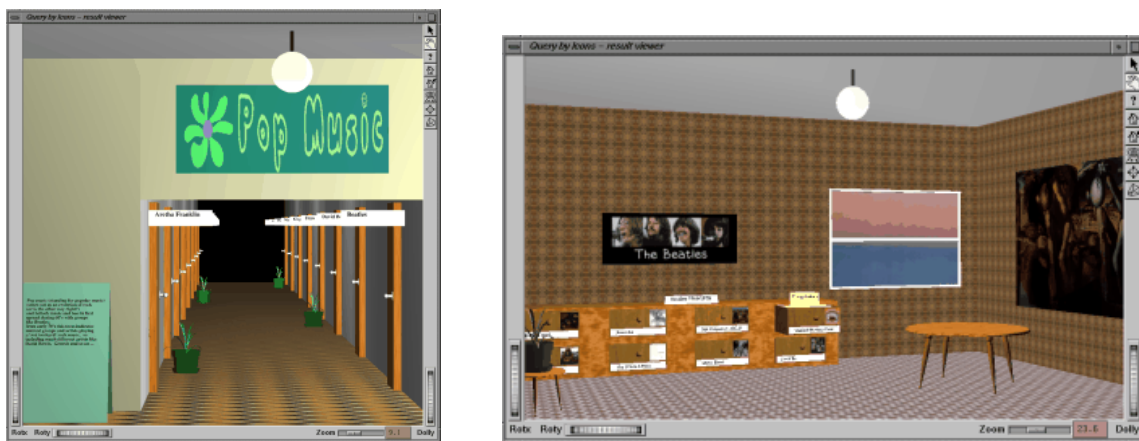
O sistema classifica diferentes tipos de músicas, possibilitando um acesso ao próximo nível de agregação na estrutura de árvore. Como mostra a Figura 3.9, os botões do elevador são mapeados com os *atributos* chave do tipo de registro de música, como, por exemplo, o atributo nome. Estes botões estão visíveis no elevador para capacitar a própria pesquisa.



Figura 3.9 - Sistema Virgilio: Botões de escolha no elevador.

(Fonte: MASSARI et al., 1997)

Já fora do elevador, o usuário vê um cartaz, Figura 3.10 (a) lembrando da escolha do andar. Os cartazes foram automaticamente escolhidos do gerador de metáfora desde os botões do elevador (os acessórios previamente escolhidos exibem o nome do tipo de música) estão bem visíveis na cena. O histórico dos tipos de músicas foram mapeados no andar enquanto o corredor na frente da entrada estabelece acesso aos diferentes cantores. O usuário pode explorar o mundo virtual, “entrar” em salas, como mostra a Figura 3.10 (b), interagir com os objetos embutidos no espaço virtual e navegar sobre diferentes níveis de dados em diferentes cenas.



(a) (b)
Figura 3.10 - Sistema Virgilio: (a) Saindo do elevador, (b) Cena com diferentes objetos representando a informação pesquisada.

(Fonte: MASSARI et al., 1997)

Numa consulta mais depurada, cada gaveta corresponde a um CD musical e suas informações são relacionadas a ele. O título de cada CD e sua imagem são exibidas nestas gavetas (Figura 3.11). Os objetos menores neste mundo virtual são canções, armazenadas em diferentes pastas, que por sua vez, são guardadas nas gavetas.

Este sistema se dispõe a proporcionar ao usuário um ambiente interativo e envolvente para acessar um banco de dados musical. A maior vantagem em usar uma metáfora de mundo físico é que o usuário entende facilmente como o mundo virtual está organizado.



Figura 3.11 - Sistema Virgilio: Os dados de cada canção são armazenados em diferentes pastas dentro das gavetas.

(Fonte: <<http://www-cui.darmstadt.gmd.de/~hemmje/Activities/Virgilio/example.html>>)

Para concluir este capítulo sobre Visualização de Informação utilizando Realidade Virtual, é interessante citar a descrição de realidade, de Myron W. Krueger, considerado por Alan Wexelblat o “padrinho” da Realidade Artificial, pois em 1969 já fazia experimentos com sensores espalhados pelo chão para captar os movimentos do corpo (WEXELBLAT, 1993, p. 147).

Para Krueger:

Na nossa realidade física, usamos nossos corpos para interagir com os objetos. Movimentamos nossos corpos ou giramos nossas cabeças para vermos melhor. Nós vimos outras pessoas e elas podem nos ver. Adquirimos um conjunto consistente de expectativas através da experiência de vida. Qualquer sistema que observe estas convenções, será imediatamente entendido por qualquer pessoa do planeta (KRUEGER, 2003, p. 148).

A partir dos conceitos e considerações apresentados nos dois últimos capítulos, foi desenvolvido o presente trabalho que consiste em uma ferramenta de Realidade Virtual para a visualização de dados abstratos.

4. VRVIS: FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

4.1 Aspectos Gerais

Frente aos estudos e pesquisas realizados, frente às inovações tecnológicas que nos permitem acesso a um número considerável de tipos de informação e à área médica se apresentar como uma fascinante vertente da computação, disponibilizando grande quantidade de informações (textos e imagens), o trabalho aqui apresentado estrutura-se no estudo e utilização de técnicas de Realidade Virtual para Visualização de Informação. Considerou-se particularmente uma base de imagens de dados médicos com grande volume de informações.

Esta base de imagens armazena dados de pacientes, exames e estruturas de interesse que podem ter sido encontradas em imagens mamográficas e que podem auxiliar na detecção precoce do câncer de mama, através do uso de sistemas de auxílio ao diagnóstico (NUNES, 2003).

O objetivo principal é fazer com que o usuário ganhe rapidez na percepção das características mais relevantes dos dados pesquisados. Entende-se que a grande quantidade dos dados e seus atributos podem ser melhores interpretados se o usuário puder visualizar estas informações em formas gráficas.

Como grande parte das ferramentas que representam dados de forma gráfica, utilizam histogramas ou gráficos de colunas e linhas, uma ferramenta de visualização que utiliza técnicas de Realidade Virtual para demonstrar os dados em consultas pode ter grande contribuição no aspecto da compreensão e percepção das características destes dados.

O sistema gera uma cena 3D que representa dinamicamente resultados de uma *query* na base de dados mencionada. A Figura 4.1 mostra o esquema da estrutura do sistema.

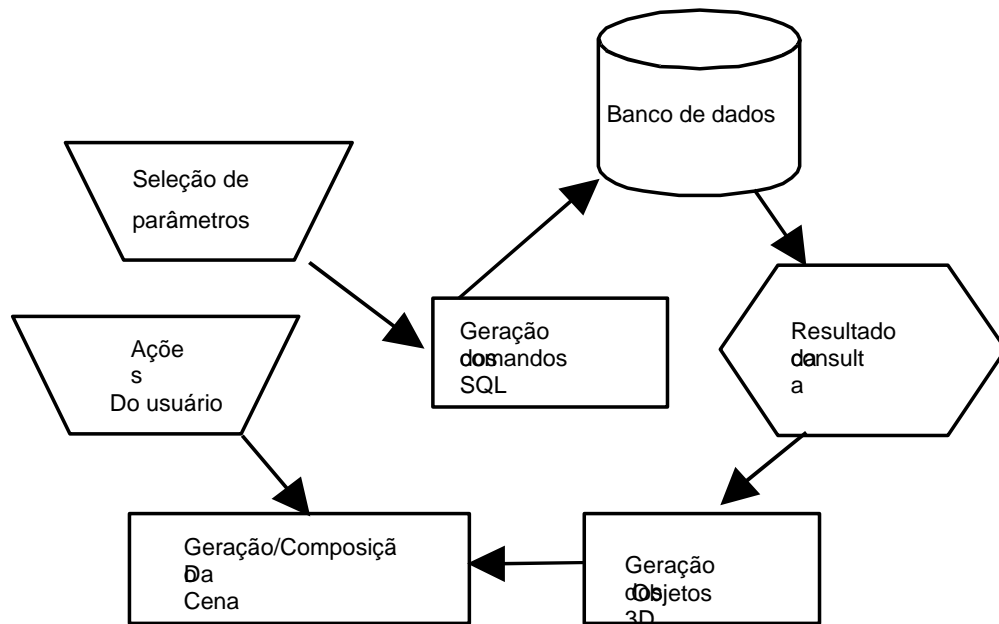


Figura 4.1 – Estrutura do sistema.

O usuário seleciona os parâmetros da consulta em uma tela convencional, obtém os registros filtrados e opta por dois modelos de representação gráfica. A cena 3D então é gerada e o usuário pode navegar pelos registros filtrados pela consulta.

Com base em uma metáfora de mundo real, os dados resultantes estão disponíveis ao usuário de forma visual, onde cada informação relevante é representada graficamente por um objeto pré-determinado.

A visualização é construída em ambiente de Realidade Virtual não imersiva, possibilitando sua utilização em equipamentos de computação sem grandes exigências de *hardware* e *software*. O usuário é capaz de “navegar” na cena apresentada, possibilitando uma visão genérica dos dados e, ao mesmo tempo, uma observação mais detalhada dos dados mais

relevantes à consulta. A representação gráfica-visual desses dados tem como objetivo simplificar e facilitar a compreensão dos resultados apresentados.

4.2 Desenvolvimento e Implementação

Para o desenvolvimento da aplicação e escolha dos dispositivos físicos da ferramenta, considerou-se que o sistema deve ser utilizado por médicos, professores e outros interessados em consultar esta base de dados, devendo apresentar custo que permita a sua utilização sem investimentos adicionais. A possibilidade de disponibilizar esta ferramenta via Internet, também ocasionou a opção pelo desenvolvimento de um sistema baseado em um computador do tipo PC, visto que, atualmente, existem muitas opções de placas aceleradoras gráficas que tornam possível obter um desempenho satisfatório de aplicações gráficas nestes equipamentos.

O microcomputador foi equipado com 256 Mb de memória RAM e os softwares instalados para o desenvolvimento do sistema foram: Sistema Operacional WindowsXP, Eclipse para a escrita dos códigos, 3DStudio para modelagem dos objetos de representação 3D, Java e API Java 3D para o desenvolvimento do sistema, MySQL como Sistema Gerenciador de Banco de Dados. Como o sistema utiliza técnicas de Realidade Virtual não imersiva, os dispositivos físicos de interação foram compostos de mouse, responsável pela manipulação dos objetos da cena e seleção dos parâmetros das consultas e monitores convencionais, responsáveis pela visualização.

Para a implementação da aplicação, foi utilizada a linguagem Java (DEITEL 2003), desenvolvida pela *Sun Microsystems, Inc.* com API Java 3D (SELMAN, 2000), o MySQL como suporte para o Banco de Dados e o software 3DStudio para modelagem dos objetos que compõem a cena.

Atualmente Java é uma das linguagens mais utilizadas para o desenvolvimento de sistemas e as vantagens de utilizá-la para a implementação é que, além de estar disponível gratuitamente, é independente de plataforma. A essas vantagens acrescenta-se os benefícios do paradigma de orientação a objetos que facilita a reusabilidade de código, através de características como herança e polimorfismo. Desta maneira o sistema não se limita a configurações e ambientes específicos.

A API Java 3D consiste em uma hierarquia de classes Java que serve como interface para o desenvolvimento de sistemas gráficos tridimensionais. Possui construtores de alto nível que permitem a criação e manipulação de objetos geométricos, especificados em um universo virtual. Também possibilita a criação de universos virtuais com uma grande flexibilidade, onde as cenas são representadas através de grafos, e os detalhes de sua visualização são gerenciados automaticamente (MANSSOUR, 2003).

O MySQL é conhecido como o Sistema Gerenciador de Banco de Dados *open source* mais utilizado em todo o mundo devido à facilidade de uso, às melhorias contínuas e pelo fato de ser regido pela licença GPL (*GNU General Public License*) (MySQL, 2004).

4.3 Metodologia de desenvolvimento

Conforme mostra a Figura 4.2 foram executadas seis fases para o desenvolvimento desta ferramenta de visualização.

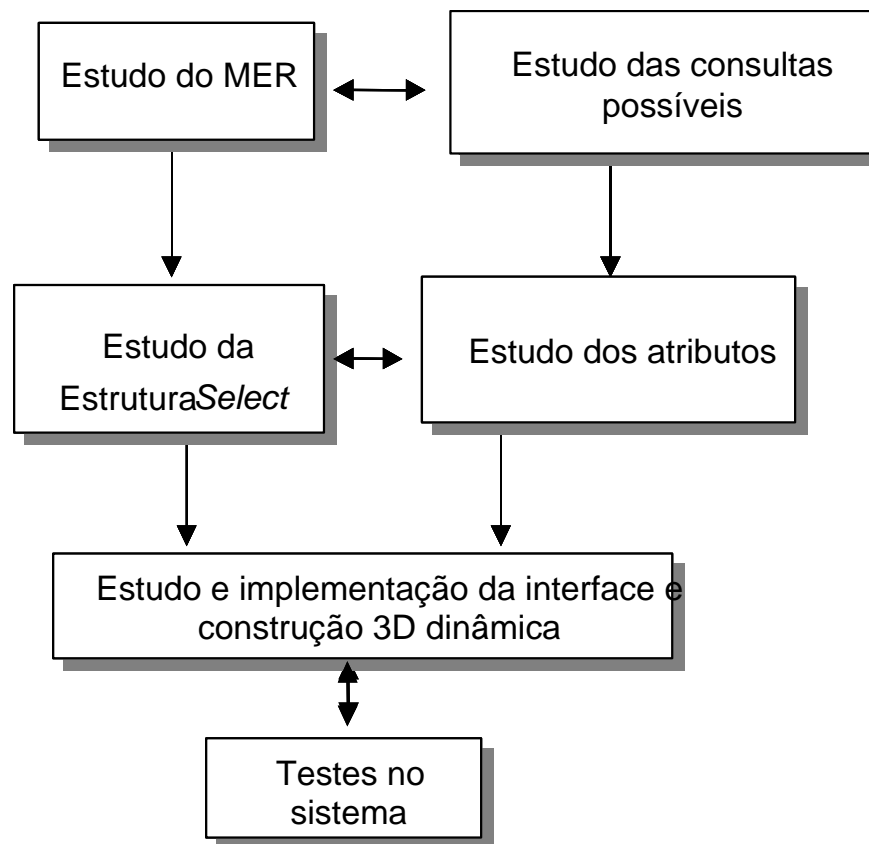


Figura 4.2 - Fases para desenvolvimento do projeto VRVis.

4.3.1 Estudo do Modelo Entidade-Relacionamento

Na Figura 4.3 é apresentado o Modelo Entidade-Relacionamento da base de imagens médicas que é o objeto inicial de estudo da ferramenta apresentada e a Figura 4.4 apresenta o Modelo Relacional desta base de imagens, detalhando os atributos de cada tabela.

Este modelo foi profundamente estudado, de forma que os significados dos atributos envolvidos pudessem ser totalmente compreendidos e, assim, pudessem ser representados tridimensionalmente.

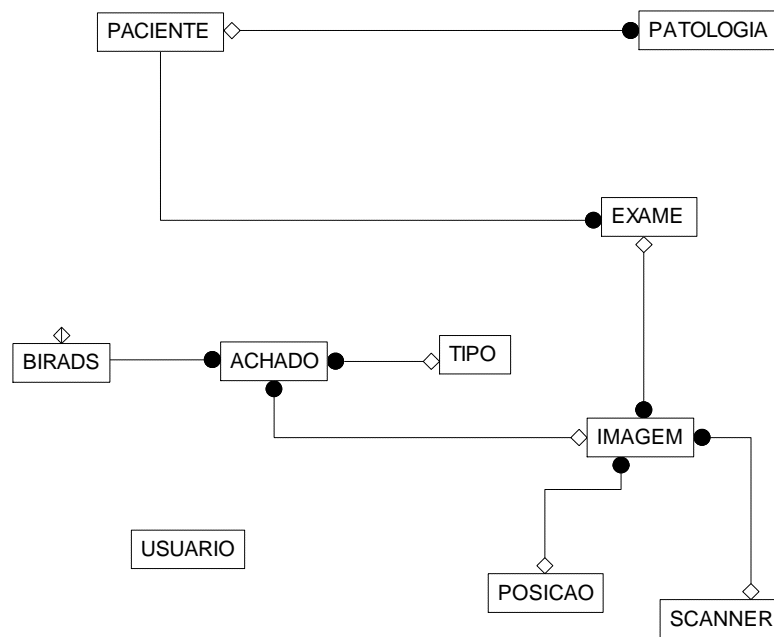


Figura 4.3 - Modelo Entidade-Relacionamento da base de imagens.

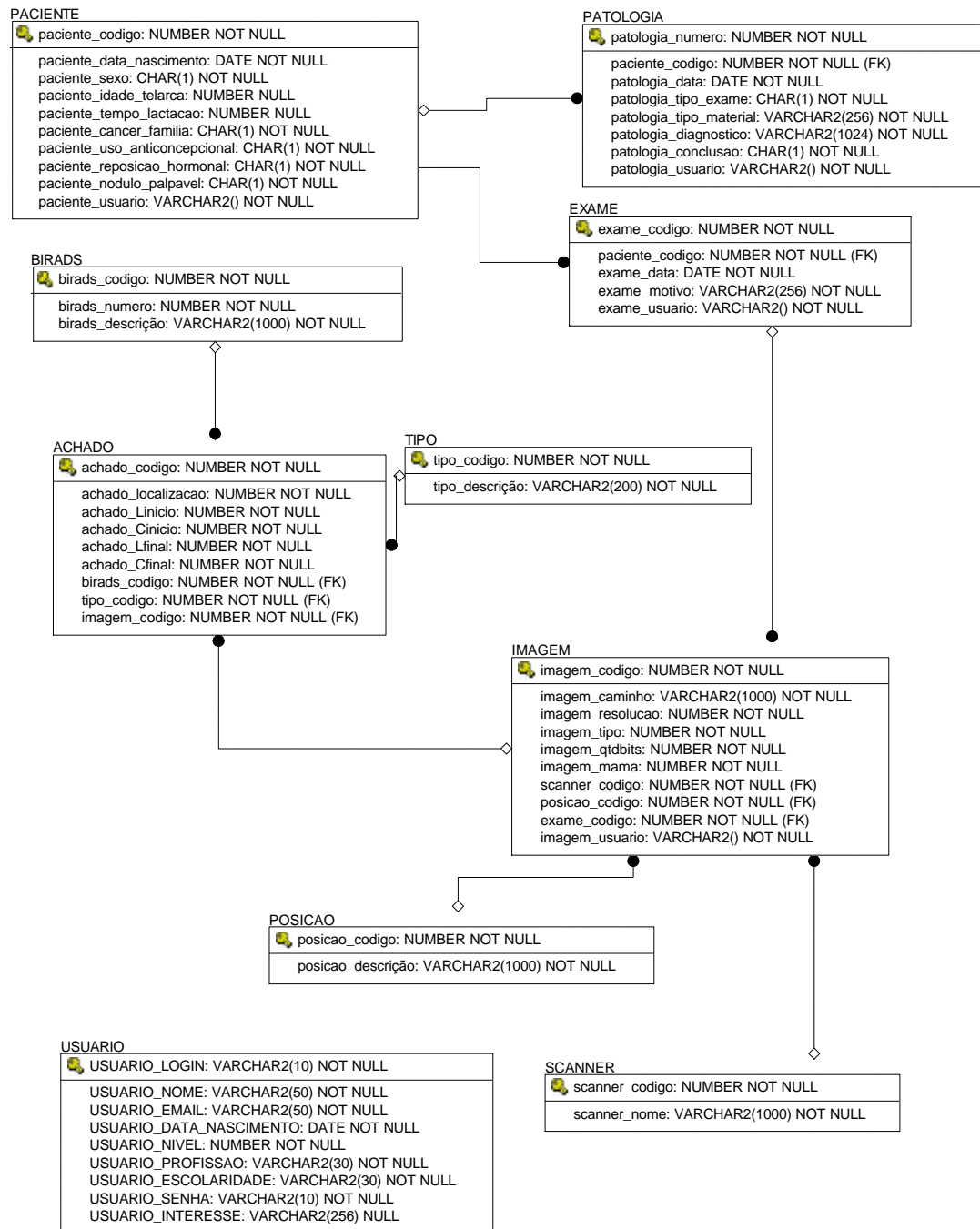


Figura 4.4 - Modelo Relacional da base de imagens.

4.3.2 Estudo das Consultas Possíveis

Com base nos resultados da primeira fase, o segundo passo consistiu em verificar e relacionar as consultas mais relevantes para a realização das pesquisas. Nesta fase foram definidos os atributos, filtros e resultados esperados para as consultas possíveis.

Decidiu-se utilizar os mesmos parâmetros de uma consulta genérica detalhada em Nunes (2003) e disponível na Internet (<http://ladi.sel.eesc.sc.usp.br/ladi/bancoweb>). A Figura 4.5 exibe a tela de seleção de parâmetros da consulta da ferramenta de Visualização de Informação VRVis.

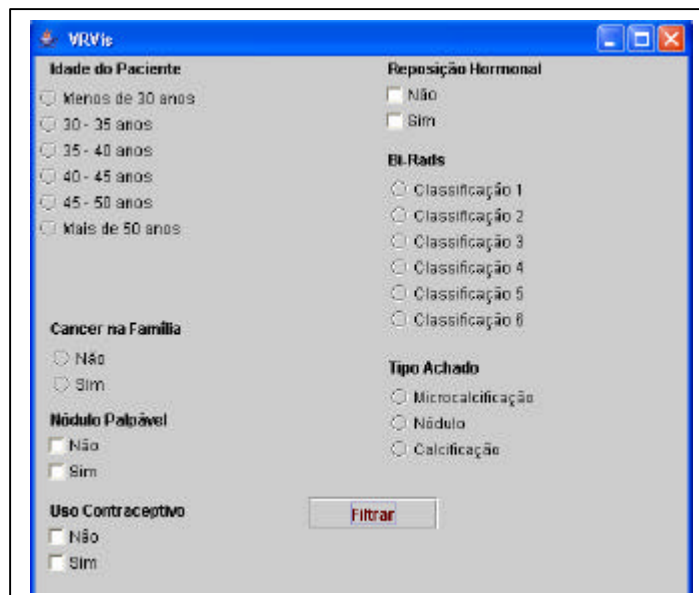
The image shows a software window titled "VRVis" with a blue title bar. It contains several groups of parameters for selection. On the left side, there are radio buttons for "Idade do Paciente" (Less than 30, 30-35, 35-40, 40-45, 45-50, More than 50 years), "Cancer na Família" (No, Yes), "Nódulo Palpável" (No, Yes), and "Uso Contraceptivo" (No, Yes). On the right side, there are checkboxes for "Reposição Hormonal" (No, Yes), radio buttons for "BI-RADS" (Classification 1 through 6), and radio buttons for "Tipo Achado" (Microcalcification, Nodule, Calcification). A "Filtrar" button is located at the bottom center of the window.

Figura 4.5 - Tela de seleção de parâmetros da ferramenta de visualização VRVis.

Através da tela apresentada na Figura 4.5, o usuário seleciona os parâmetros para filtragem e composição da consulta. Procurou-se manter os mesmos parâmetros para que as consultas seguissem os padrões adotados na construção e disponibilização desta base de dados na Internet.

4.3.3 Estudo do Formato da Estrutura “*Select*” do SQL (*Structure Query Language*)

Uma vez definidos os parâmetros de consulta, foi estudado a estrutura do comando *Select* a fim de verificar quais cláusulas deveriam ser consideradas para a construção das consultas relevantes previamente definidas. Esta fase foi importante para verificar a relevância dos parâmetros na construção da visualização.

Utilizou-se a cláusula *OR* para a construção da consulta. Entendeu-se que utilizando a cláusula *OR*, o usuário poderá, simultaneamente, visualizar o resultado da consulta de um modo geral e ainda perceber os grupos relevantes no conjunto apresentado, possibilitando que haja diferenciação entre os registros cujo grau de relevância sejam distintos. Por exemplo, caso o usuário selecione cinco parâmetros para a busca, será construída uma frase SQL (*Structure Query Language*) que atenda à solicitação, contendo então, quatro conectivos *OR*.

Para que uma ocorrência de tabela faça parte do resultado final, deverá atender ao menos um dos critérios da busca. À medida que um registro atende a um dos critérios de busca, o seu grau de relevância é incrementado, como mostra a Figura 4.6 através de um trecho do código de implementação. Assim, é possível identificar visualmente, na cena 3D, o quanto cada registro é relevante para os critérios estabelecidos pelo usuário.

```
if (isNum==true) {  
    grade=grade+importanceGrade(fields[i],values[i],idade,option);  
}  
else{  
    grade=grade +  
    importanceGradeString(fields[i],values[i],rSet.getString(j))  
;  
}
```

Figura 4.6 - Trecho do código para incrementação do grau de relevância.

É importante destacar que o usuário não fica limitado a um número definido de parâmetros para a consulta. Poderá, caso deseje, selecionar apenas um parâmetro que definirá sua consulta ou também selecionar todos os campos que delimitam a pesquisa. A Figura 4.7 apresenta um trecho de código exemplificando a construção dinâmica da cláusula SELECT. A implementação do grau de relevância será abordada detalhadamente no próximo item.

```
sql="Select paciente.paciente_codigo,";
for (int i=0;i<indexSql;i++){
    sql = sql + fields[i] + "," ;
}
sql = sql.substring(0,sql.length()-1);
sql = sql + " from Paciente where ";
for (int i=0;i<indexSql;i++){
    sql = sql + assemblerSql[i] + " OR ";
}
initIndex();
String sqlFim = sql.substring(0,sql.length()-3);
sqlFim = sqlFim + " order by paciente_codigo";
```

Figura 4.7 - Trecho do código para construção dinâmica da cláusula SELECT.

4.3.4 Definição de Graus de Relevância e Seleção de Metáforas

Nesta fase foram definidas as representações dos atributos selecionados nas consultas. É importante destacar que, como um dos objetivos principais da aplicação é capacitar o usuário a interagir com uma cena que representa o resultado de uma consulta, a escolha dos modelos 3D utilizados levaram em consideração a necessidade de escolher objetos significativos ao usuário.

Existe uma vasta literatura sobre modelos de representação de dados e metáforas para das formas a dados abstratos. Como apresentado, de acordo com Chen apud Fairchild (1999), metáforas espaciais estão entre as formas mais populares de projetos na visualização de informação assim como também os SIGs têm sido grande fonte de inspiração, utilizando o

universo, galáxias ou outras formas de metáforas, tornando a interpretação e compreensão destas informações mais fáceis e intuitivas.

No entanto, não é uma tarefa fácil encontrar a representação adequada a dados abstratos. Em particular, preocupou-se com o caso da base de imagens utilizada que precisava representar de maneira visual, dados como: intervalo de idades, incidência da doença na família, tipos de nódulos, entre outros. Assim, esta fase foi de fundamental importância para a modelagem da ferramenta.

Outro aspecto que deveria ser levado em consideração era o fato da ferramenta proposta poder estar disponível em computadores sem muita exigência de hardware ou software.

Com base nas pesquisas realizadas, construiu-se duas representações gráficas, usando metáforas de mundo real para representar os resultados das consultas obtidas na base de dados.

Esta fase foi responsável pela modelagem dinâmica da *query*. Muitas questões tiveram de ser compreendidas e resolvidas durante esta fase. Algumas delas foram:

- qual representação seria mais adequada pra se utilizar;
- como destacar dados mais relevantes da pesquisa na cena modelada;
- como interpretar cada consulta e vincular a uma cena;
- como possibilitar o usuário a navegar no mundo virtual e escolher novas pesquisas.

Pensou-se em duas possibilidades de metáforas de representação: árvore e pirâmide, ou simplesmente um triângulo. As folhas da árvore representam cada registro filtrado e o destaque dos dados mais relevantes à consulta ficou a cargo de cores. Como as folhas são geradas randomicamente, acreditou-se que as cores fossem um bom indicativo de seleção e agrupamento. Um exemplo da representação da árvore pode ser observado na Figura 4.8.

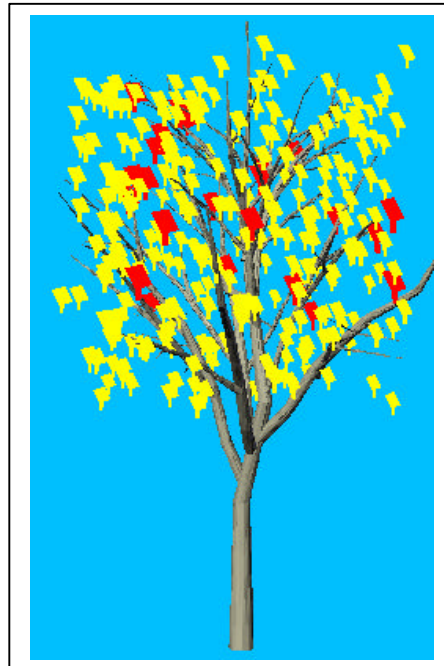


Figura 4.8 – Representação dos dados usando metáfora de árvore.

A imagem do triângulo representa em ordem decrescente o grau de relevância de cada registro: agrupa no topo os dados mais relevantes, e na sua base, os menos relevantes à consulta.

O uso desta metáfora é apresentado na Figura 4.9.

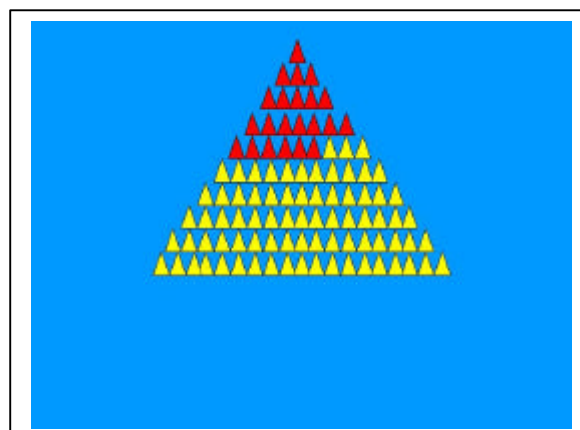


Figura 4.9 - Representação de dados utilizando metáfora de pirâmide.

Para tais representações, definir um “grau de relevância” para cada registro foi de suma importância. É ele quem define e distingue cada registro encontrado na base de dados. Este grau de relevância é constituído por cada parâmetro satisfeito na consulta. Como apresentado no item anterior, a consulta é construída utilizando a pela cláusula OR do comando SELECT e, desta maneira, quanto maior a quantidade de parâmetros satisfeitos, maior o grau de relevância.

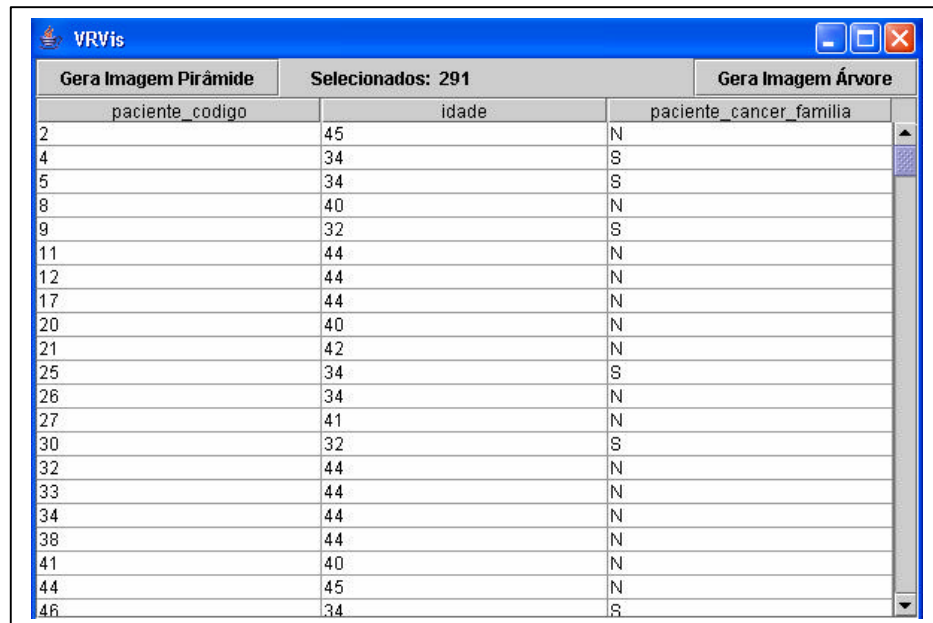
Através do grau de relevância, o usuário tem a possibilidade de identificar registros individuais, ao mesmo tempo, que analisa grupos de registros filtrados.

4.3.5 Estudo e Implementação da Interface de Resultado da Consulta e Construção da Cena 3D Dinâmica

Uma vez definidos os atributos utilizados nas consultas, os graus de relevância e as metáforas a serem empregadas, partiu-se para a criação da cena 3D.

Algumas das ferramentas existentes apresentam os dados em forma de galáxias, relevos, arco-íris, edifícios, ícones, dentre outras, comprovando a vasta gama de possibilidades de metáforas para visualização de informação. Como mencionado anteriormente, analisando este universo de possibilidades, o VRVis propõe a utilização de duas metáforas, para que o usuário tenha recurso e possibilidade de comparar os resultados que a consulta irá gerar.

Foram implementadas metáforas de uma árvore e de uma pirâmide. O usuário pode seleccionar a maneira de visualizar os dados através dos botões da tela mostrada na Figura 4.10.



Gera Imagem Pirâmide		Selecionados: 291		Gera Imagem Árvore	
	paciente_codigo	idade		paciente_cancer_familia	
2		45		N	
4		34		S	
5		34		S	
8		40		N	
9		32		S	
11		44		N	
12		44		N	
17		44		N	
20		40		N	
21		42		N	
25		34		S	
26		34		N	
27		41		N	
30		32		S	
32		44		N	
33		44		N	
34		44		N	
38		44		N	
41		40		N	
44		45		N	
46		34		S	

Figura 4.10 – Tela com botões para escolha do modo de visualização.

Para a árvore foram modelados um tronco e uma folha, separadamente, como mostra a Figura 4.11 (a) e (b). A pirâmide é formada por pequenos objetos triangulares também previamente modelados, exibido na Figura 4.11 (c). Estes objetos foram modelados utilizando o software 3DStudio e exportados no formato *obj* que é suportado pela linguagem de programação utilizada.

Cada objeto na cena (folhas e triângulos) representa um registro da consulta. Esses registros são armazenados em um array e passados como parâmetros para a classe geradora da cena. Deste modo, é estabelecido o vínculo entre objetos do ambiente virtual e os registros do banco de dados.

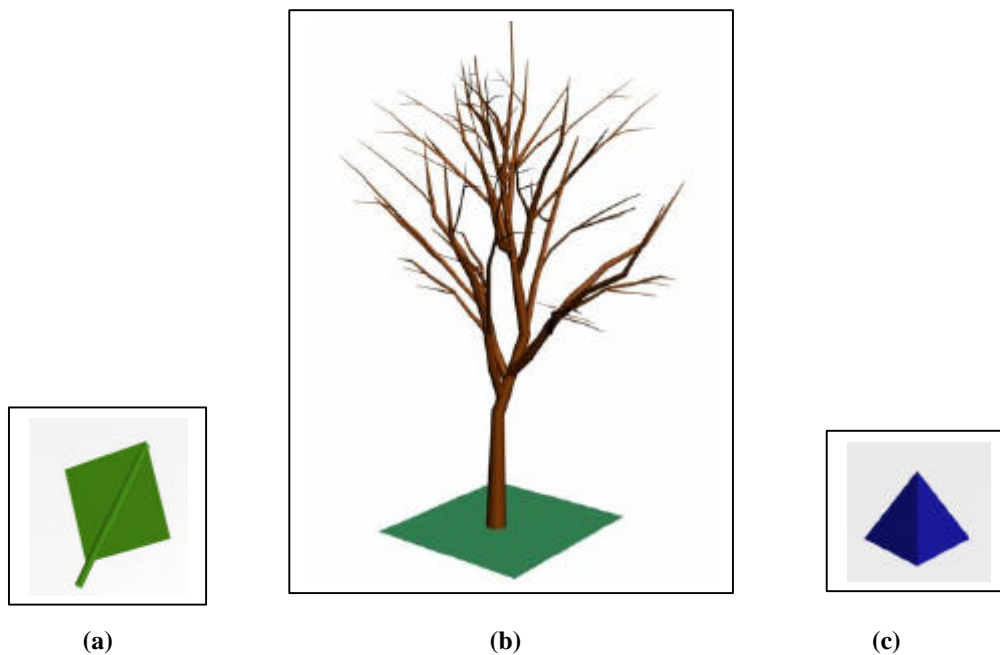
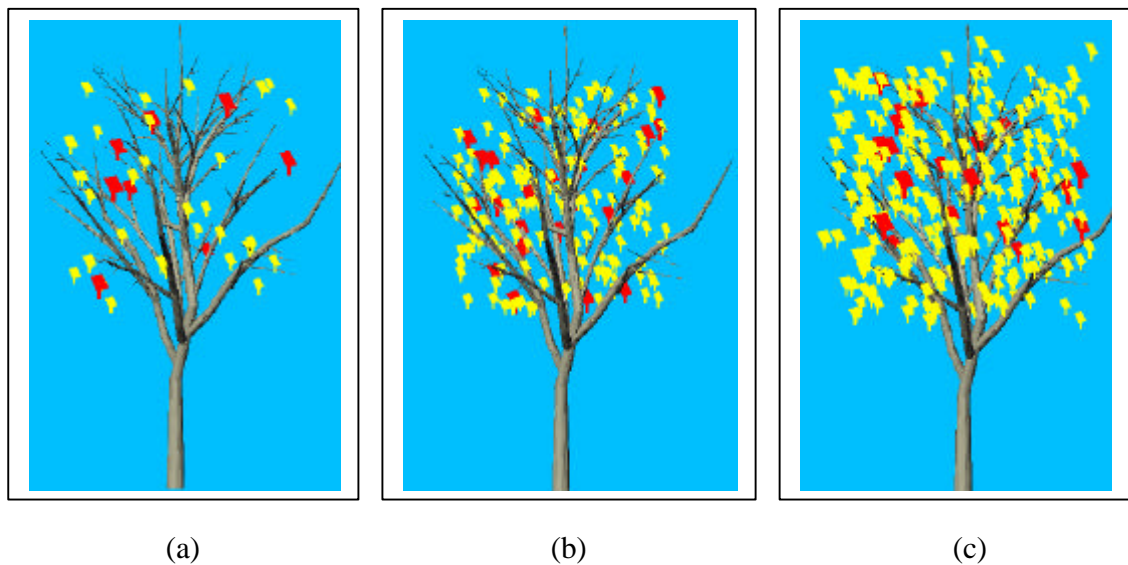


Figura 4.11 - Objetos modelados: (a) Folha, (b) Tronco da árvore, (c) Triângulo.

Para a implementação da disposição das folhas no tronco da árvore, usou-se o método `Random` da classe `Math` do Java (DEITEL, 2003).

Este método distribui as folhas a partir de valores x , y e z gerados randomicamente. As posições x , y e z indicam, respectivamente, deslocamento horizontal, altura e profundidade e definem as coordenadas dos objetos num ambiente tridimensional.

Observa-se na Figura 4.12 (a), (b) e (c) que, independente do número de registros do resultado da pesquisa, o método `Random` efetua a distribuição e o posicionamento dos objetos de maneira uniforme.



(a) (b) (c)

Figura 4.12 - Representações de diferentes quantidades de registros: (a) 40 registros, (b) 164 registros e (c) 291 registros.

A cena gerada em ambiente tridimensional, torna possível a interação e o envolvimento do usuário com o mundo virtual. Isto se dá através de movimentos de translação e rotação executados com o mouse que permitem manipulação dos objetos do ambiente, como mostra a Figura 4.13 (a), (b), (c), (d), (e) e (f).

O envolvimento e a interação do usuário com o mundo virtual, capacita-o a analisar e compreender de maneira mais rápida e eficiente o conjunto de dados apresentado e também acessar individualmente os registros depois de identificar o que mais atende aos parâmetros da consulta realizada. Ao clicar sobre o objeto selecionado, são exibidos os dados referentes ao registro representado.

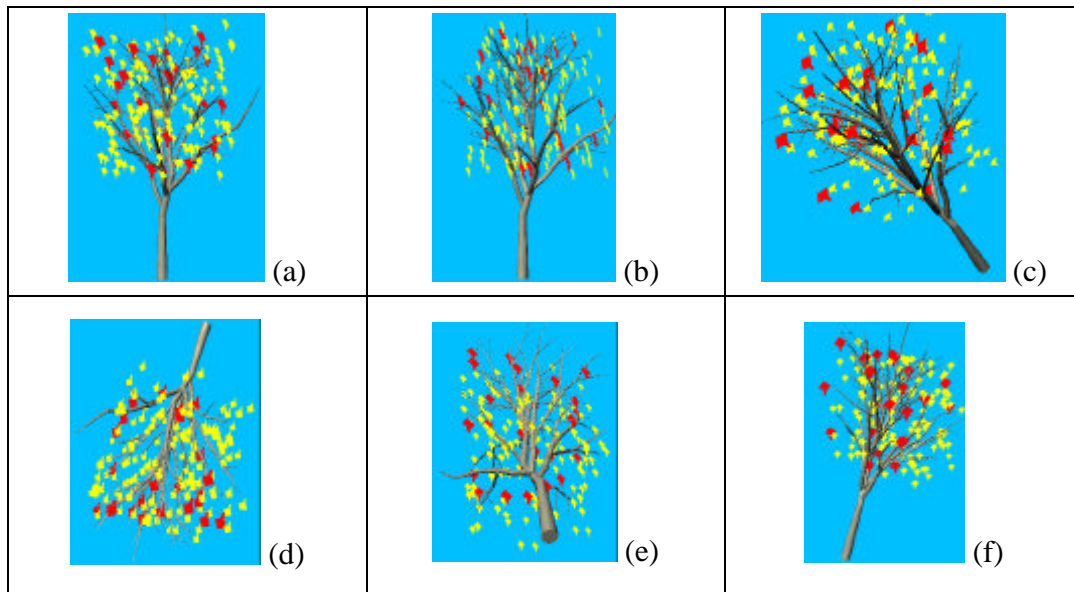


Figura 4.13 – Exemplos de movimentos de rotação e translação dos objetos da cena tridimensional.

Fairchild (1993) afirma que o tratamento de qualquer conjunto de informações abstratas torna-se mais fácil quando visualizados num ambiente de Realidade Virtual. Desta forma, a ferramenta VRVis possibilita manipulação, interação e acesso aos dados representados num ambiente que facilite ao usuário a compreensão do resultado de sua pesquisa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A geração de dados e informações cada vez mais acessíveis a qualquer usuário, está diretamente ligada à evolução tecnológica. Como mencionado anteriormente, é cada vez maior a quantidade de informações armazenadas dos mais variados temas. Geralmente essas informações são representadas por textos, números e imagens. Enfatizou-se que o desafio de representar dados está na forma de visualizar dados abstratos, isto é, dados sem padronização gráfica.

Como citado no capítulo anterior, Fairchild (1993) afirma que o tratamento de qualquer conjunto de informações abstratas torna-se mais fácil quando visualizados num ambiente de Realidade Virtual. Neste espaço virtual, um ou mais usuários podem acessar essas informações, navegar neste mundo e examinar mais detalhes do objeto de pesquisa. A visualização dependerá da tarefa determinada por cada um dos usuários, sendo ela criada imediatamente caso haja uma mudança nas informações que se deseja visualizar.

O autor comenta ainda que existem três problemas básicos que devem ser estudados no tratamento de dados na Realidade Virtual. O primeiro refere-se à forma, isto é, como partes individuais de informações devem ser codificadas na visualização. O segundo trata a maneira de ampliar estas visualizações para grandes conjuntos de partes de informação, considerando que a visualização existe para partes individuais. E o terceiro preocupa-se com o modo de controlar o que poderá ser visualizado ou não por um usuário específico e como controlar o nível de permissão para visualização de conjuntos de informações sobre um determinado objeto.

Com relação aos problemas levantados pelo autor, o sistema VRVis procurou solucionar as questões das informações individuais e gerais dos dados através do grau de relevância.

Acreditamos que este método resolveu satisfatoriamente esta questão.

Com relação aos níveis de permissão de cada usuário, ou seja, permitir acesso compartilhado da cena e controlar a navegação ou mesmo acesso a certos dados, ficará a cargo de estudos futuros para a implementação desta funcionalidade.

“A visualização é uma das melhores expectativas para o uso eficiente dos dados” (ERICKSON, 1993). E apesar de estar associada mais frequentemente à representação de fenômenos científicos, como galáxias e enzimas, é importante reconhecer que a visualização pode ser usualmente aplicada a dados mais comuns. A questão é: qual a maneira de usar eficientemente todos os dados a que temos acesso?

Como já citado, acreditamos que não exista uma única e eficiente maneira de representar dados. Várias ferramentas têm sido desenvolvidas e estão aptas a contribuir para a compreensão dos dados armazenados.

O foco da Visualização de Informação é fazer com que os dados se tornem perceptíveis, fazendo com que haja uma interação com os sistemas sensoriais humanos. Desta forma, o VRVis, através de metáforas do mundo real, propõe uma interação do usuário e o resultado da pesquisa.

De acordo com Erickson (1993), ênfases seletivas, transformação e contextualização são três maneiras da visualização ajudar efetivamente na interpretação e utilização dos dados apresentados.

Ênfases seletivas possibilitam a detecção de padrões não declarados previamente, pelo realce de certas características em alguns dados e não em outros. A transformação facilita a interpretação, pois dados não visuais podem ser transformados em imagens por mapeamento de seus valores. E a contextualização possibilita a integração do dado no ambiente visual, fazendo com que a interpretação seja mais intuitiva, pela própria exibição do dado.

Novamente, neste aspecto levantado por Erikson (1993), a implementação do grau de relevância capacita o usuário a selecionar dados através de realces em registros individuais.

O enfoque do trabalho aqui apresentado é a importância de se encontrar formas de exibir informações cuja representação não obedece aos padrões gráficos comumente conhecidos. Estas informações são denominadas dados abstratos. Justamente por não existir esta representação gráfica padrão, é que a visualização de dados abstratos se torna um desafio para desenvolvedores e pesquisadores.

Como apresentado por Card et al. (1999), Chen (1999), Wexelblat (1993) e Wise et al. (1995), a Visualização de Informação, desde os estudos de John Playfair no século XVIII, representa interesse aos pesquisadores. É uma área em pleno desenvolvimento e muito se tem feito para transformar a busca e pesquisa de informações numa atividade naturalmente intuitiva. Sistemas computacionais como TileBars, VR-VIBE, Virgilio e SPIRE já deram este importante passo de contribuição para representar graficamente informações abstratas, possibilitando assim a compreensão mais rápida e eficiente na análise dos dados.

As metáforas espaciais e relevos, como apresentado neste estudo, são grandes fontes de inspiração para representação de dados e freqüentemente novas idéias surgem para enriquecer este universo. A ferramenta FastMapDB (TRAINA et. al, 2001) é um ótimo exemplo disto e apresenta um importante modelo de representação de dados em espaço tridimensional.

Contudo, concluímos que as inúmeras possibilidades de resultados a consultas em bases de dados tornam impossível chegar-se a uma única fórmula de precisa eficiência na apresentação dos resultados. Assim, é necessário estudar cada realidade, aprofundando-se nas características dos dados, entendendo o universo do usuário, para que se possa escolher formas de representação que tragam benefícios àqueles que deles precisam.

5.1 Análise das Metáforas Implementadas

As ferramentas existentes apresentam os dados em forma de galáxias, relevos, arco-íris, edifícios, ícones, dentre outras, comprovando a vasta gama de possibilidades de metáforas para visualização de informação.

Analizando este universo de possibilidades, pensou-se que as metáforas de uma árvore e de uma pirâmide pudessem ser interessantes em vários aspectos. Primeiramente por se tratar de “objetos” pertencentes ao mundo real, a analogia seria de fácil e agradável aceitação. Além disso, a própria estrutura da árvore ajudaria a compor a estrutura dos dados representados. Isto porque, a idéia original seria a de utilizar os galhos e troncos para fazer o agrupamento dos dados filtrados. A idéia de hierarquia seria natural se pensarmos na estrutura das árvores: tronco, galhos, ramos, folhas.

Poderia-se criar grupos de filtros dos mais variados possíveis, citando os atributos dos registros, por exemplo idade, incidência da doença na família, uso de anticoncepcionais, dentre outros. Estes grupos poderiam ser distinguidos por texturas dos objetos e tamanhos das escalas.

Inicialmente foram criados grupos filtrados por intervalos de idades, implementando como destaque destes grupos as escalas de tamanho das folhas da árvore. Como pode ser conferido na Figura 5.1, o resultado foi interessante, porém não completamente satisfatório. As folhas representando os registros com características mais relevantes destacaram-se satisfatoriamente, mas foi percebida uma “deficiência” em relação a inserção das folhas nos galhos previamente modelados.

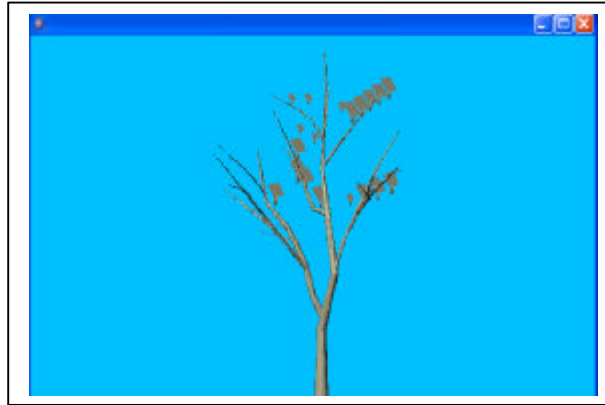


Figura 5.1 – Árvore com folhas de tamanhos diferentes.

Como se utilizou um objeto já modelado (o tronco) tornou-se preciso determinar a posição exata (x , y , z) de onde se originariam os grupos hierárquicos de registros, caso contrário, a metáfora de árvore não faria sentido se as folhas não estivessem razoavelmente nos lugares “corretos”. Isto se deve, além da definição da posição de cada folha, ao número de registros ser inconstante, ou seja, variável a cada nova consulta.

Como calcular, por exemplo, se o número de galhos seriam suficientes para os grupos determinados? Algumas soluções possíveis foram estudadas e chegou-se a um método que poderia fazer a distribuição das folhas de maneira razoavelmente satisfatória.

A linguagem Java possui a classe `Random` e o método `Random` da classe `Math`. O método `Random` da classe `Math` gera um valor *double* de 0.00 até 1.0 (DEITEL, 2003). Usando o método randômico para a geração das posições de disposição das folhas, resolveu-se o problema da aparência. Como é possível determinar o espaço que cada posição (x , y , z) ocupa na cena, basta indicar o valor máximo de cada posição ao método `Random` e passar estes valores à classe geradora das folhas. A Figura 5.2 mostra um trecho de código utilizando o método `Random` para geração das posições das folhas.

```

for(int i=0;i<arrayClientes.size();i++) {
    ix = ( ixini + (float) (Math.random() * 0.90));
    iy = ( iyini + (float) (Math.random() * 0.95));
    iz =  izini + (float) (Math.random() * 0.30);

```

Figura 5.2 – Método Random pra geração das posições das folhas.

Com o método Random, a disposição das folhas no tronco da árvore foi resolvida, conforme demonstra a Figura 5.3 (a) e (b), mas, no entanto, a possibilidade do agrupamento ficou comprometida. Como o agrupamento era feito através de posições, gerando aleatoriamente os números das posições, não se teria mais como controlar o posicionamento exato dos objetos folhas na cena.

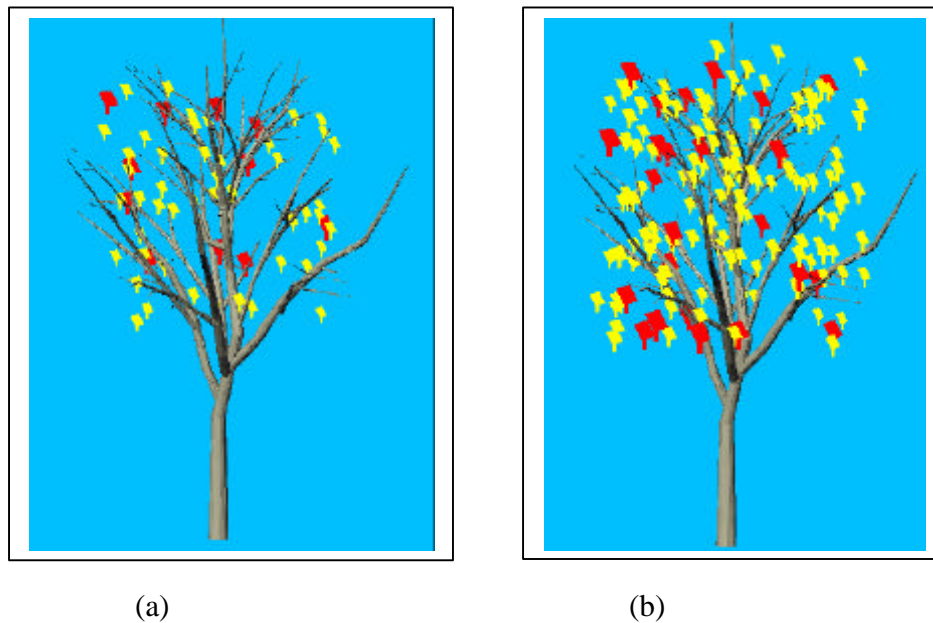


Figura 5.3 - (a) e (b) Disposição de folhas utilizando o método Random.

A solução encontrada foi realizar o destaque dos grupos relevantes pelas cores das folhas. Como os objetos modelados são arquivos do tipo *obj*, a possibilidade de colori-los é

usando texturas que, em Java, são importadas através de um pacote de imagens (j3d.utils.image.TextureLoader).

É pertinente também expor aqui, a questão da quantidade de tons de cores. Como existem sete graus de relevância, o sistema apresenta inicialmente sete tons de cores que, dependendo da disposição e posição das folhas na cena, poderiam se tornar semelhantes umas com as outras. Esta deficiência foi resolvida com cores mais distintas umas das outras, apenas tomando cuidado para não desqualificar a imagem da árvore. Também foi inserida na cena, uma legenda com as cores e seus respectivos graus de relevância. A Figura 5.4 mostra a cena gerada com a legenda de cores e graus de relevância do resultado da pesquisa.

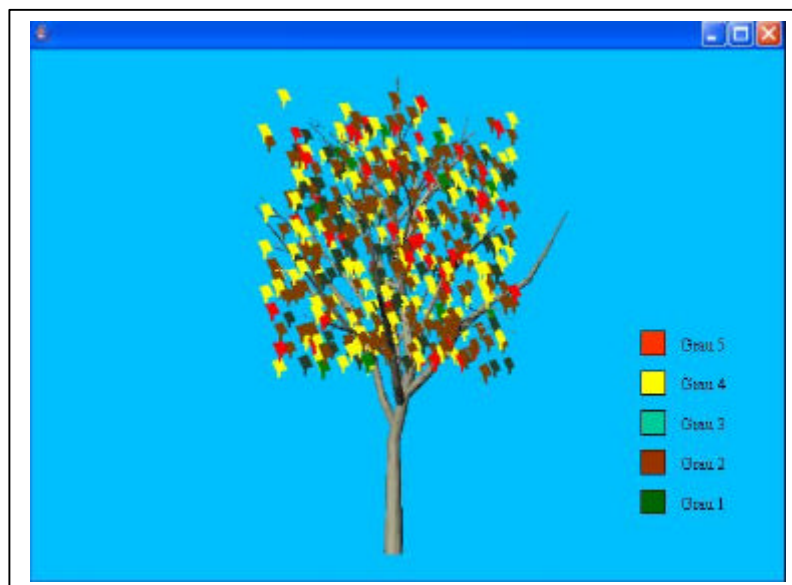


Figura 5.4 – Cena com legenda para os graus de relevância.

Com o intuito de testar uma nova metáfora e buscar meios mais eficientes de representação, desenvolveu-se, também, a representação de dados através de um triângulo tridimensional - pirâmide. Por ser um objeto geométrico e seguir uma métrica, alguns problemas descritos durante a implementação da árvore não foram observados. Um aspecto mais simples de

resolver foi a disposição dos objetos. Depois de resolvido o algoritmo de construção da pirâmide, bastou ordenar os graus de relevância dos registros para que a imagem fosse gerada ordenadamente.

Fez-se o agrupamento por grau de relevância de maneira decrescente, obedecendo o aspecto já naturalmente hierárquico da imagem da pirâmide, onde no topo entende-se por algo que esteja mais adequado a algum padrão, ao passo que os que se aproximam da base se distanciam da qualidade de atender aos requisitos considerados.

Neste caso as texturas se adequaram bem à disposição dos objetos. Os tons são distinguidos por estarem sempre obedecendo a uma ordem: do registro com grau de relevância maior ao menor. A Figura 5.5 mostra um exemplo da pirâmide implementada, demonstrando a ordem mencionada.

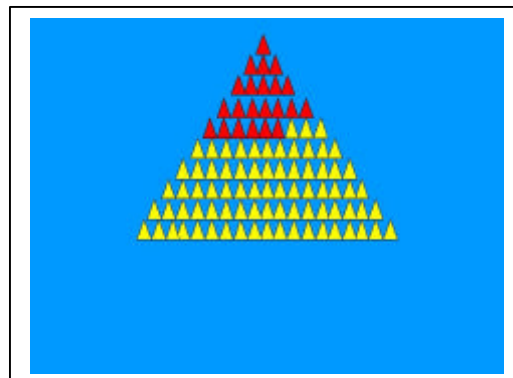


Figura 5.5 – Metáfora de Pirâmide.

Quando um dado ou conjunto de dados é representado graficamente, seja de maneira interativa, em 3D ou não, o que se espera é que se consiga se fazer entender de maneira mais rápida, eficiente e, de certa forma, natural. A imagem deve ter o poder de se “fazer compreender”.

5.2 Comparação Entre o Resultado Textual e o Visual

A Figura 5.6 e a Figura 5.7 exemplificam uma comparação entre uma informação representada de maneira textual e de maneira visual, utilizando a ferramenta de visualização VRVis. Neste exemplo é consultado um conjunto de dados de pacientes que têm menos de trinta anos de idade e que não têm incidência da doença na família.

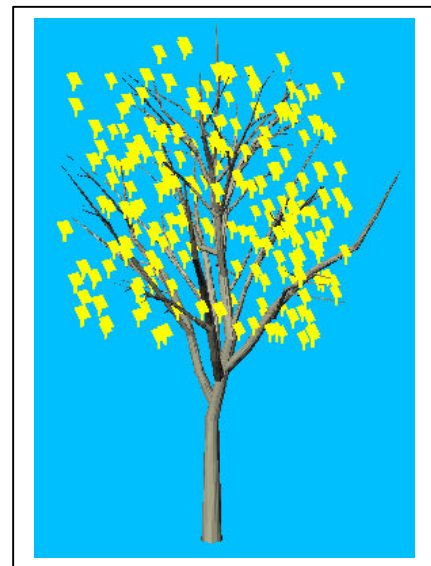
A Figura 5.6 (a) exemplifica as informações em forma textual. O resultado é representado de forma tradicional, com as informações dispostas em colunas. A cláusula da consulta é a OR, de maneira que os parâmetros de intervalo de idades e incidência de doença na família “podem” ter sido satisfeitos ou não.

Neste caso, o grau de relevância ficará entre 1 e 2 apenas. Ainda na Figura 5.6 (a), pode-se notar que, para se conferir o resultado total da pesquisa, deve buscar ou pesquisar manualmente os registros e verificar a incidência de doença ou não e o intervalo de idade. O usuário fará, praticamente, uma nova consulta, agora por si só, tentando compreender os dados que lhe foram apresentados. Deverá verificar os registros um a um e confrontar os resultados com os parâmetros selecionados para a filtragem. Esta é a apresentação textual e tradicional dos resultados de uma consulta.

Verificando-se a Figura 5.6 (b), sabendo-se que o maior grau será representado pela cor vermelha e o menor grau, ou seja, apenas um parâmetro satisfeito, pela cor amarela, pode-se observar e compreender rapidamente que nenhum dos registros encontrados contém os dois parâmetros pedidos na consulta.

Gera Imagem Pirâmide			Selecionados: 291	Gera Imagem Árvore	
paciente_codigo	idade	paciente_cancer_familia			
2	45	N			
4	34	S			
5	34	S			
8	40	N			
9	32	S			
11	44	N			
12	44	N			
17	44	N			
20	40	N			
21	42	N			
25	34	S			
26	34	N			
27	41	N			
30	32	S			
32	44	N			
33	44	N			
34	44	N			
38	44	N			
41	40	N			
44	45	N			
46	34	S			

(a)

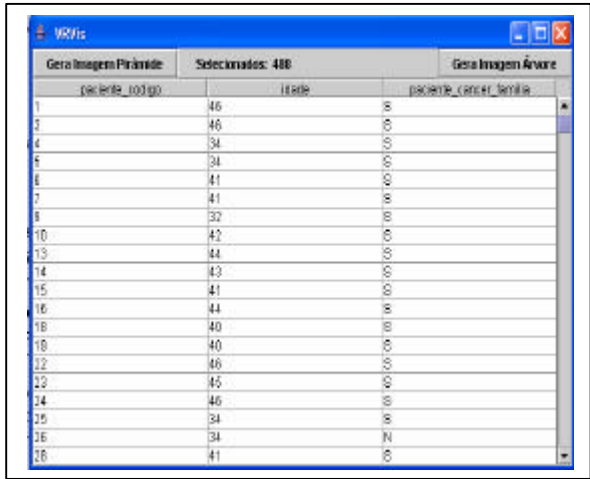


(b)

Figura 5.6 - Resultados de uma consulta fornecidos pelo VRVis: (a) Forma textual, (b) Metáfora.

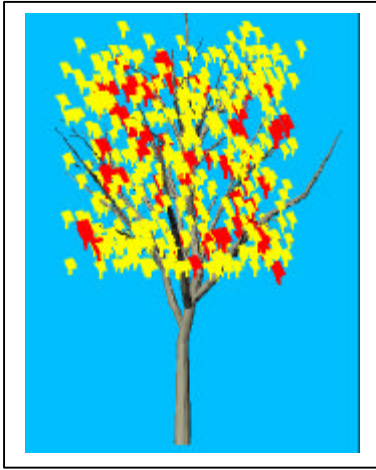
Utilizando outro exemplo, agora com registros resultantes com graus de relevância 1 e 2. Os parâmetros desta consulta serão intervalo de idades entre trinta e trinta e cinco anos e que tenham incidência de doença na família.

A Figura 5.7 (a) representa a consulta textual dos dados pesquisados e a Figura 5.7 (b) exibe o resultado representado pela imagem gerada. Na imagem, a cor vermelha representa o grau de relevância 2 e a cor amarela o grau de relevância 1.



paciente_codigo	idade	paciente_cancer_familia
1	46	0
2	46	0
4	34	0
6	34	0
8	41	0
7	41	0
9	32	0
10	42	0
13	44	0
14	43	0
15	41	0
16	44	0
18	40	0
19	40	0
22	46	0
23	45	0
24	46	0
25	34	0
26	34	0
28	41	0

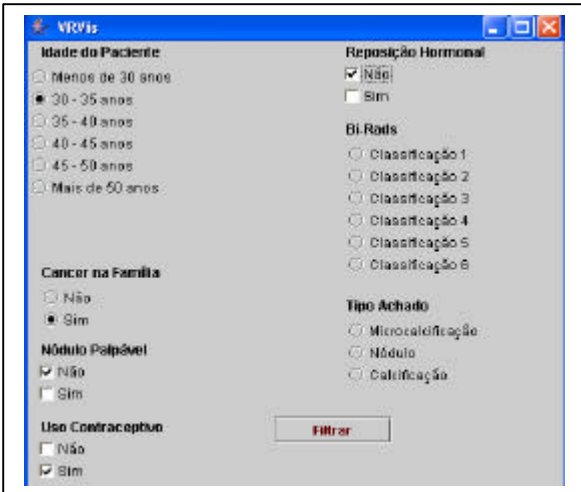
(a)



(b)

Figura 5.7 – Resultados de uma consulta fornecidos pelo VRVis: (a) Forma textual, (b) Forma visual.

A mesma diferença de interpretação pode-se notar com mais de dois graus de relevância. O próximo exemplo demonstra uma consulta cujos parâmetros são: intervalo de idades entre quarenta e quarenta e cinco anos, que tenham incidência de doença na família, usam anticoncepcional, não fazem reposição e não apresentam nódulo palpável. A seleção destes parâmetros é ilustrada na Figura 5.8 e o resultado visual é demonstrado na Figura 5.9.



Idade do Paciente

☐ Menos de 30 anos

☒ 30 - 35 anos

☐ 35 - 40 anos

☐ 40 - 45 anos

☐ 45 - 50 anos

☐ Mais de 50 anos

Cancer na Família

☐ Não

☒ Sim

Nódulo Palpável

☒ Não

☐ Sim

Uso Contracepcional

☐ Não

☒ Sim

Reposição Hormonal

☒ Não

☐ Sim

Bi-Rads

☐ Classificação 1

☐ Classificação 2

☐ Classificação 3

☐ Classificação 4

☐ Classificação 5

☐ Classificação 6

Tipo Achado

☐ Microcalcificação

☐ Nódulo

☐ Calcificação

Filtrar

Figura 5.8 – Tela de seleção de parâmetros do VRVis.

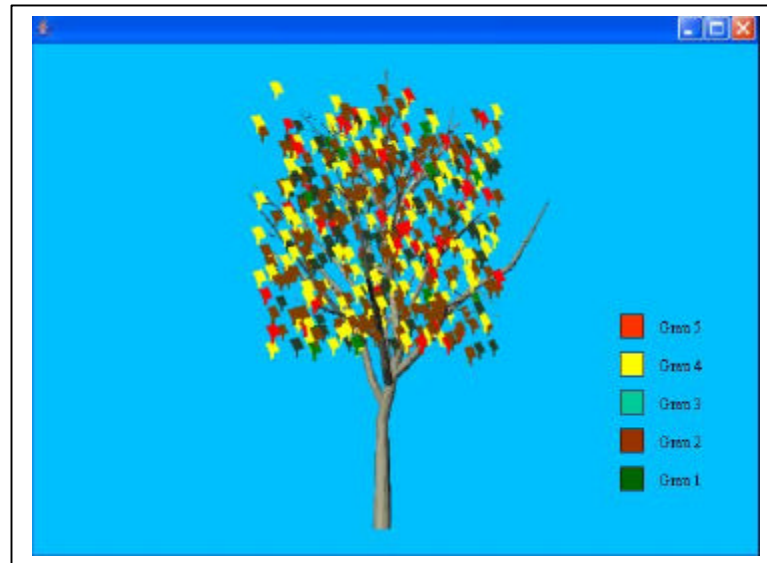


Figura 5.9 – Resultado da pesquisa com cinco graus de relevância.

Com os resultados exibidos de forma gráfica, o usuário pode ter uma idéia geral de como sua base de dados se comporta, podendo compreender a composição dos seus dados. É possível visualizar qual grupo atende aos parâmetros definidos e, dentro deste grupo, acessar cada registro individualmente, clicando em cada folha ou em cada parte da pirâmide, para examinar os dados de cada paciente.

A cena gerada permite que o usuário navegue pelos registros exibidos. Isto possibilita interação com o resultado da pesquisa. A Figura 5.10 exibe um exemplo de acesso aos dados do registro a partir da interação do usuário, utilizando a metáfora da árvore.

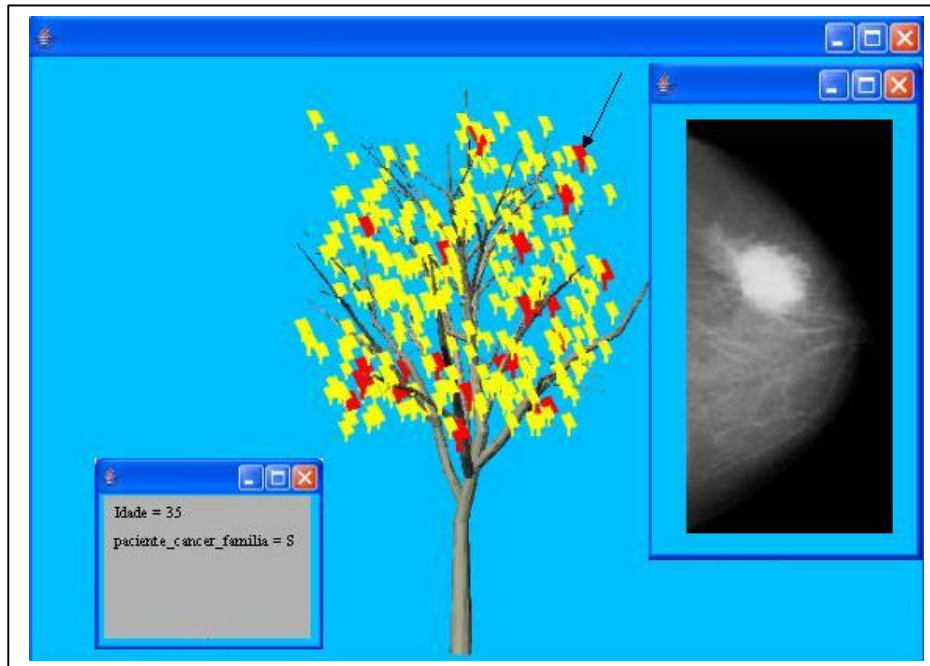


Figura 5.10 – Acesso aos dados dos registros representados pelo VRVis.

5.3 Desempenho do Processo de Geração da Cena

Foram realizados testes na ferramenta desenvolvida, utilizando a base de imagens e informações médicas mencionada. Os testes possibilitaram que se fizessem ajustes e correções no sistema no que se refere a interface de seleção de parâmetros, organização da tela de consulta e modelagem dos objetos.

Durante esta fase, o desempenho do sistema também foi observado. Frente a estas observações, se fazem necessárias as seguintes considerações:

- a) desempenho relativo ao número de registros filtrados

Observou-se bom desempenho na realização da consulta pois, independentemente do número de registros filtrados, a consulta é gerada praticamente instantaneamente, levando aproximadamente dois segundos.

b) desempenho relativo ao tempo de geração da cena

Neste item foram detectados dados importantes com relação ao destaque utilizado para relevância dos registros consultados. Em princípio foi gerada a cena sem adição de cores, aqui denominadas texturas e observou-se o bom desempenho em relação ao tempo de reposta do sistema.

Para calcular o tempo gasto na geração de cena, foi implementado um cronômetro utilizando a classe Time (DEITEL, 2003) que se inicia ao mesmo instante em que a cena é gerada se e encerrava ao final da geração.

No entanto, ao utilizar texturas, houve um significativo aumento de tempo para a geração da cena. Os tempos de geração da cena 3D sem utilização de cores, assim também com as texturas são demonstrados pelo gráfico da Figura 5.11.

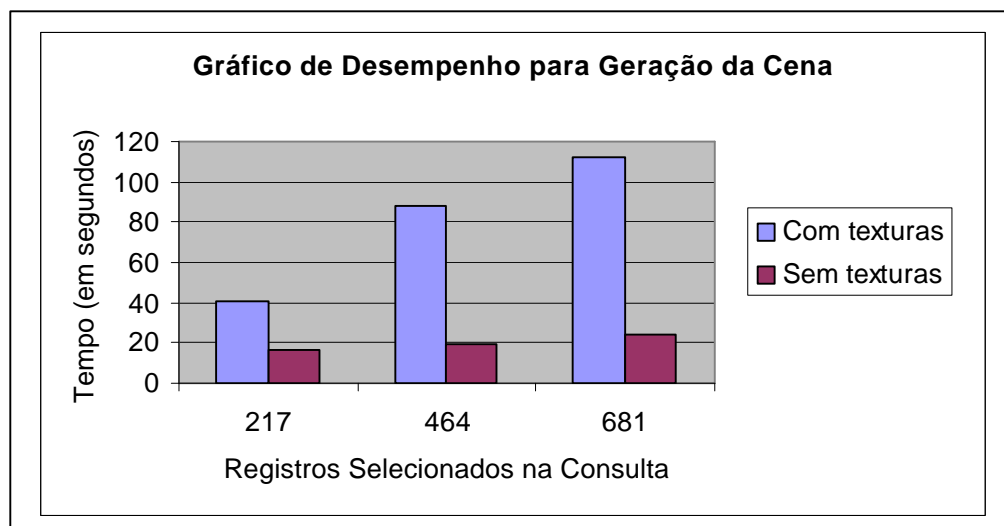


Figura 5.11 – Gráfico do tempo de resposta na geração de cena

Pretende-se, em trabalhos futuros, aperfeiçoar o sistema no sentido de diminuir consideravelmente este tempo de resposta na geração da cena utilizando texturas nos objetos do ambiente virtual.

5.4 Considerações Finais

Um aspecto relevante que também deve ser abordado em relação à ferramenta construída e aos sistemas existentes é o aspecto de requisitos de hardware e software. O SPIRE-ThemeView (WONG et al., 2000) que é um sistema que representa dados em forma de relevo, pode tornar inviável para alguns usuários, pois necessita, basicamente, de estações gráficas de alto custo.

A proposta para esta ferramenta de visualização é que ela trabalhe integrada ao sistema de disponibilização de imagens mamográficas na Internet, citado anteriormente. Desta forma, é extremamente interessante que se possa disponibilizá-la sem que o usuário tenha que alterar ou mesmo investir na configuração de seu equipamento – tanto hardware quanto software.

Como esta ferramenta utiliza técnicas de Realidade Virtual com dispositivos computacionais convencionais (mouse e monitor de vídeo) e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL e a linguagem Java são disponíveis gratuitamente, acredita-se que os usuários não terão problemas no que diz respeito a hardware e software.

Como puderam ser observadas no decorrer deste trabalho, são muitas as vantagens da Realidade Virtual para Visualização de Informação. Dentre elas pode-se destacar a interação que promove entre o usuário e o ambiente gerado. Através do ambiente tridimensional, pode-se navegar e explorar os objetos representativos dos registros e, desta forma, compreender o conjunto de dados mais rapidamente, além da possibilidade de acessá-los individualmente.

A tridimensionalidade do ambiente permite que se represente, num espaço relativamente pequeno, um grande volume de dados. O mesmo não ficaria tão adequado num ambiente bidimensional, visto que não se teria a coordenada de profundidade (z) e sim, apenas altura (y) e deslocamento lateral (x). Num dos exemplos citados anteriormente, foram representados mais de quatrocentos registros utilizando a metáfora da árvore, cuja dimensão é pequena se compararmos com a representação de quatrocentos registros utilizando apenas coordenadas x e y .

Com relação à performance, constatou-se um bom desempenho da ferramenta VRVis para o acesso à base de dados e geração do ambiente virtual.

Pôde-se observar também a possibilidade desta ferramenta ser usada para representar outras bases de dados. Para isto será necessária a alteração das classes implementadas para consulta e acesso à base de dados, para classes genéricas de acessos e geração das cenas.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

É fácil perceber a importância de uma imagem adequada quando é necessário realizar a atividade de descrever algo, alguém ou algum lugar para outra pessoa. Dependendo do nível de detalhes, esta simples tarefa pode se tornar muito difícil tanto para quem descreve quanto para quem tenta compreender. Porém, se apresentarmos uma imagem, mesmo por poucos instantes, o observador poderá extrair e memorizar uma quantidade grande de detalhes e características que talvez fossem impossíveis de serem descritas numa narrativa.

A imagem tem este “poder”: fazer com que a compreensão seja quase instantânea para quem a vê. Esta capacidade humana em compreender rapidamente o que é “visível” torna a Visualização de Informação uma ferramenta fundamental em sistemas computacionais.

A tecnologia da Visualização de Informação concretiza a teoria de Richard Hammim, quando em 1973 declarou que “a proposta da computação é o *insigth*, e não números” (CARD et al., 1999). A partir dos conceitos apresentados e discutidos neste trabalho, apresentou-se uma ferramenta para visualizar dados abstratos utilizando tecnologia de Realidade Virtual.

O objetivo deste trabalho, além de apresentar a importância da Visualização de Informação, focou-se na representação visual e tridimensional de uma base de dados que disponibiliza dados e imagens mamográficas via Internet, dados abstratos, para que a compreensão se tornasse mais eficiente, rápida e natural ao usuário.

Uma grande vantagem da ferramenta VRVis, é utilizar tecnologia de Realidade Virtual não imersiva, sendo possível o uso do sistema em computadores sem exigência de hardware ou

software. Outro aspecto interessante é a utilização de softwares disponíveis gratuitamente como linguagem Java e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL.

A API Java 3D também se mostrou completamente eficiente à proposta do sistema, possibilitando interação do usuário com a cena gerada e navegação entre os registros representados através da implementação de técnicas de Realidade Virtual. Esta interação não seria possível em ambiente 2D (bidimensional), logo, a capacidade de navegar, analisar e acessar registros individuais ficaria comprometida.

Consideramos satisfatórios os resultados atingidos e com possibilidades de expandir esta representação a outras bases de dados e encontrar outras metáforas que auxiliem no processo de compreensão e interpretação dos dados representados.

Conforme apresentado neste estudo, teoricamente, qualquer dado pode ser representado graficamente e, neste aspecto, a Realidade Virtual pode contribuir significativamente para a compreensão mais rápida e eficiente de grandes conjuntos de dados. Desta maneira, para estudos futuros, pretende-se verificar as possibilidades de expandir esta modelagem a outras bases de dados a fim de que o VRVis se torne uma ferramenta genérica de visualização de dados.

Este trabalho foi apresentado em alguns eventos científicos (BERTI, 2003; BERTI, 2004) e foram identificadas algumas sugestões de melhorias para o aumento de interação do usuário e realismo da metáfora utilizada. Aspectos que se pretende aperfeiçoar é a utilização de texturas específicas nos objetos para que se tornem mais realísticos quanto possíveis e o mecanismo de geração de cena, a fim de reduzir o tempo de processamento despendido para sua construção.

Assim, pretendemos obter, em médio prazo, uma ferramenta que facilite a tarefa da compreensão de dados de qualquer base de dados que utilize o paradigma relacional na sua construção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUKSTAKALNIS, S; BLATER, D. **Silicon Mirage: The art and science of Virtual Reality**. Peach Pit Press, 1992.

BEAUCLAIR, R. S. **Visualização Científica**. Disponível em:
<<http://w3.impa.br/~tron/pdf/vc.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2003.

BERTI, C. B.; NUNES, F. L.S.; SEMENTILLE, A. REMO, J. RODELLO, I, SCHIABEL, H. **Visualização de Informação: utilização de técnicas de Realidade Virtual para representação tridimensional de informações de uma base de imagens médicas**. In: IV Symposium on Virtual Reality. Proceedings. Ribeirão Preto/SP: SVR, outubro de 2003. p. 416.

BERTI, C. B.; NUNES, F. L.S.; SEMENTILLE, A. REMO, J. RODELLO, I, TAKASHI, R. **Information Visualization: Using Virtual Reality Techniques in the Three-Dimensional Representations of Data from a Medical Images Database**. In: Virtual Reality: ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry: Proceedings. Cingapura/Cingapura: VRCAI, junho de 2004.

BURDEA, G.; COIFFET, P. **Virtual Reality Technology**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

CARD, S. K.; MACKINLAY, J. D.; SHNEIDERMAN, B. **Information Visualization: Using Vision to Think**. San Diego: Academic Press, 1999.

CHEN, C.. **Information Visualization and Virtual Environments**. Singapore: Springer, 1999.

DE BRA, P. M.E. **Navigation in Hypertext**. Disponível em:
<<http://www.scholars.nus.edu.sg/cpace/ht/kathy/aids/eyeview.html>>. Acesso em: 15 fev. 2003.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. **Java, como programar**. Ed. Bookman, 4ª edição. Porto Alegre/RS, 2003.

ERICKSON, T. **Artificial Realities as Data Visualization Environments: Problems and Prospects**. In: WEXELBLAT, A. *Virtual Reality: Applications and Explorations*. London: Academic Press, 1993, p: 3-22.

ESTIVALET, L.F. **ICONVIS : Uma Ferramenta Para a Visualização de Dados Através do Uso de Ícones**. Disponível em:

<<http://www.inf.ufrgs.br/pos/SemanaAcademica/Semana99/estivalet/estivalet.htm>> Acesso em: 10 fev. 2003.

FAIRCHILD, K. M. **Information Management Using Virtual Reality-Based Visualizations**. In: WEXELBLAT, A. *Virtual Reality: Applications and Explorations*. London: Academic Press, 1993, p: 45-74.

HEATH, L. S., et al. **Envision: A User-Centered Database of Computer Science Literature**. COMMUNICATIONS OF THE ACM. April 1995/Vol. 38, No. 4

HEARST, M. A. **Visualization of Term Distribution Information in Full Text Information. Access**. In: Conference on Human Factors in Computing Systems, 1995.

KIRNER, C. **Sistemas de Realidade Virtual**. Apostila do I ciclo de palestras de Realidade Virtual. Universidade Federal de São Carlos, out. 1996. 54p.

KREUSELER, M., Lopez, N., SCHUMANN, H. **A scalable framework for information visualization**. In: IEEE Symposium on Information Vizualization, Salt Lake City, 2000

KRUEGER, M. W. **An Easy Entry Artificial Reality**. In: WEXELBLAT, A. *Virtual Reality: Applications and Explorations*. London: Academic Press, 1993, p: 147-161.

MCCRICKARD, S. D.; KEHOE, C. M. **Visualizing Search Results using SQWI**. In: Proceedings of the Sixth International World Wide Web Conference, 1997.

MANSSOUR, I. H. **Visualização Colaborativa de Dados Científicos com Ênfase na Área Médica**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1998. Disponível em:

<<http://www.inf.ufrgs.br/cg/publications/manssour/qualify.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2004.

MANSSOUR, I. H.; FREITAS, C. M. D. S. **Visualização Volumétrica**. Porto Alegre, 2002. Disponível em:

<<http://www.inf.ufrgs.br/cg/publications/manssour/Manssour-RITA2002.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2004.

MANSSOUR, I. H. **Visualização MultiModal**. Disponível em:
<<http://www.inf.pucrs.br/~manssour/Projeto/vis.htm>>. Acesso em: 10 mai. 2004.

MASSARI, A. et al. **Virgilio: A Non-Immersive VR System To Browse Multimedia Databases**. In: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1997.

NUNES, F.L.S.; SCHIABEL, H; BENATTI, R. H. . **A computer system to record and retrieve information from a mammographic images database by Internet**, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, 25-31 August 2003, Sidney, Australia. 2003

ROBERTSON, G.; CZERWINSKI, M.; DANTZICH, M. **Van Immersion in desktop Virtual Reality: Proceedings**. Redmond: Microsoft Research, 1994.

SKUPIN, A. **From Metaphor to Method: Cartographic Perspectives on Information Visualization**. In: IEEE Symposium on Information Visualization, Salt Lake City, 2000.

THOMAS J. et al. **Human Computer Interaction with Global Information Spaces - Beyond Data Mining**. In: Proceedings of British Computer Society Conference, 1999.

TRAINA, A. J. M., TRAINA, C. J.; BOTELHO, E.; BARIONE, M. C. N.; BUENO, R. **Visualização de dados em Sistemas de Bases de Dados Relacionais**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Banco de Dados. Anais. Rio de Janeiro/RJ: COPPE/UFRJ, outubro de 2001. p. 95-109.

TRINDADE, J. A. F.; FIOLEAIS, C. **Visualização Tridimensional e Interativa da Dinâmica Molecular da Água**.

Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art6/art6.html>
Acesso em: 20 mar. 2003.

TRINDADE, J. **Realidade Virtual: Conceitos e Aplicações**. In: 2º Workshop Brasileiro de Realidade Virtual, Marília, 1999. Apostila.

VISIBLE HUMAN. **Three Dimensional Medical Reconstruction**. Disponível em:
<<http://www.crd.ge.com/esl/cgsp/projects/medical/>>. Acesso em: 22 fev. 2003.

WEXELBLAT, A. **Virtual Reality: Applications and Explorations**. London: Academic Press, 1993.

WISE, J. A. et al. **Visualizing The Non-Visual: Spatial Analysis and interaction with Information from Text Documents**. In: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1995.

WONG, P. C. et al. **Data Signatures and Visualization of Scientific Data Sets**. In: IEEE - Computer Graphics and Applications, 2000.