

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

**SILVIA HELENA DE OLIVEIRA SANTOS**

***VRVis Manager* – UMA FERRAMENTA PARA VISUALIZAÇÃO DE  
GRANDES VOLUMES DE DADOS USANDO REALIDADE VIRTUAL**

MARÍLIA  
2010

**Sílvia Helena de Oliveira Santos**

***VRVis Manager* – UMA FERRAMENTA PARA VISUALIZAÇÃO DE  
GRANDES VOLUMES DE DADOS USANDO REALIDADE VIRTUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado do Centro Universitário Eurípides de Marília, mantido pela Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, como obtenção do Título de Mestre em Ciência da Computação (Área de Concentração: Realidade Virtual).

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fátima L. Santos Nunes Marques.

MARÍLIA  
2010

SANTOS, Sílvia Helena de Oliveira

VRVis Manager – Uma Ferramenta para visualização de grandes volumes de dados usando Realidade Virtual/ Sílvia Helena de Oliveira Santos; orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Fátima L. Santos Nunes Marques. Marília, SP: [s.n.], 2010.  
117 f.

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

1. Realidade Virtual    2. Visualização de Informação

CDD: 006

Dedico essa dissertação:  
Ao meu amado e insubstituível Deus.  
Aos meus preciosos pais.  
Aos meus incomparáveis irmãos.  
Aos meus fofíssimos sobrinhos.  
Ao meu querido Gilberto (in memória).

## ***AGRADECIMENTOS***

A Deus, o Ser maior da minha vida.

A minha atenciosa, dedicada e incansável Orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fátima L. S. Nunes Marques, que muito me incentivou e não me deixou desistir.

Ao meu anjo da guarda desta fase de minha vida, Ricardo 'Figurinha' Sabatine.

Aos meus grandes amigos muito queridos e companheiros Rogério e Viviane.

E a minha querida sobrinha e afilhada Clara Luise que abriu mão de seu *notebook*, entregando-o em minhas mãos por dois meses e permitindo que eu conseguisse concluir este trabalho.

“Porque eu sou o Senhor, o teu Deus, eu te pego pela mão e digo:  
Não temas, que Eu te ajudarei”  
(Is, 41,13)

SANTOS, Helena de Oliveira Santos. *VRVis Manager* – Uma Ferramenta para visualização de grandes volumes de dados usando Realidade Virtual. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2010.

## ***RESUMO***

A Visualização de Informação permite a transformação de dados abstratos em uma forma de exibição que facilite o seu entendimento e auxilie na descoberta de novas informações contidas nos mesmos. Este trabalho tem como proposta a implementação de uma ferramenta para visualização de grandes volumes de dados, usando Realidade Virtual, que possibilite por meio da Visualização de Informação usando metáforas, uma melhor compreensão visual de dados armazenados em Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados corporativos. A interação é proporcionada em ambientes tridimensionais, oferecendo a possibilidade de navegar e explorar objetos que representam os registros de um banco de dados, acessados em grupo ou individualmente. Com isso, a ferramenta oferece mecanismos para facilitar a tarefa de administradores e organizadores de negócios na compreensão dos dados e nas tomadas de decisão. Após a implementação, foi realizada uma avaliação da ferramenta focando usabilidade da ferramenta e compreensão dos resultados gerados pela aplicação, obtendo-se como resultados vantagens e limitações da ferramenta, e as funcionalidades que devem ser aperfeiçoadas.

**Palavras-Chave:** Realidade Virtual, Visualização de Informação.

SANTOS, Helena de Oliveira Santos. *VRVis Manager – Uma Ferramenta para visualização de grandes volumes de dados usando Realidade Virtual*. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2010.

## ***ABSTRACT***

The Visualization of Information allows abstract data conversion to a way of exhibition which eases understanding and helps the discovery of new information content in those data. This essay proposes the implementation of a tool to visualize great data volumes, using Virtual Reality, which makes possible a better visual comprehension of data stored in systems which Manage Corporative Data Bases, through Visualization of Information using metaphors. The interaction is provided in tri-dimensional environment, offering the possibility of navigating and exploring objects which represent data base registers, accessed in group or individually. In such case, the tool offers mechanisms to make easy for administrators' and business organizers' tasks to understand data and make decisions. After implementation, we conducted an assessment tool focusing on usability of the tool and understand the results generated by the application, obtaining results as advantages and limitations of the tool, and the features that need improvement.

Keywords: Virtual Reality, Information Visualization.

## ***LISTA DE FIGURAS***

Figura 1 - Modelo de referência para visualização .....	22
Figura 2 - Gráfico de dispersão .....	23
Figura 3 - Figuras usadas para compreensão do conceito de VI. ....	25
Figura 4 - Técnica de Gráfico de Barras. ....	31
Figura 5 – (a) Técnica de Dispersão e (b) Técnica de Colunas.....	32
Figura 6 - Técnica de Mapas de figuras .....	32
Figura 7 - Exemplo de uma visualização do tipo <i>cityscape</i> .....	32
Figura 8 - Parede (Tela do <i>Perspective Wall</i> ) .....	34
Figura 9 - Exemplo de Visualização de Dados Científicos.....	35
Figura 10 - Integração de diferentes suportes informativos.....	37
Figura 11 - Visualização na Medicina: (a) Dados de tomografia e SPECT; (b) Dados de.....	38
Figura 12 - VI na forma <i>Landscape</i> .....	39
Figura 13 - Visualizações criadas pelo <i>GeoVISTA Studio</i> .....	41
Figura 14 - Visão geral da arquitetura do <i>InfoVis</i> .....	42
Figura 15 - Visualizações geradas pelo <i>InfoVis Toolkit</i> .....	43
Figura 16 - <i>Treemap de Peets Coffee and Tea</i> .....	44
Figura 17 - Tela do <i>Glyphmaker</i> .....	45
Figura 18 - Visualização de insetos mapeados na ferramenta <i>IconVis</i> .....	46
Figura 19 - Detalhes dos animais na ferramenta <i>IconVis</i> .....	47
Figura 20 - Ambiente de RV – (a) capacete (b) CAVE.....	50
Figura 21 - As Diversas Câmeras Presentes na Simulação.....	50

Figura 22 - Visão em 3D – (a) destaque de alguns traçados a partir de um ponto de visado (b) Encaixe da mancha de visibilidade no modelo 3D.....	55
Figura 23 - (a) Metáforas utilizadas na ferramenta; (b) Tela de Execução inicial da ferramenta; (c) Rotação e <i>Zoom</i> na classe .....	56
Figura 24 - Representação da Hierarquia de Pacotes.....	57
Figura 25 - Mudança de tamanho, cor e <i>zoom</i> .....	57
Figura 26 - (a) Demonstração de Pacotes, classes, métodos e atributos. (b) Conexão entre entidades .....	58
Figura 27 - Interface para navegação e acesso a informações .....	59
Figura 28 - Exemplo de Simulação Realizada .....	59
Figura 29 - Tela de seleção de parâmetros da ferramenta de visualização <i>VRVis</i> .....	60
Figura 30 - (a) Representação dos dados usando metáfora de árvore (b) Representação de dados utilizando metáfora de pirâmide.....	61
Figura 31 - Acesso aos dados dos registros representados pelo <i>VRVis</i> .....	61
Figura 32 - Resultados de uma consulta fornecidos pelo <i>VRVis</i> : (a) Forma textual, (b) Forma visual.....	62
Figura 33 - Visualização com nó e arestas em destaque.....	63
Figura 34 - Visualização gerado pelo <i>IVEE</i> .....	64
Figura 35 - Telas: (a) importação de arquivos e de (b) Títulos das variáveis .....	65
Figura 36 – Telas: (a) categoria de variáveis Textuais e (b) Numéricas.....	65
Figura 37 – Telas: (a) codificação de cores e (b) escolha de cores .....	65
Figura 38 - Visualização das faces de Chenoff .....	66
Figura 39 - Visualização de coordenadas paralelas Mistas.....	66
Figura 40 - Visualização de coordenadas paralelas extrusivas .....	66
Figura 41 - Estrutura da Ferramenta <i>VRVis Manager</i> .....	70

Figura 42. Diagrama de Classes – Pacote Banco .....	72
Figura 43. Diagrama de classes – Pacote Interfaces .....	74
Figura 44. Diagrama de Classes – Pacote Metáfora .....	75
Figura 45. Diagrama de Funcionamento da Ferramenta .....	77
Figura 46. Interface para seleção e armazenamento de imagem para metáfora .....	78
Figura 47. Interface de Conexão .....	79
Figura 48. Cena 3D de relacionamento das tabelas (principal, pais e filhas) .....	80
Figura 49. Interface de escolha de tabela após seleção de tabelas e agrupamento .....	81
Figura 50. Interface de escolha de parâmetros do filtro de consulta .....	83
Figura 51. Interface de escolha de dados para criação da metáfora .....	84
Figura 52. Interface de escolha de Imagem de Dado .....	85
Figura 53. Interfaces de escolha de objeto em Banco de Figuras .....	85
Figura 54. Interfaces de escolha de Figura Geométrica por cor .....	86
Figura 55. Interfaces de escolha de Figura Geométrica com textura .....	86
Figura 56. Interface com visualização do objeto selecionado .....	86
Figura 57. Interface com a Cena 3D – Face de <i>Chenoff</i> .....	87
Figura 58. Interface de Interação com a Cena 3D Final .....	88
Figura 59. Interface com a Cena 3D após zoom .....	89
Figura 60. Interface com a Cena 3D após seleção de objeto .....	89
Figura 61. Interface de gravação de Histórico .....	90
Figura 62. Cabeçalho da Interface com opção de Localização de Histórico .....	90
Figura 63. Interface de recuperação de Histórico .....	90
Figura 64. Estrutura do banco de dados do SGE .....	94

Figura 65. Estudo de Caso 1. Resultados das avaliações de alunos, desenvolvedores e administradores, referente a usabilidade de Interfaces 2D, geração da cena 3D e interação com a cena 3D.....	96
Figura 66. Estudo de Caso 1. Cena 3D gerada a partir da aplicação de filtros no banco de dados SGE, representando turmas com alunos dos sexos feminino e/ou masculino .....	97
Figura 67. Estrutura do banco de dados do sistema SCR. ....	98
Figura 68. Estudo de Caso 2. Cena 3D gerada a partir da aplicação de filtros no banco de dados SCR, representando quantidade de locações e vendas de imóveis, destacando atributos de um dos objetos da cena .....	99
Figura 69. Visualização de Cenas 3D com maior e menor quantidade de objetos: (a) muitos objetos, considerada de difícil manipulação; (b) Cena (b) poucos objetos, considerada de fácil manipulação.....	100
Figura 70. Estudo de Caso 2. Resultados das avaliações de leigos, referente a usabilidade de Interfaces 2D, geração da cena 3D e interação com a cena 3D. ....	100
Figura 71. Resultado comparativo dos resultados dos Estudos de Caso 1 (feito por alunos, desenvolvedores e administradores) e 2 (feito por leigos) referentes as avaliações de usabilidade de Interfaces 2D, geração da cena 3D e interação com a cena 3D. ....	102

## ***LISTA DE QUADROS***

Quadro 1 - Classes de representações visuais .....	30
Quadro 2 - Classificação baseada em modelos de dados.....	30
Quadro 3 - VI comparada à Visualização Científica .....	35
Quadro 4 - Classificação de dados.....	51
Quadro 5 - Classificação de representações visuais .....	52
Quadro 6 - Características dos parâmetros para filtro de atributos para cena final .....	82
Quadro 7. Funções dos Módulos .....	113

## ***LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS***

<b>2D</b>	Bidimensional
<b>3D</b>	Tridimensional
<b>API</b>	Aplication Program Interface
<b>CAD</b>	Computer Aided Design
<b>CAVE</b>	Cave Automatic Virtual Environment
<b>GUI</b>	Graphical User Interface
<b>IVEE</b>	Information Visualization and Exploration Environment
<b>RV</b>	Realidade Virtual
<b>SGBD</b>	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
<b>SGE</b>	Sistema Gerenciador Escolar
<b>SCR</b>	Sistema de Contas a Receber
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>SQL</b>	<i>Structured Query Language</i>
<b>VRML</b>	Virtual Reality Modeling Language

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	17
Motivação .....	18
Objetivos.....	19
Justificativa.....	19
Organização do Trabalho .....	20
CAPÍTULO 1.VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO .....	21
1.1.Conceitos Básicos .....	21
1.2.Componentes de um Sistema de Visualização de Informação .....	26
1.3.Características da Visualização de Informação .....	27
1.4.Técnicas de Visualização.....	29
1.5.Metáforas .....	33
1.6.Áreas de Aplicação de Visualização de Informação .....	34
1.7.Ferramentas que Auxiliam na Criação de Aplicações.....	39
1.7.1. Ferramenta IBM XML <i>Toolkit</i> .....	40
1.7.2. Ferramenta GeoVISTA Studio .....	40
1.7.3. Ferramenta InfoVis <i>Toolkit</i> .....	42
1.8.Trabalhos Correlatos .....	43
1.8.1. Ferramenta HiveGroup' Peet's Coffee Selector.....	43
1.8.2. Ferramentas EXBASE e Glyphmaker .....	44
1.8.3. Ferramentas IconVis - <i>Iconic Visualization System</i> .....	45
1.9.Considerações Finais .....	47
CAPÍTULO 2.VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO USANDO REALIDADE VIRTUAL ..	
.....	48
2.1.Realidade Virtual .....	48
2.2.Classificação de Dados para aplicação em VI .....	51
2.3.Vantagens e Desvantagens na Utilização de Visualização de Informação com RV.....	52
2.4.Aplicações de VI com RV .....	54
2.4.1. Visualização Geográfica .....	55
2.4.2. Visualização de Software.....	55

2.4.3. Visualização Científica .....	58
2.4.4. Visualização na Área Médica.....	59
2.4.5. Visualização na Área de Educação.....	62
2.4.6. Visualização de Negócios .....	63
2.5.Considerações Finais .....	66
<b>CAPÍTULO 3.VRVIS MANAGER – FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO NA ÁREA DE NEGÓCIOS .....</b>	<b>68</b>
3.1.Visão Geral da Ferramenta <i>VRVis Manager</i> .....	69
3.2.Estrutura da Ferramenta <i>VRVis Manager</i> .....	71
3.2.1. Pacote Banco .....	72
3.2.2. Pacote Interfaces .....	73
3.2.3. Pacote Metáfora.....	75
3.2.4. Funcionamento da Ferramenta .....	76
3.2.5. Módulo de Criação de Figuras de Metáfora.....	78
3.2.6. Módulo de Acesso ao SGBD.....	79
3.2.7. Módulo de Interação com Dados.....	80
3.2.8. Módulo Definição de Metáforas.....	81
3.2.9. Módulo Visualização Final da Cena 3D .....	88
3.3.Método utilizado para avaliação da ferramenta <i>VRVis Manager</i> .....	91
3.4.Considerações Finais .....	91
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>92</b>
4.1.Teste de Usabilidade .....	93
4.2.Estudo de Caso 1 .....	94
4.3.Estudo de Caso 2.....	97
4.4.Análise geral da ferramenta .....	101
4.5.Considerações Finais.....	104
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>105</b>
Trabalhos Futuros .....	106
Trabalho Publicado .....	106
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>113</b>

## INTRODUÇÃO

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. Combina aspectos da visualização científica, interfaces homem-computador, mineração de dados, processamento de imagens e Computação Gráfica para efetivamente conseguir uma representação gráfica visual de dados abstratos. (CARD *et al.*, 1999). Em suma, procura-se “Visualizar o não-visual” (WISE *et al.*, 1995 **apud** BERTI, 2004).

Utilizando diversas maneiras de representar dados, a Visualização de Informação (VI) pode beneficiar inúmeras áreas, cada uma com suas características e tipos específicos de informação. Vários dispositivos computacionais foram criados visando a atender esta necessidade como: Calculadora Gráfica (*Apple Graphing Calculator*) que permite visualizar graficamente o resultado de uma expressão matemática; mapas de navegação usados para mensurar distâncias e fornecer informações sobre características do local navegado; diagramas que oferecem auxílio visual; visualização científica com representação gráfica de dados físicos como o corpo humano, a terra e as moléculas (BERTI, 2004).

Segundo Burdea e Coiffet (1994), a Realidade Virtual é uma interface para usuário de alto nível que envolve simulação em tempo real e interações por meio de múltiplos canais sensoriais. Essas modalidades sensoriais são visuais, auditivas, táteis, olfativas, entre outras.

A Realidade Virtual (RV) pode ser conceituada segundo Kirner e Tori (2004) como uma interface avançada para aplicações computacionais, em que o usuário pode navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado por computador.

O uso dos recursos de RV pode possibilitar uma maior interação com as informações, e, conseqüentemente, em oferecer grande auxílio a aplicações de VI, por possibilitar aos usuários a manipulação destas informações em tempo real e com visualização tridimensional. Esses recursos podem ampliar a área de exploração e visualização (GUIMARÃES, 2004), além da capacidade do computador

detectar e reagir às ações do usuário, promovendo alterações na aplicação (KIRNER e SISCOUTO, 2007).

## **Motivação**

A ferramenta *VRVis* (*Virtual Reality Visualization*), é uma ferramenta desenvolvida por Berti (2004), que permite executar pesquisas em uma base de imagens de dados médicos, que armazena dados de pacientes, exames e estruturas de interesses extraídas de imagens mamográficas, (NUNES *et al.*, 2004).

A *VRVis* gera uma cena tridimensional (3D) que representa dinamicamente resultados de uma consulta à base de dados mencionada. Esse resultado é obtido por meio de escolha, pelo usuário, de parâmetros de consulta, pré-definidos e oferecidos em uma interface convencional, além de dois modelos de representação gráfica pré-determinados. A visualização é construída em um ambiente de RV não imersiva, possibilitando a 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 (BERTI, 2004).

Considerando a utilidade desta ferramenta no auxílio a usuários em relação à visualização de informações e suas limitações em relação ao acesso a apenas um tipo de Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) e em duas representações gráficas oferecidas, no presente trabalho vislumbrou-se a criação de uma nova ferramenta com a ampliação destes recursos visando a oferecer ao usuário a opção de escolha do SGDB dentre quatro tipo. Também são oferecidas mais opções de metáforas para visualização da informação, além de generalizar a área de aplicação, oferecer recursos para agrupar informações semelhantes, utilizar mecanismos para destacar a relevância de determinadas informações e, com base nos parâmetros selecionados pelo usuário, inferir a metáfora mais adequada para representar o conjunto de dados resultante que responda à solicitação realizada.

## Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é a implementação de uma ferramenta que, baseada nas características da ferramenta *VRVis* (BERTI, 2004), permita a representação tridimensional parametrizada e genérica de dados abstratos oriundos de SGBD com grandes volumes de dados, utilizando-se técnicas de VI.

Como objetivos específicos, apresentam-se:

- oferecer várias opções de escolha de SGBD;
- permitir a seleção das informações de dados relevantes para a pesquisa;
- elaborar parâmetros para o filtro das informações;
- inferir metáfora adequada aos tipos de parâmetros selecionados;
- oferecer possibilidade de escolha de metáforas diversas para apresentação gráfica;
- oferecer visualização que proporcione agrupamento de informações parecidas;
- utilizar mecanismos para destacar relevância de informação;
- armazenar histórico com informações referentes às seleções do usuário para futura reutilização;
- Análise de usabilidade e compreensão dos resultados gerados.

## Justificativa

Considerando a importância da representação gráfica de informações para uma maior compreensão de cenários em um determinado contexto, e que a geração de tais representações é realizada a partir da extração de dados de tabelas de um SGBD é necessário estabelecer processos eficientes para identificação de metadados do Banco de Dados a fim de compor cenas gráficas que auxiliem na compreensão desses dados.

A opção de oferecer ao usuário a escolha do SGDB visa a generalizar o uso

da ferramenta *VRVis* e a seleção das informações pelo usuário aumenta a possibilidade de um maior entendimento no resultado apresentado. A possibilidade da elaboração das regras de filtro pelo usuário pode ampliar a dimensão da visualização do resultado. Além disso, a oferta de um maior número de metáforas para apresentação destas informações também pode ajudar na melhor compreensão, considerando que a forma de abstração de um usuário para outro pode mudar de acordo com seu grau de percepção.

## **Organização do Trabalho**

O presente trabalho possui além desta introdução quatro capítulos a saber:

O CAPÍTULO 1 apresenta uma revisão bibliográfica geral, descrevendo os fundamentos, conceitos e aplicações da VI. Também são descritos alguns exemplos de representações gráficas de dados utilizados em várias atividades e algumas aplicações em VI.

Conceitos, vantagens e desvantagens do uso da RV em VI, além de áreas de aplicação da RV em VI, destacando a ferramenta *VRVis*, são apresentados no CAPÍTULO 2.

A *VRVis Manager*, ferramenta implementada neste trabalho, é apresentada no CAPÍTULO 3, sendo abordados os aspectos gerais do sistema, sua metodologia, a descrição de cada fase de implementação, seus módulos e o método utilizado para avaliação.

Em Resultados e Discussões descritos no CAPÍTULO 4, podem ser verificados os testes aplicados para avaliação da usabilidade da ferramenta em relação às características das cenas bidimensionais e tridimensionais. Dois estudos de caso foram utilizados para identificar as vantagens e limitações da ferramenta.

Finalizando, estão as conclusões que puderam ser obtidas, as referências bibliográficas que serviram como embasamento teórico para a elaboração desta dissertação e o material utilizado para avaliação da ferramenta, apresentado como Apêndice A.

## CAPÍTULO 1. VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Este capítulo apresenta conceitos de VI e sua importância, técnicas de visualização, metáforas, áreas de aplicação de VI e itens a serem observados na criação das cenas a serem visualizadas. Ferramentas de VI e aplicativos para auxílio à construção dessas ferramentas são apresentados, seguidos de alguns trabalhos correlatos.

### 1.1. Conceitos Básicos

Partindo da definição de que dado é o conteúdo de um espaço de memória, sem significado ao usuário e a informação é um dado associado a um significado (por exemplo: a palavra “Maria” quando mencionada fora de um contexto pode não ter significado, mas quando relacionada a um contexto como: *a cliente que mora em Marília chama-se “Maria”*, a mesma palavra traz um significado ao usuário), os conceitos a seguir consideram a informação como a matéria-prima para VI, isto é, define-se que os dados a serem visualizados têm algum significado ao usuário.

VI visa à transformação de dados abstratos em uma forma de exibição que facilite o seu entendimento e ajude na descoberta de novas informações contidas nos mesmos (NASCIMENTO e FERREIRA, 2005).

Para essa transformação são utilizadas técnicas que mapeiam os dados em metáforas. A metáfora é uma figura de linguagem que transfere um termo para uma esfera de significado que não é a sua, com a finalidade de estabelecer representação do mundo por meio de analogias. O tratamento dessa visualização por muitas vezes não é simples, devido principalmente à natureza de alta-dimensionalidade dos dados. A transformação é realizada com o auxílio do computador por meio de Computação Gráfica, processamento de imagens, mineração de dados e interfaces homem-computador. Segundo Card *et al.* (1999), a

VI é o uso de representação visual de dados abstratos para ampliar a cognição, de forma interativa e suportada por computador.

Um modelo de referência para visualização proposto por Card *et al.* (1999) mostra uma estrutura de transformação de dados brutos e abstratos em uma forma visual mais compreensível (Figura 1).

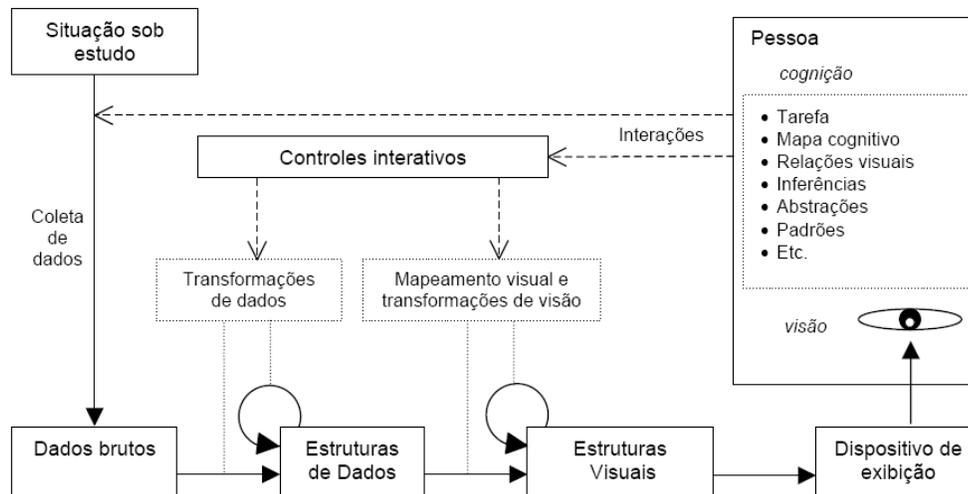


Figura 1 - Modelo de referência para visualização (SILVA, 2007)

No modelo da Figura 1, por meio de interação humana, dados brutos são transformados em estruturas de dados que, por sua vez, são transformadas em estruturas visuais gráficas que melhor representam a informação. Por exemplo, os dados podem ser oriundos de várias tabelas de um SGBD, que podem gerar uma terceira tabela com os dados já agrupados. Segundo Silva (2007), quando os dados a serem tratados estão armazenados em um SGBD, essa transformação pode ser desnecessária, pois a organização do próprio banco de dados pode ser utilizada. Esse resultado é assim transformado, utilizando-se cores, formas, texturas, orientação, entre outros recursos que formam uma estrutura visual.

As formas visuais podem representar uma informação pela presença ou ausência de uma figura, pela sua textura ou tamanho. Em uma mesma representação, formatos diferentes auxiliam na comparação de dados em relação à quantidade ou qualidade. Comumente são usados gráficos de dispersão baseado em dois eixos ortogonais *X* e *Y* que podem facilmente representar três variáveis: cada eixo fica responsável por uma variável, enquanto a cor das marcas representa a terceira variável. A Figura 2 mostra o resultado de uma consulta a Fóruns de

Discussão de um curso de Ensino à Distância em um gráfico de dispersão que, a partir da seleção de atributos por parte do usuário, tem como resultado o resumo visual dos dados escolhidos.

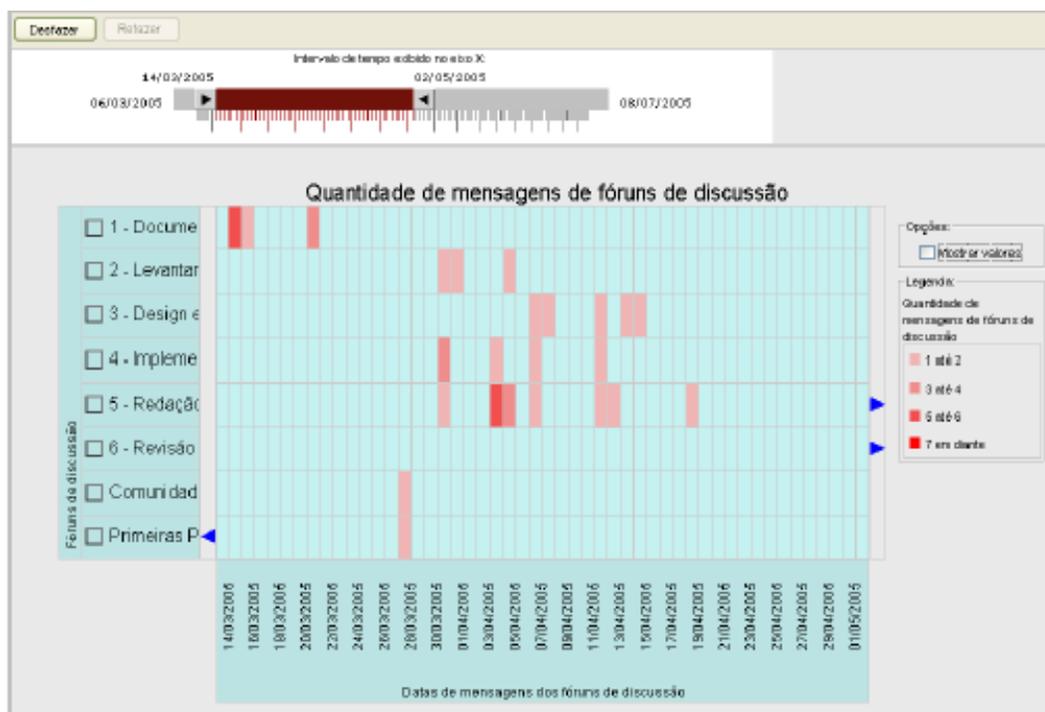


Figura 2 - Gráfico de dispersão (SILVA, 2007)

A partir de uma estrutura visual é possível oferecer a possibilidade de interação ao usuário, permitindo modificá-la visualmente ou ainda visualizar mais características de um dado específico de acordo com a sua necessidade.

A VI pode ser utilizada em todas as áreas que apresentem grandes volumes de dados armazenados e que necessitem de análise dos mesmos. Pode ser aplicada em diversas áreas de conhecimento com diferentes enfoques tais como: Visualização Científica, VI, Visualização Geográfica, Visualização de Negócios, Visualização de Software, Visualização de Processo, Visualização Estatística e Visualização na área médica.

Dias (2007) construiu uma estrutura de VI que apresenta, passo a passo, uma forma “para compreender melhor o sentido de visualização e da validade do modelo de VI”, definida por Card *et al.* (1999). Neste trabalho pode ser observada a importância que uma estrutura específica pode causar em alguns contextos.

O trabalho mostra em quatro etapas, formas diferentes de visualização de um mesmo conjunto de dados. Na primeira etapa são apresentadas dentro de um

quadrado várias palavras dispostas de forma não uniforme. São apenas duas palavras diferentes: “triângulo” e “quadrado”, em quantidades diferentes conforme mostrado na Figura 3(a). A mesma estrutura é apresentada na segunda etapa diferenciando apenas a disposição das palavras, observando um alinhamento em colunas, sendo que este é um importante recurso utilizado pela VI para comparação de padrões entre as partes observadas (Figura 3(b)).

Na etapa seguinte, a palavra “triângulo” é mostrada em uma cor diferente da palavra “quadrado”. Foram utilizados dois recursos de VI: a saturação da cor e o alinhamento. Considerando que havia apenas três ocorrências da palavra “triângulo”, estas estavam dispostas de maneira que a conexão entre elas formasse um triângulo, ou seja, eram os vértices de um triângulo como mostrado, respectivamente, na Figura 3(c) e Figura 3(d). Assim, foi possível mostrar a percepção do papel da VI na descoberta de novas informações e conhecimentos que estão embutidos na estrutura apresentada.

Como última etapa, foi construída uma imagem representando os padrões das palavras, onde a palavra “quadrado” foi substituída pela figura de um quadrado e a palavra “triângulo” pela figura de um triângulo. Desta forma, foi possível mostrar finalmente a presença real da VI em uma estrutura que utiliza recursos gráficos, incluindo uma circunferência com o propósito de levar o observador à dedução de novos conhecimentos (Figura 3(e)). Todas essas figuras foram desenvolvidas aplicando recursos de saturação de cores para estimular ainda mais a percepção na diferenciação dos padrões das imagens (informações).



As estruturas citadas foram apresentadas a dois profissionais de áreas diferentes: um da área de desenvolvimento de jogos e outro da área de geometria. Na apresentação das Figura 3(a) e Figura 3(b), ambos tiveram dificuldades na resposta, mas com uma considerável diminuição do tempo de percepção para a segunda, devido ao alinhamento das palavras. Na terceira fase, as palavras “triângulo” foram identificadas com facilidade pelo uso da cor e alinhamento, que possibilitou a percepção da figura de um triângulo. Na visualização da informação de forma gráfica concluiu-se que a identificação da quantidade de figuras de cada tipo foi percebida de imediato. Quando foi pedido a cada um para fazer uma análise da figura e extrair informações interessantes pertinentes a sua área de conhecimento, as respostas foram totalmente diferentes e aplicadas aos diferentes contextos.

Os autores concluíram que a VI pode oferecer contribuições a oferecer a qualquer área de conhecimento na qual uma representação gráfica pode ter significados que dependem da cognição e do contexto aos quais são aplicadas as percepções de novos conhecimentos em relação ao que a figura se propõe.

## **1.2. Componentes de um Sistema de Visualização de Informação**

Segundo Prates *et al.* (1994), um sistema para VI pode ser separado em duas partes fundamentais: a interface com usuário e a tecnologia da aplicação. A interface é responsável pela comunicação entre o usuário e a aplicação, enquanto que a tecnologia da aplicação é a parte que resolve o problema proposto. A princípio, a tecnologia independe da interface, mas se uma interface for mal projetada pode dificultar o entendimento e o uso da aplicação.

Oliveira (2007) destaca que no processo de visualização podem ser identificadas três fases: preparação dos dados (pré-processamento), *mapping* (mapeamento) e *rendering* (renderização). A fase de pré-processamento inclui operações de formatação ou de normalização de dados. Na fase de mapeamento é realizada a associação entre os dados e as representações gráficas, e na fase de renderização é gerada a imagem.

Como já citado anteriormente e mostrado por meio de um modelo de referência (Figura 1), dados brutos e em grande quantidade são transformados em estruturas visuais gráficas que melhor representam a informação.

De acordo com Silva (2004), podem ser destacados três tipos comuns de transformações de visão que são:

- analisar a estrutura visual por outros pontos de vista, usando aproximação, afastamento, deslocamento, seleção de uma parte a ser examinada, ou apresentando detalhes de uma região selecionada (detalhes-sob-demanda);
- efetuar distorções, que permitem apresentar foco e contexto simultaneamente na mesma estrutura;
- efetuar investigações de local, como solicitar detalhes a respeito de um dado específico de uma estrutura.

### **1.3. Características da Visualização de Informação**

Com o uso dos recursos da VI fica muito mais fácil para uma pessoa capturar o significado de uma imagem do que vários dados isolados (ESTIVALET, 2000).

Estudos feitos por Larkin e Simon (1987) **apud** Silva (2007) apontam diferentes aspectos para um aumento da cognição, que é a facilidade de uso e conhecimento, quando são usados recursos de visualização. Podem ser citados os seguintes itens:

- agrupamento de informações e fornecimento de uma visão geral com possibilidade de recuperação de detalhes;
- maior uso do sistema visual e da memória de trabalho externa;
- uso de representações visuais para melhorar a detecção de padrões;
- facilidade ao usuário para construir conclusões a partir de uma representação visual;
- permissão de manipulação das informações;

- recursos que auxiliam o usuário no entendimento e manuseio dos eventos quando em grande quantidade.

Apesar da grande quantidade de informações disponíveis em todas as áreas, na necessidade de uma tomada de decisão, faz-se necessária a seleção das informações mais adequadas para auxílio dessa tarefa. Tarefas como identificação, correlação multivariada, procura, consulta, exploração e comunicação são tipos de seleção que podem ser feitas. Os dados são tipicamente quantitativos ou categorizados, mas também podem incluir: textos não estruturados, diferentes tipos de mídias e objetos estruturados (SPENCE, 2001; CARD *et al.*, 1999).

Segundo Mackinlay (1986) **apud** Silva (2007), alguns conceitos de expressividade e efetividade devem ser levados em conta quando na construção de um mapeamento visual. A quantidade de formas, cores com suas tonalidades, saturação e brilho, tamanho, textura e orientação são itens que dificultam a definição desse mapeamento visual. A combinação dessas propriedades deve expressar os dados de maneira efetiva. Os conceitos citados pelo autor são:

- estruturas visuais devem expressar todos os dados presentes na estrutura de dados, e somente eles;
- estruturas visuais devem ser efetivas, no sentido de permitirem rápida interpretação dos dados representados, e fácil distinção entre eles, levando à menor quantidade possível de erros de interpretação.

Um conjunto de atributos e dados a serem considerados na representação visual pode ser colocado como opção de escolha na tela em forma de lista, caixas para definição de intervalos, ou outro tipo de apresentação, para que o usuário analise, modifique e selecione o que deve ser transformado em estrutura visual. Isto permitirá a redução de dados apresentados e ajudará no processo de obtenção de informação (SILVA, 2007).

## 1.4. Técnicas de Visualização

O uso de técnicas de visualização é um dos itens importantes para apoiar a realização de tarefas de análise de dados (OLIVEIRA, 2007). A técnica empregada em uma determinada aplicação depende do tipo de informação que está sendo tratada e das tarefas que precisam ser realizadas pelo usuário (FREITAS *et al.*, 2001).

Segundo Simon (1996), o desenvolvimento de uma taxonomia<sup>1</sup> auxilia no entendimento de um conjunto de fenômenos. Muitas taxonomias para técnicas de visualização foram desenvolvidas de diferentes modos e para muitos campos e finalidades. Uma taxonomia dessas técnicas é importante para o seu entendimento, funcionamento, extensão de aplicação e uso.

É destacado por Freitas *et al.* (2001) que um grande número das classificações visuais é baseado nos tipos de dados ou em agrupamento de seus atributos ou características, conforme mostrado no Quadro 1.

Oliveira (2007) faz uma comparação entre duas categorizações de técnicas de visualização. A primeira é proposta por Olive (1997 apud OLIVEIRA, 2007, p. 46) em que as formas de VI são divididas em oito tipos de dados: temporal, unidimensional (animação, linha da vida, gráfico de linha, mapa colorido, diagrama de curva de densidade), bidimensional (2D), tridimensional (3D), multidimensional, árvore, rede, e *workspace*. A segunda proposta de categorização é apresentada por Tory (2002 apud OLIVEIRA, 2007, p. 46) que, no lugar de atributos dos próprios dados, o modelo é construído a partir de um conjunto de dados, que considera suas dimensões, números de variáveis dependentes e independentes, além de separar o modelo em contínuo e discreto, facilitando na definição da técnica que apresenta melhor a parte espacial e a convencional dos dados, conforme apresentado no Quadro 2.

<sup>1</sup>**Taxonomia** é uma categorização: o processo pelo qual idéias e objetos são reconhecidos, diferenciados e classificados. Em linhas gerais, a categorização consiste em organizar os objetos de um dado universo em grupos ou categorias, com um propósito específico (CAMPO e GOMES, 2007).

Quadro 1- Classes de representações visuais (Adaptado de FREITAS *et al.* 2001)

Classe	Tipo	Exemplos de utilização
Gráficos 2D e 3D	Pontos Circulares Linhas Barras Superfícies (para 3D)	Representação das distribuições de casos de dengue em uma determinada região; Representação da dependência ou correlação entre variáveis.
Ícones Glifos Objetos geométricos	Elementos geométricos 2D ou 3D diversos	Representação de entidades em um contexto ou de grupos de atributos de diversos tipos
Mapas	De Pseudocores	Representação de campos escalares ou de categorias
	De linhas	Representação de linhas de contorno de regiões e de isovalores
	De superfície	Representação de linhas de contorno de regiões e de isovalores no espaço 3D
	De ícones, símbolos diversos	Representação de atributos e grupos de atributos (categorias, escalares, vetoriais, tensoriais)
Diagramas	Nodos e arestas	Representação de relacionamentos diversos.

Quadro 2 - Classificação baseada em modelos de dados (Tory, 2002 apud OLIVEIRA, 2007, p. 47).

Modelo contínuo					Modelo discreto					
N. de Variáveis independentes	Num. variáveis depend.	Uma			Muitas	Conectado	Não conectado			
	Tipo de dados	Escalar	Vetor	Tensor	Multivariados		Num. de variáveis	2D	Scatter plot Gr. barras	
	1D	Gr. linhas			Combina métodos escalar, vetor e tensor			Visualizações de Gráficos e Árvores: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Nodos,</li> <li>. Diagramas de ligações (2D e 3D),</li> <li>. Mosaicos,</li> <li>. Gráficos hierárquicos</li> </ul>	3D	3D scatter plot 3D graf barras
	2D	Map. color. isolinhas	LIC Partículas Glifos						nD	. Visão Multidimen. . Agregação . Glifos . Pixel de densidade . coordenadas paralelas
	3D	volume isosuperfície		Tensor elipsóides						
	nD	Visualização múltipla 1D, 2D, 3D								

Também são citadas por Oliveira (2007) duas classes de representação

gráfica: gráficos e mapas, muito utilizadas em softwares de visualização. Os gráficos podem ser representados por:

- barras: trata dados diversos e barras separadas, com categorias na vertical e valores na horizontal (Figura 4);
- dispersão: usado para visualizar a relação ou associação entre duas variáveis quantitativas discretas (Figura 5a);
- colunas: mostra alterações de dados em um período de tempo (Figura 5b);
- setores: ou gráficos de pizza, tratam dados relativos, fazem comparação entre grupos;
- histograma: representa a distribuição de frequência de uma variável quantitativa contínua, de um grupo ou comparação entre vários grupos.

Os mapas, considerados como uma das técnicas de visualização mais naturais e intuitivas para apresentação de informação geográfica, podem ser apresentados por:

- mapa de pontos: cada evento inserido de acordo com sua localização geográfica;
- mapa de linhas: aplicado a fenômenos contínuos. São linhas que unem pontos de igual valor;
- mapas de figuras proporcionais: utilizados para valores absolutos associados a áreas ou a pontos (Figura 6);

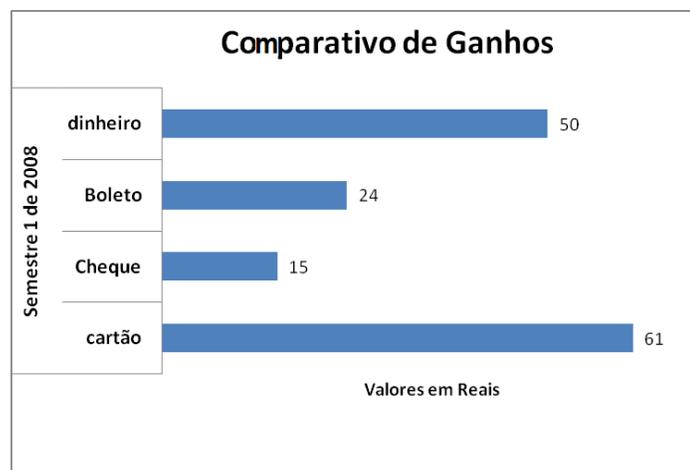


Figura 4 - Técnica de Gráfico de Barras.

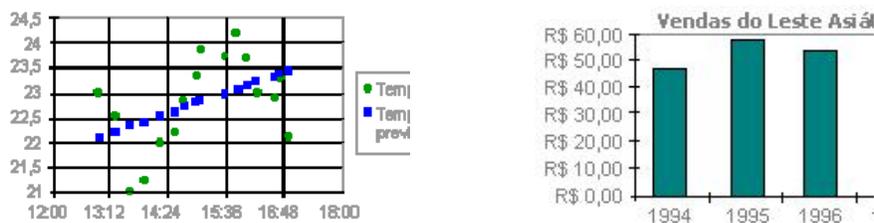


Figura 5 – (a) Técnica de Dispersão e (b) Técnica de Colunas (ROMANI e ROCHA, 2001)

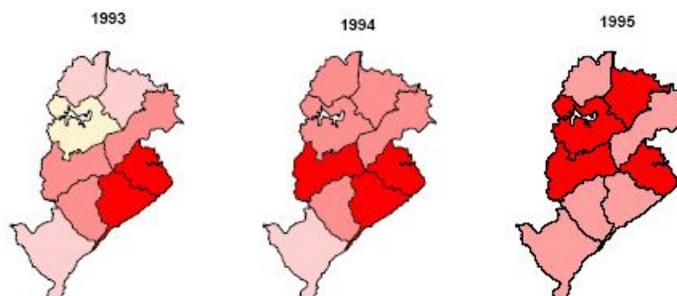


Figura 6 - Técnica de Mapas de figuras (OLIVEIRA, 2007)

Existem técnicas de visualização voltadas para os diversos tipos de dados, cada uma com características próprias. Como já citado, a escolha da técnica a ser aplicada em cada situação depende do tipo de informação que está sendo tratada, das suas tarefas e finalidades.

A VI em três dimensões acrescenta uma nova dimensão à representação de dados, tornando possível uma utilização mais eficiente do espaço limitado disponível, isto é, a tela do computador (Figura 7). O uso de parâmetros visuais (material, luminosidade, transparência) e técnicas de interação como a rotação de um objeto 3D, podem facilitar a compreensão dos dados, pois permitem aos usuários explorarem e manipularem volume de dados grandes e complexos (SANTOS *et al.*, 1999).

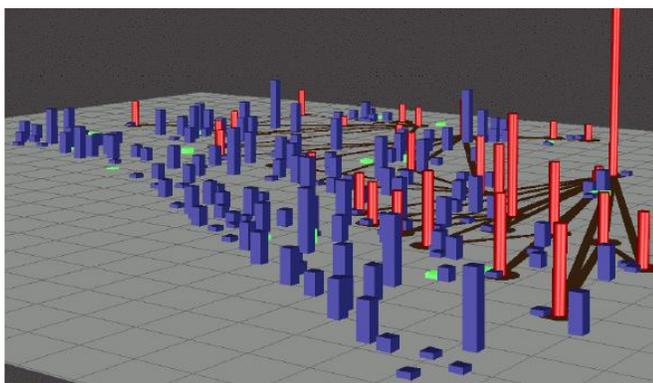


Figura 7 - Exemplo de uma visualização do tipo *cityscape* (SANTOS *et al.*, 1999)

## 1.5. Metáforas

Alexandre e Tavares (2007) destacam que a Visualização é uma área de estudo com fortes contribuições de outras áreas do saber, como a ciência da computação, psicologia, semiótica, *design* gráfico, cartografia e artes, dentre outras, mas sempre com uso da metáfora visual para a representação da estrutura e dos relacionamentos entre os dados. Com o objetivo de análise e aquisição de informações úteis em relação ao conteúdo apresentado, modelos gráficos e representações visuais de dados permitem a interação direta do usuário. Na Visualização Científica os modelos são, em sua maioria, representação de objetos ou conceitos do mundo físico e simulações computacionais, geradas a partir de dados originais de fenômenos da natureza.

Wünsche (2004) destaca que uma observação importante e que pode ser útil para o desenvolvimento de relações de usuário para a exploração dos dados é que a eficácia de uma visualização não pode ser medida em termos absolutos, mas depende de como é vista. Segundo Gershon *et al.* (1999), encontrar uma boa representação espacial da informação é uma das tarefas mais difíceis na VI abstrata.

Na VI os conceitos representados são abstratos e gerados a partir de relacionamentos de atributos, sem caracterização de sua natureza espacial ou temporal, tornando a tarefa de sua construção bem complexa já que estes devem ser representados adequadamente. Considerando estas observações, sua caracterização deve ser escolhida a partir de critérios diversos, observando conceitos da percepção humana. Esses conceitos devem considerar a expressividade, na qual a representação deve traduzir exatamente a informação com interesse para o usuário, e a eficácia que deve permitir a facilidade de entendimento às representações e às informações nela expressadas (SILVA, 2007; ESTIVALET, 2000).

Continuando nesta linha de raciocínio, Freitas *et al.* (2001) afirmam que a escolha da técnica depende do tipo de informação que está sendo tratada e das tarefas que precisam ser realizadas pelo usuário. As técnicas de visualização são classificadas por tipos de dados e por tarefas e partem de tipos de dados e de

operadores.

A necessidade da criação de metáforas visuais, de mecanismos de interação e a frequente necessidade de implementar algoritmos complexos para ambas, tornam a elaboração de sistemas de visualização ainda mais complexa. Existe a partir desta complexidade a necessidade da definição de um projeto de interface gráfica e de uma avaliação de usabilidade.

A Figura 8 apresenta uma visualização que usa a metáfora de uma parede (*Perspective wall*) para distorcer uma apresentação 2D arbitrária para uma visualização 3D (a parede) (ROMANI, 2000). São visualizados arquivos provenientes de um sistema de computador. Quando um arquivo que está nas "paredes laterais" da visualização é selecionado com o mouse, a "parede" com esse arquivo é trazida para a área de foco central.

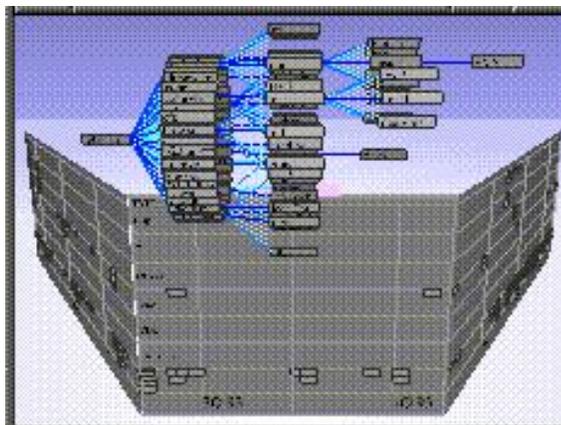


Figura 8 - Parede (Tela do *Perspective Wall*) (ROMANI, 2000)

## 1.6. Áreas de Aplicação de Visualização de Informação

Em Computação Gráfica, a área de visualização teve início com a visualização de dados científicos, devido ao aumento no volume e complexidade dos dados a serem analisados por cientistas/engenheiros e devido ao aumento do poder computacional e do avanço tecnológico dos equipamentos de medição. A partir dessas necessidades surgiu também a Visualização de Informações (FREITAS *et al.*, 2001).

Salienta-se, de acordo com Freitas *et al.* (2001), que a visualização científica aplica e desenvolve técnicas de Computação Gráfica para visualizar dados oriundos de computações científicas ou dados coletados de experimentos ou da natureza. A Figura 9 apresenta um exemplo deste tipo de visualização, retratando imagens de uma mesma mão em três situações distintas. Os dados têm uma geometria intrínseca ou intuitiva e estão associados a posições no espaço. De acordo com GERSHON e EICK (1997) **apud** Maitino Neto (2006), existem algumas características que diferenciam uma VI e uma Visualização Científica, como apresenta o Quadro 3.



Figura 9 - Exemplo de Visualização de Dados Científicos

Fonte: <<http://www.inf.ufrgs.br/cg/teaching/inf01009/2002/visualiza-dados.pdf>>

Quadro 3 - VI comparada à Visualização Científica (Gershon e Eick, 1997 **apud** Maitino Neto, 2006)

	Usuário	Tarefa	Entrada	Volume
Visualização Científica	Especializado, altamente técnico.	Profundo entendimento dos fenômenos científicos.	Dados físicos, medidas, resultado e simulação.	Pequeno a volumoso
Visualização de Informação	Diverso, pode ser menos técnico.	Busca, Descoberta de relações.	Relações, dados não-físicos informação.	Pequeno a volumoso.

De acordo com Estivalet (2000), para construir imagens eficientes em visualização científica, as quais também podem ser aplicadas para a visualização de informações, devem ser considerados os seguintes itens:

- *usar somente informações importantes*: determinação de quais dados serão exibidos. Mostrar todos os dados pode ser inviável ou gerar um ambiente visualmente poluído para o sistema visual humano. Deve-se selecionar as variáveis fundamentais para a descrição do problema, e descrever somente essas variáveis;
- *usar forma para quantidades vetoriais*: linhas convergentes, setas e gráficos de vetores, denotam informação direcional fazendo com que

- o olho siga para o ponto de intersecção;
- *usar cor para valores escalares*: valores escalares são mapeados para uma cor que representa uma faixa de valores numéricos para aquele escalar, eliminando ambiguidade de significado;
  - *usar animação para evoluções no tempo*: este é um excelente método para visualizar simulações ou informações que são dependentes do tempo. A representação visual se torna dinâmica;
  - *usar técnicas de Computação Gráfica para representações binárias*: transparência, mapeamento de textura, modelos de sombreado e iluminação provêm possibilidades de distinguir mudanças de limiares globais na visualização científica.

Existem Sistemas de Informação de Visualização projetados para usuários especialistas, com metas muito específicas. O grande desafio é construir tais sistemas para usuários diversos. Deve-se verificar a meta de compreensão para a projeção destas ferramentas, assim como verificar as experiências do usuário e possibilitar fácil entendimento a ele (FAISAL *et al.*, 2007).

Além da Visualização Científica e VI são distinguidos, ainda, Visualização Volumétrica, Visualização Geográfica, Visualização de Software, Visualização na área Médica e Visualização de Negócios, definidas a seguir e exemplificadas com aplicações no CAPÍTULO 2.

A Visualização Volumétrica permite analisar, exibir e explorar o interior de grandes volumes de dados multidimensionais que geralmente variam com o tempo (BERTI, 2004).

A Visualização Geográfica é voltada para manipulação, gerenciamento e visualização de dados georreferenciados (SCHIMIGUEL, 2002). O termo georreferenciado denota dados que possuem representação em um sistema de coordenadas geográficas. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem a criação de aplicações para domínios específicos, como é o caso de planejamento urbano e ambiental, telecomunicações, arquitetura e até a indústria de turismo e entretenimento. Ela deve ser fácil de aprender, com aparência natural e independente das complexidades de implementação (Figura 10), tal como estruturas de dados e algoritmos.

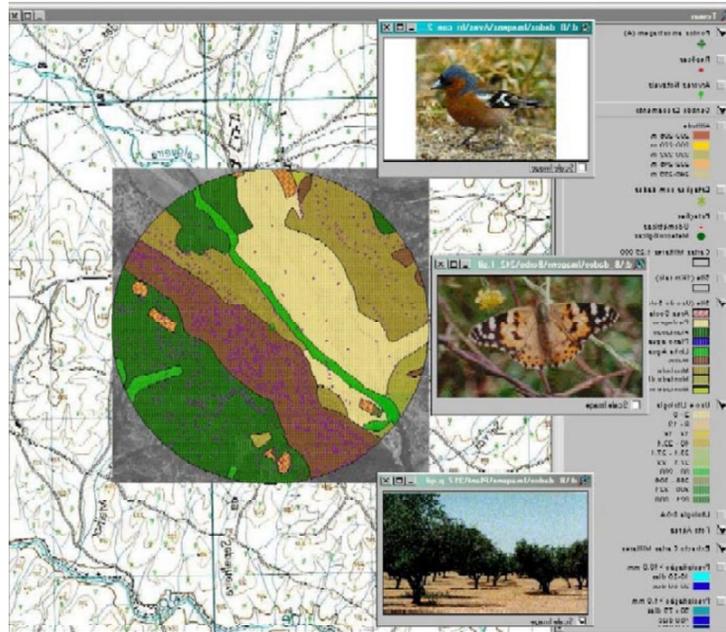


Figura 10 - Integração de diferentes suportes informativos (GeoVISTA, 2006)

Os projetos que têm como foco a Visualização de Software permitem a exibição gráfica de informações sobre os sistemas de software incluindo sua estrutura, execução e código-fonte. Uma outra classificação define que a visualização de software ilustra dados e processos de computador e a visualização de programas ilustra as estrutura de dados, o estado do programa e também seu código fonte. Existem várias linhas de raciocínio com várias definições e todas resumem visualização de software como uma ferramenta de auxílio à compreensão de sistemas de software (MAITINO NETO, 2006).

A Visualização na área Médica é bastante relacionada à aquisição de imagens (como tomografias e radiografias), conforme exemplificam a Figura 11(a) e a Figura 11(b), assim como em estudos da anatomia humana como o exemplo mostrado nas Figura 11(c) e (d).

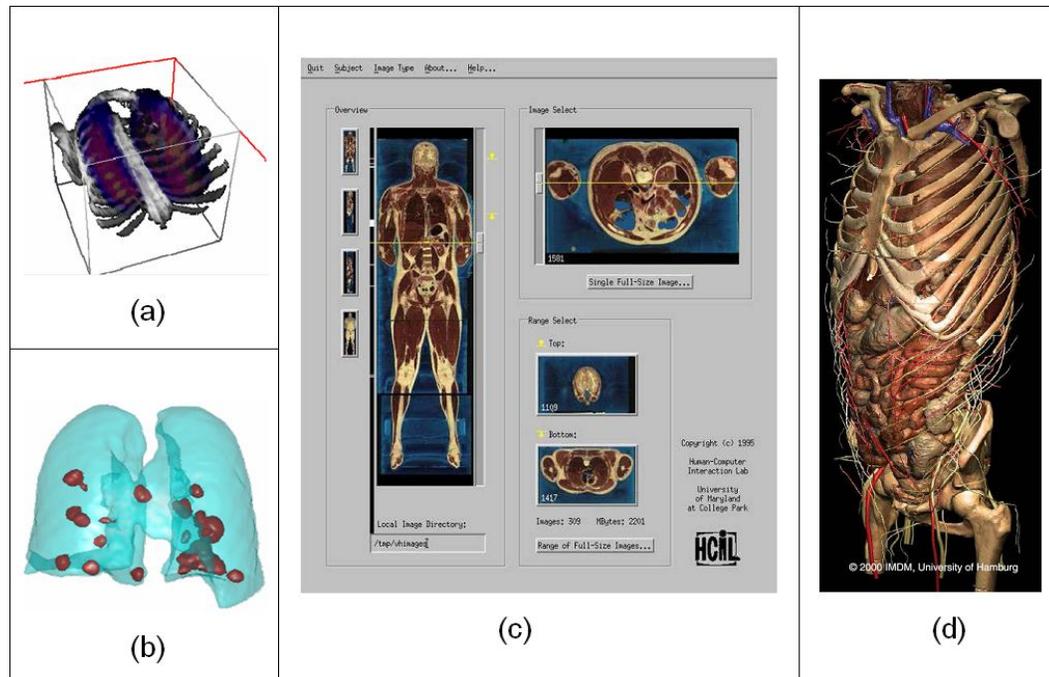


Figura 11 - Visualização na Medicina: (a) Dados de tomografia e SPECT; (b) Dados de Tomografia; (c) Versão miniaturizada do corpo humano; (d) Anatomia Humana. (MAITINO NETO, 2006; SANTOS, 2007)

O uso de técnicas de VI tem sido cada vez mais empregado por melhorar o processo de busca de tomada e decisão quando existe uma grande quantidade de informação a ser analisada. Os dados não estão associados a posições no espaço, mas sim a elementos de algum domínio de amostragem, e podem representar relacionamentos entre eles (MUNZNER, 1998). A Figura 12 mostra uma interface do *KartOO* (KARTOO, 2008), um site de busca na *web* que apresenta seus resultados na forma de *landscapes* (metáfora com padrão de paisagem) interativos.

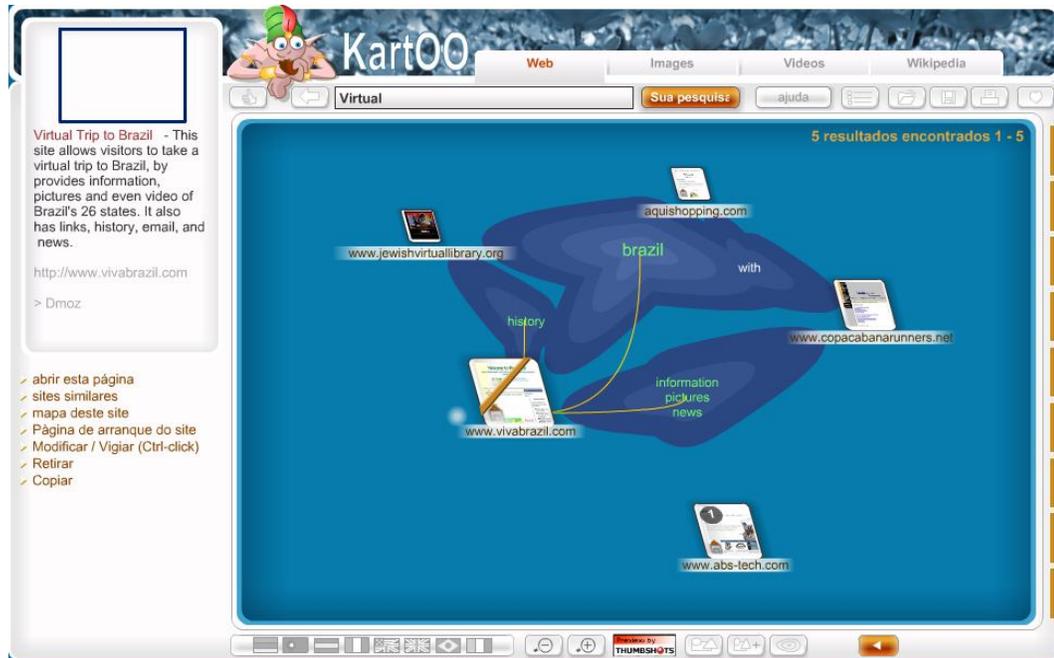


Figura 12 - VI na forma *Landscape* (KARTOO, 2008)

No *KartOO*, o usuário escolhe o seu pedido na língua desejada. Com o pedido realizado, o *KartOO* analisa e interroga os locais de pesquisas mais pertinentes, seleciona os *websites* do assunto e os apresenta em forma de mapa com ícones de tamanhos variados que representam as páginas, segundo sua pertinência. Esses ícones são apresentados em vários níveis de detalhes conforme o tipo da página que ele representa. Quando o mouse é posicionado sobre o ícone, as palavras-chave iluminam-se, uma curta descrição do site aparece à esquerda da página e setas informam algumas características do seu conteúdo. A página pode ser aberta, copiada ou direcionada a sites correlatos ao assunto.

## 1.7. Ferramentas que Auxiliam na Criação de Aplicações

Segundo Fekete (2004) existe um aumento na criação de aplicações de VI, mas as ferramentas criadas raramente são integradas. Ferramentas como *IBM XML Toolkit*, *GeoVista Studio* e *InfoVis Toolkit* citadas por Fekete (2004), auxiliam pesquisadores no desenvolvimento de aplicações comerciais. Estas ferramentas

trazem uma coleção de algoritmos para VI, são geralmente baseadas em protocolo Java, utilizam *frameworks* e APIs (*Application Program Interface*) como OpenGL. Como resultado, o usuário se sente com mais controle dos dados, começa a compreender sua significância mais rapidamente, podendo contribuir para melhorar a tomada de decisões. Esse alto grau de relação entre o usuário e os dados é especialmente importante quando o conjunto de dados é grande, multidimensional ou complexo.

### **1.7.1. Ferramenta IBM XML Toolkit**

IBM XML Toolkit é projetado para fornecer uma infraestrutura com componentes que ajudam na criação, integração, manutenção e tomada de decisão em uma empresa. Baseia-se em ambiente multi-plataforma e com código fonte aberto. A ferramenta fornece a infraestrutura base para a integração de formatos de dados específicos, estruturas, esquemas, e metadados para assegurar a conformidade da indústria de representação de dados e conteúdos (IBM, 2008).

Em relação a banco de dados, o XML Toolkit fornece as seguintes funções: exportar dados, migrar conjunto de dados entre bancos de dados, importar dados, automatizar tarefas, analisar dados e executar *scripts Structured Query Language* (SQL), que é uma linguagem padronizada para a definição e manipulação de bancos de dados relacionais.

### **1.7.2. Ferramenta GeoVISTA Studio**

O objetivo fundamental do projeto GeoVISTA Studio é melhorar análises geocientíficas, fornecendo um ambiente operacional que integra um vasto leque de atividades de análise, incluindo o desenvolvimento computacional e de visualização

(GeoVISTA, 2006).

GeoVISTA *Studio* é um software gratuito para desenvolvimento de ambiente criados para dados geoespaciais. É um ambiente livre de programação que permite aos usuários criar rapidamente aplicações para geo-computação e visualização geográfica.

É baseada na linguagem Java e possui ambiente visual que permite rápida programação, desenvolvimento de programação para exploração de dados complexos e conhecimento de apoio à construção de aplicações de análise geográfica. Algumas funcionalidades da ferramenta são a capacidade de renderização 3D, incluindo animação quadro a quadro, visualização de relações entre os vários atributos e qualificador visual baseado em cores. Visualizações geradas pela ferramenta são mostradas na Figura 13.

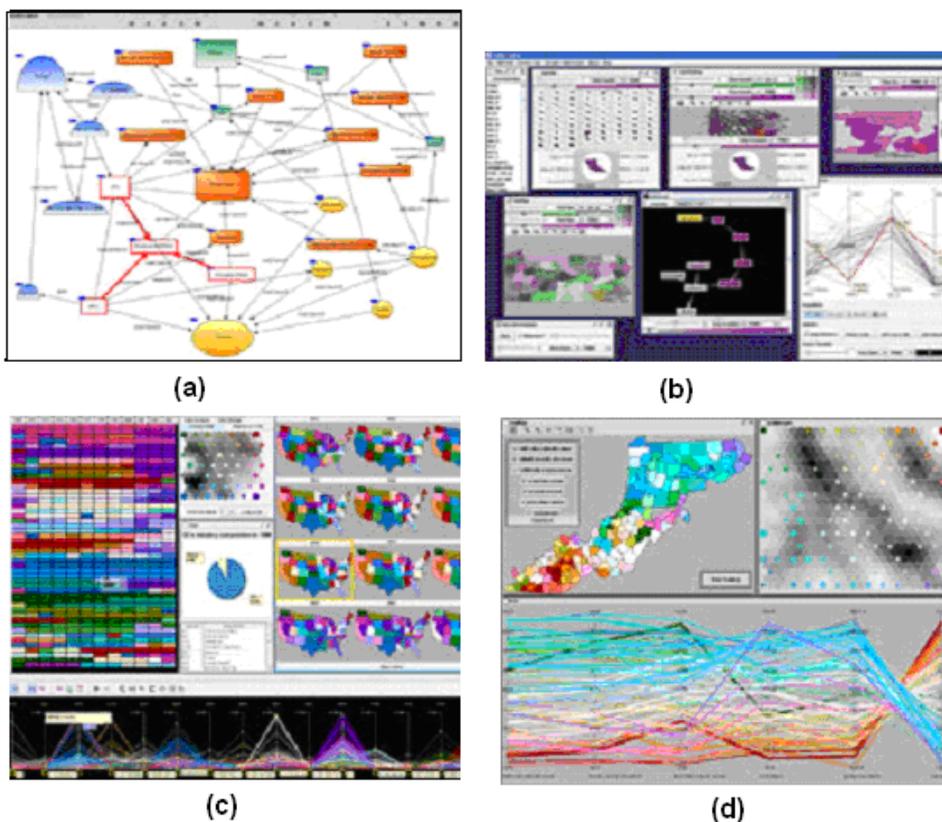


Figura 13 - Visualizações criadas pelo GeoVISTA *Studio* (GeoVISTA, 2006)

### 1.7.3. Ferramenta InfoVis Toolkit

O InfoVis Toolkit é um ambiente gratuito de desenvolvimento interativo de gráficos, escrito em Java, para facilitar o desenvolvimento de aplicações e de componentes de VI.

A ferramenta permite a criação de aplicações tanto simples quanto complexas. Fornece estruturas de dados específicas para obter um laço rápido de ação/*feedback* requerido por perguntas dinâmicas. Fornece, ainda, vários componentes e um painel de controle de visualização fácil de manipular, com tabelas, árvores e gráficos. Usa API Java e arquitetura de software GUI (*Graphical User Interface*). A Figura 14 apresenta a organização da arquitetura da ferramenta que é dividida em dois núcleos: um núcleo básico que agrega as funcionalidades necessárias ao gerenciamento do ambiente, e um núcleo funcional, que agrega os componentes de visualização e de acesso aos dados.

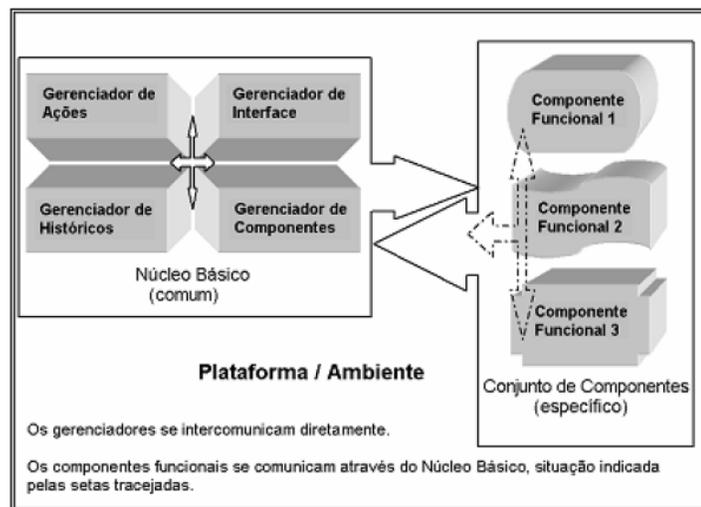


Figura 14 - Visão geral da arquitetura do InfoVis (MORENO, 2005)

Segundo Fekete (2004), a ferramenta InfoVis Toolkit provê uma estrutura de dados unificada baseada em tabelas que melhoram o uso de memória e o desempenho. Algumas estruturas de dados podem ser implementadas em forma de tabelas e apresentadas em interface de alto-nível Orientada a Objeto. Faz uso de um *framework* com um grande número de componentes interativos genéricos e reutilizáveis usados pela VI. Estes componentes são: *queries* dinâmicas e filtros,

seleção, ordenação e manipulação de atributos visuais. Suporta o uso de gráficos baseados em OpenGL, com rápida renderização. A Figura 15 apresenta algumas visualizações construídas com o InfoVis Toolkit.

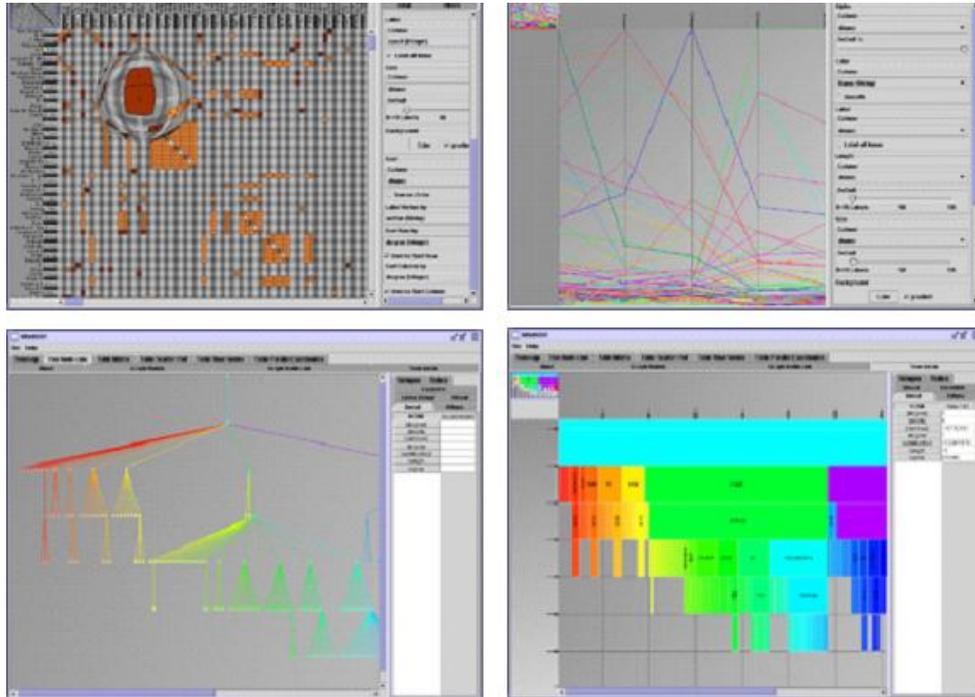


Figura 15 - Visualizações geradas pelo InfoVis Toolkit (FEKETE, 2005)

## 1.8. Trabalhos Correlatos

A seguir são apresentados alguns trabalhos cujo enfoque são ferramentas de VI.

### 1.8.1. Ferramenta HiveGroup' Peet's Coffee Selector

Plaisant (2004) destaca a ferramenta de VI denominada *HiveGroup' Peet's Coffee Selector* voltada à área de *E-commerce*. Usada como uma estratégia de *marketing* comercial, esta ferramenta tem como características: permitir ao usuário selecionar, fazer e cancelar pedidos de café, encontrar informações de saúde com

mapas interativos e ver a informação em tempo-real do tráfego de estradas, além da história da empresa, comunidade usuária, e todas as características dos produtos oferecidos pela empresa. Uma pesquisa realizada na empresa *Peets Coffee and Tea* mostrou que 92% de seus clientes eram usuários da ferramenta *HiveGroup's Peet's Coffee Selector*, no qual usaram o visual *treemap* (Figura 16) para compras com facilidade, oposto a só 12% desses clientes que usavam as listas textuais.



Figura 16 - Treemap de Peets Coffee and Tea (PLAISANT, 2004)

## 1.8.2. Ferramentas EXBASE e Glyphmaker

Estivalet (2000) cita as ferramentas *EXBASE* e *Glyphmaker*, que são voltadas para criação de representações visuais de dados obtidos a partir de consultas feitas a banco de dados.

É destacado um aspecto interessante do *EXBASE*, que permite monitorar todas as interações do usuário com a base de dados e a visualização. Pela representação explícita das interações dos usuários com a base de dados e as

representações visuais, o *EXBASE* é capaz de manter um histórico de tais interações de forma a reusá-las imediatamente ou para usá-las no futuro.

A característica principal da ferramenta *Glyphmaker* é fornecer um ambiente flexível no qual mesmo usuários não experientes podem criar representações visuais adequadas usando suas próprias representações gráficas, os glifos (figuras que dão um tipo de característica particular a um símbolo específico). A partir de uma estrutura própria, a aplicação faz a leitura da entrada de informação do usuário e converte estas informações para um formato requerido, como exemplificado na Figura 17.

Um editor de glifos provê um ambiente 3D no qual usuários podem desenvolver novos glifos e também ver como eles ficarão na visualização final. Permite manipulação desses glifos no espaço 3D (seleção de diferentes vistas, perspectiva, visão superior, lateral, frontal e todas vistas simultaneamente), e comandos para agrupamento, desagrupamento, carregar e salvar glifos.

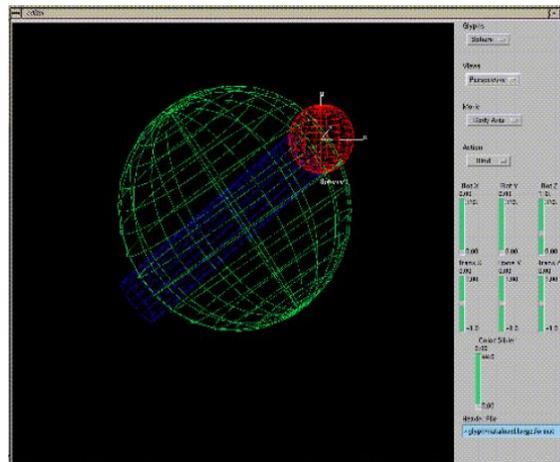


Figura 17 - Tela do *Glyphmaker*. (ESTIVALET, 2000)

### 1.8.3. Ferramentas IconVis - *Iconic Visualization System*

A IconVis é uma ferramenta que permite a visualização de informações sobre populações de animais estudadas por biólogos. Consiste em um protótipo que, a partir de informações previamente armazenadas em um banco de dados,

permite visualizar animais selecionados em uma porção do universo de pesquisa, com possibilidade de escolha da visualização dos animais que estão nos arredores da seleção, conforme Figura 18 (ESTIVALET, 2000).

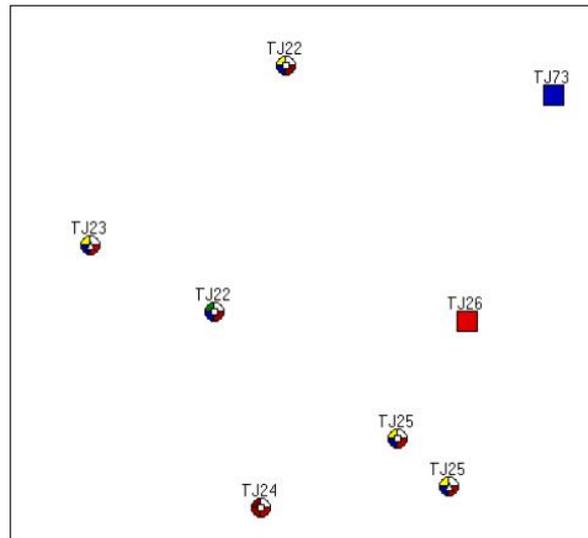


Figura 18 - Visualização de insetos mapeados na ferramenta IconVis (ESTIVALET, 2000)

A representação visual é feita por meio de ícones, recomendada quando se necessita visualizar um conjunto de entidades (localizadas espacialmente ou não) e seus atributos. Nesta aplicação, esses ícones são representados por um quadrado para identificação de insetos machos e um círculo para identificação de fêmeas. Informações dos animais são caracterizadas pelas cores e subdivisões dos ícones, podendo ser identificados visualmente o peso, a idade, o tamanho e se já havia sido capturado. Os ícones apresentados na Figura 18, quando selecionados, apresentam uma segunda interface (Figura 19) com mais informações sobre os animais.

Deve-se salientar que, a representação visual escolhida (círculo e quadrado), na forma em que está apresentada em relação ao tamanho dos ícones, cores e características, tornou-se inadequada, considerando as dificuldades observadas no estudo do entendimento a que ele se propõe.

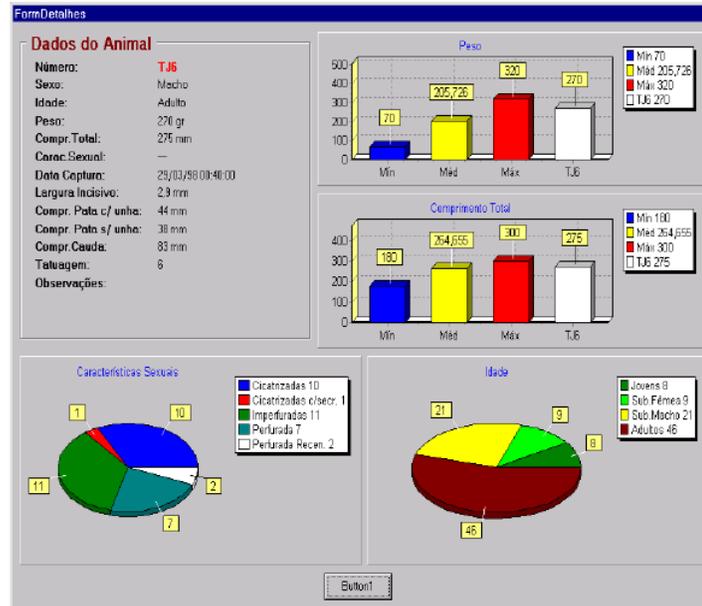


Figura 19 - Detalhes dos animais na ferramenta IconVis (ESTIVALET, 2000)

## 1.9. Considerações Finais

A VI tem como papel principal facilitar a visualização e compreensão de grande volume de dados, independente da área de aplicação. A metáfora utilizada como visualização da informação em uma determinada aplicação deve ser considerada a partir do domínio da aplicação e das características dos usuários finais da ferramenta. A cada metáfora escolhida podem existir uma ou mais técnicas a serem aplicadas.

Com as pesquisas feitas na literatura pode-se demonstrar o uso de vários tipos de metáforas, como as disponibilizadas pela ferramenta InfoVis que utiliza ligações em forma de árvore (Figura 15), a representação de agrupamento de informações como apresentado pela ferramenta Glyphmaker (Figura 17) ou ainda, a utilização de ícones destacando alguma tipo de informação relevante (Figura 18).

O próximo capítulo contém conceitos de RV, características, vantagens e desvantagens do uso de RV como mecanismo para implementar VI, além de exemplos de aplicações desenvolvidas para diferentes áreas.

## **CAPÍTULO 2. VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO USANDO REALIDADE VIRTUAL**

Como já definido, a VI tem o objetivo de facilitar o uso das habilidades visuais do ser humano para identificação de objetos de interesse em um grande conjunto de dados ou informações textuais ou gráficas, de uma forma visual compreensível e esclarecedora, e que possam ser manipuladas por usuários.

Segundo Guimarães (2004), a RV proporciona, usando cenas tridimensionais, a possibilidade de uma maior interação com estas informações, permitindo que sejam exploradas, visualizadas e manipuladas em tempo real. São várias as áreas do conhecimento que se utilizam da VI com recursos de RV em suas aplicações, podendo destacar as áreas de Educação, Medicina, Científica e de Negócios. Existem vantagens e desvantagens nesse uso, dependendo da finalidade dos recursos aplicados.

Neste capítulo são abordados conceitos, características, vantagens e desvantagens do uso de RV na VI. São apresentados exemplos de aplicações desenvolvidas para as áreas de Visualização Geográfica, de Software, Científica, Volumétrica, Médica, Educação e de Negócios.

### **2.1. Realidade Virtual**

A RV teve seu início na década de 60, e com os avanços da Computação Gráfica interativa em tempo real ocorrida na década de 90, essa vertente tomou força. Segundo Kirner e Siscoutto (2007), a RV criou uma nova geração de interfaces, em que usuários têm uma relação mais natural com a aplicação a partir das representações tridimensionais (3D) que permitem interações mais próximas da

realidade, não limitando essa interação apenas a menus e ícones, mouse e teclado. Com a RV, tornou-se possível uma interação homem-computador mais dinâmica e interessante.

Multimídia e RV podem vir a gerar dúvidas em relação a suas diferenças, mas, apesar da RV também usar múltiplas mídias, ela enfatiza a interação do usuário com o ambiente tridimensional e a geração das imagens em tempo real (KIRNER e SISCOUTO, 2007), e isso exige capacidade de processamento gráfico para a renderização dos objetos 3D e o suporte a dispositivos não convencionais de interação.

De acordo com Kirner e Siscouto (2007) é possível destacar como comparação:

multimídia envolve imagens capturadas ou pré-processadas, prioriza a qualidade das imagens, exige alta capacidade de transmissão, usa técnicas de compressão de dados, atua no espaço 2D e funciona com dispositivos convencionais;

RV envolve imagens renderizadas em tempo real, prioriza a interação com o usuário, exige alta capacidade de processamento, usa técnicas e recursos de renderização de modelos tridimensionais e pode utilizar de dispositivos especiais.

Nos dois casos, o usuário pode ter algumas dificuldades em relação a contato com o ambiente virtual e seu domínio, e pode haver a necessidade de treinamento e adaptação.

As principais características dos ambientes e aplicações de RV referem-se ao nível de interação, imersão e navegação propiciados aos usuários (KIRNER *et al.*, 2004).

Dispositivos especiais de interação, também denominados como dispositivos não convencionais, possibilitam ao usuário uma interação mais próxima da realidade quando empregada em Ambientes Virtuais.

Vários são os dispositivos disponíveis que podem ser usados para entrada ou saída de informações como: luvas de dados que, captam os movimentos das mãos por meio de sensores; capacetes, que são denominados *Head Mounted Displays* (HMDs) e permitem uma sensação de imersão, combinando rastreadores de movimentos da cabeça, sistema de áudio e sistemas de geração de imagens (Figura 20a); óculos estereoscópicos, que geram imagens diferentes de uma mesma

cena virtual para os olhos direito e esquerdo; equipamentos hápticos que permitem o retorno de força e sensação tátil; CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) que, consiste em um conjunto de telas projetadas ao redor do usuário, formando um cubo, onde este pode dispor de dispositivos, tais como óculos estereoscópicos (Figura 20b) entre outros (CORRÊA, 2007).

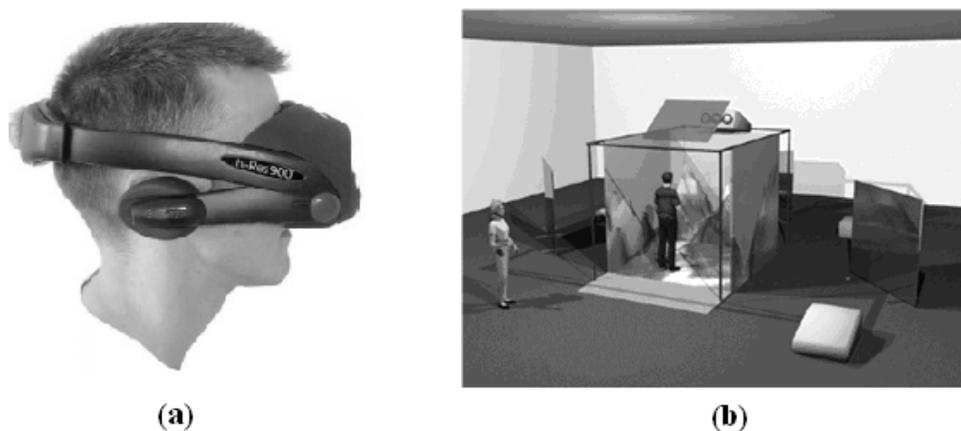


Figura 20 - Ambiente de RV – (a) capacete (b) CAVE (SILVA, 2004)

A RV também pode ser implementada com interações não imersivas, sem o uso de dispositivos especiais, evitando as limitações técnicas provenientes do uso destes dispositivos, mas também não tendo os benefícios que estes proporcionam. Como exemplo deste tipo de utilização pode ser citado Buccioli *et al.* (2006), que apresenta simulações como a de uma máquina automatizada para envasar leite. O usuário neste caso pode observar de diversos ângulos todo o processo de envasamento, inclusive ângulos inacessíveis numa máquina real, o que facilita a compreensão do processo. A Figura 21 mostra os ângulos de visualização presentes na simulação.



Figura 21 - As Diversas Câmeras Presentes na Simulação (BUCCIOLI *et al.* 2006)

## 2.2. Classificação de Dados para aplicação em VI

Em um Ambiente Virtual, a VI pode ir além da tela de um monitor de computador, pela possibilidade da interação e da navegação que a RV proporciona, por meio de imagens 3D e dispositivos não convencionais citados anteriormente. O mundo real ou situações conceituais podem ser representados, gerando um grande aumento nas possibilidades de reconhecimento da informação (SILVA, 2004).

Não são todos os tipos de aplicação que apresentam vantagens quando junta-se VI com a RV. Antes do uso da tecnologia de RV, alguns itens devem ser considerados. A verificação da classe a que pertencem os dados a serem visualizados é algo a ser observado. O Quadro 4 apresenta um critério de classificação de dados com classe de informação, tipos de valores que podem ser assumidos, natureza do domínio em que a informação está definida e a dimensão desse domínio (ESTIVALET, 2000).

Quadro 4 - Classificação de dados (ESTIVALET, 2000)

<b>Critério</b>	<b>Classes</b>	<b>Significado</b>
Classe de informação	Característica	Característica isolada, independente
	Escalar	Grandeza escalar, amostrada de uma função
	Vetor	Grandeza vetorial, amostrada de uma função
	Tensor	Grandeza física
	<b>Agregação</b>	Coleção de atributos
Tipo dos valores	Alfanumérico	Valores de identificação
	Numérico	Valores ordinais, discretos ou contínuos
	Símbolo	Sub-atributo
Natureza do domínio	Discreto	Enumeração, conjunto finito ou infinito
	Contínuo	Todos os pontos no espaço 1D, 2D, 3D, nD
	Contínuo-discretizado	Regiões no espaço 1D, 2D, 3D, nD
Dimensão do domínio	1D	Dado definido no espaço 1D
	2D	Valor associado ao espaço 2D
	3D	Valor associado à posição no espaço 3D
	nD	Valores no espaço n-dimensional

Segundo Estivalet (2000) uma vez identificadas as classes desses dados,

fazem-se necessárias as definições das tarefas que o usuário deverá ou necessitará desempenhar por meio de representação visual. Utilizando a classificação representada no Quadro 5 é possível estabelecer caminhos para a escolha da melhor forma de apresentação da informação. Um item que deve ser considerado para uma escolha de VI com RV é se na apresentação de uma informação, a visualização de todos os dados não se faz possível tecnologicamente ou é maior do que o sistema visual humano pode registrar em um momento. Além disso, não tem sentido usar RV para dados cujas representações são intrinsecamente unidimensionais ou bidimensionais.

Quadro 5 - Classificação de representações visuais (ESTIVALET, 2000)

<b>Representação visual</b>	<b>Informação que proporciona</b>
<i>Ícone</i>	Identificação do objeto em um contexto
<i>Gráficos e tabelas</i>	Propriedades estáticas dos objetos Evolução das propriedades no tempo
<i>Mapas e diagramas/redes</i>	Estrutura de objetos complexos Propriedades estáticas dos objetos Estado do comportamento dos objetos
<i>Imagens</i>	Modelo geométrico de um objeto Propriedades estáticas dos objetos Propriedades estáticas mapeadas em um modelo geométrico Estado do comportamento de um objeto
<i>Seqüência de mapas, diagramas, redes ou imagens</i>	Comportamento de um objeto

A necessidade de manipulação, análise e visualização dos dados também é um item favorável à utilização de RV em VI.

### **2.3. Vantagens e Desvantagens na Utilização de Visualização de Informação com RV**

Ferramentas de VI com utilização de RV têm algumas vantagens e também

desvantagens focadas em vários aspectos.

Segundo Kirner e Siscouto (2007) ambientes de RV amplificam a capacidade das pessoas em avaliarem informações tridimensionais, na medida em que flexibilizam a atuação no espaço 3D e permitem o uso de interações multimodais, possibilitando maior riqueza de detalhes, melhores técnicas de interação e melhor desempenho. O mesmo mencionado por Santos *et al.* (1999), quando destaca que a utilização de técnicas multimídia para codificar informação e apresentar esta informação num espaço perceptual 3D aumenta a capacidade de avaliação de informação com a qual as pessoas são capazes de interagir. E ainda acrescenta que quando objetos apresentados na forma 3D são usados em substituições a objetos 2D, a complexidade de percepção é menor.

A interação proporcionada ao usuário no contexto da RV para VI também é tratada no trabalho de Berti (2004), que afirma que por meio de ambientes 3D tem-se a possibilidade de navegar e explorar objetos representativos dos registros fornecendo uma compreensão mais rápida do conjunto de dados, além da possibilidade de acesso aos dados individualmente. A possibilidade da representação de um grande volume de dados em um pequeno espaço é outra vantagem, pois em ambientes bidimensionais por vezes a representação não é representada de forma adequada.

Essa tecnologia pode colaborar no processo cognitivo de um aprendiz, proporcionando a experimentação prática do conteúdo em questão, de forma similar ao que ocorre com o uso de laboratórios didáticos principalmente quando é usada nas áreas da educação, medicina e treinamento (KIRNER, 2004).

Uma das possíveis desvantagens desta tecnologia é a eventual necessidade de dispositivos não convencionais como interface de operação das simulações, pois, devido ao alto custo, estes podem constituir limitações ao uso efetivo das aplicações de VI baseado em RV. Além disso, pode existir a dificuldade na utilização e a necessidade, por muitas vezes, de treinamento para o uso desses dispositivos.

Alguns aspectos das representações visuais transformam-se em problemas se mecanismos de interação não forem projetados para minimizar o seu impacto no processo de percepção. Aspectos como oclusão de objetos, desordem visual e desorientação visual dificultam a interpretação das informações pelo usuário. A oclusão de objetos ocorre quando existe um grande volume de informações e alguns elementos sobrepõem-se a outros. A desordem visual é decorrente da dificuldade de

reconhecimento e interpretação (pelo usuário) de muitos elementos (não necessariamente sobrepostos) presentes na visualização, o que força uma sobrecarga no seu sistema cognitivo (BERTI, 2004).

No entanto, a inclusão de objetos do mundo real que possuem itens como volume (visualização 3D) e relacionamento entre eles (por exemplo, moléculas, corpo humano, prédios), oferece ao usuário a possibilidade de explorar o espaço 3D facilitando a visualização e entendimento.

Mesmo na RV não imersiva, “os dispositivos baseados nos outros sentidos acabam oferecendo algum grau de imersão à RV com o uso de monitores, mantendo sua caracterização e importância” (ROBERTSON *et al.*, 1994 **apud** BERTI, 2004).

A escolha do uso ou não de representações de RV depende muito da finalidade da aplicação dos recursos disponíveis para essa utilização, além de uma análise adequada da real necessidade do emprego desta tecnologia. Às vezes esta pode não atender aos objetivos propostos, ou até mesmo, pode prejudicar o entendimento. Um exemplo disso é a utilização desnecessária de um ambiente tridimensional quando os dados podem ser perfeitamente representados em um gráfico bidimensional.

Em resumo, o uso de RV pode ser útil para VI por oferecer a possibilidade da representação de um grande volume de dados em um pequeno espaço, tornando maior e mais rápida a capacidade das pessoas em avaliarem informações por meio de recursos de RV como, interação, navegação e exploração de dados relevantes. Além disso, pode proporcionar o acesso aos dados individualmente.

## **2.4. Aplicações de VI com RV**

A seguir são apresentados alguns trabalhos cujo enfoque principal é a criação de ferramentas de visualização usando RV para diversas áreas.

### 2.4.1. Visualização Geográfica

Em Visualização Geográfica encontram-se os SIG. É apresentado a seguir um caso de simulação de transformação nas paisagens de mineração de ferro a céu aberto por Moura e Morim (2007).

A simulação tem como objetivo relatar um roteiro metodológico e dar subsídios para escolhas de localizações de cortinas de vegetação e posicionamento de outros elementos amenizadores do impacto visual entre outras informações. A Figura 22(a) e a Figura 22 (b) apresentam a construção de mapas que classificam os diferentes segmentos de uma paisagem segundo o grau de visibilidade.

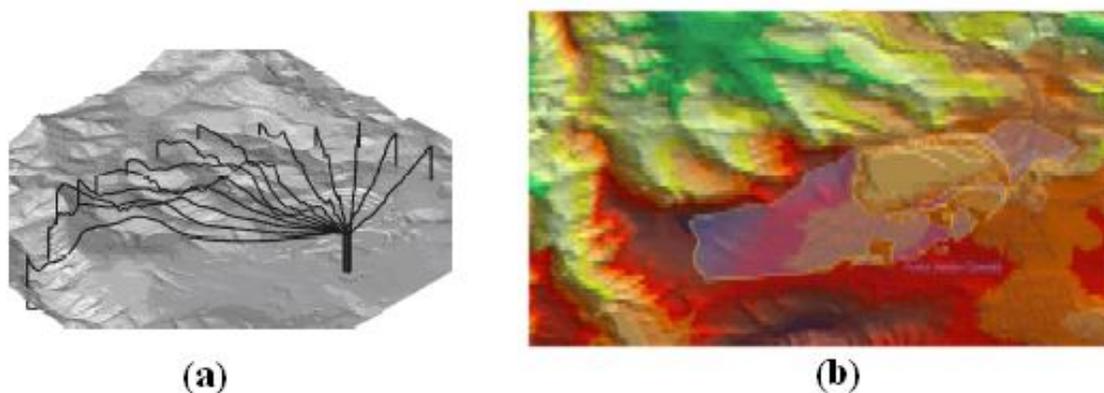


Figura 22 - Visão em 3D – (a) destaque de alguns traçados a partir de um ponto de visado (b) Encaixe da mancha de visibilidade no modelo 3D (MOURA e MORIM, 2007)

### 2.4.2. Visualização de Software

Maitino Neto (2006) construiu uma ferramenta de visualização de software para visualização tridimensional de programas orientados a objetos. A ferramenta tem como metáfora formas primitivas da API Java 3D (Figura 23a) com recursos de cores, transparências, tamanhos e formas diferentes para cada tipo de componente, como apresenta na Figura 23b.

A ferramenta foi construída em Java 3D e permite exibir a estrutura de complexos programas em Java. A interação com o usuário é feita por meio da utilização do mouse. O usuário pode navegar por vários ambientes tridimensionais que detalham classes e seus relacionamentos, métodos, atributos das classes e tipo dos atributos. São permitidas aplicações de *zoom* e rotação na exibição das classes analisadas (Figura 23c).

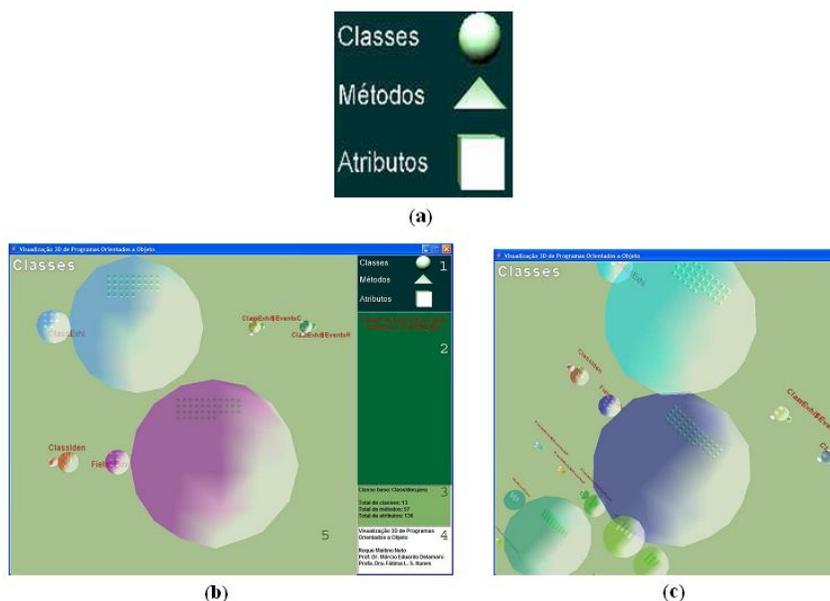


Figura 23 - (a) Metáforas utilizadas na ferramenta; (b) Tela de Execução inicial da ferramenta; (c) Rotação e *Zoom* na classe (MAITINO NETO, 2006)

Na mesma linha de pesquisa, Balzer *et al.* (2004) apresentam um trabalho de visualização de software que permite a visualização de hierarquia de pacotes, classes, métodos e atributos. Segundo os pesquisadores, uma das metáforas utilizadas em VI é a *landscape*, que tem como característica a hierarquia de diferentes níveis de abstração, como a divisão do mundo em continentes e estes em países. Neste trabalho os pacotes são representados por esferas que armazenam outras esferas em vários padrões de cor e tamanho e representam o nível de hierarquia de cada pacote (Figura 24). Os métodos e atributos também são criados (Figura 24). Dependendo do número de informações, em alguns casos as esferas são criadas de cor opaca, ou até mesmo invisível, para não haver excesso de informação visual. O tamanho e a cor das esferas variam de acordo com o ponto de vista (Figura 25).

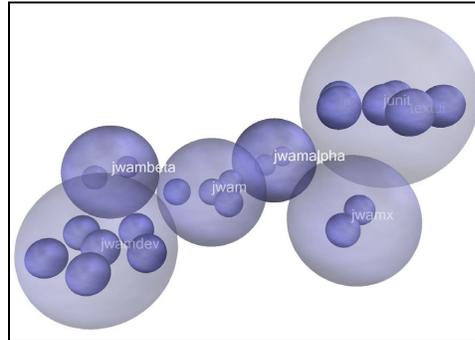


Figura 24 - Representação da Hierarquia de Pacotes (BALZER *et al.*, 2004)

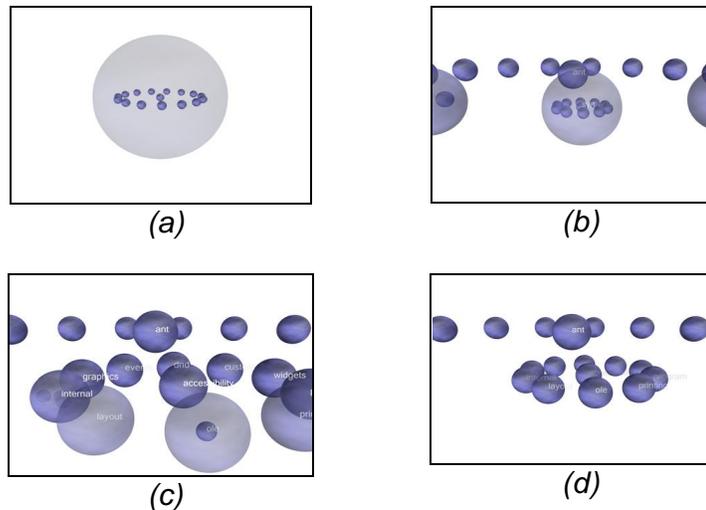


Figura 25 - Mudança de tamanho, cor e *zoom* (BALZER *et al.*, 2004)

Discos representam as classes, métodos e atributos são posicionados nestes discos em forma de cubos. A diferenciação é feita a partir do tamanho e cor, conforme mostra a Figura 26a. Os relacionamentos entre classes, chamadas de métodos e acessos a atributos são representados por linhas que conectam as entidades (Figura 26 b).

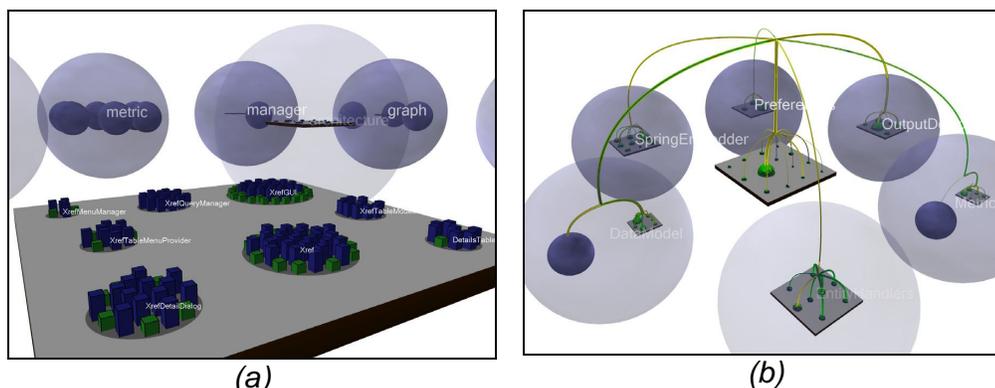


Figura 26 - (a) Demonstração de Pacotes, classes, métodos e atributos. (b) Conexão entre entidades (BALZER *et al.*, 2004)

### 2.4.3. Visualização Científica

No campo da Visualização Científica, em uma pesquisa aplicada a atividades em uma subestação de energia elétrica, Miranda *et al.* (2006) usa interface 3D, integrando X3D e banco de dados por meio de páginas implementadas utilizando ASP.NET (ASP, 2008). A interação possibilita uma forma eficiente para prover o acesso e a visualização de informações sobre equipamentos ou quaisquer objetos contidos em um ambiente virtual.

O sistema permite visualizar informações fotométricas sobre as fontes de luz instaladas de forma interativa e dinâmica. O Objetivo principal é usar a tecnologia 3D para gerenciar, acessar e visualizar informações da subestação. O protótipo desenvolvido permite consultar informações sobre os equipamentos e outros objetos da cena por meio de interações com o ambiente virtual (Figura 27).

O sistema pode ser explorado usando dispositivos típicos de sistemas de RV como óculos para visão estereoscópica, ou ainda dispositivos móveis como computadores de mão e acesso móvel à Internet.

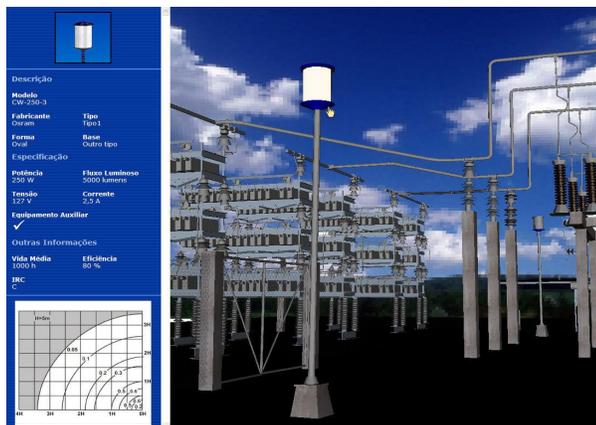


Figura 27 - Interface para navegação e acesso a informações (MIRANDA *et al.*, 2006)

Na mesma linha de pesquisa, Buriol (2006) apresenta um trabalho que enfatiza o uso de RV como interface para Visualização Científica, mais especificamente para a visualização de campos de grandezas físicas, integrada (ou combinada) à visualização de modelos geométricos de engenharia (modelos CAD – *Computer Aided Design*) utilizando como interface um ambiente virtual 3D escrito em VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), como mostra a Figura 28.

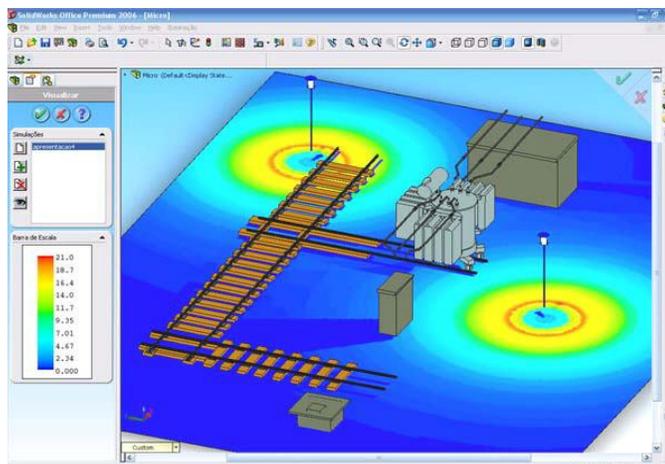


Figura 28 - Exemplo de Simulação Realizada (BURIOL, 2006. pg 86)

#### 2.4.4. Visualização na Área Médica

A ferramenta *VRVis*, segundo Berti (2004) é uma Ferramenta de RV para VI

desenvolvida para atender profissionais que contenham uma base de imagens de dados médicos com grande volume de informações, com o objetivo de aumentar a percepção do usuário em relação às características mais relevantes dos dados pesquisados.

O usuário seleciona parâmetros de consulta em uma interface convencional, e opta por um dos dois modelos de representação gráfica oferecidos. Os registros são filtrados e a cena 3D é gerada e liberada para navegação em ambiente de RV não imersiva, possibilitando uma visão genérica dos dados e uma observação detalhada das informações mais relevantes.

Com a finalidade de facilitar a utilização pelos usuários, os parâmetros de consulta foram os mesmos utilizados por Nunes *et al.* (2004), conforme mostra a Figura 29.

Figura 29 - Tela de seleção de parâmetros da ferramenta de visualização VRVis (BERTI, 2004)

Visando a disponibilidade da ferramenta em computadores sem muita exigência de hardware ou software, as metáforas de representação utilizadas foram a de uma árvore ou uma 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. A imagem do triângulo representa em ordem decrescente o grau de relevância de cada registro. As Figura 30(a) e Figura 30(b) mostram as cenas geradas em ambiente tridimensional.

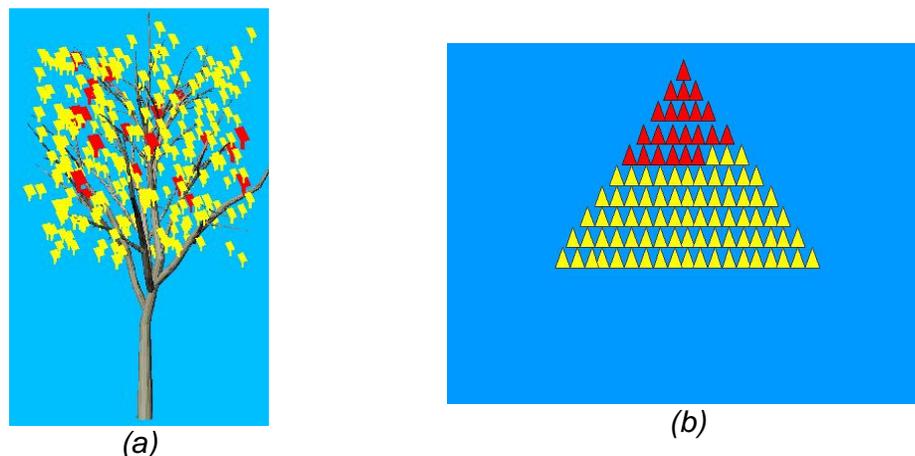


Figura 30 - (a) Representação dos dados usando metáfora de árvore (b) Representação de dados utilizando metáfora de pirâmide (BERTI, 2004)

Movimentos de translação e rotação executados com o mouse permitem manipulação dos objetos do ambiente. Deste modo, é estabelecido o vínculo entre usuário, objetos do ambiente virtual e os registros do banco de dados (BERTI, 2004), conforme pode ser visto na Figura 31.

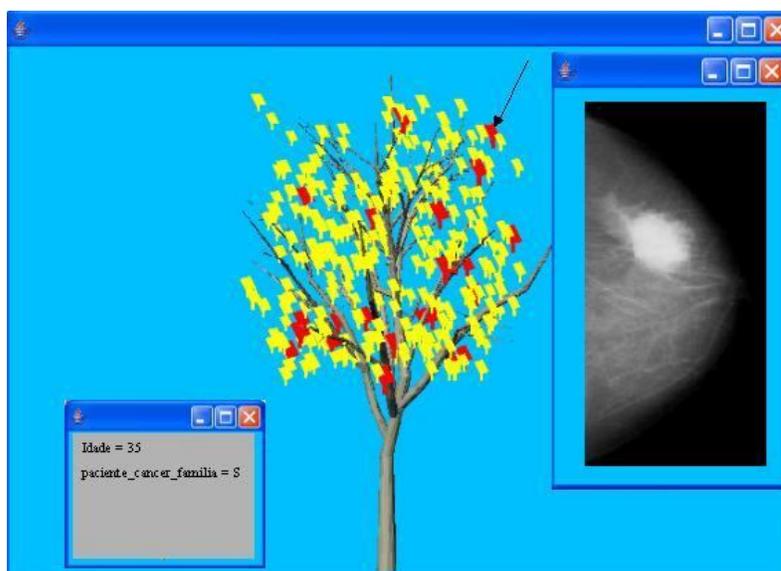


Figura 31 - Acesso aos dados dos registros representados pelo VRVis (BERTI, 2004)

Deve-se ainda destacar que o filtro dos dados é executado a partir de consultas que acessam o SGBD MySQL, que é um gerenciador de banco de dados gratuito e de código aberto e utiliza a linguagem de programação SQL (MySQL, 2010). As metáforas para visualização em 3D foram modeladas pela ferramenta

3DStudio Max e o desenvolvimento do sistema foi realizado em Java, usando a API Java 3D.

Berti (2004) ainda destaca que em uma comparação da apresentação da seleção de informações em uma pesquisa, uma representação 3D pode agilizar a busca e facilitar o entendimento do resultado já que em um texto (no caso do exemplo: uma tabela), a dificuldade de percepção do resultado seria muito grande, sendo que na imagem 3D as cores e disposição das imagens permitem percepção quase imediata. As diferenças de percepção entre uma representação textual e de forma visual podem ser vistas respectivamente nas Figura 32 (a) e (b).

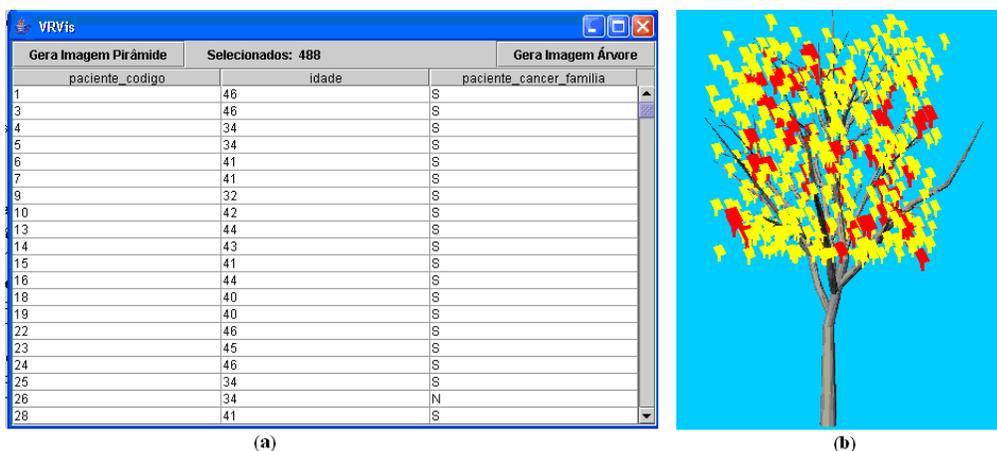


Figura 32 - Resultados de uma consulta fornecidos pelo VRVis: (a) Forma textual, (b) Forma visual (BERTI, 2004)

## 2.4.5. Visualização na Área de Educação

Na área da educação pode ser citada a ferramenta *InterMap*, que utiliza técnicas de VI para mapear graficamente dados armazenados pelas ferramentas de comunicação do TelEduc, um ambiente para suporte ao ensino/aprendizagem a distância na Web (ROMANI, 2000).

Uma das interfaces oferecidas pela ferramenta é a de gerenciamento de correio em que é possível enviar mensagens para todos os componentes do curso. Essa forma de visualização permite a manipulação direta como forma de Interação Humana.

Entre as tarefas disponíveis ao usuário está a seleção de um nó do grafo, facilitando a visualização do grupo a ele relacionado, como está ilustrado na Figura 33. Nesta figura, a cor azul representa professores e a cor laranja é relacionada aos alunos.

Além disso, é possível modificar a apresentação do grafo selecionando um nó e arrastando-o com o mouse. Com isso, o usuário tem liberdade para manipular o grafo, distribuindo os nós da forma que melhor lhe convier. A ferramenta ainda permite ao usuário direcionar ou diminuir a informação mapeada.

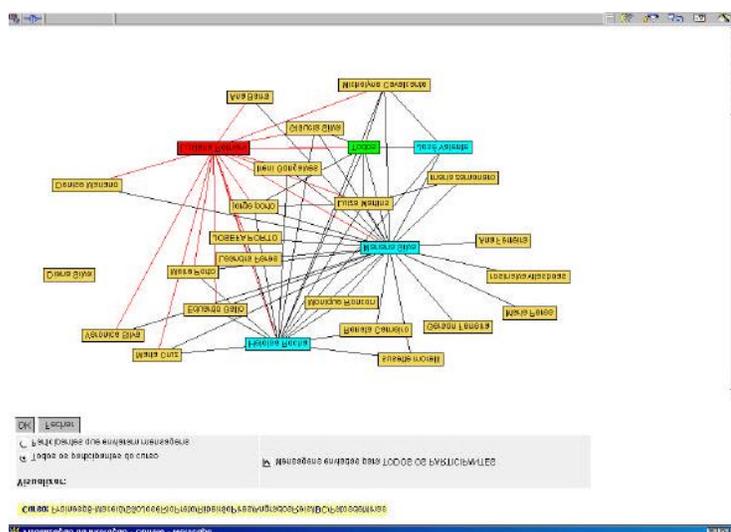


Figura 33 - Visualização com nó e arestas em destaque (ROMANI, 2000)

## 2.4.6. Visualização de Negócios

Como foi mencionado anteriormente, a Visualização de Negócios é uma das vertentes da VI e que hoje é usada para auxiliar os administradores e organizadores a sobreviver às mudanças do futuro.

Citada por ESTIVALET (2000), a ferramenta IVEE (*Information Visualization and Exploration Environment*), é voltada para criação de representações visuais de dados obtidos a partir de consultas feitas a banco de dados. A ferramenta permite que usuários especifiquem, em forma de texto, relacionamentos referentes à oportunidade de emprego, preço de casa e índices de criminalidade, e também

atributos desses relacionamentos para consultas dinâmicas em banco de dados ou planilha eletrônica (Figura 34). IVEE demonstra como um sistema de visualização pode ser projetado para automatizar a tarefa da criação de visualização e manipulação de objetos, permitindo aos usuários se concentrarem diretamente na tarefa exploratória.

A visualização básica do IVEE é o *starfield*. Um *starfield* é similar a um diagrama de dispersão, mas tem características adicionais para *zooming*, detalhamento, rotações, etc.

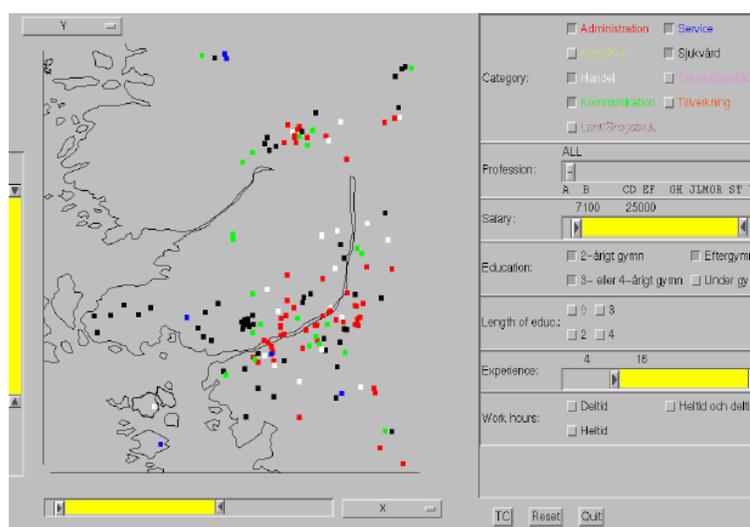


Figura 34 - Visualização gerado pelo IVEE (ESTIVALET, 2000)

Citado por Bueno (2005), a META3D é uma ferramenta de VI no espaço tridimensional que oferece um ambiente integrado para importação de dados textuais, com utilização de técnicas estatísticas e de VI para a representação dos dados.

Oferece ao usuário um ambiente gráfico integrado, implementado com as linguagens de programação Java e VRML para a modelagem do ambiente 3D. Oferece os recursos de importação de arquivos textuais e numéricos (Figura 35a), análise estatística dos dados, configuração das variáveis e dos dados para visualização (Figura 35b), configuração dos parâmetros para a classificação dos dados por ordem de relevância (Figura 36) e escolha e configuração do tipo de visualização desejada (Figura 37). O sistema gera uma visualização 3D que utiliza as técnicas de face de Chernoff (Figura 38) e de coordenadas paralelas mistas e exclusivas (Figura 39 e Figura 40), permitindo navegação.

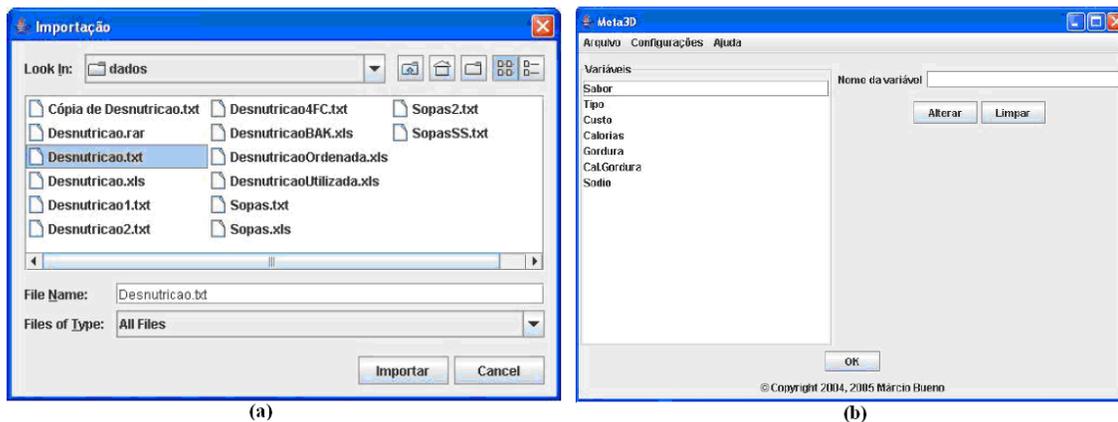


Figura 35 - Telas: (a) importação de arquivos e de (b) Títulos das variáveis (BUENO, 2005)

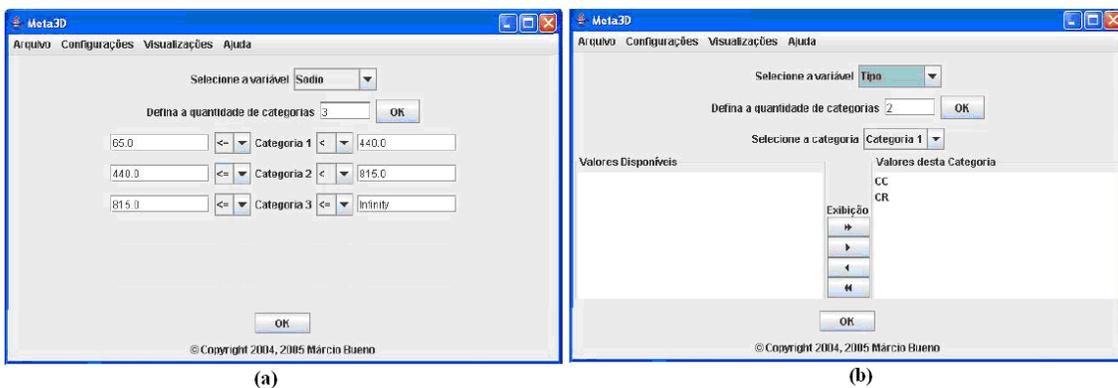


Figura 36 – Telas: (a) categoria de variáveis Textuais e (b) Numéricas (BUENO, 2005)

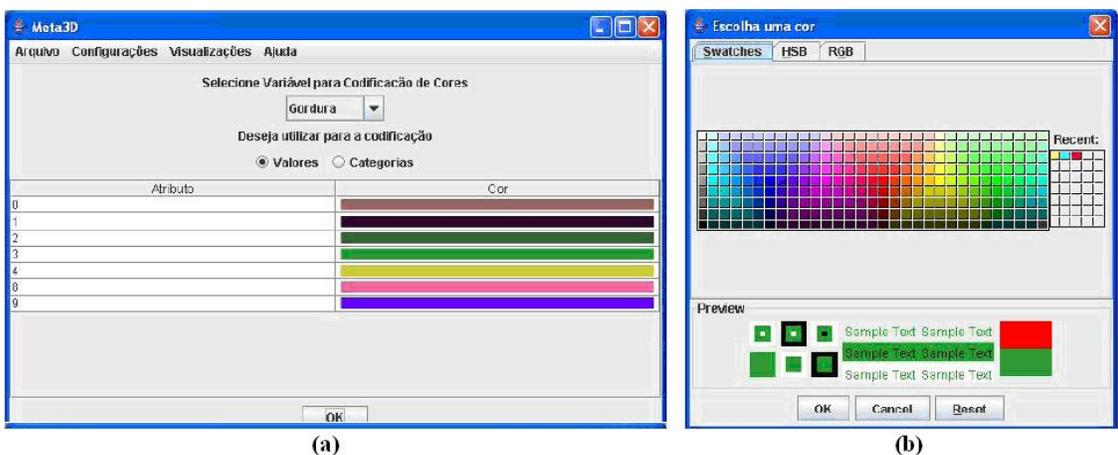


Figura 37 – Telas: (a) codificação de cores e (b) escolha de cores (BUENO, 2005)

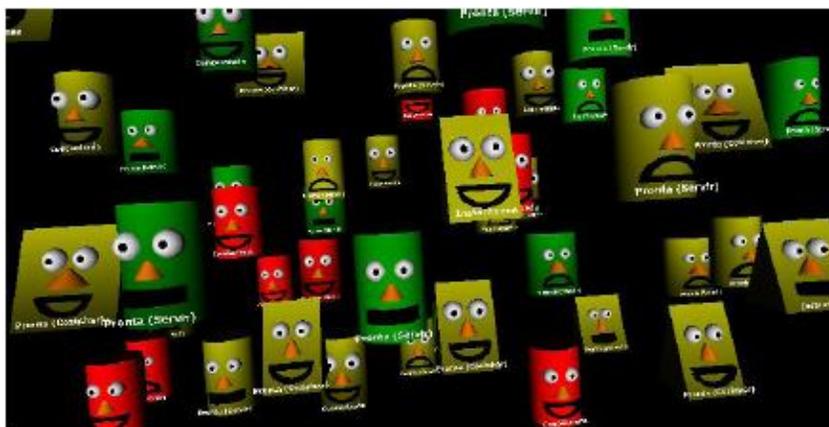


Figura 38 - Visualização das faces de Chenoff (BUENO, 2005)

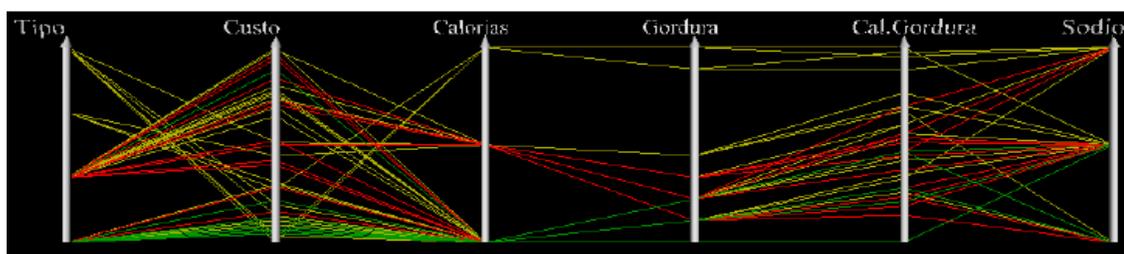


Figura 39 - Visualização de coordenadas paralelas Mistas (BUENO, 2005)

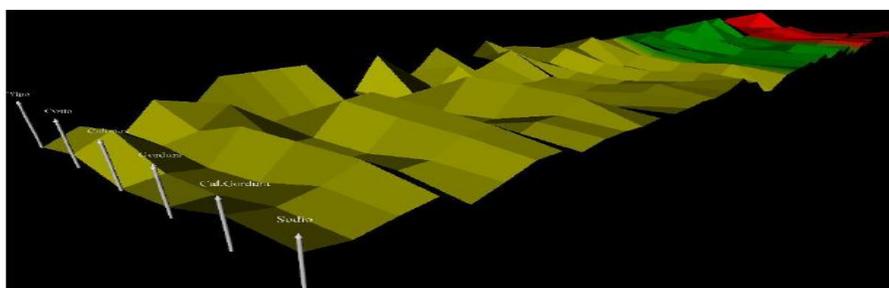


Figura 40 - Visualização de coordenadas paralelas extrusivas (BUENO, 2005)

## 2.5. Considerações Finais

A RV está presente hoje em diversas áreas como a de pesquisa geográfica, auxílio ao aprendizado, controle de processos, treinamento de profissionais em diversas áreas, e outros vários tipos de aplicações.

A aplicação da RV em VI pode proporcionar aos usuários a possibilidade de um melhor entendimento de um grande volume de dados, além de possibilitar vários

pontos de vista e possibilidade de interação com diversos tipos de equipamentos.

A opção de utilizar recursos de RV depende muito da aplicação e o fim desejado. O uso de equipamentos não convencionais em VI torna-se mais difícil devido ao custo da aquisição dos equipamentos, à necessidade de treinamento para utilização desses equipamentos e ao entendimento na utilização da ferramenta e de seus resultados. Mas, aplicações que utilizam tecnologia não imersiva, são plenamente viáveis porque não há necessidade do usuário adquirir tais dispositivos.

Das aplicações de VI com RV apresentados neste capítulo, as ferramentas criadas por Balzer *et al.* (2004) e Maitino Neto (2006) tem como ponto forte a utilização de formas primitivas da API Java 3D fazendo uso de recursos de transformação visual (cor, tamanho e forma) para a representação de estruturas diferentes. O trabalho de Berti (2004) o destaque pode ser dados pela utilização de duas metáforas diferentes para representar o mesmo dado. Em Bueno (2005) o destaque maior pode ser observado pelo uso das técnicas de face de Chernoff (Figura 38) que além de bem representar o agrupamento de informações, também possibilita a visualização da diferença de um determinado dado modificando apenas o seu formato ou característica da figura, como exemplos, bocas representando satisfação ou insatisfação, cores representando qualidade, formato da face determinando um tipo de produto.

O próximo capítulo apresenta a ferramenta *VRVis Manager*, com detalhes de sua estrutura e seu funcionamento.

### **CAPÍTULO 3. *VRVIS MANAGER* – FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO NA ÁREA DE NEGÓCIOS**

O aumento da necessidade de profissionais para a análise e interpretação de grandes volumes de dados armazenados em diversos tipos de SGBDs favorece o desenvolvimento de ferramentas adequadas para tais finalidades. Soma-se a isso o tempo necessário para o cumprimento de tarefas e o anseio de representações visuais que facilitem a compreensão dos dados e dos seus relacionamentos, levando à necessidade de ferramentas de auxílio à pesquisa e à tomada de decisão.

Aplicações desenvolvidas para estes fins crescem a cada dia, mas em sua grande maioria são direcionadas a situações específicas, atendendo apenas a um pequeno grupo de usuários. Ferramentas que atendam um maior número de pessoas de áreas diferentes e com objetivos diferentes ainda são encontradas em pequeno número. As existentes, em sua maioria são focadas à pesquisa na Internet.

Este capítulo apresenta a ferramenta *VRVis Manager* construída para VI oriunda de Bancos de Dados de empresas com foco na área de negócios. Seu objetivo é auxiliar profissionais na compreensão das informações contidas em seus bancos de dados, podendo contribuir com a tomada de decisão em relação aos diversos aspectos das organizações. Para atingir seu objetivo, utiliza recursos de RV para proporcionar a visualização de informações em ambientes tridimensionais.

O público-alvo é composto por usuários de qualquer área de aplicação que tenha um grande volume de dados armazenados em SGBDs corporativos e necessite de mecanismos que favoreçam a sua compreensão.

O desenvolvimento da presente ferramenta teve como referências os parâmetros utilizados na ferramenta *VRVis*, desenvolvido por Berti (2004), que teve o objetivo de fornecer mais rapidez a pesquisadores da área médica na percepção de informações provenientes de uma base de dados contendo dados pessoais, exames e estruturas encontradas em imagens mamográficas de pacientes, visando o auxílio na detecção precoce do câncer de mama. Permite pesquisa a SGBD *MySQL* e oferece dois tipos de metáforas de apresentação dos resultados, conforme

descrito anteriormente. Ficou constatada a eficácia da ferramenta em relação ao seu propósito e indicada para trabalhos futuros a expansão da modelagem a outras bases de dados, criando-se uma ferramenta genérica de visualização de dados.

A ferramenta *VRVis Manager* tem como objetivo expandir a abrangência da ferramenta *VRVis* de Berti (2004) em relação a SGBDs suportados, parâmetros para filtros e metáforas, fornecendo ao usuário a possibilidade de seleção de imagens a ser usada como metáfora mais adequada de acordo com o conjunto de dados a ser representado, permitir o reaproveitamento de pesquisas já realizadas e armazenadas em um arquivo de histórico. Acredita-se que a presente ferramenta, em relação à literatura pesquisada, apresenta como diferenciais: atender à profissionais de organizações de diferentes setores (comércio, indústria, escola, clínicas, etc), oferecer a possibilidade de escolha de SGBDs dentre os atualmente mais utilizados pelas organizações: *MySQL*, *PostgreSQL* (PostgreSQL, 2010), *FireBird*, (Firebird, 2010) e *Oracle* (ORACLE, 2010) bem como a possibilidade de escolha das tabelas, seleção de parâmetros e filtros dos atributos das tabelas selecionadas, possibilidade de opção dentre metáforas como faces de *Chernoff* e imagens selecionadas pelo usuário, armazenamento do histórico dos acessos dos usuários a fim de possibilitar a reutilização dos mesmos parâmetros em solicitações posteriores.

Para a criação da ferramenta, foi utilizada a linguagem de programação Java (DEITEL, 2003; MANZANO, 2006), junto com API Java 3D (SUN, 2010). Para implementação das classes, foram empregadas as ferramentas *CASE Eclipse SDK* e *NetBeans*, respectivamente para escrita dos códigos e elaboração das interfaces, além do SGBD *MySQL* como suporte para o Banco de Dados.

### **3.1. Visão Geral da Ferramenta *VRVis Manager***

A Figura 41 mostra a estrutura da ferramenta e as possibilidades de interação com o usuário.

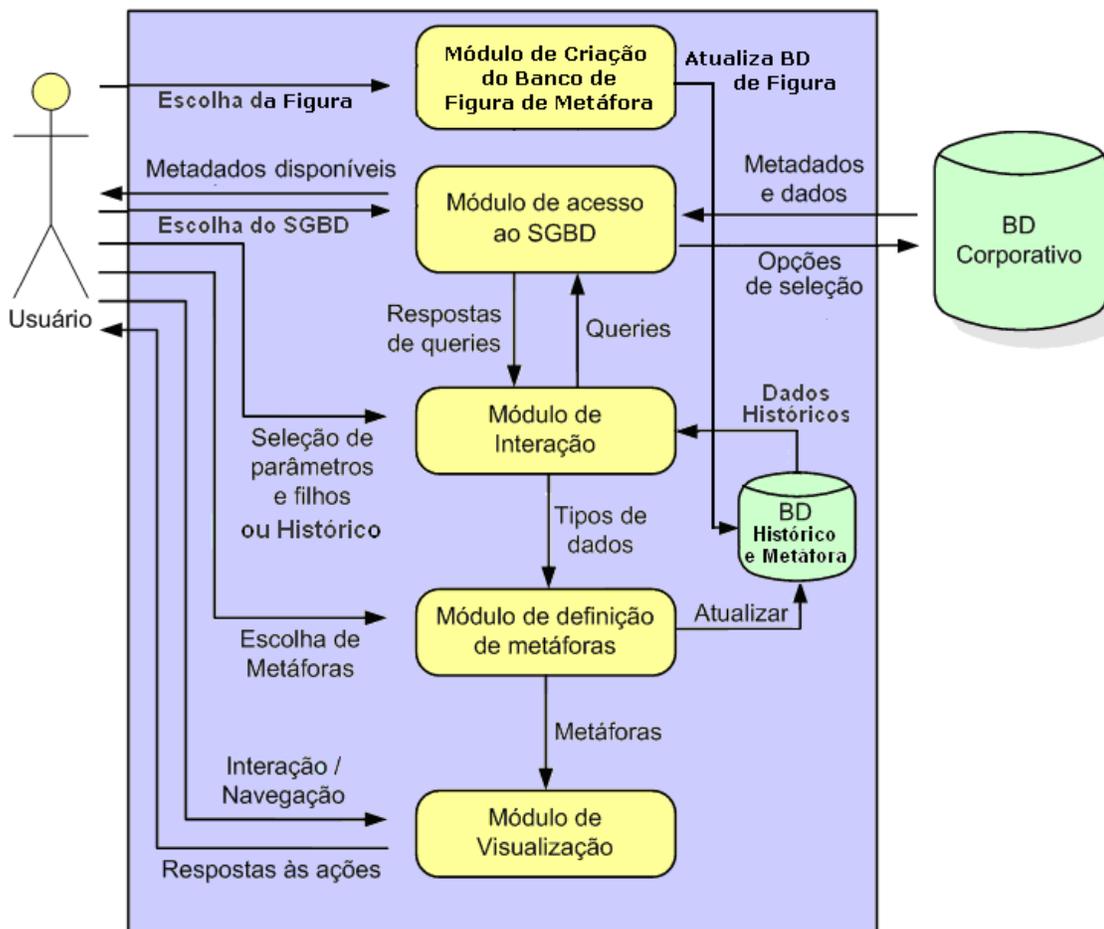


Figura 41 - Estrutura da Ferramenta *VRVis Manager*

A estrutura da ferramenta apresentada pela Figura 41 é composta pelos seguintes módulos: criação de banco de imagens para metáfora; acesso a um SGBD Corporativo; interação com dados do SGBD acessado; definição da cena 3D e visualização e interação com cena 3D gerada. A interação do usuário com a ferramenta pode acontecer em todos os módulos citados, cada um conforme as seguintes características:

- criação de banco de imagens: permite captura de imagens que poderão ser utilizadas como metáfora no módulo de visualização, estas imagens são armazenadas em uma estrutura de dados criadas especificamente para uso da ferramenta;
- acesso a um SGBD Corporativo: permite a escolha do SGBD a ser explorado e disponibiliza os metadados deste banco;
- interação com dados: permite a seleção de parâmetros e filtros dos dados do banco selecionado, ou ainda, na escolha de uma pesquisa

anteriormente realizada e armazenada em uma tabela de históricos;

- definição da cena 3D: escolha de imagens para visualização da cena final. Esta etapa é descartada no caso da seleção de um histórico, passando diretamente para a execução do módulo de visualização final. Também disponibiliza a opção de gravação das características da cena 3D gerada, permitindo uma futura visualização da mesma cena;
- visualização final: interação com a cena 3D gerada.

A seguir são apresentadas a modelagem do sistema e a descrição do funcionamento da ferramenta com detalhamento das características de cada módulo.

### **3.2. Estrutura da Ferramenta *VRVis Manager***

Uma vez conhecido o problema com profundidade, a implementação da ferramenta *VRVis Manager* foi iniciada com a modelagem utilizando a *Unified Modelling Language* - UML (UML, 2010). Dentre os diagramas disponíveis na UML, utilizou-se o diagrama de classes para a especificação do sistema. Para permitir uma melhor organização e melhorar a arquitetura de referência no reaproveitamento das classes desenvolvidas em projetos futuros, optou-se por organizar tais classes em pacotes, estruturas que permitem agrupar classes relacionadas. A ferramenta *VRVis Manager* está estruturada em três pacotes: **Banco** (classes para acesso e atualização dos bancos de dados), **Interfaces** (classes com a estrutura das interfaces de interação com o usuário), e **Metafora** (classe com estrutura de criação das metáforas 3D).

### 3.2.1. Pacote Banco

Para gerenciar as funções de disponibilizar ao usuário a escolha de um banco de dados para visualização das informações, o armazenamento prévio de imagens para criação de metáforas e o armazenamento de histórico referente a pesquisas realizadas foi criado o pacote **Banco** (Figura 42). O pacote **Banco** é composto pelas classes **BDConexao**, **BDTabela**, **BDAtributo**, **BDMetaforaFigura** e **BDHistorico**. Estas classes manipulam a conexão, armazenamento e leitura dos dados, disponibiliza acesso às informações referentes aos dados armazenadas no banco de dados selecionado pelo usuário, bem como o gerenciamento do banco de imagens para metáforas e históricos.

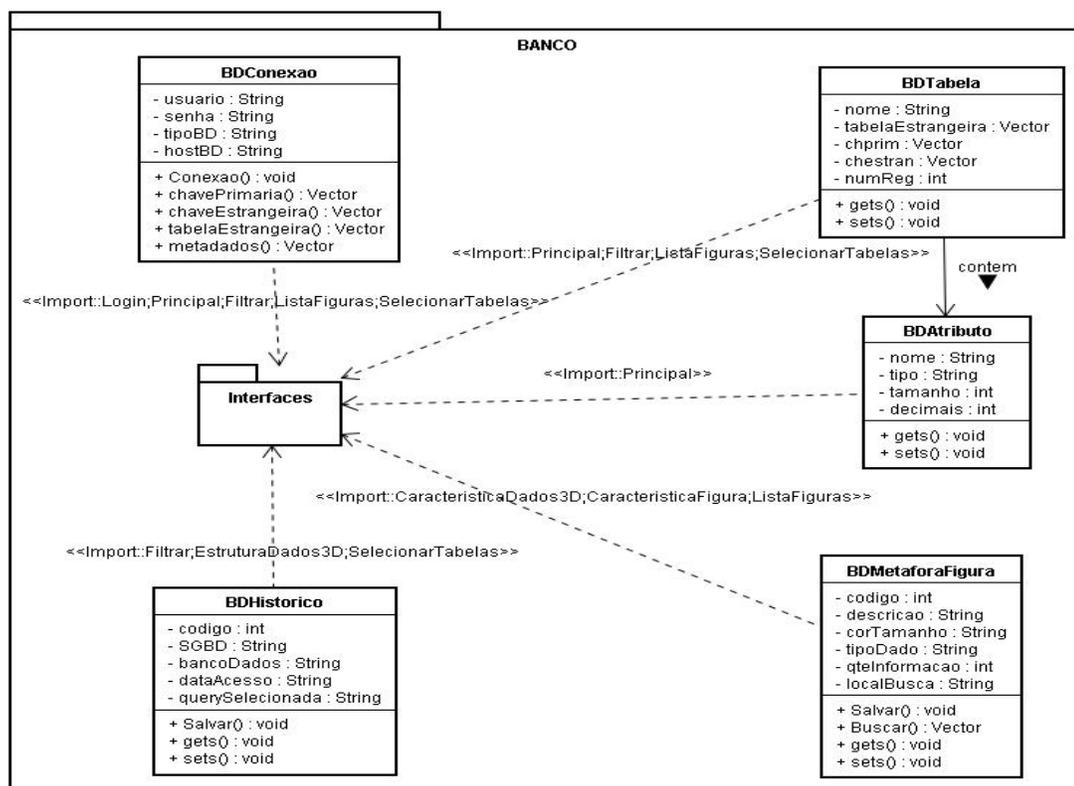


Figura 42. Diagrama de Classes – Pacote Banco

Para o acesso ao banco de dados do usuário e sendo a estrutura desse banco desconhecida da ferramenta, a classe **BDConexao** disponibiliza métodos

para conexão, localização e análise dos metadados da estrutura encontrada, procedendo a disponibilização das seguintes informações de cada tabela: chave primária, chave(s) estrangeira(s) para identificação de tabelas pais e filhas, e os registros com seus atributos e dados. Com essas informações disponibilizadas, as características das tabelas são lidas pela classe **BDTabela** e seus atributos pela classe **BDAttributo**. Estas classes possibilitam a criação posterior da cena 3D da estrutura do banco de dados selecionado e a visualização dos atributos para escolha de parâmetros para filtro e definição da metáfora da cena final.

As classes **BDMetaforaFigura** e **BDHistorico** têm métodos que permitem conectar, salvar e listar tabelas. Elas dão suporte à escolha e armazenamento de imagens para metáfora e ao acesso ao histórico de consulta. As informações acessadas por essas classes são armazenadas em um Banco de Dados usando o SGBD *MySQL*, denominado “metáfora” que contém as tabelas “figuras”, “histórico” e “itemhistorico”.

### 3.2.2. Pacote Interfaces

Para a interação do usuário com a ferramenta foi criado o pacote Interfaces (Figura 43), que contém as classes: **Principal**, **CaracteristicaFigura**, **Login**, **SelecionarTabelas**, **Filtrar**, **ListarFiguras**, **VerFiguras**, **PaletaCor**, **EstruturaDados3D** e **CaracteristicasDados3D**.

A classe **Principal** contém o método *main* (método de execução da ferramenta) e disponibiliza uma interface de interação com o usuário que oferece as opções de conexão com o banco de dados (classe **Login**), possibilita a criação, busca e armazenamento de imagens para metáfora (classe **CaracteristicaFigura**), além da opção de seleção de tabelas para visualização (classe **SelecionarTabelas**).

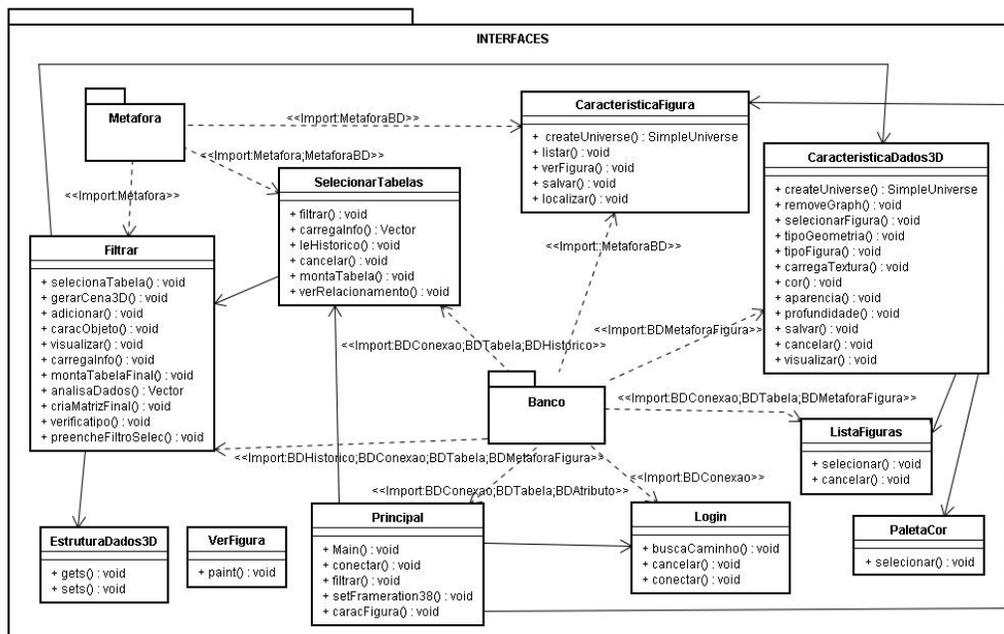


Figura 43. Diagrama de classes – Pacote Interfaces

**CaracteristicaFigura** é uma classe implementada para disponibilizar ao usuário a possibilidade de armazenamento na tabela “figuras” do banco “metáfora” as características de imagens selecionadas pelo próprio usuário com opção de determinar a essa imagem características como: melhor forma de representação (cor ou tamanho), tipo de dado que melhor representa, caminho para busca da imagem e tipo da imagem (simples ou item de grupo).

A classe **Login** permite ao usuário a escolha de um SGBD, o caminho para localização do banco, nome do usuário e senha para acesso ao banco de dados. Esta classe faz chamada à classe **BDConexao**.

A classe **SelecionarTabelas** tem propriedades e métodos que possibilitam ao usuário a escolha de uma tabela principal para visualização em forma tridimensional desta e seus relacionamentos em primeiro nível, além de permitir o acesso à classe **Filtrar**, utilizada para implementar mecanismos de filtragem, permitindo escolha de atributos para totalização e filtros para criação de uma consulta. A partir das seleções efetuadas, compõe um comando *SQL*, cujo resultado da execução disponibiliza atributos para criação da cena 3D.

A classe **CaracteristicasDados3D** vincula um atributo selecionado na consulta, com figuras geométricas primitivas ou com imagens armazenadas na tabela “figura” que podem ser visualizadas com execução de métodos

implementados nas classes **ListarFiguras** e **PaletaCor**.

A classe **EstruturaDados3D** organiza e apresenta a cena 3D final. A classe **Filtrar** contém um método que permite armazenar as características da consulta para uma posterior pesquisa.

### 3.2.3. Pacote Metáfora

O pacote **Metáfora** (Figura 44) contém as classes que geram as metáforas 3D, e é composta pelas classes: **Metáfora**, **FaceChernof**, **MetaforaBD** e **PrimitivaGeometrica**.

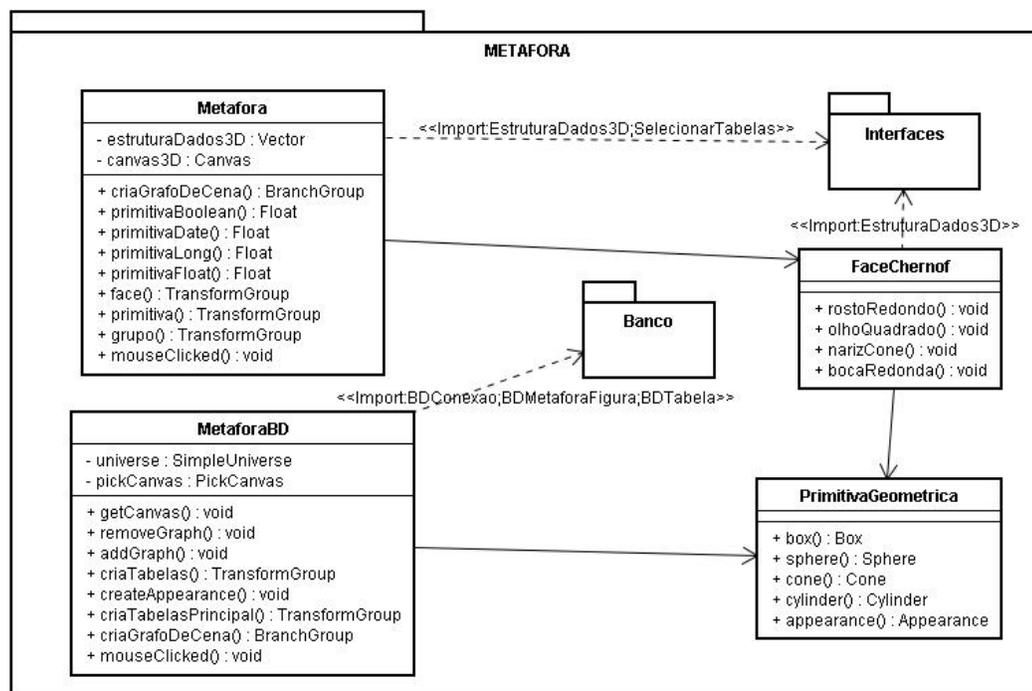


Figura 44. Diagrama de Classes – Pacote Metáfora

**PrimitivaGeometrica** é a classe responsável pela criação de imagens relacionadas a figuras geométricas que serão utilizadas pelas classes **MetaforaBD** e **FaceChernof**.

Classe **MetaforaBD** cria metáfora da estrutura do banco de dados corporativo. A cena é gerada a partir dos metadados armazenados nas tabelas

**BDTabela** e **BDAtributo**. As tabelas são representadas pelas figuras geométricas cone e esfera na qual seu tamanho é definido a partir da quantidade de registros de cada tabela. O relacionamento destas tabelas é definido com as informações das chaves primárias e estrangeiras.

A classe **FaceChernof** cria a estrutura da metáfora do tipo face com uso de geometrias primitivas esfera, caixa, cone e cilindro. O rosto da face tem o formato de uma esfera, os olhos o formato de um quadrado, o nariz de um cone e a boca de uma elipse. A estrutura pode ser formada utilizando todos os componentes ou somente rosto e olhos, ou rosto, olhos e nariz ou ainda completo com rosto, olhos, nariz e boca. A imagem final dependerá da quantidade de dados selecionados para geração do objeto.

A classe **Metáfora** cria a cena 3D final. Com o uso das informações disponibilizadas pelas classes **EstruturaDados3D**, **PrimitivaGeometrica** e **FaceChernof**, as imagens são geradas e dispostas no espaço da cena considerando opção do usuário em relação a posição de cada imagem que podem ser com distribuição normal ou com profundidade, esta última permite uma maior distância das imagens em relação ao eixo z. O tamanho e formato de cada imagem é definida, conforme tipo do dado (data, booleano, numérico ou real), considerando também a opção de escolha de tipo do objeto como figura geométrica ou outra figura selecionada.

### 3.2.4. Funcionamento da Ferramenta

Para a visualização de dados contidos em um banco de dados corporativo em uma cena tridimensional, é necessária a execução de alguns passos. A Figura 45 apresenta uma visão geral das funcionalidades oferecidas pela ferramenta *VRVis Manager*.

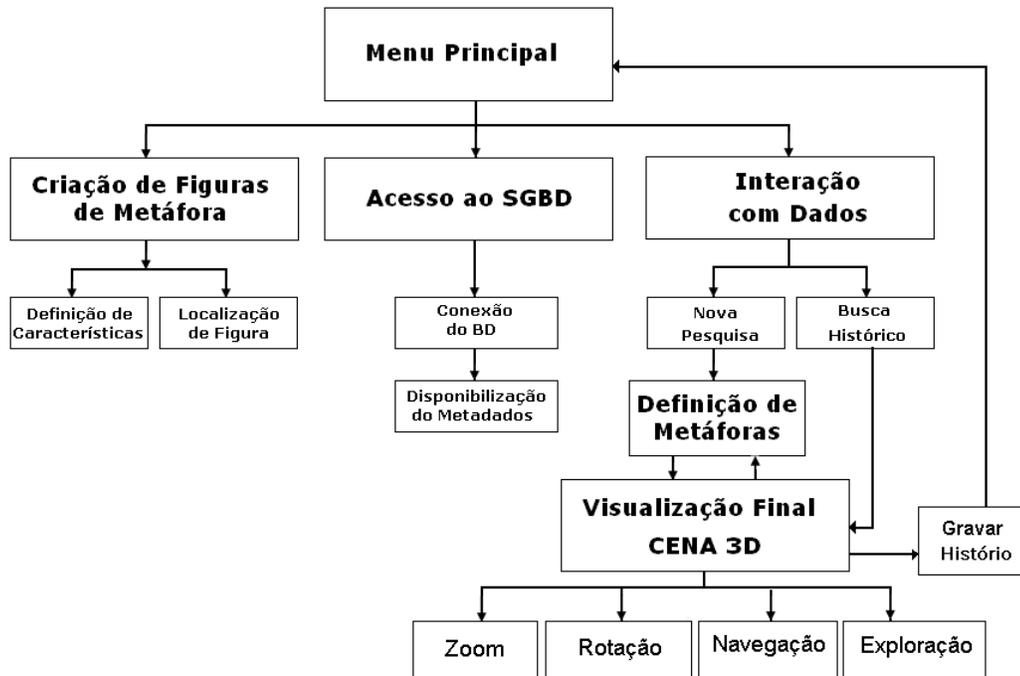


Figura 45. Diagrama de Funcionamento da Ferramenta

A interação do usuário com a ferramenta é feita por meio da utilização do mouse, com clique simples ou duplo no botão esquerdo dependendo da atividade.

Partindo do Menu Principal o usuário pode visualizar a cena 3D do SGBD a partir dos seguintes passos:

- Escolher o banco de dados – módulo de acesso ao SGBD como será descrito no item 3.2.6.
- Escolher a tabela principal – módulo de Interação com os Dados como descrito no item 3.2.7.
- Para criação de uma cena com os dados da(s) tabela(s) selecionada(s), os passos a serem seguidos são:
  - Definir os parâmetros para o filtro dos dados a serem apresentados na cena final – módulo de definição de metáforas descrito no item 3.2.8.
  - Selecionar características do dado da metáfora - descrito no item 3.2.8.
  - Visualizar e interagir com cena 3D final - item 3.2.9.

A seguir são descritos detalhes de cada módulo que compõe a ferramenta e as particularidades de seu funcionamento.

### 3.2.5. Módulo de Criação de Figuras de Metáfora

Este módulo possibilita ao usuário a busca de uma imagem já existente, armazenando a mesma como uma imagem a ser usada como metáfora, conforme apresentado na Figura 46. É chamado pela classe **Principal**, com seus códigos estruturados na classe **CaracteristicaFigura**.

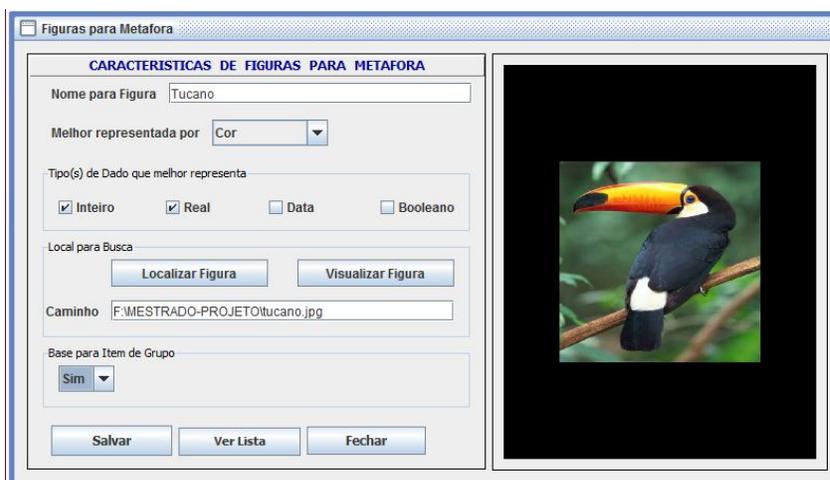


Figura 46. Interface para seleção e armazenamento de imagem para metáfora

É possível caracterizar a imagem atribuindo a ela um nome, características de melhor representação para visualização da mesma em uma cena (podendo ser pela cor ou tamanho da imagem), melhor tipo de dado para representação, esse tipo pode ser selecionado considerando os critérios descritos na Quadro 4 (destaca a necessidade da verificação da classe a que pertencem os dados a serem visualizados, pelos tipos de valores que podem ser assumidos, natureza do domínio em que a informação está definida e a dimensão desse domínio). Outra opção é a de padronizar a imagem como sendo base ou item de grupo. A característica de base de grupo permite que uma imagem possa representar múltiplas informações, podendo ser vinculada a ela até quatro outras informações (itens de grupo), isso possibilita a visualização de uma seleção por agrupamento.

As características para escolha são apresentados em forma 2D com possibilidade da visualização da imagem selecionada em uma cena tridimensional, como pode ser visualizado na Figura 46. A estrutura é armazenada em uma tabela

de nome “figura” do banco de dados “metáfora”.

### 3.2.6. Módulo de Acesso ao SGBD

Este módulo é chamado pela classe **Principal**, e seus códigos estão estruturados na classe **Login**. Sua interface, apresentada na Figura 47, oferece ao usuário a possibilidade de escolha de um SGBD entre quatro tipos oferecidos: *MySQL*, *PostGreSQL*, *FireBird*, *Oracle*, sendo solicitado também a localização do Banco de Dados, o nome e a senha do usuário. Com estas informações a classe **BDConexao** localiza o banco de dados, a conexão é feita e são analisados os metadados da estrutura encontrada.



Figura 47. Interface de Conexão

Metadados é o nome dado as informações sobre a estrutura de um banco de dados (nome das tabelas, nome dos campos, tipo dos campos, chaves primárias e estrangeiras). A obtenção do metadados do banco selecionado pelo usuário é feita a partir de comandos SQL juntamente com os métodos das Classes *DataBaseMetaData* e *ResultSetMetaData* que possibilitam a leitura da estrutura do banco de dados conectado. A classe **BDConexao** disponibiliza métodos que importam essa estrutura que são posteriormente lidas e disponibilizadas pelas classes **BDTabela** e **BDAtributo**.

### 3.2.7. Módulo de Interação com Dados

Este módulo é invocado pela classe **Principal** com seus códigos estruturados na classe **SelecionarTabelas**. Permite ao usuário a escolha de geração de uma nova pesquisa ou da visualização de uma pesquisa já realizada e armazenada como histórico no Banco de Dados. Se o usuário optar por uma nova pesquisa, é disponibilizada uma lista com as tabelas encontradas durante a análise dos metadados pelo módulo de acesso ao SGBD (ver Seções 3.2.1. e 3.2.6. ). O usuário deve selecionar uma das tabelas como principal (aquela que contenha os dados que o usuário seja analisar), esta será apresentada na cena 3D juntamente com as tabelas que apresentam algum tipo de relacionamento (herança). Conforme apresentado na Figura 48 uma cena 3D é apresentada como uma metáfora formada por figuras geométricas, tendo como centro da cena a tabela escolhida (esfera na cor azul). Em um nível acima são apresentadas as tabelas pai da tabela escolhida e, em um nível abaixo são disponibilizadas as tabelas filhas (ambas representadas por cones na cor vermelha).

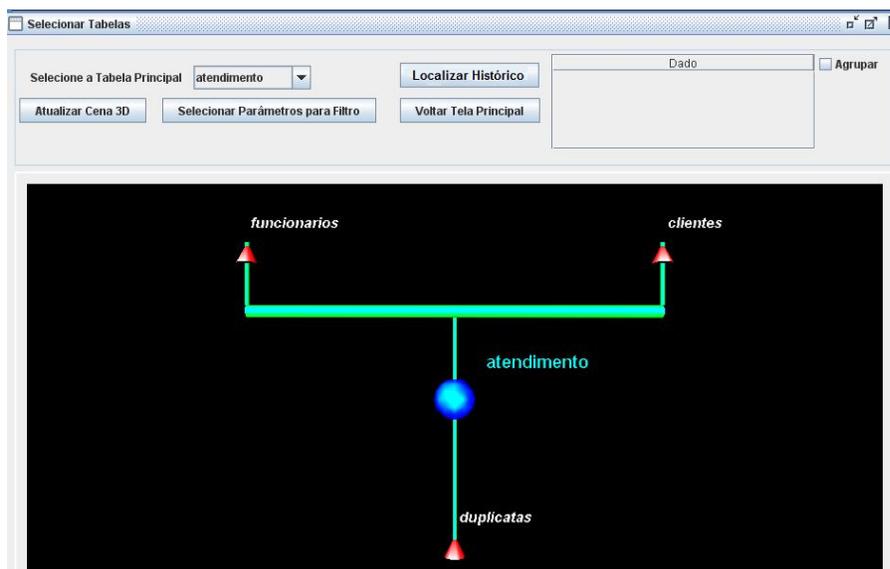


Figura 48. Cena 3D de relacionamento das tabelas (principal, pais e filhas).

A cena 3D permite interação com os objetos (rotação, translação, zoom e seleção). A Figura 49 mostra as modificações na interface de escolha de tabelas que

após selecionar com o mouse um dos objetos que representam as tabelas, a cor deste é alterada para amarela. Após esta seleção, os atributos relacionados à tabela representada pelo objetivo selecionado são apresentados em uma estrutura de grade. É permitida, então, a escolha de um desses atributos como item de agrupamento a ser inserido na etapa seguinte no momento da criação do filtro para consulta, onde poderão também ser utilizados os atributos das tabelas selecionadas. O agrupamento poderá ser utilizado quando houver necessidade de totalização de um atributo selecionado, isso permitirá a utilização de uma imagem do tipo base de grupo, conforme descrito no item 3.2.5. Quando nenhuma das tabelas é selecionada, o sistema entende que somente a escolhida como principal será utilizada na etapa de filtro e que não haverá agrupamento.

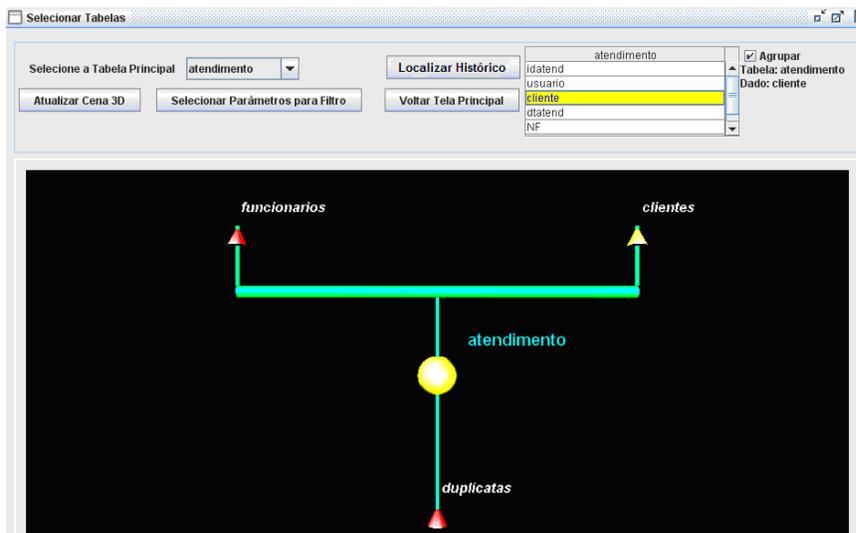


Figura 49. Interface de escolha de tabela após seleção de tabelas e agrupamento

### 3.2.8. Módulo Definição de Metáforas

Esta etapa consiste na seleção de parâmetros para filtro, em que a classe **Filtrar** fará o gerenciamento das atividades de escolha dos parâmetros para a montagem da cena final de visualização dos dados resultantes da consulta. Os parâmetros são: Atributos para Visualização, Totalização (somente quando

habilitada a opção de agrupamento), e Filtro, os dados a serem disponibilizados para a seleção dos parâmetros para criação da consulta podem ser observados no Quadro 6.

Quadro 6 - Características dos parâmetros para filtro de atributos para cena final

<b>Opção</b>	<b>Característica dos Parâmetros</b>
Visualização	Atributos do tipo Texto, Data, Inteiro, Real e Booleano.
Totalização	Contar, Somar, Média, Valor mínimo e Valor máximo.
Filtro	Maior que, igual a, menor que, menor igual a, maior igual a, entre, diferente de, nulo e não nulo.

A interface de interação com o usuário é apresentada pela Figura 50. na qual pode ser observada a opção de visualização que disponibiliza atributos que poderão ser utilizados para geração da metáfora da cena 3D final que representará cada registro resultante da consulta. Estes mesmos atributos poderão ser visualizados individualmente quando na seleção de um objeto na interação com a cena final 3D. Poderão ser escolhidos atributos de todas as tabelas selecionadas na interação com dados conforme descrito no item 3.2.7. Quando selecionado um atributo para agrupamento somente este atributo desta tabela será habilitada como campo para visualização, isto para atender regras de geração de consulta por SQL.

Para que seja habilitada a função de totalização o usuário deverá ter selecionado a opção de agrupamento na tela de seleção de tabelas (item 3.2.7. ), os atributos disponibilizados são os do tipo numérico para possibilitar cálculos matemáticos e filtro por valor máximo ou mínimo, conforme descrito na Quadro 6. O total calculado estará relacionado ao atributo selecionado como item para agrupamento.

Os filtros permitem a escolha de atributos que farão a seleção apenas dos registros necessários para a pesquisa. Os atributos podem ser dos tipos data, inteiro, real e booleano.

A grade apresentada com título “*Dados Selecionados*” permitirá ao usuário o controle dos parâmetros já selecionados para visualização, totalização e filtro. O *checked* denominado “*Ativa Clausula DISTINCT*” quando selecionado possibilita que, na existência de registros idênticos, ou seja, quando todas as informações de todos os atributos forem idênticas, este seja apresentado uma única vez.

O botão “*Salva e Seleciona outra Tabela*” permite a seleção de outra tabela

que tenha sido selecionada na etapa anterior (item 3.2.7. ).

Para finalização da etapa de seleção de parâmetros, o botão “*Salvar e Finalizar*” deverá ser acionado.

**PARAMETROS PARA ESCOLHA DE DADOS PARA VISUALIZAÇÃO**

atendimento Totalização Somar

Tabela atendimento	Dado	Tipo Primitivo	Tipo de Totaliz...
cliente	ruatenu	java.lang.Long	
idatend	usuario	java.lang.Long	
usuario	cliente	java.lang.Long	
cliente	dtatend	java.sql.Time...	
dtatend	NF	java.lang.Long	
NF	valor	java.lang.Long	Somar

**Campos de Filtro**

Dado	Tipo Primitivo	Parâmetros pa...
idatend	java.lang.Long	
usuario	java.lang.Long	
cliente	java.lang.Long	
dtatend	java.sql.Timest...	dtatend BETW...
NF	java.lang.Long	
valor	java.lang.Long	

entre de 01/01/2009 até 30/10/2009

Adicionar

**Dados Selecionados** Agrupado por: atendimento.cliente

Tabela	Dado	Totalização	Filtros
atendimento	cliente		
atendimento	dtatend		
atendimento	NF		
atendimento	valor	Somar	
atendimento	dtatend		dtatend BETWEEN 01/01/2009 AND 30/10/2009

Ativa clausula DISTINCT

Salva e Seleciona outra Tabela Salvar e Finalizar

Figura 50. Interface de escolha de parâmetros do filtro de consulta

Considerando os parâmetros selecionados na Figura 50, a linha de comando do SQL será composta pelos campos apresentados na grade de “*Dados Selecionados*”. Conforme exemplo, todos os atributos foram selecionados na tabela “atendimento”, podendo isto ser observado na coluna de título “Tabela” nesta mesma grade. Os três primeiros atributos da coluna de título “Dado” são atributos selecionados na opção de visualização e as informações *cliente*, *dtatend* e *NF* poderão ser visualizadas individualmente na seleção de um objeto da cena final 3D. O atributo “Somar” da coluna “Totalização” irá somar todos os valores do atributo *valor* relacionado à *cliente*, que é o atributo selecionado como item de agrupamento, e os registros serão filtrados tendo como base o atributo *dtatend* com valores entre

01/01/2009 a 20/10/2009. Com o parâmetro “*Ativa cláusula de DISTINCT*” selecionado, registros com informações idênticas serão mostrados apenas uma vez.

Após a definição dos parâmetros e sendo acionado o botão “*Salvar e Finalizar*” (Figura 50), o comando SQL é gerado. Com esta etapa concluída o usuário terá à sua disposição a lista dos atributos (Figura 51) que poderão ser selecionados para criação do objeto a ser representado em forma de metáfora.



Figura 51. Interface de escolha de dados para criação da metáfora

Esta escolha deve ser feita com a seleção de cada dado a ser representado na metáfora da cena final. Para um melhor gerenciamento na criação da imagem final do objeto, ficou limitado em cinco o número máximo de atributos a ser selecionado, isto valendo tanto para figura do tipo face de *Chernoff*, quanto para figuras selecionadas pelo usuário no banco de figuras. Essa limitação foi definida considerando que para face de *Chernoff* apenas cinco dados podem ser representados (face, olhos, nariz e boca). Em uma figura selecionada pelo usuário, a estrutura final da imagem será gerada considerando uma determinada posição para cada item do grupo, esta posição é definida a partir da quantidade de atributos selecionados. É considerado que, quando dois dados selecionados um representará a base do agrupamento e o outro estará posicionado no centro da base. Quando três dados selecionados um representará a base e os outros estarão posicionados dentro da base estando um a esquerda e outro a direita. Quando quatro dados selecionados um representará a base e os outros estarão posicionados dentro da base, estando um centralizado na parte superior da base e os outros dois na parte inferior um a esquerda e outro a direita. Quando cinco dados selecionados um representará a base e os outros estarão posicionados dentro da base, estando dois

na parte superior da base, um a esquerda e outro a direita e os outros dois na parte inferior um a esquerda e outro a direita.

A cada dado selecionado, uma figura pode ser atribuída quando acionada a opção “*Selecionar Característica do campo*”, gerenciada pela classe **CaracteristicaDados3D** que disponibilizará a interface de escolha da imagem que representará a informação (Figura 52).

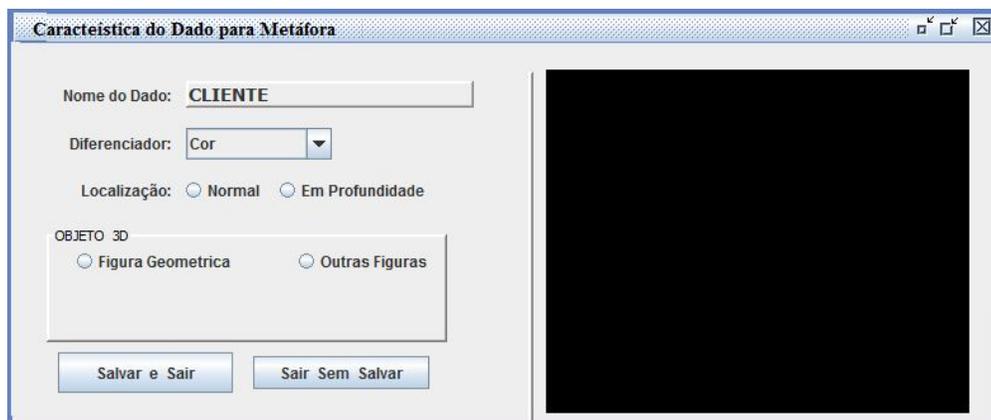


Figura 52. Interface de escolha de Imagem de Dado

Essa escolha pode ser feita por três caminhos diferentes: localização de objeto armazenado no banco de figuras (Figura 53); escolha de um objeto de forma geométrica (esfera, cilindro, cone ou cubo) com opção de escolha de cor para a imagem (Figura 54) ou escolha de um objeto de forma geométrica com textura (Figura 55).



Figura 53. Interfaces de escolha de objeto em Banco de Figuras

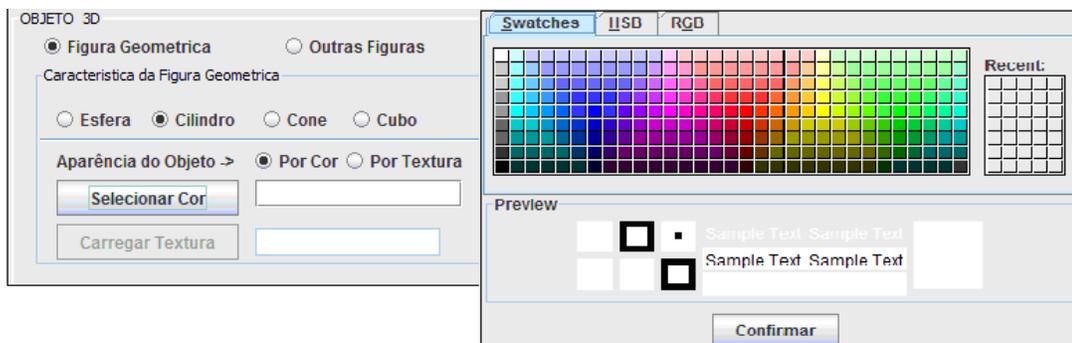


Figura 54. Interfaces de escolha de Figura Geométrica por cor

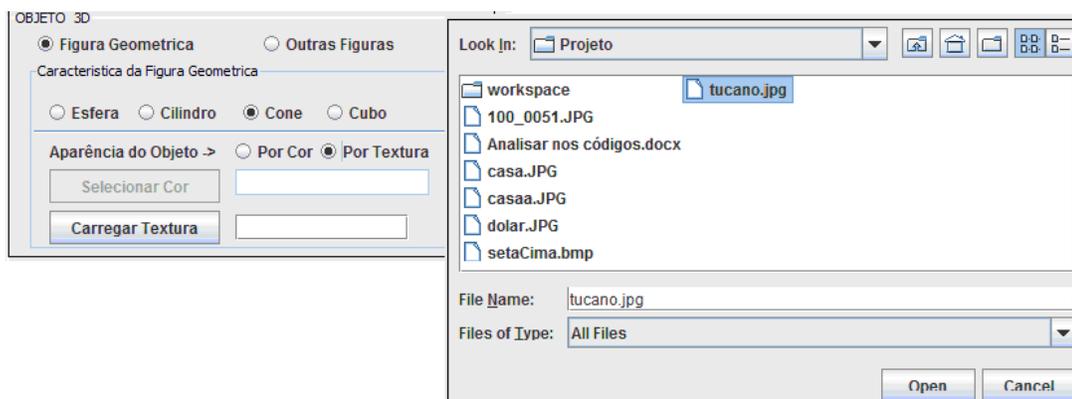


Figura 55. Interfaces de escolha de Figura Geométrica com textura

Para cada uma das escolhas o sistema apresenta a visualização do objeto selecionado em uma cena 3D e permite interação com opções de rotação e zoom (Figura 56).

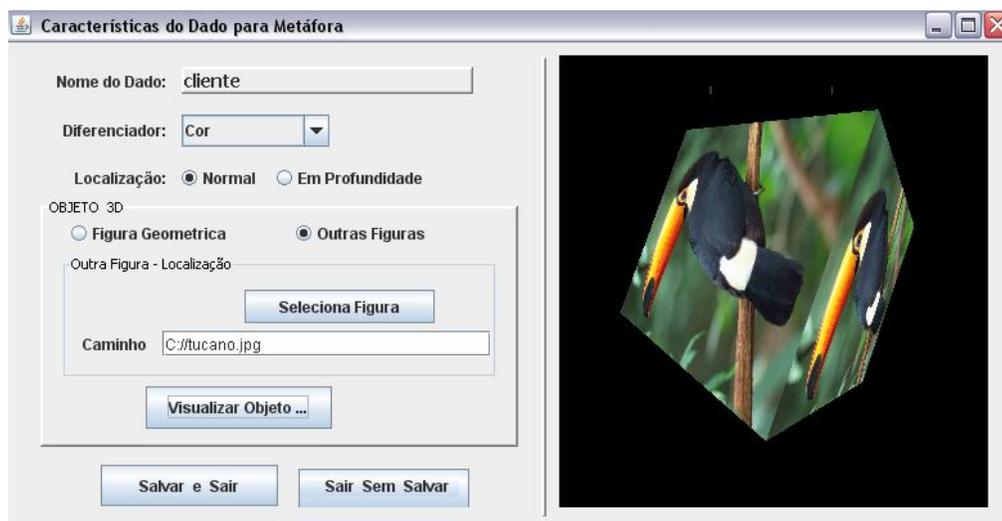


Figura 56. Interface com visualização do objeto selecionado

Quando na seleção de apenas um atributo na Figura 51, cada registro (objeto) disponibilizado pela consulta será representado por uma figura de metáfora. Quando na opção de visualização de informações agrupadas, deve ser escolhido mais de um destes atributos e, a primeira imagem selecionada deverá ser de uma imagem definida como base de grupo, conforme apresentado na Figura 53 (coluna com título *Base*). No caso de já ter sido escolhida uma imagem como base de grupo, o sistema só liberará nas próximas escolhas dos outros atributos daquela consulta, imagens que não estejam padronizadas como base de grupo, isto para que possa ser gerada a metáfora com informações agrupadas. Considerando os parâmetros apresentados na Figura 50 na qual foram selecionadas informações referentes a atendimento a cliente, o atributo cliente poderia ser o indicado a base de grupo e os outros atributos como itens de grupo estando vinculados entre eles, e que na formação da imagem serão apresentadas sobrepostas (agrupadas).

Se na escolha de mais de um atributo e nenhuma das imagem selecionadas for com característica de base de grupo, o sistema irá gerar uma metáfora em forma de *Fase de Chernoff* usando como base de grupo uma esfera, conforme exemplo apresentado pela Figura 57.

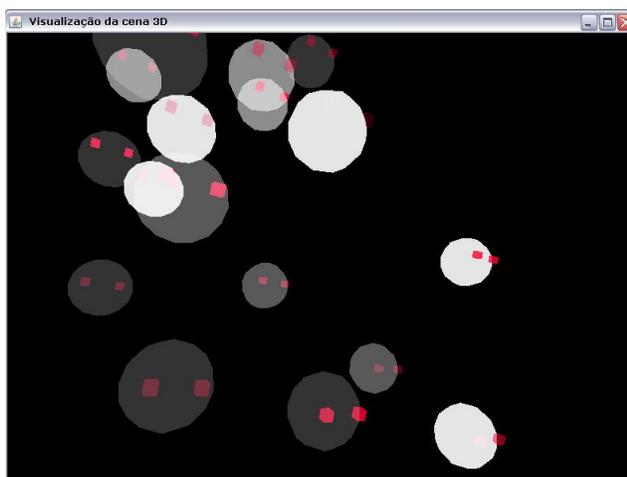


Figura 57. Interface com a Cena 3D – Face de *Chernoff*

Estando selecionados todos os atributos e suas respectivas imagens de representação, a opção “*Visualizar Cena 3D*” da Figura 51 apresenta a cena final com as características descritas no tópico referente ao módulo de visualização final de cena 3D (item 3.2.9. ).

### 3.2.9. Módulo Visualização Final da Cena 3D

Após terem sido todas as opções selecionadas, a classe **Metáfora** executa os métodos que apresentam e disponibilizam uma cena 3D (Figura 58) na qual é possível ao usuário uma interação com esta cena, oferecendo as possibilidades de rotação, zoom (Figura 59), translação e exploração de características comuns a cada objeto apresentado na cena (Figura 60).

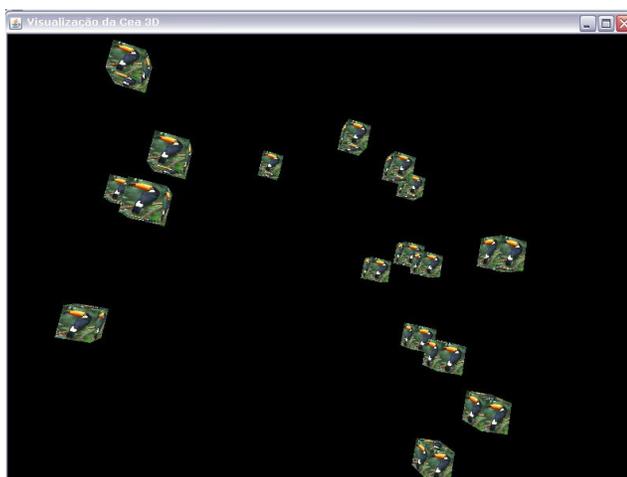


Figura 58. Interface de Interação com a Cena 3D Final

A Figura 58 apresenta uma cena em que a metáfora utilizada é a imagem de um tucano. Nesta imagem pode ser observado, segundo descrito no item 3.2.8. que um único atributo foi selecionado para visualização, considerando que todos os objetos da cena são representados uma única imagem.



Figura 59. Interface com a Cena 3D após zoom

A Figura 59 apresenta a mesma cena representada pela, Figura 58 mas com uma interação do usuário na cena fazendo uso do recurso de zoom que amplia o tamanho dos objetos na cena.

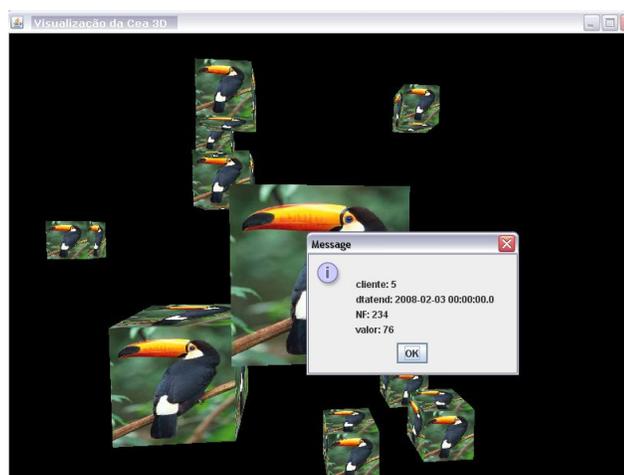
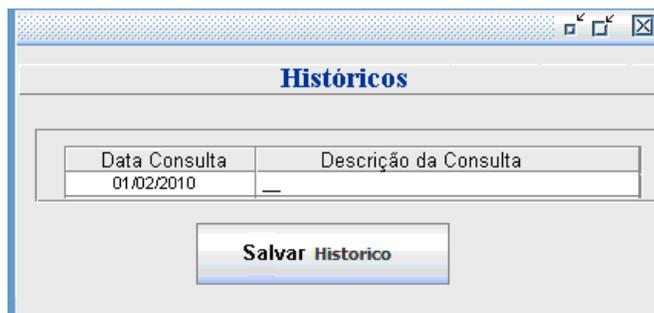


Figura 60. Interface com a Cena 3D após seleção de objeto

Na Figura 60 a interação do usuário é referente à seleção de um dos objetos da cena que permite a visualização de atributos deste objeto. Estes atributos são os selecionados no módulo de definição da metáfora. (item 3.2.8. ).

Ao final da navegação, ao ocorrer o encerramento da visualização da cena final, o usuário poderá fazer uso do recurso de gravação dos dados e características da pesquisa em um banco de Históricos, este procedimento acontece quando acionado o botão “Salvar Histórico” mostrado na Figura 51, este processo exhibe a interface apresentada na Figura 61 que permite ao usuário dar uma descrição a

consulta.



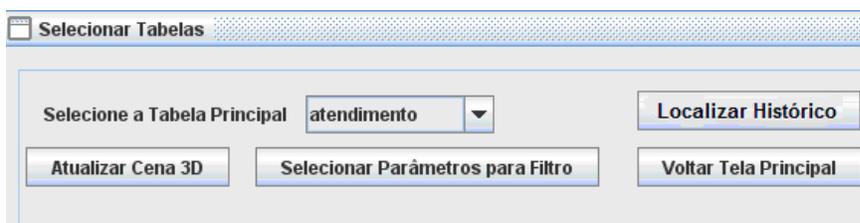
Interface de gravação de Histórico. O formulário contém um campo para a data da consulta e um campo para a descrição da consulta. Abaixo do formulário há um botão para salvar o histórico.

Data Consulta	Descrição da Consulta
01/02/2010	—

Salvar Histórico

Figura 61. Interface de gravação de Histórico

Um acesso posterior ao banco de Histórico permitirá a escolha destas consultas anteriores gerando uma cena final com as mesmas características gravadas no histórico, eliminando as etapas de montagem do filtro e vínculo com as imagens para a metáfora. Esta escolha pode ser feita quando selecionado o botão “Localizar Históricos” apresentado na Figura 62 e selecionando a opção desejada conforme baseado na data e descrição da consulta. (Figura 63).



Cabeçalho da Interface com opção de Localização de Histórico. O formulário contém um campo para selecionar a tabela principal, um botão para localizar históricos, e botões para atualizar a cena 3D, selecionar parâmetros para filtro e voltar para a tela principal.

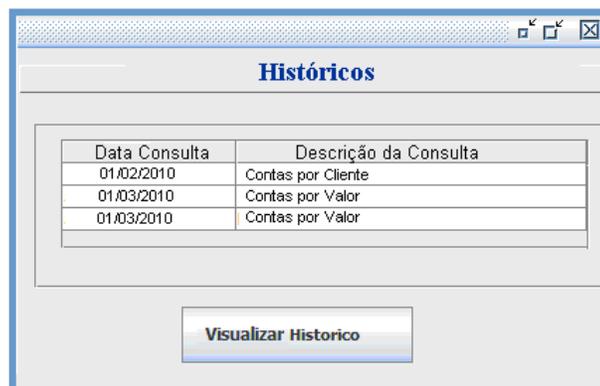
Selecionar Tabelas

Selecione a Tabela Principal: atendimento

Localizar Histórico

Atualizar Cena 3D    Selecionar Parâmetros para Filtro    Voltar Tela Principal

Figura 62. Cabeçalho da Interface com opção de Localização de Histórico



Interface de recuperação de Histórico. O formulário contém uma tabela com as datas e descrições das consultas. Abaixo da tabela há um botão para visualizar o histórico.

Data Consulta	Descrição da Consulta
01/02/2010	Contas por Cliente
01/03/2010	Contas por Valor
01/03/2010	Contas por Valor

Visualizar Histórico

Figura 63. Interface de recuperação de Histórico

### **3.3. Método utilizado para avaliação da ferramenta *VRVis Manager***

Como forma de avaliar a ferramenta *VRVis Manager*, no que se refere a sua qualidade como um produto de software, foram elaborados questionários baseados nas propostas da Associação Brasileira de Normas Técnicas especificamente pela NBRISO/IEC 9126-1 (ABNT, 2006) que estabelece um modelo de qualidade de software visando processo, produto e qualidade de uso, que para o contexto deste trabalhos foram destacados alguns itens como: Conformidade que é utilizada para avaliar o quanto o software obedece aos requisitos de legislação e todo o tipo de padronização ou normalização aplicável ao contexto, Funcionalidade que verifica se o software atende necessidades e dá informações precisas para tomada de decisão, Usabilidade que verifica a facilidade de interação (Usuário-Sistema) com facilidade de aprendizado e operação dentre outras características.

O Apêndice A deste trabalho apresenta o material fornecido aos participantes de dois estudos de caso aplicados para a avaliação da ferramenta. O material apresenta uma breve explicação das características da ferramenta, o diagrama de funcionamento da *VRVis Manager*, uma tabela com as descrições das funções de cada módulo e os questionários aplicados após o uso da ferramenta.

### **3.4. Considerações Finais**

Este capítulo detalhou a estrutura da ferramenta *VRVis Manager*, apresentando todas as interfaces e explicando o seu funcionamento. Apresentou também o projeto do Banco de Dados, bem como as tabelas, diagramas de classes e descrição das funções de cada uma das classes e, finalmente, a forma escolhida para a sua avaliação. O próximo capítulo apresenta os testes realizados e os resultados obtidos com a utilização da ferramenta *VRVis Manager*.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na proposta de desenvolvimento de uma ferramenta de VI utilizando os recursos da RV, tem-se como resultado esperado a facilidade em visualizar grandes volumes de informação de uma forma que facilite o seu entendimento e ajude na descoberta de novas informações contidas nos mesmos. Assim, espera-se da aplicação o auxílio a profissionais na compreensão das informações contidas em seus bancos de dados, auxiliando na tomada de decisão em relação aos diversos aspectos das organizações utilizando recursos de interação com as informações analisadas, como por exemplo, as possibilidades de rotação, zoom, translação e exploração de características comuns a cada objeto apresentado na cena. Na ferramenta *VRVis Manager*, além das possibilidades citadas, é possível a escolha do SGBD, do Banco de Dados, dos dados específicos deste Banco de Dados a serem analisados e representados, de parâmetros para filtragem de dados e de várias opções de visualização. Entende-se que, cada metáfora gerada terá características relacionadas ao usuário que a criou, sendo assim, cada pesquisa estará relacionada a uma determinada abstração e entendimento. Em resumo o resultado de uma pesquisa demonstrado na cena final 3D poderá apresentar um melhor sentido para o usuário que a criou.

Neste capítulo são apresentadas as discussões pertinentes aos resultados obtidos a partir da aplicação da ferramenta *VRVis Manager* realizadas em organizações, com uso de banco de dados proposto para o estudo, com base em dois contextos: um com foco na usabilidade da ferramenta e outro na compreensão dos resultados gerados pela aplicação.

No contexto de usabilidade, os itens escolhidos para a avaliação da facilidade de interação do usuário com a ferramenta são referentes às interfaces de entrada de dados com características 2D (seleção de características das tabelas, parâmetros para filtro e características para metáfora), à seleção das características necessárias para a geração da cena 3D, assim como à interação com a mesma.

Para a avaliação foram realizados dois estudos de caso, cada um utilizando um tipo de banco de dados. No primeiro estudo de caso foi utilizado um banco de dados relacionado à área educacional e no segundo foi visualizado um banco com

dados relacionado à área comercial. Para teste de usabilidade foi elaborado um *checklist* (realização de uma inspeção sistemática), conforme descritos a seguir.

#### **4.1. Teste de Usabilidade**

Para o teste de usabilidade foram utilizados alguns critérios e algumas questões utilizando um *checklist* de verificação de usabilidade denominado Ergolist (CYBIS, 2010). Os critérios e questões selecionadas constam no Apêndice A deste trabalho.

Os critérios e as questões foram selecionados conforme recursos disponibilizados pela ferramenta.

Cada questão a ser avaliada deveria ser pontuada como “SIM” para as questões que em todos os casos o uso estava em conformidade com o proposto, “NÃO” para as questões que em nenhum dos casos o uso estava em conformidade com o proposto e “ÀS VEZES” para os casos em que o item se fazia atendido parcialmente.

Nos dois estudos de caso que foram feitos, os testes foram realizados pelos participantes, somente com uma breve explicação das características da ferramenta. Fazia parte desta explicação somente o diagrama de funcionamento da ferramenta conforme descrito no Apêndice A deste trabalho, e que visava verificar se os usuários eram capazes de se localizar, selecionar as características necessárias e encontrar um modo de interagir por conta própria.

Os participantes dos estudos de caso foram selecionados considerando o grau de conhecimento de características e funcionalidades necessárias em uma interface e a possibilidade de uso futuro da mesma.

Cada teste teve duração entre 15 e 30 minutos que dependeu tanto de interesse no melhor conhecimento da ferramenta quanto da facilidade de utilização da mesma.

Com os resultados dos questionários aplicados, uma planilha foi elaborada possibilitando o acúmulo por grupo de estudo de cada item questionado, e com os

totais desta planilha, gráficos de barra foram gerados para uma melhor comparação dos resultados finais.

## 4.2. Estudo de Caso 1

Este estudo de caso apresenta o resultado de uma pesquisa feita com o uso da ferramenta *VRVis Manager* em um Sistema de Gerenciamento Escolar (SGE) com dados armazenados em uma estrutura *MySQL* e contendo registros com informações relacionadas a Alunos, Disciplinas, Turmas, Lançamento de Notas e Lançamento Faltas dos alunos nas disciplinas.

A Figura 64 apresenta a estrutura do banco de dados do Sistema de Gerenciamento Escolar.

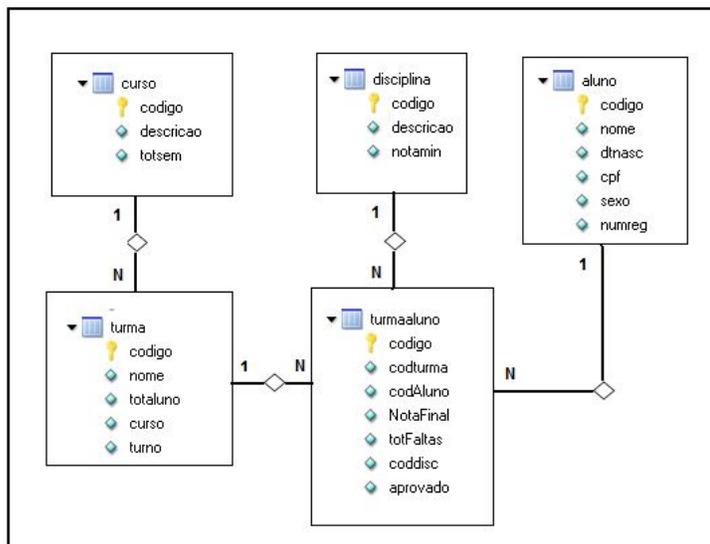


Figura 64. Estrutura do banco de dados do SGE.

Os participantes deste estudo de caso foram selecionados considerando o grau de conhecimento de características e funcionalidades necessárias em uma interface, visando à avaliação de usabilidade em termos técnicos. O teste foi aplicado considerando 3 grupos, compostos por alunos e funcionários, conforme detalhado a seguir.

O primeiro grupo foi composto por 10 alunos do terceiro e quarto ano do

curso de graduação em Análise de Sistemas e Tecnologia da Informação com faixa etária entre 20 e 25 anos. Os usuários possuíam conceitos teóricos relativos ao ciclo de vida do desenvolvimento de um sistema com ênfase na fase de teste de software, incluindo aplicações práticas de teste em sistemas para desktop e páginas WEB. A atividade foi proposta como tópico da disciplina para conhecimento prático de teste de software. O teste não foi imposto aos alunos, participaram apenas alunos que aceitaram o desafio.

O segundo grupo foi composto por 2 funcionários do departamento de desenvolvimento de sistemas de informação de uma faculdade de tecnologia, com faixa etária entre 25 e 27 anos, graduados em Análise de Sistemas e Tecnologia da Informação. Esses funcionários possuíam mais de 3 anos de experiência em desenvolvimento de sistemas orientados a objetos e práticas de teste de software em sistemas para desktop e páginas WEB.

O terceiro grupo foi composto por 2 funcionários que atuam na área administrativa da faculdade com faixa etária entre 25 e 32 anos e têm um conhecimento básico em base de dados, mas nenhum em teste de interface. Nas tarefas diárias por eles desenvolvidas são utilizados sistemas de informação para controle acadêmico. A atividade foi proposta considerando a possibilidade do uso futuro da ferramenta na instituição.

Dos participantes do teste, apenas 20% dos testadores do grupo 1 (alunos) haviam utilizado ferramentas com recursos tridimensionais, os demais nunca tinham feito uso das mesmas.

Conforme ilustrado na Figura 65 é possível concluir que as funcionalidades de interface 2D, disponibilizadas pela ferramenta mostrou-se satisfatória para as três categorias de testadores, com maior grau de satisfação pelo testador com menor conhecimento de requisitos de qualidade de uma interface, concluindo que, neste quesito a avaliação de leigos no assunto é menos rigorosa.

No item referente à seleção de parâmetros para geração da cena 3D houve dificuldade por parte de 2 categorias de testadores - a dos alunos que ainda não possuem alto grau de conhecimento das regras de elaboração de um filtro para elaboração de consulta, e a dos testadores que atuam na área administrativa, cabendo a estes a maior dificuldade por não possuírem nenhum conhecimento dessas regras. Os profissionais que já atuam na área de desenvolvimento não demonstraram dificuldades.

Na interação com a cena 3D gerada pela ferramenta foi possível concluir que a visualização e interação mostraram-se satisfatórias, ressaltando o alto índice de percentual de aprovação pela categoria alunos. Acredita-se que a faixa etária desses usuários tenha influenciado nos resultados, principalmente pela naturalidade com que interagem com novas tecnologias.

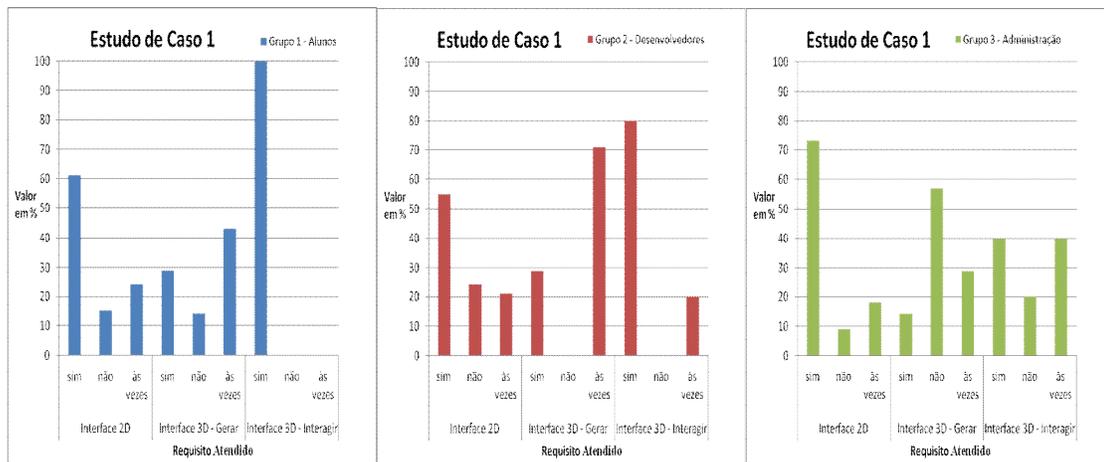


Figura 65. Estudo de Caso 1. Resultados das avaliações de alunos, desenvolvedores e administradores, referente a usabilidade de Interfaces 2D, geração da cena 3D e interação com a cena 3D.

Participantes destes estudos de caso apresentaram dificuldades para interpretar as informações quando na ocorrência de grande número de objetos na cena, devido à sobreposição de objetos. Foi questionado pelos testadores a forma de diminuir a quantidade de informações, já que havia sido apresentado a eles anteriormente resultado de pesquisas na qual a visualização era bem mais clara e de bom entendimento. Isso foi resolvido com a proposição da aplicação de filtros selecionando uma menor quantidade de informações como, por exemplo, em atributos do tipo data utilizar a opção de filtro com os parâmetros: *entre*, *Maior que* ou *Menor que*. Esta medida diminui a quantidade de registros a serem apresentados no resultado final.

Após esclarecimento e apresentação de exemplos de possíveis metáforas a serem utilizadas para a aplicação, um dos resultados conseguido foi o apresentado na Figura 66.

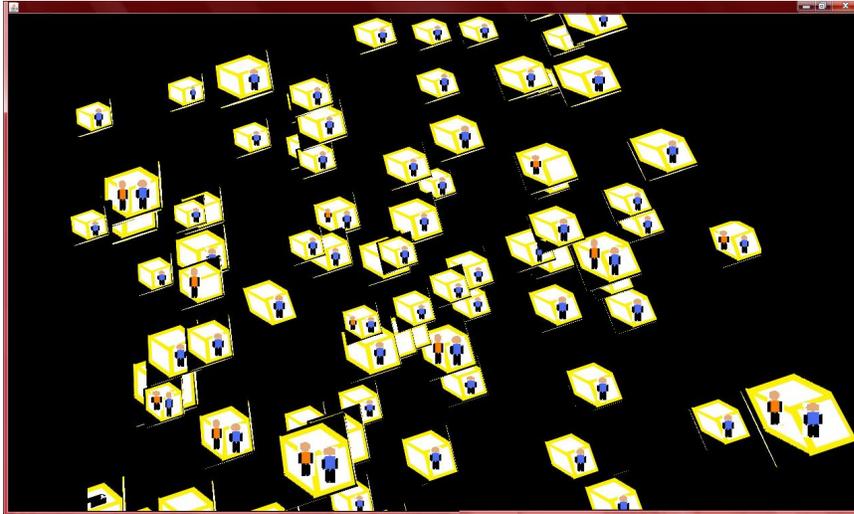


Figura 66. Estudo de Caso 1. Cena 3D gerada a partir da aplicação de filtros no banco de dados SGE, representando turmas com alunos dos sexos feminino e/ou masculino.

A cena apresentada pela Figura 66, mostra o resultado do filtro das turmas de alunos cadastrados no banco SGE, para verificar a composição das turmas considerando a existência de alunos dos sexos feminino e masculino. As turmas são representadas pelos cubos, alunos do sexo masculino por bonecos de cor azul e alunos do sexo feminino por bonecos de cor laranja. Este resultado foi gerado a partir dos exemplos apresentados aos testadores que, fazendo uma analogia com as informações trabalhadas no dia a dia. A possibilidade de escolha de uma imagem que melhor as representasse, propiciou um melhor entendimento das informações demonstradas na metáfora, que foi considerado pelos testadores como um ponto positivo. Outras cenas foram geradas, mas com resultados de menor qualidade comparados ao apresentado na Figura 66, tendo sido criadas com atributos simples, ou seja, sem utilização de agrupamento, visualizando somente quantidades de alunos ou de turmas ou ainda total de alunos aprovados ou reprovados.

### 4.3. Estudo de Caso 2

Este estudo de caso apresenta o resultado de uma pesquisa feita com o uso da ferramenta *VRVis Manager* em um Sistema de Contas a Receber (SCR) com

dados armazenados em um SGBD *PostgreSQL* e contendo registros com informações relacionadas a clientes, atendimentos aos clientes, funcionários que executam os atendimentos e duplicatas geradas a partir destes atendimentos. A Figura 67 apresenta a estrutura do banco de dados do sistema SCR.

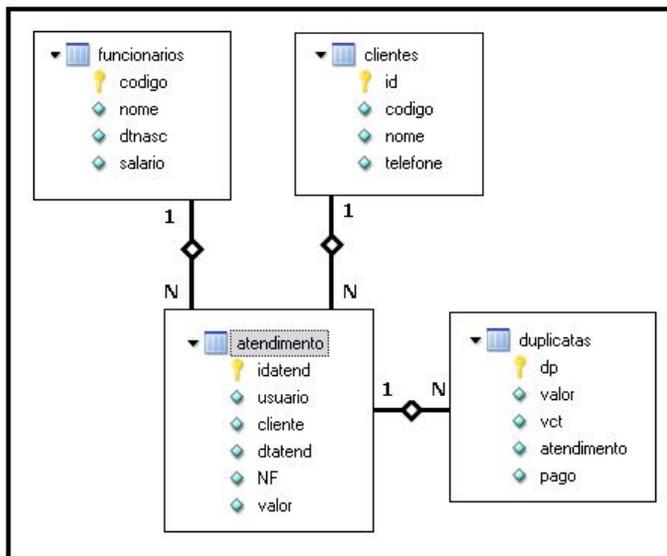


Figura 67. Estrutura do banco de dados do sistema SCR.

Os participantes deste estudo de caso foram selecionados considerando a possibilidade de serem possíveis usuários finais da ferramenta. As pessoas que participaram da avaliação foram selecionadas segundo a atividade que exercem na empresa.

O teste foi aplicado para um grupo composto por funcionários de uma imobiliária, num total de 4 pessoas com faixa etária entre 25 e 40 anos, sem conhecimentos de conceitos da área de Tecnologia da Informação, apenas com a prática do uso de computador para atividades de utilização de ferramentas como editores de texto, planilhas eletrônicas e sistemas de gerenciamento comercial. Nenhum dos participantes do teste havia utilizado ferramentas com recursos tridimensionais.

Como no grupo que atuou no estudo de caso 1, este grupo também gerou várias cenas com a utilização apenas de filtros simples, com a escolha de apenas um atributo, gerando apenas consultas com resultados baseados em quantidade de informações, como por exemplo, a quantidade de atendimentos, quantidade de duplicatas pagas ou não pagas. Uma das cenas geradas pelos usuários com maior

utilização de recursos é ilustrada na Figura 68, na qual o objeto casa que compõe a metáfora representa o número de locações e vendas de imóveis registrados no banco de dados, e o objeto cifrão identifica as movimentações que estão com pagamento em atraso conforme número de duplicatas. Destaca-se, ainda, a seleção de um dos objetos para visualização dos dados particulares ao objeto selecionado.

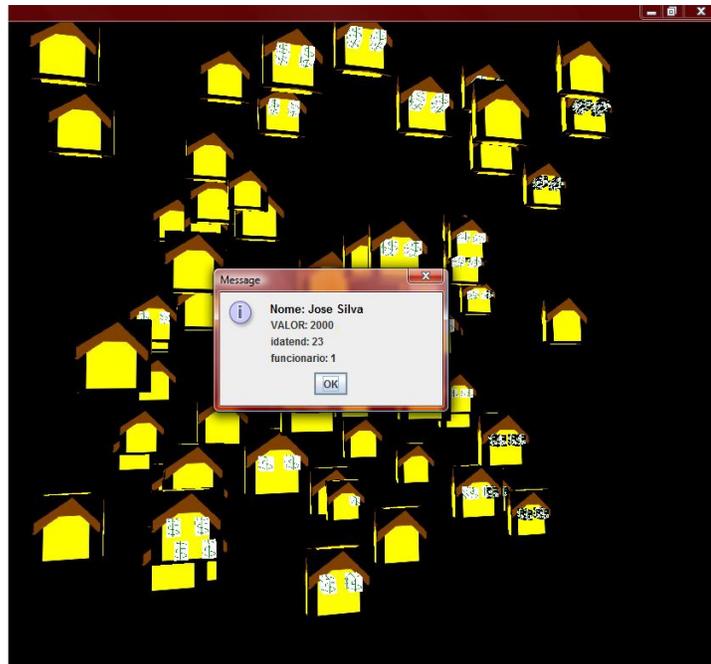


Figura 68. Estudo de Caso 2. Cena 3D gerada a partir da aplicação de filtros no banco de dados SCR, representando quantidade de locações e vendas de imóveis, destacando atributos de um dos objetos da cena

Segundo relato dos participantes no estudo, houve maior dificuldade de interpretação das informações e de seleção dos objetos quando o número de objetos na cena era em maior quantidade, conforme pode ser visualizado na Figura 69(a), cuja geração não utilizou nenhum tipo de filtro.. Após as explicações com dicas de melhor uso da ferramenta, indicando a aplicação de filtros, uso de recursos de interação e dicas de metáforas relacionadas à atividade desenvolvida, foi destacado pelos participantes que mesmo em cenas com muitos objetos, o uso dos recursos de rotação e *zoom* ajudou na interação e visualização. Na cena da Figura 69(b) um filtro relacionado à data de vencimento da duplicata permitiu a diminuição da quantidade de objetos na cena e uma melhor visualização dos resultados.

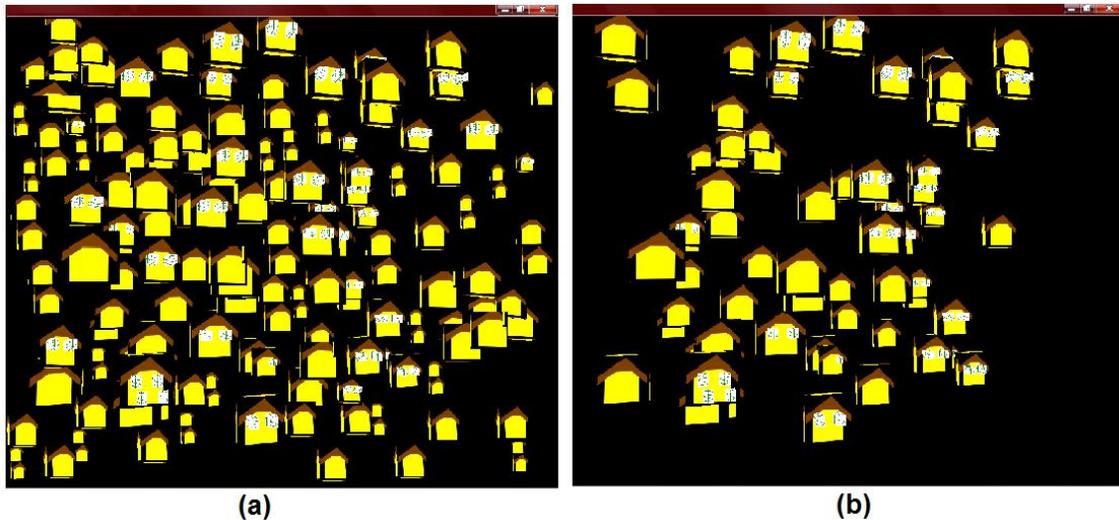


Figura 69. Visualização de Cenas 3D com maior e menor quantidade de objetos: (a) muitos objetos, considerada de difícil manipulação; (b) Cena (b) poucos objetos, considerada de fácil manipulação.

A Figura 70 ilustra os resultados avaliados tornando possível concluir que as funcionalidades de interface 2D apresentadas pela ferramenta mostrou-se satisfatória. Na cena 3D gerada pela ferramenta foi possível concluir que a visualização foi em parte satisfatória, tendo como pontos positivos a identificação por parte do usuário da necessidade do uso dos parâmetros de filtro disponibilizados pela ferramenta e a capacidade que a ferramenta propiciou para a descoberta. A limitação no uso da ferramenta deu-se pela total falta de conhecimento dos conceitos relacionados à geração de consultas e de conceitos de características e possibilidades oferecidas por cenas tridimensionais.

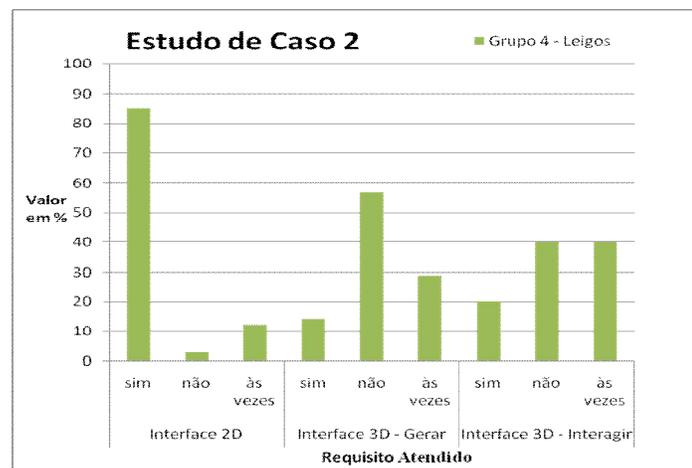


Figura 70. Estudo de Caso 2. Resultados das avaliações de leigos, referente a usabilidade de Interfaces 2D, geração da cena 3D e interação com a cena 3D.

Segundo relatos dos participantes, a maior dificuldade ficou por conta da escolha de parâmetros para elaboração da consulta. Seria necessário um maior treinamento sobre as características da criação de uma consulta com uso de atributos de várias tabelas, totalização e filtros.

Na utilização das cenas tridimensionais, as dificuldades se deram na tentativa de encontrar o movimento apropriado para rotacionar em determinado eixo e na localização do usuário no ambiente virtual ao ser utilizada a funcionalidade de “Zoom” com muita intensidade. Observou-se a falta de títulos mais claros nas grades, janelas e tabelas, como também a falta de algumas informações necessárias para desenvolvimento de algumas ações, principalmente para usuário inexperiente no uso de aplicações com uso de *queries*.

#### **4.4. Análise geral da ferramenta**

Guskuma (2005) afirma que “um sistema pode ser extremamente eficiente quando manipulado por um usuário inexperiente, mas muito maçante e lento para um usuário familiarizado, ou vice-versa”.

Visualizando a Figura 71 e fazendo uma análise comparativa entre os tipos de avaliação, verifica-se que os critérios relacionados à avaliação de usabilidade de interfaces 2D apresentam um índice de 68% de requisitos atendidos, 13% de requisitos não atendidos e 19% de requisitos as vezes atendidos. Estes percentuais foram obtidos com a aplicação de regra de três simples e composta sobre os resultados finais dos questionários que foram aplicados após o uso da ferramenta nos estudos de caso.

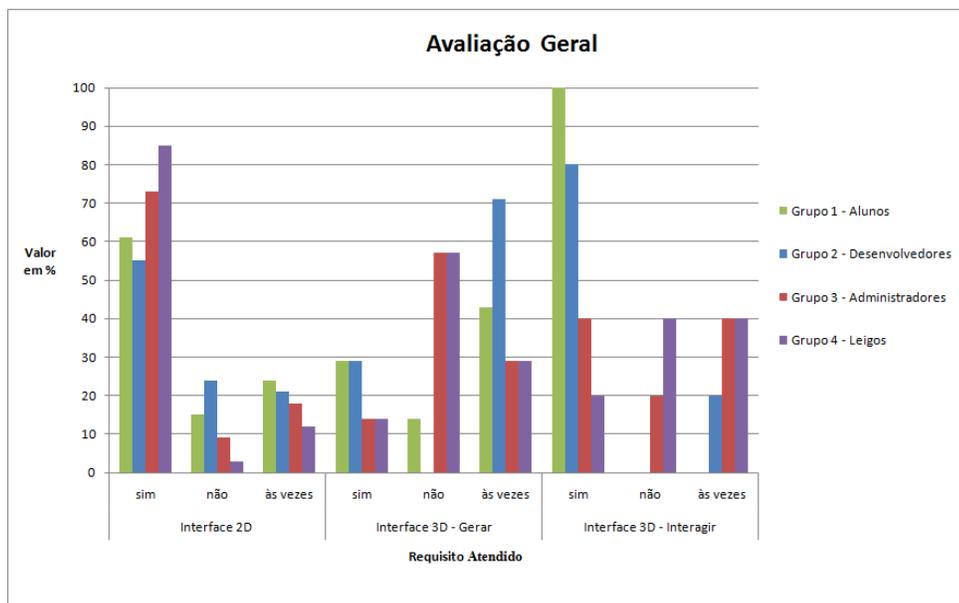


Figura 71. Resultado comparativo dos resultados dos Estudos de Caso 1 (feito por alunos, desenvolvedores e administradores) e 2 (feito por leigos) referentes as avaliações de usabilidade de Interfaces 2D, geração da cena 3D e interação com a cena 3D.

Segundo relatos dos grupos e verificação dos resultados, pode-se constatar que o maior número de requisitos atendidos deu-se pelo frequente uso de interfaces com características 2D, e o percentual só não foi maior por terem sido analisados também por usuário com alto grau de conhecimento das necessidades propostas às ferramentas quando se trata de qualidade de um produto.

Na utilização de interfaces 2D relacionada à geração da cena 3D, os índices foram: 22% de requisitos atendidos, 33% de requisitos não atendidos e 45% de requisitos às vezes atendidos. Baseado nos relatos, resultado dos questionários e verificação durante o uso do sistema, o alto índice de requisitos não atendidos e atendidos parcialmente deu-se pela falta de conhecimento das regras de elaboração de um filtro para elaboração de consulta, este número só não foi maior por existirem participantes com estes conhecimentos.

Na análise da etapa de utilização de cenas tridimensionais, 60% dos requisitos foram considerados atendidos, 15% não atendidos e 25% às vezes atendidos. Estes percentuais puderam demonstrar que ferramentas com uso de recursos tridimensionais podem ajudar na identificação de novas informações quando o conteúdo apresentado não estiver apresentado em grandes quantidades e permitirem ao usuário um maior número de recursos de manipulação.

A partir do cômputo geral, relatos dos usuários e da análise dos resultados

obtidos, pode-se verificar como pontos positivos da ferramenta *VRVis Manager*: a disponibilidade de escolha de uma metáfora adequada ao negócio relacionado às informações, que facilitou no entendimento da cena tridimensional final e a possibilidade de escolha de mais de um tipo de SGBD e de estrutura de banco de dados. A visualização tridimensional da estrutura de relacionamento das tabelas do banco escolhido, a disponibilidade na escolha de parâmetros o filtro de registros e atributos e possibilidade de uma interação que permite ver as informações finais selecionadas de diversos pontos de vista, foram outros pontos fortes destacados pelos usuários.

A possibilidade de poder armazenar uma pesquisa já elaborada e utilizá-la em um segundo momento sem a necessidade de elaboração desse mesmo contexto foi destacada pelos usuários que têm a dificuldade na elaboração de filtros como grande auxílio e ganho de tempo da aplicação da atividade..

Em relatos dos usuários, pode-se verificar também como vantagens da ferramenta *VRVis Manager* a proposta de sua utilização nas áreas acadêmicas que aplicam teorias relacionadas a SGBD, nas quais devem ser entendidas as estruturas dos bancos de dados, elaboração de filtros e consultas anteriores armazenadas nessas estruturas. Outro ponto positivo pode ser destacado pelo interesse demonstrado por alunos e leigos, no que se refere à área de tecnologia da informação, quando na utilização de ambientes tridimensionais.

Deve ser relatado que o uso da ferramenta com banco de dados com grande quantidade de tabelas, tornou-se pouco viável, considerando que nesta versão da ferramenta a possibilidade de visualização de relacionamento entre tabelas em uma estrutura de dados está limitada a um nível acima e um abaixo de uma tabela selecionada como base de consulta. Com isso, em estruturas normalizadas que contêm grande número de tabelas relacionadas, o grau de visualização destas tabelas deveria ir além de um nível acima ou abaixo da tabela selecionada como base, isso para que os relacionamentos dos atributos fossem realmente compreendidos.

Outra limitação verificada refere-se a bancos de dados com grande volume de informações, visto que, havendo dificuldade de elaboração de filtros a cena final gerada pode desencadear um estouro de memória do equipamento, levando ao travamento. O problema do estouro de memória não pode ser resolvido, mesmo com o aumento da capacidade de uso de memória para a aplicação. Treinamento do

usuário com pouco conhecimento de elaboração de consultas, para que estes possam gerar melhores resultados, e dicas em relação a escolha adequada de figuras para composição das metáforas, são procedimentos que minimizam as limitações e, assim, executar consultas eficientes.

#### **4.5. Considerações Finais**

Neste capítulo foram apresentados os resultados obtidos pelo uso da ferramenta *VRVis Manager* com usuários, sendo conduzidos dois estudos de caso. A partir da análise dos resultados foi possível identificar vantagens e limitações da ferramenta, e as funcionalidades que devem ser aperfeiçoadas.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvida a ferramenta *VRVis Manager*, que permite a representação tridimensional parametrizada e genérica de dados abstratos utilizando-se técnicas de Realidade Virtual para proporcionar Visualização de Informação.

As principais vantagens do *VRVis Manager* são: possibilidade de escolha de SGBD, visualização dos metadados de uma base de dados, possibilidade de escolha das tabelas e atributos a serem utilizados na visualização final com auxílio de filtros, escolha da melhor metáfora a representar os dados filtrados, uso de mecanismos para destacar relevância de informação, visualização com agrupamento de informações, possibilidade de armazenamento de consultas realizadas gerando um histórico para futura reutilização.

Como apontado no CAPÍTULO 2, a visualização em um ambiente virtual tridimensional pode auxiliar o usuário a visualizar um grande volume de informações em um pequeno espaço, e com uso da RV a capacidade das pessoas em avaliarem informações são amplificadas quando permitido o uso de interações multimodais que flexibilizam a atuação no espaço 3D, possibilitando maior riqueza de detalhes, aumentando a capacidade de avaliação de informação com a qual as pessoas são capazes de interagir e permite uma compreensão mais rápida do conjunto de dados, auxiliando na tomada de decisão e gerando um aumento da qualidade do serviço, podendo ainda colaborar no processo cognitivo de um aprendiz. Pode-se concluir que no desenvolvimento do *VRVis Manager* em alguns casos estas vantagens foram confirmadas. Isto não se fez possível nos casos em que o usuário final não tinha um conhecimento mais detalhado para escolha de filtros para seleção. Assim, conclui-se que em cenas 3D com parâmetros pré-definidos pelo usuário, a utilização e entendimento ficam claros comparados a cenas geradas sem conhecimento de possibilidades de seleção, visto que, nestas o resultado é inesperado em relação à quantidade de objetos na cena.

A possibilidade de escolha de objetos de metáfora em relação à atividade desenvolvida foi um quesito destacado como viável na opinião dos usuários.

Pode-se concluir que como vantagem adicional deste trabalho, o fato de que

a ferramenta pode atender com êxito tarefas relacionadas à área acadêmica, por exemplo, nas disciplinas de banco de dados, já que esta permite uma visualização global da estrutura de um banco de dados, além de permitir a visualização de seus metadados e no aprendizado da criação de consultas. O mesmo pode acontecer com profissionais da área de desenvolvimento, quando os mesmos necessitarem conhecer o modelo de entidade relacionamento da base de dados do sistema já existente em uma empresa.

## **Trabalhos Futuros**

Consideram-se como trabalhos futuros para este trabalho:

- Melhorar a utilização de parâmetros para o filtro das informações, acrescentando o uso de recursos da aplicação do *SQL*, como por exemplo, a possibilidade de aplicação do parâmetro *join* que possibilitaria a junção de atributos entre tabelas;
- Possibilitar a visualização de todas as tabelas, e todos os níveis de relacionamento, do banco de dados selecionado;
- Ampliar as possibilidades de geração de metáforas.
- Sugerir automaticamente a metáfora mais adequadas de acordo com o tipo dos dados selecionados.

## **Trabalho Publicado**

Os resultados obtidos durante a realização deste projeto gerou uma publicação, citada nas referências desta dissertação como SANTOS *et al.*, 2008.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Página Oficial 2006. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso em julho/2010.
- ALEXANDRE, Dulclerci S.; TAVARES, João Manuel R. S. **Factores da Percepção visual humana na visualização de dados**. 2007. Trabalho apresentado no CMNE/CILAMCE 2007. Porto, Portugal, 2007.
- ASP. Página Oficial. 2008. Disponível em: < <http://www.asp.net/>>.
- BALZER, Michael; *et al.* **Software Landscapes: Visualizing the Structure of Large Software Systems**. Department of Computer and Information Science, University of Konstanz, Germany. The Eurographics Association 2004. 2004.
- BERTI, Claudia B. **VRVis: Ferramenta de Realidade Virtual para Visualização de Informações**. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário Eurípides de Marília. 2004.
- BUCCIOLI, A. A. B. ; ZORZAL, E. R. ; KIRNER, C. **Usando Realidade Virtual e Aumentada na Visualização da Simulação de Sistemas de Automação Industrial**. In: SVR2006, 2006, Belém. Anais do VIII Symposium on Virtual Reality. Porto Alegre : Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2006. v. 1. p. 1-4.
- BUENO, Márcio A. S.; **Meta3D – Uma ferramenta para Visualização de Informação em 3D**. 96 f. 2005. Pós-graduação (Ciência da Computação). Universidade Federal de Pernambuco. 2005.
- BURDEA, Grigore; COIFFET, Philippe. **Virtual Reality Technology**. Editora Wiley Inter-Science. 1994.
- BURIOL, Tiago M.; **Processamento e visualização de campos em ambientes virtuais e sistemas CAD 3D aplicados a projetos de iluminação em subestações**. 123 f. 2006. Grau: Mestrado (Ciência). Universidade Federal do Paraná. 2006.
- CAMPOS, M. L A; GOMES, H. S. **Taxonomia e Classificação: a categorização como princípio**. VIII ENANCIB. Salvador/BA. 2007.
- CARD, S. K.; MACKINLAY, J. D.; SHNEIDERMAN, B. **Information Visualization: Using Vision to Think**. San Diego. Academic Press, 1999.

CORRÊA, Cléber G. **Implementação e Avaliação de Interação em um Framework para Treinamento Médico**. 102 f. 2007. Grau: Pós-graduação (Ciência da Computação). UNIVEM. Marília – São Paulo. 2007.

CYBIS, W. A. et al. **ErgoList**. Disponível em: <<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/>>. Acesso em: 06 nov. 2009.

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

DIAS, Mateus P. **A contribuição da Ciência da Informação para a Ciência da Informação**. 116 f. 2007. Grau: Dissertação (Ciência da Informação). PUC-Campinas. Campinas. 2007.

ESTIVALET, Luiz Fernando. **O Uso de Ícones na Visualização de Informações. Dissertação de Mestrado**. 90 f. 2000. Grau: Dissertação (Computação). UFRS. Porto Alegre. 2000.

FAISAL, Sarah, CAIRNS, P.; BLANDFORD, A. **Building for Users not for Experts: Designing a Visualization of the Literature Domain**. University College London Interaction Centre. London. In: 11th International Conference Information Visualization (IV'07). 2007.

FEKETE, Jean-Daniel. **The InfoVis Toolkit**. Université Paris-Sud – France. In: IEEE Symposium on Information Visualization 2004. 2004.

FEKETE, Jean-Danie. **The InfoVis Toolkit**. 2005. Disponível em: <<http://portuguese.osstrans.net/software/ivtk.html>> Acesso em: 23 março 2008.

FireBird. 2010. **Firebird Foundation Incorporated**. Disponível em: <<http://www.firebirdsql.org/>> Acesso em: 04 julho 2010.

FREITAS, Carla M.D.S.; *et al.* **Introdução à Visualização de Informações**. Revista de Informática Teórica e Aplicada. Volume VIII. Número 2. 2001.

GeoVISTA. PENNSTATE. 2006. Disponível em: <<http://www.Geovista.psu.edu>>. Acesso em: março 2008.

GERSHON, Nahum; STUART, Stuart; EICK, Stephen G. **Information Visualization Tutorial**. ACM ISBN: 1-58113-158-USA. 1999.

- ORACLE. 2010. **Grupo de Profissionais Oracle** Disponível em: <<http://www.oracle.com/index.html>>. Acesso em: 04 julho 2010.
- GUIMARÃES, Marcelo P. **Um Ambiente para o desenvolvimento de aplicações de realidade virtual baseadas em Aglomerados Gráficos**. 2004. 126 f. Grau: Tese (Engenharia Elétrica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.
- GUSKUMA, J. A. **Ergonomia e Usabilidade na Manipulação de Objetos 3D**. Graduação em Ciência da Computação (Ciência da Computação). UEL. 2005.
- IBM. **XML Toolkit for z/OS**. Disponível em: <<http://www-03.ibm.com/servers/eserver/zseries/software/xml/>>. Acesso em: 10 março 2008.
- KARTOO. Disponível em: <<http://www.kartoo.com>>. Acesso em: fevereiro 2008.
- KIRNER, Cláudio; KIRNER Tereza G.; CALONEGO Júnior, Nivaldo; BUK, Carolina V. **Uso de Realidade Aumentada em Ambientes Virtuais de Visualização de Dados**. Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) – SP. Brasil. 2004. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp/servlet/Evento?id=109>>. Acesso em: fevereiro 2008.
- KIRNER, Cláudio; TORI, Romero; **Realidade Virtual: conceito e tendências**. In: Livro do pré-simpósio, VII Symposium on Virtual – São Paulo – SP. 2004. p. 321-333.
- KIRNER, Cláudio; SISCOUTO, Robson; **Realidade Virtual e Aumentada Conceitos, Projeto e Aplicações**. In: Livro do Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality – Petrópolis – RJ. 2007. p. 1-72.
- MAITINO NETO, Roque; **Visualização Tridimensional de Programas Orientados a Objeto**. 2006. 100 f. Grau: Dissertação (Ciência da Computação). Centro Universitário Eurípides de Marília. 2006.
- MANZANO, José Augusto. **Java 2: Programação de Computadores**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2006.
- MIRANDA, Marlos F.; *et al.*; **Interface 3D aplicada à visualização de informações de Substação de energia armazenadas em banco de dados**. LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba. 2006.
- MORENO, Vilson. **Concepção e implementação de um modelo de coordenadas para uma plataforma de visualização exploratória**. Dissertação. ICMC-USP. 2005.

- MOURA, Ana Cláudia M.; MORIM, Leandro Quadros. **Simulação de transformação nas paisagens de mineração de ferro a céu aberto – metodologia de análise e simulação de gestão de paisagens**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... Florianópolis, Brasil, 2007, INPE, p. 4073-4080.
- MUNZNER, Tamara; **Exploring Large Graphs in 3D Hyperbolic Space**. IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 18, No. 4, pp 18-23, July/August 1998.
- MySQL. 2010. Disponível em: < <http://dev.mysql.com/> > Acesso em: 03 junho 2010.
- NASCIMENTO, Hugo A.D.; FERREIRA, Cristiane B.R.; **Visualização de Informações – Uma Abordagem Prática**. In: XXV Congresso da Sociedade Brasileira da Computação. UNISINOS. São Leopoldo. Brasil. 2005.
- NUNES, Fátima S.R.; *et al*; **BancoWeb: registrando, recuperando e avaliando o uso de uma base de imagens mamográficas para Internet**. In: IV Workshop de Informática Médica - WIM 2004, 2004, Brasília. Anais do IV Workshop de Informática Médica, 2004. v. 1.
- OLIVE. **OLIVE: On-line Library of Information Visualization Environments**. 1997. Disponível em: <<http://otal.umd.edu/Olive>>. Acesso em: maio 2004.
- OLIVEIRA, Maria P. G. **Visualização de Dados Geográficos Dirigida pelo Modelo Conceitual OMT-G**. 2007. 101 f. Grau: Tese (Computação Aplicada). INPE. São José dos Campos. 2007.
- PLAISANT, Catherine. **The Challenge of Information Visualization Evaluation**. Human-Computer Interaction Laboratory. University of Maryland. USA. 2004.
- PostgreSQL. 2010. **PostgreSQL Global Development Group**. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/>> acesso em: 03 junho 2010.
- PRATES, Raquel O.; FIGUEIREDO, Luiz H.; GATTASS, Marcelo. **Especificação de layout abstrato por manipulação direta**. In: VII SIBGRAPI. Anais... 1994.
- ROMANI, Luciana A. Santos. **InterMap: Ferramenta para Visualização da Interação em Ambientes de Educação a Distância na Web**. 2000. 117 f. Grau: Dissertação (Computação). Universidade Estadual de Campinas. 2000.
- ROMANI, Luciana A. Santos; ROCHA, H. V. **O uso de técnicas de Visualização de Interação como subsidio à formação de comunidades de aprendizagem em EaD**. Embrapa e UNICAMP. 2001.

- SANTOS, C. Russo; GROS P., ABEL P. **Visualização Tridimensional de Grandes Volumes de Informação.** France. 1999. Disponível em: <<http://www.eurecom.fr/util/pubdownload.en.htm?id=257>>. Acesso em: 03 março 2008.
- SANTOS, Beatriz S. **Introdução à Visualização de Dados e Informação.** Universidade de Aveiro, 2007. Disponível em: <<http://www.ieeta.pt/~bss/aulas/Introdução-Vis-Dados-11-07.pdf>>. Acesso em: 24 fevereiro 2008.
- SANTOS, Sílvia H. O.; SABATINE, Ricardo J.; NUNES, Fátima L. S. **Uma Ferramenta para Visualização de Informação para Área de Negócios.** WRVA – Bauru. 2008.
- SCHIMIGUEL, Juliano. **Interface 3D de aplicações SIG como espaços de comunicação.** 2002. 234 f. Grau: Dissertação (Computação). Universidade Estadual de Campinas. 2002. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000249047>>.
- SILVA, Celmar Guimarães; ROCHA, Heloísa Vieira. **Contribuições de Visualização de Informação para a Área de Educação a Distância.** VI Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais — Mediando e Transformando o Cotidiano. UFPR, CEIHC—SBC. Curitiba, 2004. Disponível em: <<http://www.serg.inf.puc-rio.br/ihc/papers/IHC2004/057-068-IHC2004-.pdf>>. Acesso em: agosto 2007.
- SILVA, Romano J.M.; **Integração de um Dispositivo Óptico de Rastreamento a uma Ferramenta de Realidade Virtual.** Dissertação de Mestrado. PUC – RJ. Brasil. 2004.
- SILVA, Celmar Guimarães. **Considerações sobre o uso de Visualização de Informação no auxílio à gestão de informação.** In: XXVII Congresso da SBC. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/bibliotecadigital/download.php?paper=669>>. Acesso em: fevereiro 2008.
- SIMON, Herbert. A. **The Sciences of the Artificial.** MIT Press, 1996.
- SPENCE, robert. **Information Visualization.** San Diego: Academic Press, 2001.
- SPENCE, robert. **Curso ministrado.** In: *11th International Conference on Information Visualisation - IV07.* 2007. Disponível em: <<http://www.iicm.tugraz.at>>. Acesso em: março 2008.
- SUN. Página Oficial. 2010. Disponível em: <<http://br.sun.com/>>.
- TORY, M., Möller, T., **Model-based visualization taxonomy,** School of Computing Science, Simon Fraser. 2002. Disponível em: <<http://www.cs.sfu.ca/~mktory/personal/publications/CMPT2002-06.pdf>>. Acesso em: 02

maio 2004.

UML. 2010. Disponível em: <<http://www.uml.org/>>.

WÜNSCHE, Burkhard. A S. **Classification and Analysis of Perceptual Concepts and their Application for the Effective Visualisation of Complex Information.** University of Auckland, New Zealand. 2004.

## APÊNDICE A

### AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA *VRVis Manager*

A ferramenta *VRVis Manager* tem como objetivo auxiliar profissionais na compreensão das informações contidas em seus bancos de dados, auxiliando a tomadas de decisão em relação aos diversos aspectos das organizações, utilizando recursos de RV para proporcionar a visualização de informações em ambientes tridimensionais. A ferramenta possibilita a escolha do SGBDs, a seleção de parâmetros para filtros e a escolha de metáforas e a visualização e interação em formato 3D do resultado da pesquisa. O diagrama abaixo demonstra a estrutura funcional da ferramenta.

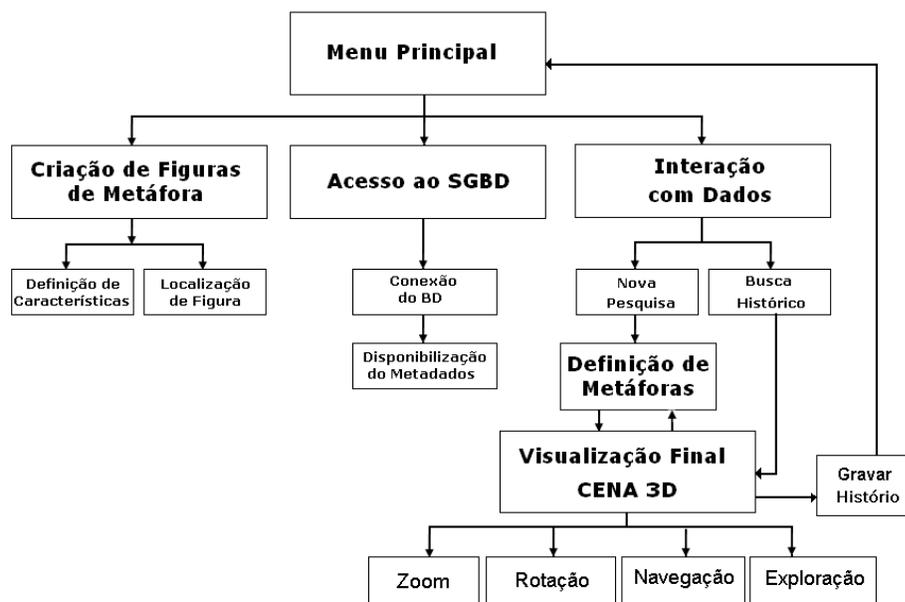


Diagrama de Funcionamento da Ferramenta

O apresenta alguns detalhes das funções oferecidas por cada módulo da ferramenta e como estas funções são visualizadas (2D ou 3D).

Quadro 7. Funções dos Módulos

Módulos	Descrição das etapas	Visualiza
<b>CRIAÇÃO DE FIGURAS DE METÁFORA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Entrada do nome, característica de visualização e melhor tipo de representação da figura</li> <li>2) Localização de uma figura com possibilidade de visualização</li> <li>3) Identificação da figura em relação a Item de grupo</li> <li>4) Gravação da figura no banco de dados</li> </ol>	2D 3D

<b>ACESSO AO SGBD</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Oferece tipos de SGBD</li> <li>2) Solicita informações para acesso ao banco</li> <li>3) Faz a conexão do Banco de Dados</li> <li>4) Disponibiliza os Metadados do Banco de Dados</li> </ol>	2D
<b>INTERAÇÃO COM DADOS</b>	<p>Oferece dois caminhos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Criação de uma nova pesquisa <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Oferece opção de seleção de uma das tabelas como principal</li> <li>2) Oferece visualização do relacionamento da tabela principal com tabelas pais e filhas (em primeiro nível)</li> <li>3) Oferece opção de seleção das tabelas para trabalho</li> <li>4) Opção de escolha de Tabela e atributos para agrupamento</li> <li>5) Disponibiliza tabelas para seleção de parâmetros para consulta</li> <li>6) Oferece opção de totalização e filtros para os atributos</li> <li>7) Oferece opção para de área de negócio</li> <li>8) Oferece opção para cláusula <i>DISTINCT</i></li> <li>9) Cria o comando SQL para consulta</li> </ol> </li> <li>- Escolha de uma pesquisa armazenada em Histórico <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lista os históricos relacionados ao Banco de Dados selecionado</li> <li>2) Permite escolha de um dos históricos</li> </ol> </li> </ul>	<p>2D</p> <p>3D</p> <p>3D</p> <p>2D</p> <p>2D</p> <p>2D</p> <p>2D</p> <p>2D</p> <p>2D</p> <p>2D</p> <p>2D</p>
<b>DEFINIÇÃO DE METÁFORAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Disponibiliza atributos para escolha de metáfora de visualização</li> <li>2) Oferece 2 opções de para escolha de metáforas <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Inferência de metáfora conforme a área de negócio</li> <li>b. Lista de figuras de metáforas armazenadas</li> </ol> </li> <li>3) Oferece opção de escolha para características da metáfora</li> <li>4) Execução do módulo de visualização</li> <li>5) No retorno da visualização, permite o armazenamento das características da cena criada em um histórico para posterior utilização</li> </ol>	<p>2D</p> <p>2D e 3D</p> <p>2D</p> <p>2D e 3D</p>

Para a avaliação o participante deve responder a dois questionários seguindo a seguinte regra: para cada critério assinale SIM para as questões que em todos os casos o uso esta em conformidade com o proposto, NÃO para as questões que em nenhum dos casos o uso esta em conformidade com o proposto e AS VEZES para os casos em que hora o item se faz atendido e em outro momento não.

O primeira questionário refere-se aos critérios e questões para teste de usabilidade referente as interfaces de entrada de dados com características 2D (seleção de características das tabelas, parâmetros para filtro e características para metáfora). O segundo questionário refere-se aos critérios e questões a serem utilizado para teste de usabilidade referente a seleção das características necessárias para a geração da cena 3D (geração da cena) e na interação com a mesma.

#### Questionário 1: Interfaces de entrada de dados com características 2D

<b>Presteza:</b> Verifica se o sistema conduz e informa o usuário durante a interação	SIM	NAO	As Vezes
Todos os campos e mostradores de dados possuem rótulos identificativos?			
As tabelas apresentam cabeçalhos para linhas e colunas consistentes			

e distinguíveis dos dados apresentados?			
As páginas de menus possuem títulos, cabeçalhos ou convites à entrada?			
O usuário encontra disponíveis as informações necessárias para suas ações?			
<b>Agrupamento por localização:</b> Verifica se a distribuição espacial dos itens traduz as relações entre as informações	SIM	NAO	As Vezes
O espaço de apresentação está diagramado em pequenas zonas funcionais?			
A disposição dos objetos de interação de uma caixa de dialogo segue uma ordem lógica?			
Nos agrupamentos de dados, os itens estão organizados espacialmente segundo um critério lógico?			
Nas listas de seleção, as opções estão organizadas segundo alguma ordem lógica?			
Os painéis de menus são formados a partir de um critério lógico de agrupamento de opções?			
Os grupos de botões de comando estão dispostos em coluna e à direita, ou em linha e abaixo dos objetos aos quais estão associados?			
<b>Agrupamento por formato:</b> Verifica os formatos dos itens como meio de transmitir associações e diferenças	SIM	NAO	As vezes
Os diferentes tipos de elementos de uma tela de consulta (dados, comandos e instruções) são visualmente distintos uns dos outros?			
Os rótulos são visualmente diferentes dos dados aos quais estão associados?			
Os cabeçalhos de uma tabela estão diferenciados através do emprego de cores diferentes, letras maiores ou sublinhadas?			
Quando apresenta opções não disponíveis no momento, o sistema as mostra de forma diferenciada visualmente?			
As caixas de agrupamento são empregadas para realçar um grupo de dados relacionados?			
<b>Feedback:</b> Verifica a qualidade do feedback imediato às ações do usuário	SIM	NAO	As vezes
Os itens selecionados de uma lista são realçados visualmente de imediato?			
<b>Densidade Informacional:</b> Verifica a densidade informacional das telas apresentadas pelo sistema	SIM	NAO	As vezes
A densidade informacional das janelas é reduzida?			

As telas apresentam somente os dados e informações necessários e indispensáveis para o usuário em sua tarefa?			
O sistema minimiza a necessidade do usuário lembrar dados exatos de uma tela para outra?			
O sistema evita apresentar um grande número de janelas que podem desconcentrar ou sobrecarregar a memória do usuário?			
Os painéis de menu apresentam como ativas somente as opções necessárias?			
<b>Ações explícitas:</b> Verifica se é o usuário quem comanda explicitamente as ações do sistema	SIM	NAO	As vezes
É sempre o usuário quem comanda a navegação entre os campos de um formulário?			
<b>Controle do usuário:</b> Verifica as possibilidades do usuário controlar o encadeamento e a realização das ações	SIM	NAO	As vezes
O usuário pode interromper e retomar um diálogo sequencial a qualquer instante?			
O usuário pode reiniciar um diálogo sequencial a qualquer instante?			
Durante os períodos de bloqueio dos dispositivos de entrada, o sistema fornece ao usuário uma opção para interromper o processo que causou o bloqueio?			
<b>Experiência do usuário:</b> Verifica se usuários com diferentes níveis de experiência têm iguais possibilidades de obter sucesso em seus objetivos	SIM	NAO	As vezes
O usuário pode se deslocar de uma parte da estrutura de menu para outra rapidamente?			
O sistema oferece equivalentes de teclado para a seleção e execução das opções de menu, além do dispositivo de apontamento (mouse,...)?			
<b>Significados:</b> Verifica se os códigos e denominações são claros e significativos para os usuários do sistema	SIM	NAO	As vezes
As denominações dos títulos estão de acordo com o que eles representam?			
Os títulos das páginas de menu são explicativos, refletindo a natureza da escolha a ser feita?			
O vocabulário utilizado nos rótulos, convites e mensagens de orientação são familiares ao usuário, evitando palavras difíceis?			
O vocabulário utilizado em rótulos, convites e mensagens de orientação é orientado à tarefa, utilizando termos e jargão técnico normalmente empregados na tarefa?			
Os cabeçalhos de colunas de dados são significativos e distintos?			
<b>Compatibilidade:</b> Verifica a compatibilidade do sistema com as	SIM	NAO	As

expectativas e necessidades do usuário em sua tarefa			vezes
As telas são compatíveis com o padrão do ambiente?			

### Questionário 2: Usabilidade referente a Interface 3D – Gerar Cena.

<b>Geração da cena:</b> Verificar a facilidade em selecionar os dados e características para geração da cena final em formato tridimensional	SIM	NAO	As vezes
Houve facilidade na escolha das tabelas a serem utilizadas?			
Houve facilidade na escolha dos campos das tabelas?			
Houve facilidade no entendimento do item “Agrupar”?			
Houve facilidade no uso dos parâmetros para “Totalização”?			
Houve facilidade no uso dos parâmetros para “Filtro”?			
Houve facilidade no uso dos parâmetros para “Características dos dados para metáfora”?			
Houve facilidade na geração de figuras para metáfora?			

### Questionário 3: Usabilidade referente Interface 3D – Interação.

<b>Interação:</b> Verificar facilidade de utilização da cena 3D em relação as operações de navegação, zoom e visualização de dados individuais	SIM	NAO	As vezes
Houve facilidade na compreensão das informações apresentadas na cena 3D?			
Houve facilidade de interação com o ambiente tridimensional?			
Houve facilidade em aplicar o movimento apropriado para rotacionar em certo eixo?			
Houve facilidade em “se encontrar” quando na utilização da função de Zoom?			
Houve facilidade em selecionar o objeto para visualização de dados individuais?			