

2 Técnicas de Visualização de Informações

A visualização de informações combina aspectos da visualização científica, interface homem-computador, mineração de dados, imagens e gráficos. Em contraste com a visualização científica, a qual tem seu foco sobre os dados, a visualização de informações tem seu foco sobre a informação, cujo nível de abstração requer o uso de metáforas visuais para sua representação.

A visualização de informações envolve a facilidade de uso, uma vez que as interfaces criadas para manipular informações são utilizadas por uma comunidade diversificada e potencialmente não-técnica, agravando-se também pelo seu grande volume. Estas informações podem ser bastante complexas, contendo um grande número de elementos estruturados hierarquicamente em uma rede, linearmente, ou até mesmo sem nenhuma estrutura (WISS, 1998).

Nesse trabalho serão abordadas as estruturas de informações organizadas hierarquicamente, as quais estão presentes em muitas áreas, tais como: diagramas organizacionais, árvores genealógicas, manuais, estruturas de diretórios, catálogos de bibliotecas, etc. Nos últimos anos, várias técnicas têm sido desenvolvidas a fim de permitir a navegação em espaços de informações organizados dessa forma. Essas técnicas buscam proporcionar uma melhor percepção de alguns atributos ou fornecer mecanismos de interação adicionais que vão além da tradicional navegação com barras de rolagem ou câmeras 3D em visualização bi e tridimensional, respectivamente (CAVA, 2002). Em geral, os desenvolvedores de técnicas de visualização de informações inspiram-se em objetos geométricos (do mundo real) para organizar as informações no contexto da sua aplicação (LUZZARDI, 2003).

Na seqüência são apresentadas algumas técnicas de visualização de informações que foram encontradas durante a revisão bibliográfica que embasa esse trabalho, sendo as mesmas classificadas conforme a natureza da informação a ser visualizada.

2.1 Visualização de características e valores diversos

Valores diversos e atributos são usualmente representados em mapas de vários tipos ou em gráficos, desde os tradicionais gráficos de pontos (ou linhas) e mapas utilizando cores, até conjuntos de ícones, ou glifos, arranjados de acordo com o espaço-domínio. É comum ícones serem utilizados na identificação de uma entidade ou elemento amostrado num contexto, representando na maioria das vezes a característica principal dessa entidade ou amostra. Um exemplo típico é a identificação de veículos numa simulação de tráfego (LUZZARDI, 2003). Outro exemplo é o conjunto de faces de Chernoff, onde características da face humana são usadas para representar valores diversos a respeito de entidades (Fig. 1).

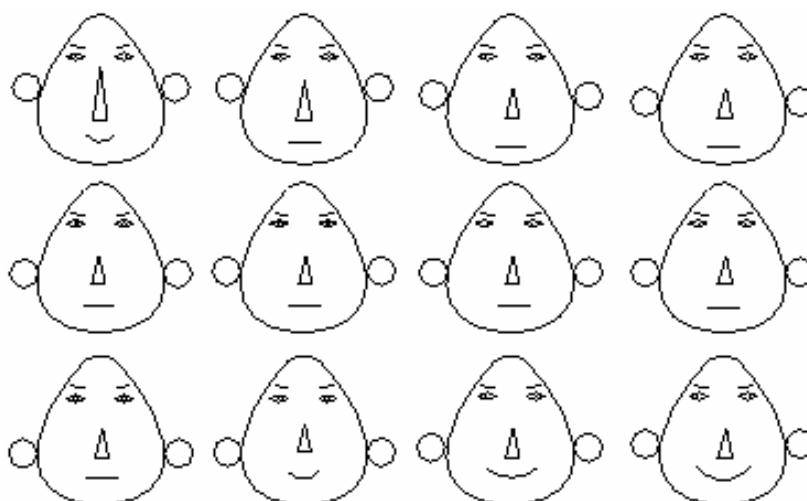


Figura 1 - *Chernoff Faces* ilustrando variações nos valores de atributos.
Fonte: EPCC, 2006.

A técnica de visualização *Information Mural* (JERDING, 1995) permite a visualização de vários tipos de informações, tais como documentos de texto ou dados geográficos e astrofísicos. Essa técnica gera e mostra uma representação gráfica do grupo de informações em questão. Seu atributo identificador é a apresentação de uma miniatura do conjunto de informações em um espaço 2D, para tanto a mesma se utiliza de cores, pontos dispersos e técnicas de compressão para a representação (Fig. 2). A representação gráfica ocorre de forma que o padrão visual resguarde o padrão da informação original e haja minimização na perda causada pela compressão.

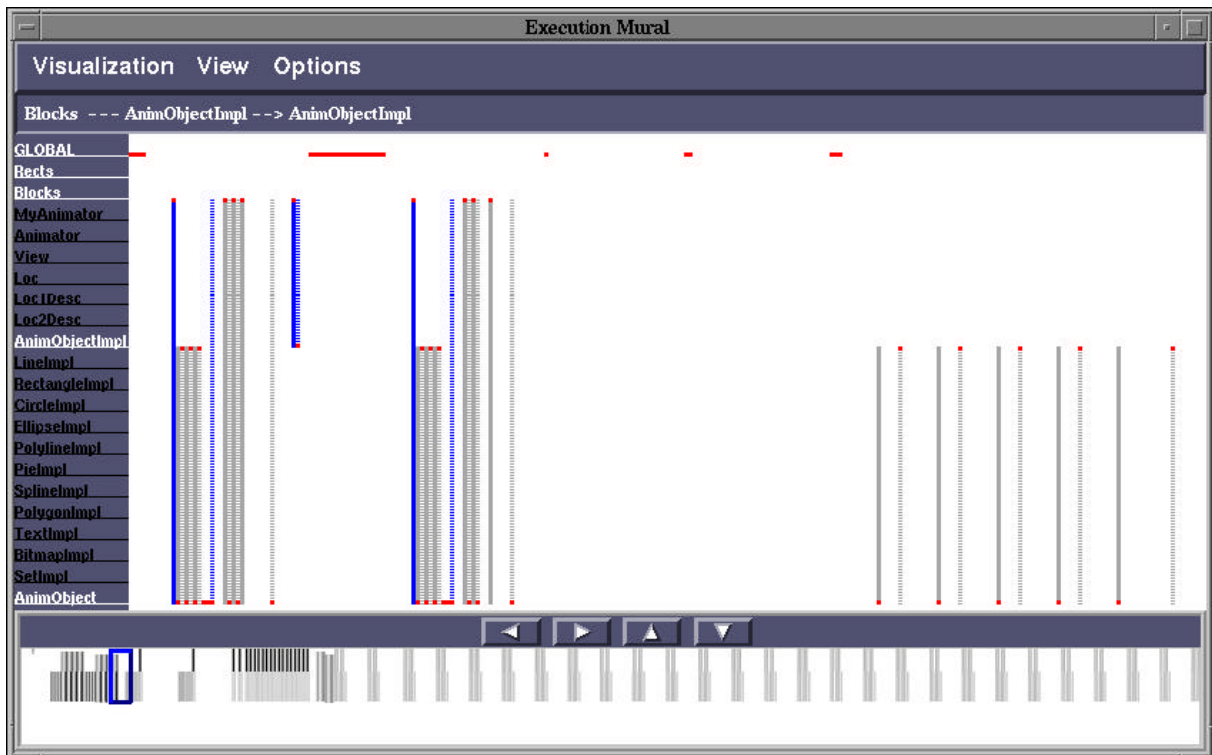


Figura 2 - Execução do Algoritmo *Bubble Sort* após ocultar as classes e dar foco na primeira terça-parce da execução. Mensagens que correspondem aos construtores estão em azul.

Fonte: JERDING, 1995.

2.2 Visualização de estruturas e relacionamentos

2.2.1 Estruturas lineares

Conjuntos de dados organizados hierarquicamente, tais como diretórios de arquivos, ou que apresentam relações variadas como arquivos num *web site*, são amplamente utilizados na demonstração de técnicas de visualização desde os primeiros trabalhos até a atualidade (LUZZARDI, 2003). Percebe-se que muitos dos conceitos hoje utilizados originaram-se de técnicas que em verdade pretendiam apresentar documentos estruturados, ou seja, arquivos seqüenciais que apresentam alguma organização hierárquica, tal como a *Fisheye View* (FURNAS, 1981) e a *Bifocal Display*.

Fisheye View

Furnas (1981) destaca-se como um dos pioneiros da abordagem Foco+Contexto através da técnica *Fisheye View*, a qual recebeu esse nome por possuir atributos semelhantes aos da imagem gerada por uma lente grande angular de uma câmera fotográfica. Nesta técnica, como pode ser observado na Fig. 3, os elementos que estão arranjados próximos à região que contém o ponto de interesse do usuário (denominado foco) são apresentados com maior detalhamento, que vai diminuindo à medida que se afastam do foco. Tal efeito é alcançado através da aplicação de uma função chamada DOI (*Degree-Of-Interest*), cujo propósito é o cálculo do grau de interesse de um determinado elemento, fornecendo o nível de detalhe de sua exibição. Essa função avalia a importância do nodo na estrutura e sua respectiva distância em relação ao foco que o usuário determinou. Assim, sua definição é $DOI = API - D$, onde API (*A Priori Importance*) representa o grau de importância do elemento na estrutura e D (*Distance*) representa a distância dele em relação ao foco.

A técnica *Fisheye View* também foi utilizada para a exibição do código fonte em programas estruturados, onde as linhas que possuem um valor DOI abaixo de um determinado limite são omitidas na visualização. Por esse motivo, essa abordagem foi classificada de *logical fisheye* em contraposição à *graphical fisheye view* que é apresentada a seguir.



Figura 3 - Resultado da aplicação de uma função DOI.
 Fonte: Usability First, 2006.

Graphical Fisheye View

Sarkar e Brown (1992) ampliaram a idéia de Furnas (1981) fornecendo uma interpretação gráfica para a visualização *fisheye* denominada *Graphical Fisheye View*- GFV. Enquanto a visualização *fisheye* de Furnas assumia a distância como uma função pré-definida entre dois nodos, a GFV baseia-se na distância Euclidiana. Na GFV, o tamanho, a posição e o nível de detalhamento dos elementos exibidos são calculados em função da distância de cada um em relação ao foco e de sua importância pré-estabelecida na estrutura global, o que resulta da adição das considerações dos autores a respeito do cálculo utilizado na geração do *layout* na técnica.

Uma das principais diferenças entre as duas abordagens é o fato de que, na proposta de Furnas, ou um elemento está presente na visualização com todos os detalhes ou está completamente ausente, não havendo um controle explícito dos atributos que orientam a geração do *layout* (Fig. 4). Isso proporciona uma descontinuidade no espaço de informação, pois os objetos ora estão presentes na

visualização ora não estão, de acordo com o ajuste no foco por parte do usuário, o que pode vir a causar desorientação e tornar a navegação complexa (CAVA, 2002).

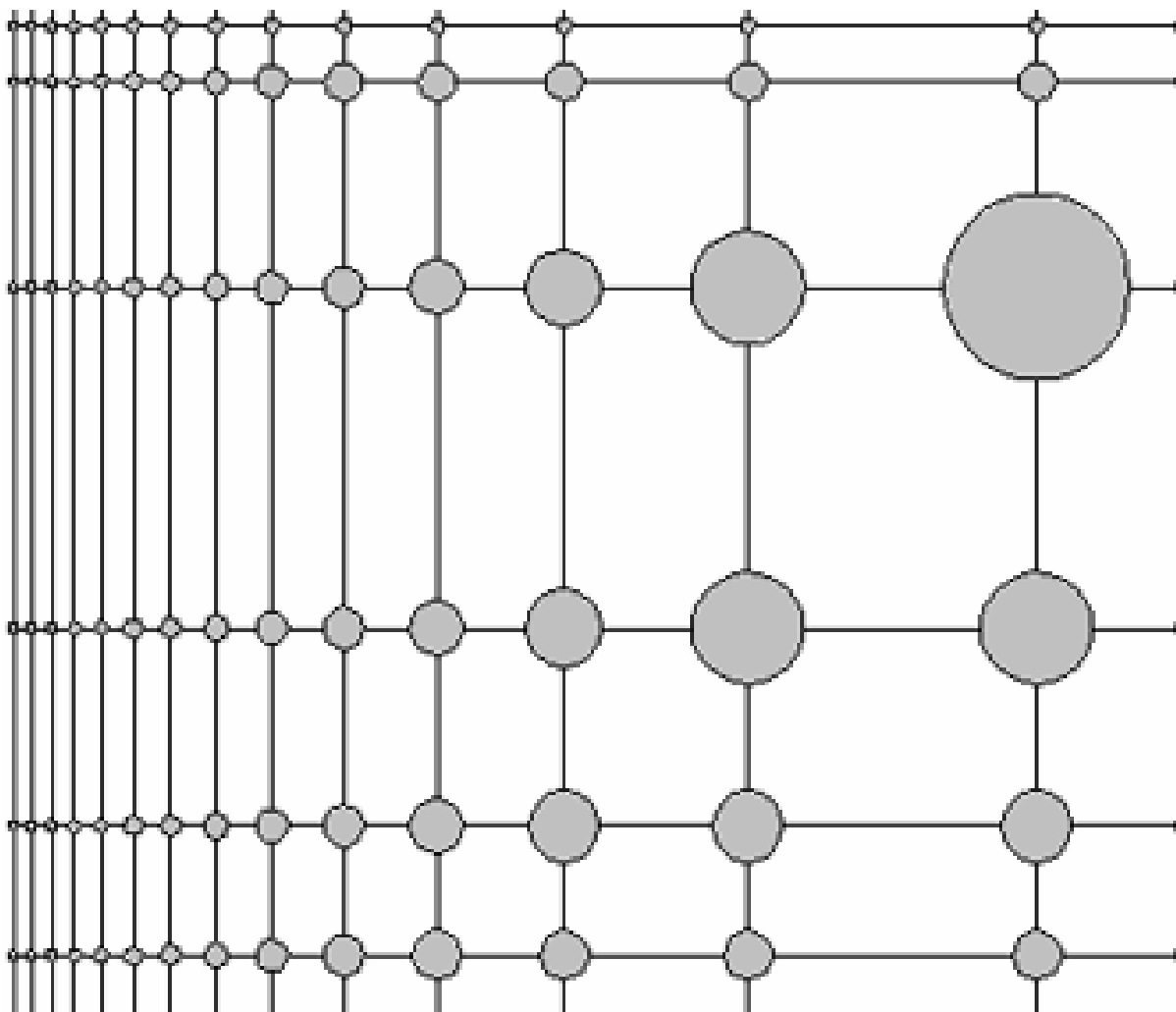


Figura 4 - Detalhamento do ponto de interesse do usuário.
Fonte: HEER, 2004.

Bifocal Display

A técnica *Bifocal Display*, desenvolvida por Spence e Apperley (1982 apud CAVA, 2002), embora tenha partido de pontos de vista diferentes, obteve resultados similares a técnica *Graphical Fisheye View*. Segundo Cava (2002) “eles investigavam uma forma de melhorar o acesso a grandes espaços de informações existentes em escritórios, geralmente organizadas hierarquicamente através de publicações subdivididas em volumes, números e artigos”. Objetivando viabilizar a exibição de um número maior de informações em comparação ao sistema tradicional

baseado em janelas, a técnica proposta associa detalhe e contexto através de uma área de visualização distorcida.

A leitura dos elementos de informação é facilitada através do posicionamento dos mesmos em uma faixa subdividida em três áreas adjacentes. Na parte central do *layout* situa-se o foco, região da tela onde não há distorção na imagem, o que permite a leitura das informações. Por outro lado as informações contidas nas regiões laterais do *layout*, onde ocorre em alguns casos uma distorção no eixo X (Fig. 5) e em outros nos eixos X e Y (Fig. 6), referem-se ao contexto em que as mesmas estão inseridas. Todos os elementos contidos na região do contexto são exibidos de forma idêntica, não importando sua distância em relação ao foco. É possível exibir um objeto de forma mais detalhada através de um mecanismo de *drag-and-drop*, com o qual o usuário pode mover um objeto situado na área de contexto para o centro da visualização.

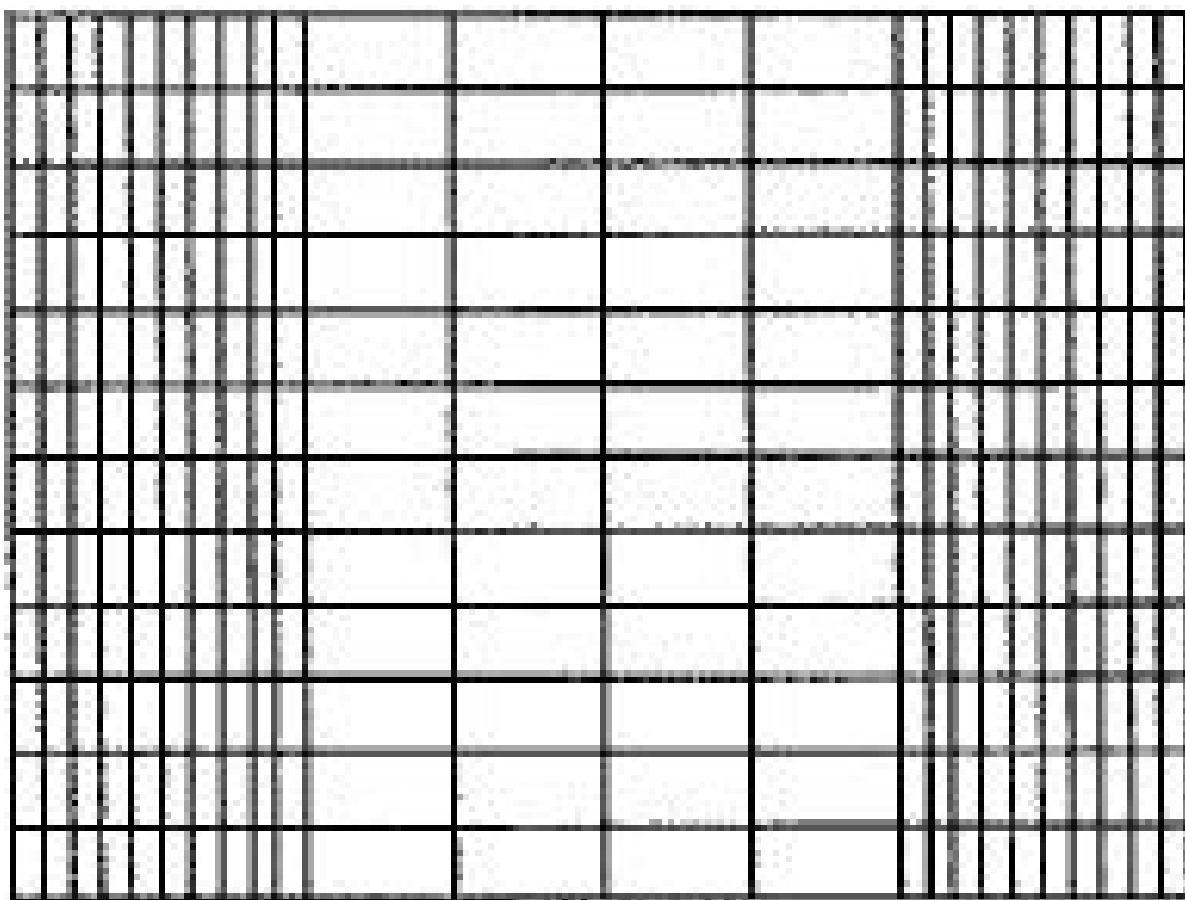


Figura 5 - Aplicação da *Bifocal Display* em uma dimensão.
Fonte: GERSTMANN, 2001.

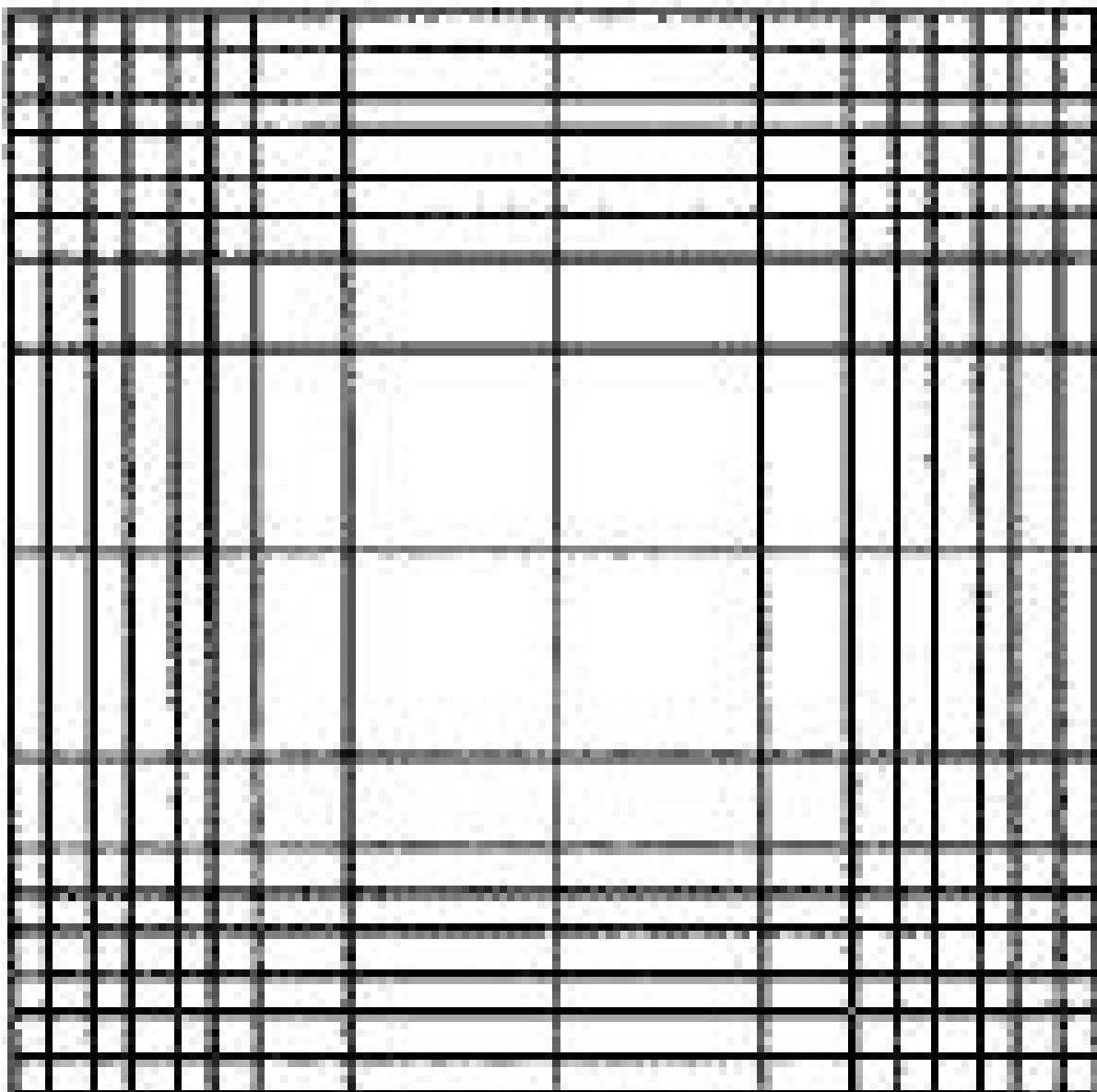


Figura 6 - Aplicação da *Bifocal Display* em duas dimensões.
Fonte: GERSTMANN, 2001.

Perspective Wall

A técnica *Bifocal Display* (MACKINLAY, 1991) é implementada para o espaço bidimensional, o que torna o relacionamento entre foco e contexto pouco óbvio em função de não serem integrados de forma intuitiva e suave. A movimentação do foco provoca a expansão ou contração dos itens que estão sendo visualizados, acarretando numa percepção confusa dos mesmos. Visando eliminar esse problema foi proposta uma nova técnica, intitulada *Perspective Wall*. Na nova técnica desenvolvida para o espaço tridimensional, a interação é executada através

do auxílio de animação, proporcionando trocas suaves entre as alterações de foco. Tais atributos da técnica têm o propósito de minimizar as dificuldades de integração típicas da *Bifocal Display*.

Nessa técnica é utilizada uma parede como metáfora visual, na qual existe um painel central para visualização dos detalhes e dois painéis laterais apresentados em perspectiva, onde está localizado o contexto (Fig. 7). A percepção da profundidade é obtida através dos efeitos de sombreado aplicados aos painéis. O emprego de perspectiva permite que os elementos mais próximos do painel central sejam apresentados em um tamanho maior que aqueles que estão mais distantes. Nessa técnica, um elemento selecionado na área de contexto sofre uma transição suave para o painel de detalhe e o uso de animação ajuda o usuário a observar a constância do objeto, o que provoca o deslocamento do trabalho de assimilação de uma nova imagem do sistema cognitivo para o sistema perceptivo humano.

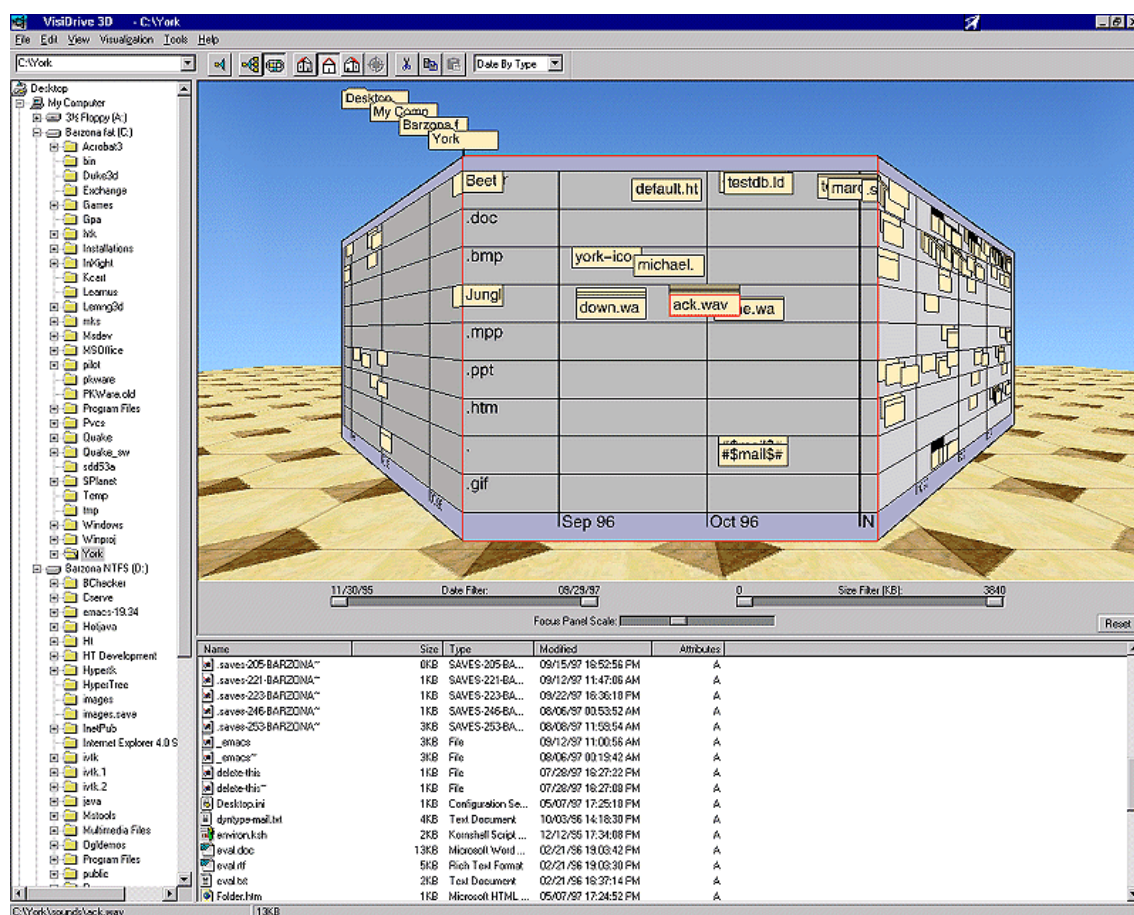


Figura 7 - Representação da hierarquia de diretórios de um computador segundo a técnica *Perspective Wall*.

Fonte: Beispiele für Visualisierungen abstrakter Informationsräume, 2006.

Table Lens

A técnica *Table Lens* (RAO, 1994) permite a manipulação de tabelas através da abordagem foco+contexto, através da qual é possível visualizar e interagir com a estrutura completa das informações e com elementos específicos, conforme o grau de interesse do usuário, através do mecanismo de distorção da visão. Essa técnica (Fig. 8) implementa distorção da imagem nos eixos X e Y, independentemente, visto que para cada um há a aplicação de uma função DOI (*Degree-Of-Interest*) (FURNAS, 1981) distinta.

As operações disponíveis na técnica são: *adjust*, que permite a mudança do conteúdo visualizado sem alterar o tamanho da área do foco; *zoom*, que permite a alteração do tamanho da área do foco preservando o número de células contidas na área; *slide*, que muda a localização da área do foco dentro do contexto e, por derradeiro, a operação *adjust+zoom*, que é uma combinação das operações *adjust* e *zoom* permitindo ao usuário incrementar o número de células na área do foco mantendo o tamanho original das células.

	Unit	State	County	Output	Problems	Health
36	Unit70	Mississippi	T	21	1	9
37	Unit81	Massachusetts	G	70	1	9
38	Unit79	Massachusetts	G	60	0	9
39	Unit80	Massachusetts	G	50	2	9

Figura 8 - Tela capturada na aplicação *Eureka*, baseada na técnica *Table Lens*.
Fonte: Fred, 2006.

2.2.2 Estruturas hierárquicas e grafos

Estruturas de informações organizadas hierarquicamente como organogramas, árvores genealógicas e mapas de *web sites* usualmente são representados por diagramas compostos de nodos e arestas. Os usuários requerem mecanismos de exploração para perceber mais intuitivamente os relacionamentos existentes entre os componentes da informação além dos métodos de recuperação das informações associados às entidades que formam essas estruturas (CAVA, 2002).

Uma série de *layouts* têm sido utilizados para a representação de árvores, com maior enfoque a lista delimitada (Fig. 9), ao diagrama *top-down* (Fig. 10), a lista indentada e aos conjuntos aninhados similares ao diagrama de *Venn* usado na representação de conjuntos. Segundo o algoritmo de Reingold e Tilford (1981 apud CAVA, 2002) é possível afirmar que uma solução efetiva é encontrada, contudo, a relação entre largura e profundidade da hierarquia pode provocar dificuldades na visualização. Enquanto a profundidade da árvore cresce linearmente, exponencialmente maior será o espaço exigido para a exibição do seu nível mais baixo.

```

A
A/B
A/B/E
A/B/F
A/C
A/D
A/D/G
A/D/G
A/D/G/I
A/D/G/J
A/D/G/K
A/D/H

```

Figura 9 - Listas delimitadas.
Fonte: CAVA, 2002, p.14.

Nas listas delimitadas (Fig. 9) todos os caminhos da raiz até cada nodo da hierarquia são listados, havendo como separador entre os elementos uma barra. A vantagem dessa representação é a exibição clara dos relacionamentos pai/filhos, entretanto é necessário que o usuário percorra o caminho de todos os nodos a fim de construir o modelo mental da hierarquia (CAVA, 2002). É inconcebível essa forma de representação para a percepção global de grandes hierarquias.

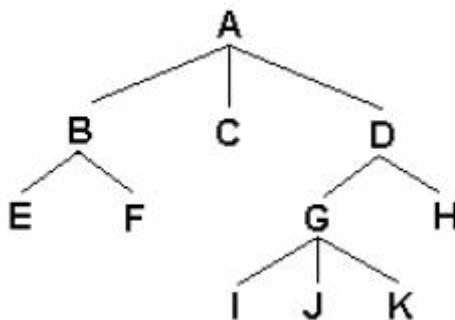


Figura 10 - Diagrama *Top-down*.
Fonte: CAVA, 2002, p.14.

A lista indentada (Fig. 11), bastante difundida entre os *browsers* de arquivos (*Microsoft Windows Explorer*, por exemplo) exibe para cada nodo uma lista de filhos imediatamente após o seu respectivo pai, ligando-os com linhas (CAVA, 2002). Essa representação soluciona algumas dificuldades típicas das listas delimitadas, tal como a exibição da estrutura da árvore, contudo adiciona outras dificuldades quando as árvores crescem em tamanho. Neste caso, o número de linhas paralelas ao longo da margem esquerda da visualização pode gerar uma confusão sobre os relacionamentos pai/filhos existentes na estrutura. Soma-se à isso o fato de que a exibição de apenas um nodo por linha permite a visualização de um pequeno trecho da hierarquia, provocando a perda de contexto durante a navegação. Todavia, a lista indentada viabiliza um maior detalhamento na visualização dos nodos.

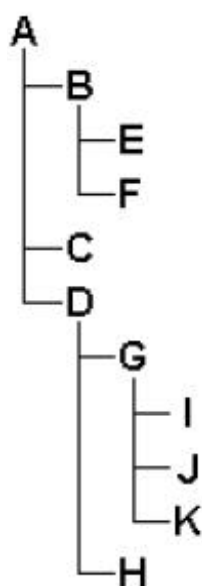


Figura 11 - Lista indentada.
Fonte: CAVA, 2002, p.15.

Outra representação possível são os conjuntos aninhados, nos quais a árvore é apresentada como um grupo de conjuntos, onde cada nodo é desenhado tal como um subconjunto de seu pai, de acordo com a ilustração da Fig. 12. Esse *layout* agrega como vantagem o aproveitamento do espaço da tela, mesmo que a área para exibição de informações dentro dos nodos seja restrita (CAVA, 2002).

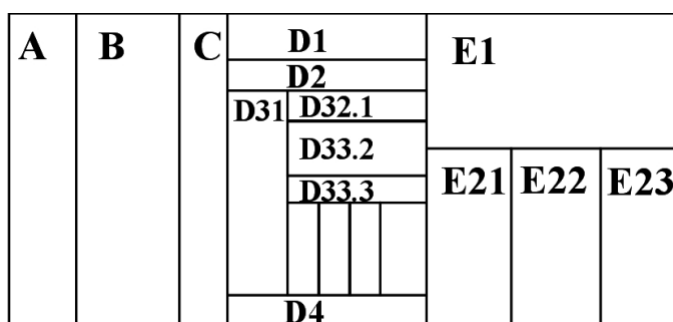


Figura 12 - Esquema básico dos conjuntos aninhados.
Fonte: LUZZARDI, 2003, p.45.

Foram desenvolvidas, também, outras técnicas de visualização de informações com o propósito de oportunizar ao usuário a visualização de hierarquias de uma forma mais efetiva. Na seqüência, são apresentadas algumas destas técnicas, classificadas em técnicas baseadas em objetos geométricos, técnicas baseadas em preenchimento de área e, por fim, as técnicas baseadas em diagramas de nodos e arestas.

2.2.2.1 Técnicas baseadas em objetos geométricos

File System Navigator

O sistema de visualização *File System Navigator* - FSN, desenvolvido pela *Silicon Graphics*, comprova o poder do *hardware* de suas máquinas no que tange à visualização de objetos tridimensionais e tem por propósito a investigação do processo de navegação em hierarquias exibidas na forma de paisagem. O FSN (Fig. 13) foi desenvolvido para propiciar uma visão geral da estrutura de diretórios de arquivos do tipo *Unix* (LUZZARDI, 2003). Nesse sistema, os arquivos são representados por caixas localizadas em uma grade no topo de cada pedestal. É exibido um ícone sobre cada caixa que representa atributos do arquivo, tais como o tipo, a altura, o tamanho, a cor e a sua idade. Através do clique do mouse sobre um

arco que liga um subdiretório surge uma "mão virtual" com a qual o usuário é habilitado à manipular os arquivos existentes dentro deste espaço. A seleção de um arquivo ativa uma luz do tipo *spot*, ressaltando o mesmo, já um duplo clique abre o arquivo para edição.

A paisagem virtual é construída por células que representam os diretórios com blocos de dados que representam os arquivos. O tamanho dos arquivos ou o tamanho de todos os arquivos do respectivo diretório é representado pelo volume dos blocos. A luz projetada sobre o painel marca um arquivo selecionado e move o objeto de interesse para o foco, enquanto as linhas de conexão multi-direcional entre as células mostram a topologia do sistema de arquivo (LUZZARDI, 2003).

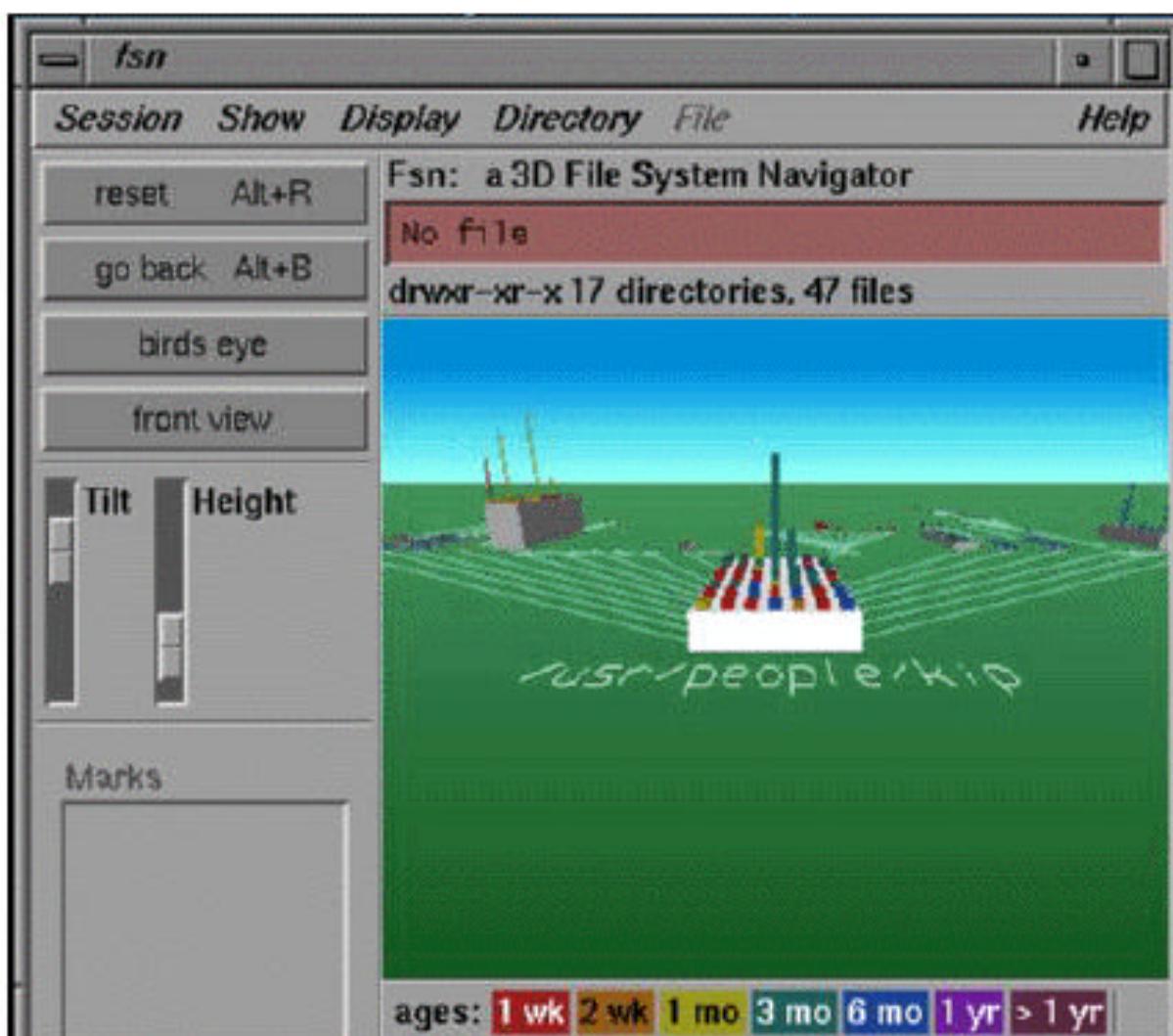
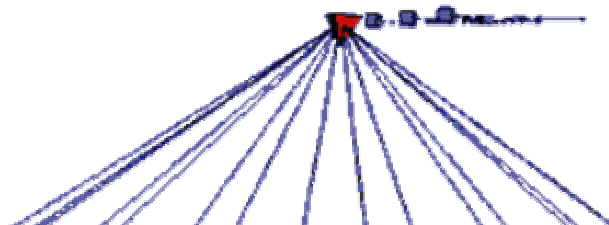


Figura 13 - Tela capturada no *File System Navigator*.
Fonte: GERSTMANN, 2001, p.16.

Cone Tree

A técnica *Cone Tree* (ROBERTSON, 1991) utiliza uma representação tridimensional de informações hierárquicas, onde o nodo raiz de uma árvore (representado por um retângulo) é localizado no ápice de um cone translúcido e todos os seus filhos são arranjados em sua base circular (LUZZARDI, 2003). Os cones apresentam mesma altura para cada nível da árvore, porém os diâmetros são reduzidos de um nível para outro de forma que toda a estrutura seja visível na região disponível do espaço de visualização da aplicação (Fig. 14). Seu propósito é apresentar uma estrutura na qual uma hierarquia inteira ou grande parte desta seja visível sem necessidade de "scrolling", entretanto é permitido ao usuário supressão e exibição de nodos durante a navegação. Recursos de animação, rotação e zoom habilitam o usuário ao acesso rápido às informações com boa orientação para visualização. As técnicas *Cam Trees* e *Reconfigurable Disc Trees* são variações de *Cone Trees*, com representação horizontal da hierarquia e uso de discos no lugar de cones (para reduzir a oclusão de nodos), respectivamente.



Information Cube

A técnica de visualização de informações *Information Cube* (Fig. 15) trata da visualização de hierarquias no espaço tridimensional. Nela, as informações são exibidas como cubos translúcidos encaixados uns dentro dos outros, sendo o mais externo o representante do nodo raiz da hierarquia. Na representação da técnica, os cubos do segundo nível estão posicionados dentro do mais externo, os do terceiro dentro dos cubos do segundo nível e assim sucessivamente (LUZZARDI, 2003). Os títulos são apresentados como rótulos na superfície dos cubos, representando as informações relativas aos nodos. Essa técnica oferece ao usuário os mecanismos de movimentação, *zooming* e rotação da estrutura, que são executados passo a passo para que o usuário acompanhe o processo, evitando assim desorientação com a troca do foco. A técnica *Information Cube*, através da variação do grau de transparência, pode representar informações adicionais, além de possuir um mecanismo de interação de seleção através do qual o usuário, utilizando uma luva, seleciona e manipula um dado elemento da hierarquia.

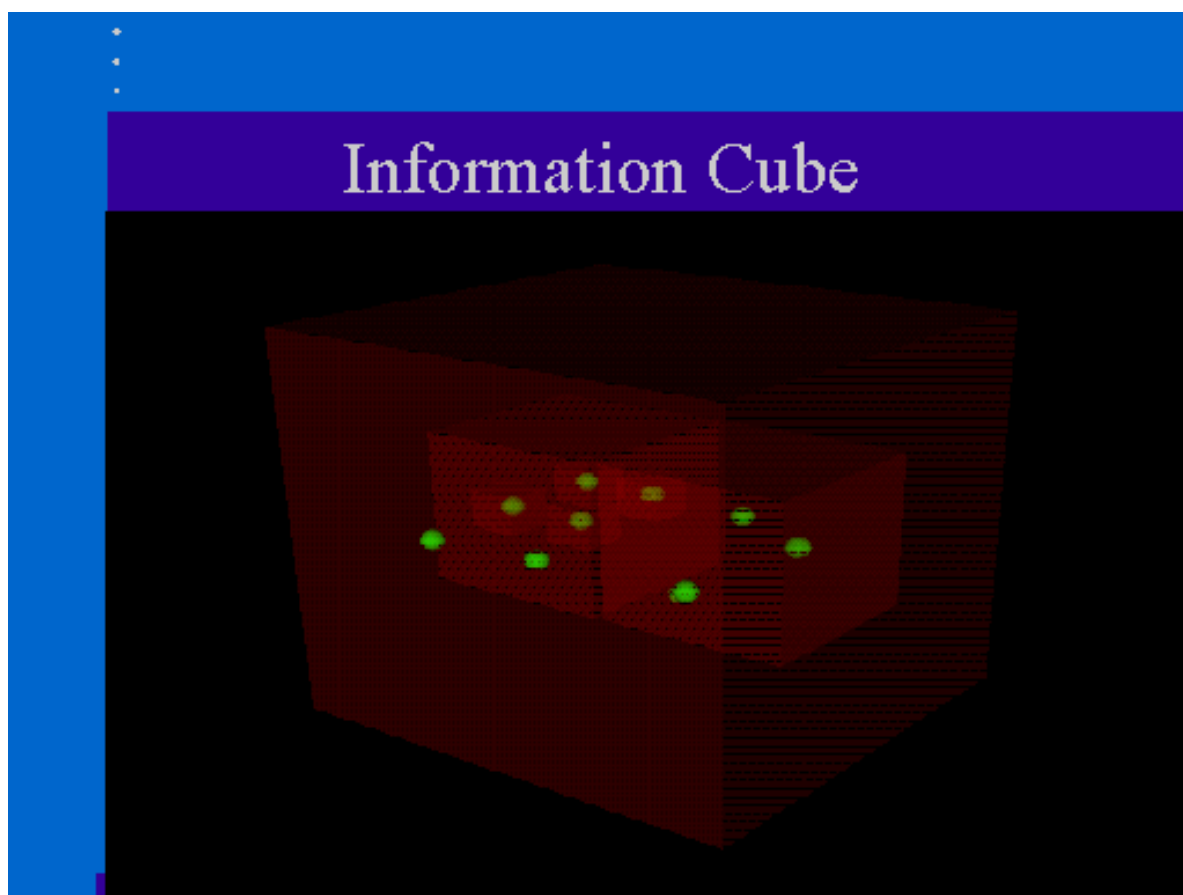


Figura 15 - Técnica de visualização *Information Cube*.
Fonte: Information Cube, 2006.

A subdivisão dos retângulos começa segundo o eixo horizontal, sendo esse rotacionado em 90 graus em cada nível. Contudo, destaca-se que às vezes alguns retângulos não são mostrados, em função do peso do seu respectivo nodo ser muito baixo e a divisão ao longo de um determinado eixo gerar um retângulo com dimensão menor que um pixel. As áreas onde isso acontece são destacadas com uma cor especial (CAVA, 2002).

É dada especial atenção aos mecanismos que proporcionam aos usuários um efetivo controle do mapeamento dos atributos para a cor e tamanho dos retângulos. A alteração desses atributos permite ao usuário ressaltar os dados do seu interesse. Através da ocultação dos nodos indesejáveis, a filtragem dos nodos constitui outra característica que propicia ao usuário a concentração de sua atenção em determinado ponto da informação. Foram propostas duas funções que habilitam o usuário expandir um nível de cada vez ou um nodo, especificamente. Havendo espaço disponível na área de visualização, um mecanismo de *zoom* pode ser aplicado no sentido de ampliar um determinado nodo, tornando-o em nodo raiz da hierarquia exibida, proporcionando a visualização de nodos que eventualmente tenham sido agrupados em regiões muito pequenas.

Cheops

A técnica de visualização de informações *Cheops* (BEAUDOIN, 1996), cujo nome origina-se de *CRIM's Hierarchical Engine for Open Search*, desenvolvida pelo *Centre de Recherche Informatique de Montréal - CRIM's*, constitui-se num método simples e eficaz para navegação em grandes hierarquias. Para tanto, foi adotada a estratégia de manter uma visão geral da estrutura e oferecer fácil acesso aos detalhes sem a utilização de funções DOI nem de técnicas de agrupamento geralmente aplicadas em técnicas da abordagem foco+contexto. Nessa técnica de visualização, a representação dos dados ocorre através da metáfora visual de uma árvore de triângulos (Fig. 17), baseando-se na visualização comprimida do conjunto de dados hierárquicos, onde há nodos representados por um mesmo componente visual, o triângulo. Esse procedimento de compressão oportuniza que numa mesma área de tela seja exibida uma hierarquia muito maior se comparada aos métodos tradicionais de visualização de árvores.

Na técnica *Cheops* existe o mecanismo de *bookmarks*, através do qual é possível ao usuário registrar os nodos visitados, o que confere à navegação um alto grau de orientação. Existe, também, um mecanismo de pré-seleção, que proporciona a exploração da hierarquia abaixo de um nodo selecionado sem a efetiva seleção de um novo nodo. Há o destaque de toda a sub-árvore associada ao nodo a partir da sobreposição do cursor do *mouse* num componente da representação visual.

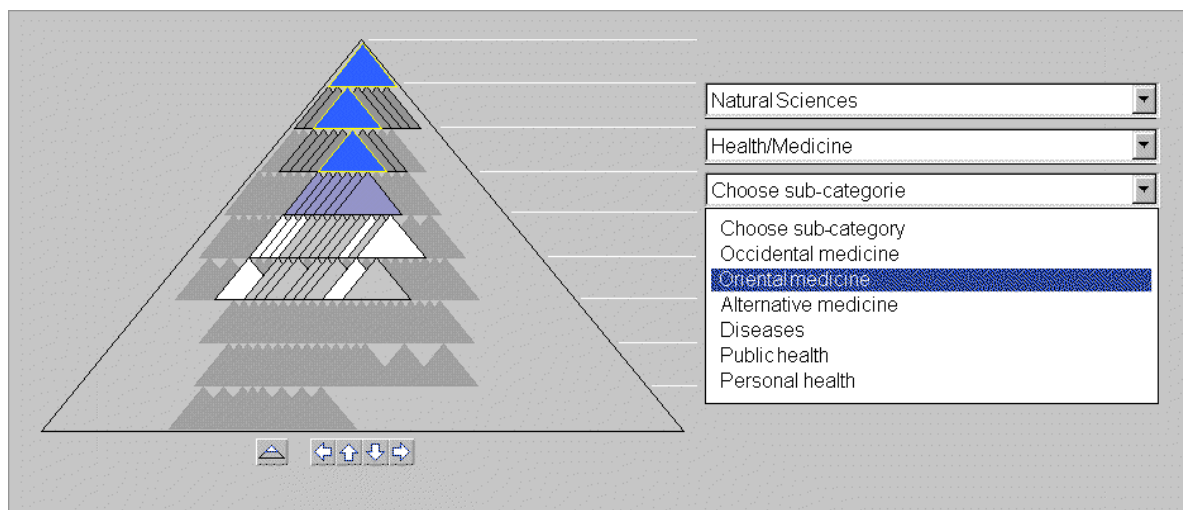


Figura 17 - Ferramentas de acesso na técnica *Cheops*.
Fonte: BEAUDOIN, 1996.

Information Slices

A técnica *Information Slices* é mais uma técnica que se inspira na abordagem do preenchimento do espaço (área) e, tal como a *Treemap*, foi desenvolvida para a apresentação de estruturas de diretórios (CAVA, 2002). A *Information Slices* utiliza um ou mais discos semicirculares para a representação da hierarquia. Os diversos níveis da estrutura da informação são apresentados em regiões concêntricas, onde cada fatia representa um nodo. O espaço alocado pelas fatias é proporcional ao tamanho dos arquivos representados (Fig. 18). Geralmente, são exibidos de 5 a 10 níveis da estrutura em cada disco. As hierarquias constituídas por muitos níveis são representadas por uma série de discos arranjados em cascata, onde apenas dois são exibidos concomitantemente.

A navegação acontece por um mecanismo de seleção que permite que um determinado nodo pertencente ao disco da esquerda seja apresentado com maior detalhamento no disco posicionado à sua direita (Fig. 18), com os filhos arranjados

numa fatia de 180 graus. Se a seleção for feita num nodo situado no disco direito, o primeiro é transformado num ícone (que representa os níveis iniciais) e um novo disco é aberto para apresentar a respectiva subárvore. As informações do nodo selecionado são exibidas numa barra de status externa à representação gráfica e os tipos de nodos são identificados por cores.

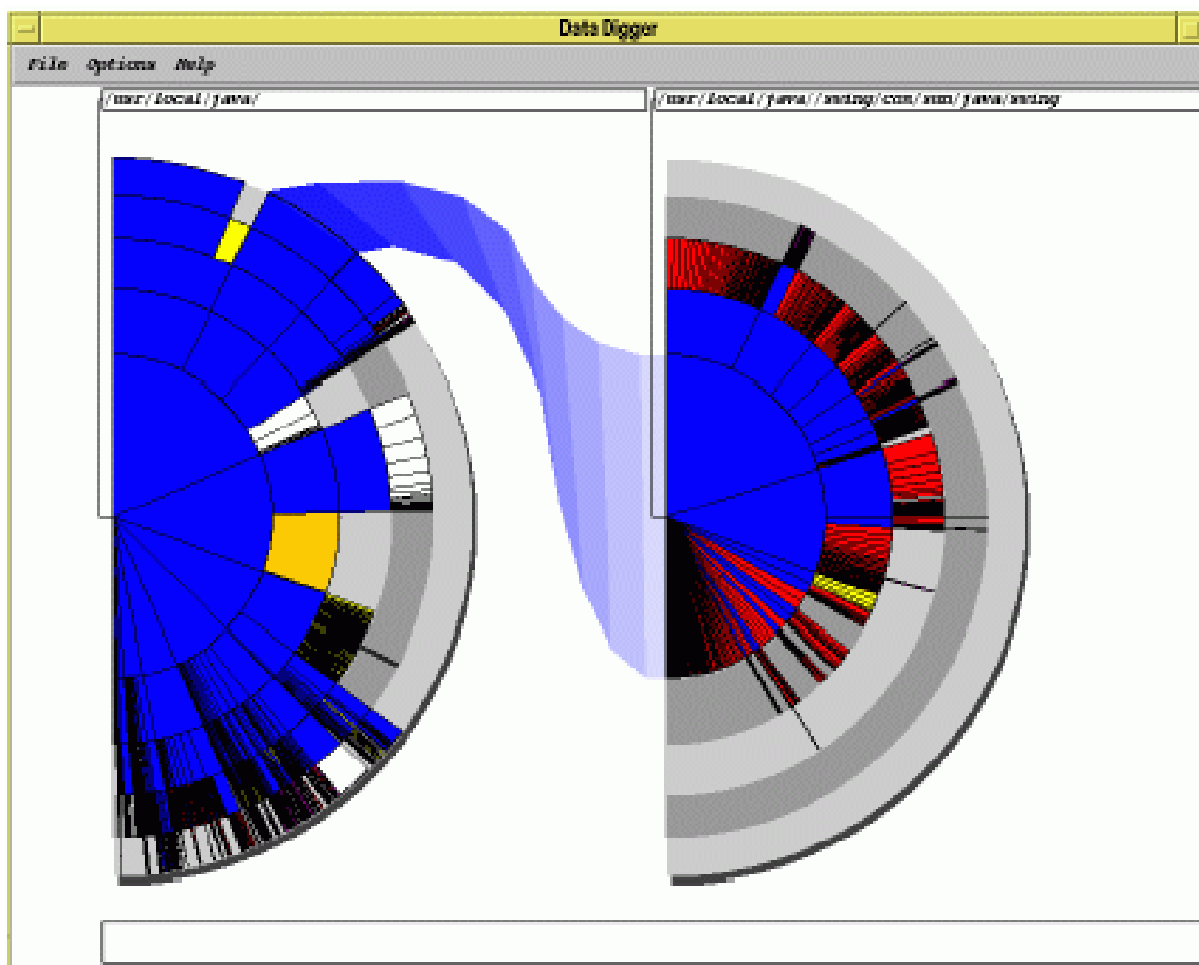


Figura 18 - Seleção e detalhamento de um nodo na *Information Slices*.
Fonte: Institut National de l'audiovisuel, 2006.

2.2.2.3 Técnicas baseadas em diagramas de nodos e arestas

Reconfigurable Disc Tree

A técnica *Reconfigurable Disc Tree* - RDT, proposta por Jeong e Pang (JEONG, 1998) foi implementada no sistema *Visual Information System for reconfigurable disc Tree* - VISIT. Baseada na técnica *Cone Tree* (seção 2.2.2.1), tem

por objetivo refiná-la no que diz respeito aos seguintes aspectos:

- ? diminuir a desordem visual;
- ? incrementar o número de nodos visualizados;
- ? viabilizar o mapeamento da estrutura no plano bidimensional sem sobreposição.

A técnica RDT pode ser considerada uma generalização da técnica *Cone Tree*, na qual os cones foram substituídos por discos que têm sua forma alterada conforme determinados parâmetros que podem ser ajustados de acordo com a necessidade do usuário (Fig. 19). Combinações dos valores dos parâmetros dão origem a três tipos de representações, quais sejam: *Disc Tree*, *Compact Disc Tree* e *Plane Disc Tree*, sendo essa última gerada no plano.

Uma *Disc Tree* é uma RDT na qual o cone transforma-se em um disco. Mesmo que o nodo pai seja representado no vértice, as ligações entre ele e os seus filhos ocorrem em duas etapas. No início, as linhas têm origem nos nodos filhos (distribuídos ao redor do disco) estando suas extremidades localizadas no centro. A partir daí, a ligação é concluída por uma linha que situa-se na mesma vertical de onde está posicionado o nodo pai.

A *Compact Disc Tree* utiliza alternadamente duas representações distintas para mostrar cada nível da hierarquia. Nos níveis de ordem par, os nodos são visualizados de acordo com a *cone tree* original enquanto que nos de ordem ímpar, é utilizada uma *disc tree* na qual a linha que liga o nodo pai ao centro do disco não se situa na mesma vertical.

Por último, a *Plane Disc Tree* tem por diferencial das antecessoras a exibição de todos os nodos no mesmo plano. O seu *layout* é gerado sem sobrepor os discos que compõem a estrutura da informação.

No VISIT, sistema no qual a técnica foi implementada, são disponibilizados meios para alterar a aparência da RDT. É possível, então, modificar dinamicamente os atributos que definem o *layout* utilizado, assim como a técnica de exibição utilizada na geração da imagem. A visualização com transparência ou de forma opaca também é disponibilizada ao usuário, de maneira a facilitar o entendimento global da hierarquia e a permitir a concentração do usuário em alguma subárvore localizada na frente da estrutura, respectivamente.

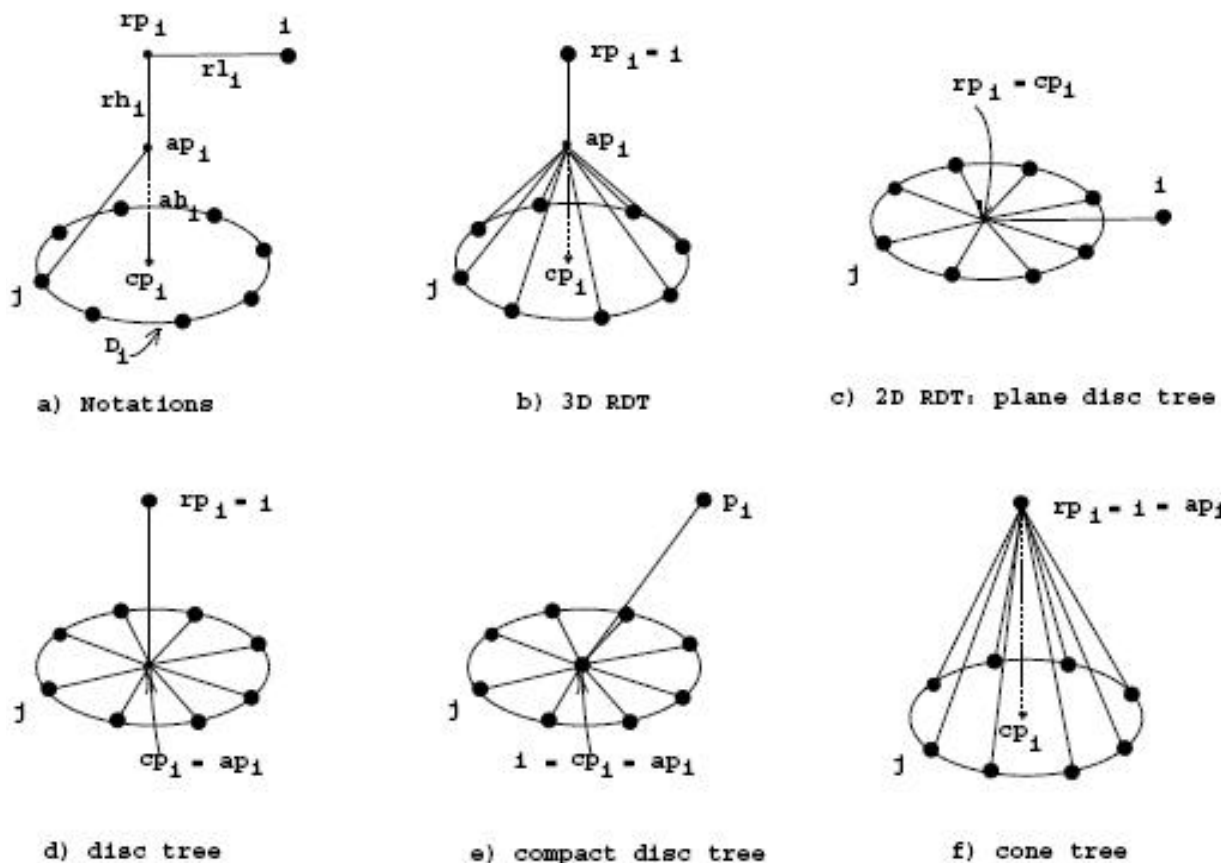


Figura 19 - Notações e várias formas de *Reconfigurable Disc Tree*.
Fonte: JEONG, 1998.

Time Tube

A técnica *Time Tube* (CHI, 1998) pertence ao sistema denominado *Web Ecology and Evolution Visualization - WEEV*. O propósito dessa técnica consiste em facilitar a interpretação dos relacionamentos existentes nos conteúdos da Internet, assim como a topologia e as alterações que possam ocorrer através do tempo.

Um *Time Tube* (Fig. 20) é constituído por uma ou mais *Disc Trees* que representam a estrutura de *hyperlinks* de um *site* num dado momento.

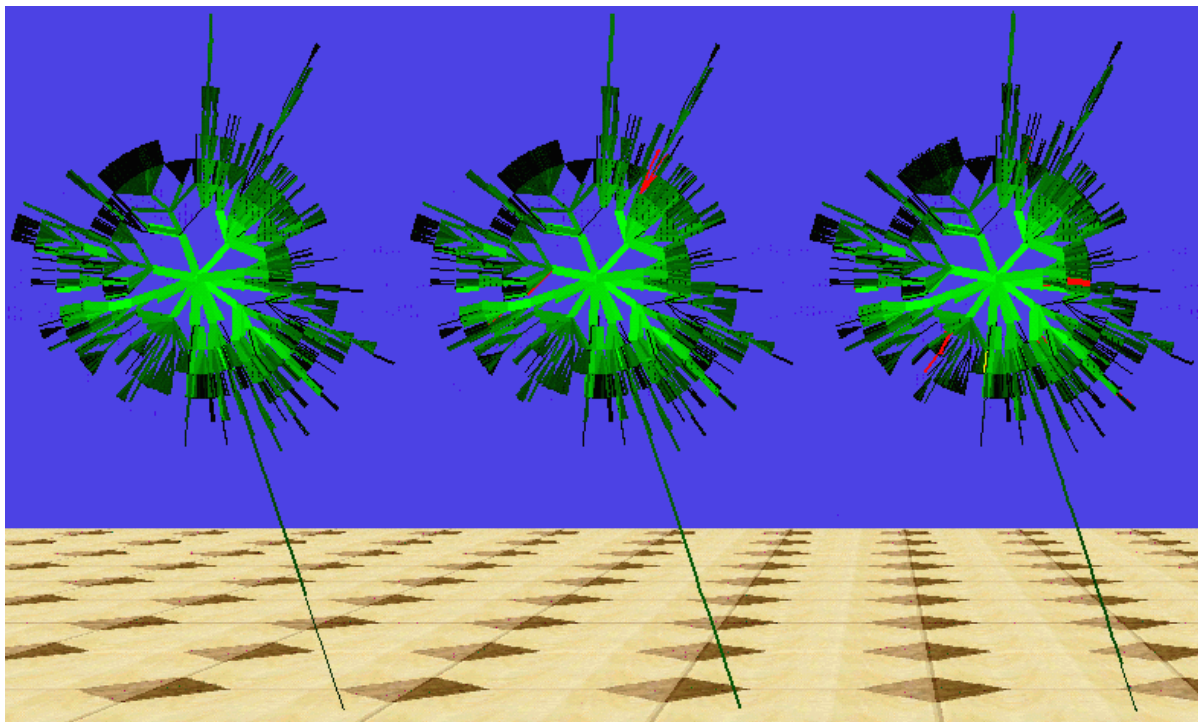


Figura 20 - Cada *Disc Tree* exhibe a estrutura de *hyperlinks* de um *site* em dado momento.

Cada disco é exibido através de uma técnica chamada *Disc Tree*, que apresenta a estrutura num formato circular, localizando o nodo raiz no centro. Os círculos concêntricos representam os níveis hierárquicos, sendo o mais externo o nível mais profundo. Os nodos folha são apresentados como fatias do círculo que representa o nível onde estão inseridos.

Os *links* da árvore são representados por linhas, as quais têm a espessura alterada conforme o tráfego de cada *link*, sendo a espessura da linha diretamente proporcional ao volume do tráfego. Além disso, a frequência do acesso é registrada através do brilho atribuído ao atributo cor, indicando as cores claras um maior acesso. Ressalta-se que a cor representa o estágio do ciclo de vida que a página está, ou seja, o vermelho indica página nova, o amarelo indica página excluída e o verde, por fim, representa página disponível.

Na representação visual da técnica *Time Tube* a terceira dimensão mapeia o tempo, pois a *Disc Tree* é representada no plano. Os discos são apresentados de maneira que nunca sejam paralelamente arranjados entre si. Uma rotação é aplicada a cada um dos discos, de maneira que ao serem mostrados eles ocupem a mesma porção de tela, com o objetivo de evitar o efeito proporcionado pela projeção perspectiva a qual produz uma redução nas dimensões de cada disco por causa da

sua posição na tela. Tal compensação angular evita que os discos mais próximos ao centro tenham apenas uma pequena parte da face exibida, evitando também que os discos posicionados à esquerda do centro tenham a face frontal mostrada, enquanto que os da direita sejam visualizados por sua face posterior, o que provocaria uma confusão no entendimento global da estrutura. Essa característica viabiliza, também, que um dado disco possa ser rotacionado de maneira especial, destacando-o em relação aos demais.

A técnica *Time Tube* oferece as seguintes formas de interação com o usuário:

- ? *zoom* para fornecer maior detalhamento das informações;
- ? destaque das linhas que representam os *links* de um dado nodo;
- ? rotação simultânea dos discos apresentando as suas faces em uma vista frontal na tela;
- ? destaque de um dado nodo escolhido em todos os discos concomitantemente.

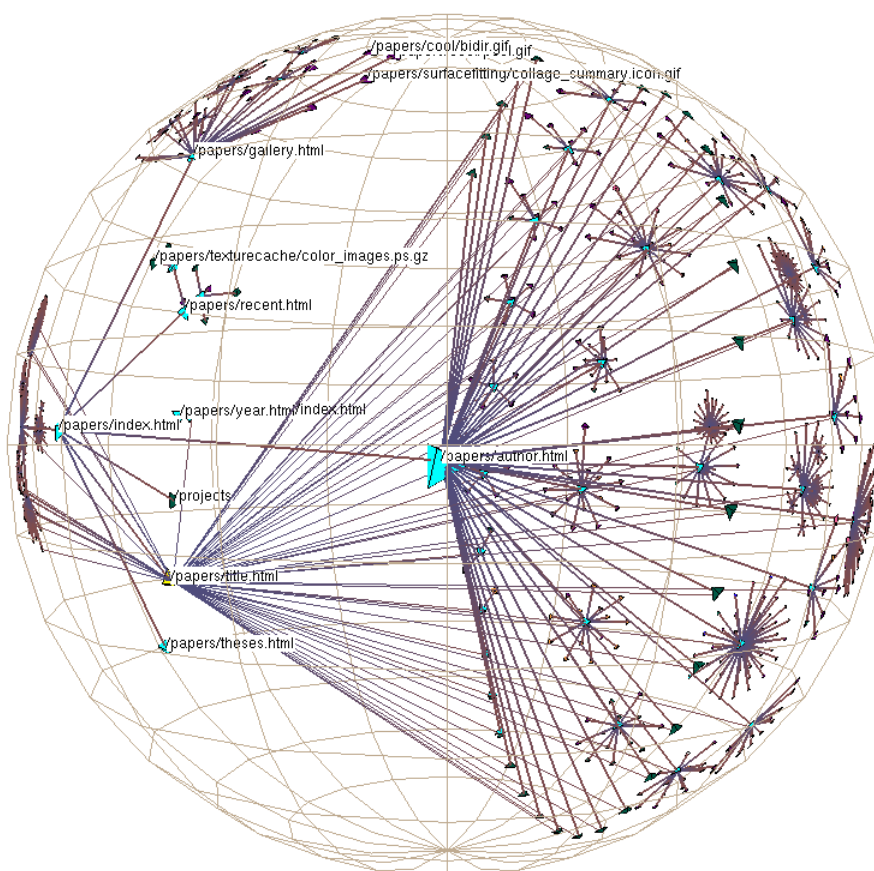


Figura 21 - *Layout* gerado pela ferramenta H3.
Fonte: H3: Laying Out Large Directed..., 2006.

H3

A técnica H3 (MUNZNER, 1995) baseia-se na geometria hiperbólica. Foi implementada para a visualização de estruturas tridimensionais que representam *web sites*. Na técnica H3 é utilizado um mapeamento no qual a estrutura da informação é mostrada dentro de um espaço definido por uma superfície esférica, sendo os nodos folha denotados por pequenas pirâmides (Fig. 21).

O seu *layout* é fundamentado na técnica *Cone Tree* (ROBERTSON, 1991), tendo por diferencial o uso de uma semi-esfera no lugar de cones na representação de um nodo com seus respectivos filhos. Nessa técnica, a identificação do tipo que os nodos representam ocorre por meio da cor empregada no *layout*. Quando os nodos são posicionados distantes da origem os seus textos são ocultados, mantendo o foco no centro da imagem. Por meio de um clique do *mouse* sobre um determinado nodo provoca-se a seleção do mesmo, que é transladado para o centro da esfera através de uma transição animada, semelhante ao que ocorre na técnica *Hyperbolic Browser* citada anteriormente. Além do deslocamento está associado um componente de rotação que, ao ser alcançada a origem, faz com que os nodos ancestrais sejam dispostos à esquerda e os descendentes à direita, com o objetivo de melhor orientar o usuário minimizando a oclusão da informação.

Bifocal Tree

A técnica *Bifocal Tree* (CAVA, 2002) congrega características das abordagens hiperbólica e preenchimento de espaço. Nela, a hierarquia da informação é apresentada por meio de um diagrama composto por duas áreas conexas, uma de contexto e outra de detalhe (Fig. 22). No início da navegação, a raiz da hierarquia encontra-se no foco da área de detalhe, ficando a área de contexto vazia. No momento que ocorre a seleção de um nodo, o mesmo passa a ser o foco na área de detalhe e o seu nodo-pai passa a ser o foco na área de contexto. Tais focos definem regiões circulares e separam-se por uma distância arbitrária, o que permite ao usuário uma visão detalhada da subárvore que contém o nodo de interesse, preservando a visão do contexto da estrutura completa. Por meio do cálculo do tamanho dos nodos folha e da distância entre o centro do nodo e o foco é possível alcançar-se o efeito *fisheye*, o qual proporciona um detalhamento maior dos nodos próximos do foco. A representação dos nodos ocorre através de

de avaliação de tais técnicas, que é o foco central desse trabalho.