

Tratamento de grandes volumes de informação é possível
a este elemento e redução de tamanho.
⇒ Unice ???

FILTRAGEM E ESCOLHA DE REPRESENTAÇÃO NA VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Maria Beatriz Carmo¹

João Duarte Cunha^{1,2}

¹FCUL-DI, Bloco C5, Piso 1, Campo Grande 1700 Lisboa, Portugal

^{1,2}LNEC-CI, Av. do Brasil 101 1799 Lisboa Codex, Portugal

Sumário

O tratamento de grandes volumes de informação requer a existência de meios para reduzir a quantidade de informação a visualizar, quer eliminando informação (filtragem), quer simplificando a forma de a representar (escolha de representação). No modelo proposto, conjuga-se a utilização de funções de grau de interesse com diferentes representações adaptadas à escala usada. Deste modo não será necessário criar novas representações ou recorrer a atributos para indicar o grau de interesse de cada elemento de informação. A inclusão de mecanismos de ampliação e/ou distorção permite aproveitar a redução de ocupação nas áreas onde há elementos com menor interesse aumentando a área destinada aos elementos com maior interesse. A estratégia de visualização adoptada é comparada com a de outros modelos.

0. Introdução

Para visualizar grandes volumes de informação é necessário ter meios para reduzir o volume de informação a representar: filtros; identificação de diferentes níveis de interesse; redução do número de variáveis a representar eliminando e/ou agrupando variáveis; utilização de diferentes simbologias com nível de detalhe variando com o factor de escala e/ou importância do objecto.

Interessa-nos conjugar a utilização de filtros, em particular, funções de grau de interesse, com a utilização de diferentes representações adaptadas à escala usada.

A existência de diferentes simbologias para o mesmo objecto obriga a que haja mecanismos para a selecção da representação mais adequada. Quando se trata da representação de objectos com dimensões e localizações precisas, a escolha da representação está condicionada essencialmente pela escala a usar. Contudo, podem surgir problemas na visualização devido ao grande volume de informação e/ou representação ininteligível. No primeiro caso, será necessário reduzir a informação a visualizar o que, em algumas situações, poderá conseguir-se com uma simplificação da representação. No segundo caso, quando a representação à escala não é inteligível, poderão considerar-se várias alternativas: eliminar o objecto; associar um conjunto de objectos vizinhos numa única representação; escolher uma representação simplificada que pode eliminar alguma da informação sobre o objecto; utilizar uma representação que exceda a área efectivamente ocupada pelo objecto o

que poderá consistir numa “ampliação local” ou na substituição por um símbolo. A última opção será possível no caso da densidade de informação não ser muito elevada ou, no caso de o ser, ter havido redução de informação.

Se o tipo de informação a representar não corresponder a objectos com dimensões e localizações precisas, haverá maior flexibilidade na disposição dos elementos gráficos, permitindo um melhor aproveitamento do ecrã. Contudo colocam-se, também neste caso, problemas de densidade de informação e de dimensão mínima para a qual cada representação é inteligível.

Além dos problemas de perceptibilidade da informação podemos considerar as situações em que se pretende realçar informação à custa de critérios baseados no seu conteúdo. Isto é, interessa dar mais relevância a alguma informação em relação a outra. Neste caso a representação a usar deve depender também do interesse atribuído a cada objecto, o qual poderá ser quantificado à custa de funções de grau de interesse [Fur86].

As funções de grau de interesse, além de fornecerem um critério para a redução do volume de informação, podem induzir a escolha de representações diferentes consoante o grau de interesse [Sar92], [Fai93]. No modelo proposto, a elementos com menos interesse são associadas representações com menos detalhe as quais podem ser escolhidas de entre as representações já existentes para o objecto para escalas menores.

Desta forma é possível para elementos com menos interesse simplificar a representação reduzindo a informação não relevante. Além disso não é necessário atribuir uma representação própria para caracterizar o grau de interesse da informação.

Esta abordagem é particularmente interessante quando já são representadas simultaneamente várias variáveis e/ou a densidade de informação é muito elevada. No primeiro caso porque não é necessário escolher uma representação distinta para expressar o grau de interesse. No segundo caso, porque os elementos com menos interesse serão mostrados com representações mais simplificadas, reduzindo a quantidade de informação representada. A inclusão de critérios semânticos através da utilização de grau de interesse para qualificar e/ou filtrar a informação vai conduzir a uma visualização que maximiza a razão

quantidade de informação relevante
quantidade de informação representada

A quantidade de informação relevante mantém-se, mas reduz-se a quantidade de informação representada porque os elementos menos relevantes têm representações mais simplificadas e os não relevantes são eliminados.

Na secção 1 é descrito o modelo proposto apresentado com mais detalhe em [Car97]. Complementando o trabalho já apresentado, identificam-se, na secção 2, as várias fases do processo de visualização e comparam-se, na secção 3, vários modelos de visualização.

1. Múltiplas representações e funções de grau de interesse

No modelo proposto, para cada tipo de objectos teremos uma lista de representações, e a cada uma delas associa-se o factor de escala mínimo da transformação janela-*viewport* para o qual a representação é inteligível. Para factores de escala menores a representação ficará de tal forma reduzida que se torna imperceptível. Em relação a escalas maiores(*), a representação ficará pouco detalhada, o que poderá não ser grave se o utilizador considerar aquela informação de pouco interesse.

Teremos assim uma hierarquia de representações de acordo com o factor de escala a usar na transformação janela-*viewport*, em que o elemento relevante é o factor de escala a partir do qual a representação é inteligível, isto é, o menor factor de escala que se pode usar para essa representação. À medida que o menor factor de escala associado à representação aumenta, teremos representações mais detalhadas. A primeira representação será a mais elementar e para factores de escala inferiores ao que está associado a esta primeira representação o objecto não será mostrado.

Para conjugar a representação adequada ao factor de escala com critérios semânticos, não devem ser usadas representações que não verifiquem os critérios de escala em relação à menor escala, pois isso conduziria a representações ininteligíveis. Contudo, para elementos com menor importância pode escolher-se uma representação com menos detalhe do que seria natural para o factor de escala que se está a usar.

Nesta hierarquia de representações pode conjugar-se, por um lado, mudança de simbologia e por outro, aumento de detalhe. Isto é, para escalas maiores poderemos ter a representação de um objecto com a sua forma e tamanho exactos, enquanto que para escalas mais pequenas ter-se-á um símbolo.

1.1 Obtenção da representação à custa da escala, função de grau de interesse e número de representações.

Para aplicar este modelo é necessário implementar mecanismos que permitam seleccionar a

(*) Poderemos fazer uma analogia com o conceito de escala usado em cartografia. Normalmente a escala é representada por uma fracção da forma 1:m em que m representa o número de unidades medidas no terreno que irão corresponder a uma unidade no mapa. Dadas duas escalas 1:m e 1:n a primeira é considerada menor se $m > n$, isto é, $1/m < 1/n$ [Aro91]. Se pensarmos em termos de factor de escala da transformação janela-*viewport*, supondo a dimensão do *viewport* fixa, se escolhermos uma janela mais pequena teremos, por um lado, menos unidades da janela aplicadas numa unidade do *viewport*, o que corresponde a uma escala maior, e teremos, por outro lado, um factor de escala maior para aplicar a janela no *viewport* (o factor de escala a usar é (dimensão do lado do *viewport*)/(dimensão do lado da janela)). Será, pois, equivalente dizermos que temos um factor de escala maior ou uma escala maior.

representação a usar conjugando os critérios semânticos com o factor de escala. Os critérios semânticos irão ser expressos por funções de grau de interesse. O conceito de função de grau de interesse (*degree of interest function*) foi apresentado por G. Furnas [Fur86] tendo por objectivo atribuir a cada elemento de informação um valor que quantifique o interesse do utilizador em visualizar esse elemento dada uma determinada tarefa (foco de interesse). O valor da função em cada ponto, x , depende da importância dada *a priori* ao elemento e da sua "distância", que pode não corresponder à distância geométrica (distância semântica), ao foco de interesse, y :

$$DOI(x) = API(x) - D(x,y)$$

Serão representados apenas os elementos cujo valor da função seja superior a uma constante (limiar) dada pelo utilizador. A variação deste parâmetro fará aumentar ou diminuir o volume de informação representado

Generalizando, consideramos a utilização de funções de grau de interesse também no caso em que não se especifica um foco de interesse e se conhece a importância *a priori* em cada ponto ou, mais genericamente, uma função de importância. A função de grau de interesse coincidirá, neste caso, com a importância.

Será necessário compor o resultado da função de grau de interesse com a divisão por factores de escala. Sabendo o número de representações possíveis para cada objecto poderá fazer-se a aplicação do resultado da função de grau de interesse nesse conjunto. Aos elementos com valor mais elevado da função grau de interesse corresponderá a representação adequada ao factor de escala corrente. Aos outros elementos com menor importância corresponderão representações normalmente associadas a escalas inferiores. Se a escala corrente for a mais pequena, todos os elementos terão a mesma representação. Alguns elementos poderão ser omitidos fazendo variar o limiar da função de grau de interesse.

Suponhamos que identificamos n representações, 1 a n , sendo a representação 1 a mais simplificada e crescendo o grau de pormenor até à representação n , à qual corresponde ao factor de escala mais elevado. Consideremos o intervalo de variação da função de grau de interesse: $[\min DOI, \max DOI]$. Podemos dividir este intervalo em n subintervalos. Desta forma poderemos atribuir a cada subintervalo uma das n representações possíveis. Isto será verdade se a escala corrente corresponder à representação mais pormenorizada, n . Se a escala corrente corresponder a uma representação $k < n$, então ao subintervalo com os maiores valores da função de grau de interesse corresponderá a representação k e para os outros irá decrescendo o identificador da representação até que este seja o valor 1 . Aos restantes subintervalos corresponderá também a representação com identificador 1 . No caso extremo de a escala corrente corresponder à representação 1 , teremos todos os elementos com a mesma representação.

Para haver uma divisão mais uniforme dos elementos pelas representações disponíveis, o

número de representações a usar poderá não corresponder ao número total de representações possíveis, mas ao número de representações desde a menor escala até à escala corrente. Esta abordagem requer que, ao obter a representação corrente, se faça a contagem das representações correspondentes a escalas menores.

Para aplicar o resultado da função de grau de interesse no conjunto de representações, uma possível abordagem consiste em dividir o contradomínio da função de grau de interesse em subintervalos de igual amplitude. Dado um valor da função de grau de interesse, DOI, com $DOI < \max DOI$, obtém-se o subintervalo a que pertence através da expressão:

$$\text{subint} = (\text{DOI} - \text{minDOI}) \text{ div } (\text{ampl}/n) + 1$$

em que

$$\text{ampl} = \max DOI - \text{minDOI}$$

e **div** é a divisão inteira.

O afastamento deste subintervalo em relação ao subintervalo com valores mais elevados determinará o número de unidades a subtrair ao identificador da representação corrente. Se o valor obtido pela subtracção for inferior a 1, a representação a escolher será a 1.

Seja

$$\text{unid_subt} = \text{subint} - n \quad (\text{quantidade negativa ou zero porque subint varia entre } l \text{ e } n)$$

a representação a usar será:

$$\begin{aligned} & - \text{repr. corrente} + \text{unid_subt}, && \text{se o resultado for maior ou igual a } 1. \\ & - 1, && \text{caso contrário} \end{aligned}$$

Aos elementos com $DOI = \max DOI$ corresponderá a representação associada à escala corrente.

Outra abordagem para a discretização do resultado da função de grau de interesse consiste em não considerar todo o contradomínio da função de grau de interesse, mas apenas o conjunto de valores que se vão representar, isto é, os valores acima do limiar, para dividir pelo número de representações. Desta forma consegue-se um melhor aproveitamento da gama de representações disponíveis.

1.2 Exemplo

Para ilustrar o modelo proposto consideremos a representação de edifícios públicos no mapa de uma cidade. Foram apenas usadas representações simbólicas, contudo, para escalas maiores poderiam incluir-se representações à “escala”.

A representação mais simples usa uma letra para indicar o tipo e localização do edifício. Os

outros símbolos incluem de uma a três circunferências concêntricas em torno da letra.

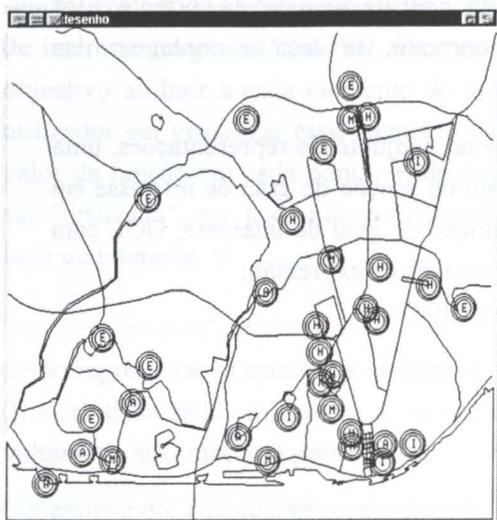


Fig. 1 - Representação determinada pela escala.

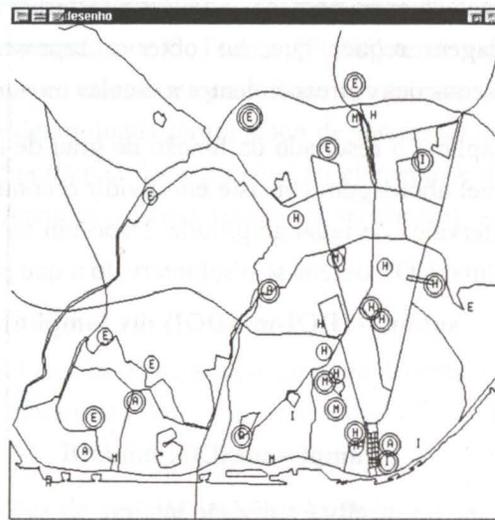


Fig. 2 - Representação determinada pela escala e importância *a priori*.

A fig. 1 mostra os edifícios com a representação determinada pela escala, isto é, sem ter atenção qualquer critério semântico. Na fig. 2 a representação de cada edifício reflecte o valor da importância *a priori*. Na fig. 3 é seleccionado um foco e as representações dos edifícios têm em conta o valor da função de grau de interesse. Aplicando um mecanismo de ampliação junto da área de maior interesse, é aproveitado o espaço deixado livre pela eliminação e/ou simplificação das representações de elementos menos relevantes. Na fig. 4 é feita a ampliação junto do foco usando uma técnica que não distorce a área ampliada e mantém o contexto ([Rob93b], [Cun95]).

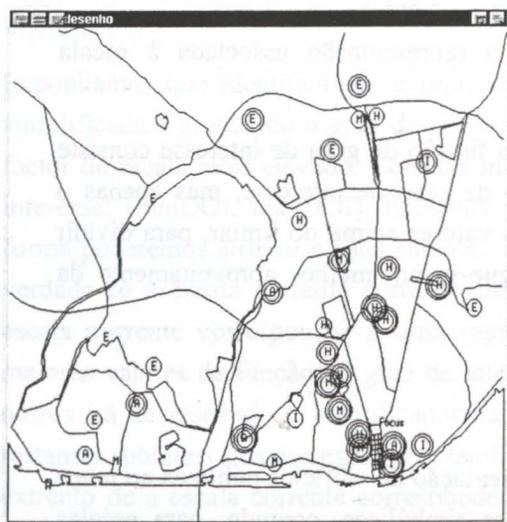


Fig. 3 - Depois de escolhido um foco, a representação é determinada pela escala e pela função de grau de interesse.

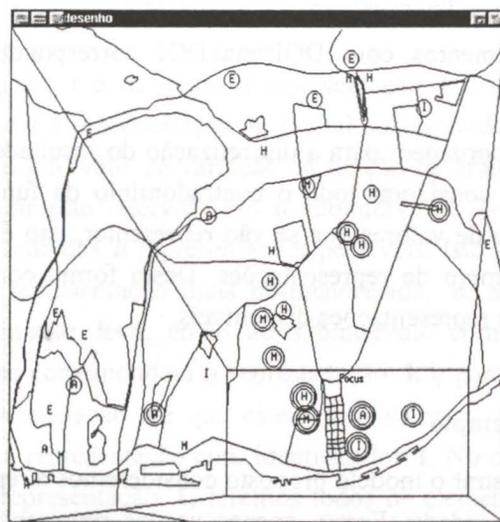


Fig. 4 - Ampliação próximo do foco

2. Processo de visualização

No processo de visualização podem identificar-se basicamente 3 fases: preparação dos dados (pré-processamento), mapificação (*mapping*) e *rendering* [Cam97]. Duma forma geral, a fase de pré-processamento inclui operações de formatação dos dados e/ou normalização. Na fase de mapificação faz-se a associação entre os dados e as representações gráficas e no processo de *rendering* é gerada a imagem.

Vários autores identificam outras fases. Por exemplo, em [Cam97] são referidas mais três componentes: abstracção (*abstraction*) em que é feita uma filtragem semântica dos dados - é um processo anterior à mapificação; interacção, que trata os aspectos de interacção com o utilizador; estado de visualização (*visualization state*), que guarda informação sobre as operações do utilizador e o estado corrente do processo de visualização.

Do nosso ponto de vista é necessário ter em atenção, além das fases de pré-processamento, mapificação e *rendering*, pelo menos mais duas fases: a filtragem, que selecciona o conjunto de dados a visualizar, e a interacção, que inclui o tratamento da interacção do utilizador com o processo de visualização.

Podemos entender a filtragem como um processo que não só elimina alguma da informação, mas também pode alterar ou criar nova informação, por exemplo, construindo novas variáveis como função de variáveis já existentes.

A filtragem pode ocorrer em diferentes fases do processo de visualização. A mais relevante será a filtragem do volume de dados pré-processados tendo em atenção critérios semânticos estabelecidos pelo utilizador que podem ser traduzidos por: utilização de funções de grau de interesse; escolha de um conjunto de variáveis; restrição do domínio de variação de algumas variáveis; definição de variáveis à custa de outras. Como poderemos considerar a existência de filtragem noutros pontos do processo de visualização, vamos chamar a esta fase selecção.



Fig. 5 - Fases do processo de visualização

Outras componentes de filtragem podem ser identificadas. Uma primeira filtragem é efectuada ao escolher o conjunto de dados a tratar. Esta filtragem é anterior ao pré-processamento dos dados e tem a ver com o tipo de estudo que se pretende fazer.

Na fase de mapificação pode ocorrer também filtragem. Por exemplo, se o conjunto de

variáveis a representar for muito elevado, o número de representações distintas poderá não ser suficiente para representar todas as variáveis. Algumas variáveis terão de ser eliminadas. Trata-se de um processo de filtragem condicionado, em parte, pelas limitações do *software* gráfico. Outro tipo de filtragem que pode ocorrer no processo de mapificação está relacionado com a escolha de representação de acordo com a escala de representação: se a escala for muito pequena, alguns elementos não terão uma representação inteligível e não serão representados. Esta filtragem é imposta pelas limitações da saída gráfica, em particular a resolução.

Na fase de *rendering* pode também existir filtragem relacionada com o controlo de densidade de informação. Por exemplo, em [Fra94] é sugerido o controlo da densidade de informação através da “quantidade de tinta”, isto é, a partir de certo valor para a razão entre número de *pixels* preenchidos e número total de *pixels* não são desenhados mais elementos. Ocorre neste caso uma filtragem automática determinada pela limitação da saída gráfica (ecrãs com diferentes resoluções conduzirão a resultados diferentes).

O controlo da densidade de informação na fase de *rendering* poderá não ser automático, mas desencadeado pelo utilizador. Isto é, quando o utilizador considerar que a informação mostrada já é suficientemente densa, pode parar o processo de *rendering* (caso a aplicação o permita). Este processo de filtragem é condicionado pelas limitações da saída gráfica, mas baseado em critérios de inteligibilidade avaliados pelo utilizador. Se a informação for desenhada por ordem decrescente do seu grau de interesse, será eliminada informação menos relevante. Neste caso combina-se o controlo de densidade de informação com critérios semânticos previamente estabelecidos.

No processo de mapificação a associação de elementos gráficos à informação pode consistir na atribuição de um conjunto de representações e na definição de critérios de escolha da representação a usar na visualização. Os critérios estabelecidos podem ser de natureza semântica e/ou condicionados por características das saídas gráficas como, por exemplo, escala em que é feita a representação.

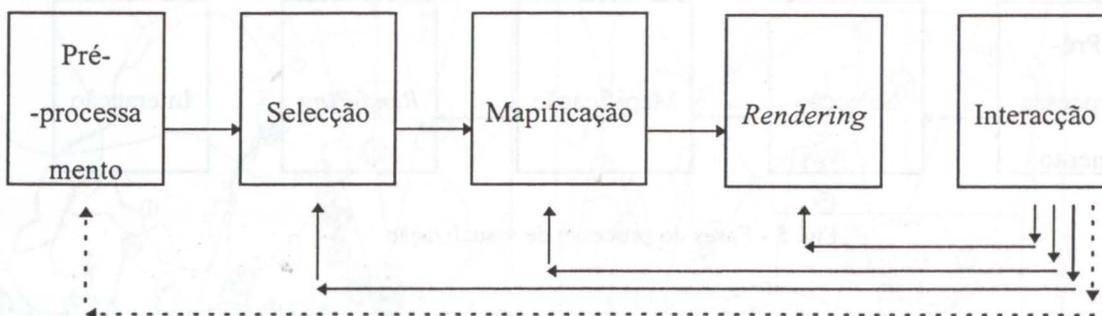


Fig. 6 - A interacção no processo de visualização

Além de desencadear um conjunto de acções pré-definidas, a interacção do utilizador poderá

actuar sobre as diferentes fases do processo:

- limitando o volume final de informação representada parando a geração da imagem na fase de *rendering*;
- alterando a mapificação pré-estabelecida, quer atribuindo novas representações, quer estabelecendo outros critérios de escolha da representação;
- modificando os critérios da fase de selecção de informação o que pode passar, por exemplo, pela alteração da função de grau de interesse ou definição de novas variáveis ou pela escolha de uma janela de dimensões diferentes, por exemplo, em operações de ampliação/redução;
- acedendo a um conjunto de dados distinto para novo pré-processamento.

A interacção com a fase de pré-processamento é a mais limitada, em alguns casos mesmo impossível, por exemplo, se o conjunto de dados disponíveis é fixo e não há possibilidade de escolher outros dados.

No processo de visualização podemos também considerar etapas distintas no tempo. Há normalmente uma fase inicial de preparação dos dados que inclui a recolha e formatação dos dados. Posteriormente poderá haver ou não uma atribuição de representações à informação que se vai representar. Isto é, uma fase de mapificação prévia. Finalmente há a visualização propriamente dita em que a partir dos dados se gera uma imagem num ambiente em que o utilizador pode interactuar com o processo de visualização.

Os diferentes modelos de visualização podem distinguir-se, não só por uma visualização particular para determinada estrutura de informação, como também, pela existência ou não de mecanismos para filtragem de informação e de escolha da representação de entre possíveis mapificações pré-estabelecidas.

O modelo proposto actua durante a fase de selecção, eliminando informação de acordo com a função de grau de interesse definida previamente, e na fase de mapificação escolhendo a representação adequada não só em termos de escala de representação, mas também atendendo ao grau de interesse da informação.

3. Comparação entre diferentes modelos de visualização

A comparação dos vários modelos de visualização que têm sido propostos pode ser assistida por uma grelha que tenha em conta a realização ou não de filtragem de informação e escolha de representação e ainda a forma como é feita: usando critérios semânticos definidos pelo utilizador ou imposta pelas limitações das saídas gráficas.

No presente capítulo recorreremos a esta técnica para comparar alguns dos modelos mais conhecidos entre si e o modelo proposto.

G. Furnas definiu função de grau de interesse para criar “vistas olho de peixe”, *generalized*

fish-eye views [Fur86]. Para cada ponto da estrutura a visualizar é calculado o valor da função de grau de interesse. É escolhido um limiar e os pontos onde o valor da função seja inferior a esse valor são eliminados. Há, portanto, uma filtragem feita com critério definido pelo utilizador. Não é explicitamente referida uma escolha de representação de acordo com o grau de interesse.

Para desenhar grafos é usado em [Sar92] uma função designada por *visual worth*, idêntica à função de grau de interesse definida por Furnas, que permite fazer a filtragem dos vértices por comparação do valor da função obtido para cada vértice com um limiar escolhido. Há possibilidade de escolha do aspecto gráfico dos vértices por meio de um painel de controlo. A posição, o tamanho e o conteúdo de cada vértice são calculados à custa da distância ao foco e da importância *a priori* de cada vértice.

O modelo de visualização proposto em [Fai93] para a visualização de informação abstracta, auto-icon, gera um icon para cada objecto a visualizar. A geração do icon passa pela criação de um vector que guarda um conjunto de propriedades gráficas, determinadas pelos atributos do objecto, as quais determinarão o aspecto do icon. É utilizada uma função de grau de interesse que, para cada objecto, tendo em conta a distância ao foco escolhido e a importância *a priori* do objecto, irá determinar qual o icon a ser usado para a representação. O valor devolvido pela função de grau de interesse corresponde ao índice do vector de icons. Os icons têm diferentes graus de detalhe.

Não é referida a realização de filtragem. O modelo foca essencialmente a escolha de diferentes representações de acordo com o grau de interesse do objecto.

Os modelos propostos no *Information Visualizer* [Card91], [Rob93a] - árvore de cones [Rob91] e *perspective wall* [Mac91] - usam uma representação tridimensional para permitir visualizar o contexto global e detalhe. Não têm o objectivo explícito de filtrar informação nem de permitir a escolha de representação. Embora no modelo *perspective wall* seja referida a possibilidade de fazer pesquisa, isso não implica filtragem, porque a informação é apresentada sempre na sua totalidade havendo uma adaptação da representação de forma a salientar o foco de interesse do utilizador.

A *multi-scale tree* [Fra94] é uma proposta para a generalização automática de representações cartográficas, podendo as suas aplicações ser estendidas a outros domínios. Guarda diferentes representações do mesmo objecto com níveis de detalhe diferentes correspondendo a diferentes escalas.

A quantidade de informação representada tem a ver com a quantidade de "tinta" utilizada, isto é, o número de *pixels* que são utilizados para a representação. A filtragem é, portanto, feita tendo em atenção a densidade de informação traduzida pelo número de *pixels* utilizados.

Tanto a escolha da representação como a filtragem são feitas de forma automática usando o número de objectos e a simbologia adequada à escala e à densidade de informação. Em

nenhum dos casos são usados critérios semânticos.

Em [Sto93] é construída uma hierarquia de representações condicionada pelos tamanhos máximo e mínimo da janela no sistema de coordenadas da aplicação. Há escolha de representação, mas atendendo à escala de representação sem utilização de critérios semânticos. Esta aproximação é usada no âmbito de um projecto de visualização de dados científicos ligados a ciências da terra (Tioga), isto é, com informação georeferenciada.

As *dynamic queries* [Shn94] efectuam pesquisa de informação numa base de dados utilizando uma interface gráfica. O utilizador não precisa de conhecer pormenores sobre a base de dados nem sobre a linguagem de consulta à mesma. Os elementos da base de dados que verificam as condições indicadas pela interrogação são representados de forma gráfica. Há uma mapificação pré-definida que atribui uma representação gráfica aos elementos guardados na base de dados. A filtragem de informação é efectuada de acordo com as condições estabelecidas pelo utilizador. Apenas são representados os elementos que verificam essas condições.

Em [Bar95] é usado um modelo designado por *zoom* contínuo para realizar a visualização de redes de sistemas de controlo no domínio da distribuição de energia e telecomunicações. A rede é transformada numa hierarquia em que as folhas são os nós da rede e os nós interiores correspondem a *clusters*. O utilizador controla a quantidade de detalhe abrindo e fechando *clusters*, isto é, decompondo um nó interior nos seus descendentes ou, ao contrário, tornando invisíveis os nós descendentes.

Ao fechar um *cluster* fica espaço disponível para representar com mais detalhe outros nós. Pode haver vários *clusters* abertos o que corresponde a multi-focos. Como a hierarquia está sempre visível apesar de alguns dos seus elementos poderem estar compactados num *cluster*, as zonas mais detalhadas estão integradas no contexto global.

A área do ecrã é dividida em rectângulos que representam a hierarquia. Cada rectângulo contém os rectângulos dos nós descendentes.

Há diferentes representações para cada nó e cada representação tem um tamanho mínimo. A representação a usar depende do espaço disponível no ecrã. A dimensão de cada nó pode ser controlada interactivamente pelo utilizador por meio do rato. A alteração do tamanho de um nó implica reajustamento no tamanho de outros nós. A modificação do tamanho dos nós vai ter em atenção o valor da função de grau de interesse em cada nó calculada a partir da importância *a priori* do nó, do estado do nó e da proximidade em relação a nós com elevado grau de interesse. A adaptação do tamanho dos nós é feita “suavemente” passando por tamanhos intermédios entre o tamanho inicial e o tamanho final.

Na versão actual desta aplicação, a função de grau de interesse não é usada para eliminar nós cujo grau de interesse seja inferior a um limiar estabelecido.

O quadro 1 resume as características dos modelos de visualização analisados bem como as do modelo proposto. Entendem-se como critérios do utilizador as restrições feitas com base

no conteúdo semântico. Não foi considerado explicitamente como mecanismo de filtragem a eliminação de informação decorrente da escolha de representação. Isto é, vários modelos de visualização escolhem a representação a usar de acordo com a escala de representação o que implica que são eliminados elementos por não terem uma representação inteligível. Contudo, este processo de filtragem é uma consequência da escolha de representação e a sua inclusão no quadro não permitiria realçar os modelos que propõem um processo de filtragem específico atendendo às limitações das saídas gráficas.

Quadro 1- Comparação entre diferentes modelos de visualização

Modelo de visualização	Filtragem		Escolha de representação	
	Critérios do utilizador	Limitações das saídas	Critérios do utilizador	Limitações das saídas
<i>Generalized fisheye views</i> [Fur86]	SIM	-	-	-
<i>Fisheye views of graphs</i> [Sar92]	SIM	-	SIM	-
Auto-Icon [Fai93]	-	-	SIM	-
Árvore de cones [Rob91]	-	±(1)	-	-
<i>Perspective wall</i> [Mac91]	-	-	-	-
<i>Multi-scale tree</i> [Fra94]	-	SIM	-	SIM
Tioga [Sto93]	-	-	-	SIM
<i>Dynamic queries</i> [Shn94]	SIM	-	-	-
Zoom contínuo [Bar95]	-	-	SIM	SIM
Modelo proposto	SIM	-	SIM	SIM

(1) Apenas são visíveis algumas directorias. Há directorias ocultas do observador resultado da representação tridimensional.

4. Conclusões

No modelo proposto é feita a conjugação de funções de grau de interesse com a escolha de diferentes representações tendo em atenção a escala de representação. Isto permite melhorar o aspecto final da visualização na medida em que:

- elimina informação não relevante;
- simplifica informação de objectos menos relevantes;
- mantém a visualização inteligível;
- realça a informação relevante.

A filtragem de informação é efectuada, fundamentalmente, com base em critérios semânticos podendo, contudo, ocorrer também uma filtragem condicionada pela escala da representação. A escolha de representação é feita de acordo com critérios semânticos e tendo, também, em atenção as limitações das saídas gráficas.

Nas versões conhecidas de outros modelos de visualização a escolha de representação não tem, normalmente, em atenção simultaneamente as limitações das saídas gráficas e critérios semânticos. E quando isso acontece, os critérios semânticos não conduzem à eliminação de informação. Saliente-se, no entanto, que grande parte dos trabalhos realizados são essencialmente dirigidos para a visualização de determinadas estruturas de informação não dando ênfase a mecanismos de filtragem ou de escolha entre diferentes representações.

No processo de visualização descrito, o modelo proposto efectua a eliminação de informação de acordo com os valores da função de grau de interesse durante a fase de selecção e a escolha de representação é efectuada durante a fase de mapificação. Como foi referido, na fase de mapificação também pode ser omitida informação pelo facto da representação escolhida eliminar informação que não seria perceptível na escala de representação corrente.

Referências

- [Aro91] ARONOFF, S.; *Geographic Information Systems: a Management Perspective*; WDL Publications, 1991.
- [Bar95] BARTRAM, L.; HO, A.; DILL, J.; HENIGMAN, F.; *The Continous Zoom: A Constrained Fisheye Technique for Viewing and Navigating Large Information Spaces*. UIST'95, 1995, 207-215.
- [Cam97] CAMPO, M.; OROSCO, R.; TEYSEYRE, A.; *Automatic Abstraction Management in Information Visualization Systems*. Proceedings IEEE Conference on Information Visualization -IV'97, 1997, 50-56.
- [Card91] CARD, S.K.; ROBERTSON, G.G.; MACKINLAY, J.D.; *The Information Visualizer, an Information Workspace*. Proceedings of CHI'91, 1991, 181-188.
- [Car97] CARMO, M.B.; CUNHA, J.D.; *Visualization of Large Volumes of Information Using Different Representations*. Proceedings IEEE Conference on Information Visualization -IV'97, 1997, 101-105.
- [Cun95] CUNHA, J. D.; CARMO, M. B.; *Modelo da Pirâmide Truncada*. Actas do VII Encontro Português de Computação Gráfica, 1995, 35-46.
- [Fai93] FAIRCHILD, K. M.; *Information management using virtual reality-based visualizations*. In "Virtual reality applications and explorations" edited by Alan Wexelblat, Academic Press, 1993, 45-74.
- [Fra94] FRANK, A. U.; TIMPF, S.; *Multiple Representations for Cartographic Objects in a Multi-Scale Tree - An Intelligent Graphical Zoom*. *Computer and Graphics*, 18, 6 (1994) 823-829.
- [Fur86] FURNAS, G.; *Generalized fisheye views*. Proceedings CHI'86, 1986, 16-23.

- [Mac91] MACKINLAY, J. D.; ROBERTSON, G. G.; CARD, S. K.; The perspective wall: detail and context smoothly integrated. ACM Proceedings of CHI'91, 1991, 173-179.
- [Rob91] ROBERTSON, G. G.; MACKINLAY, J. D.; CARD, S. K.; Cone trees: animated 3D visualizations of hierarchical information. ACM Proceedings of CHI'91, 1991, 189-194.
- [Rob93a] ROBERTSON, G.G.; CARD, S.K.; MACKINLAY, J.D.; Information Visualization Using 3D Interface Animation. Communications of ACM, 36, 4 (1993) 57-71.
- [Rob93b] ROBERTSON, G.; MACKINLAY, J.D.; The Document Lens. Proceedings UIST'93, 1993, 101-108.
- [Sar92] SARKAR, M.; BROWN, M.H.; Graphical fisheye views of graphs. CHI'92 Conference proceedings, Mai1992, 83-91.
- [Shn94] SHNEIDERMAN, B.; Dynamic queries for visual information seeking. IEEE Software, 11, 6, (1994) 70-77.
- [Sto93] STONEBRAKER, M. et al.; Tioga: A Database-Oriented Visualization Tool. Proceedings Visualization'93, G.M. Nielson, D. Bergeron (eds), 1993, 86-93.