

Universidade da Beira Interior

Faculdade de Artes e Letras

Visualização de Informação Mediante Redes

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Design Multimédia

Ricardo Miguel Morão Ferreira da Silva

Orientador: Professora Doutora Águeda Simó



Covilhã

Agosto 2009

AGRADECIMENTOS

Quero manifestar o meu reconhecimento à Professora Doutora Águeda Simó, pela dedicação e entusiasmo na orientação desta dissertação.

À minha família, em especial aos meus pais e irmã, agradeço o apoio e incentivo para atingir os meus objectivos. Esta dissertação é-lhes dedicada.

RESUMO

A Visualização de Informação é um novo campo de investigação interdisciplinar que desenvolve técnicas e métodos para apresentar e estruturar graficamente as grandes quantidades de dados e informações que fluem a um ritmo intenso na sociedade actual. O seu objectivo é facilitar a análise e o entendimento da informação, e por isso, este campo tem um interesse especial no desenvolvimento de interfaces gráficos que permitam ao utilizador o acesso rápido e eficiente à informação.

No intuito de um acesso eficaz aos dados, nomeadamente pela *World Wide Web*, esta dissertação propõe que os designers possam dar relevância às visualizações que apresentem estruturas de redes. Fornece orientações relativas à concepção destes ambientes de informação, nomeadamente a sintaxe visual, as estruturas principais a utilizar e técnicas de interactividade.

Em especial, contextualiza a importância estética no desenvolvimento de visualizações inovadoras para uma interpretação coerente dos dados. O caminho está na união de diferentes campos de acção dentro da Arte e Design, em particular a perspectiva da Arte e Design Generativo.

Palavras-chave: **Visualização, Informação, Rede, Arte, Generativo, Design, Interface**

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 - Contexto e Motivação | 2 |
| 1.2 - Objectivos e Metodologia | 3 |
| | |
| CAPÍTULO 2 - VISUALIZAÇÃO E INFORMAÇÃO | 6 |
| 2.1 - O que é uma Visualização? | 7 |
| 2.2 - Dados, Informação e Conhecimento | 10 |
| 2.3 - Sociedade de Informação | 12 |
| 2.4 - Pesquisa e Recuperação de Informação | 14 |
| 2.4.1 - World Wide Web | 16 |
| 2.4.2 - Hipertexto e Hipermedia | 18 |
| 2.5 - Processo de Criação de Visualizações | 21 |
| 2.5.1 - Modelo de Referência da Visualização de Informação | 26 |
| 2.5.2 - Estruturas Visuais e Dados | 28 |
| 2.6 - Conclusão | 34 |
| | |
| CAPÍTULO 3 - DESIGN E INVESTIGAÇÃO | 35 |
| 3.1 - Modelo de Informação Estética | 36 |
| 3.2 - Arte e Design Generativo | 38 |
| 3.3 - Cognição Visual | 46 |
| 3.3.1 - Percepção de Padrões | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2 - Padrões em Movimento | 55 |
| 3.3.3 - Percepção Espacial | 58 |
| 3.4 - Conclusão | 59 |
| | |
| CAPÍTULO 4 - INTERFACES E REDES | 60 |
| 4.1 - Grafos, Redes e Estruturas | 61 |
| 4.2 - Sintaxe Visual de Redes | 72 |
| 4.3 - Técnicas de Navegação e Interacção | 75 |
| 4.4 - Redes e Informação | 79 |
| 4.5 - Conclusão | 83 |
| | |
| CONCLUSÕES FINAIS | 84 |
| ÍNDICE DE IMAGENS | 87 |
| BIBLIOGRAFIA | 92 |
| ANEXOS | 101 |

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Contexto e Motivação

A emergência das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na sociedade actual e o acesso às mesmas, cada vez mais massificado, está a modificar o modo como os seus conteúdos são apresentados e reclama a criação de novos modelos de visualização que possibilitem uma compreensão mais rápida e eficaz.

A internet permite a conexão global de computadores e o fluxo de informação, através da *World Wide Web*. Embora a acessibilidade seja mais fácil, não traduz uma precisão necessária para que o acesso aos dados e informações seja eficiente e significativo para os utilizadores, devido à crescente produção de dados. Os sistemas de pesquisa e recuperação de informação permitem, em geral, que o utilizador possa ter acesso à informação desejada, embora os normais interfaces gráficos proporcionam resultados extremamente dispersos e em quantidade exagerada, e não os realçam de maneira significativa, nem mostram as suas conexões.

A investigação em Interação Humano-Computador¹ é uma área fundamental para o desenvolvimento das TIC. A funcionalidade e a usabilidade² das interfaces³ é um campo em contínuo desenvolvimento, no qual é uma grande vantagem conceber-se visualizações que possam apresentar com eficácia grandes quantidades de informação. Para tal, é necessário conceber e produzir estruturas gráficas que possam mostrar as relações dos dados e da

¹ “*Human-Computer Interaction* (HCI) refere-se ao modo como os utilizadores interagem com o *hardware* e *software* do computador, incluindo o rato, teclado, interfaces gráficos e reconhecimento de voz” (Barnes, 2003, p. 21).

² A Usabilidade é o estudo da adaptação da interface ao utilizador. Segundo Jef Raskin (2000) a interface deve ser simples, perceptiva, de fácil utilização e sem monotonia (mesmo que os hábitos ganhos pelo utilizador não sejam suaves e possam interferir no fluxo de trabalho), e assim eficiente e intuitiva.

³ Uma interface, na sua acepção mais abrangente, é uma superfície de comunicação entre duas entidades. Nos computadores pode ser física (rato, teclado, monitor) e virtual (por exemplo, um sistema operativo), e permite a interacção entre utilizador e computador (Lévy, 1997; Manovich, 2001).

informação, para além de suportar a interactividade⁴, ou seja, a possibilidade do utilizador poder interagir.

Há a necessidade de encontrar interfaces visuais que possibilitem ao utilizador extrair os dados/informação precisa sem produzir a saturação e, assim, perda de tempo e frustração devido à visualização ineficiente. Os designers têm um papel fundamental na elaboração e concepção de ambientes visuais de informação e na resolução de problemas de comunicação visual.

A incessante produção de informação, a necessidade de uma pesquisa eficiente e novos métodos de a visualizar e interpretar é a força motriz que move esta dissertação.

1.2 - Objectivos e Metodologia

Este estudo pretende evidenciar a importância das técnicas e métodos desenvolvidos no campo da Visualização de Informação na investigação de estruturas e interfaces visuais que facilitem a apresentação e interpretação dos dados. Em particular, pretende salientar a utilização de estruturas de redes, assim como a importância do Design como disciplina-chave neste campo. Inclui uma organização teórica do estado actual da Visualização de Informação e linhas de orientação que propiciem um impulso aos designers na implementação corrente de novas interfaces visuais.

A sociedade global está profundamente enraizada na produção e troca de dados. O ritmo é intenso e de enorme impacto e transformação social. Vivemos numa Sociedade de Informação. A *World Wide Web* é o sistema de recuperação de informação mais importante, através de interfaces gráficos hipermédia.

⁴ A interactividade é o termo com que se designa normalmente a interacção entre uma pessoa e um computador. Um sistema interactivo permite a comunicação entre humanos e ambientes digitais e modificam o comportamento em resposta a entradas (humanas). Esta interacção é normalmente uma comunicação em dois sentidos, o de controlo (humano-computador) e *feedback* (computador-humano): quanto maior seja esta comunicação, maior interactividade teremos. Estes dois mecanismos definem o ciclo de interacção.

A investigação, nesta dissertação, apresenta primeiramente a área da Visualização e os campos principais de acção, assim como as diferenças entre dados, informação e conhecimento, para se abordar o tema das visualizações de redes.

Analisa-se em detalhe o processo de desenvolvimento de uma visualização, de modo a perceber-se quais as fases a seguir, e em cada uma, quais os objectivos para a criação final. Deste modo, dá-se importância às várias estruturas de representação visual de dados usadas numa visualização. Por isso, caracterizam-se e reflecte-se acerca das que melhor se adequam e traduzem certos dados.

O sistema visual humano tem um desempenho fulcral na interpretação do espaço visual. Interessa assim estudar o modelo da percepção visual no processamento de informação, com destaque para o processamento pré-atentivo e a percepção de padrões.

A possibilidade de serem aplicadas técnicas que permitam a navegação e a interacção facilita a descoberta dos dados visualmente mapeados, descrevendo-se as mais importantes.

O método de representação em estruturas de redes é sujeito a análise. A Teoria dos Grafos é o fundamento matemático. Distingue-se um grafo de uma rede e apresenta-se as características de conexão num grafo. Descreve-se a sintaxe visual específica à representação de redes, as estruturas básicas a utilizar e os critérios de estruturação estética. Por fim, apresenta-se alguns projectos de visualizações de informação mediante redes que expressam resultados funcionais e estéticos.

Pela importância de gerar uma visualização que não considere somente a funcionalidade do *software* na exactidão de resultados, reflecte-se acerca de métodos de Design que possam ser úteis na concepção de inovadores interfaces visuais, ao propiciarem o estímulo e deslumbre do utilizador na descoberta dos dados.

Com o objectivo de salientar a intersecção entre várias disciplinas da Comunicação, Arte e Design, apresenta-se o Modelo da Informação Estética. Realça-se também a investigação de novas práticas artísticas que possam contribuir para a concepção de uma visualização de

informação mediante redes, na atenção à Arte Generativa e ao Design Generativo, pela automatização e autonomia na geração de composições visuais.

Em resumo, esta investigação indica como facilitar o acesso, pesquisa e recuperação de informação, situando a área da Visualização de Informação como fulcral na apresentação de dados, analisa as visualizações de informação mediante redes e dá atenção a conceitos estéticos na concepção de visualizações mais eficientes.

CAPÍTULO 2 - VISUALIZAÇÃO E INFORMAÇÃO

2.1 - O que é uma Visualização?

O termo visualizar aplica-se não ao acto de ver, que é uma capacidade fisiológica, mas sim ao processo cognitivo de “formar uma imagem mental, ou o acto ou processo de interpretar em termos visuais ou colocar visíveis formas” (Dicionário Webster). Autores como Stuart Card incorporam na definição de visualização a utilização de computadores e o conceito de interactividade. A visualização é assim “o uso de representações visuais de dados suportadas computacional e interactivamente para amplificar a cognição” (Card, Mackinlay & Shneiderman, 1999, p. 7).

No entanto, Robert Spence (2007) considera que visualizar é “formar um modelo mental ou imagem mental de algo” (p. 5) e que portanto a visualização é “somente uma actividade da cognição humana que nada tem a ver com computadores” (p. 5), e que dita actividade “não necessita de envolver uma experiência visual, como pode ser sugerido pelo termo visual em visualização, porque o som e outras modalidades sensoriais - não só gráficos – podem ser empregues para representar dados” (p. 5).

Segundo Colin Ware (2004), uma visualização é “uma representação gráfica de dados ou conceitos” (p. 2) que activa a cognição⁵. É esta a definição que pensamos que melhor se adapta ao contexto deste estudo que tenta aprofundar as técnicas e métodos de representações gráficas de informação. Portanto, um produto de comunicação visual nem sempre é considerado uma visualização.

A área da Visualização divide-se em duas categorias principais: a Visualização Científica e Visualização de Informação⁶. Ambas têm o objectivo de representar dados (mas de origem

⁵ A cognição é o acto de adquirir um conhecimento, a faculdade de conhecer. Envolve a atenção, percepção, memória, raciocínio, juízo, imaginação, pensamento e linguagem.

⁶ O termo Visualização de Informação foi cunhado por George Robertson, Stuart Card e Jock Mackinlay no artigo “The Cognitive Coprocessor Architecture for Interactive User Interfaces” (em *Proceedings of the 2nd Annual ACM SIGGRAPH Symposium on User Interface Software and Technology*, 1989), com respeito a

diferente), empregam métodos de representação semelhantes e envolvem o entendimento da percepção visual humana⁷. Actualmente, não se considera que as categorias estejam tão afastadas.

A Visualização Científica é a categoria que apoia o cientista em visualizar dados experimentais, sejam fenómenos da natureza ou objectos físicos (dados geo-espaciais, estruturas químicas, dinâmica de fluidos, astrofísica, física de partículas e imagens médicas) que o sistema sensorial humano não consegue captar (pelas escalas de tempo mais rápidas ou lentas, ou estruturas de escala maior ou menor que a escala humana).

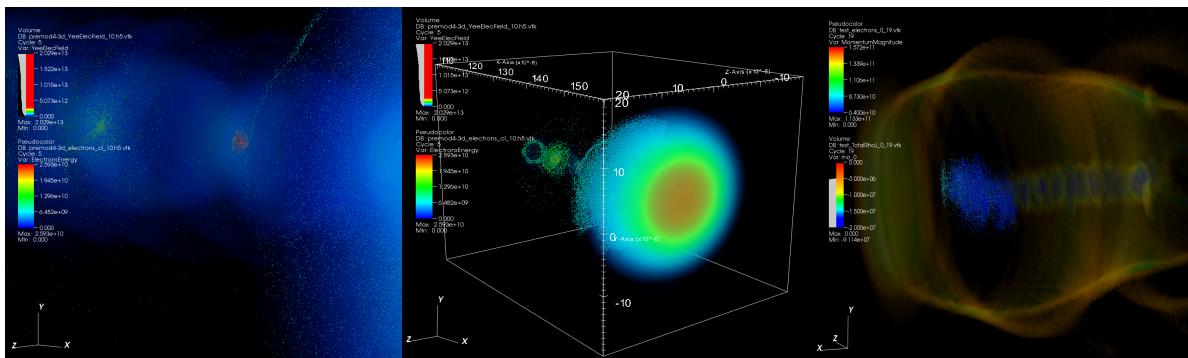


Fig. 1: *Particle-in-cell Simulation of Laser Wakefield Particle Acceleration* (INCITE Project/Berkeley Lab). Cameron Geddes, 2006.

O campo da Visualização de Informação envolve a estruturação de dados abstractos para relacionamentos semânticos, ou seja, dados que não possuem uma referência espacial inerente (dados resultantes de aferições, análise de textos, dados financeiros, relações sociais). Por isso, a priori, não há uma representação geométrica própria, como na Visualização Científica (Ware, 2004; Zhang, 2008). Pretende-se gerar uma representação visual pelos relacionamentos entre os dados que possam ser inferidos e não apresentar valores isolados dos dados.

apresentações de informação abstracta através de um interface visual. Em 1995, organizou-se o 1º *Symposium On Information Visualization*.

⁷ O sistema visual humano permite perceber rapidamente objectos e suas características, e tem a habilidade de detectar padrões com eficiência.

Robert Kosara (2007) identifica duas culturas gerais de visualização de informação: uma técnica, orientada à análise, outra artística, orientada ao sublime⁸.

Com respeito ao sentido técnico, uma visualização de informação apenas é assim denominada se for baseada em dados externos (não visuais) e que produza uma imagem de resultado legível e reconhecível, ou seja, o utilizador deve ser capaz de perceber nas representações visuais os dados.

O propósito de uma visualização impulsiona assim a compreensão de dados num espaço visual, que devido a certos factores, como “limitações da visão, a invisibilidade ou abstracção dos dados” (Zhang, 2008, p. 3), seria difícil de demonstrá-los. As visualizações têm enormes vantagens (Ware, 2004, p. 3):

1) possibilitam a capacidade de abranger enormes quantidades de dados, em que a informação mais importante é imediatamente disponível;

2) permite a percepção de propriedades emergentes que não tinham sido antecipadas;

3) por vezes, capacita problemas com os próprios dados, ao tornarem-se imediatamente evidentes. As visualizações revelam frequentemente aspectos não só sobre os dados, mas sobre a maneira como foram colectados. Com uma visualização apropriada, erros e artefactos nos dados surgem e podem ser rapidamente identificados;

4) facilitam o entendimento de características de larga e pequena escala dos dados. Podem ser preciosas ao permitir a percepção de padrões que ligam características locais;

5) facilitam a formação de hipóteses.

A visualização, no caso deste estudo, implica a utilização de um interface visual inovador, que auxilia os utilizadores a explorar e descobrir especificidades nos dados representados digitalmente.

⁸ “O sublime pode ser entendido como aquilo que inspira, teme, magnifica e evoca uma resposta profundamente emocional e/ou intelectual” (Kosara, 2007, p. 3).

2.2 - Dados, Informação e Conhecimento

Empiricamente, considera-se e utiliza-se os conceitos de dados e informação de maneira indiferenciada. No entanto, “os dados são um conjunto de factos isolados e objectivos sobre eventos” (Davenport & Prusak, 1998, p. 2), e só temos informação quando os dados estão estruturados de maneira que sejam significantes.

Segundo Luciano Floridi (2004a, 2004b), há uma instância de informação se e só se conter dados que sejam bem formados⁹ e que sejam significativos¹⁰, resultando num conteúdo semântico. Se este conteúdo é verdadeiro¹¹, há condição para o conhecimento. De acordo com Leslie Baxter e Earl Babbie (2004), “a construção de significado, ou entendimento, é um processo de identificação de relacionamentos entre fenómenos [aquilo que cai sob o alcance dos nossos sentidos]” (p. 4), e acontece num contexto: pela proveniência, organização dos dados e intenção de quem interpreta (Shedroff, 1994).

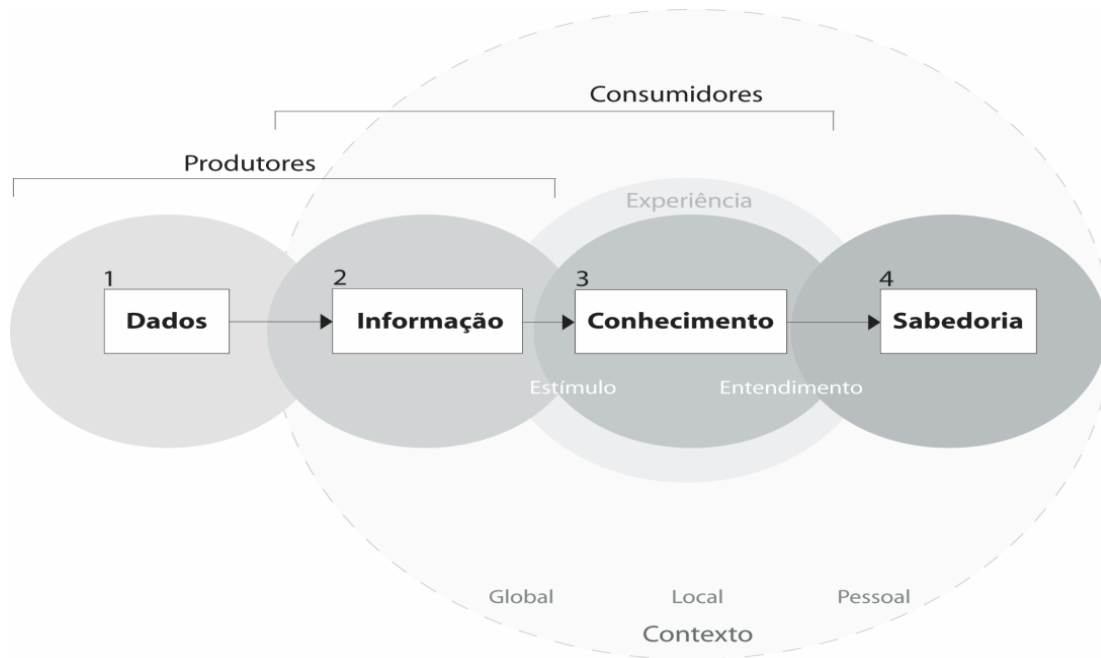
De acordo com Jean-François Lyotard¹², a produção de informação/conhecimento é apenas “justificada em bases de eficiência e efectividade, [...] onde o princípio da performatividade prevalece. Isto significa que a informação é reunida, analisada e gerada apenas quando pode ser justificada em termos de critérios vantajosos” (Webster, 2002, p. 251), que possa assim ser útil e de uso prático.

⁹ Dados correctos e de acordo com as regras de uma linguagem escolhida: sintaxe (Floridi, 2004b). Na Linguística (a exploração dos mecanismos da linguagem), a sintaxe é “a disciplina que descreve as regras de combinação de unidades significativas (palavras e outros elementos estruturais) em orações ou frases” (Dicionário de Português 2008, Porto Editora).

¹⁰ Remeterem a significados nessa linguagem: semântica (Floridi, 2004b). A semântica é “o ramo da Linguística que se ocupa da significação das palavras e da evolução do seu sentido” (Dicionário de Português 2008, Porto Editora).

¹¹ Só há significado se há condição de verdade. Cf. Fidalgo, António (2004), pp. 75-77.

¹² Cf. The Postmodern Condition: A Report on Knowledge, 1979, citado em Webster, Frank (2002).



Diag. 1: Esquema da vista geral do entendimento. Nathan Shedroff, 1994.

O conhecimento é assim a habilidade de utilizar a informação que é já percebida pelo utilizador e de retirar o essencial que considere importante numa certa contextualização (Devlin, 1999), e “deve ser avaliado pelas decisões e acções¹³ que permitem chegar a esse conhecimento” (Davenport & Prusak, 1998, p. 6), desenvolvendo-se ao longo do tempo e lidando com a complexidade e imprevisibilidade humana. Paulo Serra (2003) aprecia o conhecimento como “informação apropriada subjectivamente mediante um acto de atribuição de sentido” (p. 45)

A sabedoria, depreende Nathan Shedroff (1994), alcança-se quando se dominam os padrões de informação, passando por processos de introspecção, contemplação, retrospectão e interpretação.

Sem prestar grande atenção às discussões filosóficas relativas ao significado, Harm J. Zwaga, Theo Boersema e Henriëtte Hoonhout (1999) consideram que informação

¹³ Desenvolvidas a partir de experiências, valores e regras concretas (Davenport & Prusak, 1998).

são dados organizados de uma tal maneira que podem ser usados pelas pessoas a servir os seus objectivos. A actual organização dos dados evoca no utilizador um significado. Esta organização pode tornar-se em entidade porque o utilizador gera a inter-relação entre os dados percebidos [...] e/ou alguém processou e apresentou os dados de tal maneira que evoca [...] o significado tencionado (p. xxx).

Nas visualizações, o utilizador normalmente não conhece os dados em bruto, de modo que a sua organização em estruturas visuais facilita a compreensão e a atribuição de significado.

2.3 - Sociedade de Informação

Vivemos em constante transformação social, de dinâmica profundamente baseada na informação. Frank Webster (2002) expõe que a Sociedade de Informação assenta em cinco critérios:

- 1) tecnológico: desenvolvimento de novas tecnologias, em especial o crescimento da internet e os avanços computacionais;
- 2) económico: aproximação a efeitos económicos das actividades de informação;
- 3) ocupacional: abrangência de ocupações profissionais por actividades ligadas à informação;
- 4) espacial: reorganização do tempo e espaço pela conexão e proximidade geográfica, e fluxo de informação;
- 5) cultural: ambientes sociais carregados de informação.

A Sociedade de Informação está ligada ao conceito de Sociedade Pós-industrial de Daniel Bell¹⁴, evidenciando a sociedade de serviços, em que a “matéria-prima” é a informação. Mas esta ideia de uma nova sociedade, baseada na proliferação de ocupações de serviços e aumento

¹⁴ Cf. The Coming of Post-Industrial Society, 1973, citado em Webster, Frank (2002).

de informação, é refutada por investigadores como Krishan Kumar¹⁵, ao considerar que não representa de todo uma concepção plausível da Sociedade de Informação. Não há uma ruptura total com as sociedades anteriores, e, assim, não pode “afirmar que mais ocupações de serviços demonstram que está a surgir um novo género de sociedade, por isso não é suficiente para argumentar que mais informação representa uma nova sociedade” (Webster, 2002, p. 52).

O principal realce da Sociedade Pós-industrial é o facto de cada vez mais as funções laborais estarem ligadas, de alguma forma, à informação: a passagem do ritmo de produção industrial à produção de informação.

Manuel Castells (1996) define a Sociedade de Informação como uma Sociedade-rede, “uma sociedade reduzida a uma massa homogénea, em que todos os indivíduos partilhariam, de forma mais ou menos uniforme, um mesmo tipo de informação ‘relevante’ e agiriam em correspondência com tal informação” (Serra, 2003, p. 168). É caracterizada pelo desenvolvimento de novos sistemas globais de comunicação electrónicos (na conjugação dos vários médias de comunicação através do computador), pela estrutura social capitalista e procura de identidade pelo indivíduo.

A Sociedade-rede identifica que a produção de informação e a facilidade tecnológica permitem uma conexão realmente global, pelo fluir intenso da informação. Traduz a sociedade em que vivemos, cada vez mais ávida pela própria evolução. Porém, “as trocas de informações são mais eficazes, mas não forçosamente a comunicação. Não existe sociedade em directo. No outro lado das redes existem homens, sociedades, culturas, línguas, civilizações. Não computadores...” (Wolton, 2006, p. 67).

¹⁵ Cf. *Prophecy and Progress: The Sociology of Industrial and Post-Industrial Society*, 1978, citado em Webster, Frank (2002).

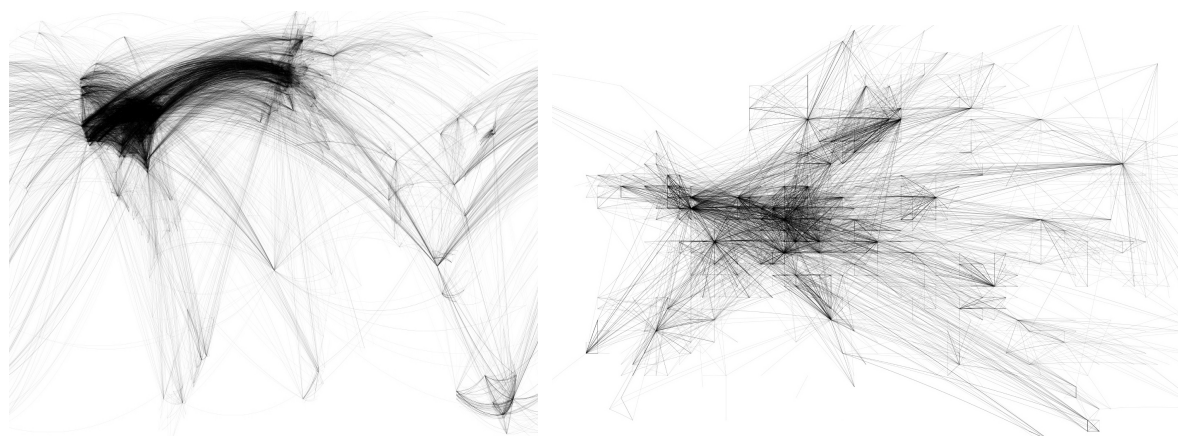


Fig. 2: *Internet Map*, Chris Harrison, 2007. Relação visual entre as densidades relativas de ligações de internet e conexões (entre os cinco continentes e no continente Europeu).

2.4 - Pesquisa e Recuperação de Informação

Pela crescente quantidade de dados (ver anexo 1), o utilizador tem dificuldades em lidar com esse excesso, não só no acesso à informação necessária, como na sua extracção. Em 1945, Vannevar Bush escreveu um ensaio, de título “As We May Think” e publicado em *The Atlantic Monthly*, sobre a necessidade de se conceber sistemas de processamento de informação para a sua selecção e gestão, pois um dos problemas da produção e armazenamento de grandes quantidades de dados residia em aceder-lhes com rapidez e precisão.

O resultado das suas investigações é o *Memex*, um dispositivo que auxiliaria o armazenamento e acesso aos dados por associações. A sua principal preocupação é conjugar

esforços no que chamou de “questão de eleição”: a recuperação de informação, na qual se deve encontrar meios adequados de armazenar, ordenar e etiquetar a informação, através de métodos de codificação, processamento, transmissão e revisão, para que o utilizador possa convenientemente encontrar a informação desejada (Landow, 1994, pp. 26-27).

A Recuperação de Informação é definida como “o processo de pesquisa, exploração e descoberta de informação em repositórios de dados, de modo a satisfazer as necessidades de informação dos utilizadores” (Zhang, 2008, p. 4).

A informação é normalmente disponibilizada *on-line* (através da *World Wide Web*) onde pode ser acedida e recuperada (ver anexo 2). Os sistemas de recuperação de informação traduzem dois comportamentos na pesquisa de informação: inquirição (*query search*) e *browsing*. Jin Zhang (2008) indica que a inquirição é a tarefa que envolve a articulação (por palavras-chave relevantes) das necessidades de informação e o mecanismo que actua dentro da base de dados (a um nível léxico), em que os resultados são normalmente exibidos em listas lineares (no caso da *World Wide Web*, através de geradores de inquirições SLQ (*Structured Query Language*) incorporados em *web browsers*¹⁶). O sistema de recuperação efectua automaticamente o rastreio dos termos inquiridos, apresentando resultados coincidentes. Porém, os utilizadores perdem assim o controlo sobre o processo interno de pesquisa do sistema.

Browsing é o processo de apresentação de informação num ambiente organizado (como as estruturas de hiperligação ou hierárquicas). O *browsing* está associado à exibição de resultados num espaço visual, com propriedades espaciais, como direcção, distância e posição. Por isso, o utilizador movimenta-se de um ponto a outro (um ponto pode ser uma página *web* num sistema de hiperligação ou um nó numa directoria em hierarquia). Assim, o sistema de recuperação de informação apresenta resultados variados e diversos, sem um alvo específico de pesquisa, como na inquirição.

O *browsing* permite uma maior interactividade e controlo que a inquirição, pois o utilizador tem que navegar em busca da informação pretendida. A relevância de resultados é completada pelos utilizadores, e, assim, este comportamento é ideal para a exploração e descoberta de nova informação. Normalmente, este comportamento requer mais tempo e esforço na pesquisa da informação relevante por parte dos utilizadores.

¹⁶ Execução de um programa que conecta a um servidor (ex: Internet Explorer, Mozilla Firefox, Safari, Chrome).

Todavia, segundo Paulo Serra, “mesmo que tais mecanismos sejam aperfeiçoados, eles nunca conseguirão resolver, por si sós, o problema da pesquisa e da selecção da informação relevante; tal resolução exigirá sempre, a intervenção de uma mediação humana, pessoal e visível” (2003, p. 272).

2.4.1 - World Wide Web

A internet é apresentada pelo *Federal Networking Council's*, em 1995, como um sistema de endereços global, configurada com protocolos de transmissão comuns e que permite a comunicação pública e privada (Smith & Wood, 2005). Servidores e redes físicas potenciam a transmissão de informação com eficácia e a recepção por computadores e dispositivos móveis.

Para Luciano Floridi (1999), a internet é o resultado de três espaços: infra-estrutura física (dimensão física: computadores e conectividade, protocolos de transmissão de dados), a plataforma de memória (a dimensão digital: ambiente digital para *software* e documentos) e o espaço semântico (a dimensão do ciberespaço¹⁷: utilização de *software* e documentos).

A *World Wide Web* é um espaço de acesso a informação hipermédia. O seu desenvolvimento teve lugar no CERN (*European Organization for Nuclear Research*). Foi concebida por Tim Berners-Lee, em 1989, na investigação de um sistema que permitisse a partilha de informação global através de uma rede de computadores. É hoje o maior sistema de recuperação de informação activado na internet, que “funde as técnicas de redes de informação e hipermédia

¹⁷ A *web* permite a organização do ciberespaço, conceito primeiramente utilizado por William Gibson, na novela de ficção *Neuromancer*, em 1982, que descreve o universo electrónico de informação. Actualmente, o ciberespaço engloba variados termos sinónimos, como domínio digital, espaço de informação, rede de computadores, internet. Por isso, entende-se por ciberespaço “as diversas experiências de espaço associadas a computadores e tecnologias relacionadas” (Strate, Lance citado em Barnes, 2003, p. 32). Em 1954, Norbert Wiener utilizou o prefixo “-ciber” no termo Cibernética, que designa a ciência dos sistemas de controlo automático, como máquinas e sociedades, e nesta perspectiva, a “informação é uma troca de dados necessária para um sistema influenciar o comportamento de outro sistema.” (Wood & Smith, 2005, p. 33).

para apresentar um sistema de informação global, bastante intuitivo e baseado na visão, que é económico e extremamente poderoso” (Floridi, 1999, p. 78).

Os utilizadores partilham e acedem a dados variados, dispostos em páginas de acesso e representações gráficas. Todos os elementos multimédia apresentam-se ao utilizador como parte de um objecto hipermédia em formato HTML (*HyperText Markup Language*) organizados numa estrutura de hiperligação, e fornecem ao utilizador um interface de navegação e interacção (Floridi, 1999).

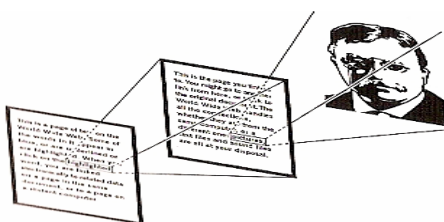


Fig. 3: Hiperligação. Ilustração de Nigel Holmes.

Actualmente, os investigadores estão num caminho mais específico: a *Web Semântica*¹⁸, uma *web* de dados que inter-relaciona variadas aplicações, integrando-as e combinando-as. No fundo, trata-se de colocar uma ordem na organização dos dados e alcançar a informação desejada, com maior precisão, controlo e eficácia. É um novo sistema, de fundação sintáctica em XML¹⁹ (*Extensible Markup Language*) e complemento de características por RDF²⁰ (*Resource Description Framework*), que capacita “uma *web* maquinico-processável de *smart data* [...]: dados independentes de aplicações, compostos, classificados, e parte integrante de um vasto ecossistema de informação.” (Daconta, Obrat & Smith, 2003, p. 4). Depreende-se

¹⁸ Para mais informações acerca da *Web Semântica* consultar <http://www.w3.org/2001/sw/>

¹⁹ Amplia as capacidades do HTML, ao permitir inserir informação mediante textos, gráficos, voz ou imagens, e assim facilitador da pesquisa.

²⁰ Integra uma variedade de aplicações a partir de directorias da *World Wide Web* e usa o XML como sintaxe de intercâmbio.

assim que um sistema de recuperação de informação mais robusto e preciso na pesquisa dos dados permitirá certamente maior eficácia.

2.4.2 - Hipertexto e Hipermedia

Considera-se que o conceito de hipertexto surge das investigações de Vannevar Bush reflectidas no seu artigo “As We May Think” (Bush, 1945), no qual estabelece uma relação entre a extracção de dados e a forma em que funciona a mente humana, o processo do pensamento humano mediante a associação de ideias, bem como o funcionamento do cérebro mediante redes neuronais.

Neste artigo, Bush apresentou o conceito de *Memex*, um tipo de dispositivo, uma extensão de memória, no qual um indivíduo podia armazenar e consultar todos os seus livros, registos, e comunicações, com grande velocidade e flexibilidade. Posteriormente, em 1962, Theodor H. Nelson cunhou o termo *hipertext* e *hipermedia* com o fim de ligar elementos num documento a elementos relacionados ou idênticos a outros documentos (também baseado no conceito de pensamento associativo). Nessa altura, Nelson trabalhava no *Xanadu Project*, planeado em 1960, com o objectivo de criar uma rede de computadores, com um interface ao utilizador amigável, e uma ferramenta de edição de hipertexto universal com a intenção de igualmente resolver problemas de propriedade de autor.

Outra investigação foi desenvolvida por Douglas Engelbart, celebrenemente conhecido por ter inventado o rato, também em 1962, no projecto *oN-Line System* (NLS), um dispositivo baseado em estruturas de módulos de símbolos e suporte de colaboração em grupo (Bardini, 2004; Floridi, 1999; Lévy, 1990).

O hipertexto é uma apresentação de informação textual. Fundamentalmente, tem dois tipos de estrutura: uma linear e axial, semelhante à escrita e leitura de livro e outra que resulta da conjugação e organização de várias estruturas axiais e inerentes ligações (hiperligações), resultando numa estrutura em rede (Landow, 1994).

A definição actual de hipertexto é examinada por Luciano Floridi (1999, pp. 119-120):

1) um conjunto descontínuo de unidades semânticas (nós), que nos melhores casos, oferecem baixo carregamento cognitivo (no caso de um livro electrónico, parágrafos ou secções, em vez de páginas ou capítulos). Estas unidades, definidas por Roland Barthes como *lexia*, podem ser:

1.1) documentos alfanuméricos (hipertexto puro);

1.2) documentos multimédia (hipermédia²¹);

1.3) unidades funcionais (ex: agentes, serviços ou *applets*²²), em qualquer caso, encontramos hipertexto multifuncional ou hipermédia;

2) um conjunto de associações (ligações ou hiperligações embutidas em nós por meio de áreas formatadas especiais, conhecidas como fonte e âncoras de destino) que conectam os nós. São referências cruzadas activas e estáveis, que permitem ao utilizador “mover-se” com facilidade a outras partes do hipertexto.

3) um interface interactivo e dinâmico. Activa o utilizador a perceber – frequentemente apenas visual, embora hipertextos acústicos e tácteis são igualmente possíveis - e operar com as âncoras [através de interfaces físicos], de modo a consultar um nó a partir de outro. O interface pode igualmente fornecer, se bem que não necessário, facilidades adicionais de navegação, como a priori, representações da estrutura integral em rede - quando o sistema é fechado e suficientemente limitado de modo a ser completamente mapeável - e a posteriori, um sistema de registo cronológico do historial das ligações seguidas (a função de regresso nos *web browsers*), quando o sistema é aberto e teoricamente infinito, como o caso dos *web browsers*, ou as facilidades de *bookmarking* [marcação de *sites*] na procura.

²¹ O hipermédia é a expansão do hipertexto. Inclui informação visual e sonora (Landow, 1994, 1995), no fundo, pela aplicação de elementos multimédia (estático: texto, gráfico, fotografia; dinâmico: vídeo, audio, animação).

²² Um *applet* é um programa executado dentro de outro programa, normalmente escrito em linguagem de programação Java e incluído numa página HTML.

O hipertexto e hipermedia assistem a apresentação de dados. Ao revelarem uma estrutura interactiva com capacidades de ligações e possibilidades de escolha, a associação permite a obtenção de significado no conjunto de dados e suas relações. Porém, num tempo de pesquisa e após inúmeras navegações entre resultados hipertextuais, o grande problema é a desorientação, pelo acumular de dados faseados e a dificuldade regresso/avanço a um ponto de informação específico (sem ter que percorrer por toda a navegação de pesquisa). A consequência é perder-se no raciocínio associativo.

Uma visualização eficaz pode originar maior precisão e facilitar a navegação do utilizador. A dificuldade de análise de resultados deve-se à normal apresentação hipertextual e exibição em listas, sem demonstrar todos os dados e relações num mesmo espaço visual. O utilizador não tem uma percepção total da informação desejada, navega dentro de uma estrutura “partida”, descontínua, mesmo que baseada em associações de dados e de fácil manuseamento e interacção. Portanto, novas formas de visualizar os dados são necessárias no intuito de diminuir a desorientação, melhorar a eficácia de pesquisa e permitir ao utilizador aceder à informação desejada, pois

as pessoas esperam que novas técnicas de visualização sejam intuitivas, interactivas, versáteis e poderosas, motores de pesquisa e visualização que traduzam uma pesquisa mais eficiente e efectiva, e novos mecanismos de navegação das visualizações que aliviem ou eliminem a notória desorientação do utilizador (Zhang, 2008, p. 267).

A capacidade de incluir o rastreio de dados e inquirições em visualizações potencia uma escolha personalizada do que se quer visualizar. Jin Zhang estabelece que a área da Recuperação de Informação e o campo da Visualização de Informação devem concentrar esforços no desenvolvimento de um sistema integrado que capacite exibir grandes quantidades de dados num espaço visual dinâmico e interactivo, permitindo uma maior controlabilidade, suportando operações mais sofisticadas e demonstrando relacionamentos lógicos e semânticos.

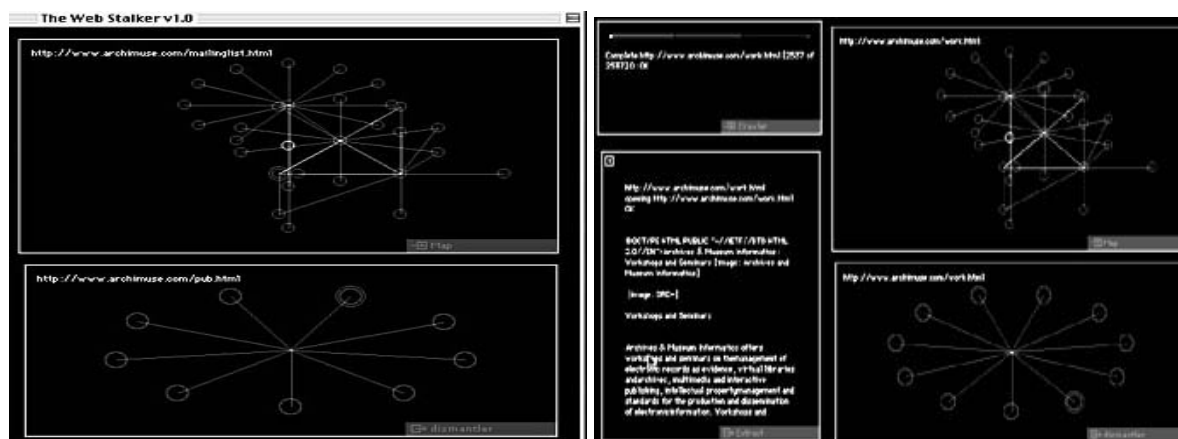


Fig. 4: *I/O/D4: The WebStalker*, Matthew Fuller, Colin Green e Simon Pope, 1997. Uma alternativa aos *browsers* tradicionais. É uma investigação da estrutura da internet e novas possibilidades de acesso e navegação. Escreve-se um endereço, surge a página em formato de código HTML e apresentação visual das hiperligações numa estrutura de rede.

2.5 - Processo de Criação de Visualizações

Uma visualização “fornece meios poderosos para fazer sentido aos dados e assim comunicar descobertas a outros” (Few, 2007, p. 1). Mas Benjamin Fry (2008) salienta que os “[dados digitais] não são usados ao seu melhor potencial porque não são visualizados como deveriam ser” (p. 2), pois podem não apresentar estruturas coerentes, mostrar relações e interactividade adequada. Jin Zhang clarifica que “uma visualização requer certos métodos ou algoritmos²³ para converter dados em bruto numa forma significativa, interpretável e a ser exibida, de modo a convergir visualmente informação aos utilizadores” (2008, p. 3).

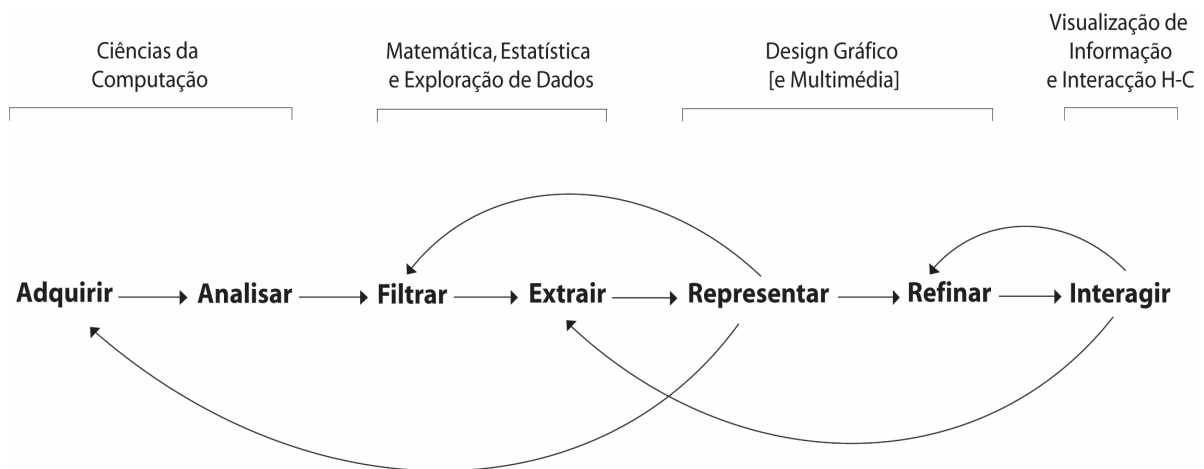
Um pioneiro na representação gráfica de dados, Edward Tufte (2001), indica que a complexidade dos dados não deve ser afastada da sua representação: um gráfico não omite

²³ Na sua essência, programar ou criar um programa, é desenvolver ou executar um algoritmo, ou um jogo de algoritmos, que são construídos para resolver ou simplificar um problema ou operação. É especificar um conjunto de instruções para serem seguidas por uma pessoa ou máquina. As instruções são uma espécie de comando ou passos que se têm que cumprir, cuja execução pode ser faseada.

dados, a sua comunicação deve ser clara, precisa e eficiente. Os gráficos devem essencialmente mostrar a variação de dados e não de design. As considerações estéticas são posteriormente utilizadas para impulsionar a eficácia pretendida.

O procedimento de entendimento e criação de projectos de visualizações decorre em sete fases (Fry, 2008, p. 15):

- 1) adquirir: obtenção de dados;
- 2) analisar: criar uma estrutura para os significados dos dados a usar e ordenar em categorias;
- 3) filtrar: filtrar os dados de modo a remover todos os não necessários;
- 4) extrair: aplicar métodos estatísticos e de exploração de dados²⁴ de modo a encontrar padrões ou colocar os dados em contexto matemático;



Diag. 2: Fases e interações no processo de entendimento dos dados. Benjamin Fry, 2008.

²⁴ Da exploração, emergem novos dados, os meta-dados (são dados que descrevem outros dados. Em computação, o prefixo “-meta” significa sobre) e retira-se a informação mais importante, a meta-informação: “informação sobre a ‘informação-objecto’, procurando conferir uma certa ‘forma’ ou ‘ordem’ a esta última. [...] Ela produz desde logo efeitos semânticos, pelo que ela constitui a primeira informação relevante para um receptor que trata de atribuir um ‘sentido’ à ‘informação’ ” (Serra, 2003, p. 316).

5) representar: escolha do modelo visual a aplicar;

6) refinar: aperfeiçoar as representações básicas de modo a torná-las claras e visualmente cativantes;

7) interagir: adicionar métodos para manipulação de dados ou controlar quais as características que são visíveis.

Este estudo incide no desenvolvimento das últimas três fases: representar os dados em estruturas visuais (cap. 2.5.1.2), refinar essas representações e dar relevo aos métodos artísticos e de Design, em particular aos processos generativos (cap. 3.2) e apresentar as técnicas de navegação e interação a usar numa visualização de informação (cap. 4.3).

Dentro das estratégias da comunicação visual²⁵, o intuito do Design é criar uma expressão/mensagem visual, que é interpretada pelo mecanismo perceptivo do sistema visual humano. Paul Rand (1993) contextualiza que

o conteúdo é o material em bruto do design. A forma, em vez, é a reorganização e manipulação do conteúdo. Formar é firmar relacionamentos visuais num dado espaço [...]. Design é a fusão de forma e conteúdo, a realização e expressão única de uma ideia²⁶ (p. 3)

A forma expressa o conteúdo, a combinação de elementos visuais básicos e de características várias: ponto, linha, forma (as formas básicas: quadrado, círculo e triângulo equilátero), direcção (o impulso de movimento), tom, cor, textura, escala, dimensão (implícito pela

²⁵ A comunicação visual é o acto de expressão, “é sempre a procura da relação e da partilha com o outro” (Wolton, 2006, p.11), através de mensagens visuais. O emissor (o artista, o designer) emite mensagens e são recebidas pelo receptor (utilizador). Num ambiente computacional, a comunicação é mediada, pois recorre a dispositivos média, e é interactiva, pela interacção entre comunicadores (ex: interface gráfico e utilizador), havendo assim *feedback*, pela acção-reacção desenvolvida.

²⁶ “Alguns estetas rejeitam a expressão forma e conteúdo em favor de forma e substância, ideia, ou pré-concepção” (Rand, 1993, p.3)

perspectiva e profundidade) e movimento (Bowers, 1999; Dondis, 1997; Holtzschue & Noriega, 1997).

A organização dos elementos e suas relações é uma composição e tem sempre uma função²⁷, ou seja, qual o propósito da criação: “os resultados das decisões de composição determinam o objectivo e significado da manifestação visual e têm fortes implicações em relação ao que é recebido pelo espectador” (Donis, 1997, p. 29).

Segundo Jock Mackinlay (1986), o designer deve ponderar o vocabulário de técnicas gráficas de Jacques Bertin²⁸, ou seja, “as apresentações gráficas usam marcas gráficas [...] para codificar a informação através das suas propriedades posicionais, temporais e ‘retiniais’ ” (p. 9). As propriedades posicionais referem-se à dimensionalidade (1D, 2D, 3D), a propriedade temporal alude ao tempo (animação) e as propriedades “retiniais”²⁹ reportam à cor, forma, tamanho, saturação, textura e orientação.

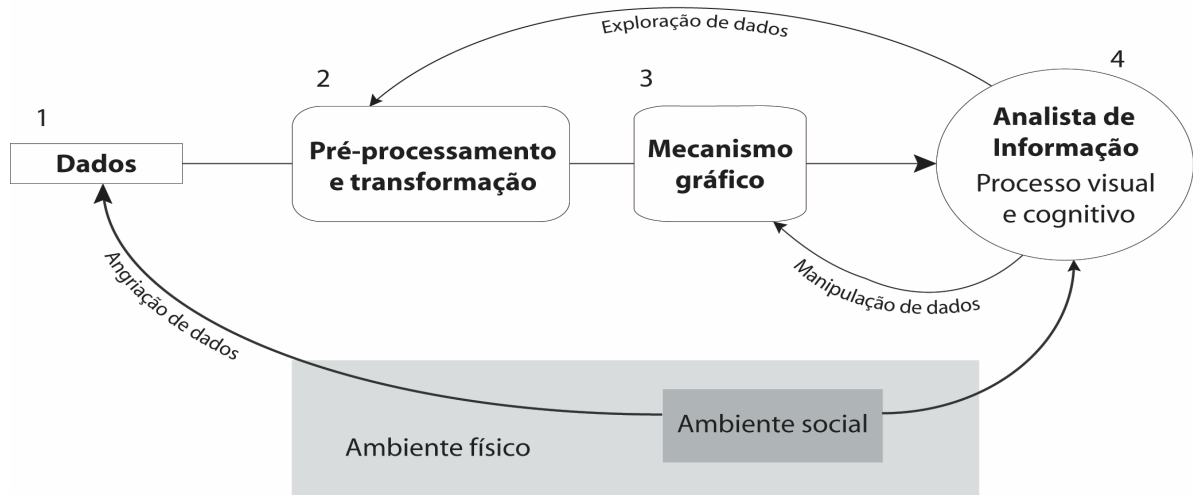
Um processo semelhante de concepção de uma visualização é apresentado por Colin Ware, que inclui quatro estados básicos (2004, p. 5):

- 1) colecção e armazenamento dos próprios dados;
- 2) pré-processamento concebido para transformar os dados em algo que possa ser entendido;
- 3) *hardware* de exibição e os algoritmos que produzem uma imagem no ecrã;
- 4) sistema perceptivo e cognitivo humano: apreender pelos sentidos, especialmente pela vista.

²⁷ A forma segue a função: princípio de Design enunciado por Louis Henry Sullivan’s, em 1896.

²⁸ Cf. *Semiology of Graphics*, 1983, citado em Mackinlay, Jock (1986).

²⁹ “As propriedades ‘retiniais’ são assim denominadas porque a retina do olho é sensível a elas, independentemente da posição do objecto” (Mackinlay, 1986, p. 9).



Diag. 3: Processo de visualização. Colin Ware, 2004.

Este modelo destaca a importância do sistema perceptivo e cognitivo no entendimento dos dados no espaço visual e a aplicação de regras perceptivas específicas nas visualizações (a desenvolver no cap. 3.3).

O processo considera três *feedback loop* (Ware, 2004, p. 5):

a) angriação de dados: é o maior *feedback loop* e envolve o reunir dos dados. Um pesquisador de dados pode achar importante juntar mais dados de modo a seguir uma orientação importante. Nesta volta estão envolvidos os ambientes físico (origem dos dados) e social (que determinam por maneiras subtis e complexas o que é angariado e como é interpretado);

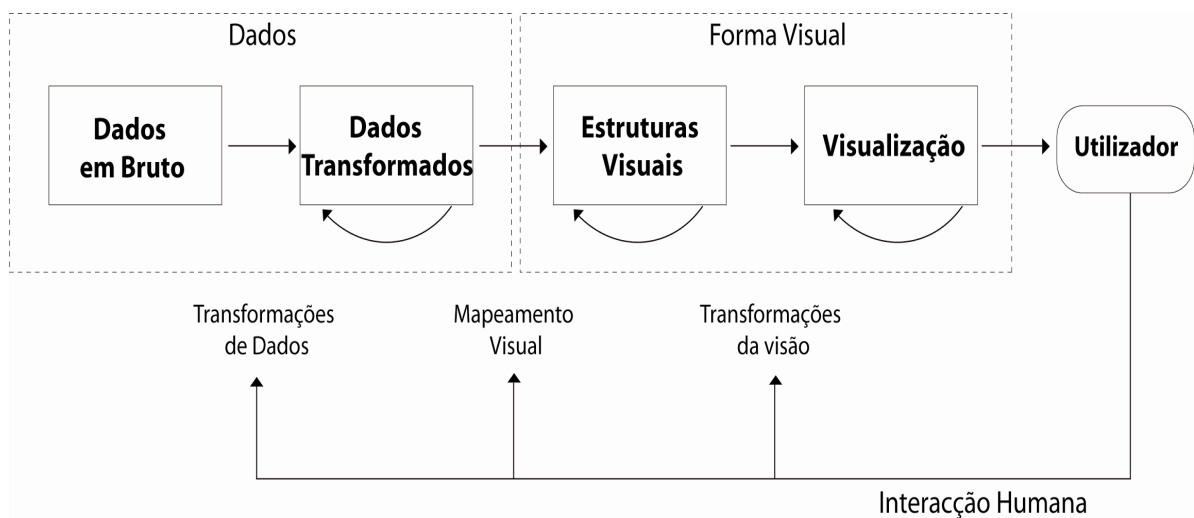
b) exploração de dados: controla o pré-processamento computacional que acontece antes da visualização, pois o utilizador pode sentir que os dados foram sujeitos a transformações e estão a abandonar os seus significados;

c) Manipulação de dados: as visualizações podem ser altamente interactivas de modo a facilitar a compreensão das estruturas emergentes.

2.5.1 - Modelo de Referência da Visualização de Informação

O modelo de referência³⁰ da Visualização de Informação é apresentado, em 1999, por Stuart Card, Jock Mackinlay e Ben Shneiderman. O modelo expressa um processo simples: a um conjunto de dados em bruto deve-se aplicar transformações, seja pela selecção, filtragem e/ou mesmo modificações, de modo a poder manuseá-los e apenas os necessários (organizando-os em tabelas, através de relações matemáticas, ex: matriz de casos e variáveis).

De seguida, parte-se para o mapeamento dos dados de maneira a constituir uma estrutura visual e aplicando-se-lhe transformações de visão, para permitir que o utilizador navegue e interaja no espaço visual, que possa aperceber-se da dimensão dos dados e relacionamentos, e ir ao encontro da informação desejada, por funções que incidem na base de dados (entradas) e geram formas visuais (saídas).



Diag. 4: Modelo de Referência. Stuart Card, Jock Mackinlay e Ben Shneiderman, 1999.

³⁰ Este modelo de referência da Visualização de Informação possui essencialmente as mesmas orientações e passos a desenvolver, presentes nos modelos apresentados por Benjamin Fry e Colin Ware. Cf. Readings in Information Visualization: Using Vision to Think, 1999, citado em Fry, Benjamin (2000).

Como indica Andrew Moere (2005), a Visualização de Informação “usa metáforas visuais³¹ para a representação da estrutura e relacionamentos entre conjuntos de dados abstractos e os paradigmas de interacção que activam uma efectiva navegação dentro das representações resultantes” (p. 2). Por isso, o Design na visualização de informação pretende dar solução ao desenvolvimento de novas metáforas visuais e modos de interactividade que possibilitem que o utilizador interprete o espaço visual e possa assim fazer sentido aos dados.

Ao efectuar-se o mapeamento dos dados, há a necessidade de se contextualizar o que sucede no espaço visual. De forma informal³², Colin Ware apresenta as (2004, p.23):

1) entidades: são os objectos que se deseja visualizar;

2) relacionamentos (ou relações): definem como as entidades se relacionam. Por vezes são demonstradas explicitamente, outras vezes o objectivo da visualização é a descoberta dos relacionamentos;

3) atributos: são as propriedades de entidades e relacionamentos. A qualidade de atributos que são capazes de transportar é a maneira mais desejável de descrever os métodos de visualização de dados.

Esta classificação descreve a linha geral de entendimento do espaço visual. As visualizações de informação apresentam entidades que se relacionam lógica e semanticamente entre si e de atributos vários, manifestados pelos elementos visuais e suas características, como a cor,

³¹ Na Linguagem, uma metáfora é “o emprego de uma palavra ou frase em sentido figurado, em que a significação natural de uma palavra se transporta a outra por virtude da relação de semelhança que se subentende” (Dicionário de Português 2008, Porto Editora). Assim, também a metáfora visual “realça a semelhança a outra coisa. Por exemplo, a metáfora de *desktop* usada em muitos designs de interface em computador faz a comparação entre objectos que se encontram num escritório e comandos de computador” (Barnes, 2003, p. 52).

³² Baseado no modelo de dados entidade-relacionamento, proposto por Peter Pin-Shan Chen, em 1976, na procura de um modelo semântico e unificado, descrito no ensaio “The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data”.

tamanho, textura, posição, direcção, movimento. Assim, o observador descobre e interpreta os dados:

não é simplesmente um processo de desenhar os objectos num espaço visual. É um processo de extracção de atributos salientes a partir de objectos estabelecendo uma organização semântica aos objectos exibidos, ordenar a informação, projectar objectos na estrutura e sintetizar características de pesquisa, objectos e seus relacionamentos num espaço visual. Por isso é um processo criativo e sofisticado (Zhang, 2008, p. 4).

2.5.2 - Estruturas Visuais e Dados

A escolha de uma estrutura deve primeiramente examinar os dados a serem representados, de modo a apresentá-los eficazmente. Estruturas diferentes têm características igualmente diferentes. Um correcto mapeamento visual possibilita induzir o utilizador a compreender a organização dos dados e deve ser avaliado por dois critérios (Mackinlay, 1986):

1) expressividade: se a linguagem gráfica utilizada (sejam gráficos, mapas, redes) demonstra os dados de interesse, ou seja, se todos os dados transformados (e só esses) são representados visualmente;

2) efectividade: se a linguagem gráfica usada é a que melhor se adequa aos dados e se exprime melhor interpretação e entendimento pelo sistema visual humano.

De modo a simplificar o entendimento de quais são as estruturas a utilizar, Ben Shneiderman (1996) sugere uma taxonomia de acordo com os atributos dos dados, as suas relações e o tipo de representação visual que emerge (1D, 2D, 3D; temporal e multidimensional; hierarquia e rede):

1) unidimensional: tipos de dados lineares, organizados de maneira sequencial, como documentos textuais, programas de código ou listas alfabéticas de nomes (ex: *SeeSoft*, desenvolvido por Stephen Eick, Joseph Steffen e Eric Sumner, em 1992; *DocumentLens*, George Robertson e Jock Mackinlay, em 1993; *Information Mural*, Dean Jerding e John Stasko, em 1995; *TileBars*, Marti Hearst, em 1995);

2) bidimensional: dados planares ou de mapas, como mapas geográficos, planos de arquitectura ou *layouts* de jornais (ex: *Perspective Wall*, George Robertson, Jock Mackinlay e Stuart Card, 1993; *Pad++*, Benjamin Bederson e James Hollan, 1994; *Information Mural*, Dean Jerding e John Stasko, 1995);

3) tridimensional: modelação do espaço visual em três dimensões, como por exemplo, objectos do mundo real (moléculas químicas, o corpo humano ou edifícios). Têm volume e potencialmente relacionamentos complexos entre entidades (ex: *WebBook*, Stuart Card, George Robertson e William York, 1996);

4) temporal: linhas de tempo (apresentações de historial, registos médicos ou gestão de projectos). As entidades têm um tempo de início e fim. Há a aplicação de tarefas de procura de eventos anteriores, durante ou posteriores, num período de tempo (ex: *Perspective Wall*, George Robertson, Jock Mackinlay e Stuart Card, 1993; *LifeLines*, Catherine Plaisant, Anne Rose, Brett Milash, Seth Widoff e Ben Shneiderman, 1996);

5) multidimensional: a maioria das bases de dados estatísticas e relacionais são manipuladas como dados multidimensionais, em que cada entidade com n atributos se torna um ponto num espaço dimensional n .

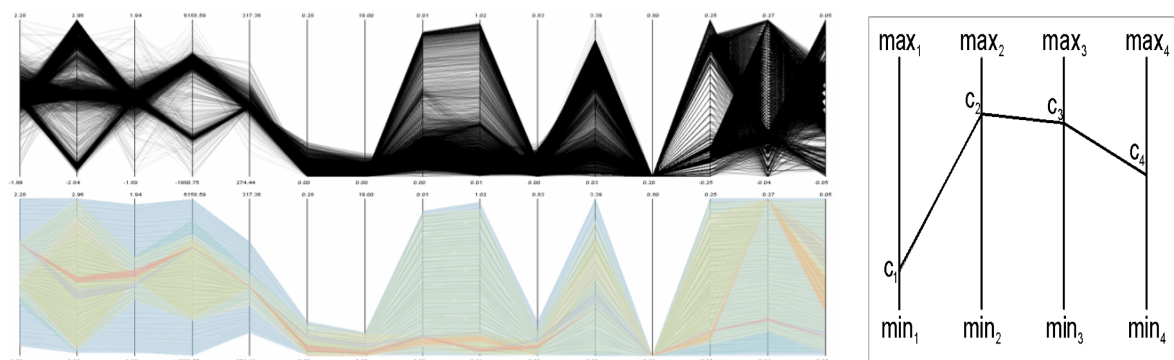


Fig. 5: *Selda*, Matej Novotny, 2006. Visualização de estrutura tabular pela utilização da técnica de coordenadas paralelas (inventada por Maurice d’Ocagne, em 1885, e posteriormente desenvolvida por Alfred Inselberg). Esta técnica cria uma representação planar num sistema de coordenadas, em que todos os n pontos dimensionais são representados por linhas poligonais de acordo com a sua posição no espaço original (um ponto C de coordenadas $(c_1, c_2, c_3, c_4 \dots, c_n)$ é representado por uma linha poligonal).

Pode-se colocar simultaneamente objectos multidimensionais em duas ou três dimensões (ex: *TableLens*, Ramana Rao e Stuart Card, 1994; *FilmFinder*, Christopher Ahlberg e Ben Shneiderman, 1994; *Selective Dynamic Manipulator*, Mei Chuah, Steven Roth, Joe Mattis e John Kolojechcik, 1995);

6) hierarquia: uma estrutura em árvore ou hierárquica é uma colecção de entidades que estão conectadas. São uma categoria específica da estrutura de rede. Ou seja, cada entidade principal, denominada parente, está ligada a uma outra entidade, denominada criança. As representações são variadas e podem incorporar modelação tridimensional (ex: *HyperbolicTree Browser*, John Lamping, Ramana Rao e Peter Pirolli, 1994; *Conetrees*, George Robertson, Jock Mackinlay e Stuart Card, 1993).

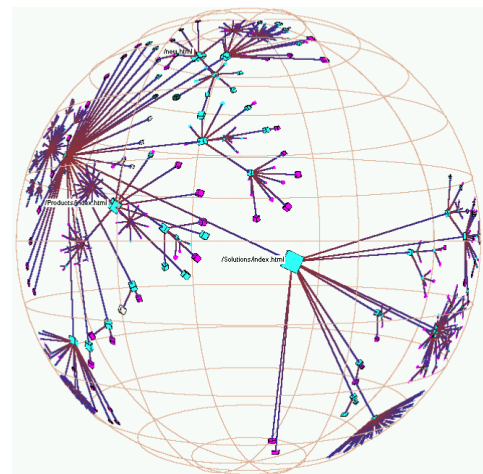
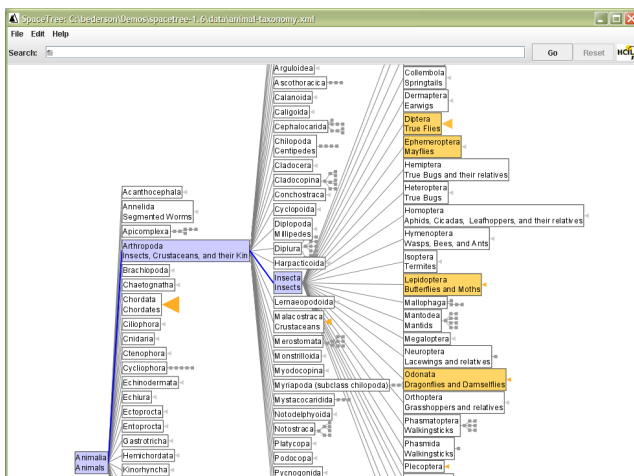


Fig. 6: *Spacetrees*, Jesse Grosjean, Catherine Plaisant e Ben Bederson, 2002; e *H3 3D hyperbolic browser*, Tamara Munzner, 2000.

As estruturas hierárquicas podem ser adequadas a mapas de árvores (*treemaps*), técnica de contenção desenvolvida, em 1991, por Ben Shneiderman e Brian Johnson, na Universidade de Maryland (*Human-Computer Interaction Lab*) e aplicada em directorias de computador, dados de vendas, decisões de gestão, *web browsing*.

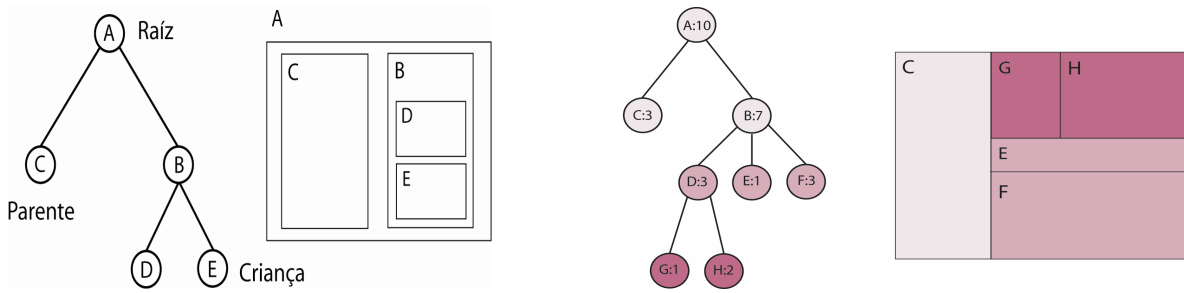


Fig. 7: Relação entre a estrutura hierárquica e *treemaps*. Representação de Frank van Ham.

Esta representação transfere a uma área rectangular as conexões entre as várias entidades. A totalidade da área apresenta a entidade de origem na hierarquia (raiz). As entidades conectadas (parentes-crianças) são associadas a sub-áreas, com atributos de tamanho e cor. Nas *treemaps*, uma dificuldade é a percepção das ramificações da hierarquia quando se mapeia grandes quantidades de dados.

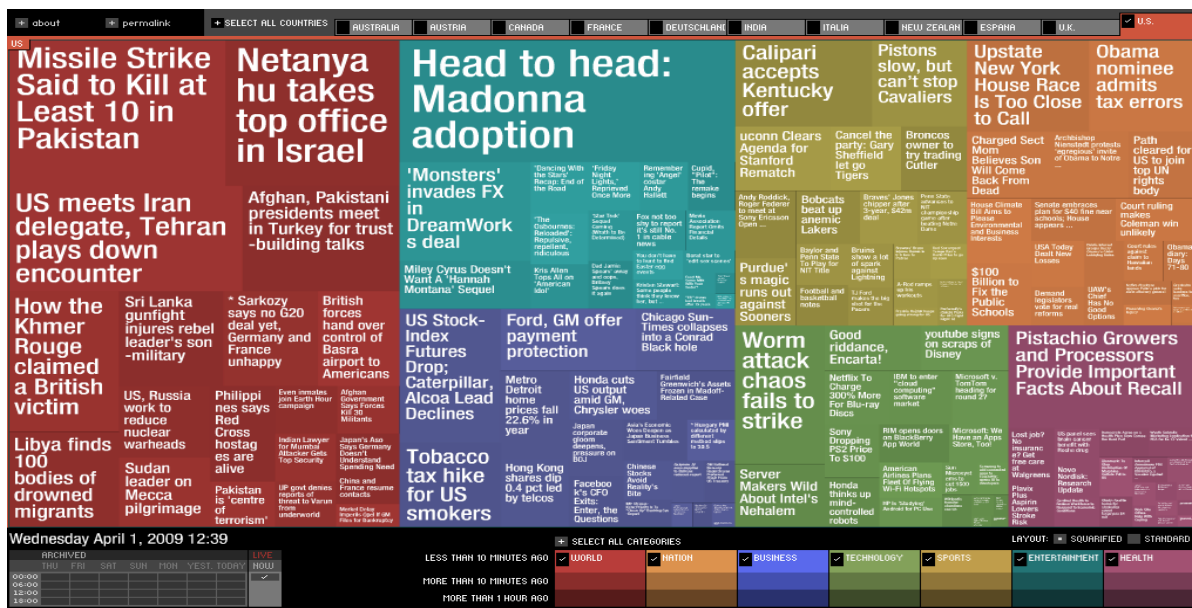


Fig. 8: *Newsmap*, Marcos Weskamp, 2004. Método *treemap* na apresentação de notícias.

7) rede: aplicam-se as estruturas de redes quando as hierarquias não traduzem coerentemente os relacionamentos entre os dados. Permitem o mapeamento de grandes quantidades de dados numa estrutura que demonstre todos os relacionamentos entre as

entidades num mesmo espaço visual. A concepção desta estrutura, aliada às técnicas de interactividade, oferece um interface visual que, segundo este estudo, é uma importante e nova perspectiva de visualização a ser correntemente implementada. No capítulo 4 analisa-se mais em detalhe este método de representação visual de dados.

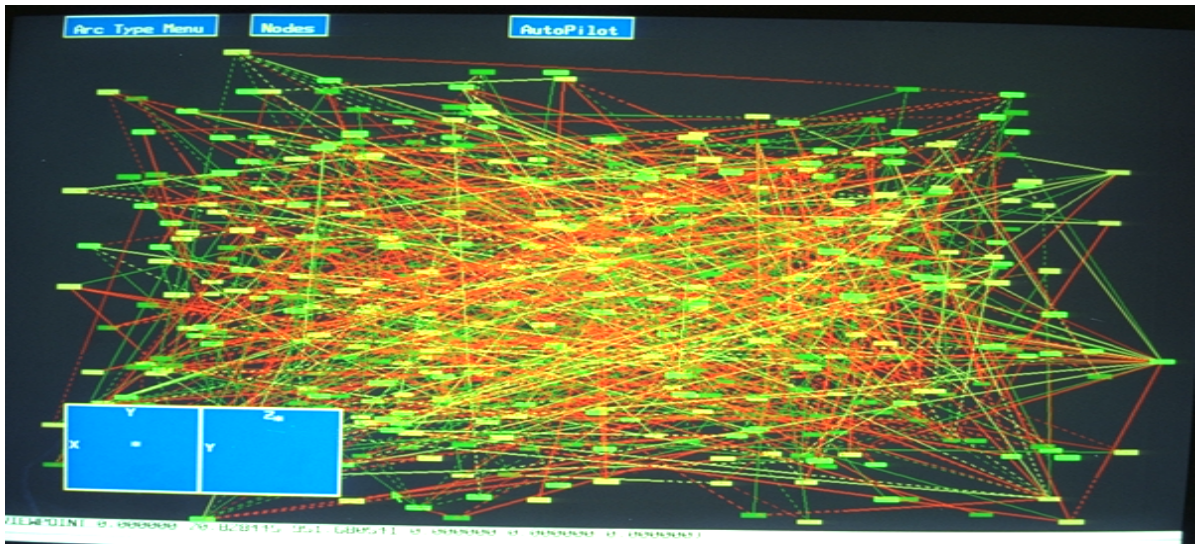


Fig. 9: *SemNet*, Kim Fairchild, Steven Poltrock e George Furnas, 1988.

Relativamente às tarefas que o utilizador deve exercer nas representações visuais, Ben Shneiderman indica sete tarefas gerais. Todas as visualizações devem suportá-las e são decorrentes das técnicas de interacção e navegação (*zoom* + panorâmica, vista geral + detalhes, foco + contexto, selecção, filtragem e ligação; descritas no cap. 4.3) (1996, p. 2):

- a) vista geral: obter um ponto de vista da totalidade da colecção de dados;
- b) aproximar (*zoom*): aproximar-se às entidades de interesse;
- c) filtrar: remover entidades desinteressantes;
- d) detalhes na procura: seleccionar uma entidade ou grupo e retirar detalhes quando necessário;
- e) relacionar: ver os relacionamentos entre entidades;

f) **historial**: manter um historial das acções, de modo a suportar anulação, nova acção e clarificação progressiva;

g) **extrair**: permitir a extracção de sub-colecções e dos parâmetros de inquirição.

Uma visualização que proporcione uma vista geral facilita o entendimento do conjunto de dados de interesse, e pela aplicação da técnica de *zoom* + panorâmica, pode-se verificar entidades mais em pormenor. A selecção e filtragem permitem manipular o espaço visual e perceber relacionamentos. Por exemplo, ao seleccionar-se uma entidade numa estrutura de rede, o designer deve providenciar alterações visuais que possibilitem que o utilizador se aperceba dos relacionamentos (ex: o atributo de cor modifica-se nas entidades que se relacionam, ou modifica-se o atributo da forma das entidades).

Embora nem todas as visualizações suportem historial, é certo que facilita o utilizador a ter uma orientação das acções efectuadas, permitindo que retroceda a um ponto específico. As visualizações devem suportar a extracção dos resultados, armazenando a informação em formato de ficheiro.

O designer tem assim um papel fundamental em conceber representações visuais que se adaptem à interacção pelo utilizador. As estruturas visuais devem ser específicas aos dados, isto é, diferentes dados (de proveniência e características diferentes) deverão ser mapeados em estruturas diferentes.

2.6 - Conclusão

Neste capítulo abordou-se a Visualização de Informação. É um campo de investigação que une esforços interdisciplinares na concepção de ferramentas que auxiliem cognitivamente um observador/utilizador no entendimento de dados de modo a convergirem significado.

A sociedade global baseia-se em muito na produção e troca de grandes quantidades de dados a um ritmo intenso. As TIC são cada vez mais eficientes no acesso à informação e os sistemas de recuperação de informação devem permitir que o utilizador possa verificar e distinguir resultados que coincidem com inquirições em grandes bases de dados. As visualizações podem suportar estes sistemas, permitindo ao utilizador manejar um interface visual mais sofisticado e personalizado. A *World Wide Web*, pela plataforma de fácil disponibilização e acesso de dados, é o meio por excelência para executar as visualizações.

É importante perceber que o processo de criação de uma visualização de informação inicia-se com a colecta dos dados, os quais devem ser analisados e filtrados, para que sejam utilizados estritamente os necessários, e possam ser concebidas as estruturas visuais mais adequadas à sua natureza e que suportem a interacção. A interdisciplinaridade é essencial em visualizações, não só é necessário o conhecimento das Ciências da Computação, Matemática e Estatística, mas igualmente o Design.

O designer de visualizações tem a tarefa de apresentar soluções para a representação visual dos dados e que suportem a interacção. A visualização é o resultado final, mas não é eficiente se não demonstrar os dados correcta e coerentemente. Portanto é vantajoso e indispensável que especialistas de todas as áreas participem no processo de criação de visualizações e estejam presentes em todas as fases do processo.

De entre as várias estruturas utilizadas na representação visual de dados numa visualização de informação, sublinha-se que as estruturas de redes têm um grande potencial em interfaces visuais. Contudo, há necessidade de averiguar práticas artísticas e de Design que possam ser aplicadas nestas visualizações.

CAPÍTULO 3 - DESIGN E INVESTIGAÇÃO

3.1 - Modelo de Informação Estética

A investigação na Visualização de Informação tem dado mais importância ao desenvolvimento preciso e funcional dos interfaces visuais e “demonstra pouco entendimento das considerações típicas do Design criativo, como o valor subjectivo ou proposta de novos visuais estéticos, intrigantes e agradáveis” (Moere, 2007, p. 2). É certo que a capacidade de apresentação correcta dos dados é o objectivo primeiro, mas o campo deve abraçar a Estética³³ com mais vigor, que possa assim expressar uma experiência visual mais intensa.

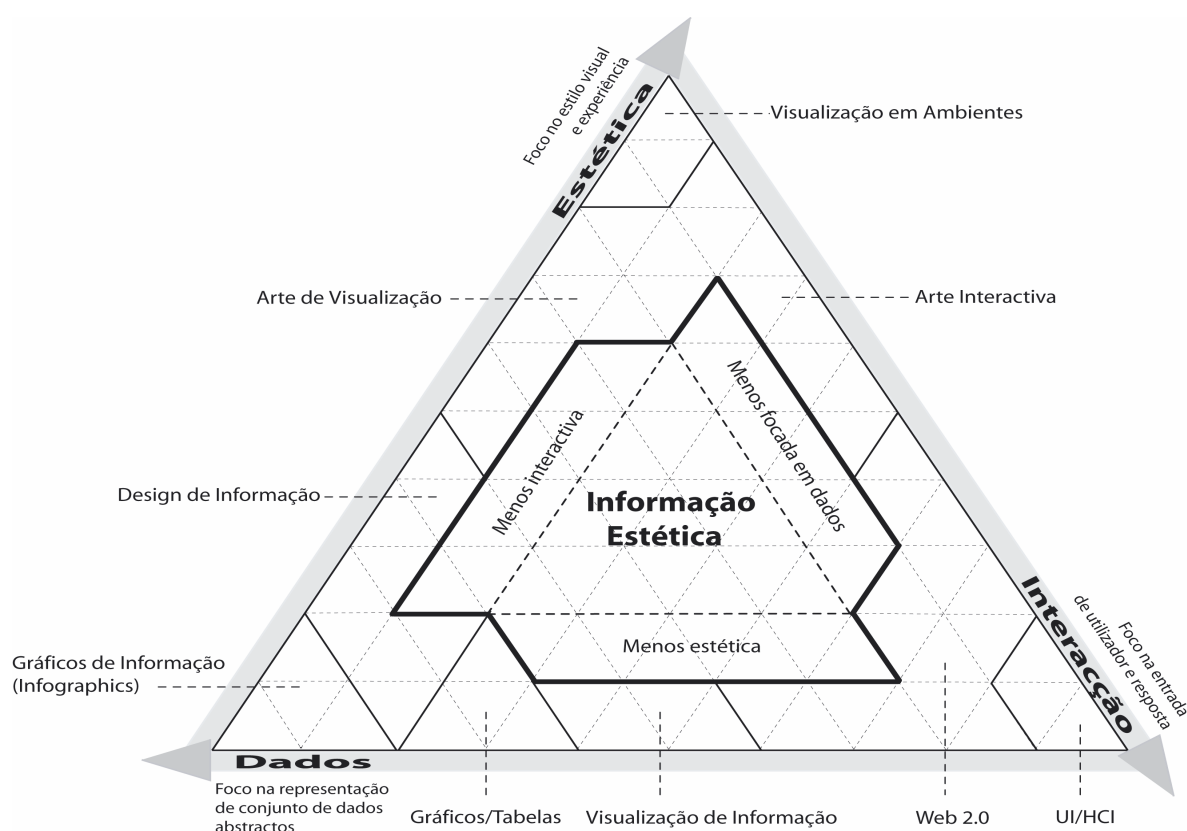
Na intenção de encontrar sinergias e unificar diversas áreas da Comunicação, Informação e Arte visual no contexto da Visualização de Informação, Andrea Lau e Andrew Vande Moere (2007) recomendam o Modelo de Informação Estética³⁴, em que “o termo estética introduz o grau de influência artística nas técnicas de visualização e a facilidade de integração de aspectos interpretativos” (p. 2).

A ênfase está na representação de dados, com atenção à subjectividade artística, em prol de visualizações mais poderosas. As relações com outras áreas são demonstradas no diagrama seguinte, de acordo com três factores:

- 1) a representação de dados abstractos (dados);
- 2) o estilo visual e experiência (estética);
- 3) a entrada do utilizador e resposta das visualizações (interacção).

³³ Termo introduzido na Filosofia por Alexander Gottlieb Baumgarten, em 1753. É o estudo da percepção subjectiva dos sentidos associada à Arte e à criatividade. A Estética, ao reflectir-se na natureza da percepção sensorial e na experiência e definição do belo, pondera a beleza da forma, e uma forma visualmente agradável permite elucidar e cativar-nos na sua mensagem (Bowers, 1999).

³⁴ O conceito de Informação Estética foi primeiramente utilizado pelo filósofo Max Bense, que se refere “à medida quantitativa da estética em acordo com o conteúdo da informação nas partes da imagem” (Lau & Moere, 2007, p. 2).



Diag. 5: Modelo da Informação Estética. Andrea Lau e Andrew Moere, 2007.

A Informação Estética adopta visuais mais apelativos e mais métodos interactivos que a Arte de Visualização e dá mais importância ao estilo visual que a Visualização de Informação. O conceito de Arte de Visualização abrange concepções que demonstrem os dados como um todo e adiciona metáforas visuais: “tira partido do poder de representação dos dados para comunicar compreensões ‘sobre’ o conjunto de dados, transcendendo frequentemente quaisquer padrões significantes que possam ocorrer neles” (Moere, 2007, p. 7). Ou seja, denotam criatividade artística, baseiam-se em dados mas sem a finalidade de os apresentar categoricamente. Quem observa tenta encontrar padrões e modelos, por vezes inexistentes ou de difícil compreensão (Lau & Moere, 2007; Moere, 2007).

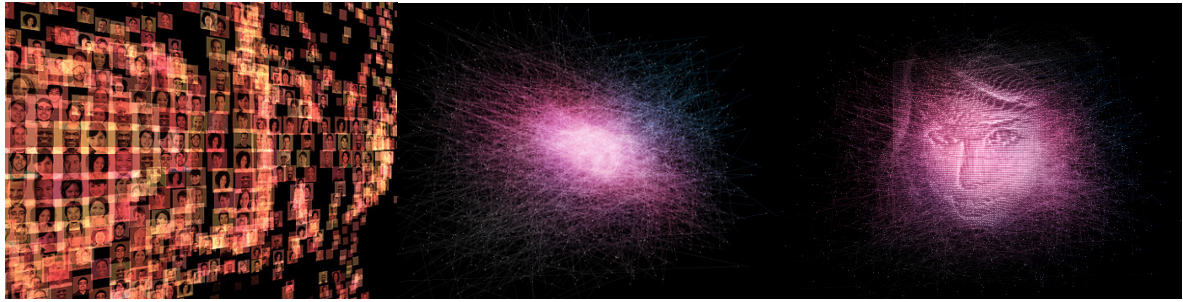


Fig. 10: *Operation Smile*, Firstborn Multimédia/Digital Kitchen, 2007. Captação de inúmeros sorrisos de pessoas que visitavam o porto marítimo de New York. Posteriormente, criou-se visuais dessas fotografias (através do *software* Processing³⁵), projectado numa enorme esfera ao ar livre.

Em resumo, o Modelo da Informação Estética destaca que as visualizações devem expor os dados com eficiência, adicionarem mais aspectos estéticos e que sejam mais interactivas. Uma visualização que seja agradável mas não demonstre coerentemente os dados, é considerada de desempenho fraco. Por outro lado, se for extremamente pobre a nível estético não captará a atenção do observador, pelos visuais pouco apelativos.

3.2 - Arte e Design Generativo

Desde cedo que se percebeu a enorme capacidade de produção visual por métodos computacionais, através de programação e implementação de algoritmos. Artistas e programadores efectuaram inúmeras experiências, descobrindo resultados visuais fabulosos, quer esperados ou tantas vezes novos.

Pelo ano de 1965, um grupo de artistas, mas fundamentalmente cientistas e investigadores, exibiram pela primeira vez os avanços com gráficos computacionais³⁶. A Arte por

³⁵ *Software* livre para a programação de imagens, animações e interacção, desenvolvido por Benjamin Fry e Casey Reas, *Aesthetics and Computation Group, MIT Media Lab*.

³⁶ Nas exposições *Computer Generated Pictures*, Howard Wise Gallery, New York, e em *Generative Computergrafik*, Technische Hochschule, Stugard e posteriormente, numa segunda exposição, em 1968; *Cybernetic Serendipity*, Institute of Contemporary Arts, London, organizada por Max Bense e Jasia Reichardt

Computador representa uma ruptura histórica, em que os computadores passaram a participar em actos de criação, antes só realizáveis pelo homem. Este estudo sugere que os designers de visualizações de informação, em particular as que apresentam estruturas de redes, devem considerar a análise de uma corrente artística actual, que realce visuais de cariz estético gerados computacionalmente.

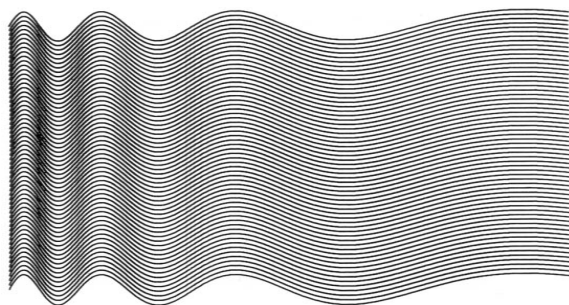


Fig. 11: *Ninety Parallel Sinusoids with Lineary Increasing Period*, A. Michael Noll, 1966. Esforço em recriar a pintura Arte Op de Bridget Riley *Current*. Foi a primeira tentativa em simular digitalmente uma pintura existente. Muita da Arte Op utiliza modelos repetidos que podem ser traduzidos em termos matemáticos. Estas formas em onda foram geradas como sinusoidais paralelas em crescente aumento com período linear e desenhadas num *plotter* de microfilme.

Recentemente, surgiu um movimento artístico, a Arte Generativa³⁷, embora não esteja reconhecida pelo mundo e crítica de Arte como uma corrente notoriamente distinta. Philip Galanter (2003), um dos entusiastas e investigador, define e generaliza-a:

qualquer prática artística em que o artista cria processos, como série de regras de linguagem natural, um programa de computador, uma máquina, ou outra invenção por procedimento, que parte então para movimento com alguns graus de autonomia, contribuindo para, ou resultando num completo trabalho artístico (p. 1).

(Dietrich, 1986). Faziam parte desta primeira geração de artistas computacionais Georg Nees, Frieder Nake, Manfred Schroeder, Ken Knowlton, Leon Harmon, Frank Sinden, Edward Zajec, Vera Molnar, John Withney Sr., Manfred Mohr, Hebert Franke, A. Michael Noll, Charles Csuri, Harold Cohen e John Conway.

³⁷ A Arte generativa é colocada “filosófica e esteticamente, perto do Modernismo ou mesmo do Expressionismo Abstracto, tornando-os impopulares na cena política e teórica da Arte” (Watz, 2006, p. 3), e dentro de movimentos artísticos do séc. XX, como a Arte Sistémica e Arte Baseada-na-Regra (Galanter, 2006).

Esta definição não restringe a Arte Generativa ao uso computacional, embora seja este o meio que mais a identifica. Para Geoff Cox (2007)

é o termo aplicado aos trabalhos artísticos que são automatizados pelo uso de instruções ou regras pelo qual são executados. Os resultados deste processo são imprevisíveis e podem ser descritos como sendo parte integral do aparato ou situação, e não uma consequência directa das intenções do artista. Mas mais importante, a descrição reconhece outras agências, incluindo a agência humana como parte integral do processo de produção em determinar as regras (p. 1).

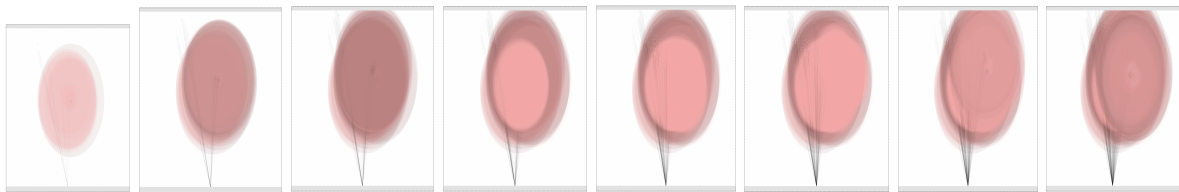


Fig. 12: Sem título, *Project Turux*, 1997-2001, Lia e Dextro. Evolução Generativa. Foram pioneiros na criação de programação generativa em *software* Director.

Embora a Arte por Computador possa empregar aspectos generativos, é a natureza de procedimento que prevalece, pois a posterior geração de resultados poder-se-ia retocar a imagem, aplicar-se-lhes filtros e renderizações.

Num trabalho generativo “o *software* deve incorporar um processo em que escolhe [autonomamente] aspectos de uma composição em vez de simplesmente renderizar um *script*³⁸” (Myers, 2006, p. 3), segundo uma metodologia que decorre da

aplicação rigorosa de princípios pré-definidos de acção para uma exclusão intencional, ou por substituição, de decisões estéticas individuais que coloca em movimento a geração de novos conteúdos artísticos fora do material provido para esse propósito (Bense, Max citado em Ihmels & Riedel, 2004, p. 1).

³⁸ Um *script* é uma formulação de código. São várias as linguagens de programação de *scripting*, como o Flash Actionscript e JavaScript.

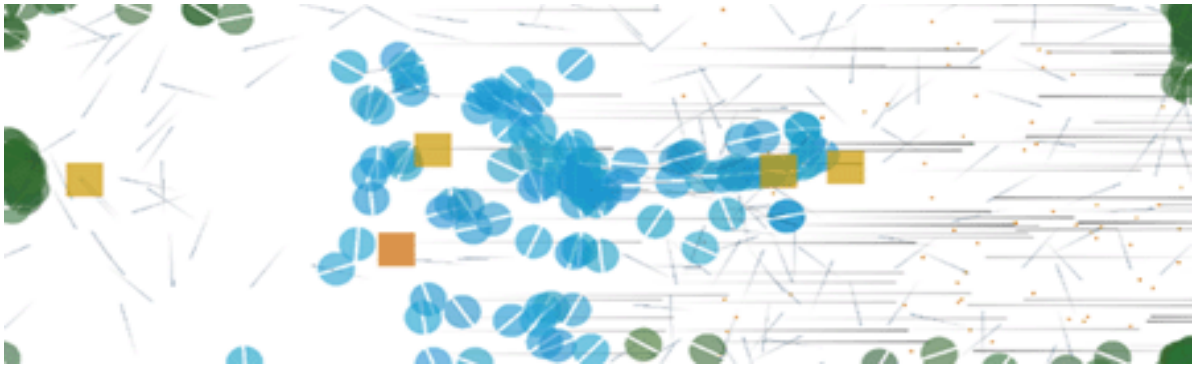


Fig. 13: *Cells*, Casey Reas, 2000. Geração autónoma de vários elementos visuais. À interacção, modifica-se a composição.

Em oposição à Arte Generativa, encontra-se a vertente da *Arte Software*³⁹:

o fascínio com os aspectos generativos do *software*, ou seja, a sua habilidade de (pro)criar e gerar, num puro sentido técnico. [O interesse da *Arte Software* é...] a performatividade do código, ou seja [...], não só a sua efectividade num contexto de sistema técnico fechado, mas o seu efeito nos domínios da estética, política e sociedade (Arns, 2005, p. 3).

Os conceitos de Arte Generativa e *Arte Software* diferem primeiramente pela importância do *software* e da escrita de código, mais relevante para os artistas de *software*, enquanto o resultado de geração autónoma deslumbra os artistas generativos.



Fig. 14: *Kugelstudie*, Mariuz Watz, 2006. Estudo esférico espacial.

³⁹ Definida no *Transmediale, Media Art Festival*, Berlin, 2001.

| Arte Generativa | Arte Software |
|---|---|
| Foca-se na aparência, no aspecto exterior, criados por processos generativos. | Centra-se nos processos generativos, que pode gerar resultados na superfície do ambiente de trabalho. |
| O software é considerado uma ferramenta neutral para criar um certo resultado artístico. A ferramenta em questão não é chamada à questão | O software é considerado um aspecto cultural a ser questionado. Interessa-se pela sua estética e subtextos; pode ser “experimental” e “não-pragmático”. |
| O software é considerado uma ferramenta generativa pragmática. | O software considerado um trabalho auto-contido (experimental) |
| Código eficiente: a “arte” de programar é por vezes descrita como elegante e estética porque o seu desenvolvimento é particularmente pequeno, é eficiente em questão de memória, e efectua soluções pragmáticas eficientes (“belos” algoritmos) | O código como um excesso, extravagância (potencialmente), deliberadamente “anti-elegante” e “experimental”, inútil, devastador; pode igualmente utilizar código mais simples. |
| Usa processos generativos para negar intencionalidade. | “Os artistas generativos tendem a conceber sistemas generativos não como negação de intencionalidade, mas como um balanço entre o aleatório e o controlo. Longe de ser considerado arte para as máquinas, a arte software está altamente preocupada com a subjectividade artística e reflexões e extensões nos sistemas generativos.” (Andreas Broekmann) |
| Fascínio com o generativo | Relevância à performance do código |

Tab. 1: Síntese de diferenças entre Arte Generativa e *Arte Software*. Inke Arns, 2004.

O *software* executa o código, traslada-o ao espaço visual mas normalmente é “omisso na apresentação final [privilegia-se a superfície e estética]. O trabalho é criado a partir de código, mas não só sobre código” (Watz, 2006, p. 4). Por outro lado, Susanne Jaschko (2005) não afasta a noção que a Arte Generativa “é uma estratégia estética aplicada à estrutura interna do trabalho artístico: o código” (p. 4) e não somente preocupada com a superfície, beleza e uma forte experiência sensorial.

Uma outra perspectiva de reflectir a Arte Generativa é a adequação a conceitos oriundos de diversas áreas científicas, como a Biologia Evolucionária e a Vida Artificial, revelando o carácter interdisciplinar entre a Arte e a Ciência⁴⁰. Muitos artistas generativos, ao criarem diferentes e inesperados resultados, através de parâmetros definidos inicialmente no *software*, como os algoritmos evolucionários e genéticos, revêem-se na utilização de conceitos científicos como “emergência, novidade, teoria do caos, determinismo, complexidade, auto-organização e ‘selecção’ natural” (McCormack & Dorin, 2001, p. 1). A Arte Generativa pode assim ser interpretada como a geração de sistemas⁴¹ (Jaschko, 2005).

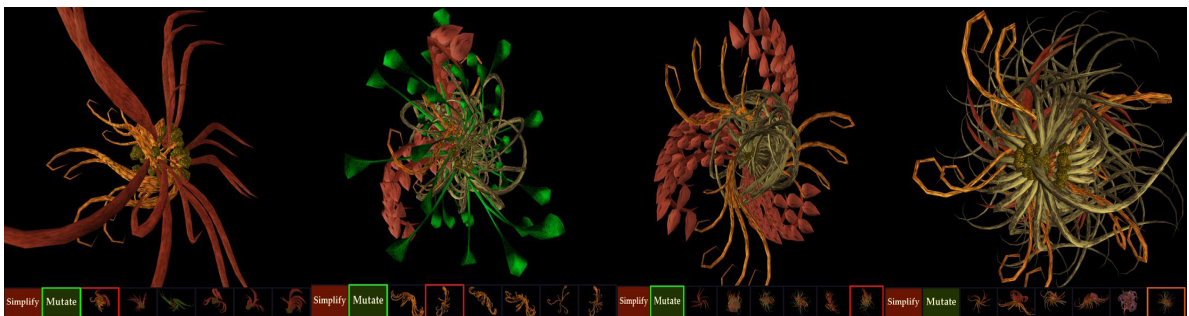


Fig. 15: *Morphogenesis*, Bernd Lintermann, 1996/97. Várias formas orgânicas tridimensionais, desenvolvidas por algoritmos evolucionários e genéticos. Este projecto é também uma instalação, que permite aos utilizadores interagir e modificar a mutação gerada aleatoriamente.

⁴⁰ Entre cientistas e artistas, a investigação balança entre objectividade e subjectividade. Stephen Wilson (2002) apresenta algumas diferenças entre Arte e Ciência e suas similaridades (p. 18): a Arte procura uma resposta estética, a emoção e intuição. Os artistas dão às suas associações um carácter subjectivo de comunicação visual ou sónica, evocativo e em ruptura com as tradições. A Ciência procura o conhecimento e entendimento, a razão, é normativa, de comunicação narrativa por texto, explicativa, baseada em valores sistemáticos (regulares e metódicos) e construídos na tradição e fidelidade a *standards*. Ambas dão importância à cognição humana, valorizam a criatividade, tentam introduzir mudanças, inovação ou melhoramentos no que existe, usam modelos abstractos para entender o mundo e aspiram a criar trabalhos de importância universal.

⁴¹ São fruto da Teoria dos Sistemas, proposta pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy, em 1950, e baseada numa visão diferente do Reduccionismo Científico. Um sistema é um conjunto de elementos interconectados, de modo a formar um todo organizado. O termo deriva do Grego, que significa combinar, ajustar, formar um conjunto.

Seguindo Susanne Jaschko, na Arte e Design contemporâneo, a natureza está de novo a emergir, e expressa que

a primeira e óbvia qualidade estética e conceptual da Arte Generativa é a sua generatividade. O conceito de generatividade é o conceito básico da natureza - e a natureza tem sido um dos principais conceitos estéticos da arte desde tempos imemoriais (2005, p. 4).

Associado à generatividade está o conceito de emergência⁴²: o acto de “revelar, aparecer, ou ‘tornar visível’ um evento, objecto ou o resultado de um processo. Num contexto artístico, a emergência também envolve novidade, surpresa, espontaneidade, actividade, inclusivamente a própria criatividade” (McCormack & Dorin, 2001, p. 4).

Para Arnaud Sales, Marcel Fournier e Yan Sénéchal (2007) a produção de conhecimento e criação artística estão relacionadas com os processos criativos (ao conjugarem valores como imaginação, improvisação, novidade, curiosidade). Segundo Hans Joas⁴³, ao “incluir todo o domínio da acção humana” (p. 14) permite salientar o carácter criativo, “especificamente a habilidade de imaginar novos e arriscados caminhos através de territórios inexplorados” (p. 14).

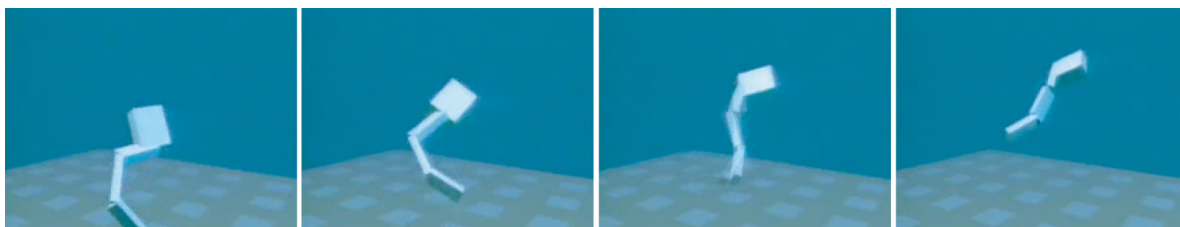


Fig. 16: *Evolved Virtual Creatures*, Karl Sims, 1994. Simulação da evolução de criaturas virtuais em blocos. É criada uma população de centenas de criaturas e cada uma é testada na sua habilidade de performar uma determinada tarefa, como por exemplo, a capacidade de nadar num ambiente que simule água (estas criaturas são o resultado de muitas mais e independentes simulações, como andar, saltar, seguir e competir pelo controlo de um objecto).

⁴² O conceito advém de investigações em Física, Química e Biologia, no séc. XIX, por John Stuart Mill, George Henry Lewes e C. Lloyd Morgan. Cf. McCormack, Dorin (2001).

⁴³ Cf. *The Creativity of Action*, 1992/1996, citado em Sales, Arnaud, Fournier, Marcel & Sénéchal, Yan (2007).

A criação generativa ocorre igualmente em áreas como a Arquitectura, o Design Industrial e o Design Gráfico. Pode-se assim falar num Design Generativo, de função mais específica e pela aplicação de uma metodologia de resolução de problemas. O artista generativo pretende simplesmente encontrar uma expressão própria e fascinar-se com as composições autónomas resultantes. Apresentam igualmente visuais baseados em pontos e linhas, gerados autonomamente e mais particulares às visualizações de informação mediante redes.

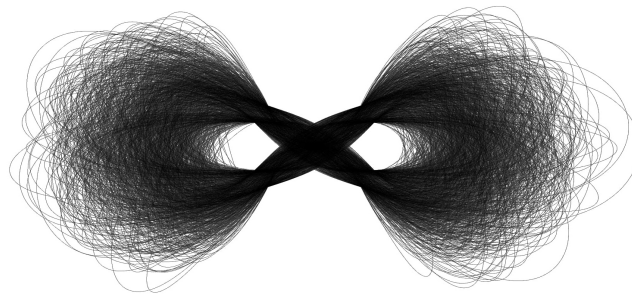


Fig. 17: *Infinity*, John Maeda, 1993. Geração do símbolo matemático infinito.

Conclui-se assim que a investigação da geração autónoma é um critério de escolha no processo de Design (ver anexo 3), e um grande desafio para um designer de visualização. No intento de procurar novas soluções e a inovação, deve reforçar-se nos métodos generativos, em particular a estratégia artística, para verificar a dinâmica das modificações das composições e adequá-las à representação de dados. O artista generativo é um investigador de composições inovadoras e não está sujeito a regras e objectivos específicos, como na geração de uma visualização de informação. Nestas representações generativas não há consideração de valor, ou seja, não se baseiam em dados, nem demonstram uma organização semântica.

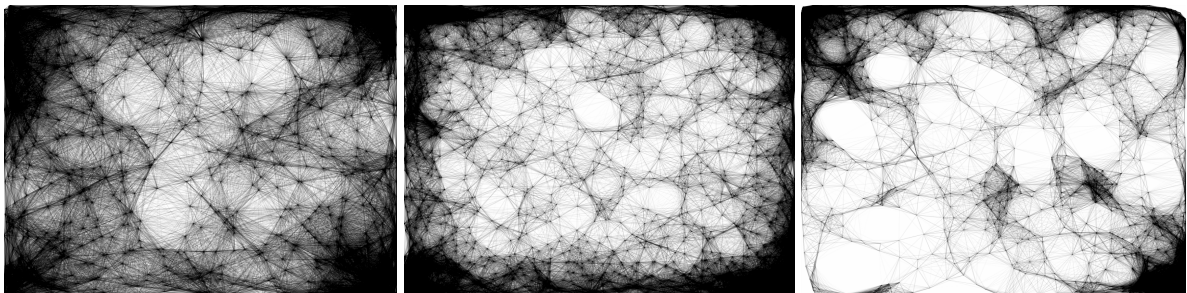


Fig. 18: *Random Lissajous Webs*, Keith Peters, 2008.

3.3 - Cognição Visual

A visão é o sentido mais importante da nossa actividade cognitiva. As apresentações gráficas de informação proporcionam uma ampliação cognitiva, ou seja, “operações mentais envolvidas na recepção, armazenamento e processamento de informação: percepção sensorial, memória, pensar, aprender” (Arnheim, 1969, p. 13).

Convencionalmente, a amplificação da cognição refere-se ao uso de ferramentas⁴⁴ que tornam “as tarefas cognitivas mais fáceis e eficientes e em algumas instâncias possibilitam os meios de realizar [aperfeiçoar ou completar] as tarefas cognitivas que não podem ser realizadas sem as ferramentas” (Liu, Nersessian & Stasko, 2007, p. 1).

Contudo, Zhicheng Liu, Nancy Nersessian e John Stasko (2007) reconhecem que o ambiente (de dimensão material, social e cultural do mundo) é parte integrante do processo cognitivo. A cognição é assim “uma propriedade emergente de interacções entre o indivíduo e o ambiente através da percepção e acção” (p. 2). Deve-se examinar as propriedades cognitivas dentro do cérebro humano e ter em atenção a interacção entre o sistema cognitivo dos indivíduos e o ambiente que os rodeia.

O modelo da percepção visual humana no processamento de informação, simplificado por Colin Ware, distingue três fases (2004, pp. 20-22/380):

1) processamento paralelo para extrair propriedades de baixo nível da cena visual (memória sensorial, em particular a memória icónica, de estímulo visual): os neurónios processam a informação visual, trabalhando em paralelo na extracção simultânea de certas características de cada parte do campo visual, embora nesta fase a informação seja de natureza transitória, brevemente “segura num depósito icónico” (Ware, 2004, p. 149).

Nesta fase, o processo principal que “determina quais os objectos visuais propostos à nossa atenção” (Ware, 2004, p. 149) denomina-se processamento pré-atentivo (*preattentive*).

⁴⁴ Como um lápis e papel, uma calculadora, um *software* ou uma visualização.

Identifica um conjunto de propriedades visuais, como por exemplo, formas simples ou cores que surgem no campo visual e que se demarcam das que as rodeiam e que ocorre antes da atenção consciente (Healey, 2009; Ware, 2004).

Pela restritividade da sensibilidade retinal “o olho pode e deve salientar um ponto particular, tornando-se isolado, dominante, central. Um objecto pode ser seleccionado pela atenção porque se salienta [dos circundantes] ou porque responde às necessidades do utilizador” (Arnheim, 1969, p. 24). Ou seja, quando uma pessoa identifica uma propriedade (em menos de 200 a 250 milissegundos), rápida e facilmente, é pré-ativamente diferenciada. A medição das características primitivas são baseadas na (Healey, 2009; Ware, 2004):

a) forma (orientação da linha, comprimento de linha, largura de linha, colinearidade, tamanho, curvatura, agrupamento espacial, ofuscação, marcas adicionadas, numerosidade);

b) cor (tonalidade, intensidade);

c) movimento (tremular, direcção de movimento);

d) posição espacial (posição bidimensional, profundidade estereoscópica, forma convexa/côncava a partir da sombra).

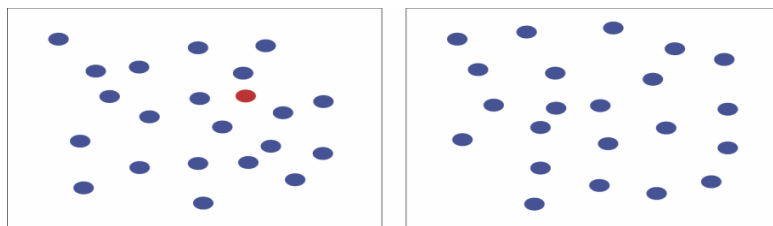


Fig. 19: Pesquisa visual pré-ativa do círculo vermelho (alvo) entre círculos azuis (distrador). Christopher Healey, 2009

De acordo com Christopher Healey (2009), a conjugação de diferentes características pré-ativas normalmente não é considerada um processamento pré-ativo, embora haja excepções, como as tarefas de pesquisa de conjunções que envolvem movimento, profundidade, cor e orientação. Pode colocar em risco a pesquisa e percepção da informação

exibida e a facilidade de distinção dos elementos. O aumento de diferentes elementos exibidos produz um aumento de tempo requerido pelo observador na pesquisa de um alvo (pela presença/ausência e/ou maior/menor quantidade).

Ou seja, o sistema perceptivo humano tende a inferir resultados de maneira hierárquica. Na conjugação de diferentes características pré-atentivas, certas tarefas são primeiro percebidas pelo sistema perceptivo humano de baixo nível (ex: a cor sobrepõe-se à forma). Uma vez que é usual que as visualizações se modifiquem constantemente, a consideração dos critérios pré-atentivos é de extrema importância;

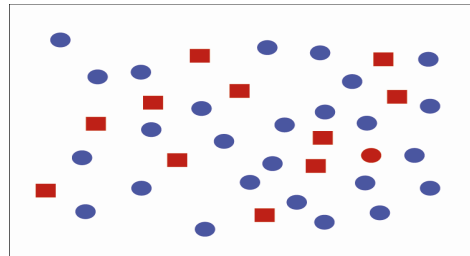


Fig. 20: Conjunção de duas características pré-atentivas. Pesquisa do círculo vermelho (alvo) entre quadrados vermelhos e círculos azuis (distratores). Christopher Healey, 2009. Estudos indicam que não pode ser detectado pré-atentivamente, pois insere-se num espaço em que os distraidores possuem semelhantes características, o vermelho e a forma circular. Ao aplicar-se diferente movimento aos elementos de cor semelhante, o alvo é facilmente percebido.

2) percepção de padrões (memória de trabalho): a partir da memória icónica, o processamento pré-atentivo dá lugar a processos rápidos e activos que dividem o campo visual em regiões e padrões simples, tal como contornos contínuos, regiões da mesma cor, regiões da mesma textura e padrões de movimento. A etapa de determinação de padrões no processamento visual é extremamente flexível e influenciada pelas informações disponibilizadas pela primeira etapa de processamento paralelo;

3) processamento sequencial dirigido (memória de longo termo): num nível mais elevado da percepção, a informação é reduzida a apenas alguns objectos retidos na memória de trabalho visual por mecanismos activos de atenção para formar a base do raciocínio perceptivo. Ao usarmos uma visualização externa, nós construímos uma sequência de pesquisas visuais que serão respondidas através de estratégias visuais de procura. A este nível,

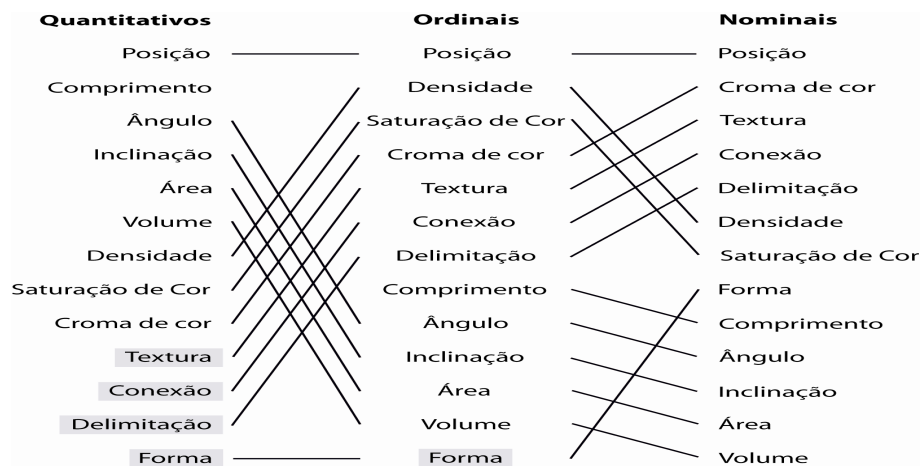
apenas alguns objectos podem ser considerados num tempo, e são construídos a partir dos padrões disponíveis fornecendo respostas às interrogações visuais (ex: a pesquisa entre dois pontos ligados por contornos de cor num mapa geográfico). Armazena informação associada à experiência, o que determina a maior ou menor facilidade de entendimento da visualização.

Para que o mapeamento visual dos dados seja efectivo, Jock Mackinlay organiza os atributos visuais pelo grau de acuidade das tarefas perceptivas (por ordem decrescente), considerados à natureza dos dados (uma extensão das investigações de William Cleveland e Robert McGill⁴⁵) (ver tab. 2). Esta distinção dos dados é relativa aos seus valores (Card, Mackinlay, 1997):

1) quantitativos: apresentam valores numéricos e contínuos, e que podem ser operados por aritmética (ex: listagem de números integrais e reais);

2) ordinais: valores distintos e isolados, mas com uma relação de ordenamento sequenciado (ex: dias da semana: Segunda, Terça, Quarta);

3) nominais: igualmente valores não numéricos e isolados, mas sem ordem (ex: nomes de pessoas: João, José, Sérgio).



Tab. 2: Classificação das tarefas perceptuais (os atributos em caixas cinzentas não são considerados aos dados em questão). Jock Mackinlay, 1986.

⁴⁵ Cf. Graphical Perception: Theory, Experimentation and Application to the development of Graphical Methods, 1984, citado em Mackinlay, Jock (1986).

As visualizações de informação mediante redes resultam de um mapeamento a partir de um conjunto de variáveis nominais. Esta classificação exhibe que os atributos de posição, cor, textura e conexão são os primeiros a ser considerados para uma melhor percepção.

3.3.1 - Percepção de Padrões

A Teoria da *Gestalt*⁴⁶ surge nos princípios do século XX, fruto de investigações de percepção visual por Christian von Ehrenfels, Kurt Koffka, Max Wertheimer e Wolfgang Köhler. É uma corrente de pensamento dentro da Psicologia Moderna. Foi a primeira grande tentativa de perceber a percepção de padrões e “sugere que padrão e reconhecimento são essencialmente inseparáveis na percepção da forma” (Holtzschue & Noriega, 1997, p. 52). A Teoria de *Gestalt* fundamenta-se nos seguintes princípios (Alexandre & Tavares, 2007, p. 4):

- a) não há conhecimento através das partes, mas sim das partes através do todo;
- b) os conjuntos têm regras próprias e regem os seus elementos;
- c) o cérebro percebe, descodifica e assimila uma imagem ou conceito através da percepção da totalidade.

Nas visualizações de informação mediante redes, ao representarem grandes aglomerados de dados, é notória a importância da Teoria da *Gestalt* na disposição e compreensão dos elementos visuais:

fornecem regras abstractas de design que nos podem dizer muito acerca de como devemos organizar dados, de modo que as estruturas importantes possam ser apreensíveis. Ao poder-se mapear as estruturas de informação de modo a distinguir rapidamente padrões, então essas estruturas irão ser mais facilmente interpretadas (Ware, 2004, p. 188).

⁴⁶ O termo *Gestalt* significa essencialmente forma, mas pode traduzir-se como figura, estrutura, configuração ou aspecto.

A percepção de padrões é “fundamental para extrair significado de visualizações” (Ware, 2004, p. 206) e a “organização espacial é o factor vital numa mensagem óptica” (Kepes, 1995, p. 46). Baseia-se num conjunto de regras (114 no total) que descrevem a maneira de como percebemos padrões, ou seja, estabelecem de que maneiras os elementos de uma imagem podem vir a ser percebidos em termos organizacionais. As principais são a seguir descritas (Kepes, 1995; Ware, 2004, pp. 189-198):

1) proximidade: os elementos próximos tendem a ser agrupados perceptivamente num conjunto, mesmo sem grande similaridade entre si. É dos princípios mais importantes no Design e primeira condição de organização. Na figura seguinte, apercebe-se que a diferença de espaçamento dos pontos permite a percepção de filas (a) ou colunas (b). A disposição espacial dos pontos próximos permite perceber a existência de grupos (c).

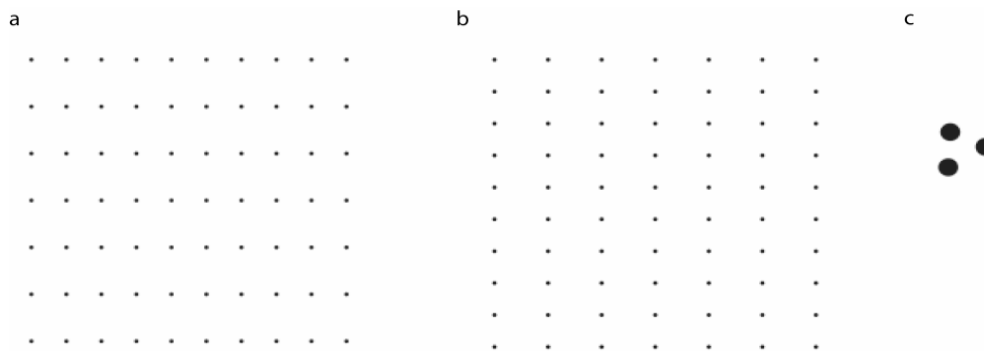


Fig. 21: Percepção de padrões pela proximidade espacial: a) filas, b) colunas e c) dois grupos distintos. Colin Ware, 2004.

A figura seguinte demonstra o princípio da concentração espacial (termo denominado por T.S. Slocum⁴⁷), em que perceptivamente agrupamos regiões de elementos de densidade similar. Ou seja, a maneira mais simples e eficaz de dar ênfase aos relacionamentos entre diferentes entidades de dados é colocá-los em proximidade na exibição;

⁴⁷ Cf. Predicting visual clusters on graduated circle maps, 1983, citado em Ware, Colin (2004).

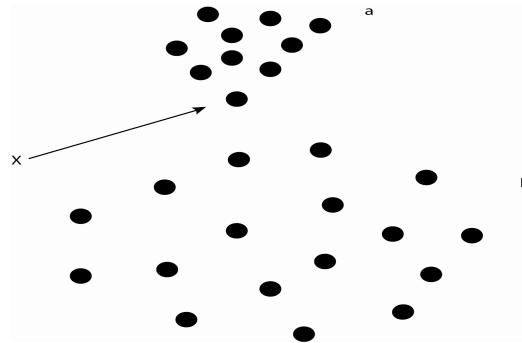


Fig. 22: Princípio da concentração espacial de T.S. Slocum, 1983. O ponto x é percebido como parte do grupo a mais do que do grupo b . Colin Ware, 2004.

2) *semelhança*: os elementos que possuem características iguais ou semelhantes tendem a ser agrupados em conjunto, principalmente em termos de cor, forma, textura, tamanho e direcções. Normalmente a *semelhança* não se sobrepõe à *proximidade*;

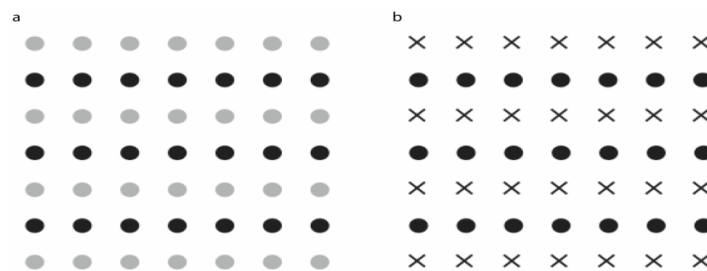


Fig. 23: Percepção da horizontalidade pela *semelhança*. Colin Ware, 2004.

3) *conexão*: os elementos mais ligados são percebidos como um grupo. A figura seguinte demonstra que pode ser um princípio de agrupamento mais poderoso que a *proximidade* (a), *cor* (b), *tamanho* (c) ou *forma* (d). Ao ligar-se diferentes objectos gráficos por linhas é uma forma convincente de expressar relacionamentos. É o princípio fundamental nos diagramas de nós e ligações, um dos métodos mais comuns de representação de relacionamentos entre conceitos;

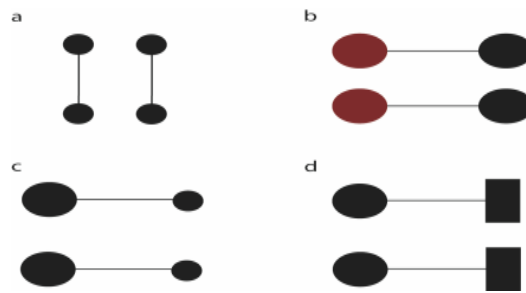


Fig. 24: Ilustração do poder da conexão sobre a proximidade (a), cor (b), tamanho (c) ou forma (d). Colin Ware, 2004.

4) continuidade: a percepção tende a orientar os elementos que parecem construir um padrão ou um fluxo na mesma direcção. A continuidade da direcção e as ligações contínuas entre elementos são mais fáceis de entender que abruptas modificações de direcção. Este princípio de continuidade pode ser aplicado aos diagramas de nós e ligações. É mais fácil identificar a origem e o destino das linhas conectadas se forem suaves e contínuas;

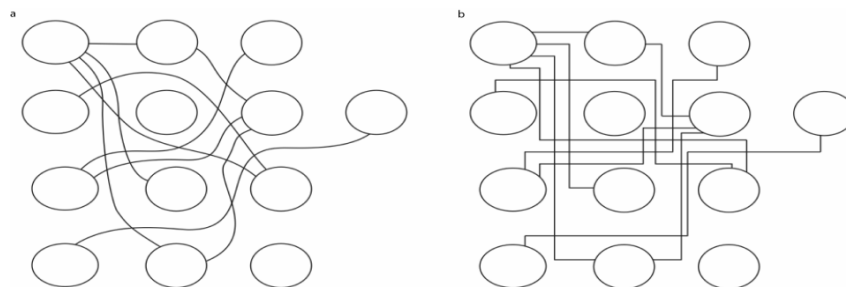


Fig. 25: Conexões suaves e soltas entre formas (a) e conexões rígidas (b). Colin Ware, 2004.

5) simetria: os elementos com simetria, regularidade e sem texturas são percebidos mais facilmente;

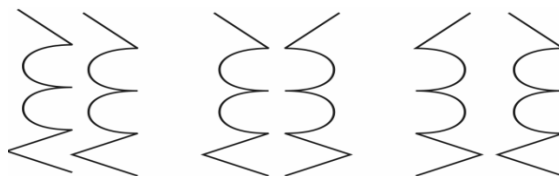


Fig. 26: O padrão da esquerda consiste em dois contornos idênticos. Nos outros dois padrões, um dos contornos foi reflectido sobre um eixo vertical. Colin Ware, 2004.

6) fechamento: a percepção humana tende a perceber formas completas. Um contorno⁴⁸ fechado tem tendência a ser visto como um objecto, parece ser mais estável que um contorno aberto e sem fronteiras, e existe uma forte tendência perceptual de dividir as regiões do espaço em “dentro” e “fora” do contorno.

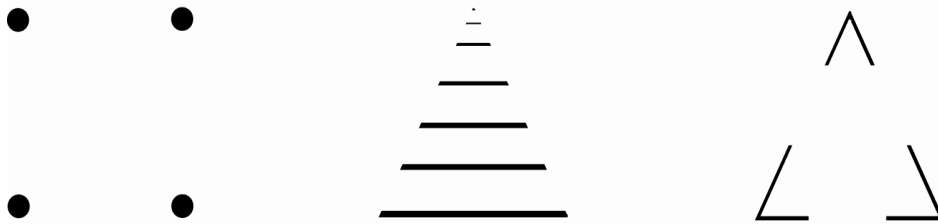


Fig. 27: O observador preenche os intervalos entre as unidades de elementos, na construção de formas completas. Gyorgy Kepes, 1995.

Na terminologia de S.E. Palmer⁴⁹, uma região encerrada por um contorno torna-se uma região comum e comprova ser um princípio organizacional mais forte que a simples proximidade e similaridade;

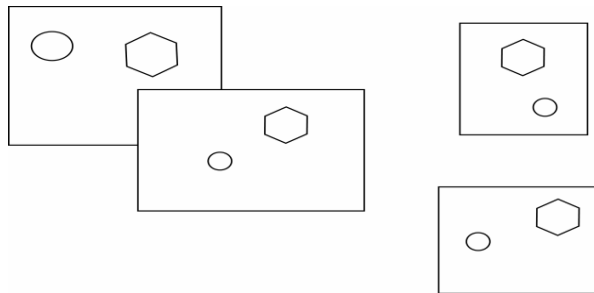


Fig. 28: Contornos fechados rectangulares segmentam o espaço visual. Por isso, as posições e tamanhos dos objectos círculo e hexágono são interpretados dentro desses contornos. Colin Ware, 2004.

⁴⁸ Um contorno é a contínua fronteira compreendida entre regiões de uma imagem visual. Pode ser definido por uma linha, pela fronteira entre regiões de cores diferentes, profundidade estereoscópica, movimento de padrões ou pela textura.

⁴⁹ Cf. Common region: A new principle of perceptual grouping, 1992, citado em Ware, Colin (2004).

7) tamanho relativo: em geral, os componentes mais pequenos de um padrão tendem a ser percebidos como objectos. A hélice em preto é vista num fundo branco;

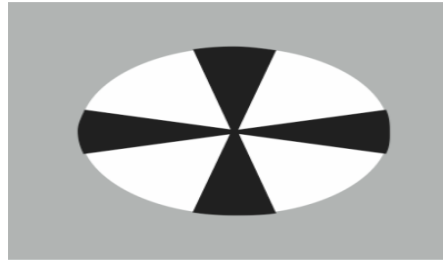


Fig. 29: As áreas a preto são mais pequenas, mas percebidas com mais facilidade. Colin Ware, 2004.

8) figura e fundo: o campo perceptivo pode dividir-se numa figura sobre um fundo e distingue-se pelo tamanho, posição e cor. O objecto como figura só é percebido em primeiro plano com o fundo separado. A percepção da figura em oposição ao fundo pode ser considerada como o acto perceptual fundamental de identificação de objectos. Na figura 30, o contorno fechado, a simetria e a área branca em redor contribuem para a percepção da forma como figura, em oposição a um corte.

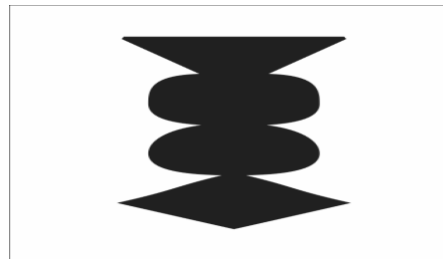


Fig. 30: A percepção da forma a preto como figura e não como fundo. Colin Ware, 2004.

3.3.2 - Padrões em Movimento

A Teoria da *Gestalt* oferece indicações sobre a organização de elementos estáticos, mas o movimento é uma característica das visualizações e expressam relações na estrutura visual,

pelo facto de receberem constantemente novos parâmetros de dados e pela animação decorrente da interacção dos utilizadores.

Eis algumas noções base da percepção de padrões de movimento (Ware, 2004):

1) agrupar objectos de movimento similar (fig. 31) e agrupar objectos em movimento de maneira hierárquica (evidência de G. Johansson⁵⁰) (fig. 32): a percepção de movimento relativo é alcançada, por exemplo, em pontos aleatórios. Cada um é definido por um movimento diferencial e revela *clusters* ou pontos distintivos de dados num espaço multidimensional.

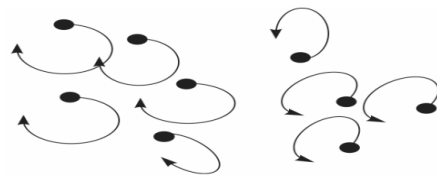


Fig. 31: Percepção de dois grupos distintos de pontos em movimento oscilatório. Colin Ware, 2004.

Relativamente à percepção do movimento de maneira hierárquica, ao colocar-se dois pontos em movimento horizontal e um ponto entre ambos em movimento oblíquo (a), o ponto central é percebido a movimentar-se em conjunto, que parece mover-se na vertical (b). A um ponto dentro de um rectângulo (1), ao aplicar-se movimento ao rectângulo, é o ponto que parece movimentar-se. Em (2), o ponto estático é mais influenciado pelo movimento do quadrado que do círculo;

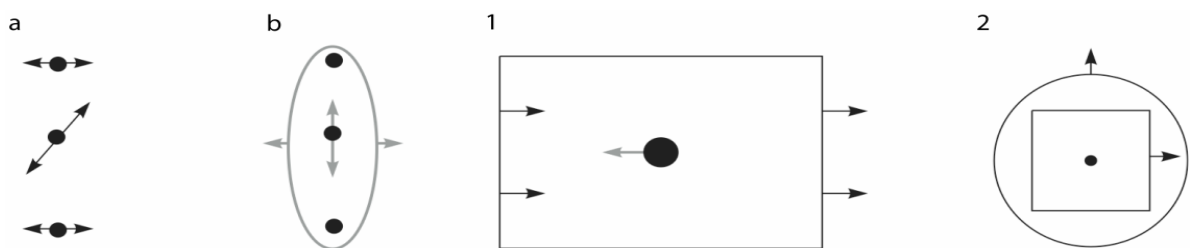


Fig. 32: Diferentes percepções de movimento de maneira hierárquica. Colin Ware, 2004.

⁵⁰ Cf. Visual Motion Perception, 1975, citado em Ware, Colin (2004).

2) percepção de relações casuais (comprovado por A. Michotte⁵¹): um exemplo é a colisão de dois objectos. Na figura seguinte é retratado um elemento rectangular que se move da esquerda para a direita, e ao tocar no segundo elemento pára. Este elemento que sofre o choque movimenta-se a uma maior velocidade. A energia parece ser activada no segundo objecto, e não transferida do primeiro elemento;



Fig. 33: Ilustração da percepção de relações casuais entre dois pedaços de luz. A. Michotte, 1963.

3) movimento semântico (experiência de F. Heider e M. Simmel⁵²): o movimento pode traduzir significado. A figura seguinte ilustra o filme animado que incorpora o movimento de dois triângulos e um círculo. As pessoas ao visualizarem a experiência apercebem-se de comportamentos “humanos”, como o estado de negação ao próximo (estar zangado) ou mesmo se entre eles haveria algum conflito (perseguirem-se).

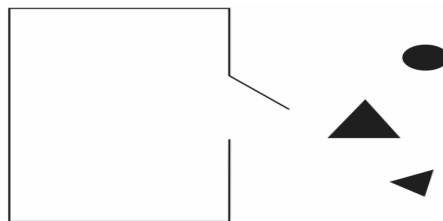


Fig. 34: Ilustração da experiência, em que os padrões de movimento convergiam significado. F. Heider e M. Simmel, 1944.

⁵¹ Cf. *The Perception of Causality*, 1963, citado em Ware, Colin (2004).

⁵² Cf. *An Experimental Study of Apparent Behaviour*, 1944, citado em Ware, Colin (2004).

3.3.3 - Percepção Espacial

As visualizações de informação mediante redes dispõem os elementos num espaço tridimensional, mesmo que simulada num espaço 2D. A ilusão de profundidade pode ser criada através de diferenças num espaço pictórico⁵³. A combinação de vários factores a seguir descritos são imprescindíveis na percepção e simulação espacial (Holtzschue & Noriega, 1997; Bowers, 1999; Ware, 2004):

1) modificações de cor e valor de cor: entre dois objectos de nitidez diferente, o mais nítido parece mais próximo e mais rapidamente percebido;

2) tamanho: entre dois objectos, o maior parece mais próximo;

3) sobreposição: se um objecto se sobrepõe a outro, cobrindo-o parcialmente, parece estar mais próximo do observador (occlusão);

4) perspectiva: é criada através do uso de linhas geométricas (que convergem a um ponto único) ou texturas (os elementos da textura tornam-se mais pequenos pela distância e noção de maior densidade) numa superfície/plano bidimensional, pelo que um objecto aí representado varia de tamanho consoante a disposição (maior se próximo).

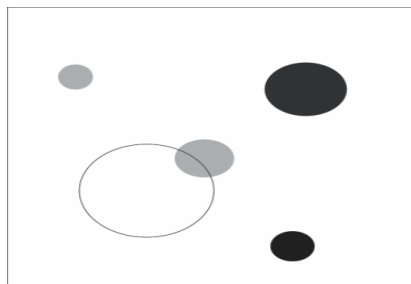


Fig. 35: Sobreposição, tamanho e modificações de valor de cor (cor leve ou carregada). John Bowers, 1999.

⁵³ Extensão sensorial do plano da figura em profundidade, que exprime atributos tridimensionais num espaço bidimensional.

3.4 - Conclusão

Uma visualização de informação perceptivamente coerente proporciona que a identificação de entidades, seus relacionamentos e atributos possam ser mais rapidamente assimilados e convergir significados. Ao abraçar uma concepção estética, pode inferir um poder e agradabilidade visual e facilitar a descoberta.

O designer de visualizações mapeia os dados, recorrendo a elementos visuais e suas propriedades. Esse mapeamento visual deve ser disposto no espaço visual de acordo com regras pré-atentivas, ou seja, o processamento cognitivo que acontece antes da atenção consciente, de modo que os elementos visuais sejam rapidamente detectados pelo sistema visual humano e assim descobrir padrões. A Teoria da *Gestalt* indica um conjunto de regras básicas para a percepção visual de padrões estáticos. Outras regras perceptivas associadas ao movimento assistem o reconhecimento de padrões.

O Modelo da Informação Estética na Visualização de Informação comprova a necessidade de se encontrar empenho interdisciplinar em averiguar visualizações mais eficazes na representação de dados, conferidas de mais estilo visual e métodos interactivos. As visualizações de informação devem ser resultado de um desenvolvimento que oscile entre a precisa apresentação dos dados e um solto raciocínio artístico.

Para isso, este estudo estima que a descoberta de composições inovadoras para a representação de dados pode beneficiar-se da Arte Generativa. Esta vertente promove a geração de elementos visuais, através da instrução e execução de código e uma certa autonomia pelo *software*.

As visualizações de informação mediante redes são também gerativas, embora com objectivos e especificidades relativas aos dados e sua representação. Um artista generativo não ambiciona mapear dados. Aspira a revelar composições visuais em tempo real e maravilhar-se. O designer de visualizações deve contemplar estes resultados artísticos, de maneira a serem úteis na investigação composições e adequação à representação de dados.

CAPÍTULO 4 - INTERFACES E REDES

4.1 - Grafos, Redes e Estruturas

O fundamento para planejar visualizações de informação mediante redes é a Teoria dos Grafos⁵⁴. Descreve as interações intrínsecas de um conjunto de elementos finitos, a constituírem um grafo, descrevendo

uma colecção, ou conjunto, de simples objectos, nomeadamente, um conjunto de segmentos de linha terminados por pontos [...] e não têm propriedades além da sua objectividade visual. Não é considerado significativo o comprimento da linha, curvatura, conteúdo dos pontos, ou posição dos segmentos de linha (Maxwell & Reed, 1971, p. 1).

Um grafo (G) é representado matematicamente, em que $G = (V,E)$, seja V um conjunto de n vértices, $u, v \in V$; e E um conjunto de elementos m (arestas), que conectam pares de vértices, $(u,v) \in E$ [notação: $|V| = n, |E| = m$].

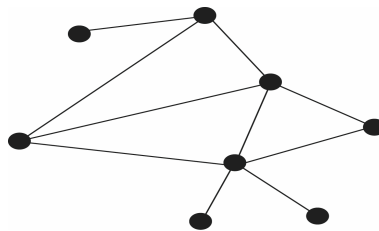


Fig. 36: Representação visual de um grafo, em que $n = |V| = 8$, $m = |E| = 10$ (oito vértices e dez arestas).

As redes são sistemas em grande escala, em que os grafos apresentam valores associados aos nós (vértices) e ligações (arestas) (Maxwell & Reed, 1971). Nas visualizações, descrevem o

⁵⁴ Advém dos estudos do matemático Leonhard Euler, que em 1736, formulou um teorema para solucionar um problema relativo à mobilidade entre pontes na cidade de Königsberg: o atravessar sete pontes sem passar duas vezes pela mesma ponte, demonstrando a sua impossibilidade (Gameiro, 2008; Recuero, 2004).

modo como entidades são relacionadas, através das considerações dos vários atributos. Como expõe Aleks Aris (2008), “os termos grafo e rede são usados alternadamente na literatura. A visualização de redes, também conhecida por visualização de grafos, é uma apresentação visual de [dados em forma de] objectos e as relações entre eles” (p. 1).

Sem aprofundar os conceitos e definições matemáticas, apresenta-se as características de encadeação entre vértices e arestas num grafo. A importância é que assim o utilizador possui uma base que lhe permite compreender um grafo (Maxwell & Reed, 1971, pp. 13-14):

a) incidência: descreve a incidência entre vértice e aresta. É incidente se o vértice é o vértice da aresta (na fig. 37, as arestas 1, 2 e 3 são incidentes ao vértice *a* e o vértice *a* é incidente às arestas 1, 2 e 3);

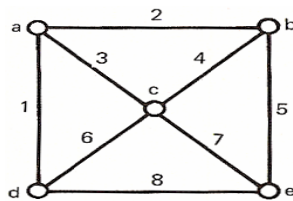


Fig. 37: Representação de um grafo, em que $G = (5, 8)$.

b) grau do vértice: ao número de enlaces que um vértice tem a outros vértices chama-se grau do vértice. Ou seja, traduz a conectividade (C) da estrutura ($C = K/N(N-1)$; em que K é o número de arestas e N o número de vértices). O grau de distribuição refere-se à probabilidade de distribuição desses graus de vértices na estrutura (na fig. 37 os vértices *a*, *b*, *d*, *e* são de grau três; na fig. 38, todos os vértices são de grau quatro);

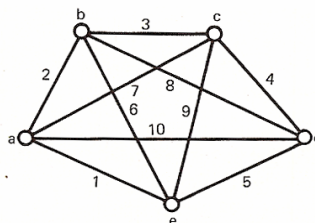


Fig. 38: Representação de um grafo, em que $G = (5, 10)$.

c) arestas adjacentes (incidentes): duas arestas são adjacentes se são incidentes ao mesmo vértice;

d) vértices adjacentes: dois vértices são adjacentes se são incidentes à mesma aresta (na fig. 39, as arestas 2 e 3 e os vértices a e c são adjacentes; na fig. 38, cada vértice é adjacente a todos os outros vértices);

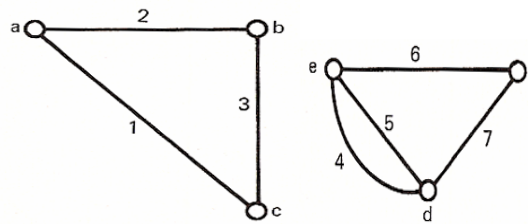


Fig. 39: Representação de um grafo, em que $G = (5, 10)$.

e) vértice final: vértice de grau 1 (fig. 40, vértices b, e, f);

f) aresta final: aresta incidente pelo menos a um vértice final (fig. 40, arestas 2 e 5);

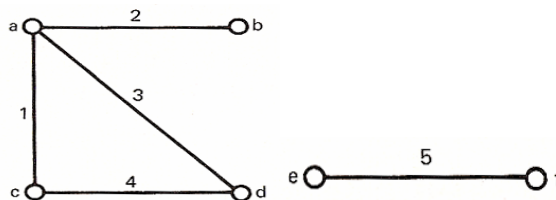


Fig. 40: Representação de um grafo, em que $G = (6, 5)$.

g) vértice interior: vértice de grau maior que a unidade (na fig. 38, todos os vértices são interiores);

h) aresta interior: se ambos os vértice de um elemento (aresta e dois vértices) são de grau maior que a unidade (na fig. 40, as arestas 1,3,4 são interiores).

As características de conexão num grafo são importantes no entendimento das tarefas básicas que o utilizador pode exercer numa estrutura de rede (Lee, Plaisant, Parr, Fekete & Henry, 2006, pp. 2-4; Bondy & Murty, 1976; Maxwell & Reed, 1971):

a) adjacência (conexão directa): encontrar o conjunto de vértices adjacentes a um vértice, quantificá-los e verificar qual o vértice com maior número de vértices adjacentes;

b) acessibilidade (conexão directa e indirecta): pode ser efectuada como na tarefa de adjacência: encontrar o conjunto de vértices acessíveis a partir de um vértice e quantificá-los, e encontrar o conjunto de vértices acessíveis a partir de um vértice onde a distância é menor ou igual que n , e igualmente quantificá-los;

c) conexão comum: a certos vértices, encontrar um conjunto de vértices que estão conectados a todos eles;

d) conectividade: encontrar o caminho mais curto entre dois vértices, identificação de *clusters*, identificação de componentes conectados, encontrar caminhos entre vértices e pontos de articulação [um caminho é a distância que vai de um vértice a outro vértice (apenas em exemplos de dois vértices de grau 1 e todos os outros de grau 2; sequência). É considerado um sub-grafo, ou seja, que um grafo pode ser considerado com o total de sub-conjuntos de grafos];

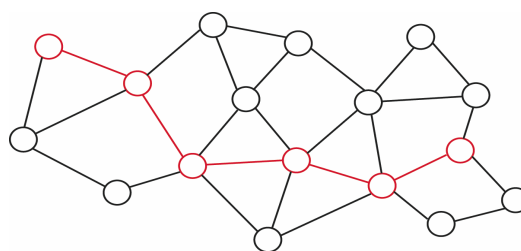


Fig. 41: Um caminho num grafo. Representação por Burak Arıkan, 2008.

As redes manifestam algumas estruturas básicas⁵⁵ (Gameiro, 2008; Matossian & Parashar, 2006; Recuero, 2004):

a) estrela (centralizada) e descentralizada: todos os vértices conectam a um único vértice (ponto centralizado) e não suporta cruzamento de arestas entre os nós periféricos. As estruturas podem ser descentralizadas, ou seja, há a multiplicação de sub-conjuntos de grafos centralizados (agrega pontos centralizados e seus nós periféricos);

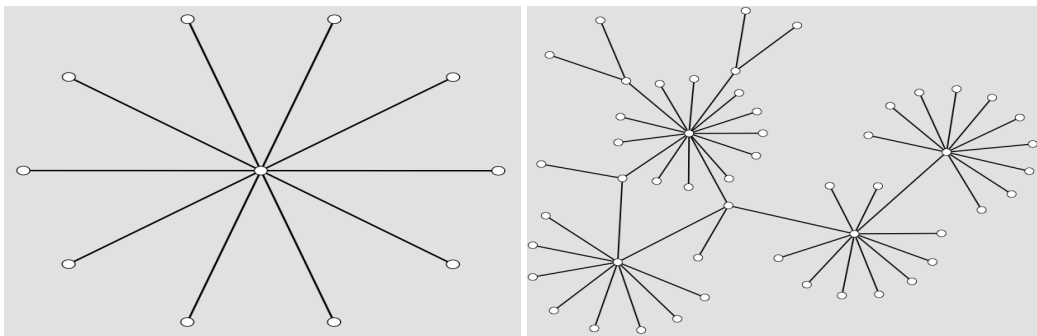


Fig. 42: Rede centralizada e rede descentralizada.

b) distribuída (também denominada de malha): permite-se a distribuição, ou seja, não tem pontos centralizados. Todos os vértices são autónomos e assim há múltiplos caminhos entre vértices;

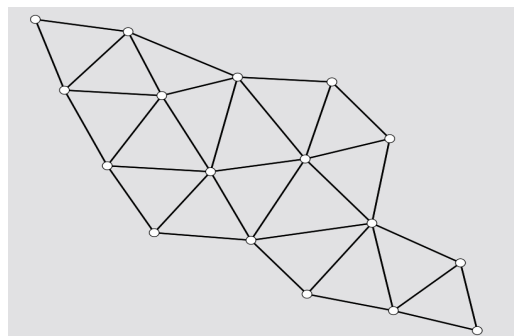


Fig. 43: Rede distribuída.

⁵⁵ Exemplos realizados por Burak Arıkan, em 2008, em *software* Processing.

c) hierárquica (ou árvore): é uma estrutura em que a um vértice (denominado raiz) tem todos os outros vértices conectados a si (denominados parentes e crianças) e não suporta o cruzamento de arestas;

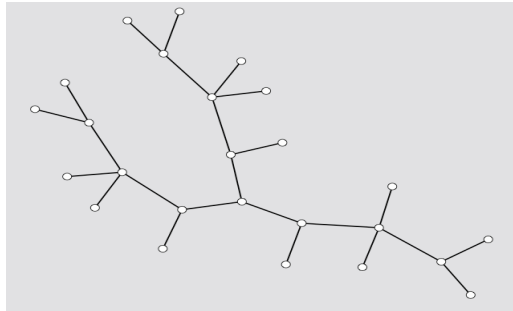


Fig. 44: Rede hierárquica.

d) densa: um espaço visual intensamente conectado. As estruturas densas são muito complexas e perceptivamente difíceis de entender;

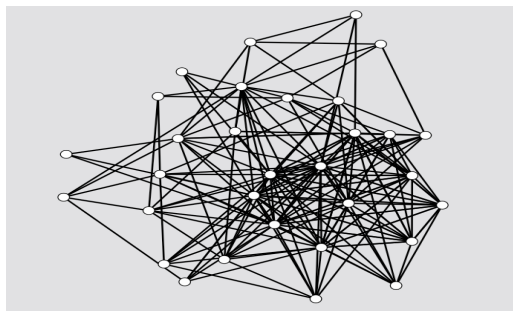


Fig. 45: Rede densa.

e) dispersa: espaço visual vagamente conectado;

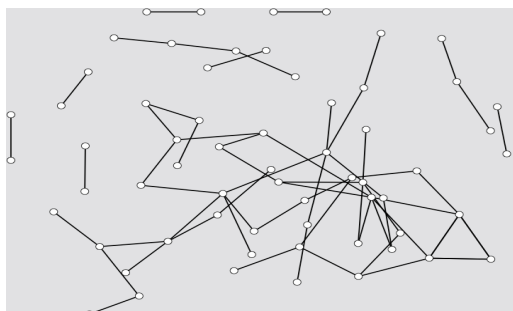


Fig. 46: Rede dispersa.

f) central-periférica: assentes numa parte central altamente conectada e interligada a uma periferia dispersa. Ou seja, as conexões na parte central da estrutura são densas, com ligações à periferia por poucas conexões;

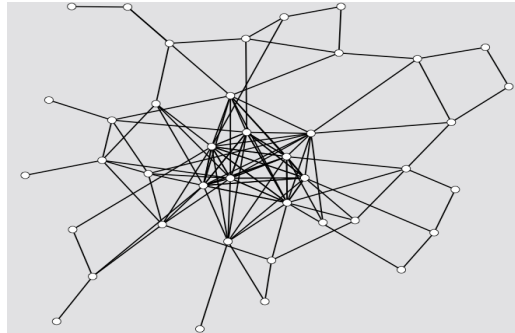


Fig. 47: Estrutura central-periférica.

g) completamente conectada: todos os vértices estão interconectados por arestas. Se existirem vértices que estejam isolados, embora conectados na estrutura mas que não se conectam a todos os nós, estas estruturas são denominadas de conectadas;

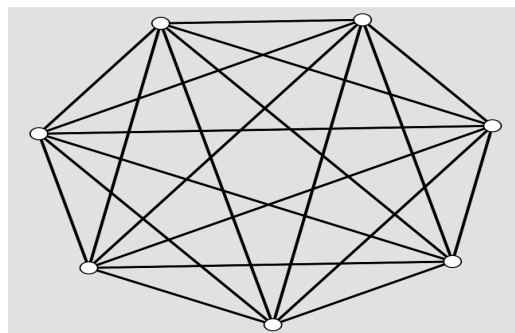


Fig. 48: Rede completamente conectada.

h) mundo pequeno (*small world*): a uma estrutura que represente *clusters* estruturais interconectados por poucos graus de separação é denominada de mundo pequeno⁵⁶. Neste comportamento específico, a conexão entre os vários *clusters* é feita por poucas arestas (aqui denominadas de pontes). O coeficiente de *cluster* de um nó indica a densidade de ligações

⁵⁶ Foi o sociólogo Stanley Milgram, na década de 60, que atribuiu esta denominação (Gameiro, 2008; Recuero, 2004).

entre os nós vizinhos, ou seja, surge da relação entre o número de ligações entre nós vizinhos e o número máximo de arestas na estrutura.

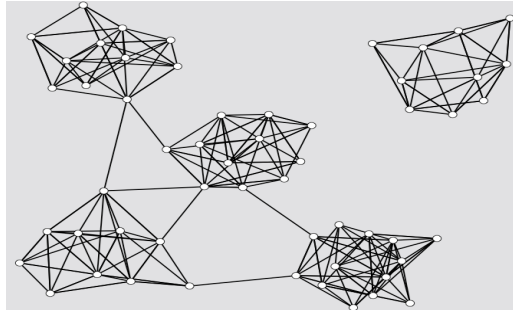


Fig. 49: Rede mundo pequeno.

i) rede de escala livre ou sem escalas (*scale-free network*): é definida por Albert-László Barabási, em que o grau de distribuição segue uma “lei de poder”, que descreve a relação entre duas quantidades matemáticas: “uma curva logarítmica que decresce abruptamente a níveis próximos de um mínimo e mantém-se assim, construindo uma longa ‘cauda’ ” (Recuero, 2004, p. 6), em que os nós têm poucas conexões. A estrutura pode ser gerada aleatoriamente seguindo um modelo onde os novos nós são preferencialmente conectados a nós específicos.

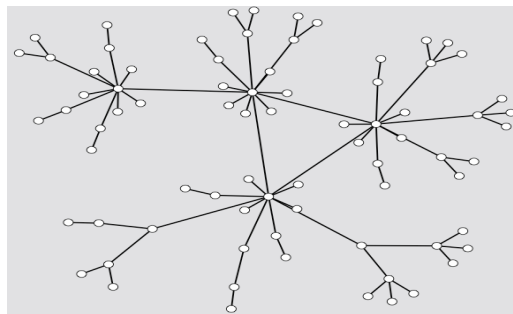


Fig. 50: Rede de escala livre.

Apercebe-se que há estruturas simples e complexas. As estruturas complexas são um desafio visual para os designers (como as estruturas densas, central-periférica e mundo pequeno), embora estes ambientes

degradam a visibilidade das áreas de interesse, reduzem a diferenciação de objectos no espaço visual e tornam difíceis ou mesmo impossíveis de interagir com os objectos e compreender os relacionamentos entre os objectos observados (Zhang, 2008, p. 262).

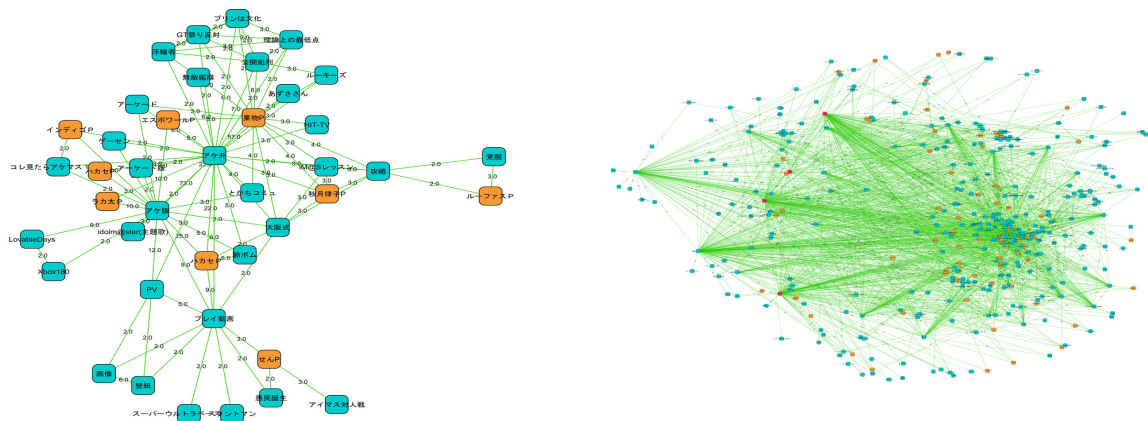


Fig. 51: *Visualizing tagging behaviour*, Kynbit, 2007. Relações entre vídeos etiquetados no *website* Nicovideo.

Para se superar esta dificuldade de percepção visual, as estruturas de redes devem estar em conformidade com o desenho estético de grafos (*graph draw*), uma área de investigação cujo objectivo é implementar soluções estruturais estéticas. Algumas regras a empregar são enunciadas por Aleks Aris, a partir de propostas de Kozo Sugiyama, Guittorm Sindre e Helen Purchase (2008, pp. 15-16):

- 1) minimizar os cruzamentos nas ligações: facilita o seguimento das ligações;
- 2) aproximar os nós que se conectam: minimiza-se a extensão das ligações;
- 3) o máximo possível de rectitude de linha, evitando curvaturas⁵⁷;
- 4) desenho equilibrado de ligações: deixar o máximo de espaço possível entre as ligações que são incidentes a um nó;
- 5) composição hierárquica dos nós: introduz-se níveis imaginários de linhas, quer na vertical ou horizontal e colocar os nós aí dispostos;

⁵⁷ A Teoria da *Gestalt* indica que as conexões entre objectos devem ser efectuadas com linhas suaves e não rígidas (ver leis da conexão e continuidade). Esta regra do desenho de grafos diz que há que evitar curvatura e manter uma rectitude de linha.

6) regularidade: dispor os nós de acordo com um dado princípio, por exemplo, agrupar os nós por um critério e aplicar este princípio pela rede;

7) habilidade de traço: desenhar as ligações de modo que seja fácil seguir trajecto (ligações conectadas);

8) minimização da área: salva-se o maior espaço possível no acto de desenho;

9) centralização de nós de alto grau: os que têm maior número de conexões a outros nós são colocados ao centro do desenho;

10) densidade uniforme dos nós: a colocação dos nós de modo que a sua distribuição indique o mesmo número de nós por unidade de área;

11) maximização de convexidade: as ligações formam polígonos convexos;

12) verticalidade das estruturas de hierarquias;

13) simetria: quando possível, desenhar partes do diagrama que tenham a mesma estrutura e colocá-las em direcções equilibradas (direita-esquerda, cima-baixo, ou múltiplas direcções opostas) dentro do grafo;

14) ortogonalidade: colocar os nós em intersecções numa grelha e permitir que as ligações sejam apenas desenhadas nos vértices da grelha;

15) maximização do mínimo ângulo: colocar os nós de modo que quaisquer duas ligações que são incidentes ao mesmo nó tenham o maior ângulo possível;

16) boa continuidade: manter os trajectos das multi-ligações o mais contínuas e direitas possível, perceptivamente mais importante que o número de cruzamentos de ligações.

A implementação do desenho de grafos institui estruturas menos complexas e mais eficazes, embora possa ser difícil a aplicação de muitas regras em simultâneo. Mas fornecem um auxílio essencial para a simplificação das estruturas e facilidade de percepção visual. Repare-se na

primeira regra apontada: minimizar os cruzamentos nas ligações. Quanto mais cruzamentos, menor percepção das ligações.

Em acordo com Aleks Aris (2008), a dificuldade em entender o espaço visual é maior se houver arbitrariedade de colocação dos nós e ligações no ecrã, pois não permite identificar os nós pela sua colocação exacta no espaço visual (há que relembrar que a posição é o primeiro atributo a considerar num mapeamento de dados nominais, ver tab. 2). E aponta uma técnica de grande relevo para a simplificação visual, pela utilização de meta-nós, ou seja, todos os nós com os mesmos valores de colocação e atributos são substituídos por um único nó (meta-nó). Assim reduz-se o número de nós (e ligações) exibidos num ecrã.

O importante numa estrutura de rede é diminuir a complexidade visual e permitir que o utilizador se sinta visualmente confortável e descubra os relacionamentos nos dados mapeados.

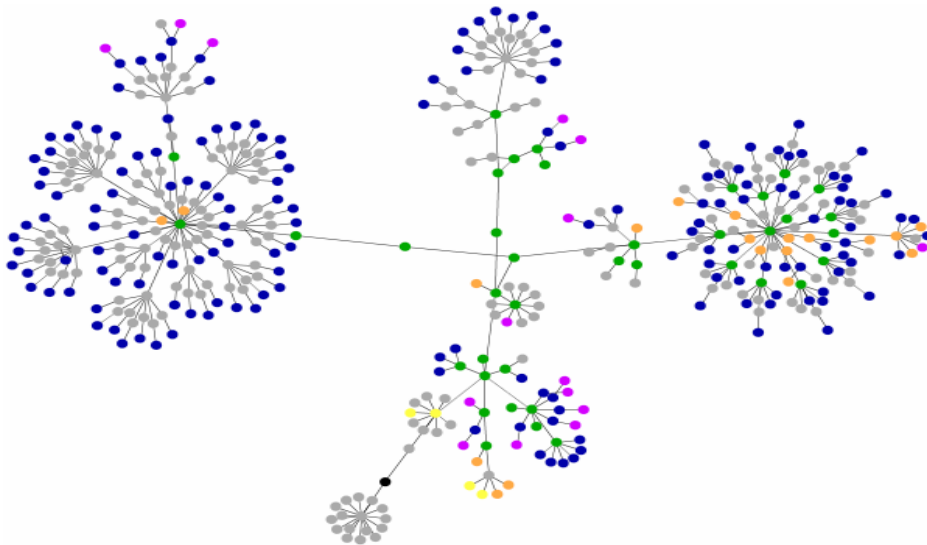


Fig. 52: *Websites as Graphs*. Um *Applet* que cria um grafo a partir da configuração do *site* (ligações, imagens, etiquetas, formas). Cada nó é etiquetado através do atributo de cor (ex: nós azuis representam as ligações da página, a cor violeta representa imagens). Cada geração apresenta um grafo diferente (o exemplo apresenta o *site* da Universidade da Beira Interior).

4.2 - Sintaxe Visual de Redes

As visualizações de informação mediante redes permitem apresentar muitos dados de forma coerente pois “capacitam os utilizadores a perceber os padrões de nós [entidades] e ligações [que estabelecem os relacionamentos], detectar casos interessantes; e analisar, interpretar e chegar a conclusões” (Aris, 2008, p. 1).

É essencial que o designer deva ter em atenção as maneiras gerais em que entidades, relacionamentos e atributos podem ser expressas nos diagramas de nós e ligações: a sintaxe visual. A lista seguinte contextualiza a base perceptual (mais propriamente que convencional) das composições revelarem significados, ou seja, como discernir a organização semântica através do sistema visual. O utilizador tem que ter presente a sintaxe visual para possibilitar a interpretação e manipulação do espaço visual (Ware, 2004, p. 213):

1) contorno fechado: representa uma entidade de qualquer tipo. Pode ser parte do corpo do software ou uma pessoa numa organização;



Fig. 53: Contorno fechado rectangular.

2) forma de uma região fechada: é frequentemente usada para expressar um tipo de entidade (um atributo da entidade);

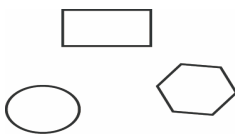


Fig. 54: Diferentes formas de regiões fechadas.

3) cor de uma região fechada: retrata um tipo de entidade (um atributo);



Fig. 55: Cor diferente de uma região fechada.

4) tamanho de uma região fechada: pode ser usado para representar a magnitude de uma entidade (um atributo escalar);



Fig. 56: Diferentes tamanhos de regiões fechadas.

5) separação de linhas dentro de regiões fechadas: podem delinear sub-partes de uma entidade. Isto pode corresponder a um mundo real de objectos de multi-partes;

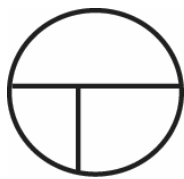


Fig. 57: Região fechada (círculo) separado por linhas.

6) formas ligadas: as regiões de contornos fechados podem ser agregados. O resultado é prontamente visto como uma entidade composta;

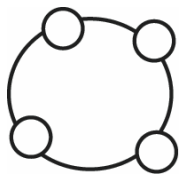


Fig. 58: Círculos agregados.

7) formas encerradas por contorno: um número de regiões de contornos fechados dentro de um contorno fechado maior pode representar restrição conceptual;

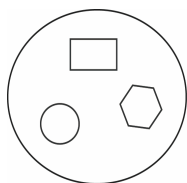


Fig. 59: Formas dentro de um contorno fechado.

8) formas espacialmente ordenadas: ao colocar contornos fechados espacialmente numa sequência ordenada pode representar um ordenamento conceptual de alguma espécie;



Fig. 60: Ordenação de diferentes formas.

9) linha de ligação: uma linha ao ligar entidades representa algum género de relacionamento entre elas;

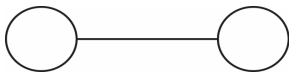


Fig. 61: Ilustração de conexão.

10) qualidade/característica da linha de ligação: uma linha ao ligar contornos fechados pode ter cores diferentes ou outras qualidades gráficas (ex: aspecto ondulado). Assim exprime efectivamente um atributo ou espécie de um relacionamento;



Fig. 62: Diferentes qualidades de linha.

11) espessura/densidade da linha de ligação: a espessura de uma linha de conexão pode ser usada para caracterizar a magnitude de um relacionamento (um atributo escalar);



Fig. 63: Linhas de espessura diferente.

12) apêndice conector: um contorno pode ser moldado com apêndices e encaixes para indicar quais os componentes que têm relacionamentos particulares;



Fig. 64: Formas quadrangulares e apêndices.

13) proximidade: a proximidade de componentes pode representar grupos.



Fig. 65: Grupos pela proximidade.

No mapeamento de dados em objectos visuais, de modo a resultar numa estrutura de rede, o objectivo é a extracção dos relacionamentos e atributos na organização visual. A sintaxe visual permite que a organização visual demonstre significado, e assim o utilizador, ao interpretar o espaço visual, pode retirar a informação desejada.

4.3 - Técnicas de Navegação e Interação

O designer de visualizações de informação mediante redes deve efectuar um mapeamento visual apoiado por regras perceptivas que impulsionem o sistema cognitivo e diminuam a desorientação visual. A interactividade permite ao utilizador relacionar-se e modificar o espaço visual, facilitar o entendimento da estrutura e melhorar o acto da recolha e análise dos dados. Reflectida por Julio Plaza (1990), a interactividade “não é somente uma comodidade técnica e funcional; ela implica física, psicológica e sensivelmente o espectador numa prática de transformação” (p. 12). Pela individualização dos usos computacionais, provocou uma subversão nos esquemas tradicionais de comunicação:

as categorias clássicas do emissor, do receptor, da mensagem e do canal de comunicação entram em movimento e cruzam-se. Neste sentido, a interactividade é um dos disfarces possíveis do conceito de “autonomia intermediária” próprio do automatismo informático: estabilidade do programa e multiplicidade das figuras e cenografias que desenvolve e interpreta (Plaza, 1990, p. 12).

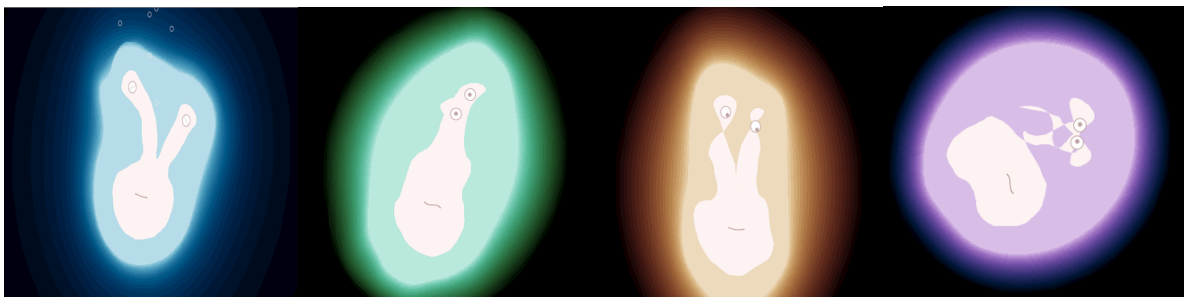


Fig. 66: *Obzok*, Golan Levin, 2001. Criatura virtual e interactiva. Baseada *on-line*, o utilizador pode interagir através do cursor do rato e modificar a forma da criatura. A parte branca que compõe a face da criatura distorce-se, e os rasgos de cor oscilam pelo espaço virtual. Os olhos seguem o cursor.

Depreende-se que navegar é o acto de “percorrer”, “mover” dentro do espaço visual, e interagir é a capacidade do utilizador poder activar acções. Ambas são decorrentes da interactividade e facilitam a percepção, legibilidade e compreensão dos espaços visuais. As visualizações de estruturas de redes optam normalmente pela conjugação de várias técnicas interactivas para que a interpretação seja mais abrangente e precisa. A interactividade

possibilita que a organização visual se modifique, facilitando a pesquisa e entendimento (ex: verificar os relacionamentos de entidades pela modificação dos atributos das linhas de ligação). As técnicas mais importantes a aplicar numa visualização de informação são (Mazza, 2004; North, 2005; Ware, 2004; Zhang, 2008):

1) aproximação e desaproximação (*zoom in/out*) + panorâmica: refere-se à observação de um objecto/área a diferentes distâncias de vista de modo a alcançar os detalhes visuais. O utilizador ao efectuar *zoom*, pode desorientar-se pelo espaço visual, ao perder o ponto de vista inicial. Esta técnica permite efectuar panorâmica sem que tenha que desaproximar. Há dois tipos de *zoom*:

a) o *zoom* espacial, que aumenta o objecto/área de foco. O objecto mantém a mesma forma e as relações geométricas entre objectos podem aumentar ou diminuir;

b) o *zoom* semântico, em que o objecto/área deixa de ser visto apenas como uma versão de escala, mas de diferente representação. Esta característica adiciona flexibilidade, ao esconder ou ilustrar diferentes perspectivas e grau de detalhe de um objecto/área durante o *zoom*.

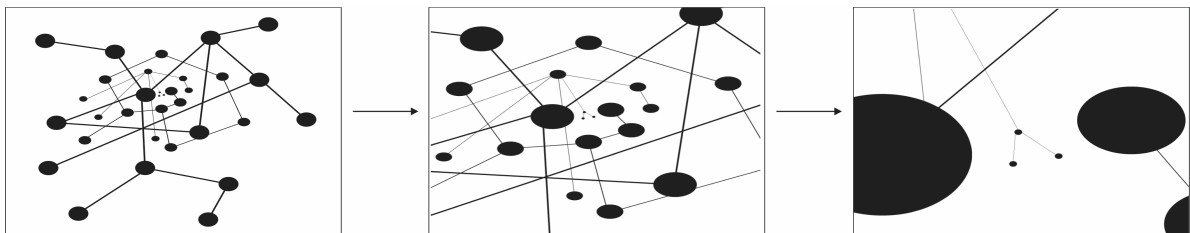


Fig. 67: Ilustração da técnica de *zoom* + panorâmica numa estrutura de rede.

Rudolf Arnheim (1997) salienta que:

a dimensão da profundidade contribui com factores cognitivos, como a percepção do tamanho dos objectos variáveis e assim adaptáveis às necessidades dos observadores. Também o tamanho da área crítica determina quantos objectos circundantes irão estar incluídos no campo visual num mesmo tempo. Quanto mais pequena a área, mais ambiente visual aparecerá, e assim mais o objecto será mostrado em contexto. Inversamente, ao aumentar o tamanho do objecto, o seu contexto mover-se-á fora da vista (Arnheim, 1997, p. 26).

2) vista geral + detalhes: esta técnica utiliza, pelo menos, duas exibições distintas. Ao seleccionar uma área de interesse na janela de vista geral, uma outra janela de detalhes apresenta essa selecção. Pode suportar camadas de janelas, ou seja, uma primeira janela de detalhe pode transformar-se na corrente janela de ponto de vista e o utilizador criar outra janela de detalhe desta. Ao possibilitar sempre o ponto de vista geral pode ser uma mais valia no entendimento do espaço visual.

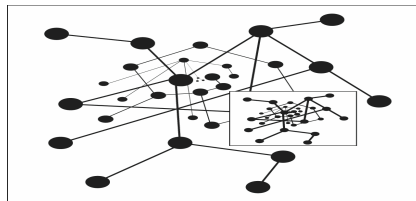


Fig. 68: Vista geral + detalhes.

3) foco + contexto: esta técnica é muitas vezes referida como olho de peixe ou distorção orientada. Um mecanismo de transformação visual amplia e expande uma área de interesse dentro da vista geral de modo que seja observada a informação em maior detalhe na área de foco. Podem ocorrer distorções, a nível de perda de paralelismo de linhas, ângulos diferentes e forma alterada nos objectos. A distorção causada na região ampliada pode ter um efeito desorientador ao utilizador.

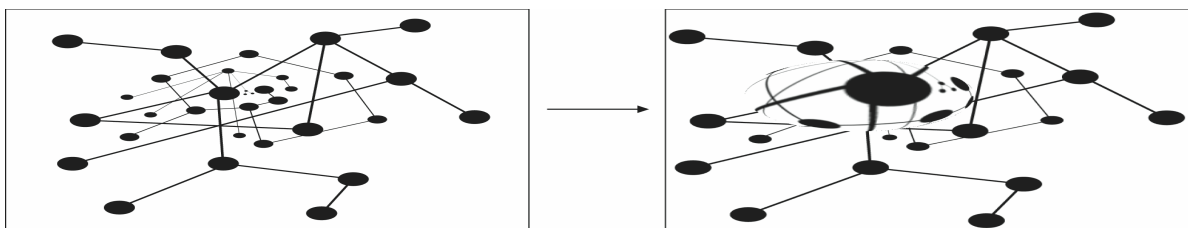


Fig. 69: A técnica de foco + contexto.

4) seleccionar e filtrar: a selecção é a técnica de interacção base e mais importante a efectuar nas entidades de dados dentro do espaço visual (de forma directa ou indirecta, através de mecanismos de categorização de selecções), permite remover entidades da selecção corrente e apagar a selecção. A filtragem diminui o número de objectos exibidos. Uma técnica importante é a inquirição dinâmica (desenvolvida por Christopher Ahlberg e Erik Wistrand, em 1995). Aplica princípios de manipulação directa na inquirição de atributos de valores.

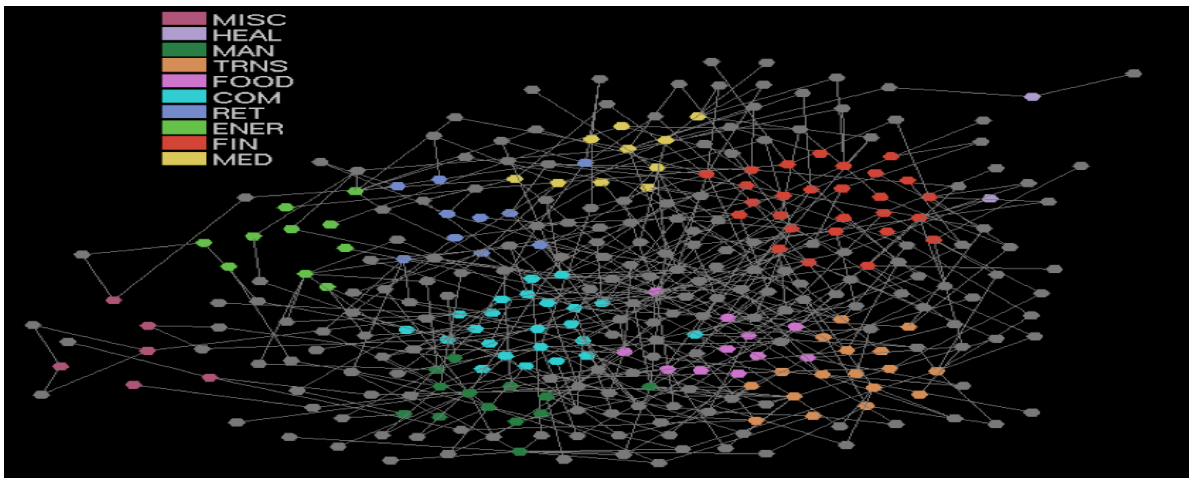


Fig. 70: *MEGraph*, Colin Ware e Robert Bobrow, 2004. Utilização da técnica de proximidade topológica de nós e ligações. Ao seleccionar-se um nó, causa uma procura e deslocação do grafo a começar nesse nó. Assim, todo o sub-grafo dentro de um certo raio topológico é destacado e posto em movimento. Ou seja, destacam-se sub-conjuntos pelo movimento oscilatório à selecção de um nó (enquanto o resto do grafo se mantém estático). As interpretações pré-atentivas são muito importantes na descoberta visual. Concluem que a estaticidade e movimento nos sub-conjuntos destacados nas visualizações são ambas efectivas, mas a sua conjugação é ainda mais eficaz.

5) ligar: o utilizador pode ligar entidades dentro do espaço visual. É uma ajuda preciosa na relação de entidades entre múltiplas vistas, de modo a exibir diferentes perspectivas e/ou porções de informação. Ao seleccionar entidades numa vista e associar a outra vista permite o entendimento de relacionamentos.

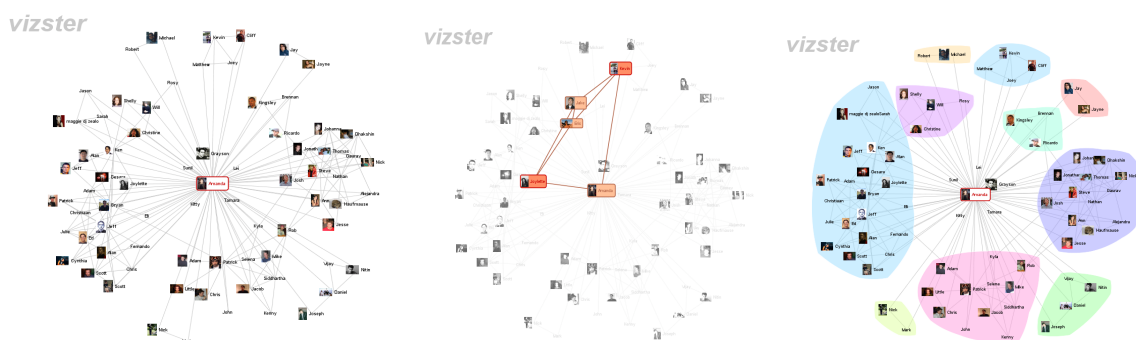


Fig. 71: *Vizster*, Jeffrey Heer, 2004. Este interface visual apresenta as comunidades e seus membros em redes sociais *on-line*. Permite a descoberta de relacionamentos, ao apresentar diferentes atributos de cor. Suporta a inquirição por palavras-chave e a técnica de *zoom* + panorâmica.

4.4 - Redes e Informação

As visualizações devem ser idealizadas e concebidas de modo a serem facilmente manejadas e interpretadas: “a excelência técnica deve estar em harmonia com as necessidades do utilizador. A forma deve seguir-se à função, [...] e procurar esforçar-se a usar um design gráfico apelativo que transmita convenientemente a informação” (Shneiderman, 2002, p. 58).

Segundo Lev Manovich (2001), o conteúdo (dados) e a sua expressão material (o interface) não devem ser colocados em níveis separados. No caso de uma visualização, cada vez mais os dados são gerados em tempo real, por isso considera que o conteúdo não existe antes do interface.

A visualização *High-Resolution Maps of Science*, realizada por Johan Bollen, Herbert Sompel, Aric Hagberg, Luis Bettencourt, Ryan Chute, Marko Rodriguez, Lyudmila Balakireva, em 2009, demonstra as relações entre publicações científicas acedidas *on-line* (mais de 1 bilião de acessos e interacções entre utilizadores, a partir dos registos de pesquisa em bibliotecas digitais pelo mundo fora). Os nós representam as publicações, com o atributo da cor para classificação, as conexões representam o fluxo de pesquisa e a cor corresponde à classificação dos jornais.

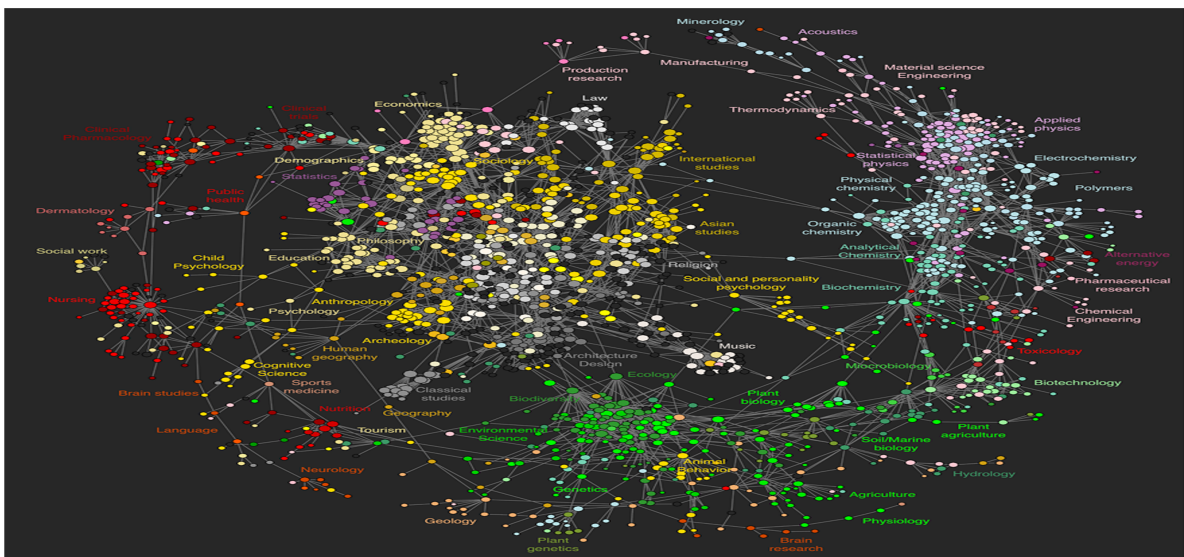


Fig. 72: *High-Resolution Maps of Science*, Johan Bollen et al., 2009.

O projecto *Twain Valence*, de Benjamin Fry, realizado em 1999, apresenta o livro “The Innocents Abroad” de Mark Twain. O programa tem incorporado o texto e assim que executado, lê-o de maneira linear e transfere-o automaticamente para o espaço visual em apresentação tridimensional. As palavras mais frequentes são colocadas mais perto da visão do utilizador e as palavras menos comuns agrupadas mais a centro (as palavras que pouco se repetem não aparecem no visual). O resultado é uma visualização que se modifica em resposta aos dados com que se “alimenta”.

Benjamin Fry emprega propriedades orgânicas simuladas, num ambiente visual interactivo, gerado a partir de grandes quantidades de dados. Categorizou nove propriedades básicas dos organismos, necessárias a um sistema orgânico primitivo, pela observação e ambiente aonde se inserem: estrutura, aspecto, metabolismo, crescimento, homeostase, sensibilidade/reacção, adaptação, movimento, reprodução. Na utilização destas propriedades em visualizações, retira-se ilações acerca das características de um organismo ao sobreviver e responder a um ambiente complexo e em mudança (Fry, 2000).



Fig. 73: *Twain Valence*, Benjamin Fry, 1999

Em *3D Dewey Data Visualization*, diversas categorias das áreas de conhecimento (Informação e Ciências da Computação, Filosofia e Psicologia e outras) são apresentadas pelos nós num espaço 3D, com atributos de cor a cada área, a partir das pesquisas dos utilizadores dos dados de 2008 (livros, DVD's) da biblioteca pública de Seattle.

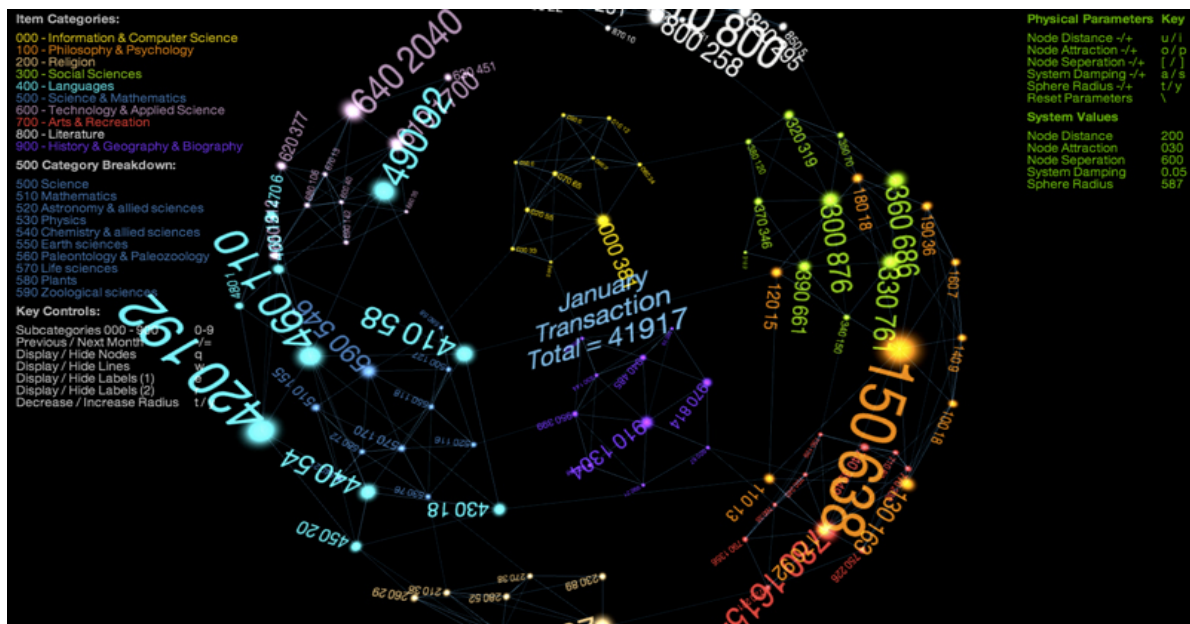


Fig. 74: 3D Dewey Data Visualization, Syed Reza Ali, 2009.

A preparação deste aplicativo exige bastante conhecimento científico, resultando numa visualização estética, perceptiva e funcional. A programação é realizada em OpenGL e Java e aplica algoritmos de auto-organização, implementa noções de tridimensionalidade, a actuação de sistemas de partículas, atracções e repulsões electromagnéticas e interactividade. O utilizador pode interagir com o interface visual, modificando a disposição espacial dos nós (ex: distância e atracção) e consequentes modificações das ligações, criando uma nova estrutura.

Há visualizações que optam pela união de métodos de representação de dados. Um bom exemplo é *Multivariate Graph Drawing using Parallel Coordinate Visualisations*, de Ross Shannon, Thomas Holland e Aaron Quigley, realizado em 2008. Uma tabela de coordenadas paralelas demonstra as relações entre indivíduos na rede social *Facebook*, por categorias como o país de origem, grupos a que pertencem (etiquetas dentro do site), fotos disponibilizadas, número de amigos, etc. Em contrapartida, o utilizador visualiza essas relações em estruturas de redes. A escolha de um nó específico modifica a tabela de coordenadas paralelas.

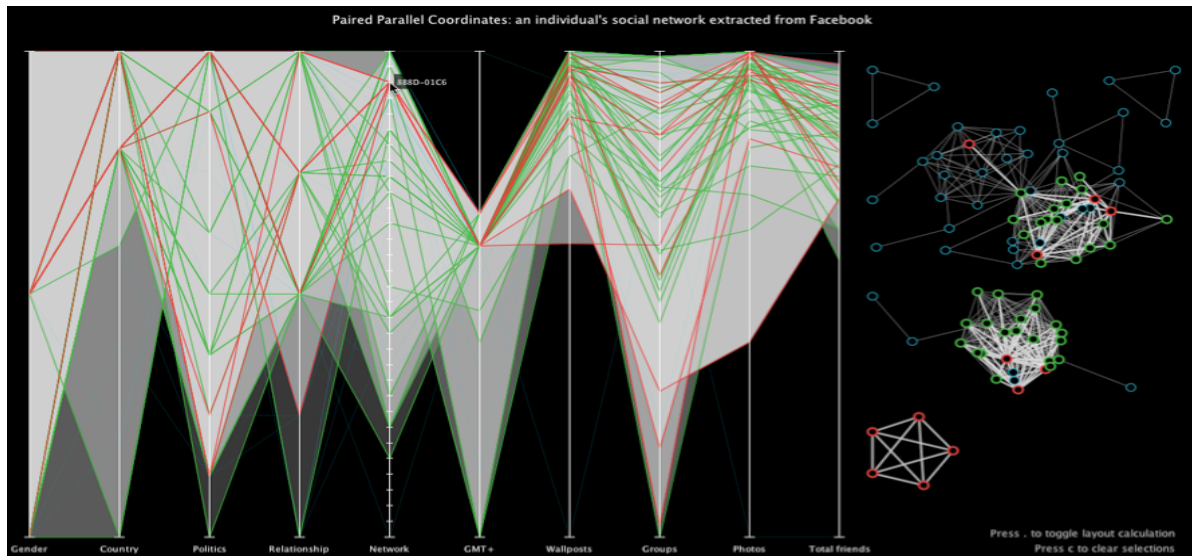


Fig. 75: *Multivariate Graph Drawing using Parallel Coordinate Visualisations*. Ross Shannon, Thomas Holland e Aaron Quigley, 2008

Por fim, em *DriftNet*, uma instalação de Norimichi Hirakawa, concebida em 2005, a visualização é projectada no solo. Através de técnicas de reconhecimento de movimento, o corpo é o interface de interacção. Esta visualização apresenta um *browser*, e os utilizadores acedem a *sites* (nós) e apercebem-se das relações entre ligações dos vários *sites*. Ao mover o corpo, modifica a aparência da visualização e cria uma topologia em onda. Ao pensar na expressão “surfear na internet” (*netsurfing*), Norimichi Hirakawa utiliza esta metáfora: os utilizadores são surfistas que não sabem nadar e não somos livres na internet sem um *browser* adaptado como uma prancha de surf.



Fig. 76: *DriftNet*, Norimichi Hirakawa, 2005.

4.5 - Conclusão

As visualizações de informação mediante redes, pela característica de conexão de nós por ligações, é um método eficaz na apresentação de relacionamentos entre grandes quantidades de dados.

Fundamentam-se na Teoria dos Grafos, uma análise matemática de interações entre elementos, mas sem propriedades associadas. Os grafos por si só apresentam a estrutura base, mas ao atribuir-se propriedades aos pontos e segmentos de linha (nós e ligações), considera-se assim uma rede. A sintaxe visual geral dos diagramas de nós e ligações possibilita a convergência de significados, ou seja, os relacionamentos formais numa forma induzem a relacionamentos semânticos (entre a forma e o seu significado), pela consideração dos atributos de entidades e relacionamentos.

Porém, o mapeamento de grandes quantidades de dados pode criar uma complexidade visual que não permita uma rápida compreensão. Os relacionamentos complexos nos dados podem resultar numa estrutura densa, enquanto que relacionamentos menos complexos são mais fáceis de mapear em estruturas hierárquicas ou distribuídas. A concepção das estruturas deve basear-se em regras estéticas do desenho de grafos, que possibilitam uma maior coerência visual.

A aplicação de técnicas de interactividade denota a expressão de uma pragmática, a relação entre a forma e utilizador. Pelas características das estruturas de redes, a utilização das técnicas de aproximação/desaproximação + panorâmica e vista geral + detalhes fornecem uma navegabilidade indicada ao utilizador. É possível accionar tarefas de pesquisa, animar e modificar a estrutura e retirar a informação pretendida.

Têm aplicação diversa, como as redes sociais (demonstram padrões sociais entre pessoas ou grupos de pessoas), redes de informação (representações de bases de dados, *World Wide Web*), redes tecnológicas (circuitos electrónicos, internet), redes biológicas (genoma, cadeias alimentares, reacções químicas) e redes organizacionais (organizações, empresas, mercados): a natureza de acção-reacção permite que em tudo haja relações.

CONCLUSÕES FINAIS

No decorrer deste estudo, analisou-se o campo da Visualização de Informação como ímpar na apresentação de grandes quantidades de dados e, mais concretamente, o design de interfaces gráficas que apresentam os dados de maneira coerente e adequada para uma melhor compreensão.

Da investigação realizada, depreende-se que as visualizações mediante estruturas de redes são uma excelente escolha quando o objectivo é representar visualmente dados com inúmeros atributos e relacionamentos num mesmo espaço visual. Para tal, o mapeamento dos dados deve seguir regras sintácticas específicas (os relacionamentos formais entre os elementos visuais) de modo a criar espaço visual com significado, e considerar as regras perceptivas do sistema visual humano.

Um problema do mapeamento é resultar numa complexidade visual excessiva, derivada da grande quantidade de dados. Por isso, a estrutura gráfica da representação visual deve estar o máximo possível de acordo com uma estética estrutural (as regras do desenho de grafos) e pela aplicação de técnicas de navegação e interacção que facilitem ao utilizador tarefas de pesquisa e a obtenção de informação relevante.

As visualizações não só possibilitam a observação e interpretação de dados, como a opção de escolha de quais os dados a serem mapeados. Os sistemas de recuperação de informação permitem que o utilizador possa aceder a uma quantidade impressionante de dados. Mas uma pesquisa que resulte precisa e relevante não é tarefa fácil. O utilizador necessita de informação certa e visualizá-la em pleno.

A criação de visualizações deve ter um impulso artístico. Uma agradabilidade gráfica permite um maior conforto visual e traduz uma melhor performance de observação, navegação e descoberta dos relacionamentos nos dados. A colaboração de artistas generativos é um auxílio importante. Embora as visualizações de informação mediante redes devam demonstrar uma importância estética e artística, a primazia está na correcta estruturação visual dos dados.

O designer deve considerar as criações artísticas, nomeadamente a Arte de Visualização, que traduz os dados em visuais, mas com o intuito de os apresentar com especificidade. Em particular, a Arte Generativa pode ser um auxílio essencial para a descoberta de novas

composições na criação de visualizações. O computador e as linguagens de programação são para estes artistas como a tela e o pincel estão para os pintores. A automatização de resultados pode fornecer aos designers novas ideias para a criação de composições visuais em tempo real e ajudar a resolver problemas, como o excesso de elementos visuais e o ritmo da sua geração.

O campo da Visualização de Informação e a representação de dados mediante redes são hoje alvo de uma maior atenção no mundo das TIC. A implementação destes interfaces visuais começa agora a surgir no *mainstream* do ciberespaço.

As soluções passam, inevitavelmente, pela investigação de novas apresentações que demonstrem os dados com eficiência, a incluir em interfaces visuais e que suportem funcionalidade de pesquisa e recuperação de informação com precisão. É ainda pouco utilizado a incorporação dos vários elementos multimédia nas visualizações de informação mediante redes. A investigação neste âmbito deve ser o próximo passo a desenvolver.

A união entre a Ciência, a Arte e o Design pode propiciar um melhor entendimento e desenvolvimento do campo da Visualização de Informação. Não surpreenderia que as visualizações de informação, em particular as que utilizam estruturas de redes, considerassem com mais firmeza os conceitos de criação de Vida Artificial, criando ambientes de informação cujos sistemas se regem autonomamente na busca e apresentação de informação.

Em suma, com este estudo espero ter contribuído para fortificar o entendimento geral do campo da Visualização de Informação, realçar a potencialidade de criação de novos interfaces visuais para facilitar o entendimento de dados e motivar novos designers e utilizadores para a investigação e criar visualizações de informação mediante redes.

ÍNDICE DE IMAGENS

Capítulo 2

Fig. 1: *Particle-in-cell Simulation of Laser Wakefield Particle Acceleration* (INCITE Project/Berkeley Lab), Cameron Geddes, 2006. Url: <http://vis.lbl.gov/Vignettes/>

Diag. 1: Vista geral do entendimento (adaptado). Em Shedroff, Nathan (1994), p. 3.

Fig. 2: *Internet Map*, Chris Harrison, 2007.
Url: <http://www.chrisharrison.net/projects/InternetMap/>

Fig. 3: Hiperligação. Ilustração de Nigel Holmes. Em Wurman, Richard (2001), p. 37.

Fig. 4: *I/O/D4: The WebStalker*, Matthew Fuller, Colin Green, Simon Pope, 1997 (com contribuições de Graham Harwood, Stephen Metcalf, Scanner, e Mark America).
Url: http://www.archimuse.com/mw98/beyond_interface/fuller_fr.html

Diag. 2: Fases e interações no processo de entendimento dos dados (adaptado). Em Fry, Benjamin (2008), p. 15.

Diag. 3: Processo de visualização. Em Ware, Colin (2004), p. 4.

Diag. 4: Modelo de Referência da Visualização de Informação, Stuart Card, Jock Mackinlay e Ben Shneiderman, 1999 (adaptado). Url:
http://books.google.pt/books?id=wdh2gqWfQmgC&pg=PA17&vq=reference+model&dq=information+visualization&ie=ISO-8859-1&output=html&source=gsb_search_r&cad=1

Fig. 5: *Selda*, Matej Novotny, 2006.
Url: <http://www.sccg.sk/~mnovotny/index.php?cat=research>

Fig. 6: *Spacetrees*, Jesse Grosjean, Catherine Plaisant e Ben Bederson, 2002.
Url: <http://www.cs.umd.edu/hcil/spacetreel/>
H3 3D hyperbolic browser, John Lamping, Ramana Rao e Peter Pirolli, 1994.
Url: <http://graphics.stanford.edu/papers/h3/html.nosplit/>

Fig. 7: Relação entre a estrutura hierárquica e mapeamento. Em Frank van Ham. “CS171: Trees and Networks”, pp. 14-15.
Url: <http://www.seas.harvard.edu/courses/cs171/lectures/10-TreesAndNetworks.pdf>

Fig. 8: *Newsmap*, Marcos Weskamp, 2004. Método *treemap* na apresentação de notícias.
Url: <http://marumushi.com/projects/newsmap>

Fig. 9: *SemNet*, Kim Fairchild, Steven Poltrock e George Furnas, 1988.

Capítulo 3

Diag. 5: O Modelo da Informação Estética na Visualização. Em Lau, Andrea & Moere, Andrew (2007), p. 3.

Fig. 10: *Operation Smile*, Firstborn Multimédia/Digital Kitchen, 2007.

Url: <http://www.firstbornmultimedia.com/#/our-portfolio/1007/>

Fig. 11: *Ninety Parallel Sinusoids with Lineary Increasing Period*, A. Michael Noll, 1966. Em Dietrich, Fank (1986), p. 1.

Fig. 12: Sem título, *Project Turux 1997-2001*, Lia e Dextro. Url: <http://www.turux.org>

Fig. 13: *Cells*, Casey Reas, 2000. Url: <http://www.groupc.net/2000/cells/index.html>

Fig. 14: *Kugelstudie*, Mariuz Watz, 2006.

Url: <http://www.flickr.com/photos/watz/sets/72157594235450624/>

Tab. 1: Síntese das diferenças entre Arte Generativa e *Arte Software*. Em Inke Arns, *Code as performative speech act*, 2004.

Url: http://www.projects.v2.nl/~arns/Lecture/Arns-Lecture_Aarhus-2004-klein.pdf

Fig. 15: *Morphogenesis*, Bernd Lintermann, 1996/97.

Url: <http://www.bernd-lintermann.de/morphogenesis.html>

Fig. 16: *Evolved Virtual Creatures*, Karl Sims, 1994.

Url: <http://www.karlsims.com/evolved-virtual-creatures.html>

Fig. 17: *Infinity*, John Maeda, 1993.

Fig. 18: *Ramdon Lissajous Webs*, Keith Peters, 2009.

Url: <http://www.artfromcode.com/?p=666>

Fig. 19 e 20: Pesquisa visual pré-atentiva. Em Healey, Christopher (2009).

Tab. 2: Classificação das tarefas perceptuais. Em Mackinlay, Jock (1986), p. 18.

Tab. 3: Expressividade das técnicas retiniais. Em Mackinlay, Jock (1986), p. 23.

Fig. 21: Teoria da *Gestalt*: proximidade. Em Ware, Colin (2004), p. 189.

Fig. 22: Teoria da *Gestalt*: proximidade. Princípio da concentração espacial, T.S. Slocum, 1983. Em Ware, Colin (2004), p. 190.

Fig. 23: Teoria da *Gestalt*: semelhança (percepção da horizontalidade dos elementos). Em Ware, Colin (2004), p. 190.

Fig. 24: Teoria da *Gestalt*: conexão. Em Ware, Colin (2004), p. 192.

Fig. 25: Teoria da *Gestalt*: Continuidade (conexões suaves e soltas entre formas e conexões rígidas). Em Ware, Colin (2004), p. 193.

Fig. 26: Teoria da *Gestalt*: simetria. Em Ware, Colin (2004), p. 193.

Fig. 27: Teoria da *Gestalt*: fechamento. Em Kepes, Gyorgy (1995), p. 51.

Fig. 28: Teoria da *Gestalt*: fechamento. Contorno fechado rectangular. Em Ware, Colin (2004), p. 197.

Fig. 29: Teoria da *Gestalt*: tamanho relativo. Em Ware, Colin (2004), p. 197.

Fig. 30: Teoria da *Gestalt*: figura e fundo. Em Ware, Colin (2004), p. 198.

Fig. 31: Padrões em movimento: objectos de movimento similar, G. Johansson. Em Ware, Colin (2004), p. 220.

Fig. 32: Padrões em movimento: movimento hierárquico, G. Johansson, 1975. Em Ware, Colin (2004), pp. 220-221.

Fig. 33: Padrões em movimento: percepção de relações casuais, A. Michotte, 1963. Em Ware, Colin (2004), p. 222.

Fig. 34: Padrões em movimento: movimento semântico, F. Heider e M. Simmel, 1944. Em Ware, Colin (2004), p. 224.

Fig. 35: Percepção espacial: sobreposição, tamanho e modificações de valor de cor. Em Bowers, John (1999), p. 46.

Capítulo 4

Fig. 36: Representação visual de um grafo.

Fig. 37 a 40: Características de conexão de um grafo. Em Maxwell & Reed (1971), p. 13-14.

Fig. 41: Representação de um caminho num grafo. Burak Arikan, 2008.

Url: <http://burak-arikan.com/tag/network>

Fig. 42 a fig. 50: Estruturas de redes. Burak Arikan, 2008.

Url: <http://blog.burak-arikan.com/wp-content/uploads/2008/09/network-topologies.pdf>

Fig. 51: *Visualizing tagging behaviour*, Kynbit, 2007.

Url: <http://www.flickr.com/photos/kynbit/sets/72157603197725957/>

Fig. 52: *Websites as Graphs*. Url: <http://www.aharef.info/static/htmlgraph/>

Fig. 53 a fig. 65: Sintaxe visual dos diagramas de nós e ligações. Em Ware, Colin (2004), p. 214.

Fig. 66: *Obzok*, Golan Levin, 2001.

Url: <http://www.flong.com/storage/experience/obzok/>

Fig. 67: Técnica de navegação: *zoom* + panorâmica.

Fig. 68: Técnica de navegação: vista geral + detalhes.

Fig. 69: Técnica de navegação: foco + contexto.

Fig. 70: *MEGraph*, Colin Ware e Robert Bobrow, 2004. Em Colin Ware, Anne Gilman e Robert Bobrow. “Visual thinking with an interactive social network diagram”, 2007, p. 3.

Url: <http://cogworks.cogsci.rpi.edu/modules/event/ISSUESCS2007f/EyeTrackFinal.pdf>

Fig. 71: *Vizster*, Jeffrey Heer, 2004. Url: <http://jheer.org/vizster/>

Fig. 72: *High-Resolution Maps of Science*, Johan Bollen, Herbert Sompel, Aric Hagberg, Luis Bettencourt, Ryan Chute, Marko Rodriguez, Lyudmila Balakireva, 2009.

Url: <http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0004803>

Fig. 73: *Twain Valence*, Benjamin Fry, 1999. Url: <http://benfry.com/valence/>

Fig. 74: *3D Dewey Data Visualization*, Syed Reza Ali, 2009.

Url: http://www.syedrezaali.com/dv/3D_Dewey_Visualization/

Fig. 75: *Multivariate Graph Drawing using Parallel Coordinate Visualisations*, de Ross Shannon, Thomas Holland e Aaron Quigley, 2008.

Url: <http://www.csi.ucd.ie/files/ucd-csi-2008-6.pdf>

Fig. 76: *DriftNet*, Norimichi Hiraoka, 2005.

Url: <http://counteraktiv.com/wrk/dnt/index.html>

Anexo 1: Produção mundial de dados. Em Floridi, Luciano (2004a), p. xi

Anexo 2: Mapa de conceitos da pesquisa na internet, Hugh Dubberly e Matt Leacock, 1995/2000 (adap.). Em Wurman, Richard (2001). *Information anxiety 2*. Indianapolis, Indiana: Que Ed *, pp. 158-159.

Anexo 3: : Ciclo de design e investigação empírica, N. Roozenburg e J. Eekels, 1995. Em Zwaga, Harm; Boersema, Theo & Hoonhout, Henriëtte (eds.) (1999), p. 23.

BIBLIOGRAFIA

Livros

Arnheim, Rudolf (1997). *Visual thinking*. Berkeley: University of California Press (Primeira edição publicada em 1969) *

Bardini, Thierry (2004). Hypertext. Em Floridi, Luciano (ed.). *Philosophy of computing and information*. Oxford: Blackwell Publishing *

Barnes, Susan (2003). *Computer-mediated communication: Human-to-human communication across the internet*. Boston: Pearson Education Inc. *

Baxter, Leslie & Babbie, Earl (2004). *The basics of communication research*. Belmont: Wadworth, Thomson Learning *

Bondy, J. & Murty, U. (1976). *Graph theory with applications*. London: The Macmillan Press*

Bowers, John (1999). *Introduction to two-dimensional design: Understanding form and function*. New York: John Wiley & Sons *

Chen, Chaomei (2006). *Information visualization: Beyond the horizon*. London: Springer-Verlag

Card, Stuart; Mackinlay, Jock & Shneiderman, Ben (1999). *Readings in information visualization: Using vision to think*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers

Castells, Manuel (1996). *La era de la información - Economía, sociedad y cultura: La sociedad red* (Vol. 1, 2a ed.) (Carmen Gimeno & Jesús Alborés, Trad.). Madrid: Alianza Editorial (Obra original publicada em 1996) *

Daconta, Michael, Obrst, Leo & Smith, Kevin (2003). *The semantic web: A guide to the future of XML, web services and knowledge management*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing Inc. *

Davenport, Thomas & Prusak, Laurence (1998). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press *

Devlin, Keith (1999). *InfoSense: Turning information into knowledge*. New York: W.H. Freeman and Company *

(*) Disponíveis na Biblioteca Central da Universidade da Beira Interior

Dondis, Donis (1997). *Sintaxe da linguagem visual* (Jefferson Camargo, Trad., 2ª ed.). São Paulo: Martins Fontes Editora Inc. *

Fidalgo, António (1998). *Semiótica: A lógica da comunicação*. Estudos em Comunicação. Covilhã: Universidade da Beira Interior *

Fidalgo, António (2004). *Manual de semiótica*. Covilhã: Universidade da Beira Interior

Floridi, Luciano (1999). *Philosophy and computing: An introduction*. London: Routledge, Taylor & Francis Group *

Floridi, Luciano (2004a). Information. Em Floridi, Luciano (ed.). *Philosophy of computing and information*. Oxford: Blackwell Publishing *

Fry, Benjamin (2008). *Visualizing data*. Sebastopol: O'Reilly Media

Holtzschue, Linda & Noriega, Edward (1997). *Design fundamentals for the digital age*. New York: John Wiley & Sons *

Kepes, Gyorgy (1995). *Language of vision*. New York: Dover Publications Inc. (Primeira edição publicada em 1944, Chicago: Paul Theobald) *

Landow, George (1994). *Hypertext theory*. Maryland: The Johns Hopkins Press *

Landow, George (1995). *Hipertexto: la convergencia de la teoría crítica contemporánea y la tecnología* (Patrick Ducher, Trad.). Barcelona: Ed. Paidós Ibérica. (Obra original publicada em 1992) *

Lévy, Pierre (1990). *As tecnologias da inteligência: O futuro do pensamento na era informática*. Lisboa: Instituto Piaget *

Lévy, Pierre (1997). *Cibercultura*. Lisboa: Instituto Piaget *

Lunenfeld, Peter (1999). *The digital dialectic: New essays in new media*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press *

Manovich, Lev (2001). *The language of new media*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press *

Maxwell, Lee & Reed, Myril (1971). *The theory of graphs: A basis for network theory*. New York: Pergamon Press *

Rand, Paul (1993). *Design, form and chaos*. London: Yale University Press *

Raskin, Jef (2000). *The humane interface: New directions for designing interactive systems*. New York: Addison-Wesley Pearson Education, ACM Press *

Sales, Arnaud, Fournier, Marcel & Sénéchal, Yan (2007). Knowledge, communication, reflexive creativity and social change. Em Sales, Arnaud & Fournier, Marcel (eds.). *Knowledge, communication & creativity*. London: SAGE Publications *

Spence, Robert (2007). *Information Visualization: Design for Interaction* (2nd ed.). Harlow: Pearson Education Limited

Shneiderman, Ben (2002). *Leonardo's laptop: Human needs and the new computing technologies*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press *

Tufte, Edward (2001). *The visual display of quantitative information* (2nd ed.). Cheshire, Connecticut: Graphics Press (Primeira edição publicada em 1983)

Ware, Colin (2004). *Information visualization: Perception for design* (2nd ed.). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier

Webster, Frank (2002). *Theories of the information society* (2nd ed.). London: Routledge, Taylor & Francis Group *

Wilson, Stephen (2002). *Information art: Intersections of art, science, and technology*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press *

Wood, Andrew & Smith, Matthew (2005). *Online communication: Linking technology, identity, & culture* (2nd ed.). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers *

Wolton, Dominique (2006). *É preciso salvar a comunicação* (Isabel Magalhães, Trad.). Casal de Cambra: Caleidoscópio *

Zhang, Jin (2008). *Visualization for information retrieval*. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag

Zwaga, Harm; Boersema, Theo & Hoonhout, Henriëtte (eds.) (1999). *Visual information for everyday use: Design and research perspectives*. London: Taylor & Francis *

Dissertações e Teses

Aris, Aleks (2008). *Visualizing & exploring networks using semantic substrates*. Tese de Doutorado. Faculty of the Graduate School, College Park, University of Maryland. Maryland. USA. Disponível em <http://www.cs.umd.edu/hcil/members/phd-alumni.shtml>

Fry, Benjamin (2000). *Organic information design*. Dissertação de Mestrado, Media Arts and Sciences, School of Architecture and Planning, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts. USA. Disponível em <http://benfry.com/organic/>

Serra, Paulo (2003). *Informação e sentido: O estatuto epistemológico da informação*. Tese de Doutorado. Faculdade de Artes e Letras, Universidade da Beira Interior. Covilhã *

Artigos Científicos

Alexandre, Dulclerci & Tavares, João (2007). "Factores da percepção visual humana na visualização de dados". CMNE/CILAMCE 2007. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

Consultado em Março, 2008.

Url: <http://repositorio.up.pt/aberto/handle/10216/357?mode=full>

Arns, Inke (2005). "Read_me, run_me, execute_me: Code as executable text: Software Art and its focus on program code as performative text". *Media Art Net*, Karlsruhe.

Consultado em Fevereiro, 2008.

Url: http://www.medienkunstnetz.de/themes/generative-tools/read_me/1/

Bush, Vannevar (1945). "As may we think". Em *The Atlantic Monthly*, nº 176, July, pp. 101-108.

Consultado em Julho, 2009.

Url: <http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush>

Card, Stuart & Mackinlay, Jock (1997). "The structure of the information visualization design space". Em *IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis '97)*, pp. 92-99.

Consultado em Maio, 2009.

Url: <http://www.ifs.tuwien.ac.at/~silvia/wien/gwa/ws05/articles/Card-InfoVis97>

Cox, Geoff (2007). "Generator: The value of software art". Em *Judith Rugg (Ed.). Issues in Curating, Contemporary Art and Performance*. Bristol, England
Consultado em Abril, 2008.

Url: <http://www.anti-thesis.net/contents/texts/generator/generator.pdf>

Dietrich, Frank (1986). "Visual intelligence: The first decade of Computer Art (1965-1975)". Em *Leonardo*, Vol. 19, No. 2, pp. 159-169.

Consultado em Janeiro, 2008

Url: <http://design.osu.edu/carlson/history/PDFs/dietrich-leonardo.pdf>

Freitas, Carla; Chubachi, Olinda; Luzzardi, Paulo & Cava, Ricardo (2001). "Introdução à visualização de informações". Em *RITA*, Vol. VIII, N° 2, pp. 1-16.

Consultado em Julho, 2009.

Url:

Floridi, Luciano (2004b). "Information". Em *Macmillan, Carl (ed.) Encyclopedia of Science, Technology and Ethics (ESTE)*.

Consultado em Junho, 2009.

Url: <http://www.philosophyofinformation.net/publications/pdf/este.pdf>

Galanter, Philip (2003). "What is generative art? Complexity theory as a context of art theory". Em *Generative Art Proceedings 2003, Milan*.

Consultado em Novembro, 2007.

Url: http://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf

Galanter, Philip (2006). "Generative art and Rules-based art". *Vague Terrain 03 Articles*.

Consultado em Março, 2008.

Url: http://www.philipgalanter.com/downloads/vague_terrain_2006.pdf

Gameiro, Paulo (2008). "As Organizações em rede". Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa.

Consultado em Abril, 2009.

Url: http://bocc.ubi.pt/_listas/tematica.php?codtema=5

Graham, Lisa (2008). "Gestalt theory in interactive media". Em *Journal & Social Sciences*, Vol. 2, Issue 1.

Consultado em Abril, 2009.

Url: <http://www.scientificjournals.org/journals2008/articles/1288.pdf>

Healey, Christopher (2009). "Perception in visualization". Department Of Computer Science, North Carolina State University, North Carolina, USA.

Artigo publicado *on-line*. Ultimo *update* em 11 Maio, 2009.

Consultado em Fevereiro, 2008.

Url: <http://www.csc.ncsu.edu/faculty/healey/PP/index.html>

Ihmels, Tjark & Riedel, Julia (2004). "The methodology of generative art". *Media Art Net*, Karlsruhe.

Consultado em Fevereiro, 2008.

Url: <http://www.medienkunstnetz.de/themes/generative-tools/generative-art/1/>

Jaschko, Susanne (2005). "Process as aesthetic paradigm: a nonlinear observation of generative art". Em *Generator.x conference, Atelier Nord*, 23-24 Set. 2005, Oslo.

Consultado em Março, 2008.

Url: <http://www.sujaschko.de/downloads/170/generatortalk>

Kosara, Robert (2007). "Visualization criticism: The missing link between information visualization and art". Em *11th International Conference Information Visualization (IV '07)*, pp. 631-636.

Consultado em Abril, 2009.

Url: http://kosara.net/papers/Kosara_IV_2007.pdf

Lee, Bongshin; Plaisant, Catherine; Parr, Cynthia; Fekete, Jean-Daniel & Henry, Nathalie (2006). "Task taxonomy for graph visualization". Em *Proceedings of the 2006 AVI workshop on BEyond time and errors: novel evaluation methods for information visualization*.

Consultado em Maio, 2009.

Url: <http://www.lri.fr/~fekete/ps/TaskTaxo-Graphs.pdf>

Liu, Zhicheng; Nersessian, Nancy & Stasko, John (2007). "Distributed cognition as a theoretical framework for Information Visualization". Em *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 2008*, vol. 14, no. 6, pp. 1173-1180.

Consultado em Junho, 2009.

Url: <http://www.viscenter.uncc.edu/TechnicalReports/infovis08-dcog.stasko.pdf>

Mackinlay, Jock (1986). "Automating the design of graphical presentations of relational information". Em *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 5, nº 2, pp. 110-141.

Consultado em Maio, 2009.

Url: <http://www2.parc.com/istl/groups/uir/publications/items/UIR-1986-02-Mackinlay-TOG-Automating.pdf>

Matossian, Vincent & Parashar, Manish (2006). "Towards autonomic control of network". Em *Proceedings of modelling autonomic communications environments (MACE) 2006*, Dublin, Ireland.

Consultado em Julho, 2009.

Url: <http://www.caip.rutgers.edu/TASSL/Papers/TowardsAutonomicControlNetwork.pdf>

Mazza, Ricardo (2004). "Introduction to information visualisation". Faculty of Communications Sciences, University of Lugano, Lugano, Italy.

Consultado em Abril, 2008.

Url: http://web.dti.supsi.ch/~mazza/infovis_introduction.pdf

North, Chris (2005). "Information visualization". Em *Salvendy, G. (ed.) Handbook of human factors and ergonomics (3rd ed.)*. New York: John Wiley & Sons, pp. 1222-1246.

Consultado em Março, 2009.

Url: <http://infovis.cs.vt.edu/papers/Papers.html>

Moere, Andrew & Lau, Andrea (2007). "Towards a model of information aesthetics in information visualization". Em *11th International Conference Information Visualization (IV '07)*, pp. 87-92. IEEE, Zurich, Switzerland.

Consultado em Abril, 2008.

Url: <http://web.arch.usyd.edu.au/~andrew/publications/iv07.pdf>

Moere, Andrew (2005). "Form follows data: The symbiosis between design & information visualization". Em *International Conference on Computer-Aided Architectural Design (CAADfutures'05)*, pp. 31-40, OKK Verlag, Vienna, Austria.

Consultado em Maio, 2009.

Url: <http://web.arch.usyd.edu.au/~andrew/publications/caadfutures05.pdf>

Moere, Andrew (2007). "Aesthetic data visualization as a resource for educating creative design: From information visualization over ambient display to data art". Em *International Conference on Computer-Aided Architectural Design (CAADfutures'07)*.

Consultado em Abril, 2008.

Url: <http://web.arch.usyd.edu.au/~andrew/publications/caadfutures07.pdf>

McCormack, Jon & Dorin, Alan (2001). "Art, emergence and the computational sublime". Em *Proceedings of Second Iteration: A conference on generative systems in the electronic Arts*. CEMA, pp. 67-81.

Consultado em Abril, 2008.

Url: <http://www.csse.monash.edu.au/~jonmc/research/Papers/art-2it.pdf>

Plaza, Julio (1990). “Arte e interactividade: Autor-obra-recepção”. Departamento de Artes Plásticas da ECA-USP, São Paulo, Brazil.

Consultado em Janeiro, 2008.

Url: <http://www.cap.eca.usp.br/ars2/arteeinteratividade.pdf>

Recuero, Raquel (2004). “Redes sociais na internet: Considerações iniciais”. *IV Encontro dos Núcleos de Pesquisa da XXVII INTERCOM*, Porto Alegre/RS. Escola de Comunicação, Universidade Católica de Pelotas, Brazil.

Consultado em Maio de 2009.

Url: <http://bocc.ubi.pt/pag/recuero-raquel-redes-sociais-na-internet.pdf>

Shedroff, Nathan (1994). “Information interaction design: A unified field theory of design”. Em *Jacobson, Bob (ed.). Information Design. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press*, 1999.

Consultado em Junho, 2009.

Url: <http://www.nathan.com/thoughts/unified/index.html>

Shneiderman, Ben (1996). “The eyes have it: A task by data type taxonomy for informations visualizations”. Em *Proceedings of 1996 IEEE Visual Language*, pp. 336-343. Human-Computer Interaction Lab, Department of Computer Science, University of Maryland, Maryland, USA.

Consultado em Março, 2009.

Url: <http://www.lib.umd.edu/drum/handle/1903/466>

Ware, Colin & Bobrow, Robert (2004). “Supporting visual queries on medium sized node-link diagrams”. Em *Palgrave Macmillan*, Vol. 4, Issue 1, Spring 2005, pp. 49-59. Data Visualization Research Lab, University of New Hampshire, Durham, UK.

Consultado em Maio, 2009.

Url: http://ccom.unh.edu/vislab/PDFs/Vis%20Queries_.pdf

Watz, Mariuz (2006). “Fragments on generative art”. *Vague Terrain 03 Articles*.

Consultado em Fevereiro, 2008.

Url: <http://www.vagueterrain.com>

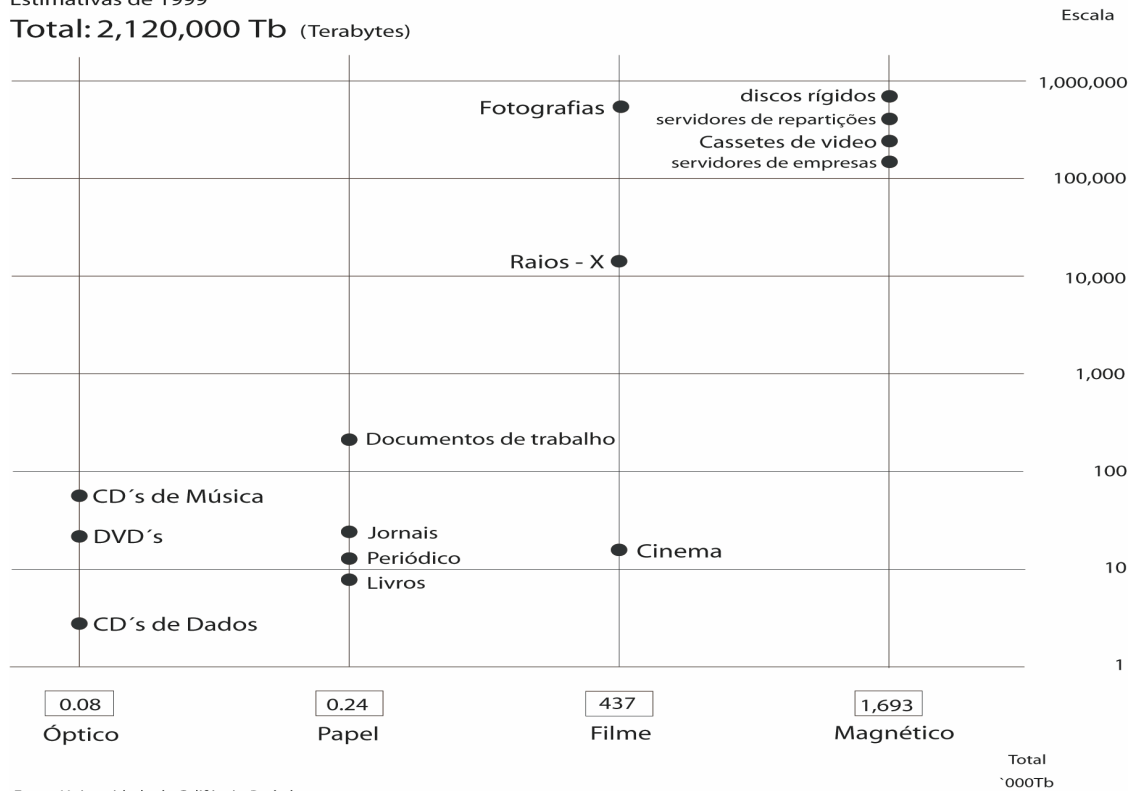
ANEXOS

Anexo 1: Produção Mundial de Dados. Estimativas pela Universidade da Califórnia, Berkeley

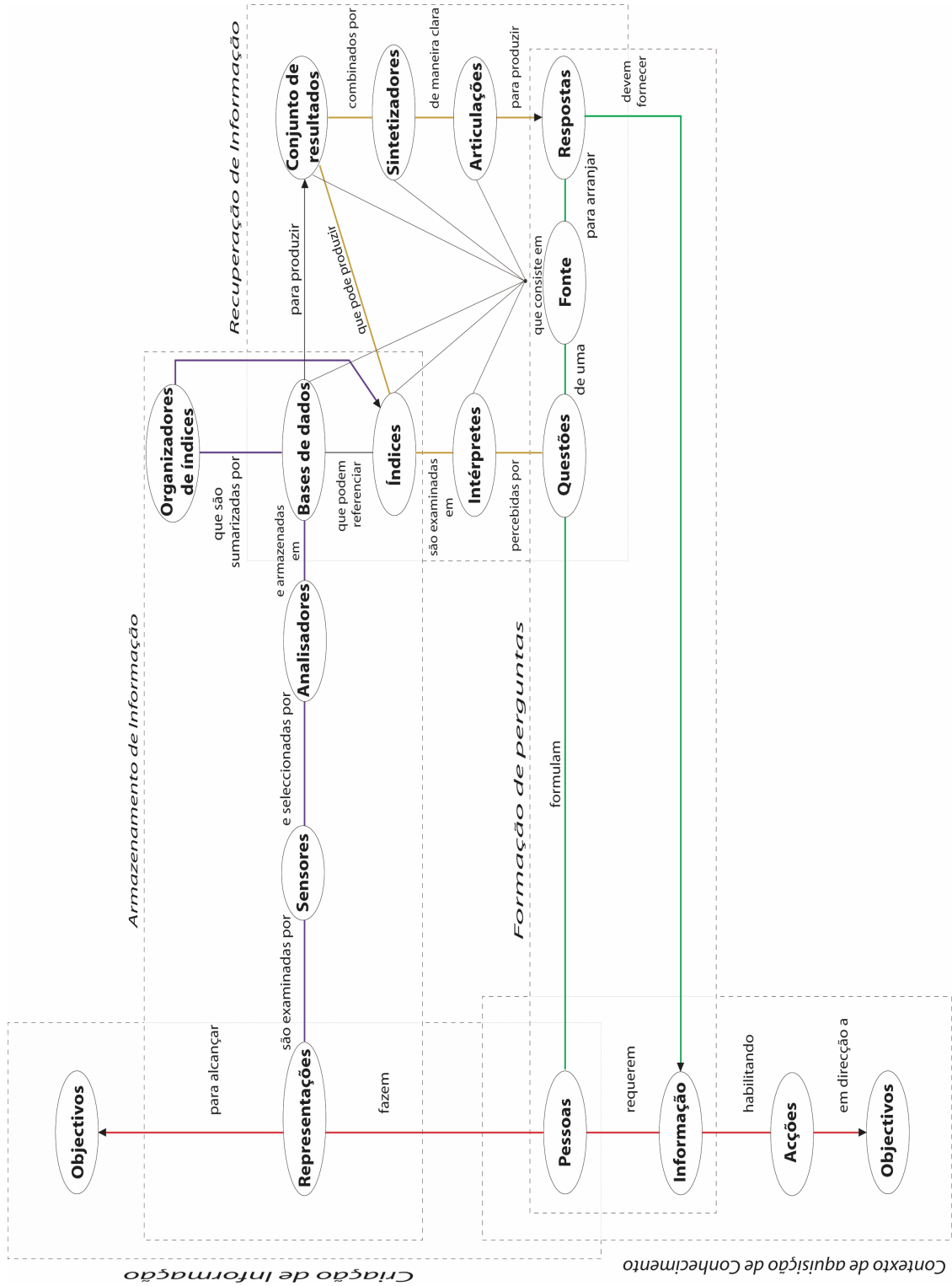
Produção mundial de dados

Estimativas de 1999

Total: 2,120,000 Tb (Terabytes)



Anexo 2: Mapa de conceitos da pesquisa na internet, Hugh Dubberly e Matt Leacock, 1995/2000 (adaptado).



Anexo 3: Ciclo de design e investigação empírica, N. Roozenburg e J. Eekels, 1995.

