

Fundamentos em Visualização

SCC5836 – Visualização Computacional

Profa. Maria Cristina
cristina@icmc.usp.br

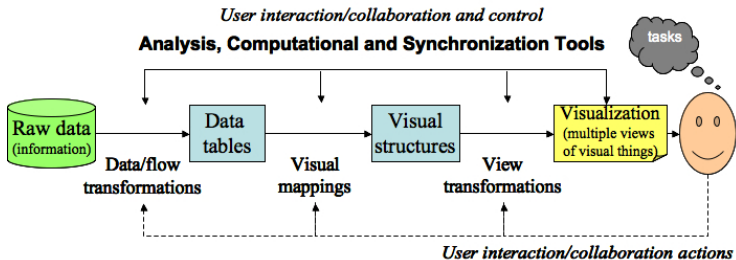
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC)
Universidade de São Paulo (USP)

VICG Grupo de Visualização,
 **Imagens e Computação Gráfica**

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Taxonomias
- 5 Referências

Processo de Visualização

- No **pipeline de visualização** usuários podem **interagir** em **qualquer ponto** e cada **ligação** entre blocos é um mapeamento **muitos-para-muitos**



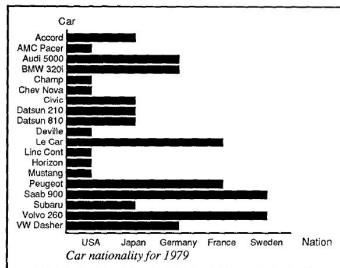
Processamento e Transformação de Dados

- Primeiro passo: **pré-processamento e transformação dos dados** em um formato adequado para ser processado
 - Tratar valores **ausentes** (interpolação, ...)
 - Identificar dados **errados**
 - Reduzir a **quantidade** de dados (amostragem, filtragem ou agregação)
 - **Normalizar** os dados

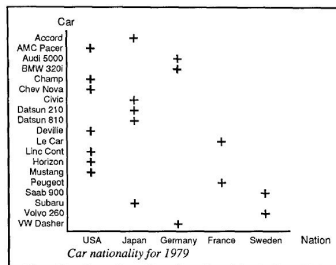
- Segundo passo: dados são **mapeados em representações gráficas** específicas
 - Escolha de propriedades gráficas: posição, geometria, cor, textura, etc.

Mapeamento Visual

- Segundo passo: dados são **mapeados em representações gráficas** específicas
 - Escolha de propriedades gráficas: posição, geometria, cor, textura, etc.



apt (a)



apt (b)

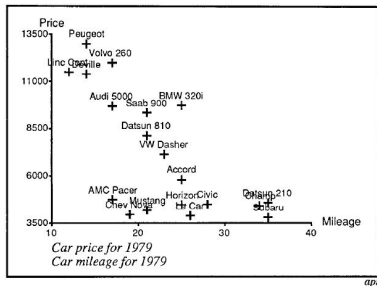
Figura: Diferentes exemplos de mapeamento visual. (a) uso inadequado de gráficos de barra e (b) uso mais adequado do gráfico de dispersão.

Mapeamento Visual

- Diferentes escolhas de mapeamento podem afetar a **efetividade** da visualização

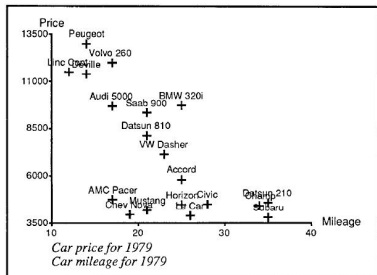
Mapeamento Visual

- Diferentes escolhas de mapeamento podem afetar a **efetividade** da visualização

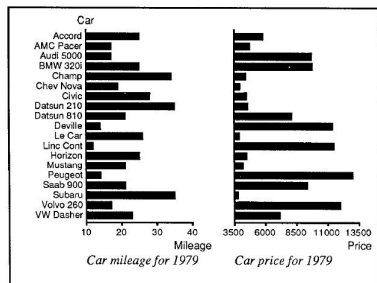


Mapeamento Visual

- Diferentes escolhas de mapeamento podem afetar a **efetividade** da visualização



api



api

Mapeamento Visual

- Diferentes escolhas de mapeamento podem afetar a **efetividade** da visualização

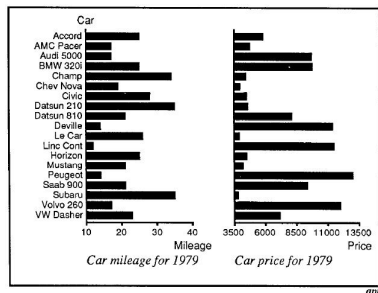
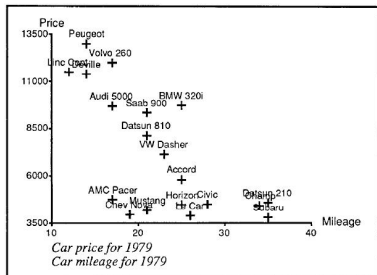


Figura: Na análise do preço e consumo dos carros, a efetividade dessas representações pode ser muito diferente. Por exemplo, “qual carro com preço acima de US\$11,000 apresenta melhor consumo?”.

Medidas de Qualidade

- Como a medir a **qualidade de uma visualização**?
- Duas medidas são essenciais:
 - Expressividade
 - Efetividade

Expressividade

- Uma visualização é **expressiva** se transmite toda e tão somente a informação desejada
- Pode ser dada pela razão entre a informação transmitida de fato e a informação que se deseja transmitir:
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que a desejada

Expressividade

- Uma visualização é **expressiva** se transmite toda e tão somente a informação desejada
- Pode ser dada pela razão entre a informação transmitida de fato e a informação que se deseja transmitir:
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que a desejada
 - $M_{exp} > 1$ transmite mais informação do que a desejada

Expressividade

- Uma visualização é **expressiva** se transmite toda e tão somente a informação desejada
- Pode ser dada pela razão entre a informação transmitida de fato e a informação que se deseja transmitir:
 - $M_{exp} < 1$ transmite menos informação do que a desejada
 - $M_{exp} > 1$ transmite mais informação do que a desejada
 - $M_{exp} = 1$ transmite exatamente a informação desejada (o ideal)

Efetividade

- Uma visualização é **efetiva** se pode ser **interpretada corretamente e rapidamente**, a um custo de *rendering* aceitável
- Pode ser dada por ($0 < M_{eff} < 1$)

$$M_{eff} = \frac{1}{(1 + T_{interpretar} + T_{desenhar})}$$

Efetividade

- Uma visualização é **efetiva** se pode ser **interpretada corretamente e rapidamente**, a um custo de *rendering* aceitável
- Pode ser dada por ($0 < M_{eff} < 1$)

$$M_{eff} = \frac{1}{(1 + T_{interpretar} + T_{desenhar})}$$

- Quanto maior M_{eff} , maior a efetividade da visualização
- Se M_{eff} é pequeno, ou o esforço de interpretação, ou o esforço de desenho, são muito altos

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos**
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Taxonomias
- 5 Referências

- **Semiologia:** ciência que **estuda** como um **símbolo** ou **marcador gráfico** é **interpretado**
 - Qualquer representação construída no plano Euclideano é formada por símbolos gráficos
 - Diagramas, gráficos, mapas, figuras, desenhos, etc.

Símbolos e Visualizações

- Algumas imagens são **reconhecidas universalmente**, sem esforço (processamento pré-atentivo)
- Algumas imagens demandam esforço. Interpretação envolve **dois estágios**:
 - ① reconhecer os elementos **gráficos**

Símbolos e Visualizações

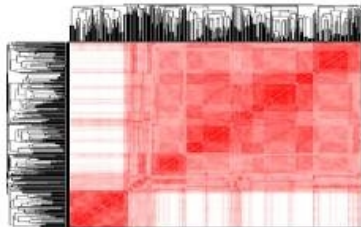
- Algumas imagens são **reconhecidas universalmente**, sem esforço (processamento pré-atentivo)
- Algumas imagens demandam esforço. Interpretação envolve **dois estágios**:
 - 1 reconhecer os elementos **gráficos**
 - 2 identificar a **relação** entre eles

Símbolos e Visualizações

- Algumas imagens são **reconhecidas universalmente**, sem esforço (processamento pré-atentivo)
- Algumas imagens demandam esforço. Interpretação envolve **dois estágios**:
 - 1 reconhecer os elementos **gráficos**
 - 2 identificar a **relação** entre eles

Símbolos e Visualizações

- Algumas imagens são **reconhecidas universalmente**, sem esforço (processamento pré-atentivo)
- Algumas imagens demandam esforço. Interpretação envolve **dois estágios**:
 - 1 reconhecer os elementos **gráficos**
 - 2 identificar a **relação** entre eles



- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
 - Qualquer **padrão** observado na tela deve corresponder a um **padrão presente nos dados**, caso contrário temos um artefato

- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
 - Qualquer **padrão** observado na tela deve corresponder a um **padrão presente nos dados**, caso contrário temos um artefato

Símbolos e Visualizações

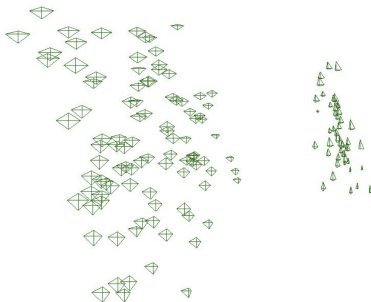
- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
 - Qualquer **padrão** observado na tela deve corresponder a um **padrão presente nos dados**, caso contrário temos um artefato
- Similaridade nos dados \Leftrightarrow similaridade visual dos símbolos correspondentes

Símbolos e Visualizações

- A descoberta de relações ou padrões começa pelo **mapeamento** entre os **dados** e os **símbolos gráficos**
 - Qualquer **padrão** observado na tela deve corresponder a um **padrão presente nos dados**, caso contrário temos um artefato
- Similaridade nos dados \Leftrightarrow similaridade visual dos símbolos correspondentes
- Ordem entre os itens de dados \Leftrightarrow ordem visual entre os símbolos correspondentes

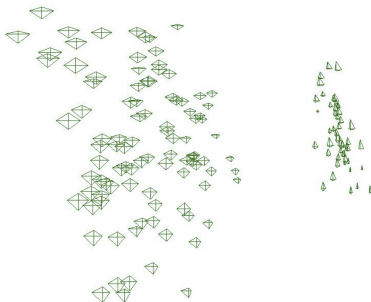
Análise de um Gráfico

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)



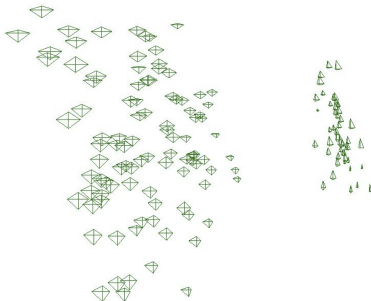
Análise de um Gráfico

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)



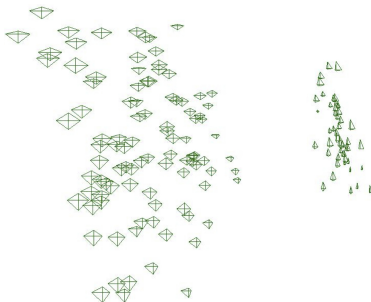
Análise de um Gráfico

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, analisamos casos especiais (e.g., elementos sem relação com os grupos)



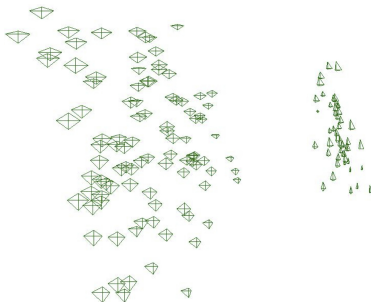
Análise de um Gráfico

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, analisamos casos especiais (e.g., elementos sem relação com os grupos)



Análise de um Gráfico

- Ao analisar um gráfico
 - Primeiro **percebemos grupos** de objetos (pré-atentivamente)
 - Então tentamos **categorizar** esses grupos (cognitivamente)
 - Por fim, analisamos casos especiais (e.g., elementos sem relação com os grupos)



- Esse é o processo a ser suportado (pela visualização) nas tarefas de análise

Sumário

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos
- 3 As Oito Variáveis Visuais**
- 4 Taxonomias
- 5 Referências

As Oito Variáveis Visuais

- Uma maneira de codificar dados em uma representação gráfica é **mapear** diferentes itens e seus atributos em **diferentes marcadores gráficos**

As Oito Variáveis Visuais

- Uma maneira de codificar dados em uma representação gráfica é **mapear** diferentes itens e seus atributos em **diferentes marcadores gráficos**
- Elementos gráficos têm propriedades: cor, tamanho, etc. (variáveis visuais)
- É possível **codificar até oito variáveis visuais**
 - 1 posição (disposição espacial)
 - 2 formato (marcador)
 - 3 tamanho
 - 4 brilho
 - 5 cor
 - 6 orientação
 - 7 textura
 - 8 movimento

- **Posição** (1D, 2D ou 3D) é a variável gráfica mais importante
 - A interpretação de uma visualização começa pela leitura do arranjo espacial

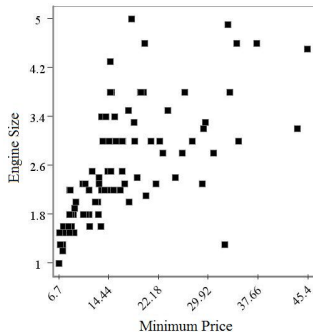
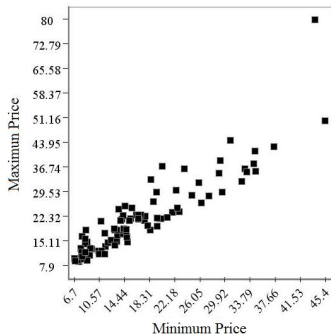


Figura: Exemplos de representação com sobreposição (a) e com melhor espalhamento (b).

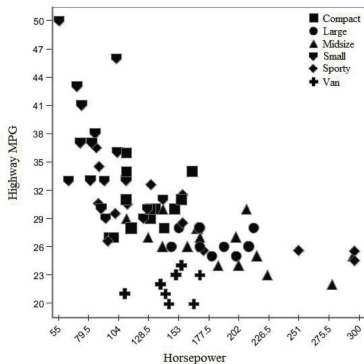
- **Qualquer elemento gráfico** pode ser usado como um **marcador**, incluindo símbolos letras e palavras



Figura: Exemplos de marcadores gráficos.

Marcador ou Forma

- **Marcadores** devem ser o mais **diferentes** possível entre si, de modo a serem **facilmente distinguíveis**
 - Os diferentes marcadores devem ter **área e complexidade similares** para evitar que um predomine sobre os demais



Tamanho (Comprimento, Área e Volume)

- Posição e formato são as variáveis determinantes, as demais apenas afetam a aparência dessas representações, por exemplo, o **tamanho ou cor** dos marcadores



Tamanho (Comprimento, Área e Volume)

- **Tamanho** pode mapear **variáveis contínuas e categóricas**.
- No segundo caso, melhor considerar poucas categorias

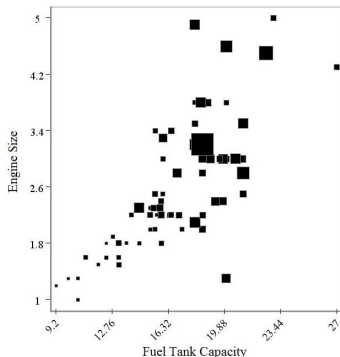


Figura: Tamanho do marcador utilizado para mapear um atributo contínuo (preço do carro).

- Pode-se utilizar um número grande de valores de **Brilho** (ou luminância), mas nem todos os valores serão distinguidos
 - Deve-se considerar somente um **conjunto reduzido de valores** de brilho



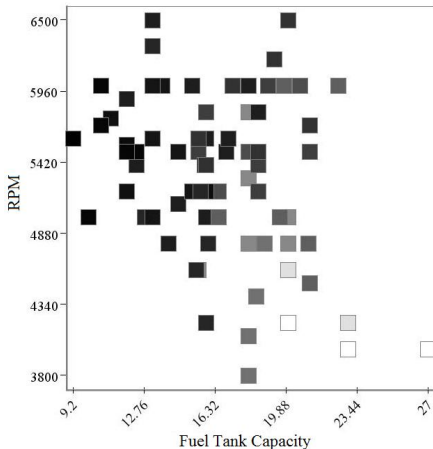


Figura: Exemplo da utilização de brilho para mapear um atributo contínuo (tamanho do carro).

- **Cor** é definida em termos da **saturação e tonalidade**
 - Tonalidade (matiz) é determinado pelo comprimento da onda dominante

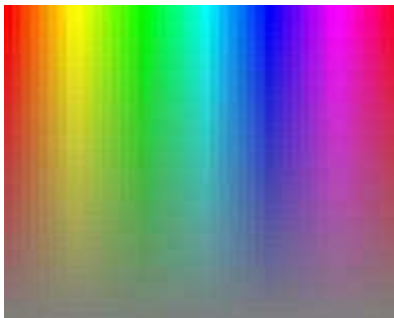


Figura: Tonalidade definida na horizontal, saturação na vertical.

- **Cor** é definida em termos da **saturação e tonalidade**
 - Tonalidade (matiz) é determinado pelo comprimento da onda dominante
 - Saturação é a concentração de tonalidade, relativamente ao cinza (pureza da cor)

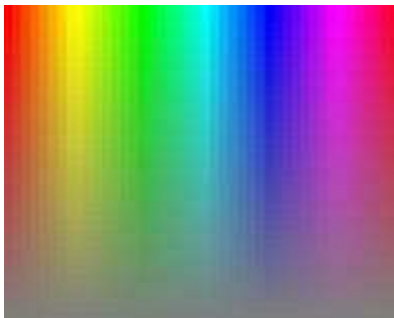
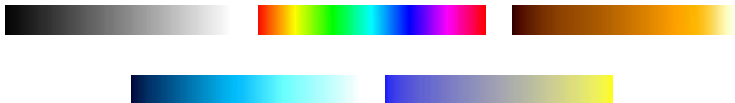


Figura: Tonalidade definida na horizontal, saturação na vertical.

- **Mapa de cores** (*colormap*): define como os valores são mapeados em cores
 - Pode ser empregado para mapear atributos **contínuos** ou **nominais** (poucos valores)



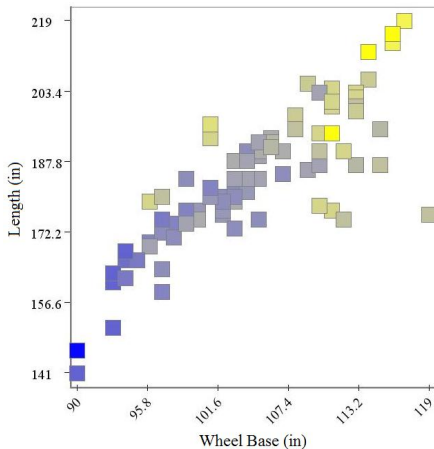


Figura: Exemplo de uso de cor para mapear um atributo contínuo (comprimento do carro).

- **Orientação** ou direção de um marcador é processada **pré-atentivamente**
 - Não é aplicável a todos os marcadores: mais adequado aos que **apresentam um único eixo natural**



Orientação

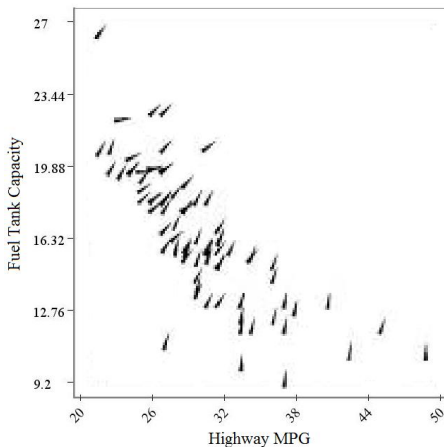
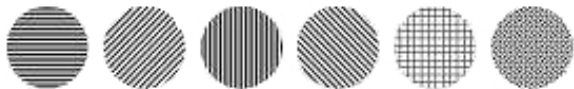


Figura: Exemplo de uso de orientação para mapear um atributo contínuo (preço médio do carro).

- **Textura** pode ser interpretada como a **combinação de diversas variáveis gráficas**, como formato, cor e orientação



Textura

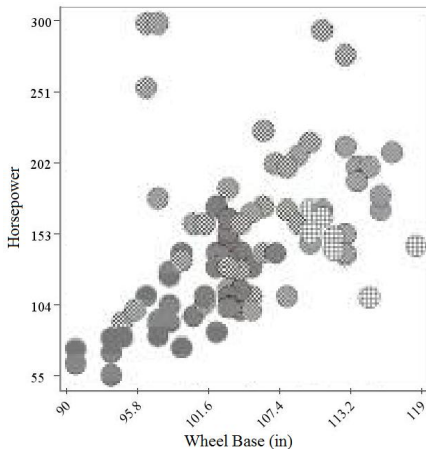


Figura: Exemplo do uso de textura para mapear um atributo categórico (tipo de carro).

Movimento

- **Movimento** pode ser associado a qualquer das outras variáveis visuais
 - Importante para indicar **variação temporal**

- **Movimento** pode ser associado a qualquer das outras variáveis visuais
 - Importante para indicar **variação temporal**

- G. Robertson, R. Fernandez, D. Fisher, B. Lee, J. Stasko. **Effectiveness of Animation in Trend Visualization.** *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 14, no. 6, pp. 1325-1332, November/December, 2008

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Taxonomias**
- 5 Referências

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia para visualização em termos de **dados** e **tarefas**

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia para visualização em termos de **dados** e **tarefas**
- Os tipos de **dados** são
 - linear unidimensional

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia para visualização em termos de **dados** e **tarefas**
- Os tipos de **dados** são
 - linear unidimensional
 - mapa bidimensional

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia para visualização em termos de **dados** e **tarefas**
- Os tipos de **dados** são
 - linear unidimensional
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia para visualização em termos de **dados** e **tarefas**
- Os tipos de **dados** são
 - linear unidimensional
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia para visualização em termos de **dados** e **tarefas**
- Os tipos de **dados** são
 - linear unidimensional
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal
 - multidimensional

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia para visualização em termos de **dados** e **tarefas**
- Os tipos de **dados** são
 - linear unidimensional
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal
 - multidimensional
 - árvore

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Shneiderman [Shneiderman, 1996] propôs uma taxonomia para visualização em termos de **dados** e **tarefas**
- Os tipos de **dados** são
 - linear unidimensional
 - mapa bidimensional
 - mundo tridimensional
 - temporal
 - multidimensional
 - árvore
 - rede

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para obter detalhes quando necessário

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para obter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para obter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **História** - manter histórico para permitir retroceder

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para obter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **História** - manter histórico para permitir retroceder
 - **Extrair** - extrair itens ou atributos para facilitar outros usos

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para obter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **História** - manter histórico para permitir retroceder
 - **Extrair** - extrair itens ou atributos para facilitar outros usos

Taxonomia Tipos de Dados por Tarefas

- Os tipos de **tarefas**, mais **centradas nas atividades** de um analista, são
 - **Visão geral** - obter uma visão geral dos dados
 - **Zoom** - ganhar uma visão detalhada de uma região específica
 - **Filtro** - filtrar elementos não interessantes (reduz tamanho da busca)
 - **Detalhes-sob-demanda** - selecionar um item ou grupo para obter detalhes quando necessário
 - **Relacionar** - identificar relações entre itens
 - **História** - manter histórico para permitir retroceder
 - **Extrair** - extrair itens ou atributos para facilitar outros usos
- Segundo Shneiderman, uma ferramenta efetiva deveria prover tudo!

- Keim [Keim, 2002] propôs uma classificação baseada em **três eixos**
 - tipos de dados
 - técnicas de visualização
 - métodos de interação/distorção

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.
 - **multidimensionais** - planilhas eletrônicas, tabelas relacionais, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.
 - **multidimensionais** - planilhas eletrônicas, tabelas relacionais, etc.
 - **texto e hipertexto** - notícias, documentos web, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.
 - **multidimensionais** - planilhas eletrônicas, tabelas relacionais, etc.
 - **texto e hipertexto** - notícias, documentos web, etc.
 - **hierarquia e grafos** - tráfego de rede/telefonia, modelos de sistemas dinâmicos, etc.

- Os **dados** são classificados em
 - **unidimensionais** - dados temporais, preços de ações, etc.
 - **bidimensionais** - mapas, plantas, etc.
 - **multidimensionais** - planilhas eletrônicas, tabelas relacionais, etc.
 - **texto e hipertexto** - notícias, documentos web, etc.
 - **hierarquia e grafos** - tráfego de rede/telefonia, modelos de sistemas dinâmicos, etc.
 - **algoritmos e software** - software, memória, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D padrão** - gráficos xy, xyz, gráficos de linhas, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D padrão** - gráficos xy , xyz , gráficos de linhas, etc.
 - **Displays geometricamente transformados** - matrizes de *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D padrão** - gráficos xy , xyz , gráficos de linhas, etc.
 - **Displays geometricamente transformados** - matrizes de *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.
 - **Display iconográficos** - *star icons*, *Chernoff faces*, *stick figure icons*, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D padrão** - gráficos xy, xyz, gráficos de linhas, etc.
 - **Displays geometricamente transformados** - matrizes de *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.
 - **Display iconográficos** - *star icons*, *Chernoff faces*, *stick figure icons*, etc.
 - **Display denso de pixels** - padrões recursivos, segmento de círculos, etc.

- As **técnicas de visualização** são classificadas em
 - **Displays 2D/3D padrão** - gráficos xy, xyz, gráficos de linhas, etc.
 - **Displays geometricamente transformados** - matrizes de *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.
 - **Display iconográficos** - *star icons*, *Chernoff faces*, *stick figure icons*, etc.
 - **Display denso de pixels** - padrões recursivos, segmento de círculos, etc.
 - **Displays empilhados** - *dimensional stacking*, *treemaps*, *cone trees*, etc.

- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.

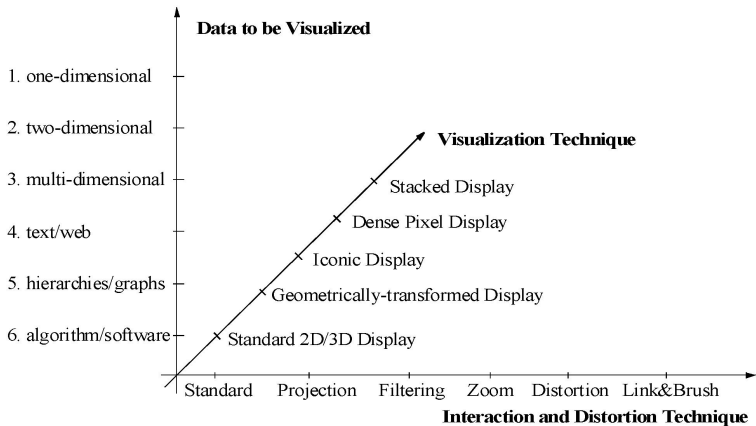
- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.
 - **Filtros interativos** - *magic lenses*, *InforCrystal*, etc.

- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.
 - **Filtros interativos** - *magic lenses*, *InforCrystal*, etc.
 - **Zoom interativo** - *TableLens*, *IVEE/Spotfire*, etc.

- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.
 - **Filtros interativos** - *magic lenses*, *InforCrystal*, etc.
 - **Zoom interativo** - *TableLens*, *IVEE/Spotfire*, etc.
 - **Distorção interativa** - distorções esféricas e hiperbólicas, displays bifocais, *perpective wall*, *fisheye lens*, etc.

- As técnicas de **distorção** e **interação** são classificadas em
 - **Projeção Dinâmica** - *grand tour*, *XGobi*, etc.
 - **Filtros interativos** - *magic lenses*, *InforCrystal*, etc.
 - **Zoom interativo** - *TableLens*, *IVEE/Spotfire*, etc.
 - **Distorção interativa** - distorções esféricas e hiperbólicas, displays bifocais, *perspective wall*, *fisheye lens*, etc.
 - **Linking and brushing interativo** - múltiplos *scatterplots*, coordenadas paralelas, etc.

Taxonomia de Keim



Sumário

- 1 Processo de Visualização
- 2 Semiologia de Símbolos Gráficos
- 3 As Oito Variáveis Visuais
- 4 Taxonomias
- 5 Referências

- Ward, M., Grinstein, G. G., Keim, D. **Interactive data visualization foundations, techniques, and applications.** Natick, Mass., A K Peters, 2010.



Keim, D. A. (2002).

Information visualization and visual data mining.

IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 8:1–8.



Shneiderman, B. (1996).

The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations.

In Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Visual Languages, pages 336–, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.