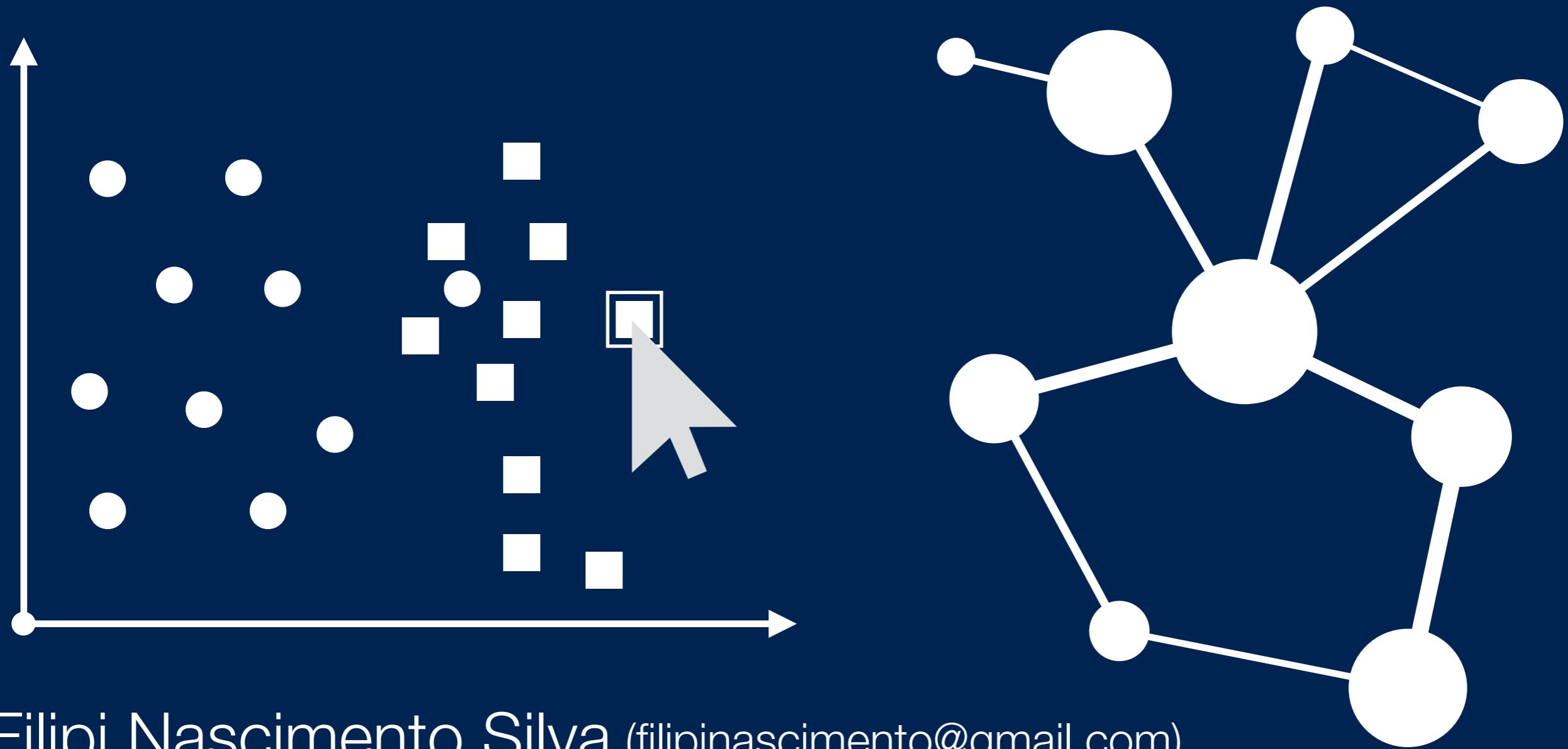


# Introdução à visualização interativa de redes complexas



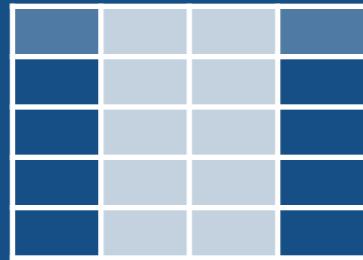
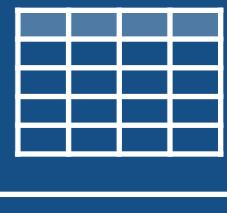
Filipi Nascimento Silva ([filipinascimento@gmail.com](mailto:filiptnascimento@gmail.com))

SIFSC

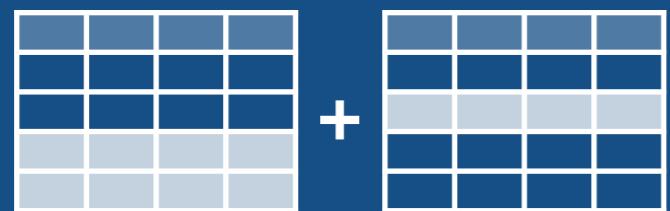
# Resumo da apresentação

- Visualização de dados
  - Introdução
  - Tipos de visualização
  - Scatter plots
  - Dados com alta dimensão
  - Redução de dimensionalidade
  - Mapa de Minard
- Visualização interativa
  - Introdução
  - Tipos de interação
  - Exemplos d3.js
- Redes Complexas
  - Introdução
  - Propriedades
  - Modelos
  - Comunidades
- Geração de redes a partir de dados
  - Correlação
  - Estruturas biológicas
  - Textos
  - Semântica
- Visualização de redes
  - Introdução
  - Método direcionado por forças
  - Simulação molecular
  - Estabilidade e Optimização
- Exemplos de visualização
- Ferramentas
- Referências

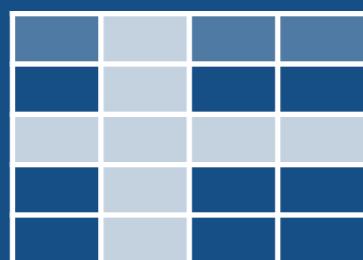
# Visualização de dados



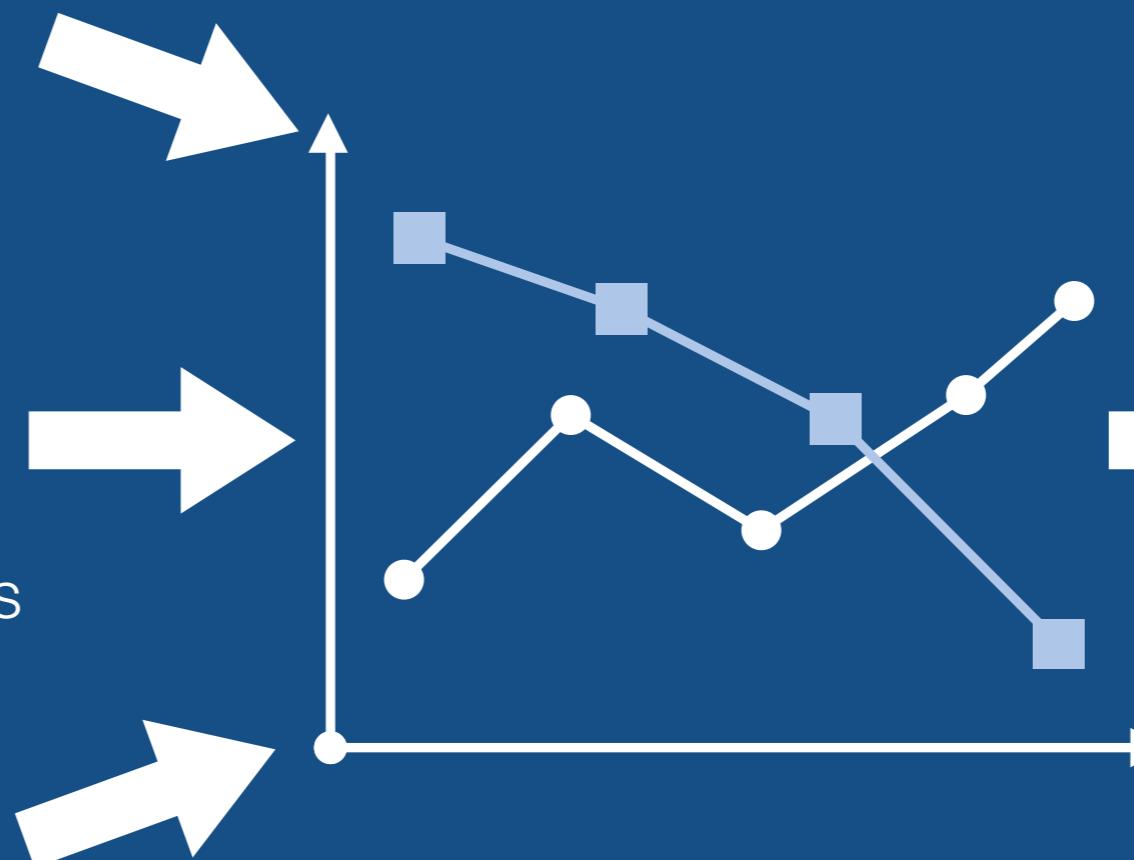
Sumarizar informação



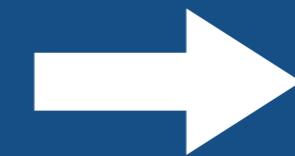
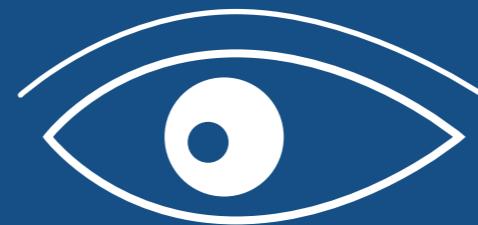
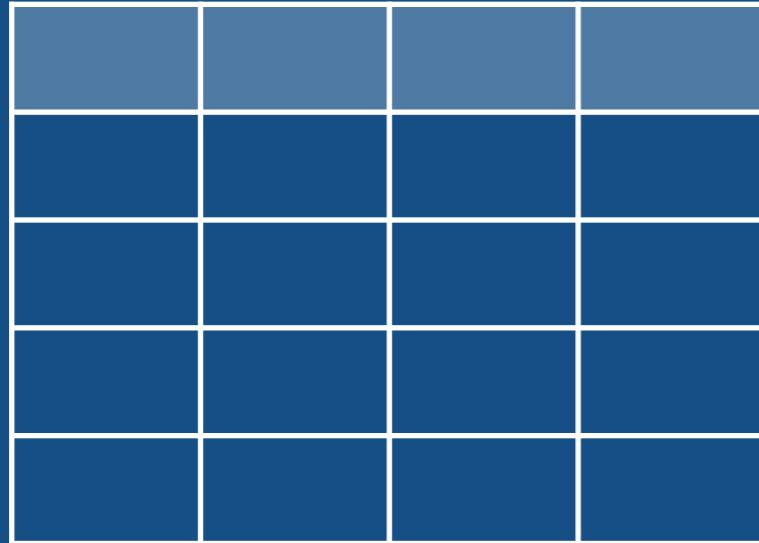
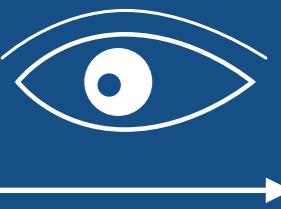
Relações entre elementos



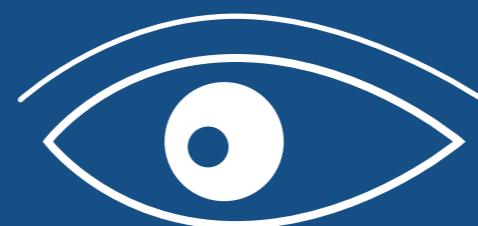
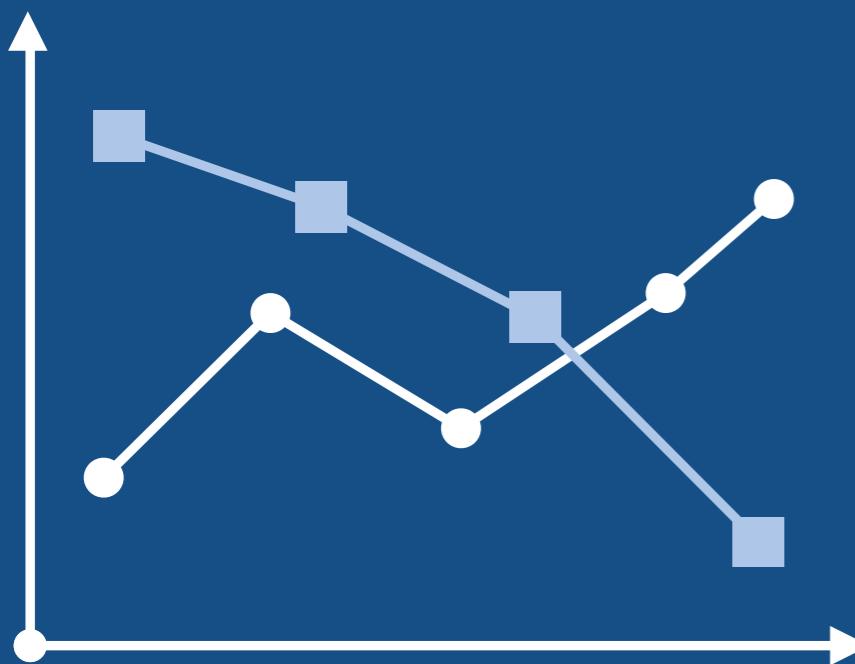
Destacar informação



# Visualização de dados



**Maior** tempo de resposta

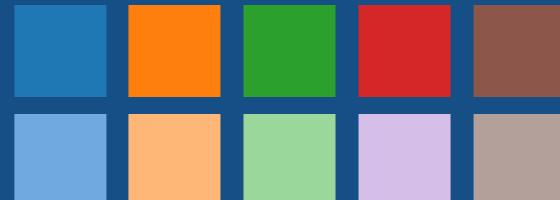


**Menor** tempo de resposta  
maior aproveitamento  
do cortex visual

# Visualização de dados



Seguir contornos e linhas



Detectar cores



Detector formas simples



Detector orientação

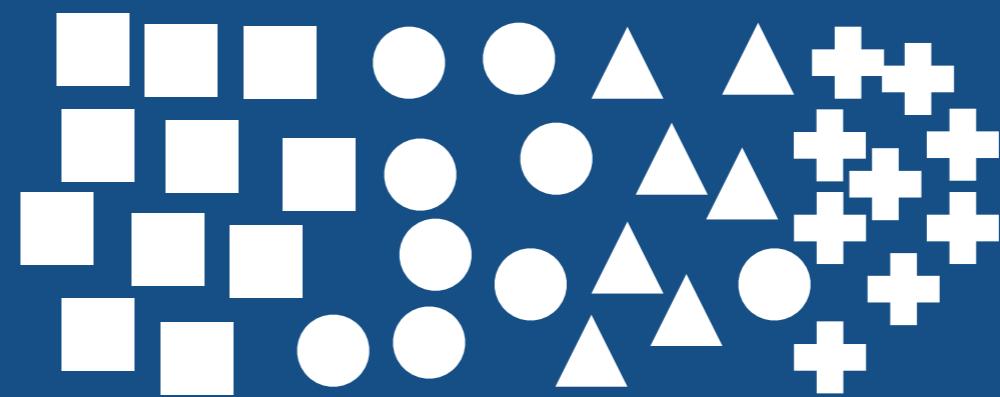


Detector tamanho

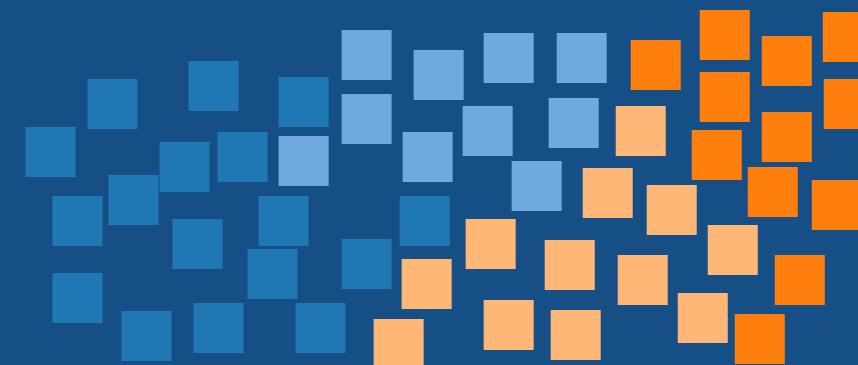
etc



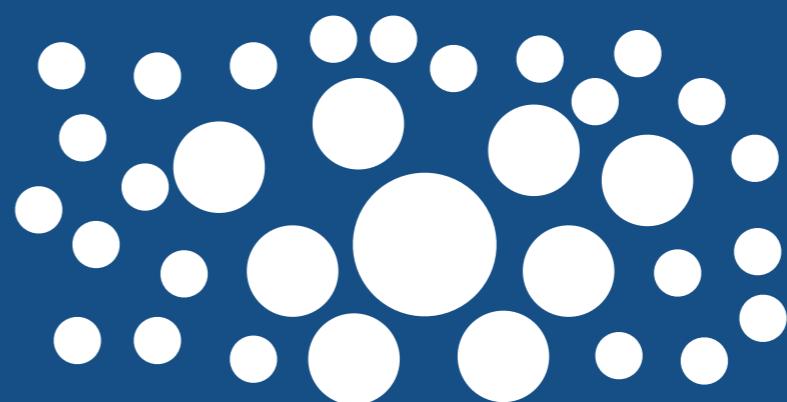
# Visualização de dados



Gradiente de formas



Gradiente de cores



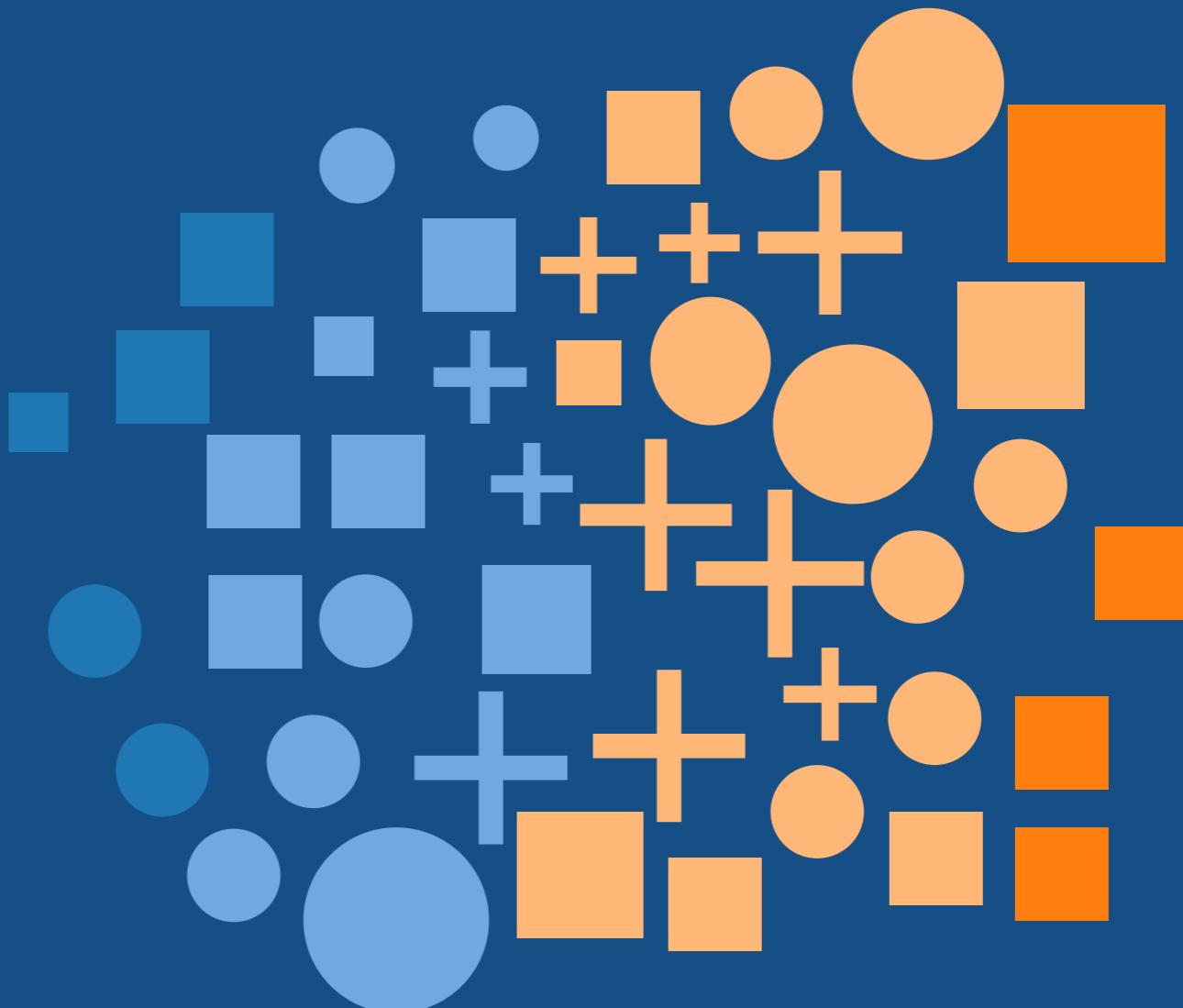
Gradiente de escala



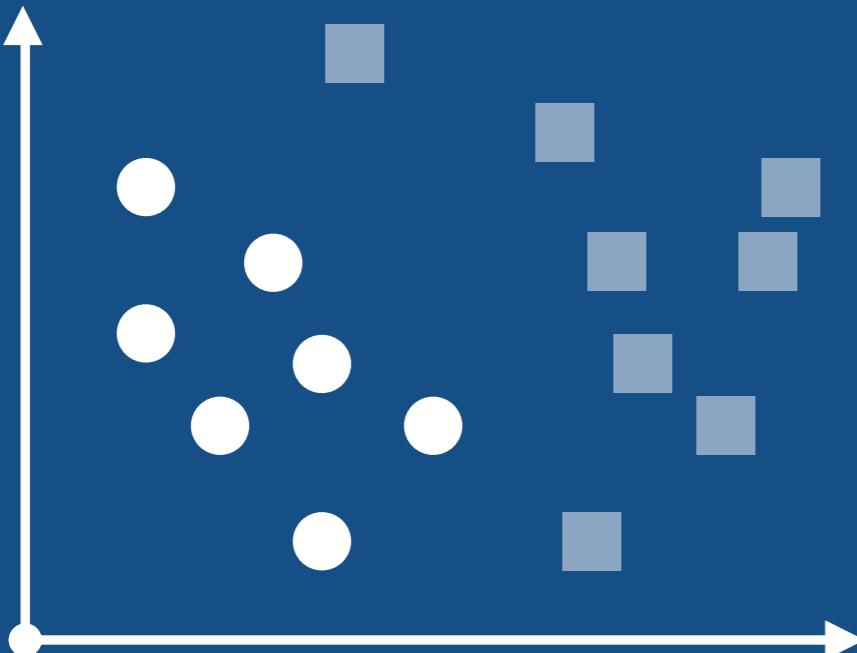
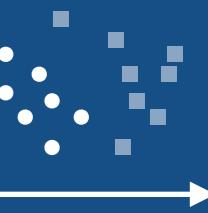
# Visualização de dados



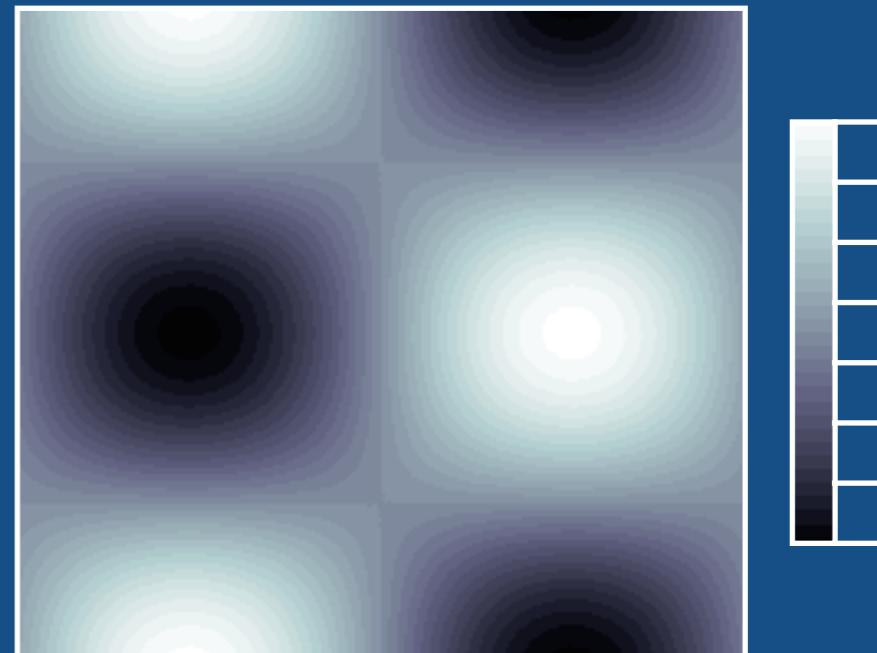
Hierarquia e confusão visual  
Tentem identificar os padrões



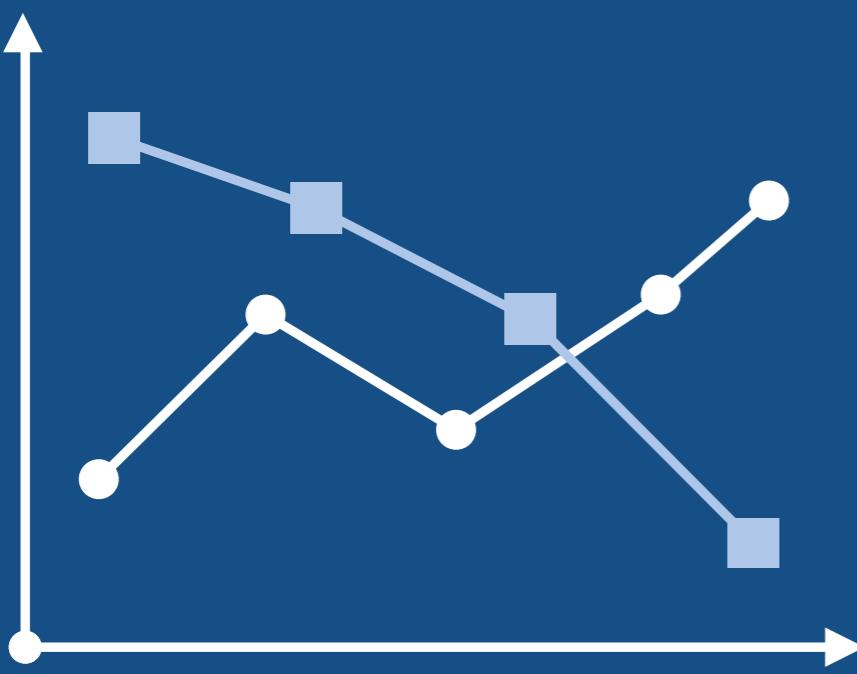
# Tipos de visualização de dados



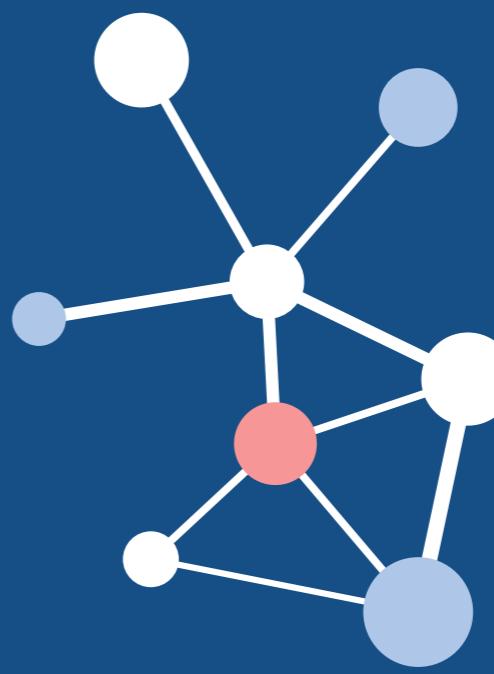
Scatter plots



Mapas de superfície



Séries temporais e  
eixos paralelos



Grafos

# Ferramentas para visualização

---

- R (<https://www.r-project.org/>)
- Matlab (<http://www.mathworks.com>)
- Scilab (<http://www.scilab.org/>)
- Mathematica (<http://www.wolfram.com/mathematica/>)
- Python+Matplotlib (<http://pypi.python.org/pypi/matplotlib>)
- GNUPlot (<http://gnuplot.info>)
- **d3.js** (<http://d3js.org/>)

# d3.js

---

- Biblioteca em Javascript e HTML5.
- Facilita o desenvolvimento de visualizações.
- Permite grande controle do processo de visualização.
- Permite usar recursos modernos dos navegadores (Canvas2D, WebGL, SVG, etc).
- Maior facilidade para interagir com elementos.
- O código gerado roda em qualquer navegador moderno.
- Pode ser embutido em websites.

# Tutoriais e refs. d3.js na Web

---

## Tutoriais

<https://github.com/mbostock/d3/wiki/Tutorials>

## Exemplos

<https://github.com/mbostock/d3/wiki/Gallery>

## API Reference

<https://github.com/mbostock/d3/wiki/API-Reference>

## Tutoriais HTML e Javascript

<http://www.w3schools.com/js/default.asp>

<https://www.codecademy.com/tracks/javascript>

<http://javascript.info/tutorial/overview>

<https://en.wikibooks.org/wiki/JavaScript>

# Configurando o ambiente

---

No Google Chrome e Chromium é necessário desativar o *Same-Origin Policy* para rodar localmente os exemplos. (Para exemplos na web, isso não é necessário).

```
"C:\Program Files (x86)\Google\Chrome\Application\chrome.exe"  
--allow-file-access-from-files
```

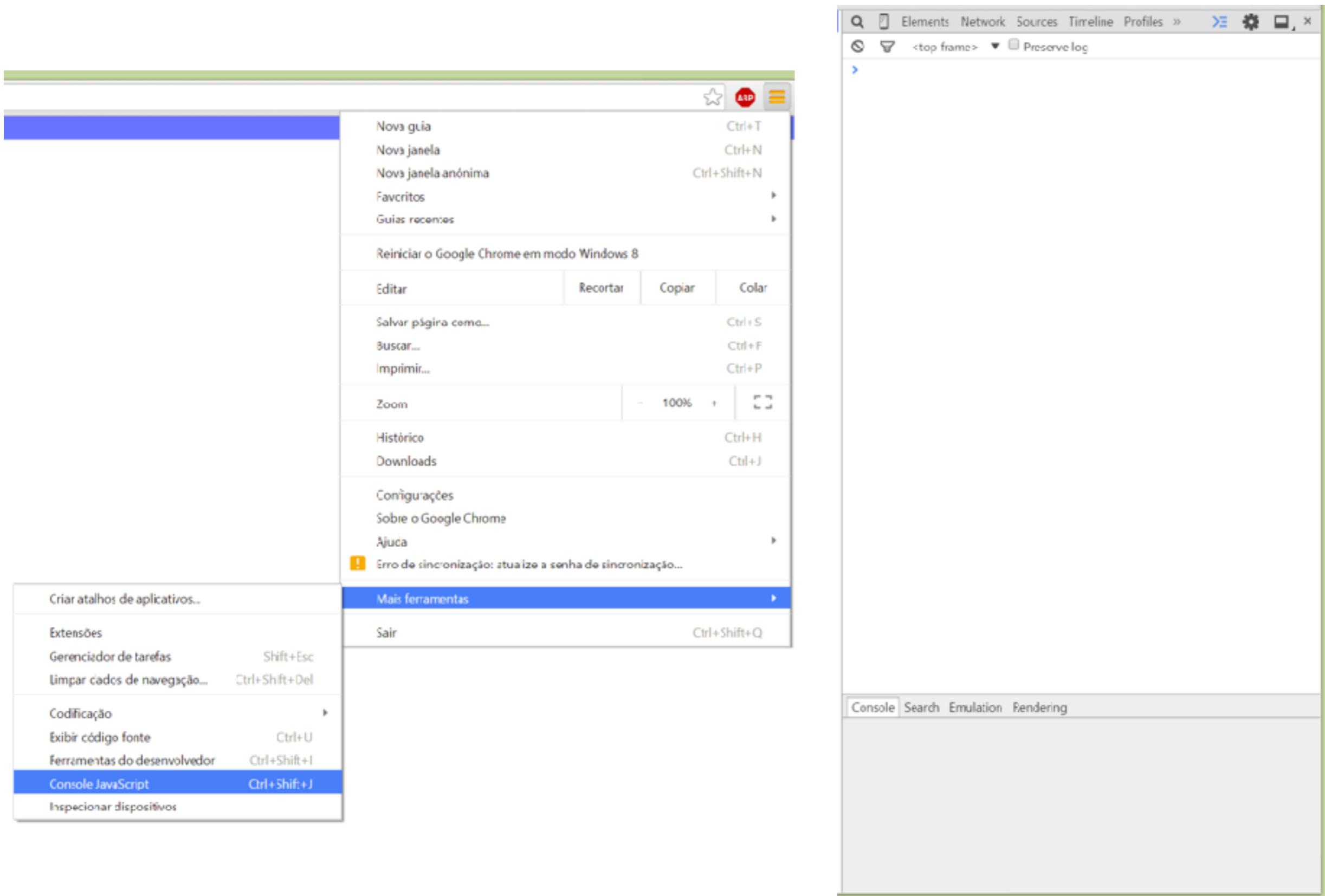
No Linux e OS X é possível rodar em modo servidor a partir da pasta:

```
python -m SimpleHTTPServer 8888 & Python 2.x  
python -m http.server 8888 & Python 3.x  
php -S localhost:8888 PHP  
ruby -run -e httpd . -p 8888 Ruby
```

Depois é só acessar <http://localhost:8888/>

Outra alternativa: usar o NWJS (<http://nwjs.io>) ou Safari (OS X).

# Abrindo o console de desenvolvimento



# Relembrando Javascript e HTML

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <meta charset="utf-8">
  <style>
    body {
      padding: 0px;
      padding-top: 2px;
    }

    #textoInfo{
      color:white;
      background-color:red;
      padding:5px;
    }

    .miniTexto{
      color:red;
      background-color:yellow;
      font-size:7pt;
      padding:1px;
    }

    #textoInfo .miniTexto{
      color:blue;
      background-color:gray;
      font-size:9pt;
      padding:1px;
    }

  </style>

  <script src="d3.min.js"></script>

  <body>
    <span>Texto normal</span>

    <span class="miniTexto">Este é um mini texto.</span>
    <span class="miniTexto">Este também é um mini texto.</span>

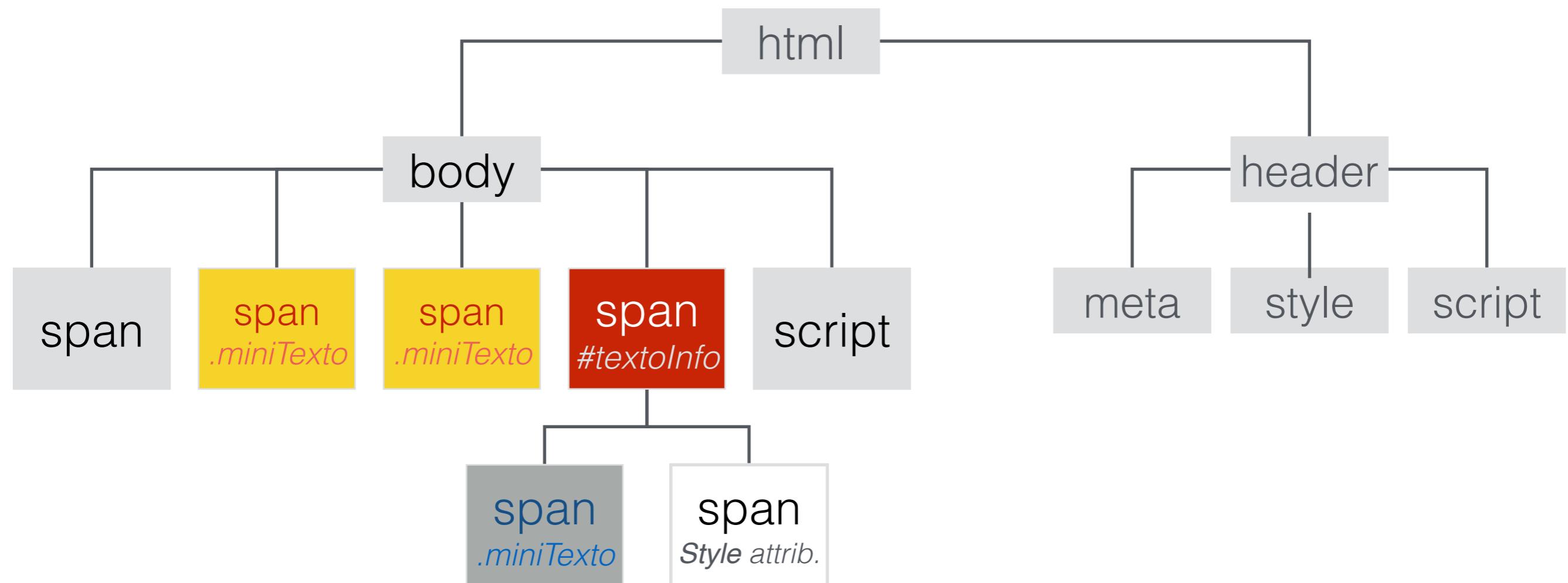
    <span id="textoInfo">
      Este é um texto informativo
      <span class="miniTexto">Mini texto no texto informativo.</span>
      <span style="background-color:white;color:black;">
        Texto formatado.
      </span>
    </span>

    <script src="relembrandoJavascript.js"></script>
  </body>
</html>
```



# Relembrando Javascript e HTML

## Estrutura DOM e seletores



# Relembrando Javascript e HTML

```
// Este eh um comentario  
  
//Definindo uma função  
function umaFuncao(primeiroParametro, segundoParametro){  
    return primeiroParametro + segundoParametro  
}  
  
// Cria uma variável a partir de um string  
var umString = "texto";  
  
// Cria uma array  
var umaArray = ["elemento1", umString, 10, 5, umaFuncao];  
  
// Imprime todos os elementos de umaArray  
for(var i=0; i<umaArray.length; i++){  
    console.log(umaArray[i]);  
}
```

```
// Monta um Objeto (também funciona como object)  
var umObjeto = {  
    "umaPropriedade": "valorDeUmaPropriedade",  
    "outraPropriedade": 10,  
    50: umaFuncao,  
    "umaFuncaoAnonima": function(parametro1){  
        return parametro1*2;  
    },  
    "valorBooleano": true  
}  
  
console.log(umObjeto["umaPropriedade"]);  
// Imprime "valorDeUmaPropriedade"  
  
console.log(umObjeto.outraPropriedade);  
// Imprime 10  
  
console.log(umObjeto.umaFuncaoAnonima(2));  
// Imprime 4  
  
// Imprime todas as propriedades do objeto  
for(var propriedade in umObjeto) {  
    if(umObjeto.hasOwnProperty(propriedade)){  
        console.log(propriedade+":"+umObjeto[propriedade]);  
    }  
}
```

# Introdução ao d3.js

---



# Introdução ao d3.js



```
// Criando elementos
d3.select("body") // Seleciona onde começar
  .selectAll("p") // Seleciona todos os paragrafos de "body"
  .data(pessoas) // Associa o dado pessoas a cada p
  .enter() // Considera apenas elementos faltando.
  .append("p") // Acrescenta paragrafos se estiver faltando p

// Atualizando elementos
d3.select("body") // Seleciona onde começar
  .selectAll("p") // Seleciona todos os paragrafos de "body"
  .text(function(d) {
    // atribui o texto de cada paragrafo
    // em função dos dados associados
    return "A altura de "+d.nome+" é "+d.altura+"m.";
  })
  .style("font-size",function(d){
    // atribui o tamanho de cada paragrafo
    // em função dos dados associados
    return ((d.altura-1.5)*50.0+10)+"px";
  })
```

```
var pessoas = [
  {altura:1.65, nome: "Ana"}, 
  {altura:1.71, nome: "Andre"}, 
  {altura:1.75, nome: "Pedro"}, 
  {altura:1.79, nome: "Diogo"}, 
  {altura:1.69, nome: "Maria"}, 
  {altura:1.62, nome: "Lucia"}, 
  {altura:1.81, nome: "Rafael"}, 
]
```

A altura de Ana é 1.65m.  
A altura de Andre é 1.71m.  
A altura de Pedro é 1.75m.  
A altura de Diogo é 1.79m.  
A altura de Maria é 1.69m.  
A altura de Lucia é 1.62m.  
A altura de Rafael é 1.81m.

# Introdução ao d3.js

---

## Atualizando dados

```
var paragraphs = d3.select("body") // Seleciona onde começar
    .selectAll("p") // Seleciona todos os paragrafos de "body"
    .data(pessoasSelecionadas); // Associa o dado pessoas a cada p

// Criando paragrafos para dados inexistentes
paragraphs.enter() // Considera apenas elementos faltando.
    .append("p") // Acrescenta paragrafos se estiver faltando p

// Atualizando elementos
paragraphs.text(function(d) {
    // atribui o texto de cada paragrafo
    // em função dos dados associados
    return "A altura de "+d.nome+" é "+d.altura.toFixed(2)+"m.";
})
    .style("font-size",function(d){
        // atribui o tamanho de cada paragrafo
        // em função dos dados associados
        return ((d.altura-1.5)*50.0+10)+"px";
})

// Removendo elementos extras
paragraphs.exit()
    .remove();
```

# Introdução ao d3.js

```
var width = 500;
var margin = 200;
var barHeight = 20;

//calcula a altura máxima e mínima
var alturaMaxima = d3.max(pessoasSelecionadas, function(d){
  return d.altura;
});
var alturaMinima = d3.min(pessoasSelecionadas, function(d){
  return d.altura;
});

var x = d3.scale.linear() // Define o domínio no mundo dos dados.
  .domain([alturaMinima, alturaMaxima])
  .range([0, width]); // Define a amplitude no mundo da tela.
```

```
//Cria um elemento svg no body da pagina
var svg = d3.select("body")
  .append("svg")
  .attr("width", width+margin)
  .attr("height", (barHeight+3) * pessoasSelecionadas.length);
```



```
// Cria uma barra para cada pessoa selecionada
var bar = svg.selectAll("g.bar")
  .data(pessoasSelecionadas)
  .enter()
  .append("g")
  .classed("bar", true)
  .attr("transform", function(d, i) {
    return "translate(0," + i * (barHeight+3) + ")";
});

// Adiciona um retângulo para formar as barras
bar.append("rect")
  .attr("width", function(d) {
    return x(d.altura)+2;
})
  .attr("height", barHeight - 1);

// Adiciona o nome do indivíduo ao lado do retângulo
bar.append("text")
  .attr("x", function(d) {
    return x(d.altura) +5;
})
  .attr("y", barHeight / 2)
  .attr("dy", ".35em")
  .text(function(d) {
    return d.nome+" ("+d.altura.toFixed(2)+"m)";
});
```

Pasta: 03 - Plots simples

# Formas simples do SVG



**rect** - Retângulo.

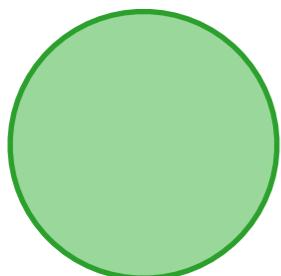
**x, y** - Coordenadas do retângulo (a partir do topo esquerdo).

**width, height** - Tamanhos do retângulo.

**fill** - Cor de preenchimento interno

**stroke** - Cor de contorno.

**stroke-width** - Largura do contorno.



**circle** - Círculo.

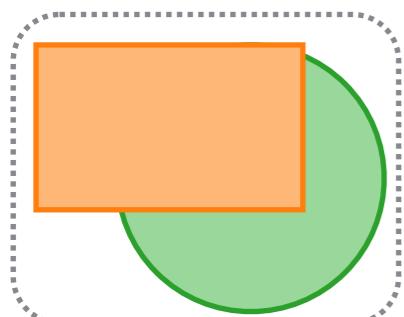
**cx, cy** - Coordenadas do círculo (a partir do centro).

**r** - Raio.

**fill** - Cor de preenchimento interno

**stroke** - Cor de contorno.

**stroke-width** - Largura do contorno.



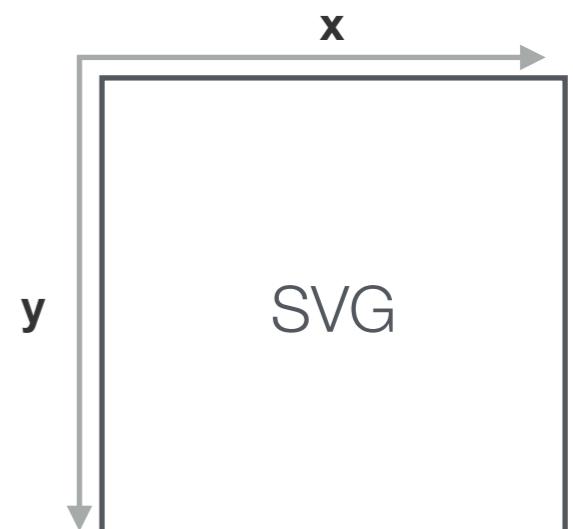
**g** - Grupo

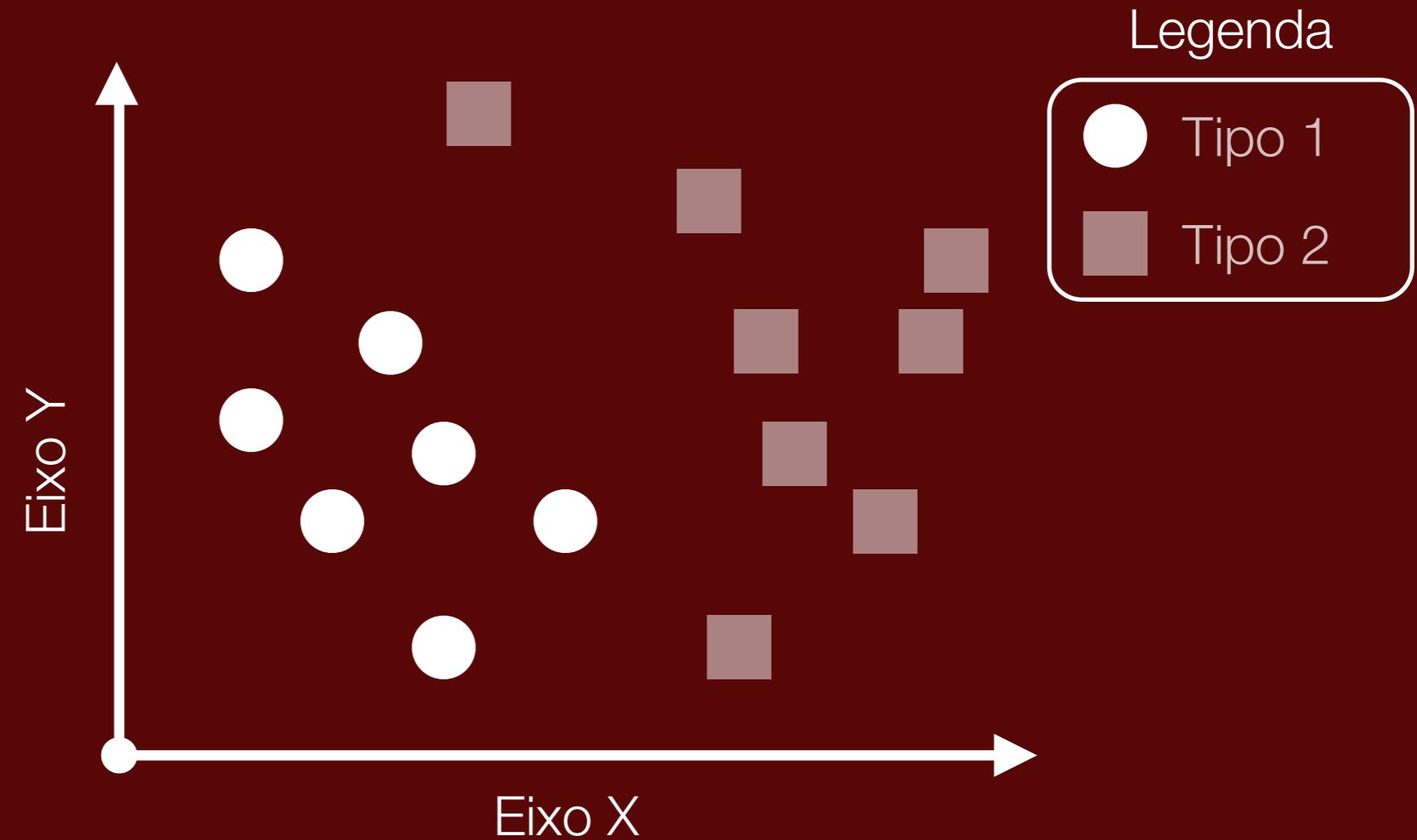
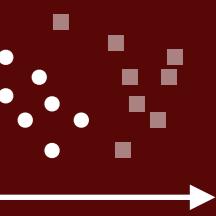
**transform** - Transformações do espaço:

**rotate(angulo, [centroX centroY])**

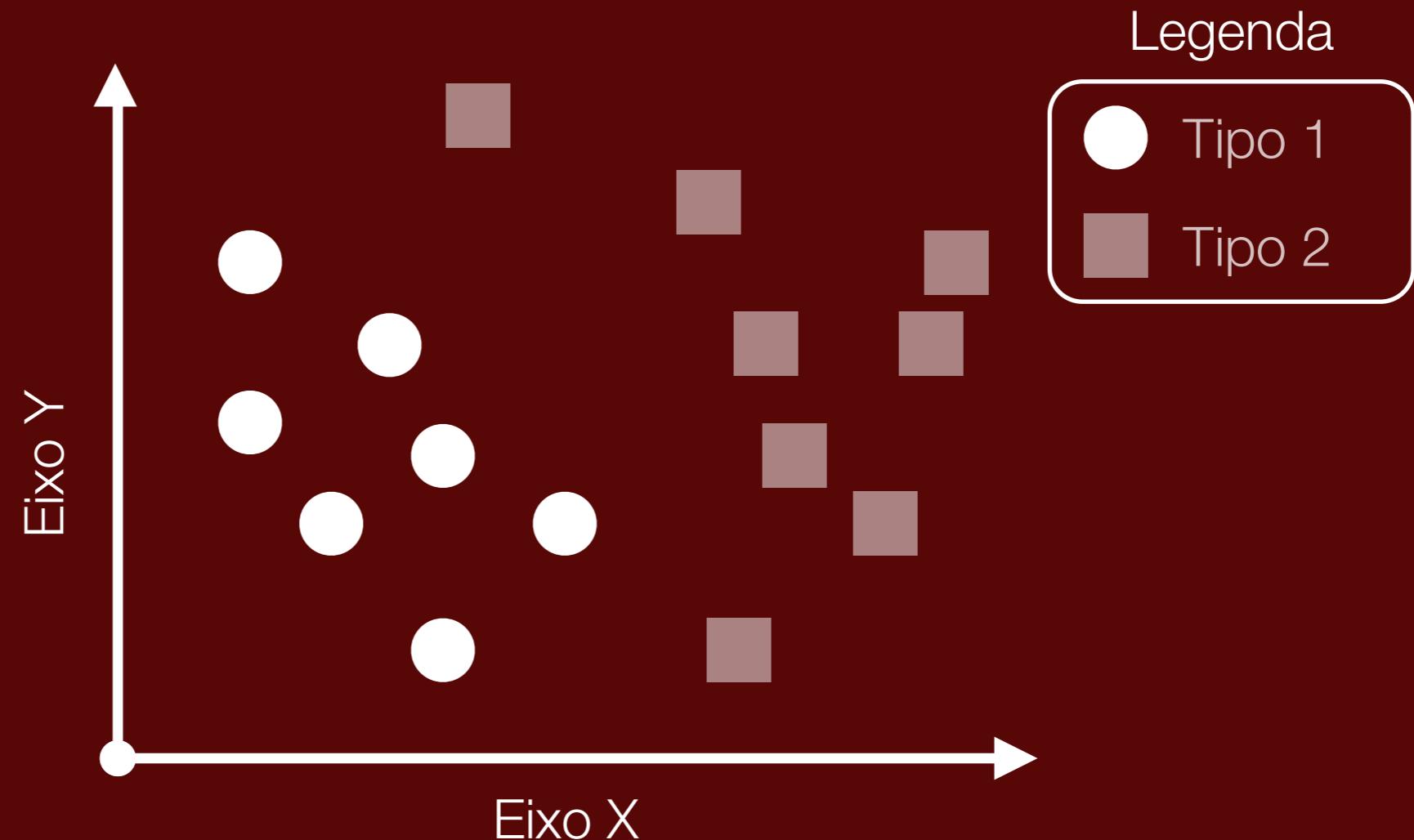
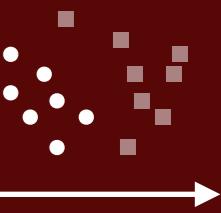
**scale(escalaX, [escalaY])**

**translate(deslocX, [deslocY])**





# Scatter plots



## Mapeamento de dados multi-variados

Valores numéricos

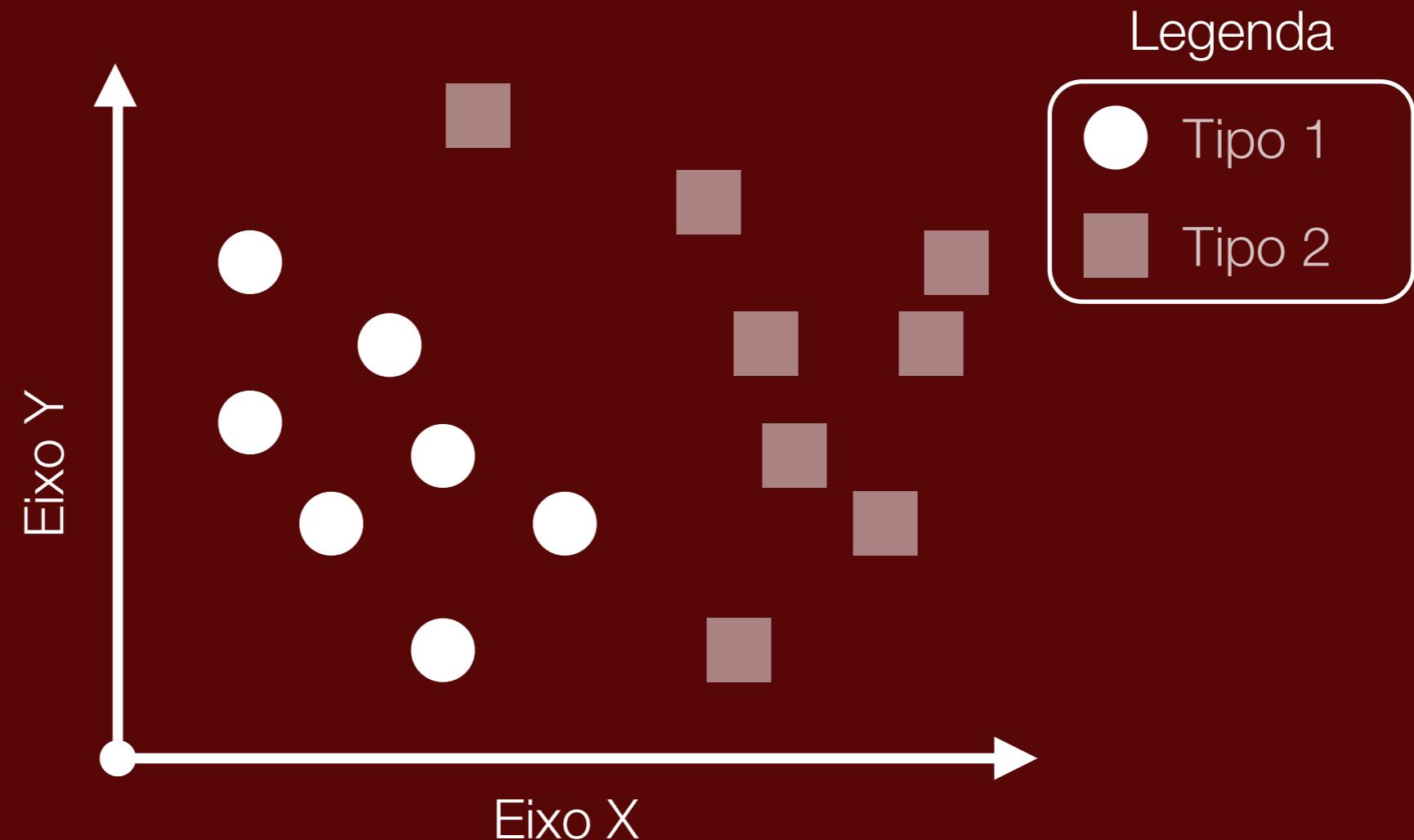
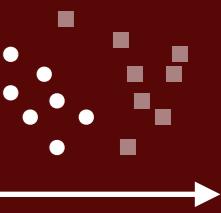
Categorias

Posição

Cores

Formas

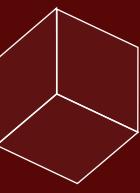
# Scatter plots



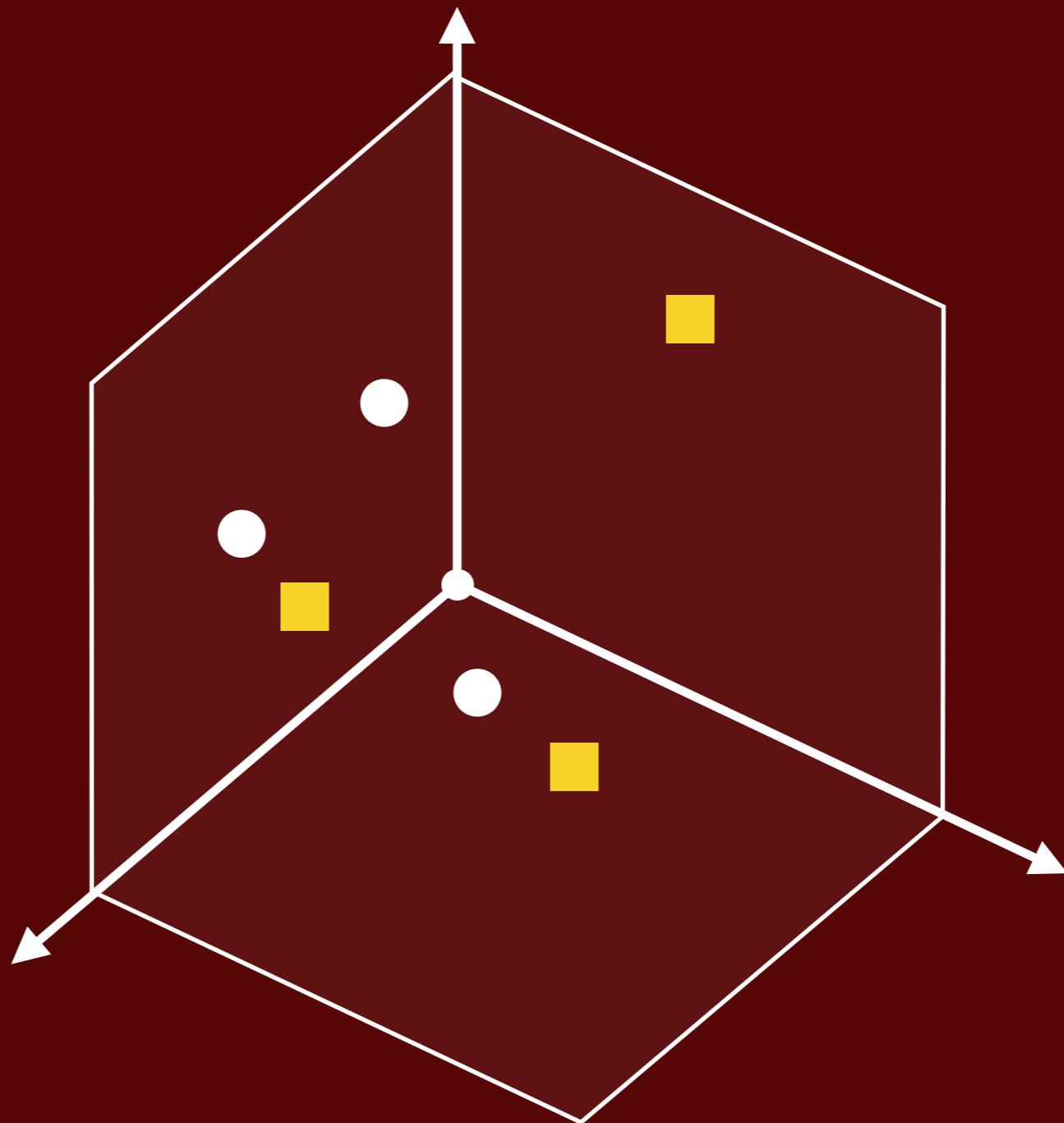
## Mapeamento de dados multi-variados

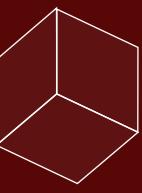
Valores numéricos → Posição

Categorias → Cores  
Formas

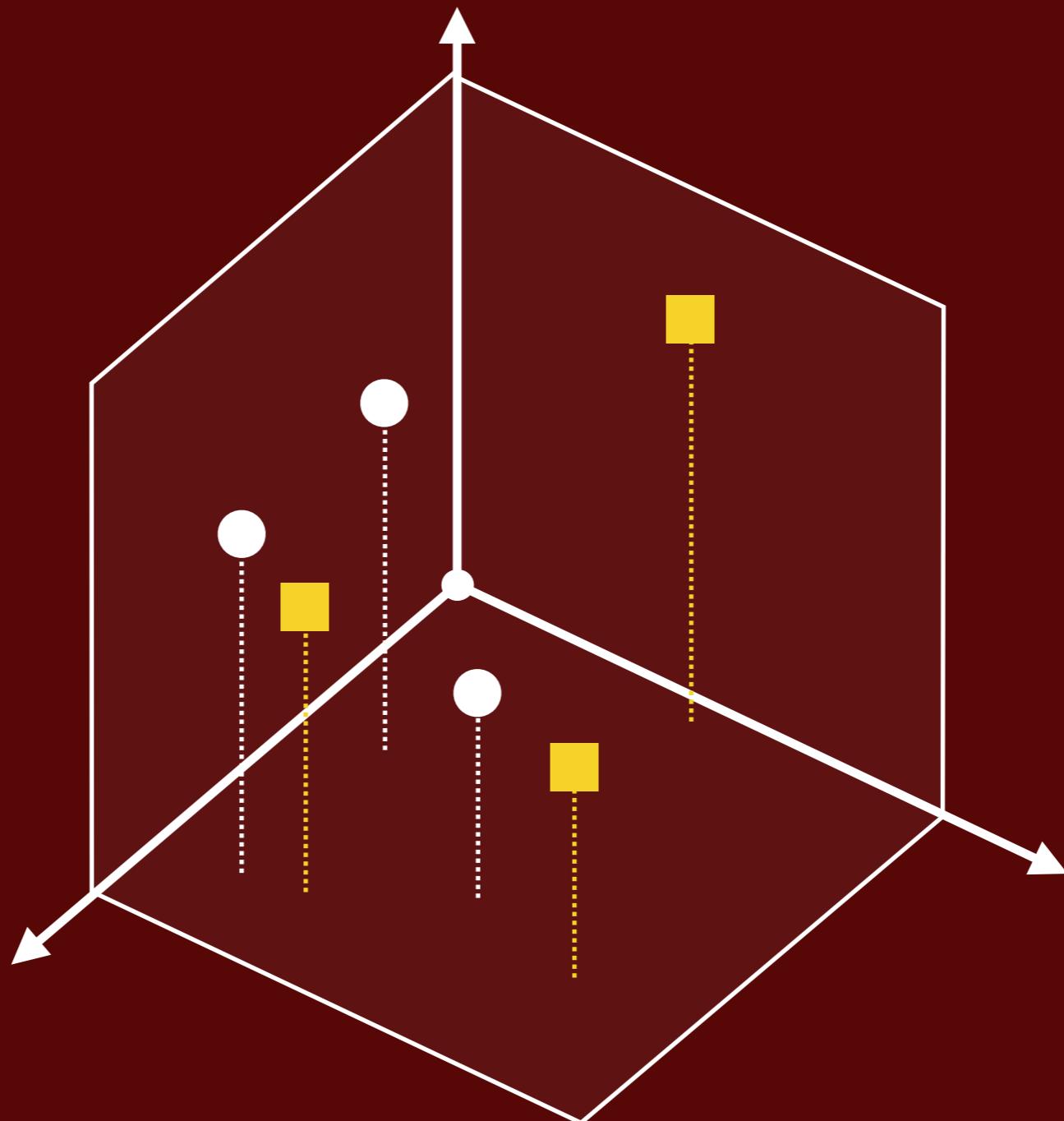


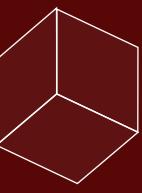
Dados com alta dimensão



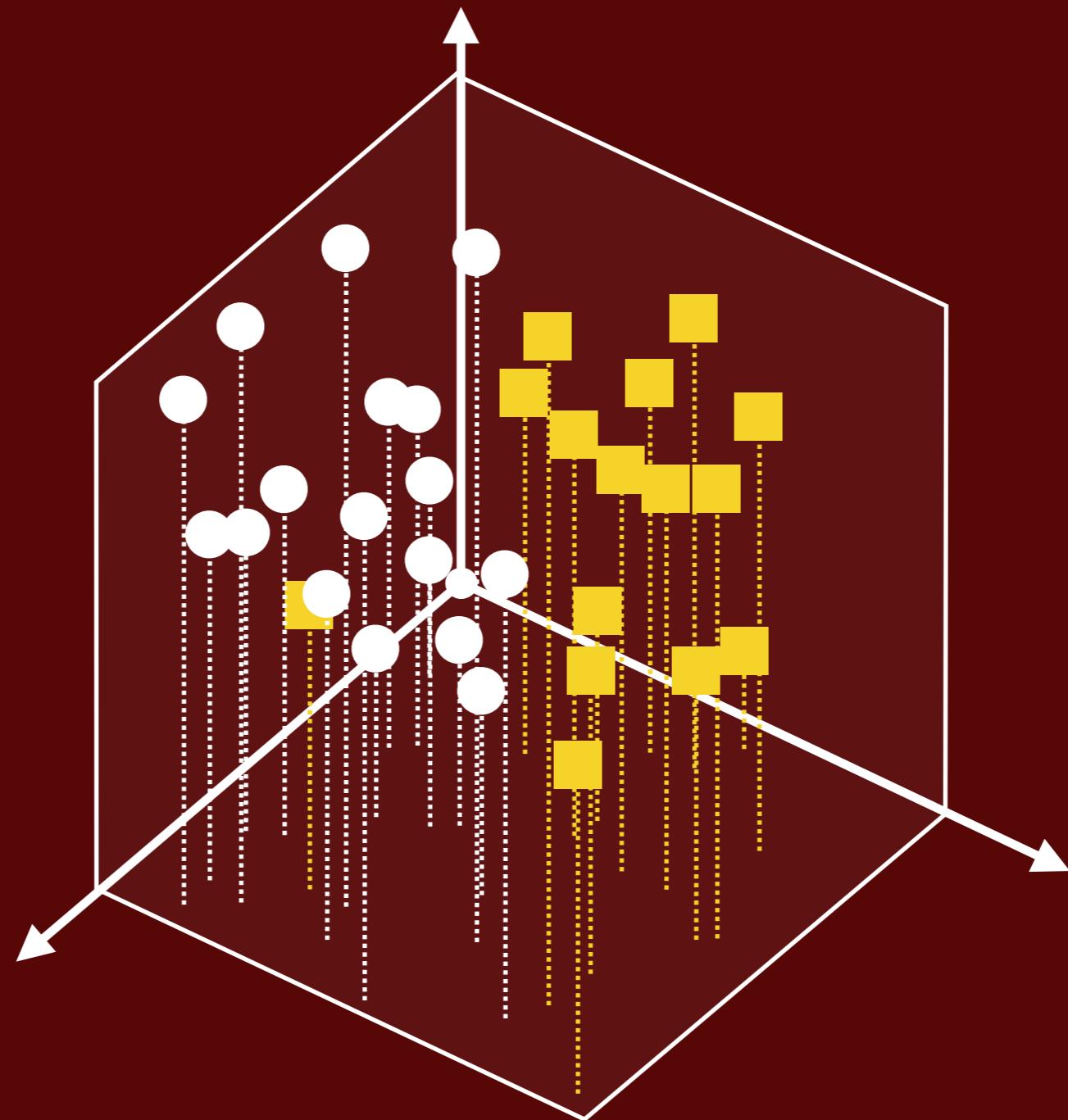


Dados com alta dimensão

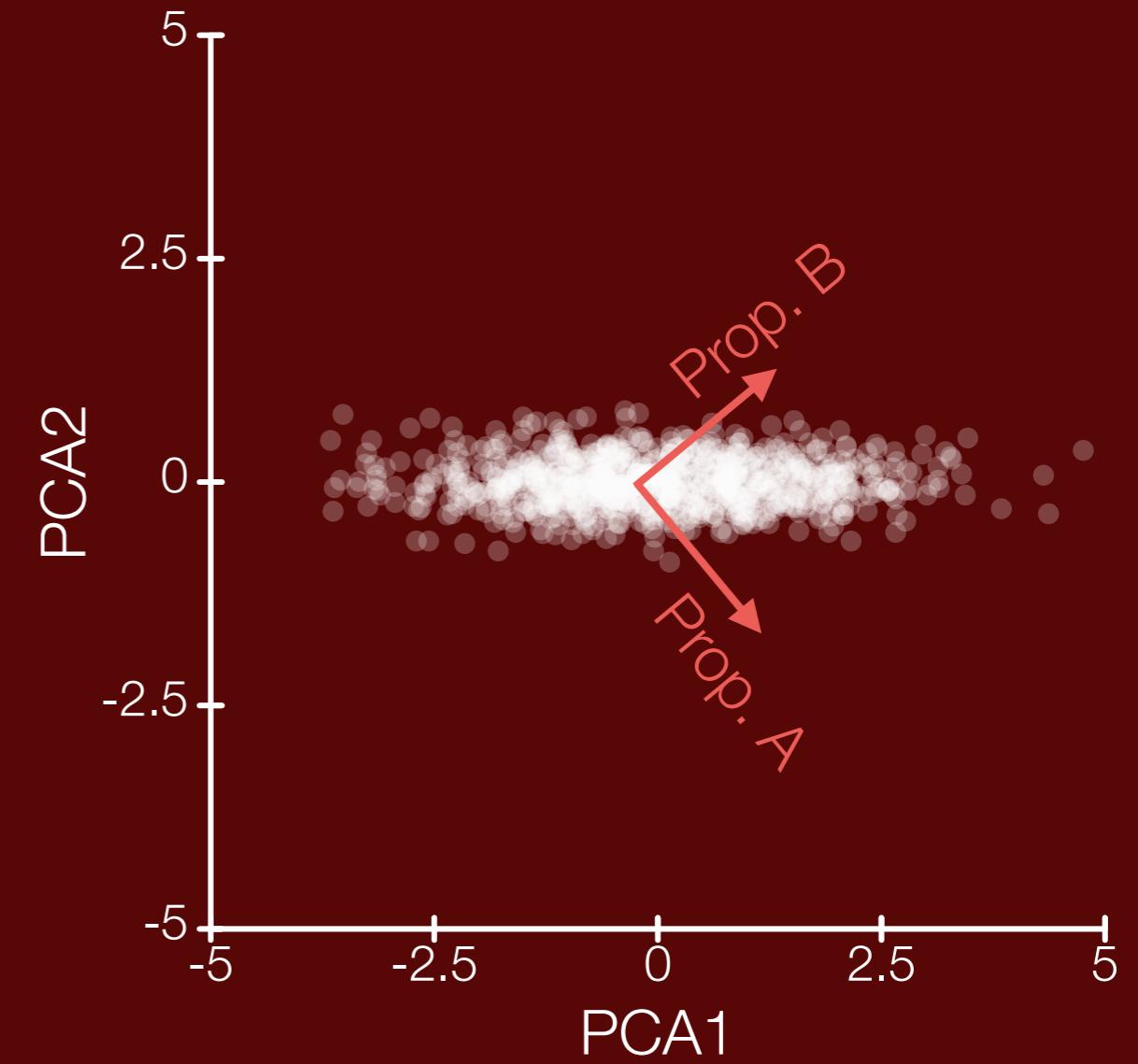
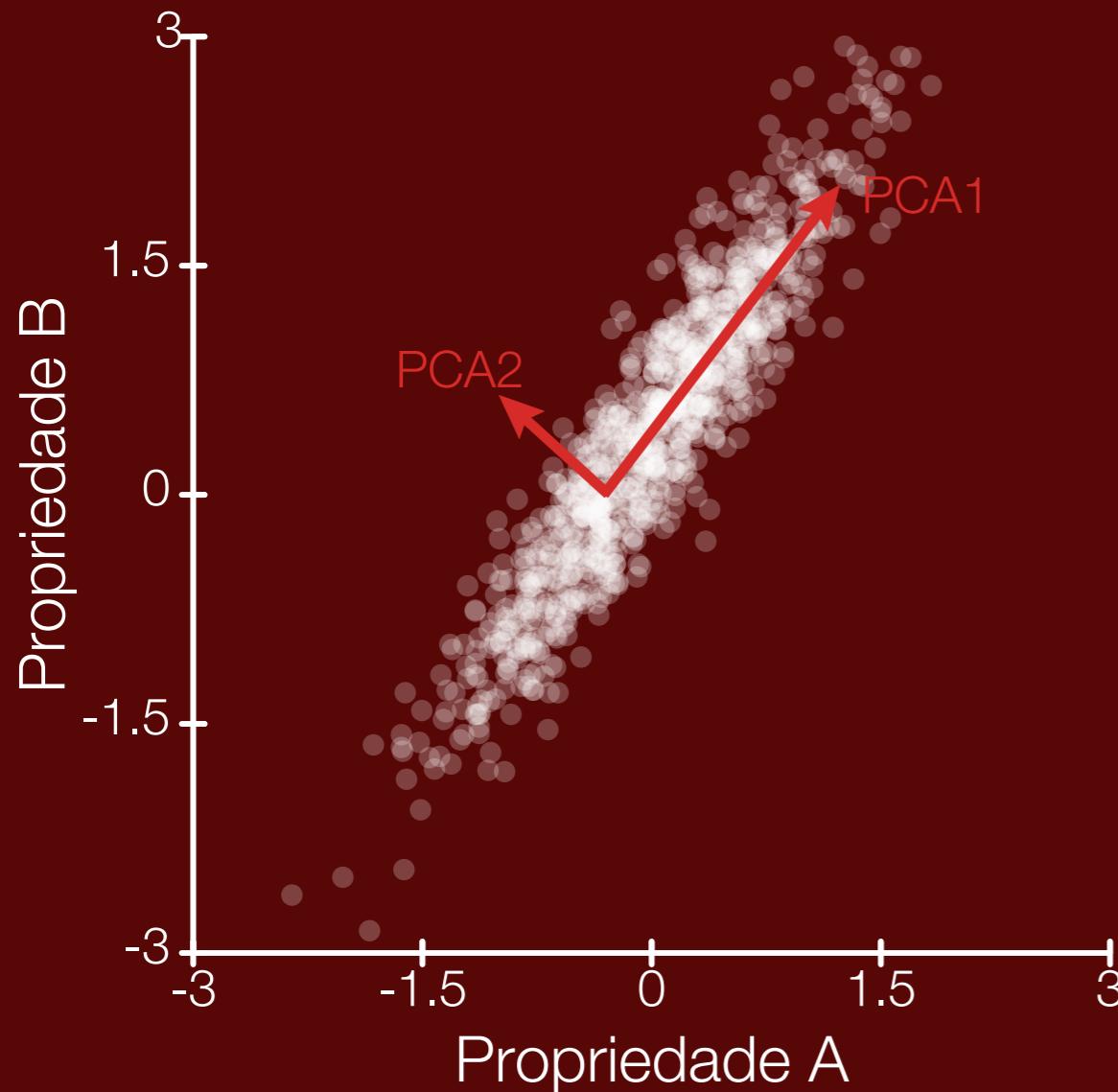




Dados com alta dimensão



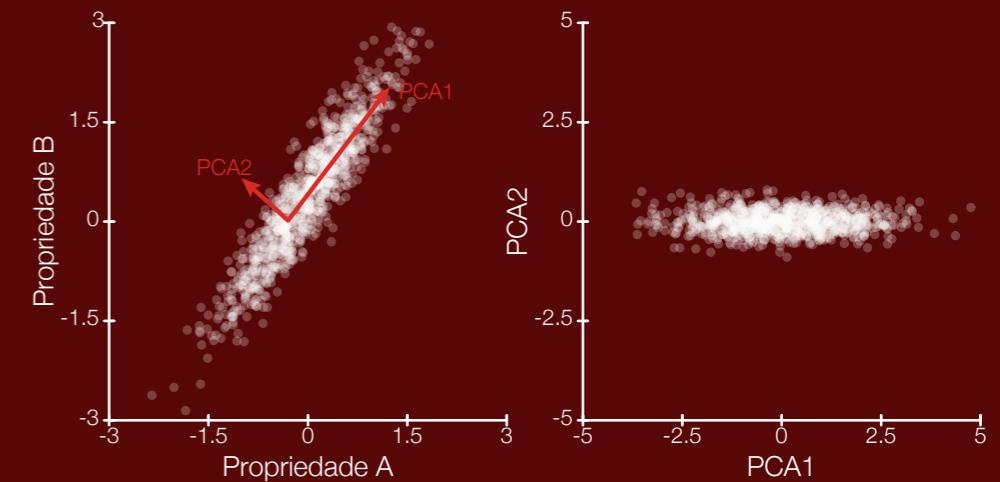
# Redução de dimensionalidade - PCA



# Redução de dimensionalidade - PCA

$$\Sigma_{ij} = \text{cov}(\mathbf{X}_i, \mathbf{X}_j) = \langle (\mathbf{X}_i - \langle \mathbf{X}_i \rangle)(\mathbf{X}_j - \langle \mathbf{X}_j \rangle) \rangle$$

Deseja-se encontrar uma matriz  $P$  de transformação dos dados que tente diagonalizar a matriz de covariância.



Pode-se fazer isso obtendo os autovalores  $\lambda_k$  e respectivos autovetores  $\mathbf{p}_k$  de  $\Sigma$ .

Ordena-se os autovetores de acordo com os autovalores  $[\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3, \dots, \mathbf{p}_{n+1}]$  respectivos de modo que  $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 \dots > \lambda_{n+1}$ .

Ao truncar  $P$ , obtém-se uma transformação que reduz a dimensionalidade.

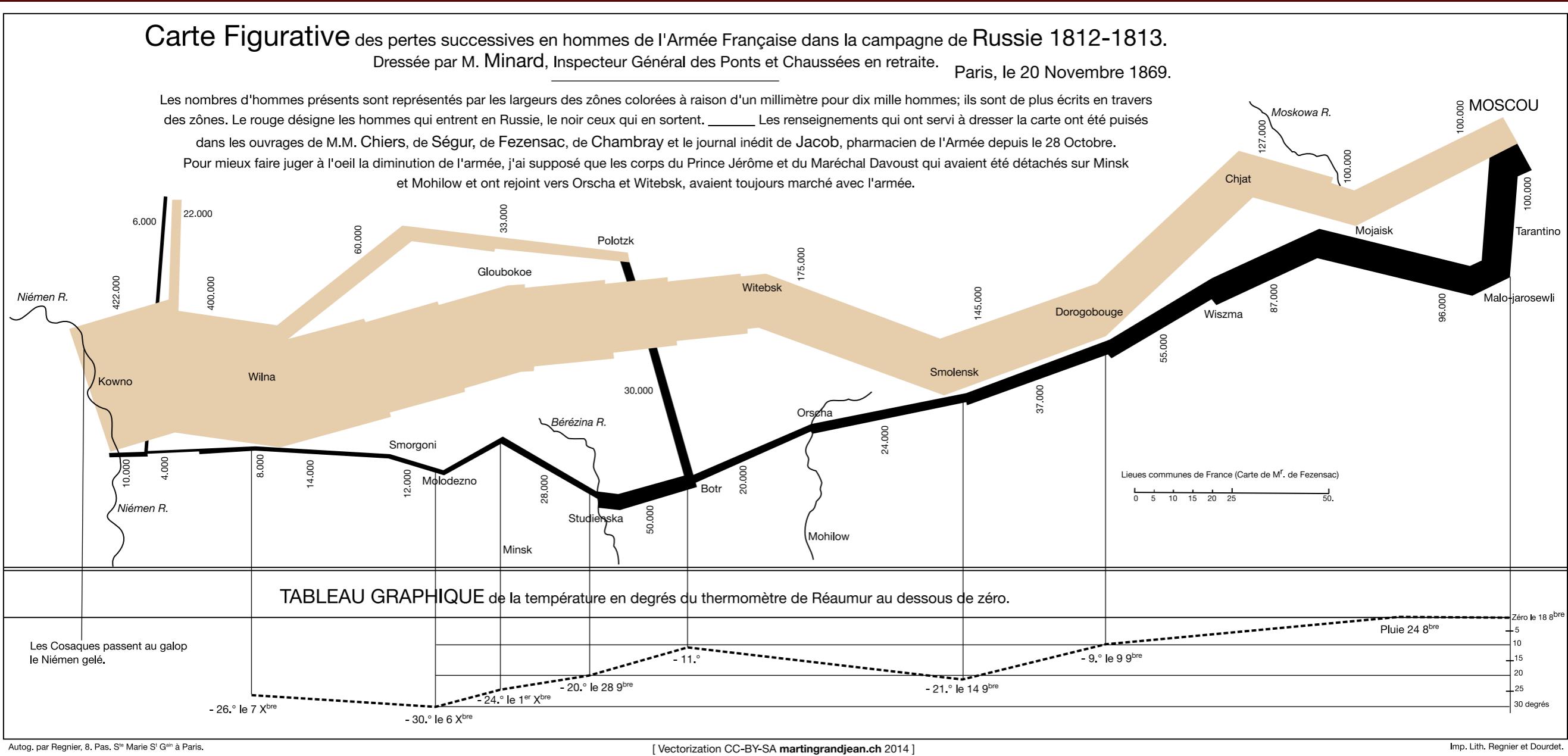
$$P = \begin{bmatrix} \leftarrow \mathbf{p}_1 \rightarrow \\ \leftarrow \mathbf{p}_2 \rightarrow \\ \leftarrow \mathbf{p}_3 \rightarrow \\ \vdots \\ \leftarrow \mathbf{p}_{n+1} \rightarrow \end{bmatrix}$$

$$P^d = \begin{bmatrix} \leftarrow \mathbf{p}_0 \rightarrow \\ \leftarrow \mathbf{p}_1 \rightarrow \\ \leftarrow \mathbf{p}_2 \rightarrow \end{bmatrix}$$

Atenção, deve-se verificar também a energia acumulada, que quantifica a informação restante após a projeção.

$$E^d = \frac{\sum_{k=1}^d \lambda_k}{\sum_{k=1}^{n+1} \lambda_k} > 0.9$$

# Redução de dimensionalidade

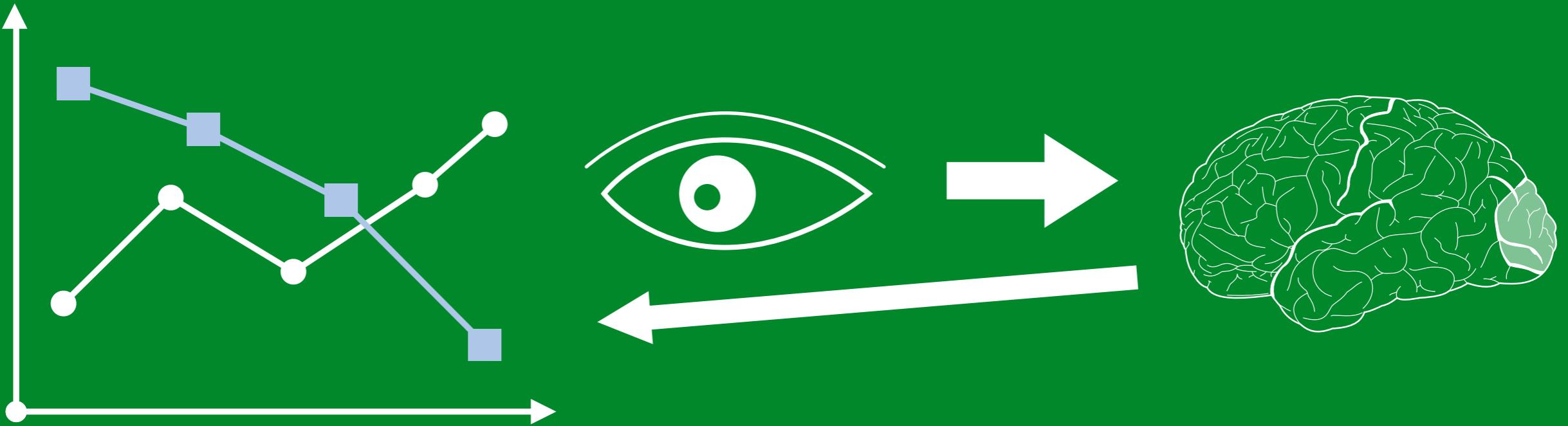


Mapa de Minard 1869

# Resumo da apresentação

- Visualização de dados
  - Introdução
  - Tipos de visualização
  - Scatter plots
  - Dados com alta dimensão
  - Redução de dimensionalidade
  - Mapa de Minard
- Visualização interativa
  - Introdução
  - Tipos de interação
  - Exemplos d3.js
- Redes Complexas
  - Introdução
  - Propriedades
  - Modelos
  - Comunidades
- Geração de redes a partir de dados
  - Correlação
  - Estruturas biológicas
  - Textos
  - Semântica
- Visualização de redes
  - Introdução
  - Método direcionado por forças
  - Simulação molecular
  - Estabilidade e Optimização
- Exemplos de visualização
- Ferramentas
- Referências

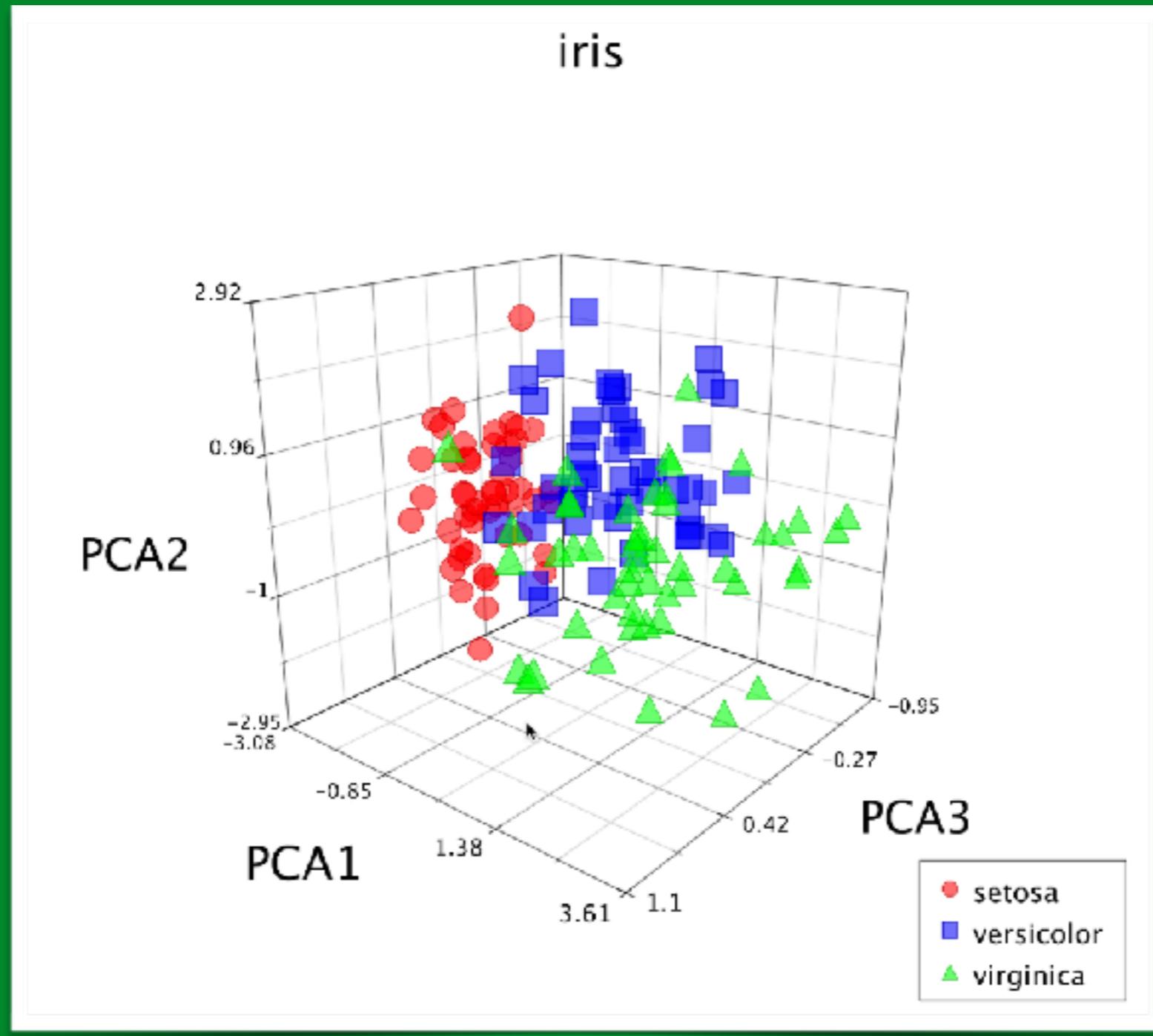
# Visualização interativa de dados



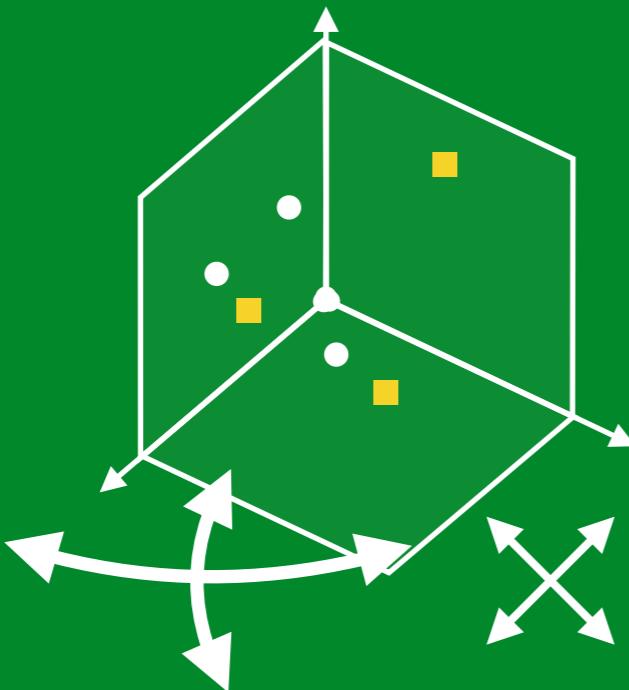
Interação torna a visualização uma ferramenta exploratória

Permite a visualização de dados complexos  
e mais dimensões.

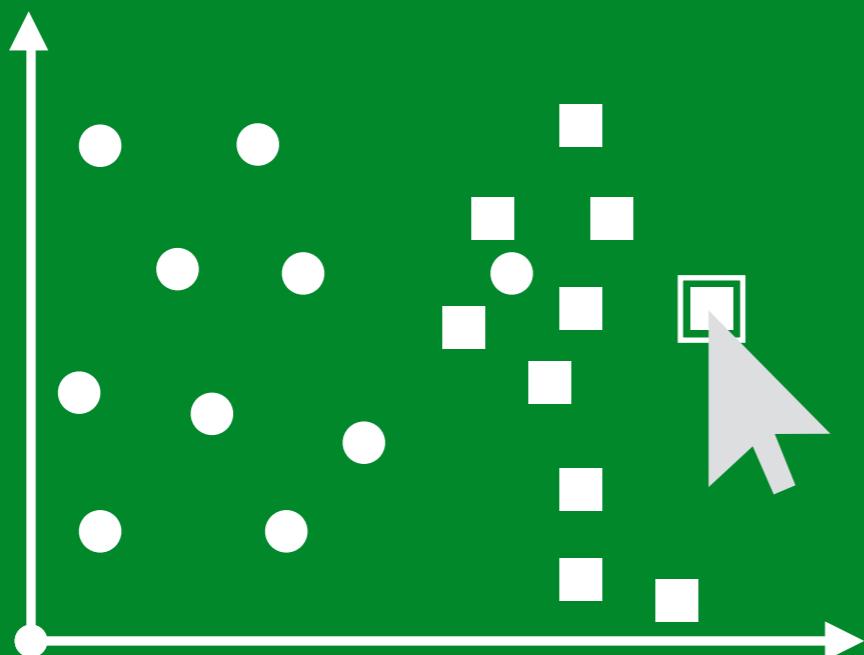
# Visualização interativa de dados



# Visualização interativa de dados



Navegação  
Rotação  
Escala (zoom)  
Translação (panning)



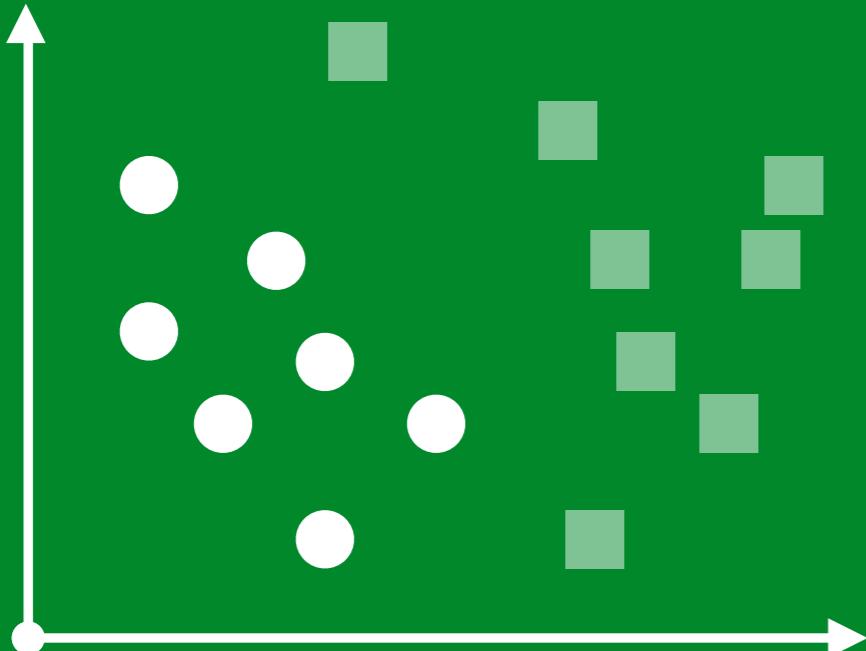
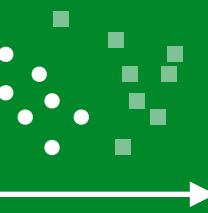
Escolha, filtragem ou destaque  
Brushing  
Fisheye  
Cruzamento de visualizações

Visualização interativa de dados

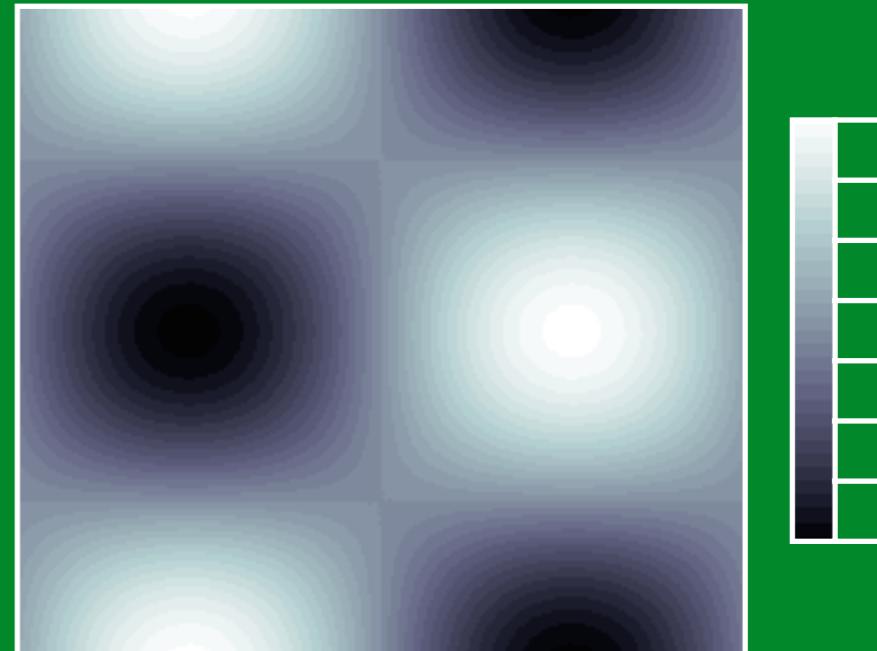
Exemplos Galeria d3.js

<https://github.com/d3/d3/wiki/Gallery>

# Tipos de visualização de dados



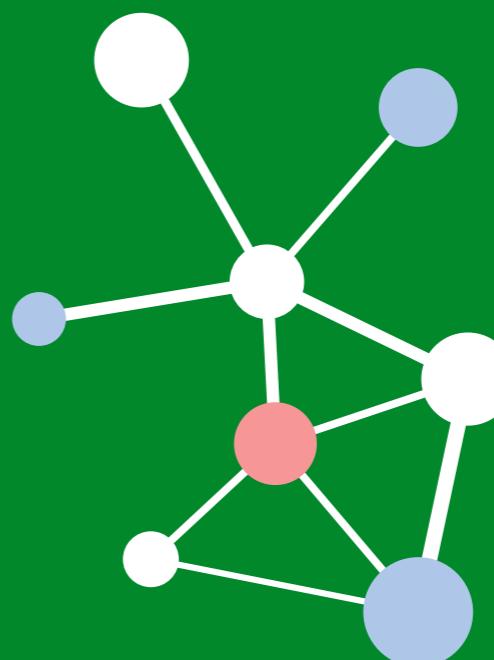
Scatter plots



Mapas de superfície

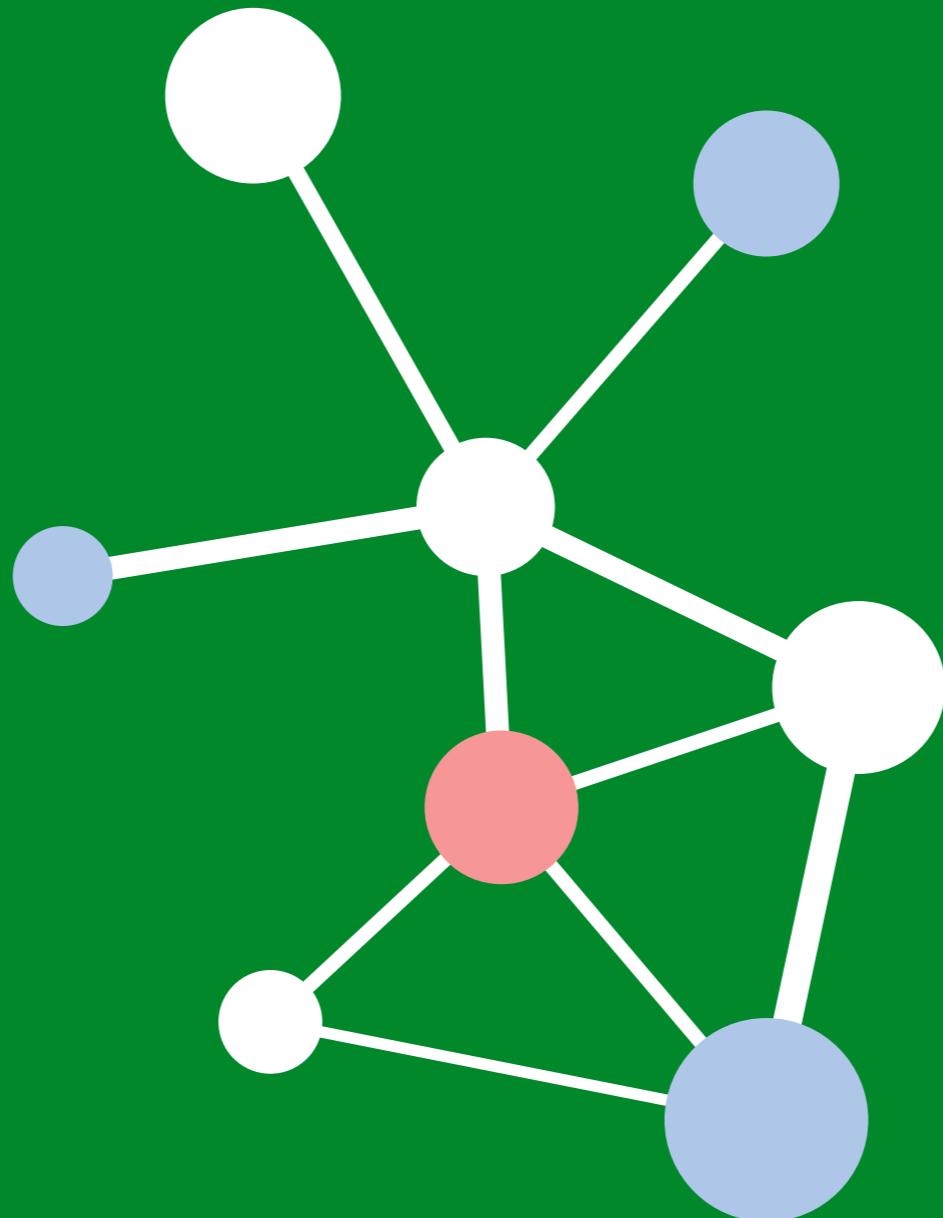
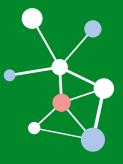


Séries temporais e  
eixos paralelos



Redes

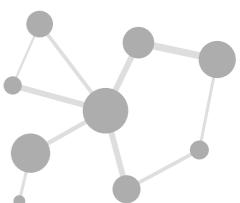
# Visualização de redes complexas



Redes?

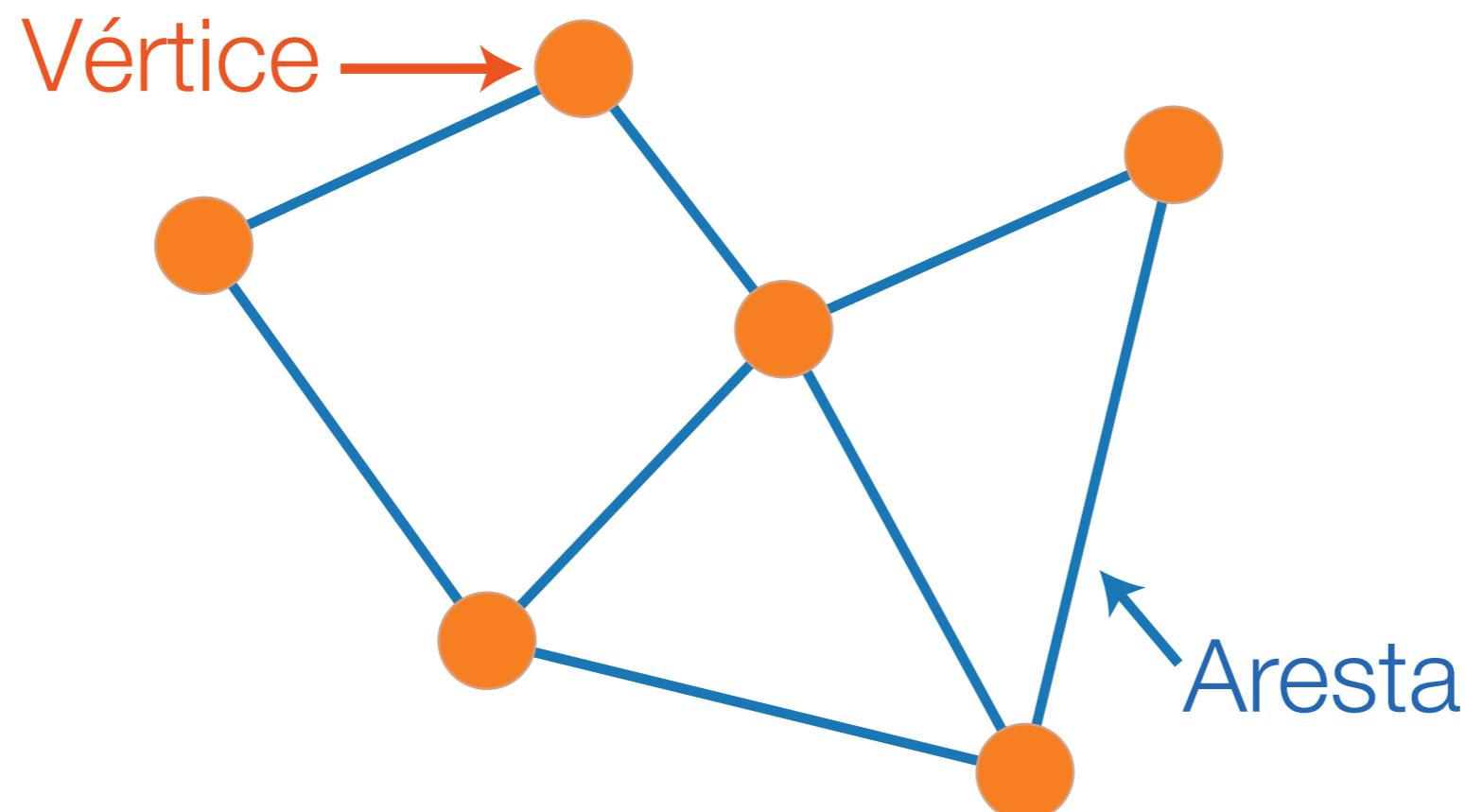
# Resumo da apresentação

- Visualização de dados
  - Introdução
  - Tipos de visualização
  - Scatter plots
  - Dados com alta dimensão
  - Redução de dimensionalidade
  - Mapa de Monard
- Visualização interativa
  - Introdução
  - Tipos de interação
  - Exemplos d3.js
- Redes Complexas
  - Introdução
  - Propriedades
  - Modelos
  - Comunidades
- Geração de redes a partir de dados
  - Correlação
  - Estruturas biológicas
  - Textos
  - Semântica
- Visualização de redes
  - Introdução
  - Método direcionado por forças
  - Simulação molecular
  - Estabilidade e Optimização
- Exemplos de visualização
- Ferramentas
- Referências



## Definição

- Grafos são estruturas abstratas constituídas por **vértices** e **arestas**.



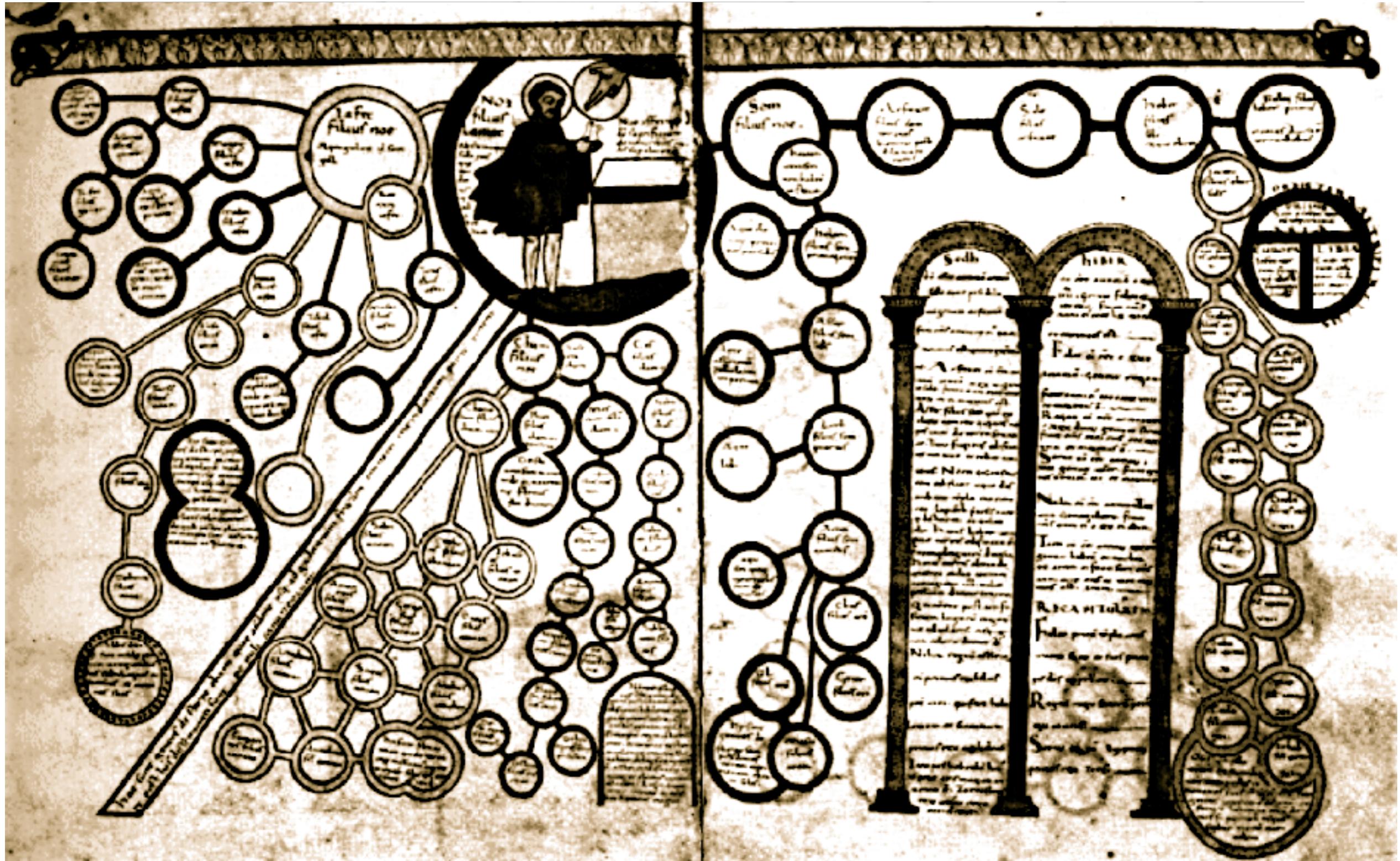
Vértices podem representar

pesquisadores  
proteínas

pessoas  
partículas

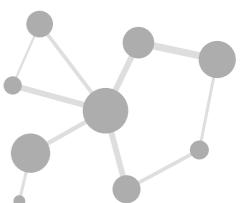
Arestas podem representar

colaboração acadêmica  
relações de amizade  
semelhança funcional  
interações



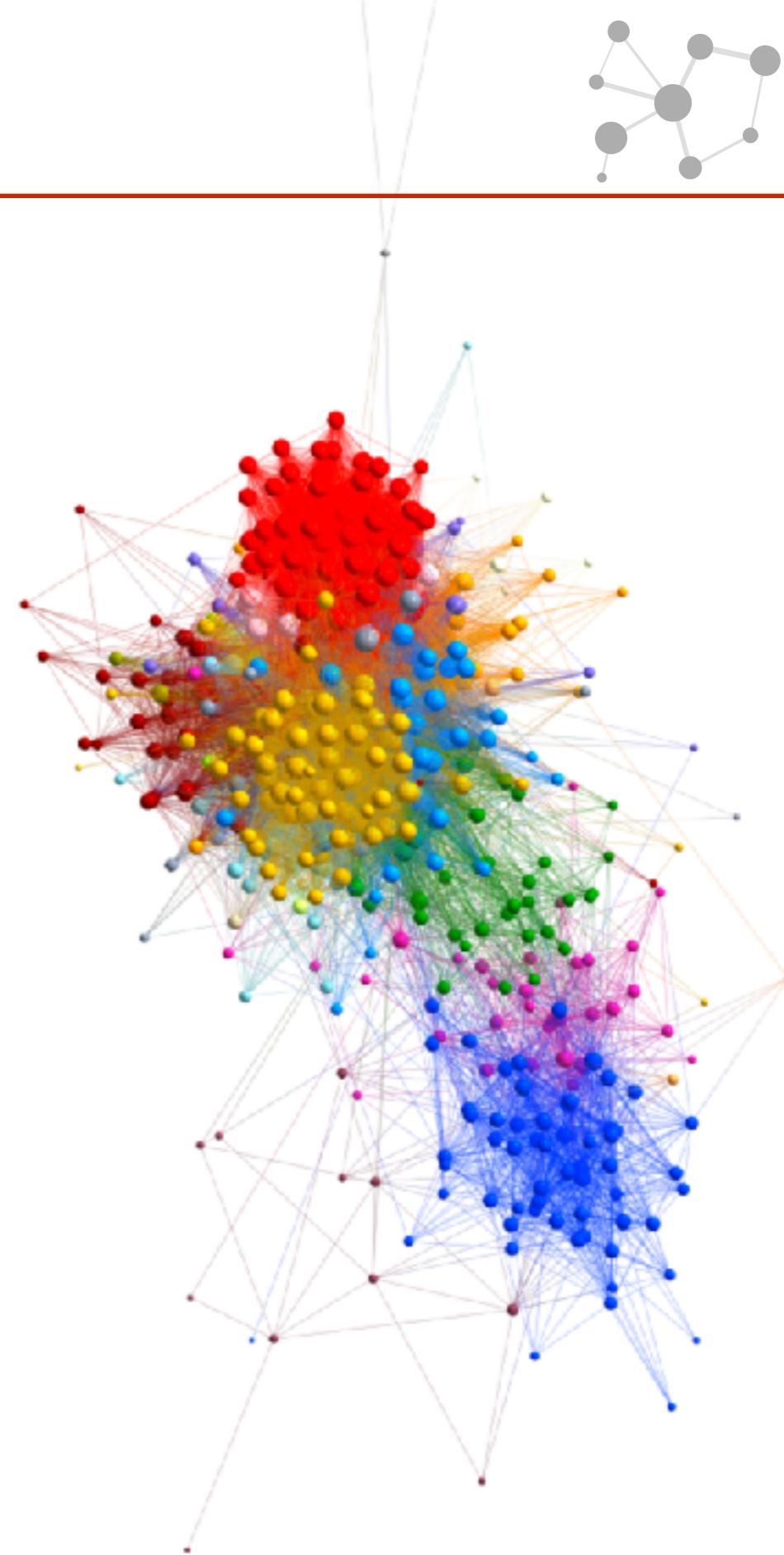
Descendentes de Noé X<sup>o</sup> séc. XI (domínio público)

Kabbalah - séc. XVI (domínio público)

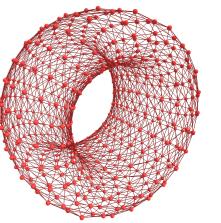


## Definição

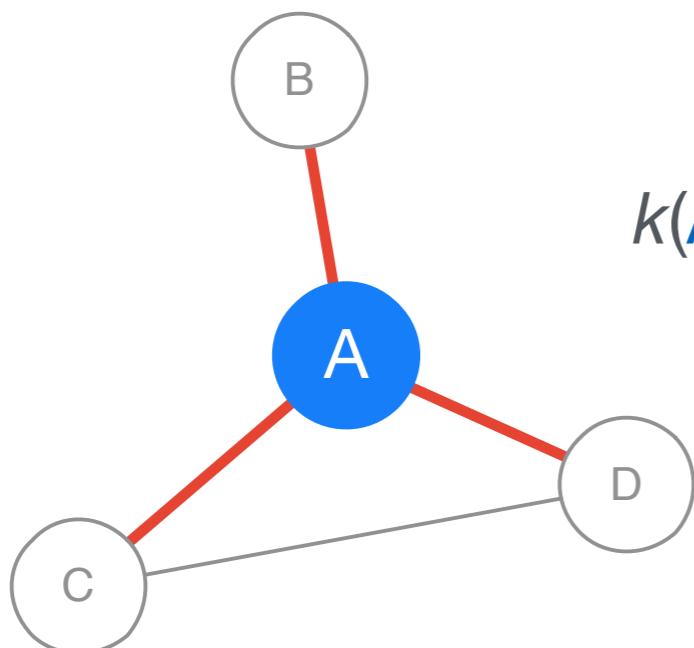
- Redes complexas são grafos.
  - Representação geral de sistemas discretos.
  - Geralmente com grande quantidade de vértices.
  - Representam ou modelam sistemas reais e/ou complexos.
  - Altamente interdisciplinar.







## Propriedades



Grau ( $k$ )

$k(A)$  = número de conexões do vértice  $A$ .

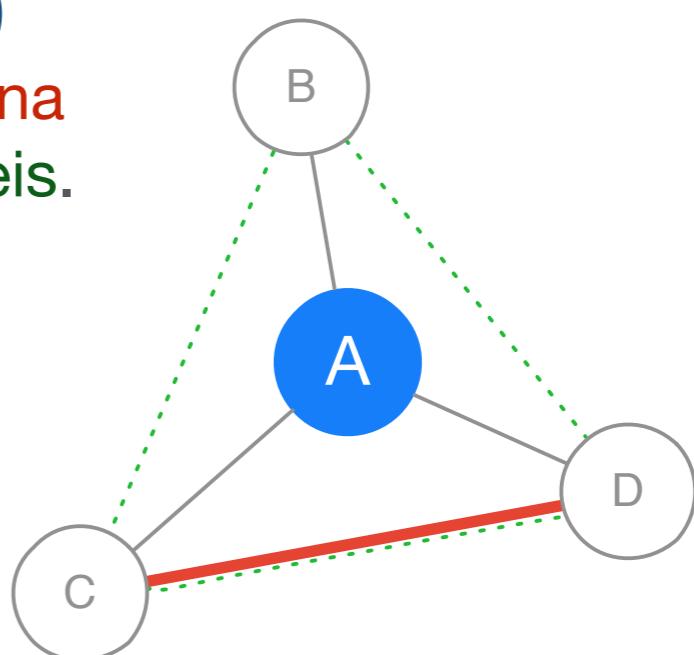
$$k(A) = 3$$

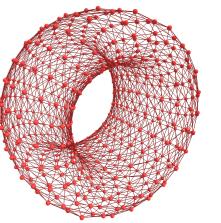
Coeficiente de Aglomeração ( $Cc$ )

$Cc(A)$  = razão entre o número de conexões na vizinhança e o número de triângulos possíveis.

$$Cc(A) = 2 \frac{e_1(A)}{n_1(A)(n_1(A) - 1)}$$

$$Cc(A) = 2 \frac{1}{3(3 - 1)} = \frac{1}{3}$$

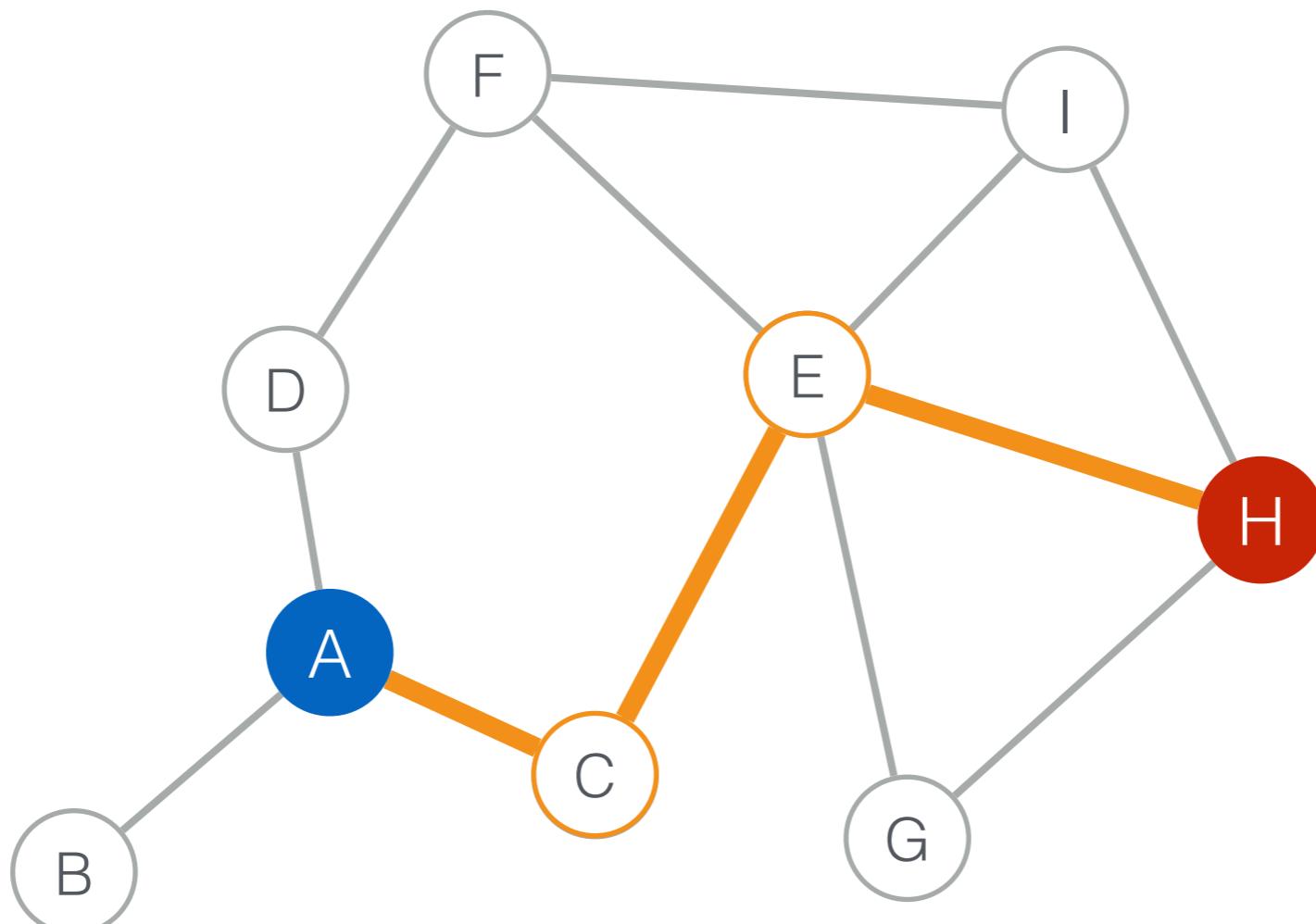


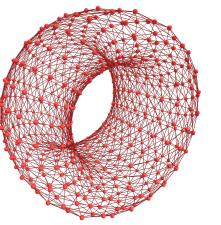


## Propriedades Caminho Mínimo

$d(A, H)$  = distância mínima, em arestas, entre dois vértices.

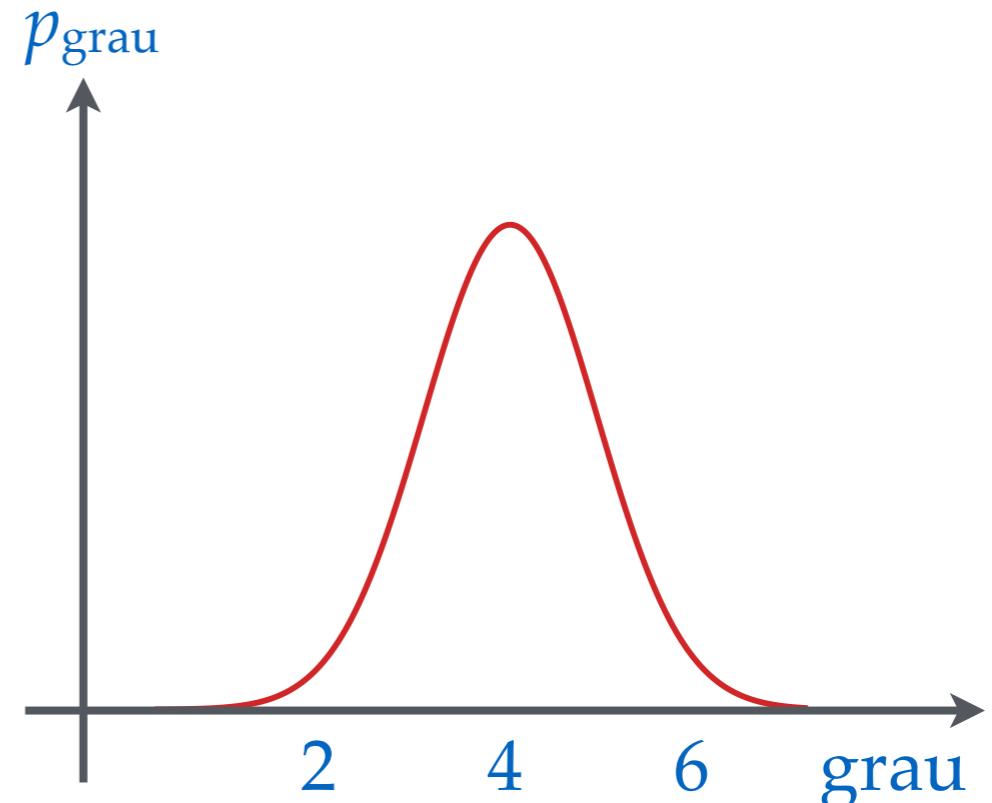
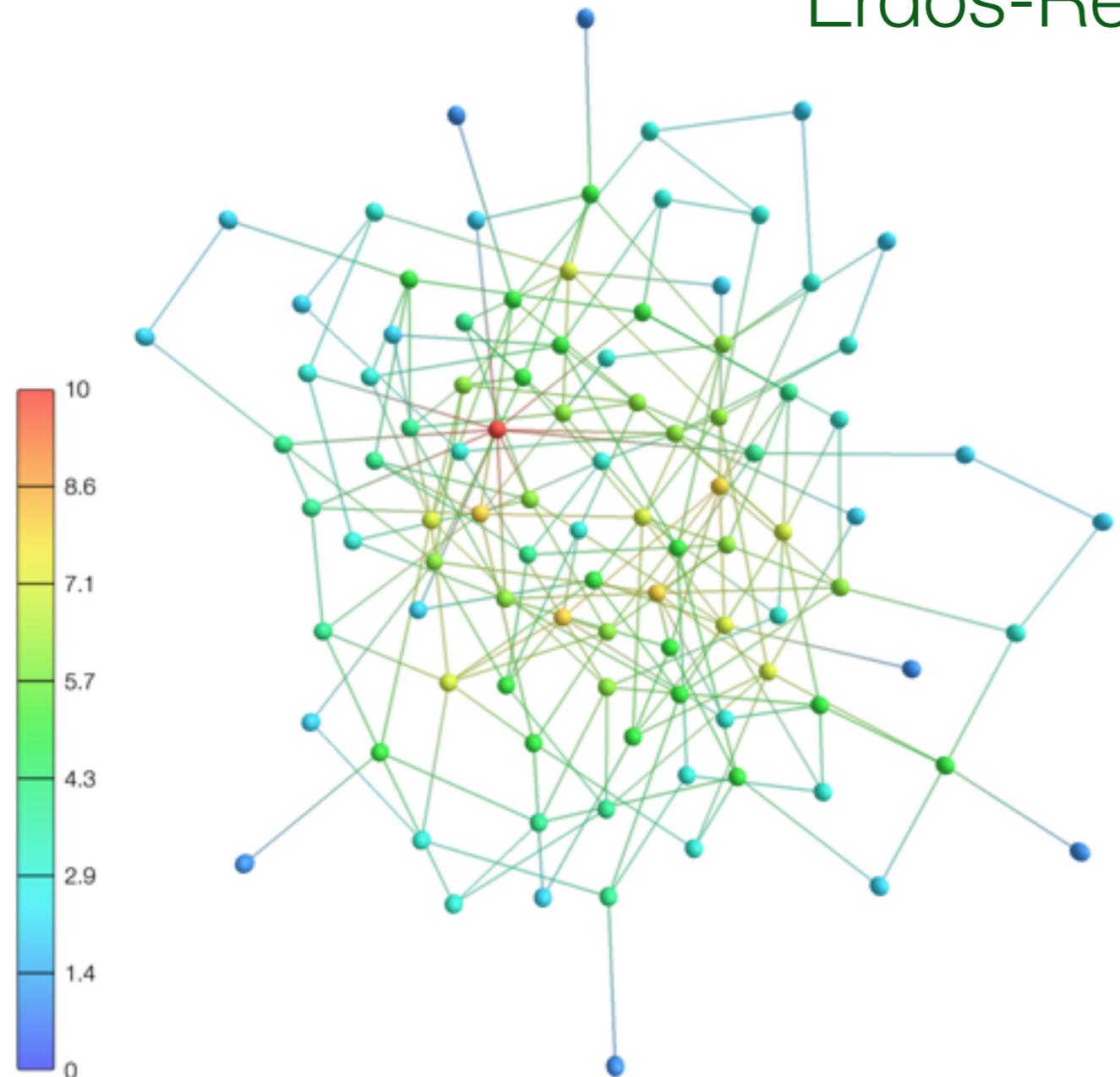
$$d(A, H) = 3$$

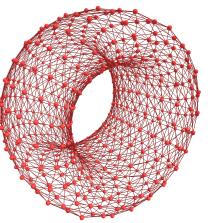




## Modelos

### Erdös-Rényi (ER)

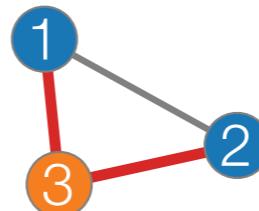




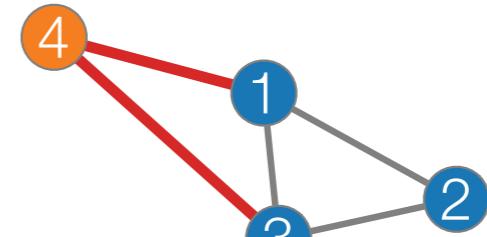
## Modelos



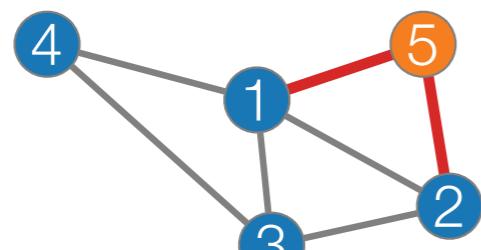
(a)  $t=0$



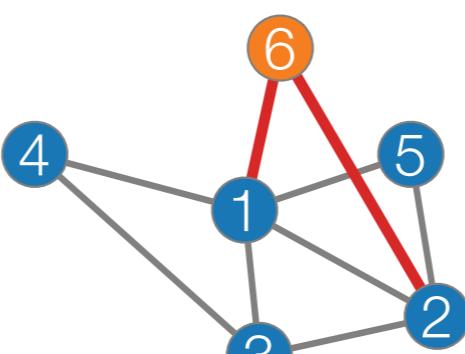
(b)  $t=1$



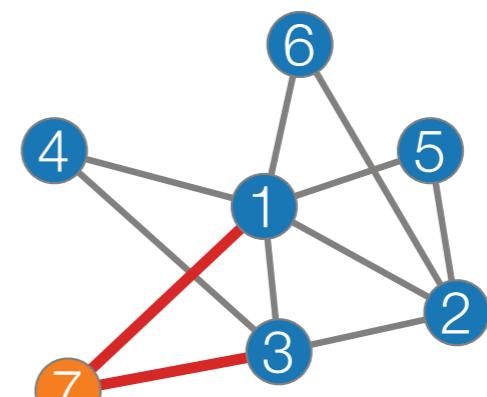
(c)  $t=2$



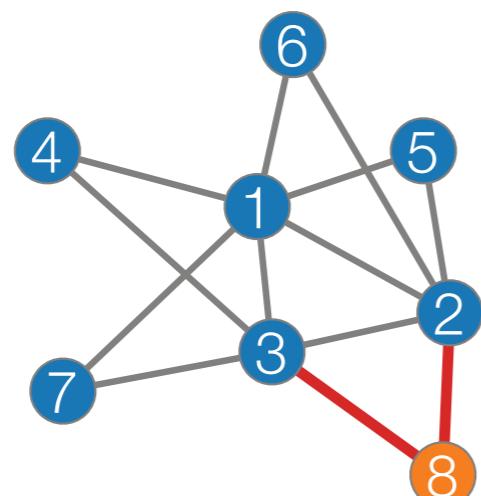
(d)  $t=3$



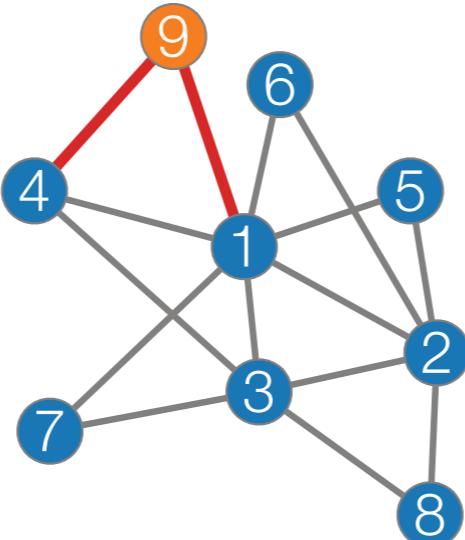
(e)  $t=4$



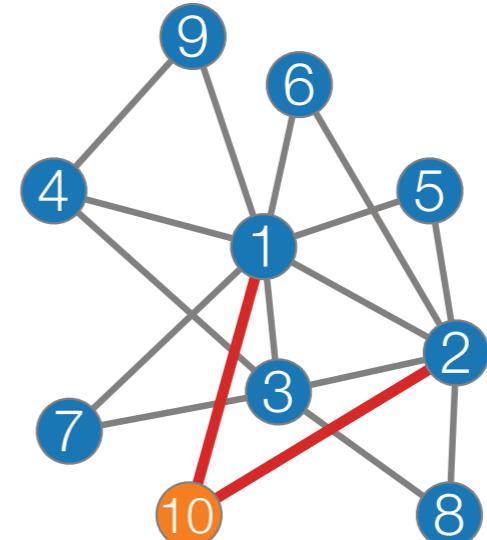
(f)  $t=5$



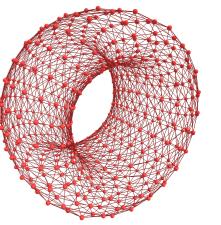
(g)  $t=6$



(h)  $t=7$

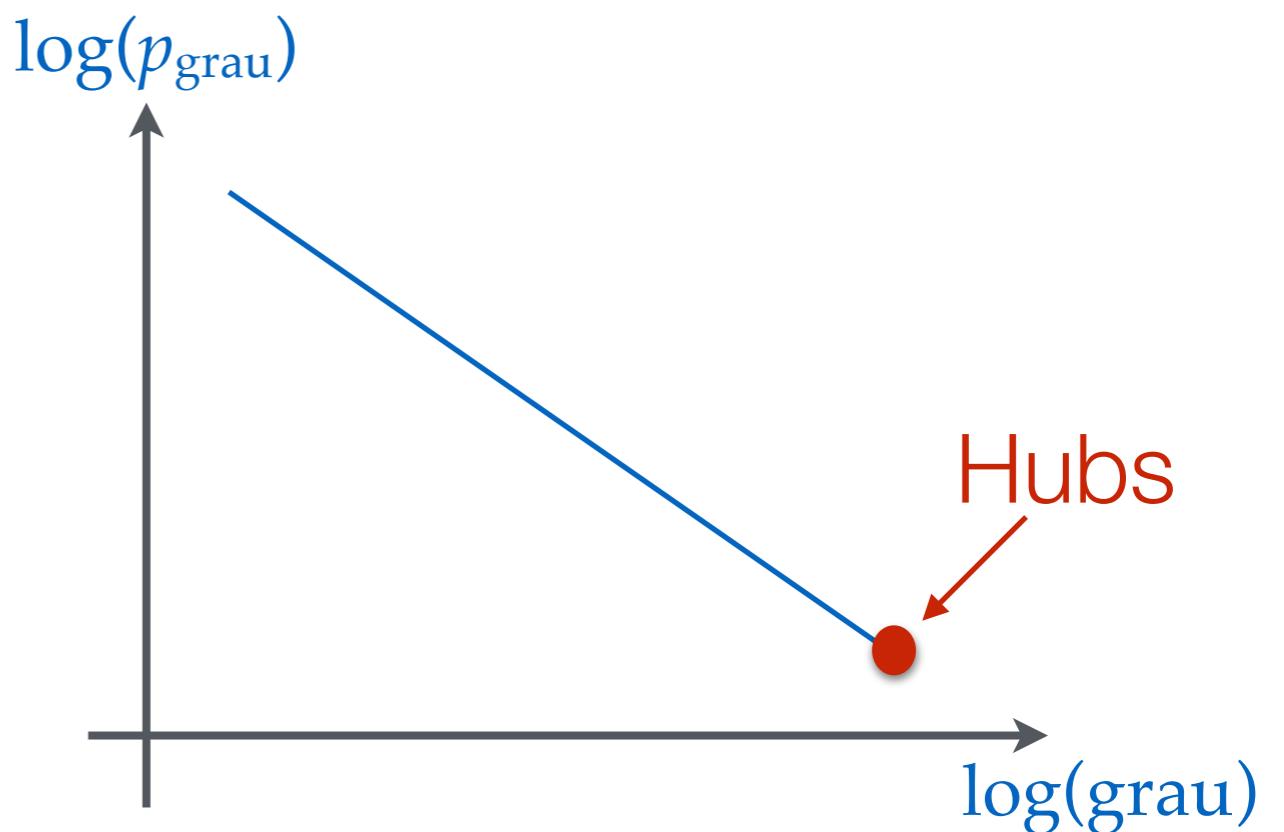
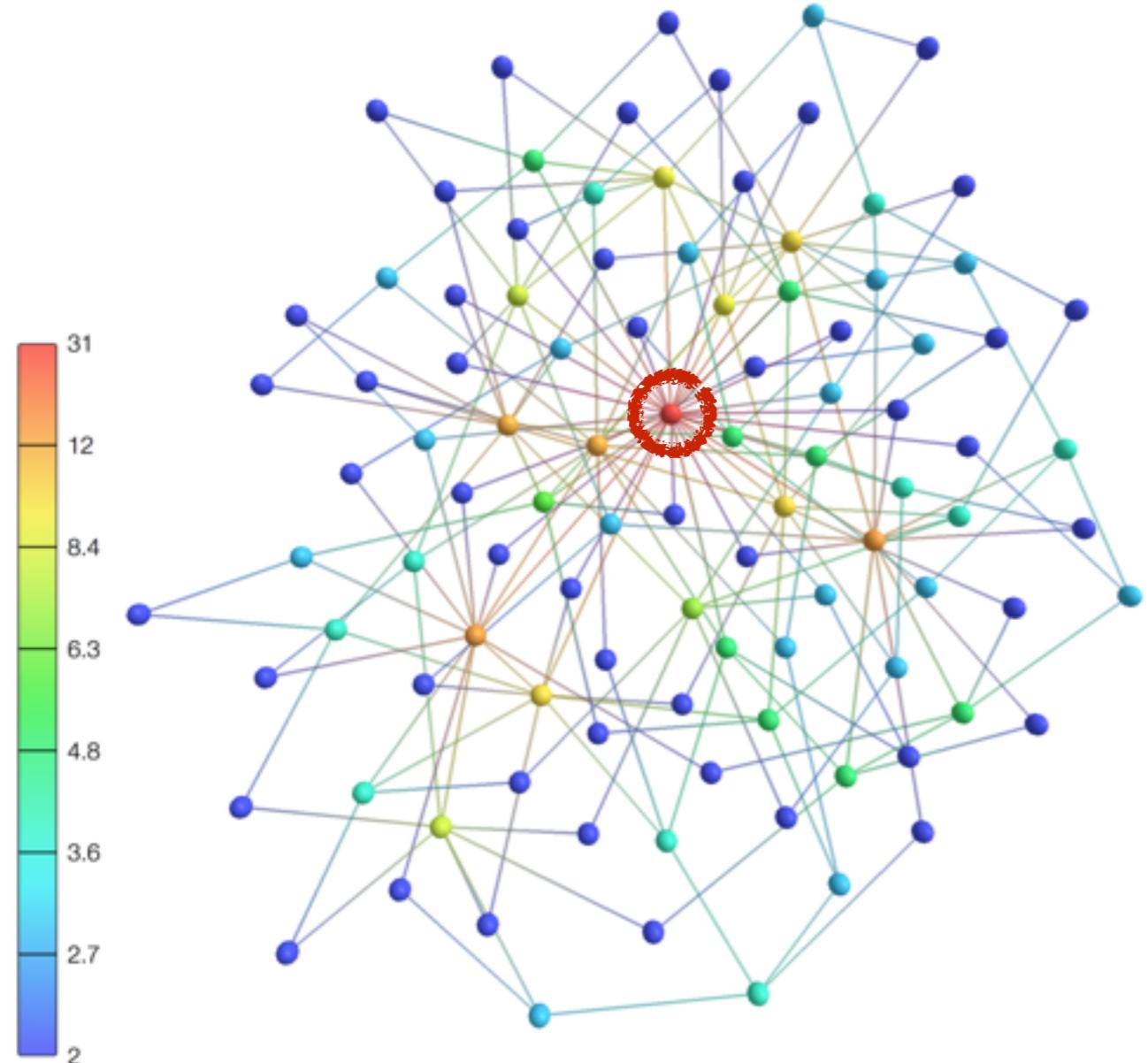


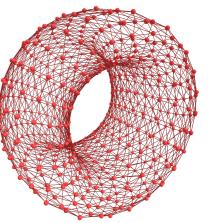
(i)  $t=8$



## Modelos

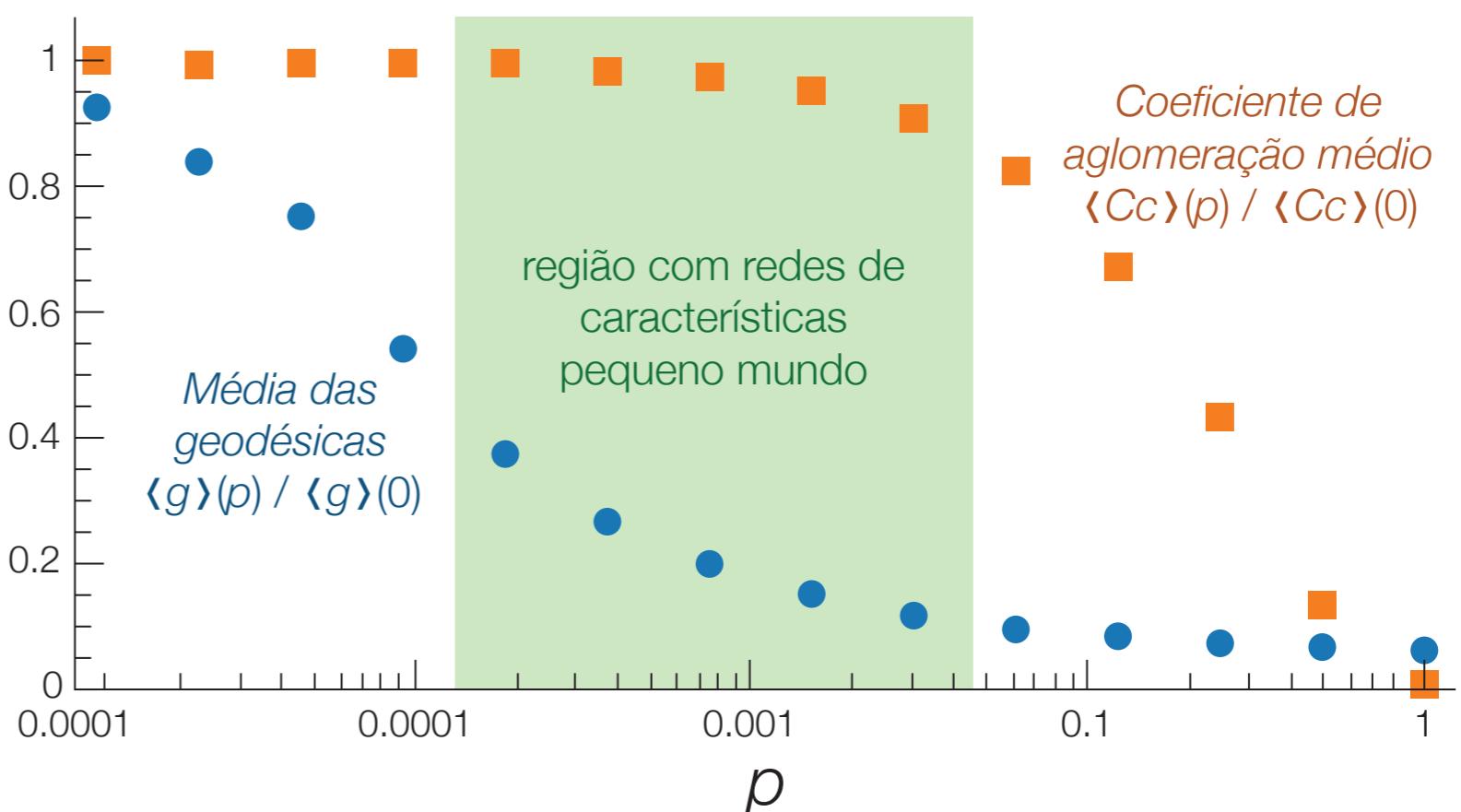
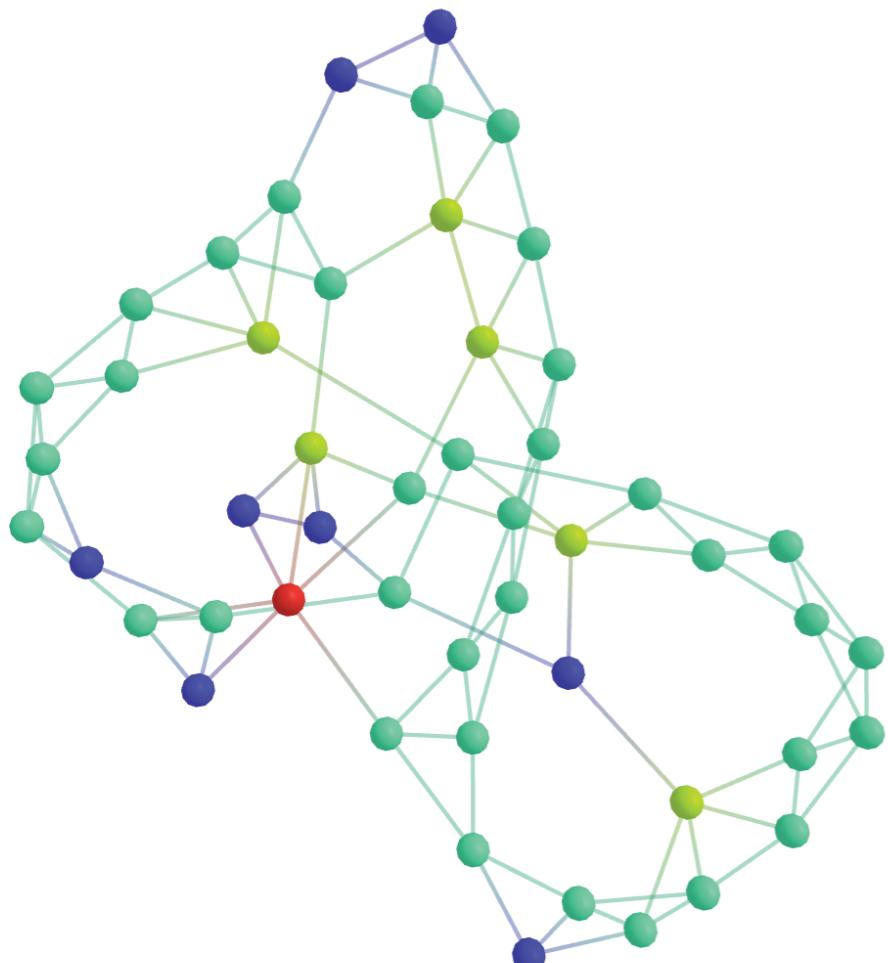
### Barabási-Albert (BA)

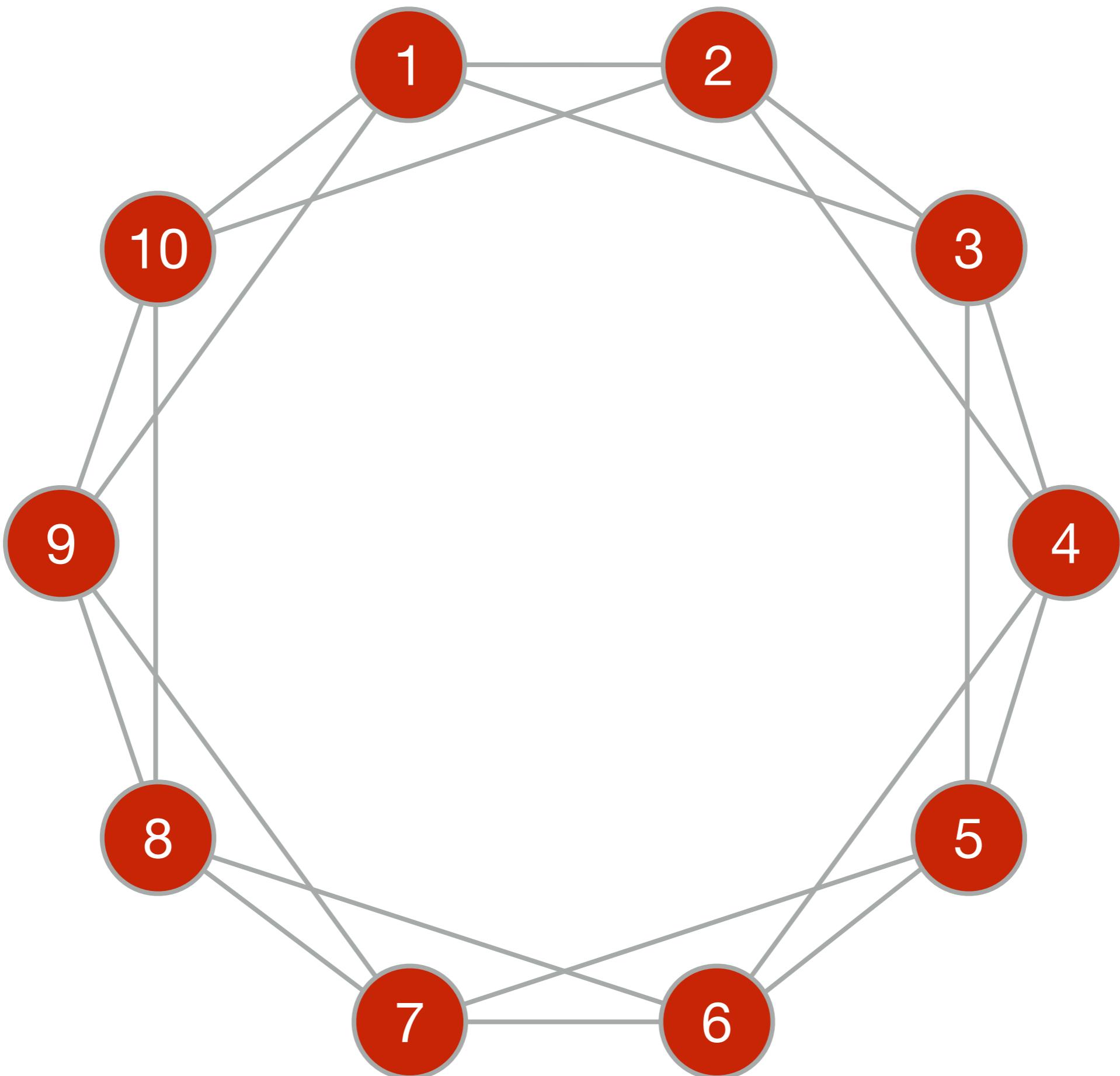




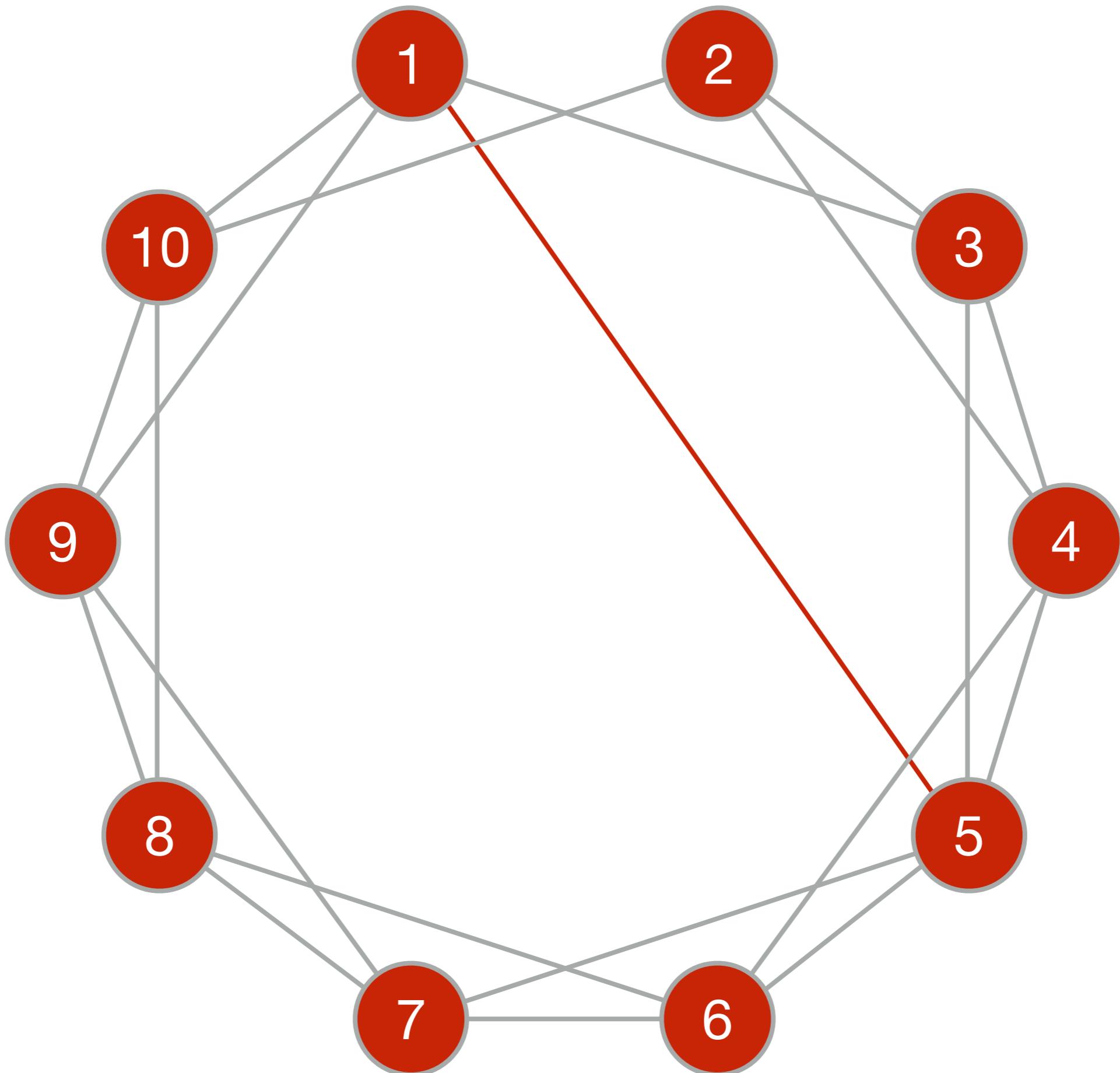
## Modelos

### Watts-Strogatz (WS)

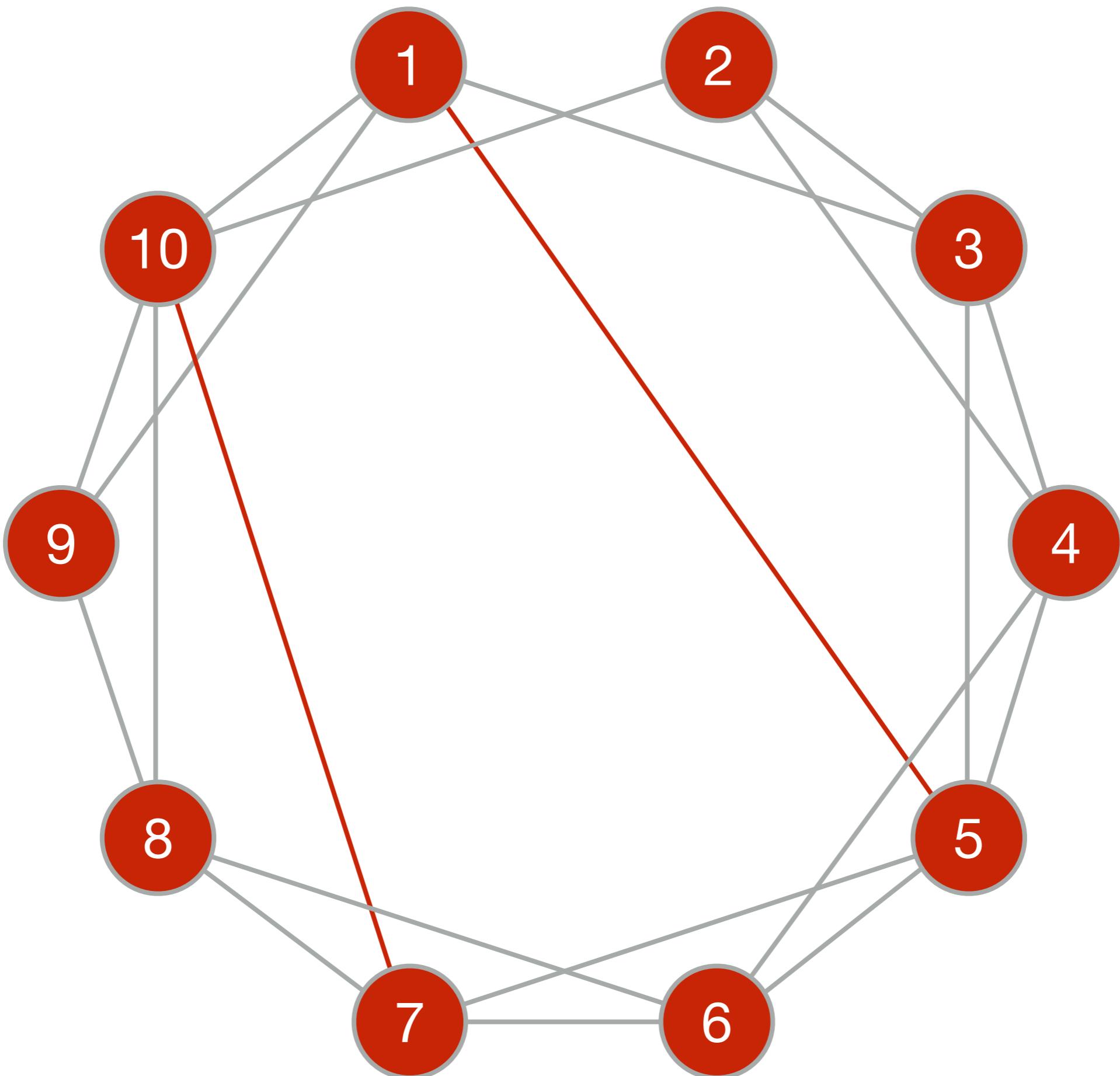




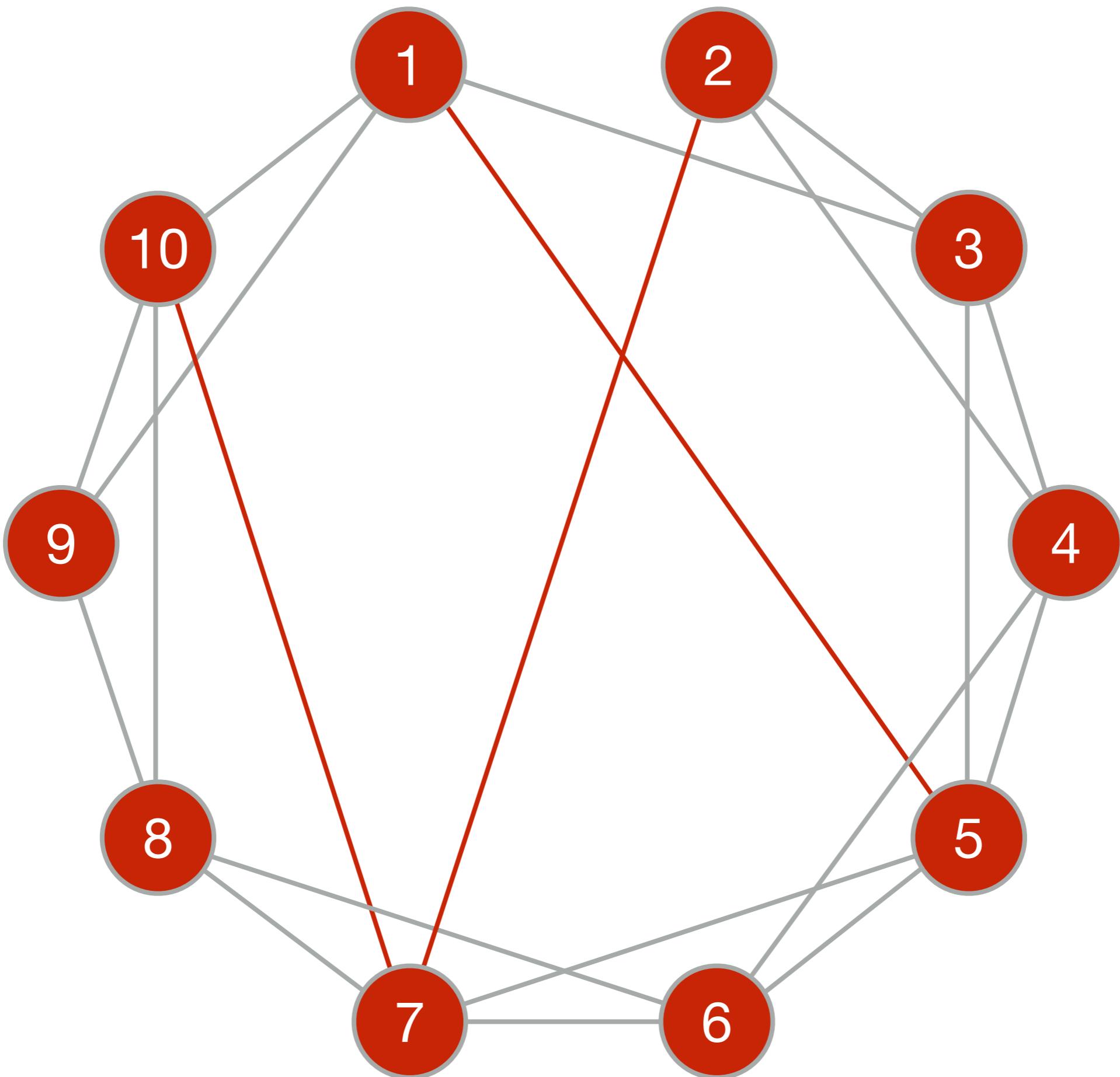
Watts-Strogatz 1D



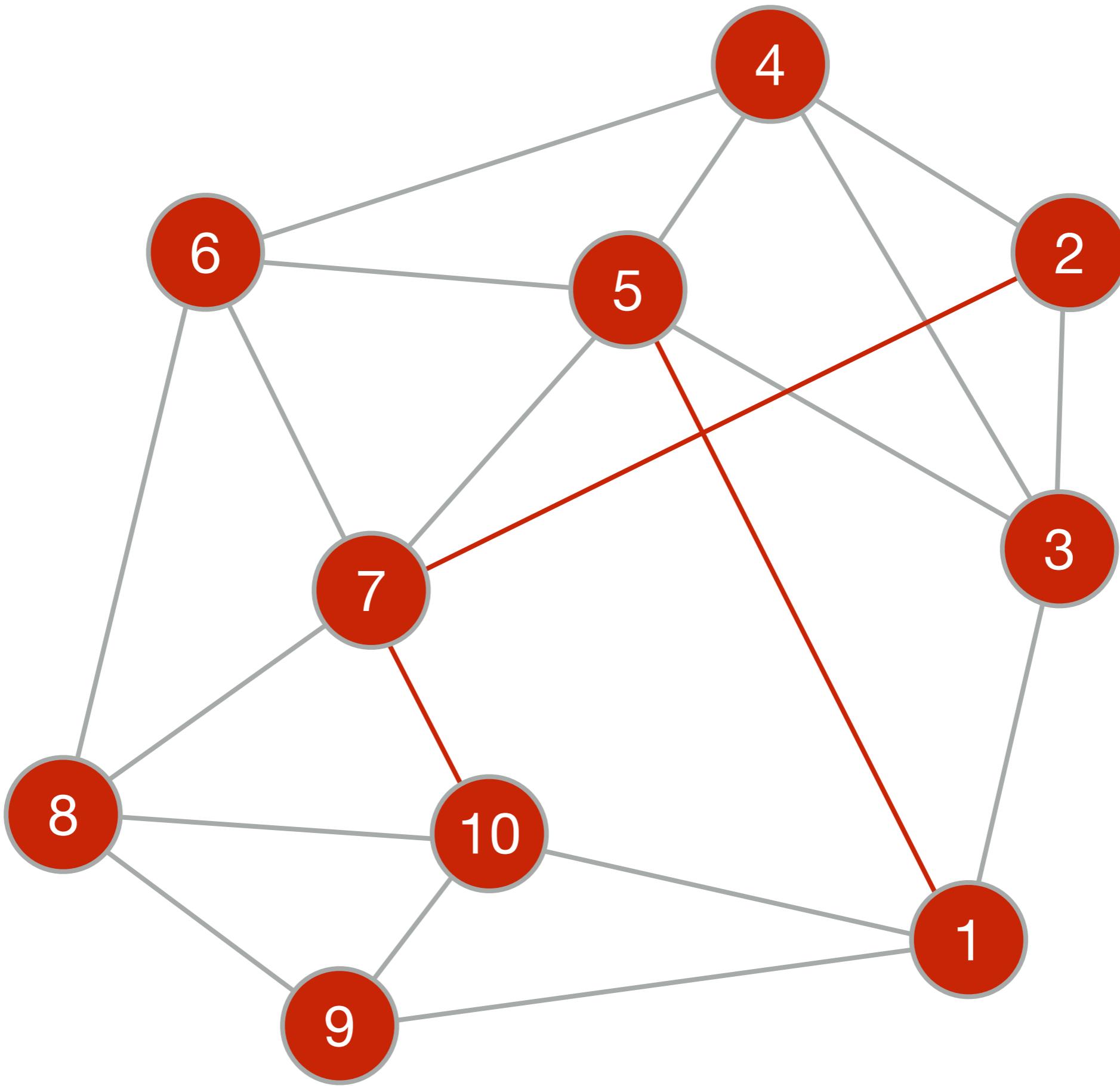
Watts-Strogatz 1D



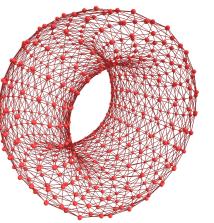
Watts-Strogatz 1D



Watts-Strogatz 1D

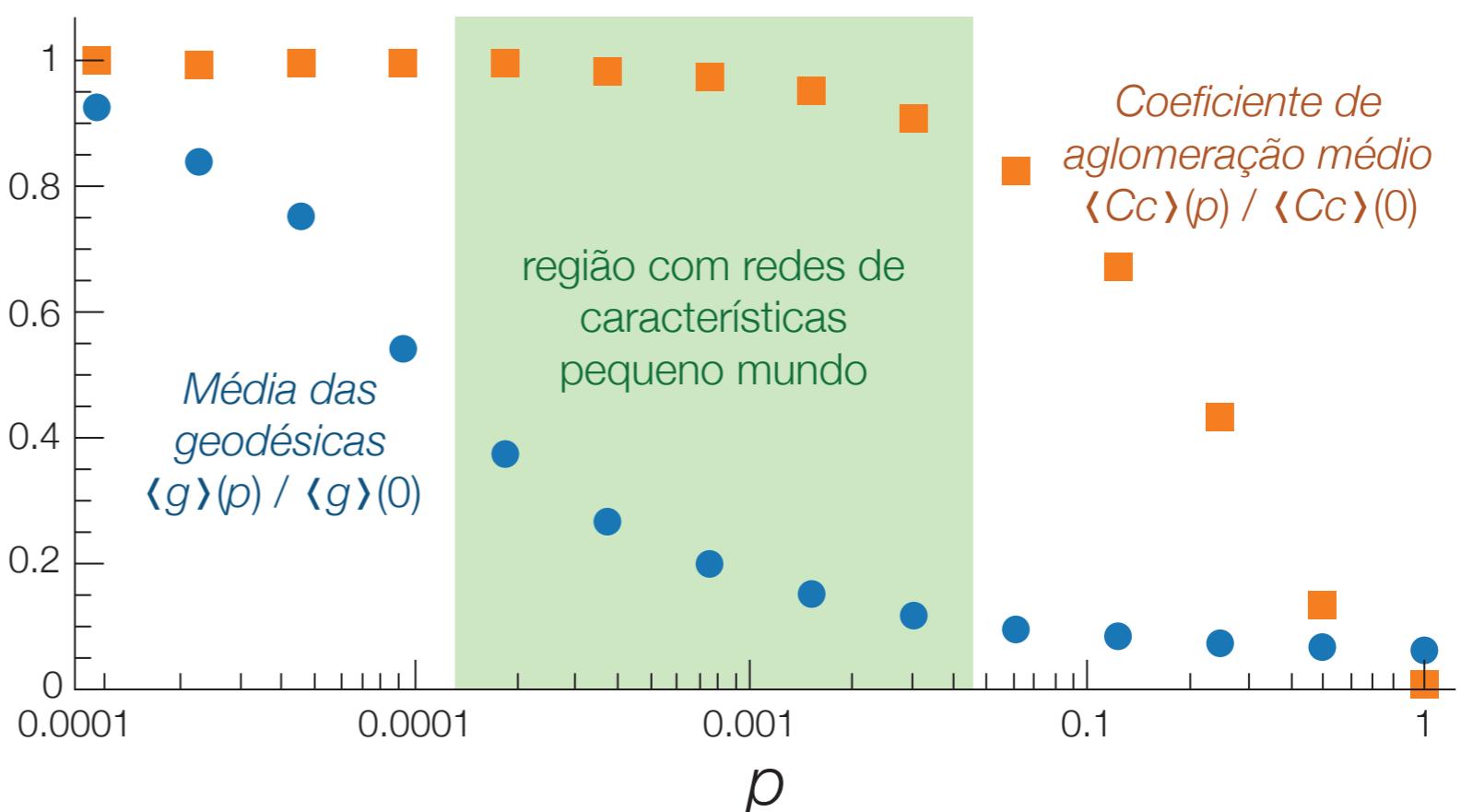
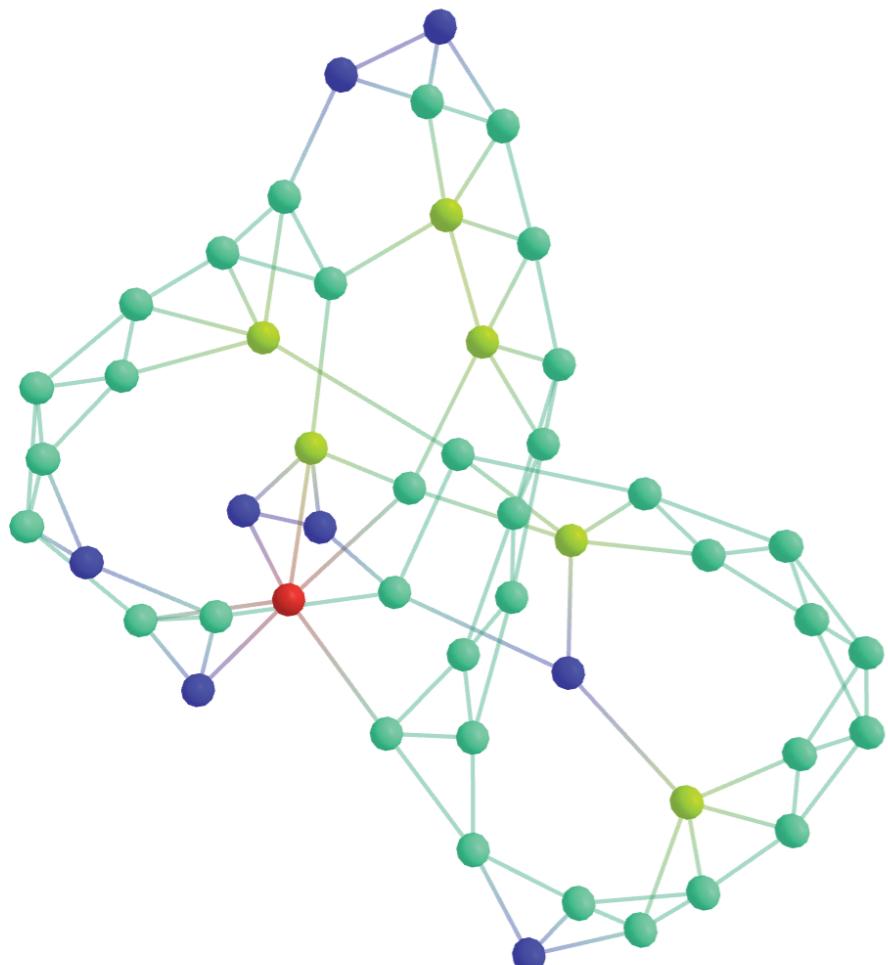


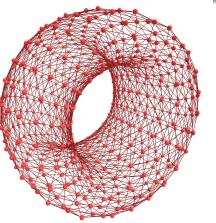
Watts-Strogatz 1D



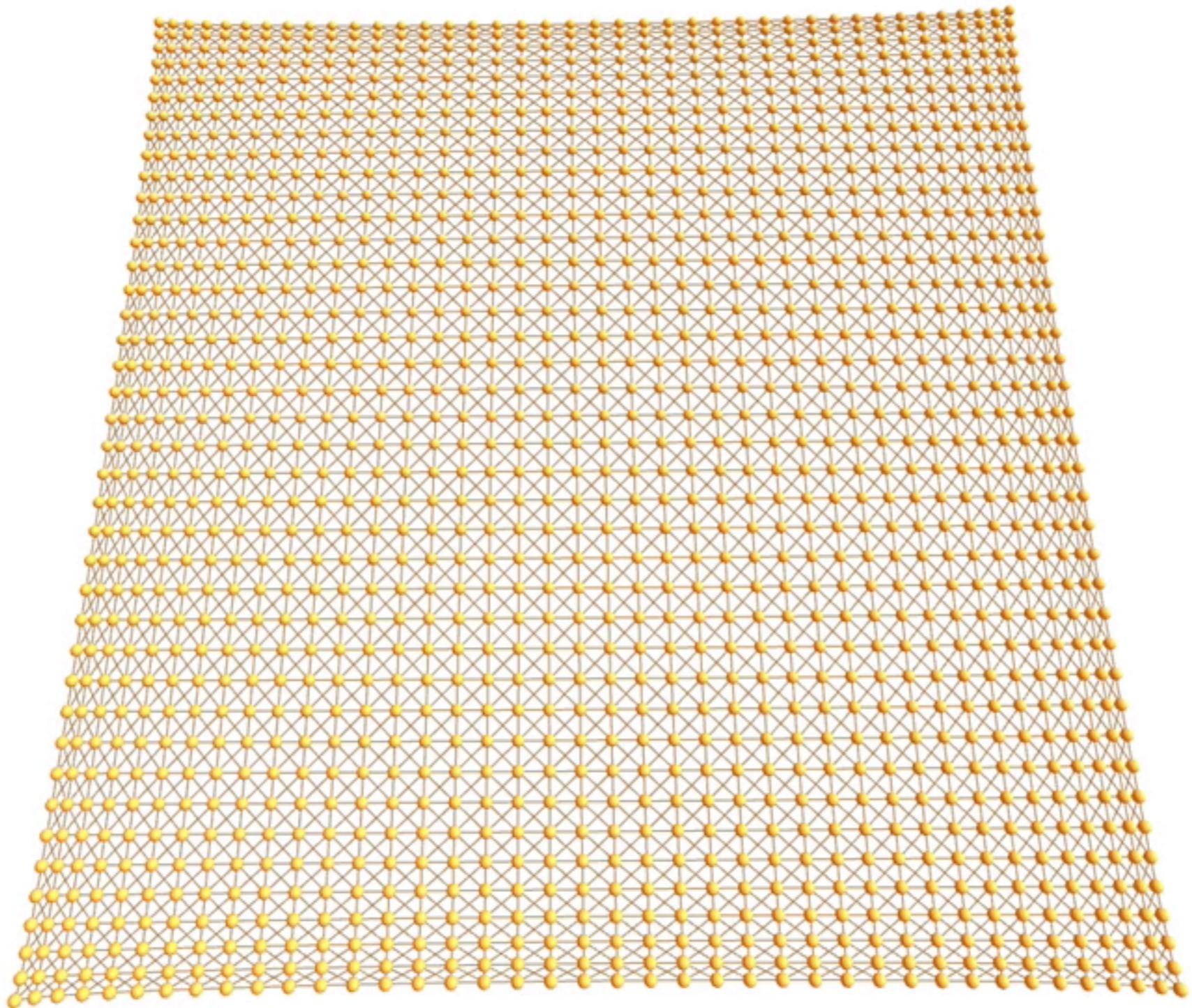
## Modelos

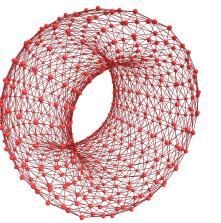
### Watts-Strogatz (WS)



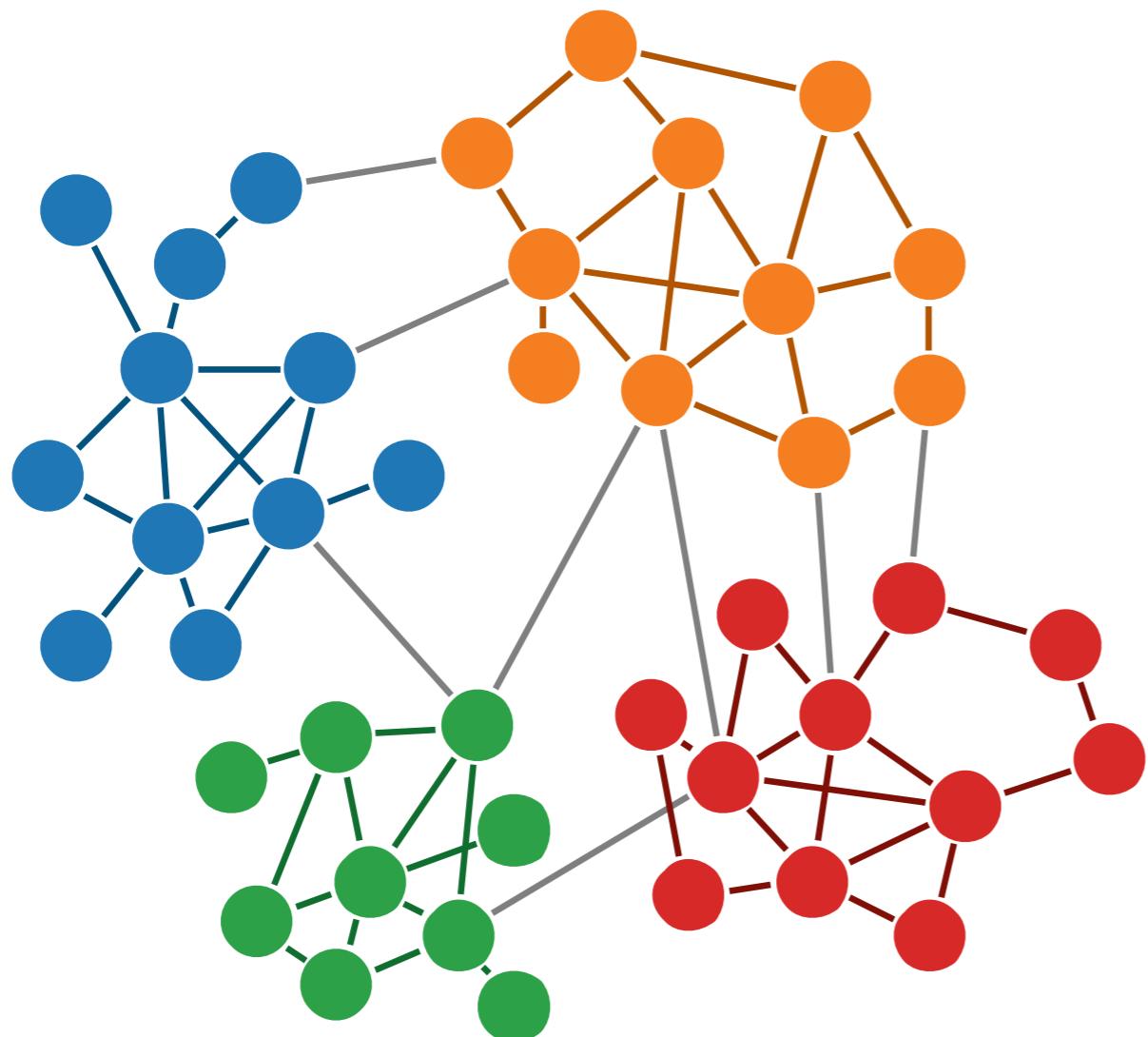


## Modelo Watts-Strogatz

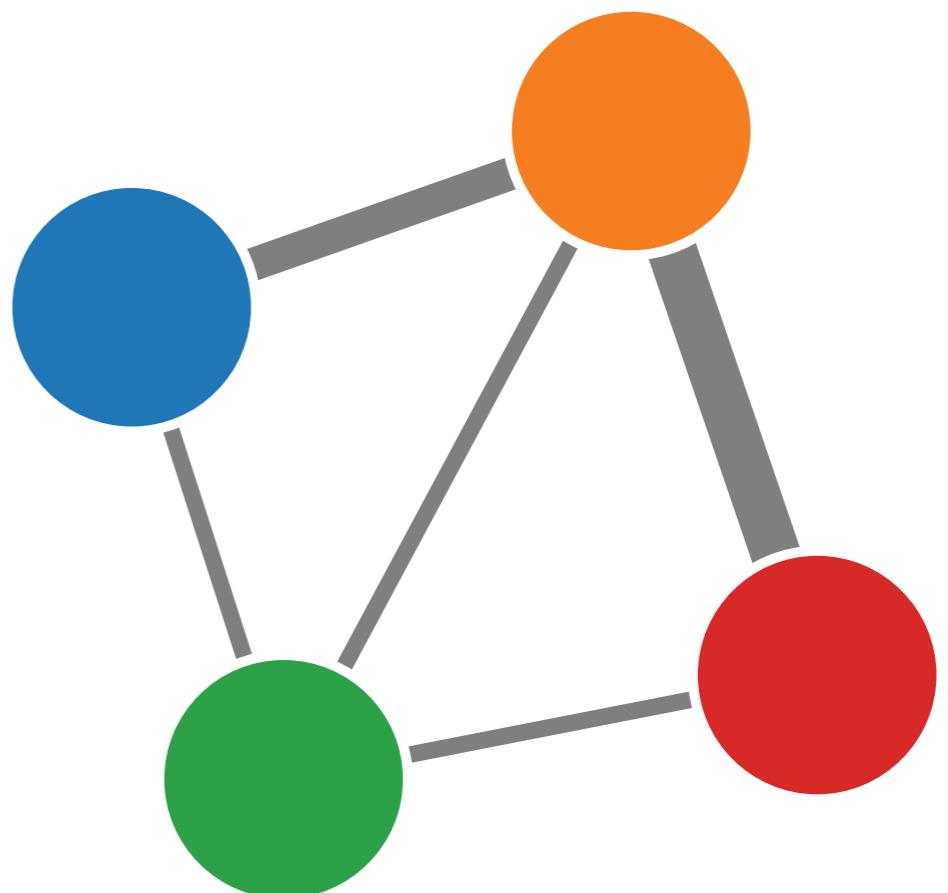




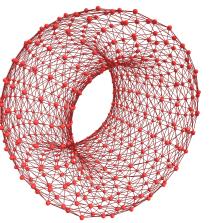
## Estrutura de comunidades



(a) Estrutura de comunidades



(b) Grafo reduzido de comunidades



## Representação

	A	B	C	D	E	F
A	0	1	3	1	5	0
B	1	0	0	4	0	0
C	3	0	0	0	1	2
D	1	4	0	0	0	0
E	5	0	1	0	0	5
F	0	0	2	0	5	0

$$\xi_A = \begin{matrix} B \\ 1 \end{matrix}, \begin{matrix} C \\ 3 \end{matrix}, \begin{matrix} D \\ 1 \end{matrix}, \begin{matrix} E \\ 5 \end{matrix}$$

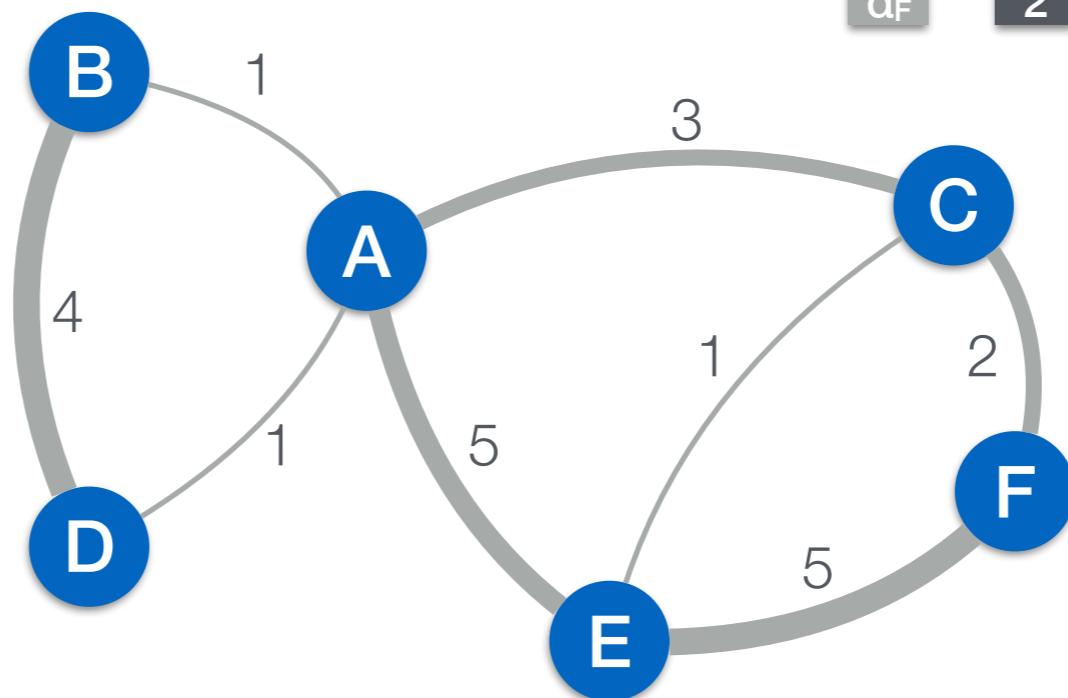
$$\xi_B = \begin{matrix} A \\ 1 \end{matrix}, \begin{matrix} D \\ 4 \end{matrix}$$

$$\xi_C = \begin{matrix} A \\ 3 \end{matrix}, \begin{matrix} E \\ 1 \end{matrix}, \begin{matrix} F \\ 2 \end{matrix}$$

$$\xi_D = \begin{matrix} A \\ 1 \end{matrix}, \begin{matrix} B \\ 4 \end{matrix}$$

$$\xi_E = \begin{matrix} A \\ 4 \end{matrix}, \begin{matrix} C \\ 1 \end{matrix}, \begin{matrix} F \\ 5 \end{matrix}$$

$$\xi_F = \begin{matrix} C \\ 2 \end{matrix}, \begin{matrix} E \\ 5 \end{matrix}$$

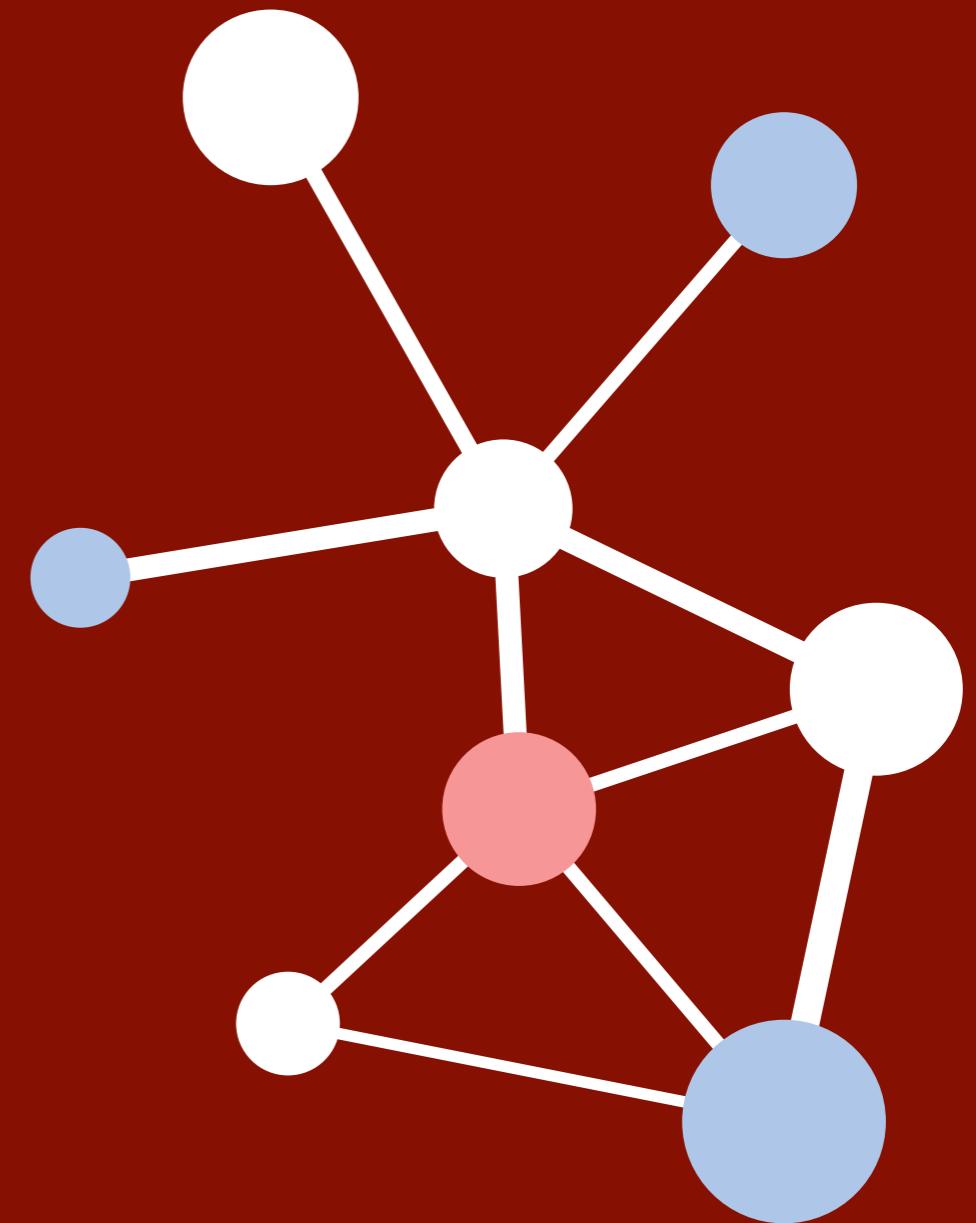
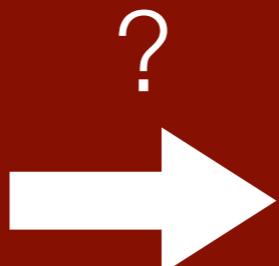
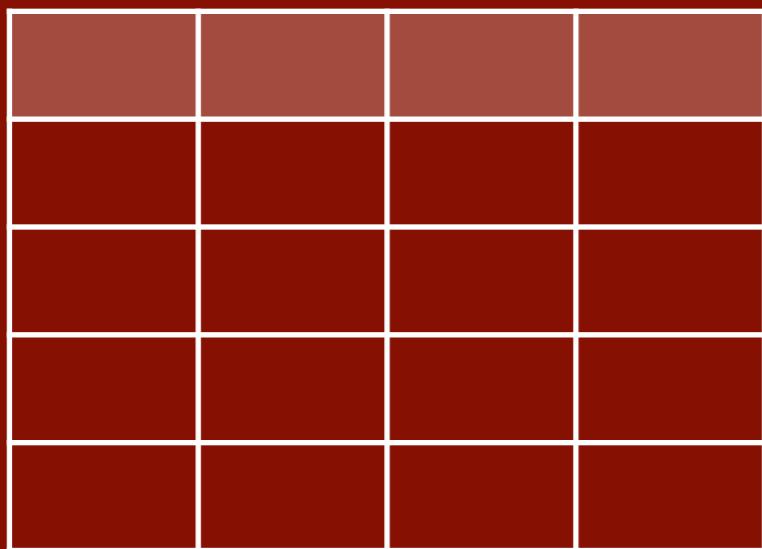


# Resumo da apresentação

- Visualização de dados
  - Introdução
  - Tipos de visualização
  - Scatter plots
  - Dados com alta dimensão
  - Redução de dimensionalidade
  - Mapa de Minard
- Visualização interativa
  - Introdução
  - Tipos de interação
  - Exemplos d3.js
- Redes Complexas
  - Introdução
  - Propriedades
  - Modelos
  - Comunidades
- Geração de redes a partir de dados
  - Correlação
  - Estruturas biológicas
  - Textos
  - Semântica
- Visualização de redes
  - Introdução
  - Método direcionado por forças
  - Simulação molecular
  - Estabilidade e Optimização
- Exemplos de visualização
- Ferramentas
- Referências

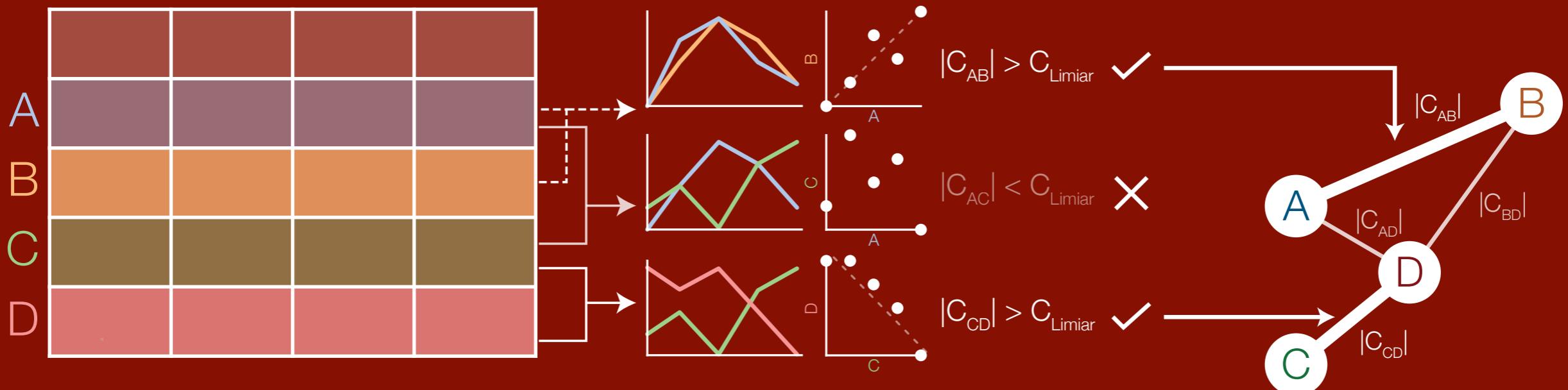


# Como gerar redes a partir de dados



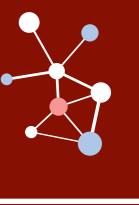


# Como gerar redes a partir de dados



$$C_{AB} = \frac{\text{cov}(A, B)}{\sigma_A \sigma_B}$$

$$C_{AB} = \frac{\langle (A - \langle A \rangle)(B - \langle B \rangle) \rangle}{\sigma_A \sigma_B}$$

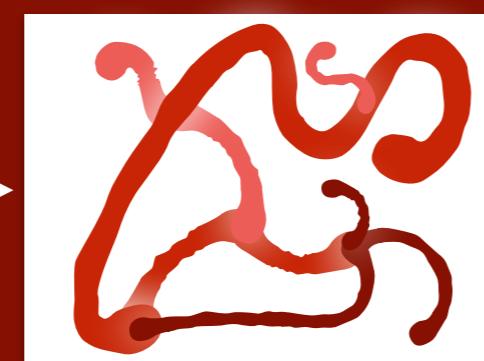


# Como gerar redes a partir de dados

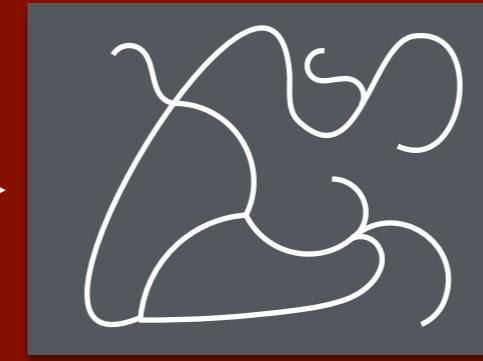
Coleção de imagens



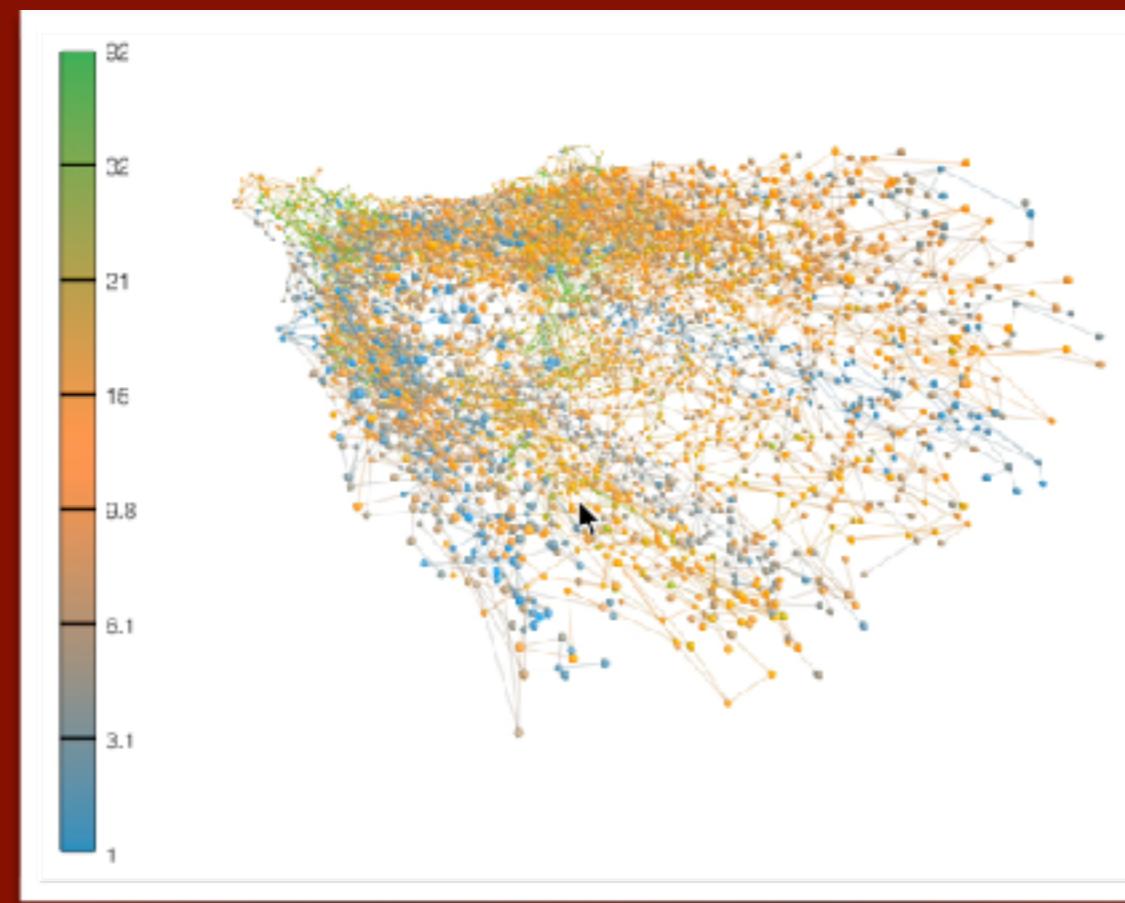
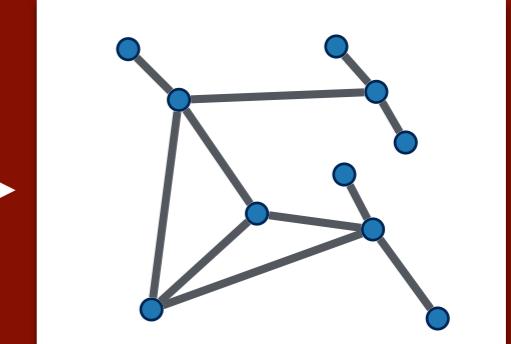
Reconstrução 3D



Esqueletização



Construção da rede





Como gerar redes a partir de dados

Outros métodos para gerar redes complexas?



# Como gerar redes a partir de dados

## Texto

O que é isso? perguntou Sally. Pague minha conta da última semana, que vence esta manhã. Sally levantou-se rapidamente, contornou a mesa, colocou seu braço no ombro do amigo e sussurrou em seu ouvido.

## Texto pré-processado

perguntar Sally  
pagar conta última  
semana vencer  
manhã Sally levantar  
rápido contornar  
mesa colocar braço  
ombro amigo sussurrar  
ouvido



# Como gerar redes a partir de dados

- perguntar Sally
- pagar conta última
- semana vencer
- manhã Sally levantar
- rápido contornar
- mesa colocar braço
- ombro amigo sussurrar
- ouvido



# Como gerar redes a partir de dados



Amancio, D. R., Oliveira Jr, O. N., & da Fontoura Costa, L. (2012). Identification of literary movements using complex networks to represent texts. New Journal of Physics, 14(4), 043029.



# Como gerar redes a partir de dados

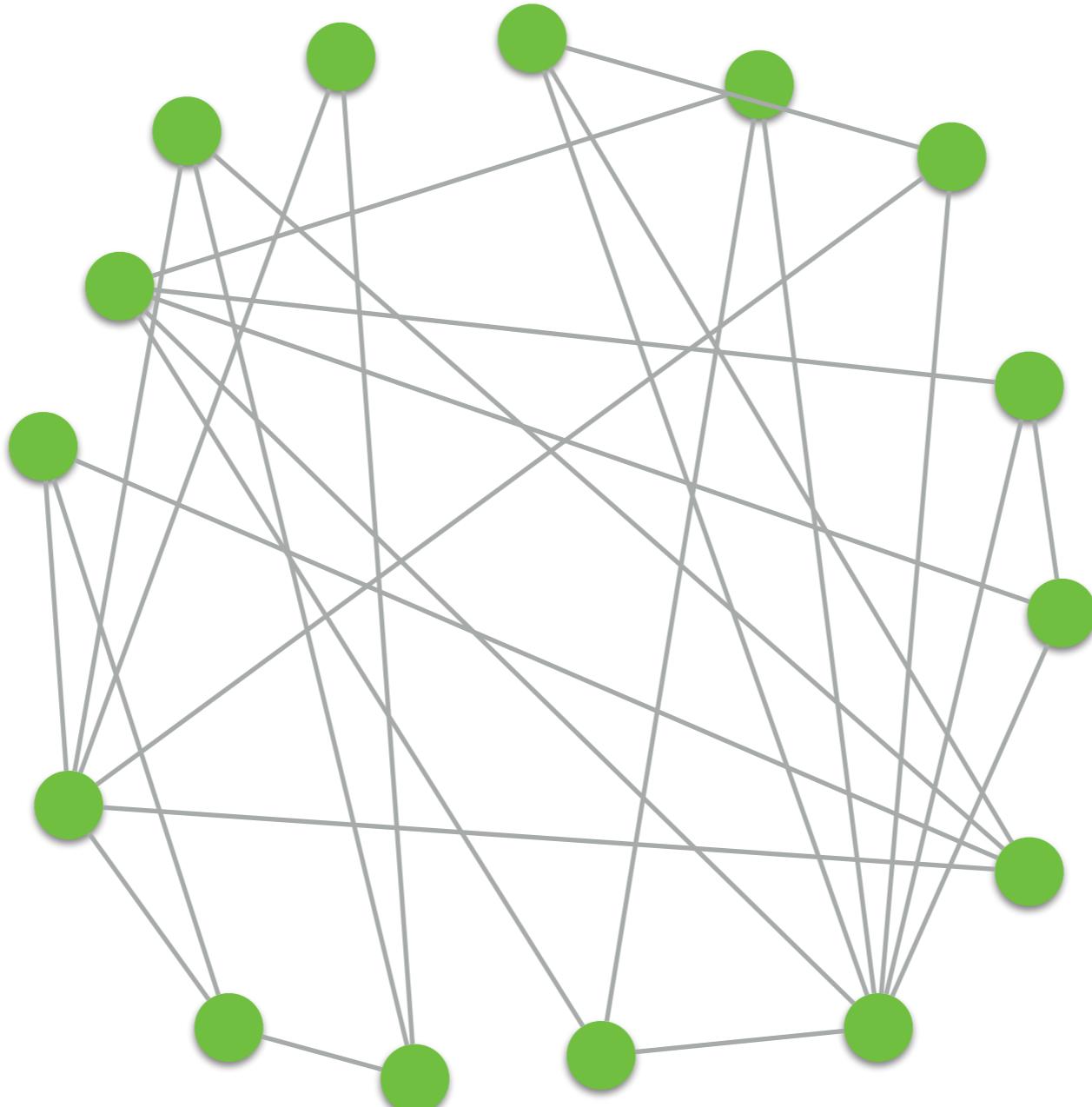


# Resumo da apresentação

- Visualização de dados
  - Introdução
  - Tipos de visualização
  - Scatter plots
  - Dados com alta dimensão
  - Redução de dimensionalidade
  - Mapa de Monard
- Visualização interativa
  - Introdução
  - Tipos de interação
  - Exemplos d3.js
- Redes Complexas
  - Introdução
  - Propriedades
  - Modelos
  - Comunidades
- Geração de redes a partir de dados
  - Correlação
  - Estruturas biológicas
  - Textos
  - Semântica
- **Visualização de redes**
  - Introdução
  - Método direcionado por forças
  - Simulação molecular
  - Estabilidade e Optimização
- **Exemplos de visualização**
- **Ferramentas**
- **Referências**

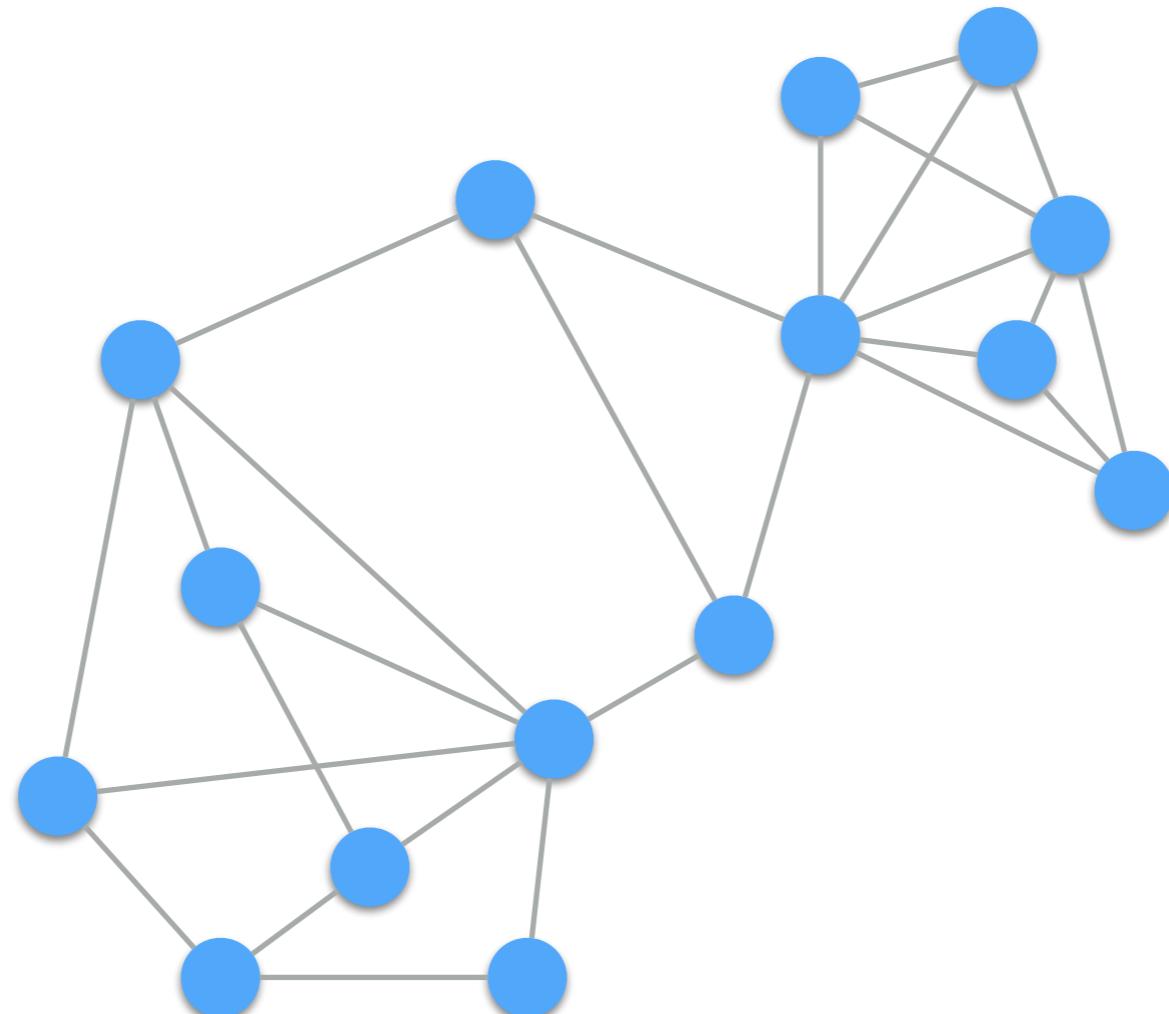


# Visualização de redes complexas



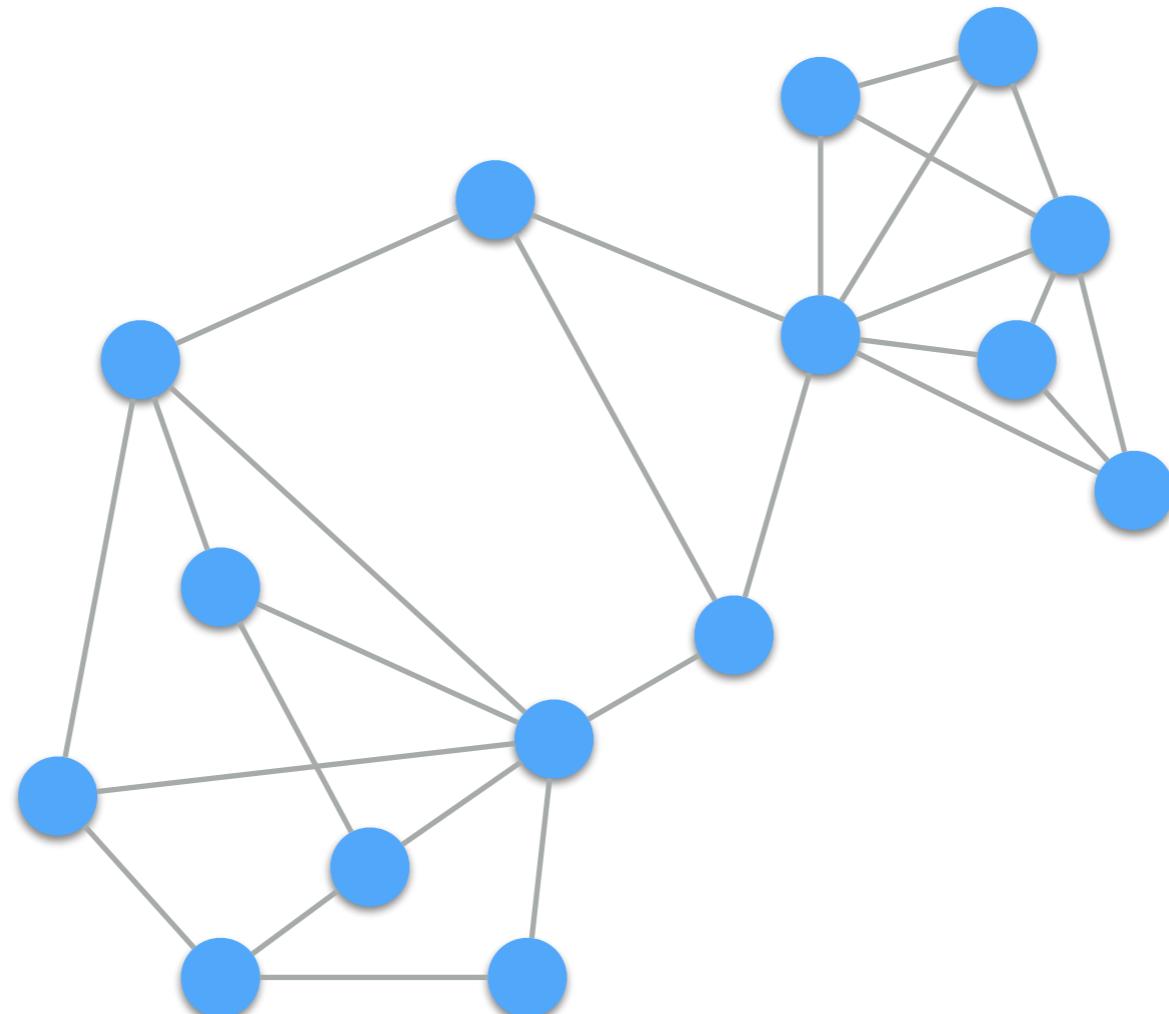


# Visualização de redes complexas



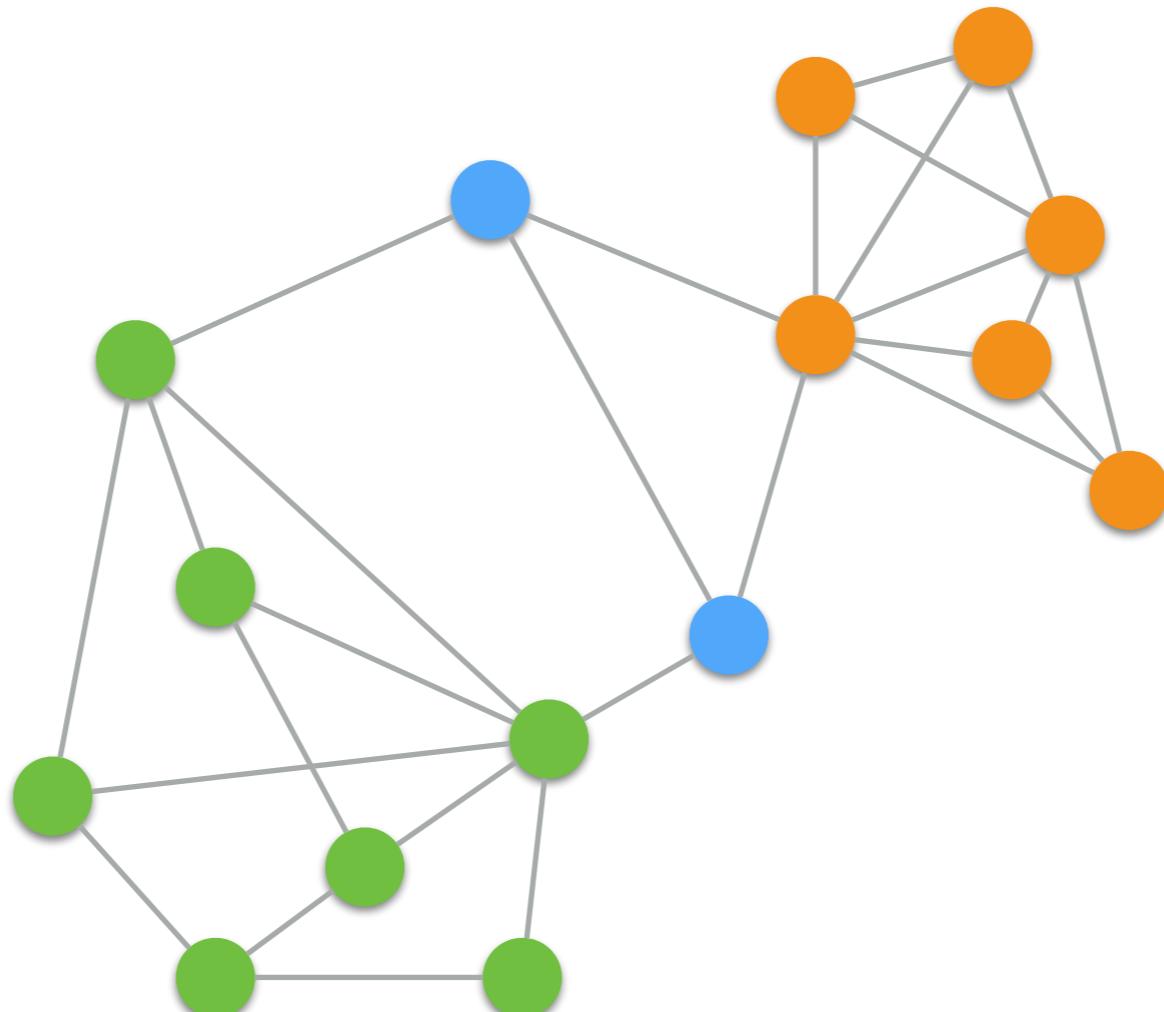


# Visualização de redes complexas



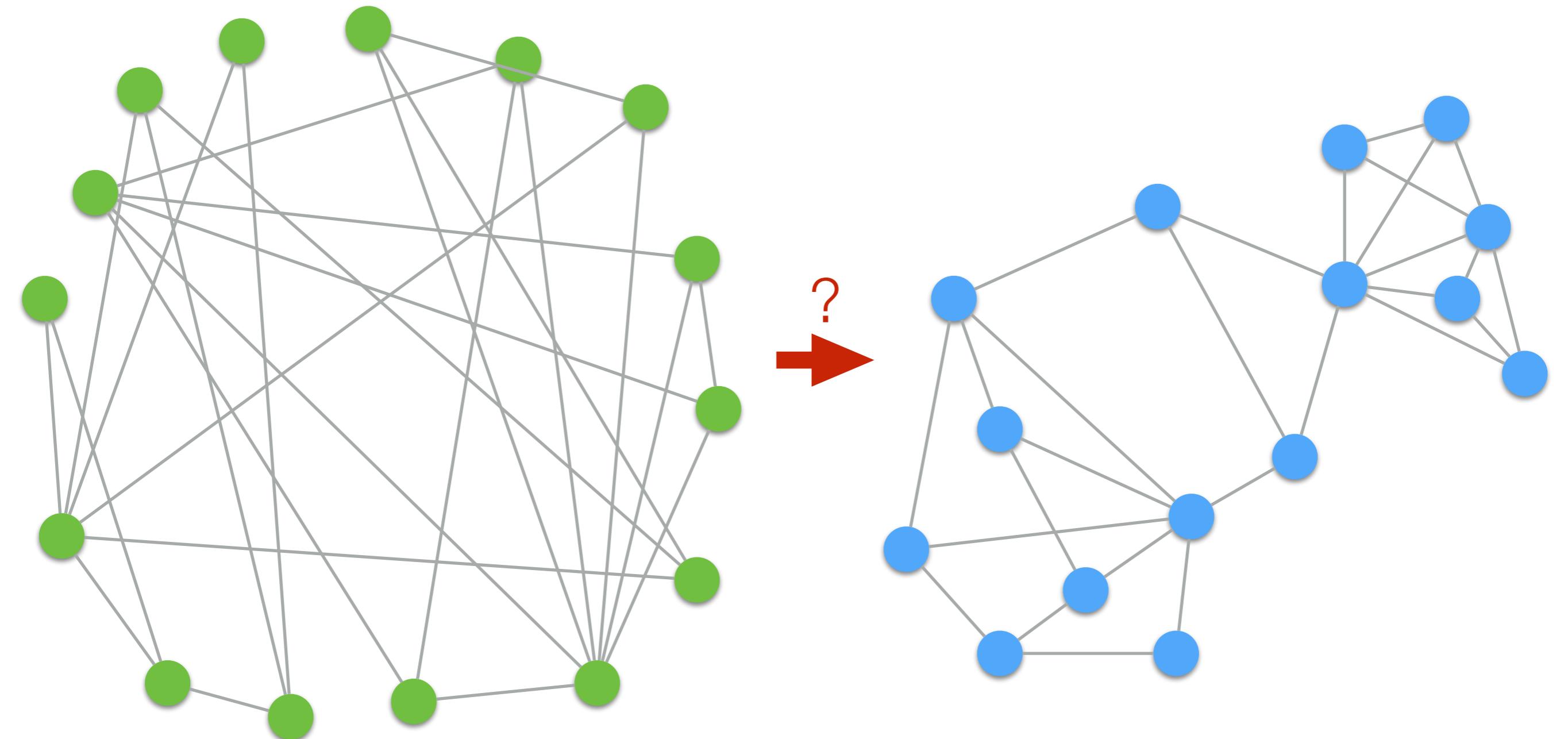


# Visualização de redes complexas



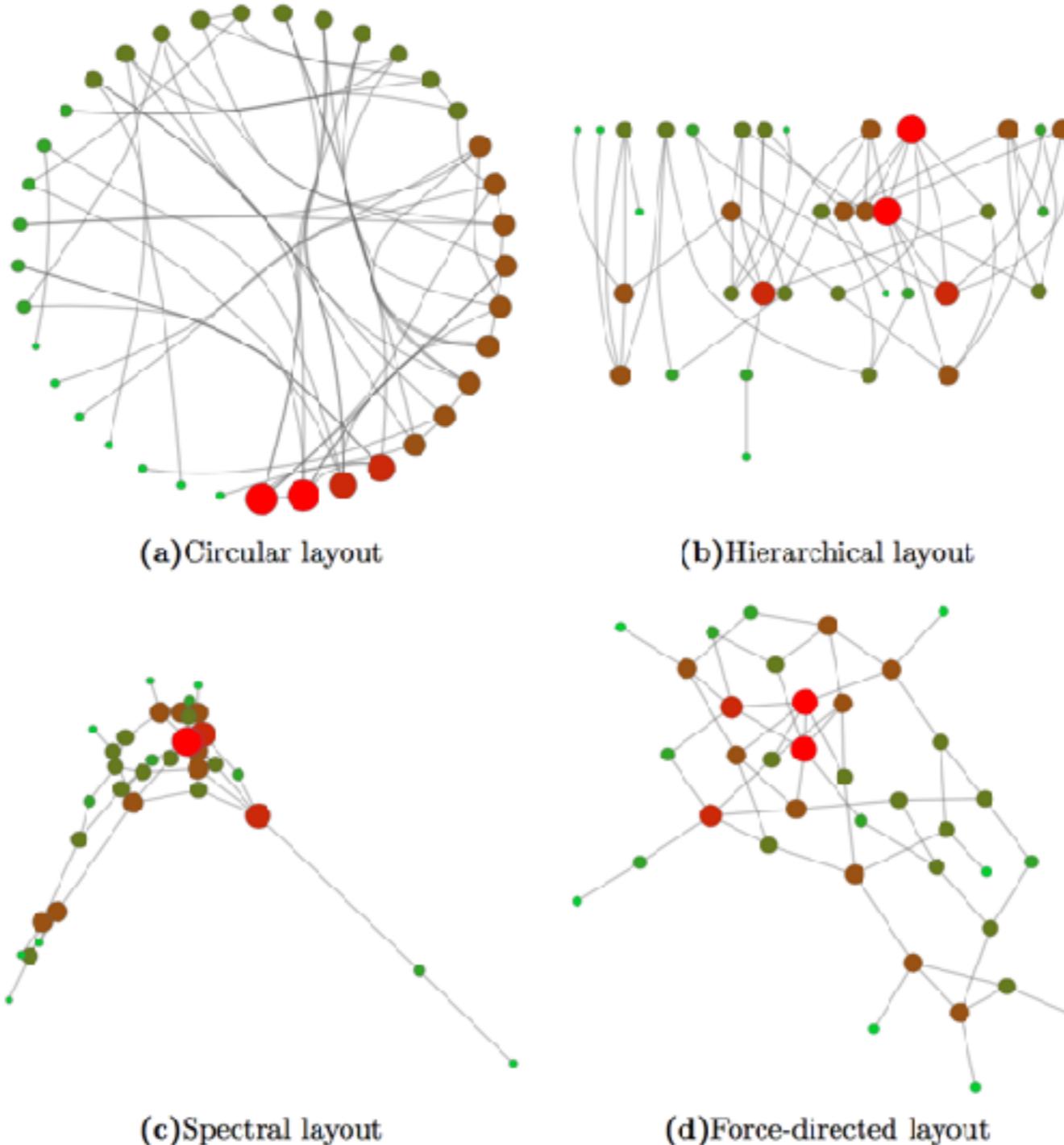


# Visualização de redes complexas





# Visualização de redes complexas



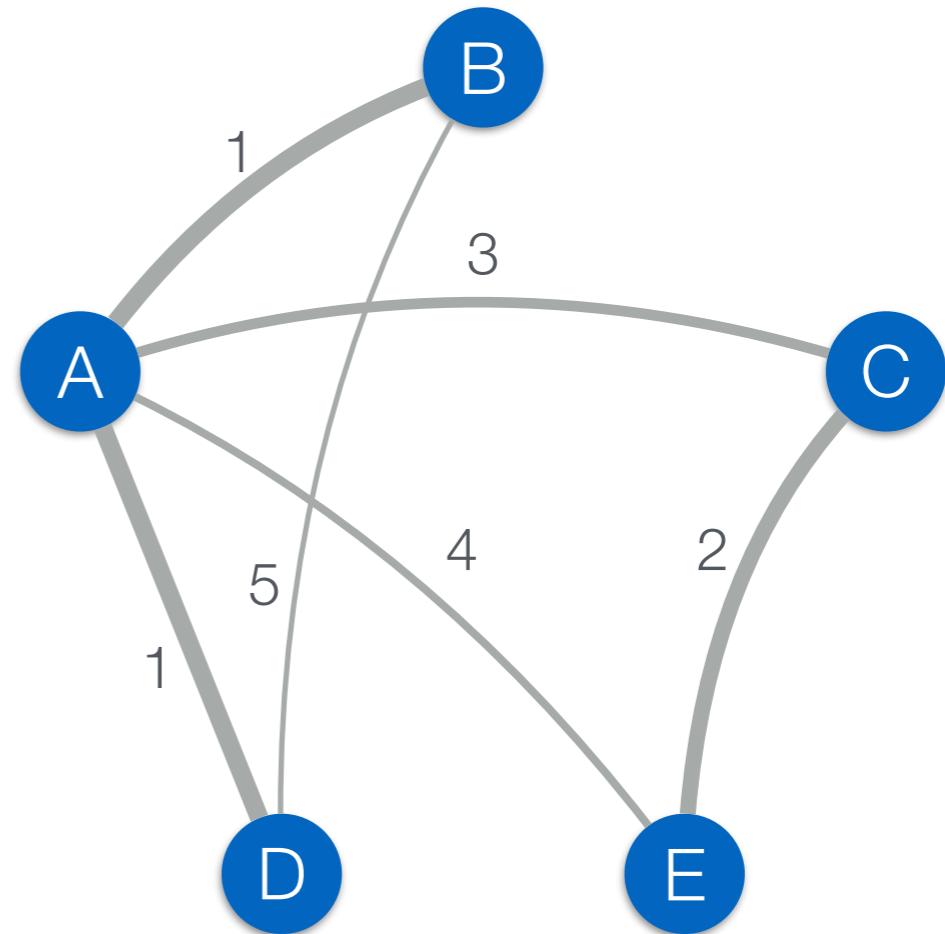
Complex systems: features, similarity and connectivity  
C. H. Comin, T. K. DM. Peron, F. N. Silva, D. R. Amancio, F. A. Rodrigues, L. da F. Costa  
<https://arxiv.org/abs/1606.05400>



# Visualização de redes complexas

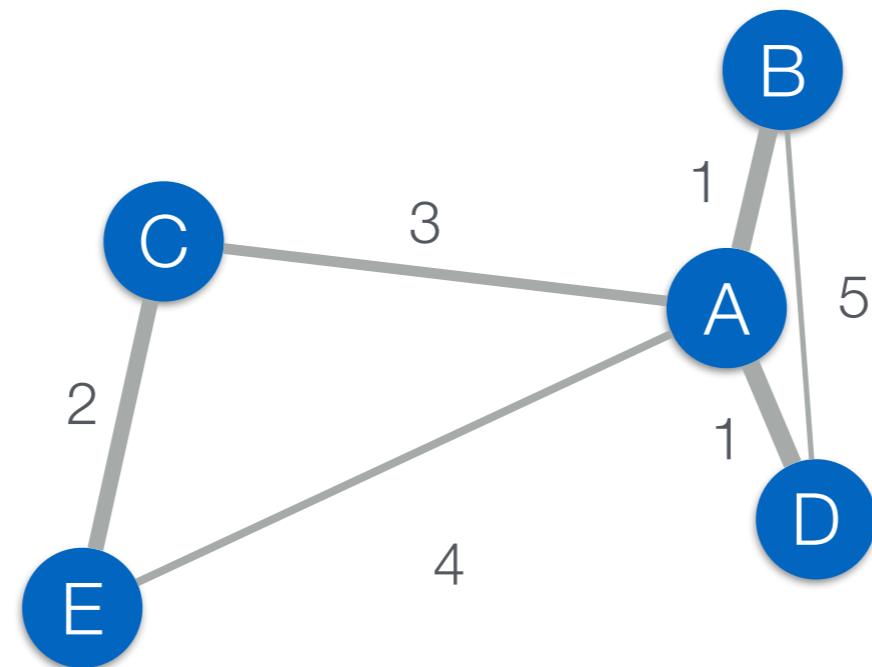
Matriz de distâncias

	A	B	C	D	E
A	0	1	3	1	4
B	1	0	5		
C	3		0	2	
D	1	5		0	
E	4	2		0	

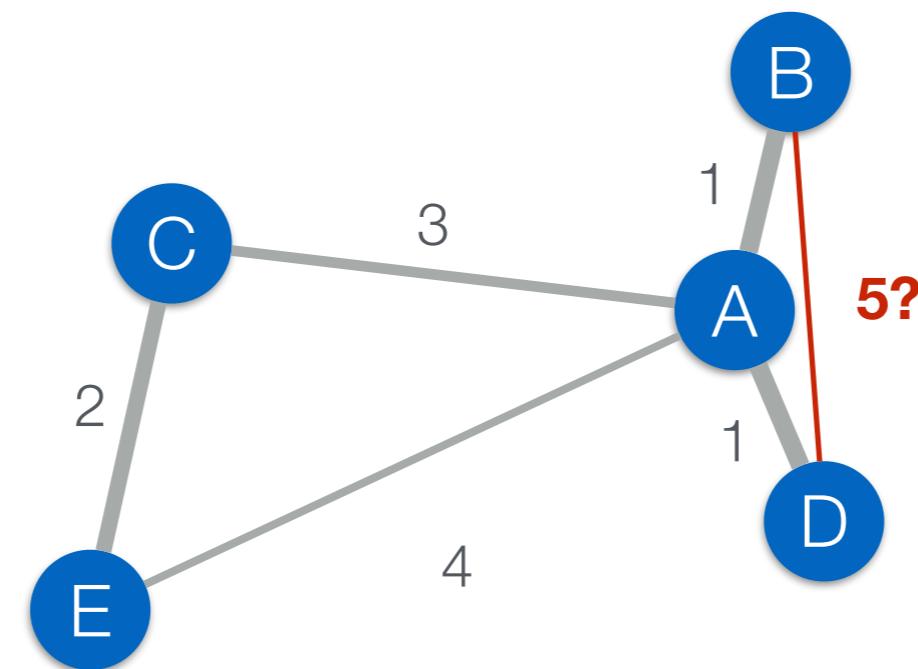




# Método direcionado por forças



# Método direcionado por forças

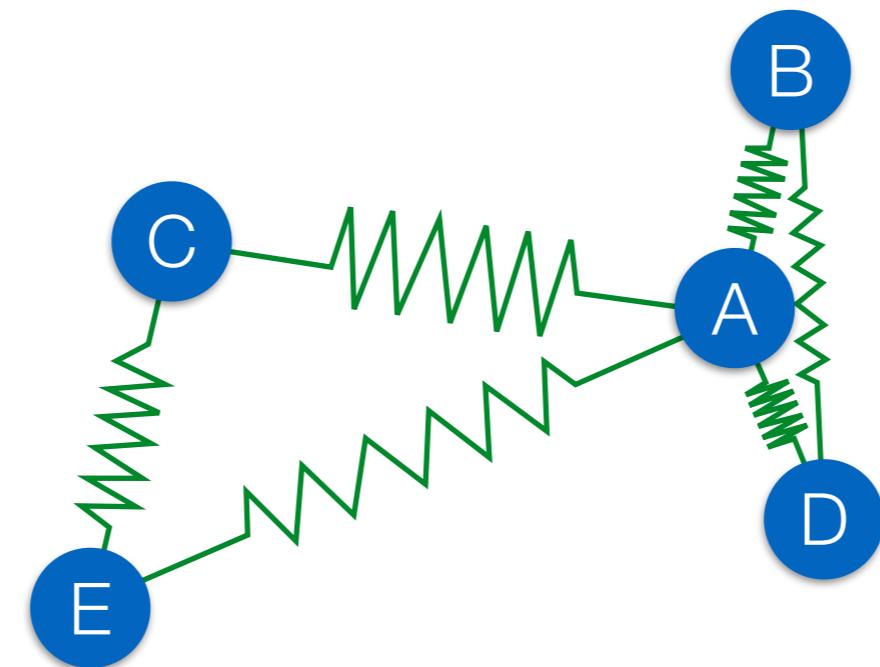


Conseguem imaginar um método físico para resolver o problema?



# Método direcionado por forças

Forças do tipo massa-mola

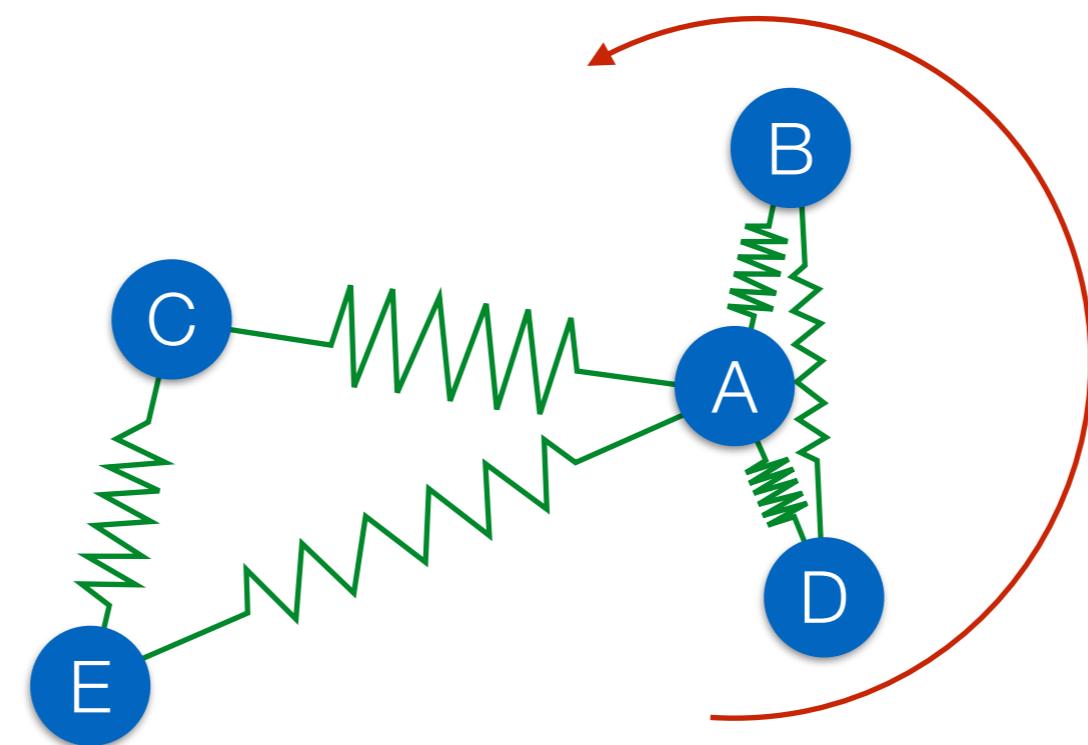


Problemas?



# Método direcionado por forças

Forças do tipo massa-mola

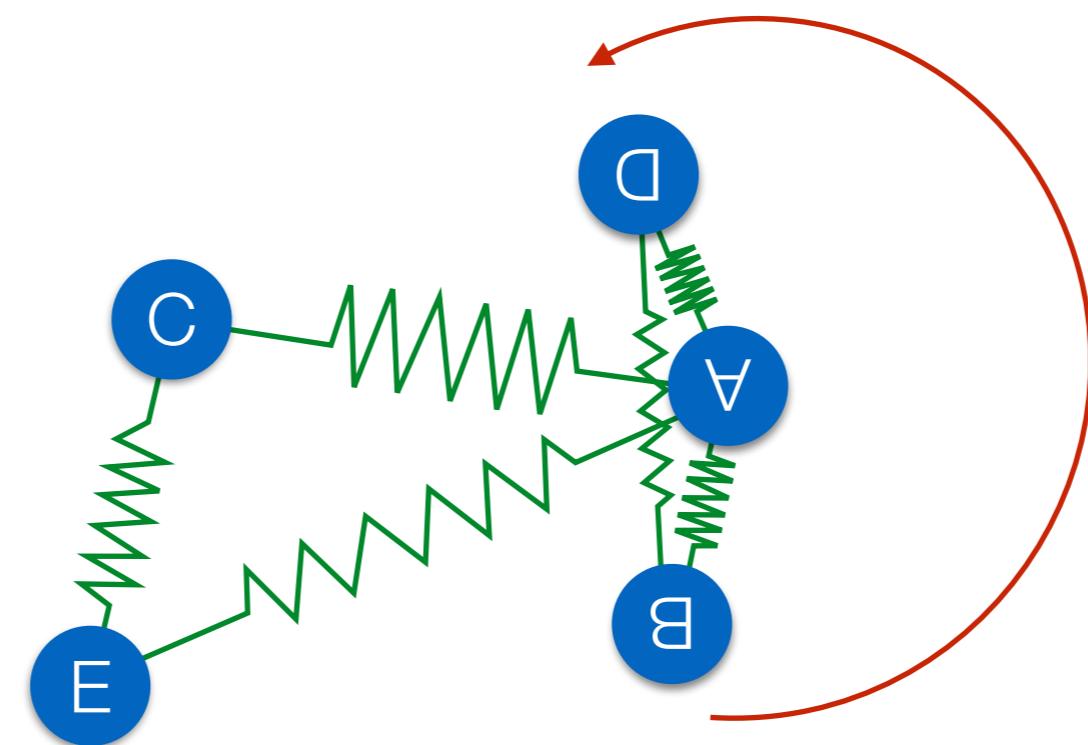


Problemas?



# Método direcionado por forças

Forças do tipo massa-mola

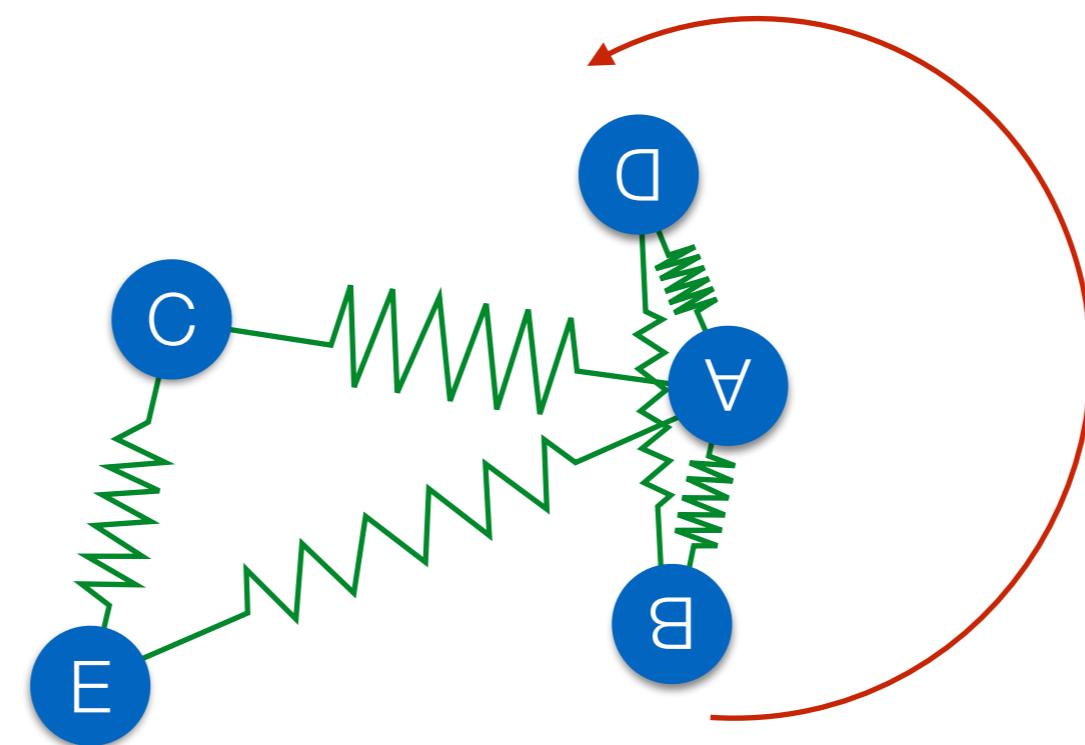


Alternativas?



# Método direcionado por forças

Forças do tipo massa-mola

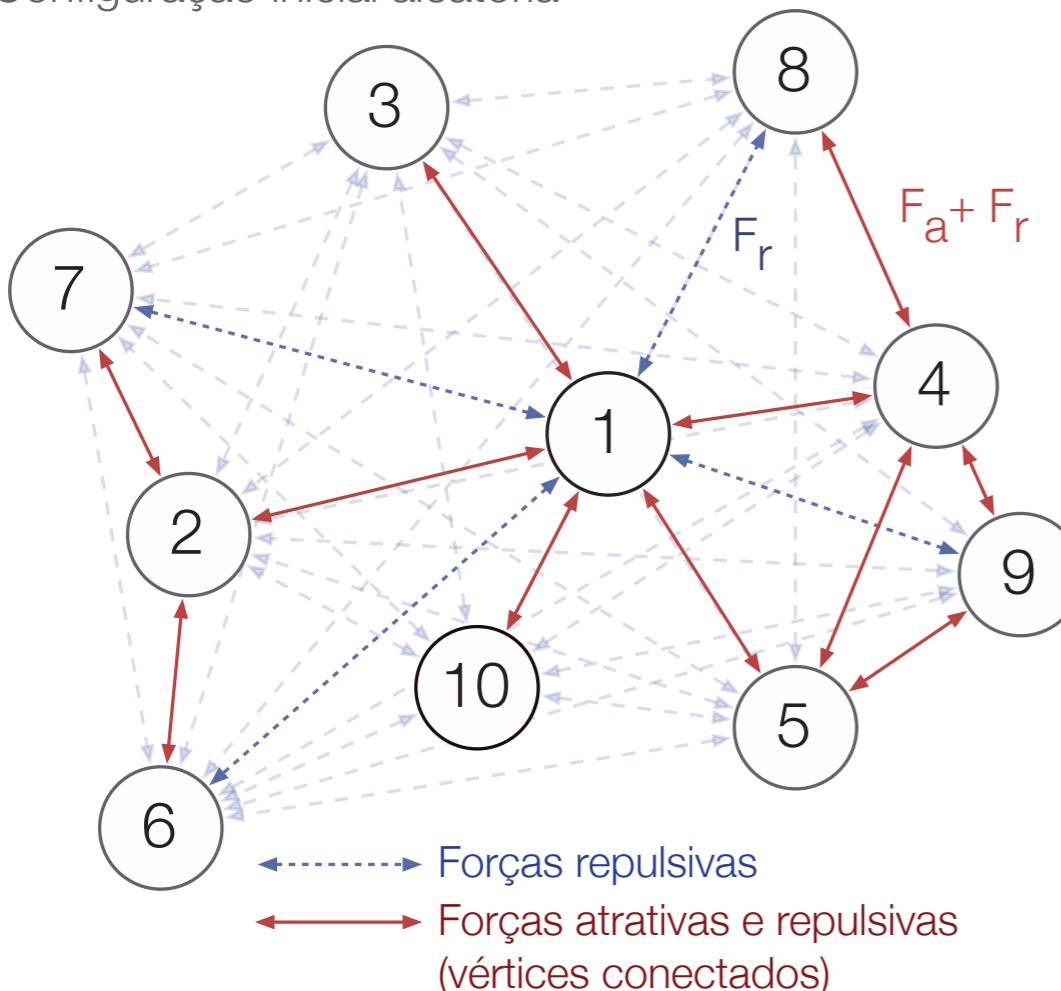


Alternativas?



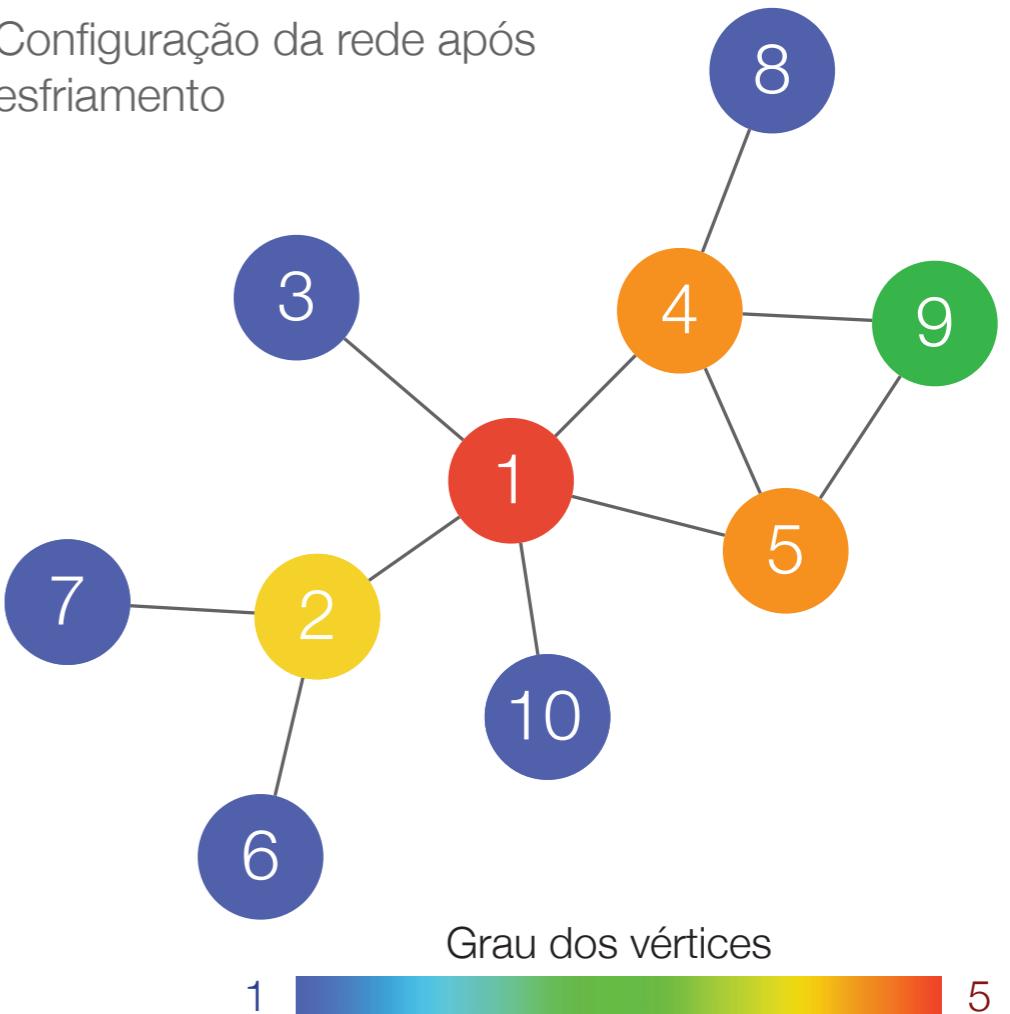
# Método direcionado por forças

Configuração inicial aleatória



Simulação de dinâmica molecular

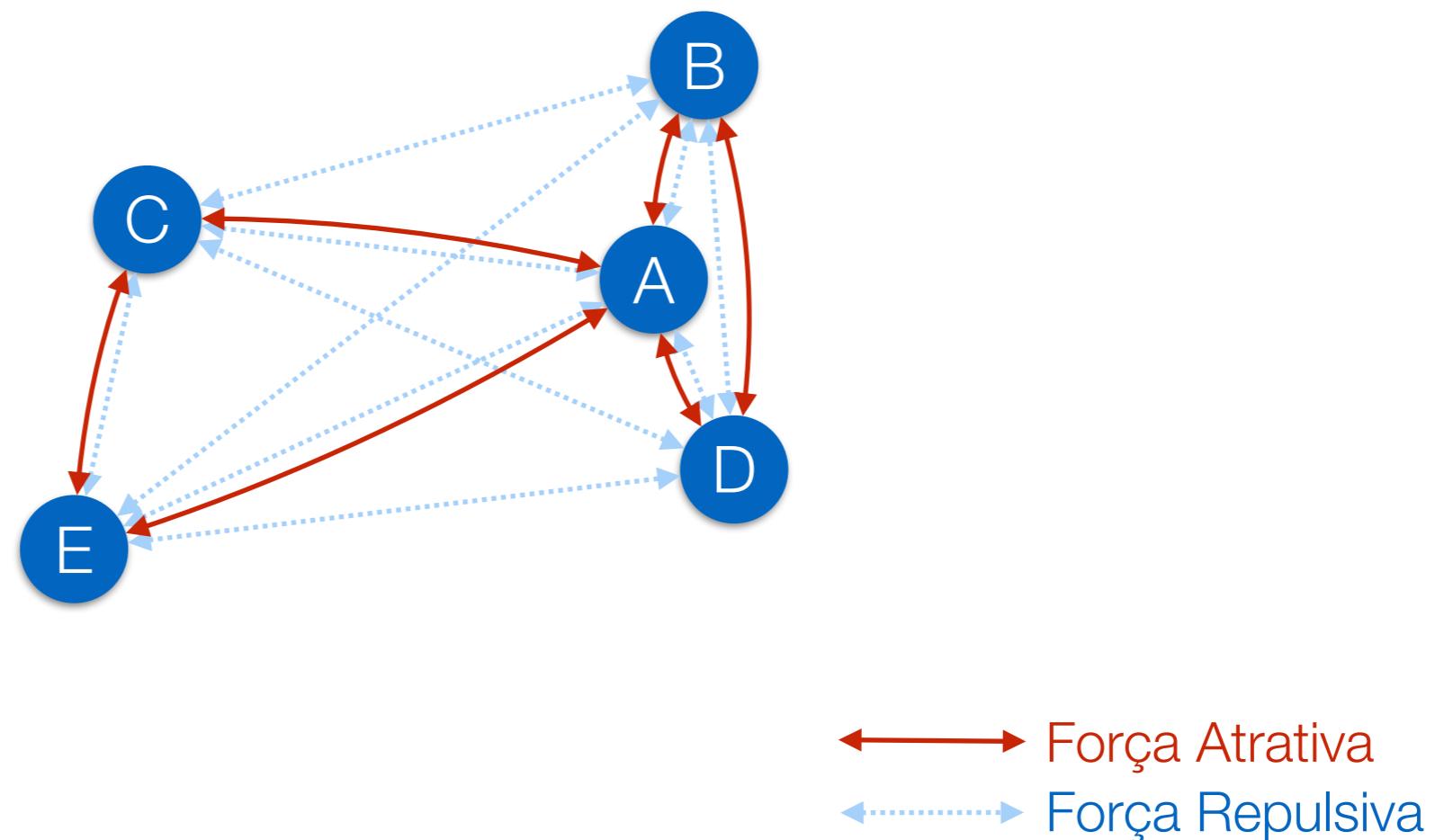
Configuração da rede após esfriamento



# Método direcionado por forças



Forças do tipo elétrica + massa-mola





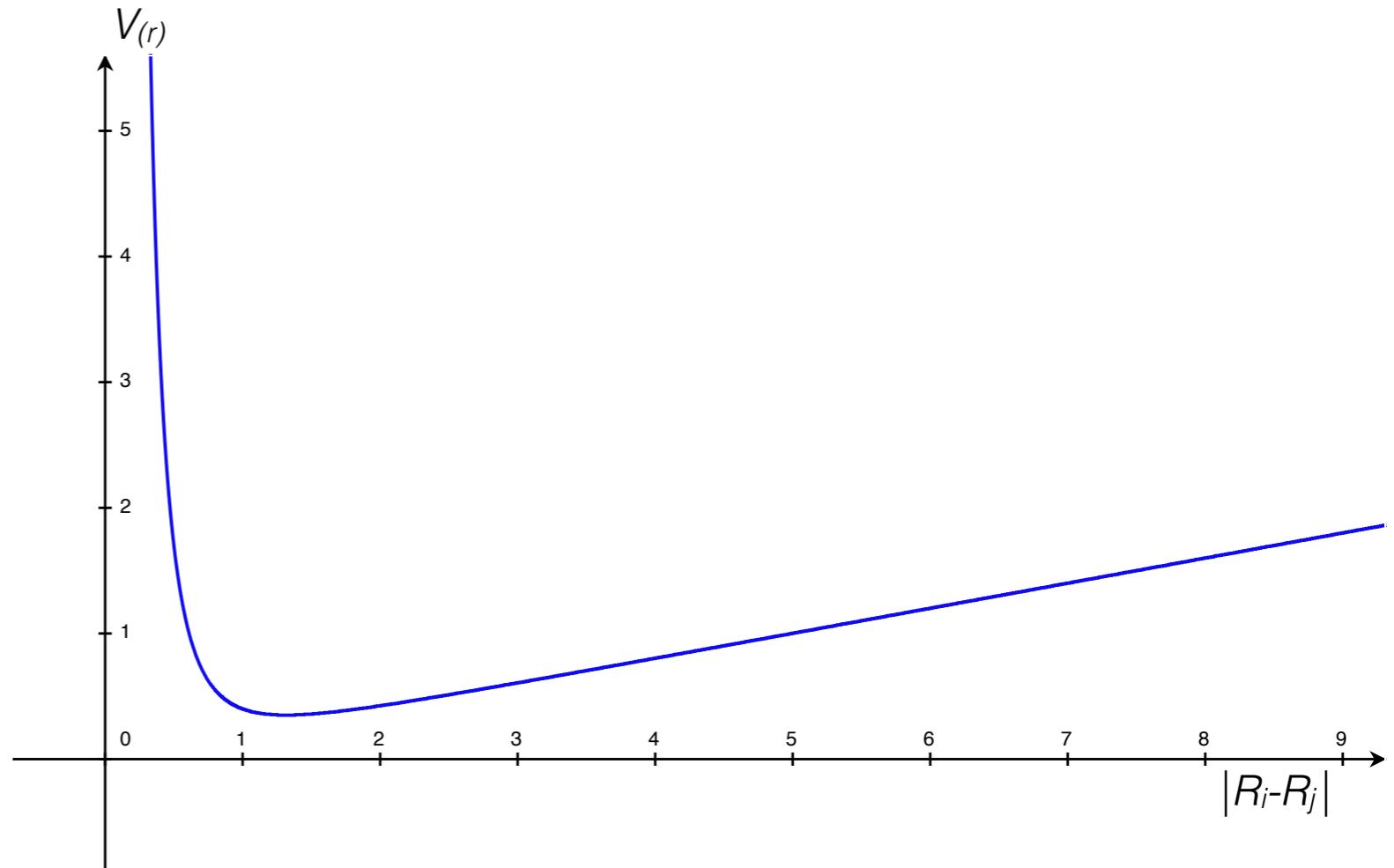
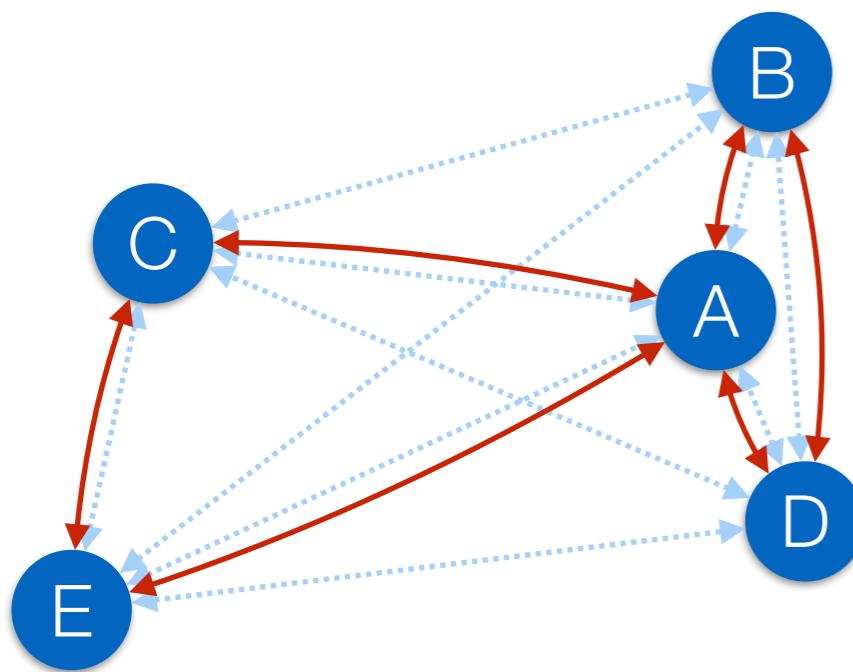
# Técnicas de simulação molecular

Força Atrativa

$$\vec{F}_{(a)j} = \sum_{(i,j) \in \mathcal{E}} a_{ij} (\vec{R}_i - \vec{R}_j)^2 \hat{r}_{ij}$$

Força Repulsiva

$$\vec{F}_{(r)j} = \sum_{i \in \mathcal{V}} \frac{-b}{(\vec{R}_i - \vec{R}_j)^2} \hat{r}_{ij}$$



Viscosidade

$$\frac{d^2 \vec{R}_j}{d^2 t} = \vec{F}_{(a)j} + \vec{F}_{(r)j} - \mu \frac{d \vec{R}_j}{dt}$$



# Técnicas de simulação molecular

## Método numérico - Verlet

$$\frac{d^2\vec{R}_j}{dt^2} = \vec{F}_{(a)i} + \vec{F}_{(r)j} - \mu \frac{d\vec{R}_j}{dt}$$

$$\frac{\Delta^2 \vec{R}(t)}{\Delta t^2} = \frac{\frac{\vec{R}(t+\Delta t) - \vec{R}(t)}{\Delta t} - \frac{\vec{R}(t) - \vec{R}(t-\Delta t)}{\Delta t}}{\Delta t} = \frac{\vec{R}(t + \Delta t) - 2\vec{R}(t) + \vec{R}(t - \Delta t)}{\Delta t^2} = \vec{F}_{\text{total}}(\vec{R}(t))$$

$$\vec{R}(t + \Delta t) = 2\vec{R}(t) - \vec{R}(t - \Delta t) + \vec{F}_{\text{total}}(\vec{R}(t))\Delta t^2$$



# Técnicas de simulação molecular

Erro - método de verlet

$$\vec{R}(t + \Delta t) = \vec{R}(t) + \vec{v}(t)\Delta t + \frac{\vec{a}(t)\Delta t^2}{2} + \frac{\vec{b}(t)\Delta t^3}{6} + \mathcal{O}(\Delta t^4)$$

+

$$\vec{R}(t - \Delta t) = \vec{R}(t) - \vec{v}(t)\Delta t + \frac{\vec{a}(t)\Delta t^2}{2} - \frac{\vec{b}(t)\Delta t^3}{6} + \mathcal{O}(\Delta t^4)$$

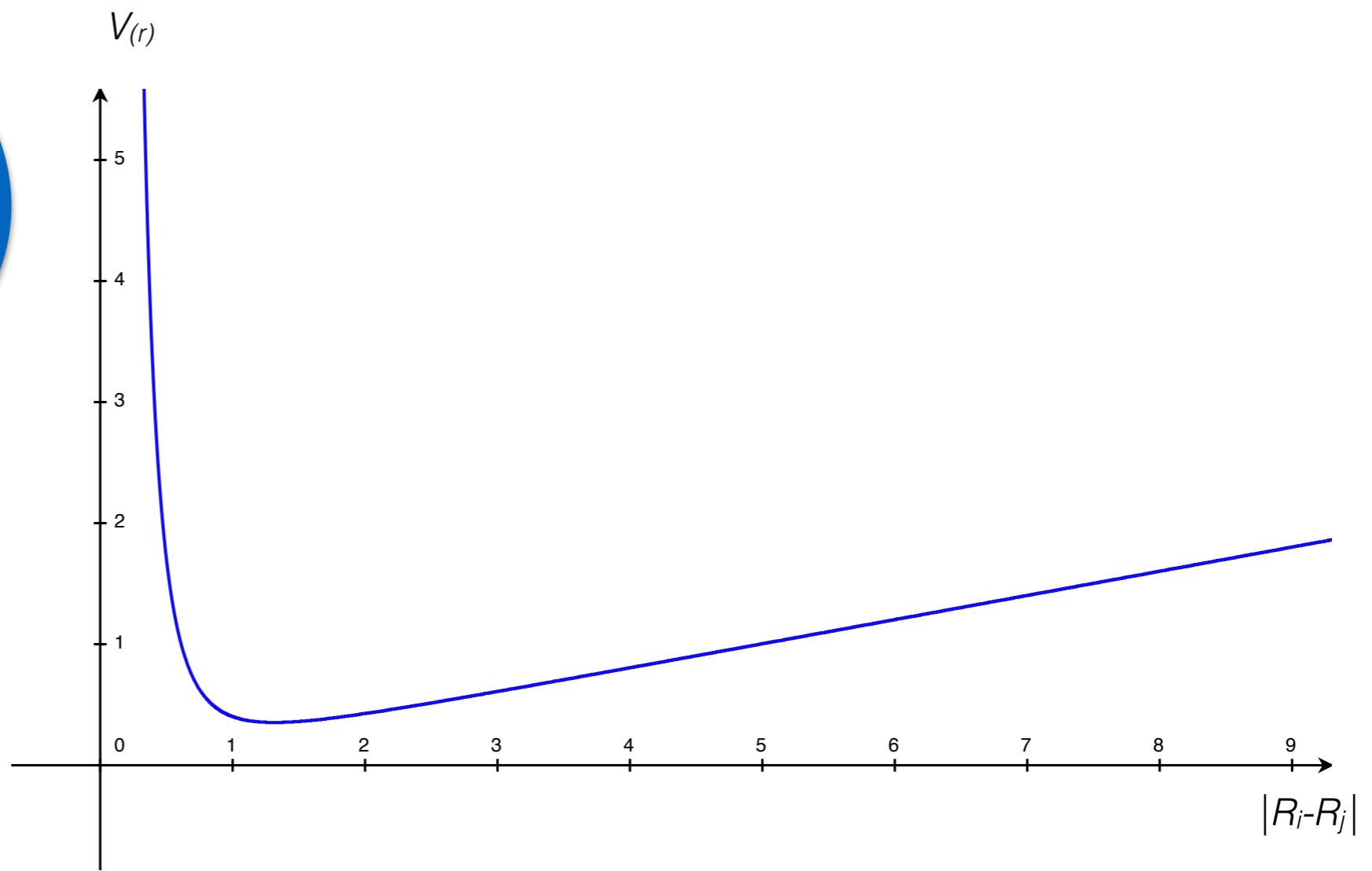
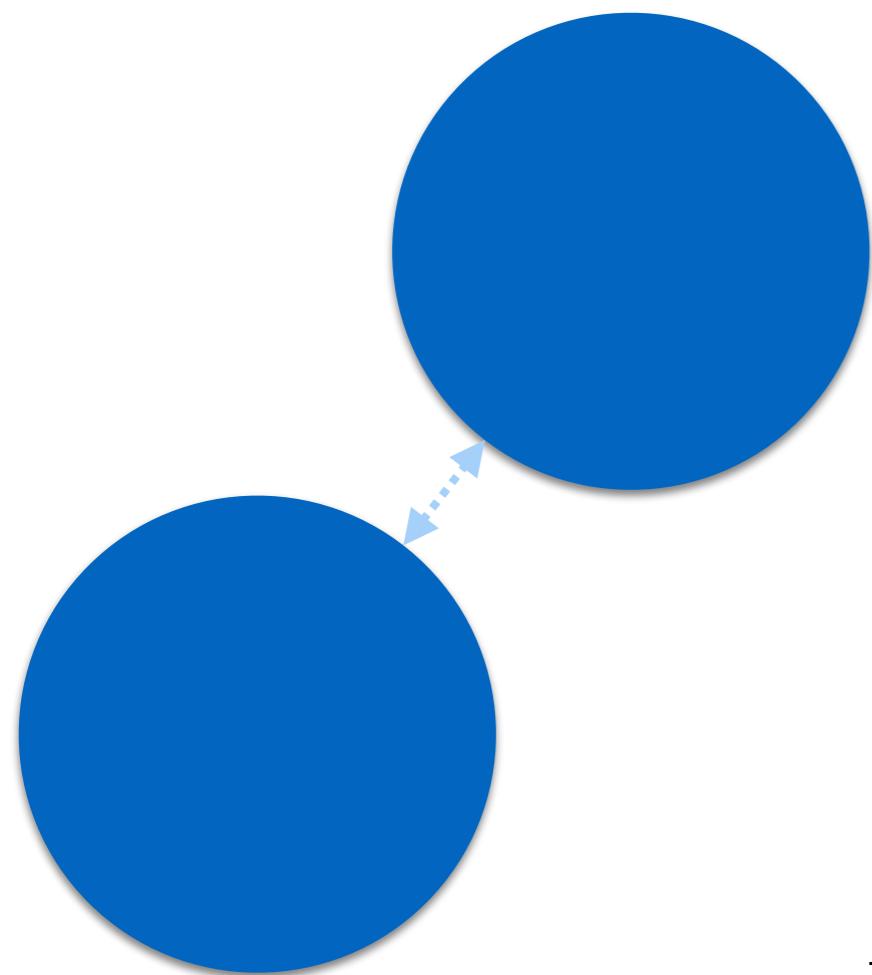
---

$$= \vec{R}(t + \Delta t) = 2\vec{R}(t) - \vec{R}(t - \Delta t) + \vec{a}(t)\Delta t^2 + \mathcal{O}(\Delta t^4)$$



# Estabilidade da dinâmica

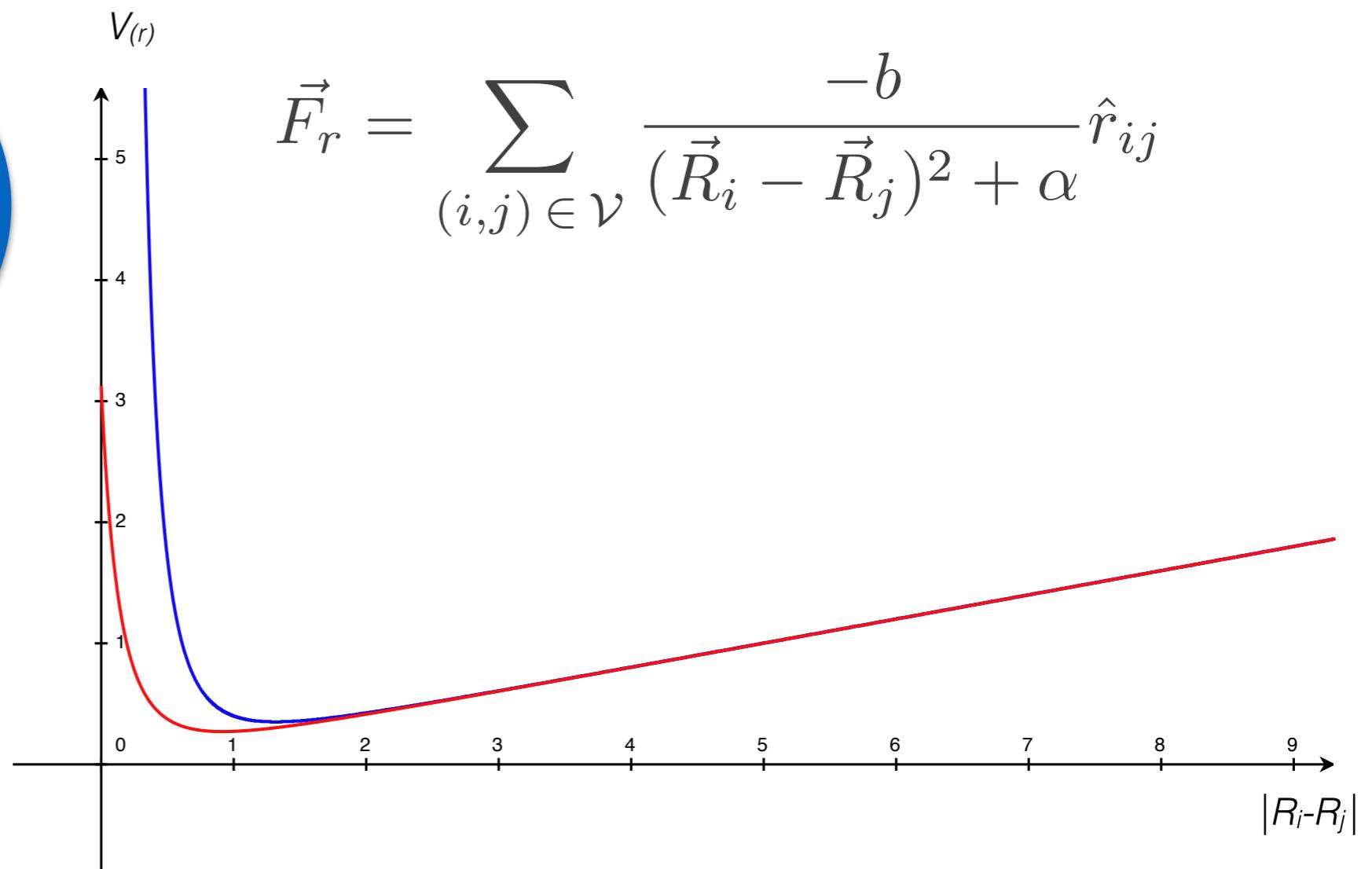
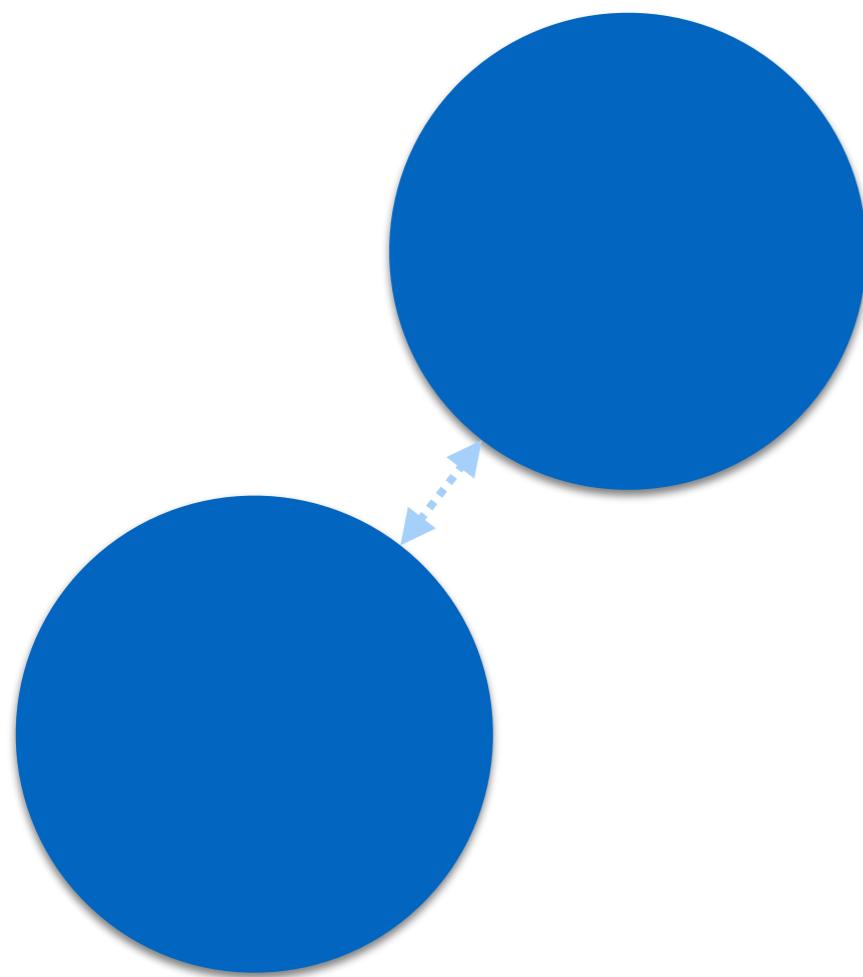
Correção na lei de força





# Estabilidade da dinâmica

Correção na lei de força





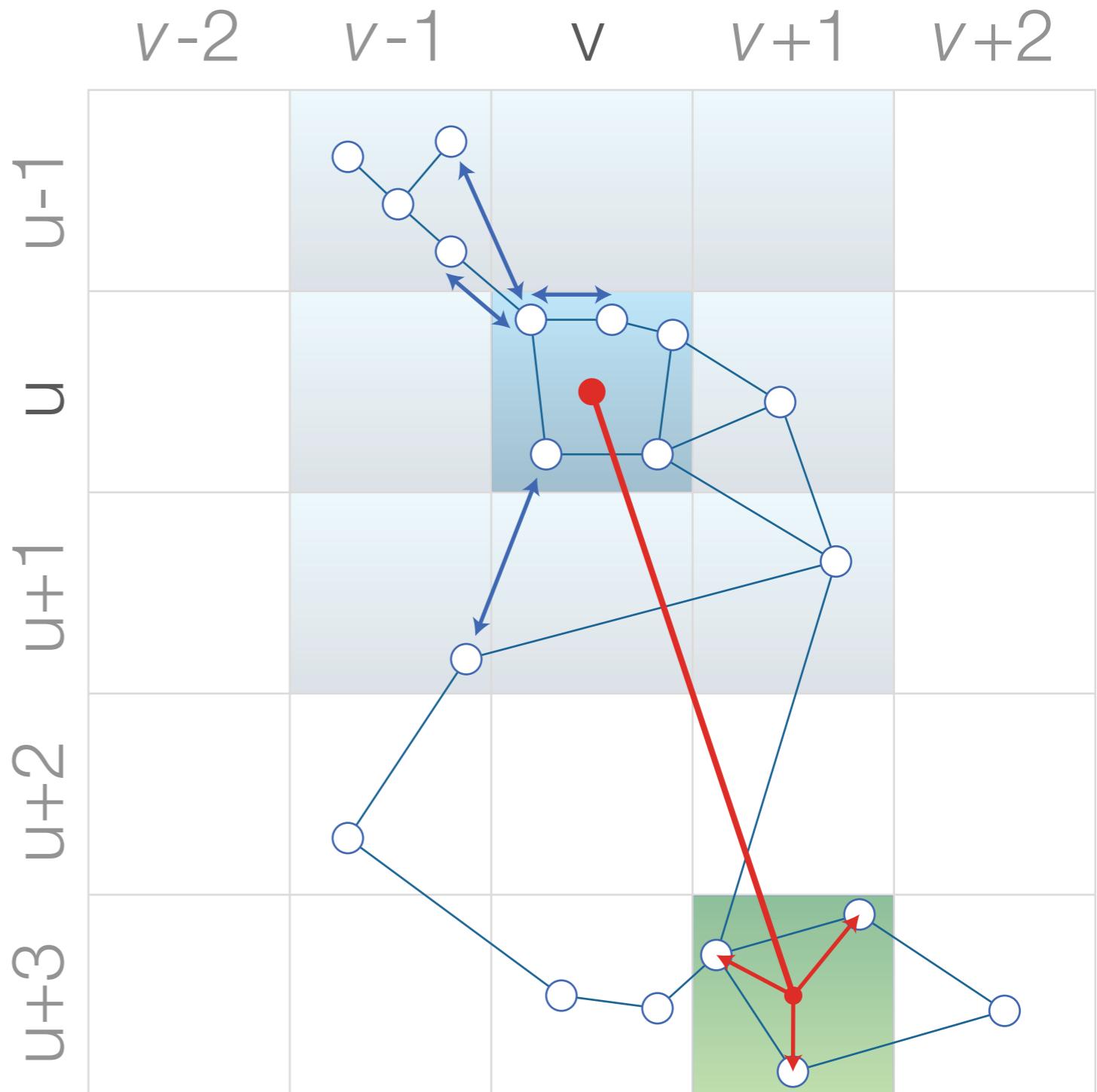
# Optimizações por expansão multipolar

- O problema é  **$O(N^2)$**
- A técnica de **expansão multipolar** aproxima as forças de **objetos distantes**:

$$\sum_{i \in \mathcal{V}} \frac{\hat{r}_{ij}}{(\vec{R}_i - \vec{R}_j)^2} = -\vec{\nabla} \sum_{i \in \mathcal{V}} \frac{1}{|\vec{R}_i - \vec{R}_j|} = -\vec{\nabla} \phi(\vec{R}_j)$$

$$\phi(\vec{R}_j) \propto \frac{N_{u,v}}{|\vec{R}_j|} + \frac{\vec{p}_{u,v} \cdot \vec{R}_j}{|\vec{R}_j|^3} + \frac{1}{2} \sum_m^3 \sum_n^3 \frac{(Q_{u,v})_{mn} (R_j)_m (R_j)_n}{|\vec{R}_j|^5} + \dots$$

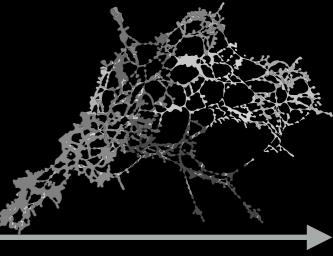
- Onde  $N_{u,v}$ ,  $\vec{p}_{u,v}$  e  $Q_{u,v}$  são os **momentos** de **monopolio**, **dipolo** e **quadrupolo** calculados em cada **caixa**  $(u,v)$ .
- A expansão **até quadrupolo** apresentou **bons resultados** para a maioria das redes.



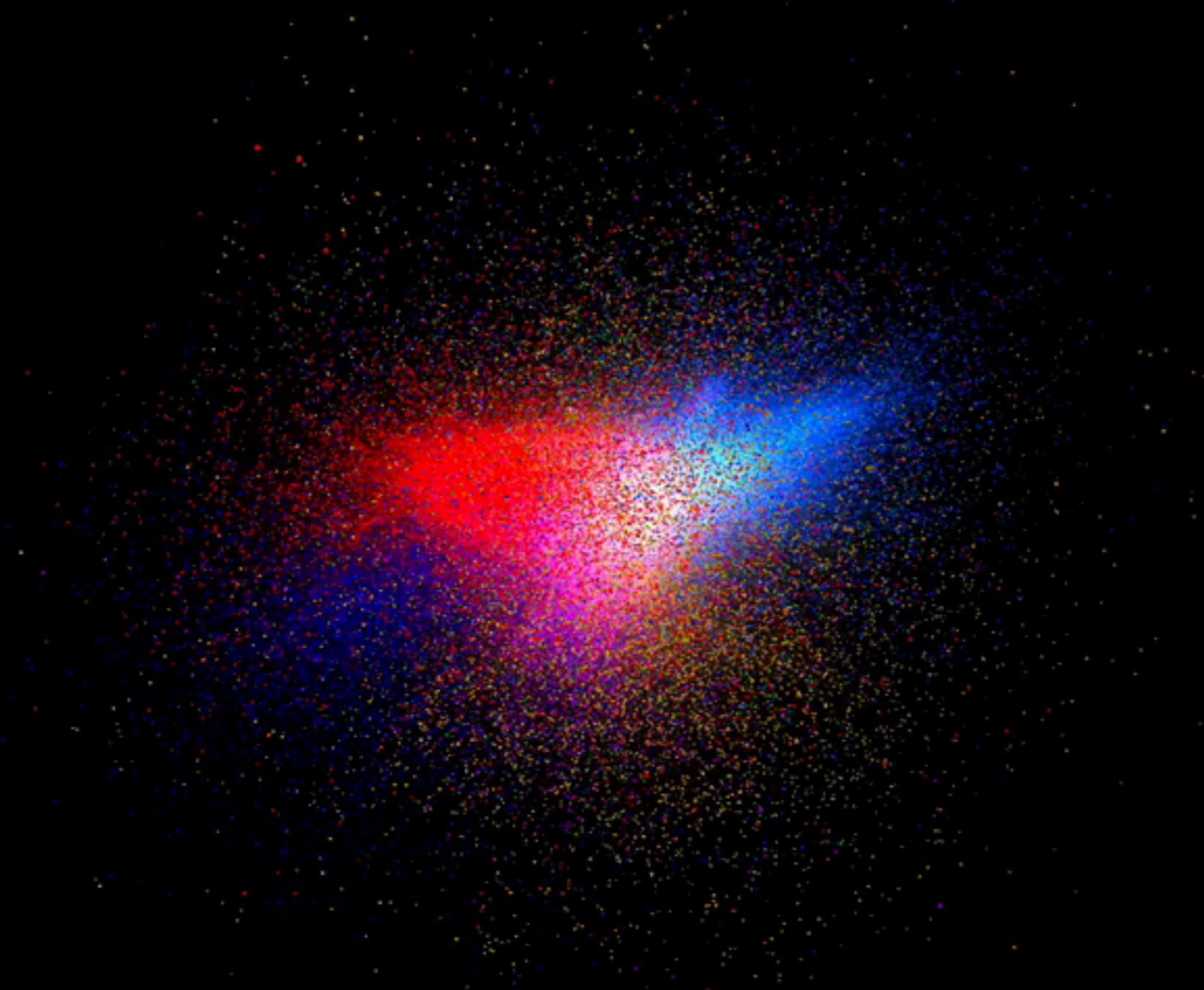
# Resumo da apresentação

- Visualização de dados
  - Introdução
  - Tipos de visualização
  - Scatter plots
  - Dados com alta dimensão
  - Redução de dimensionalidade
  - Mapa de Minard
- Visualização interativa
  - Introdução
  - Tipos de interação
  - Exemplos d3.js
- Redes Complexas
  - Introdução
  - Propriedades
  - Modelos
  - Comunidades
- Geração de redes a partir de dados
  - Correlação
  - Estruturas biológicas
  - Textos
  - Semântica
- Visualização de redes
  - Introdução
  - Método direcionado por forças
  - Simulação molecular
  - Estabilidade e Optimização
- Exemplos de visualização
- Ferramentas
- Referências

# Exemplos de visualização

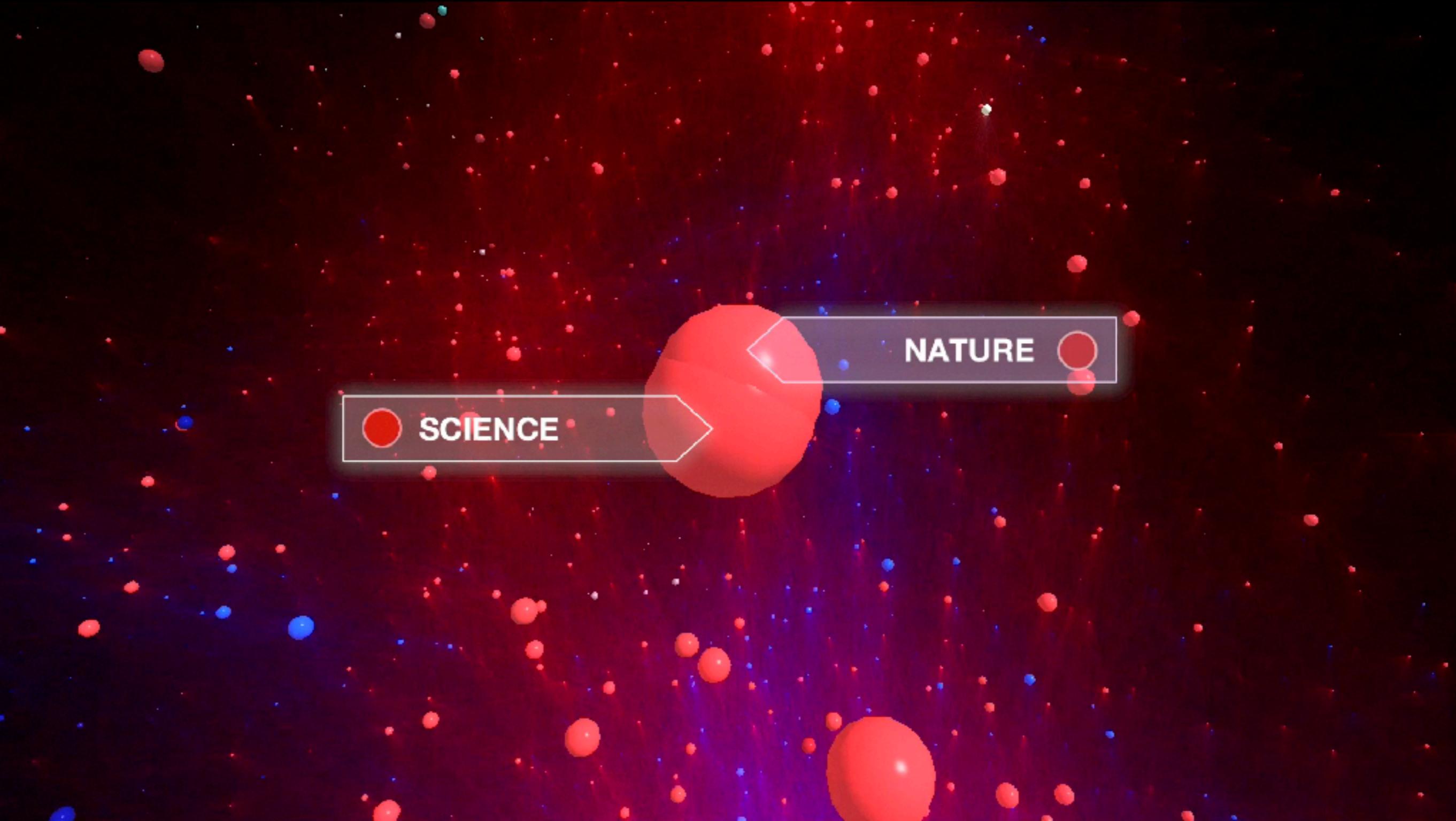
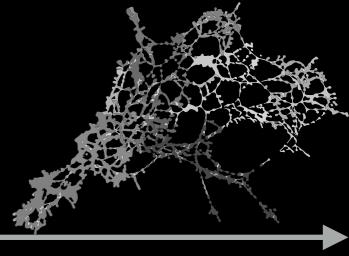


Force Directed 3D embedding

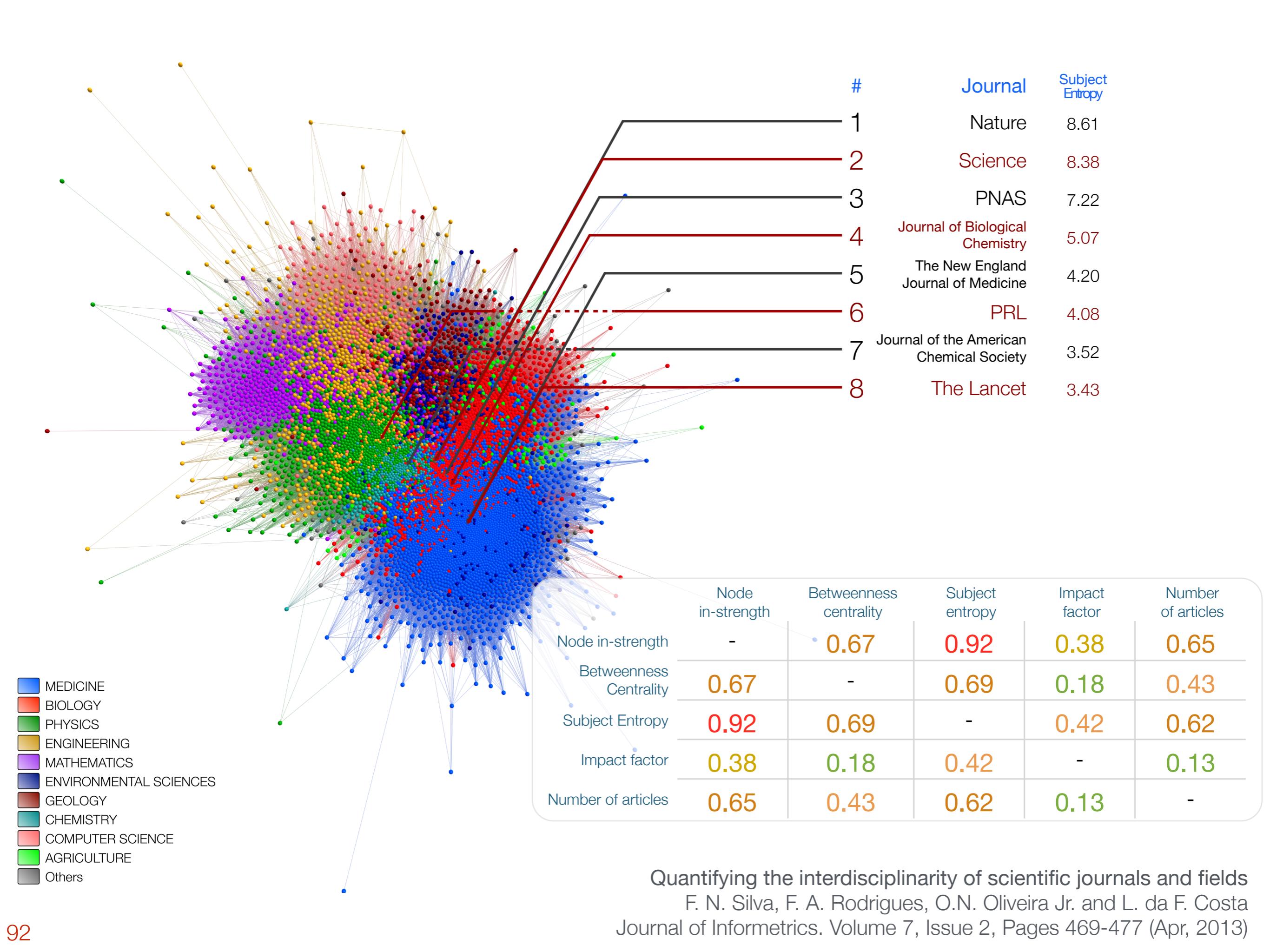


Chemistry
Physics
Medicine
Engineering
Biology
Mathematics

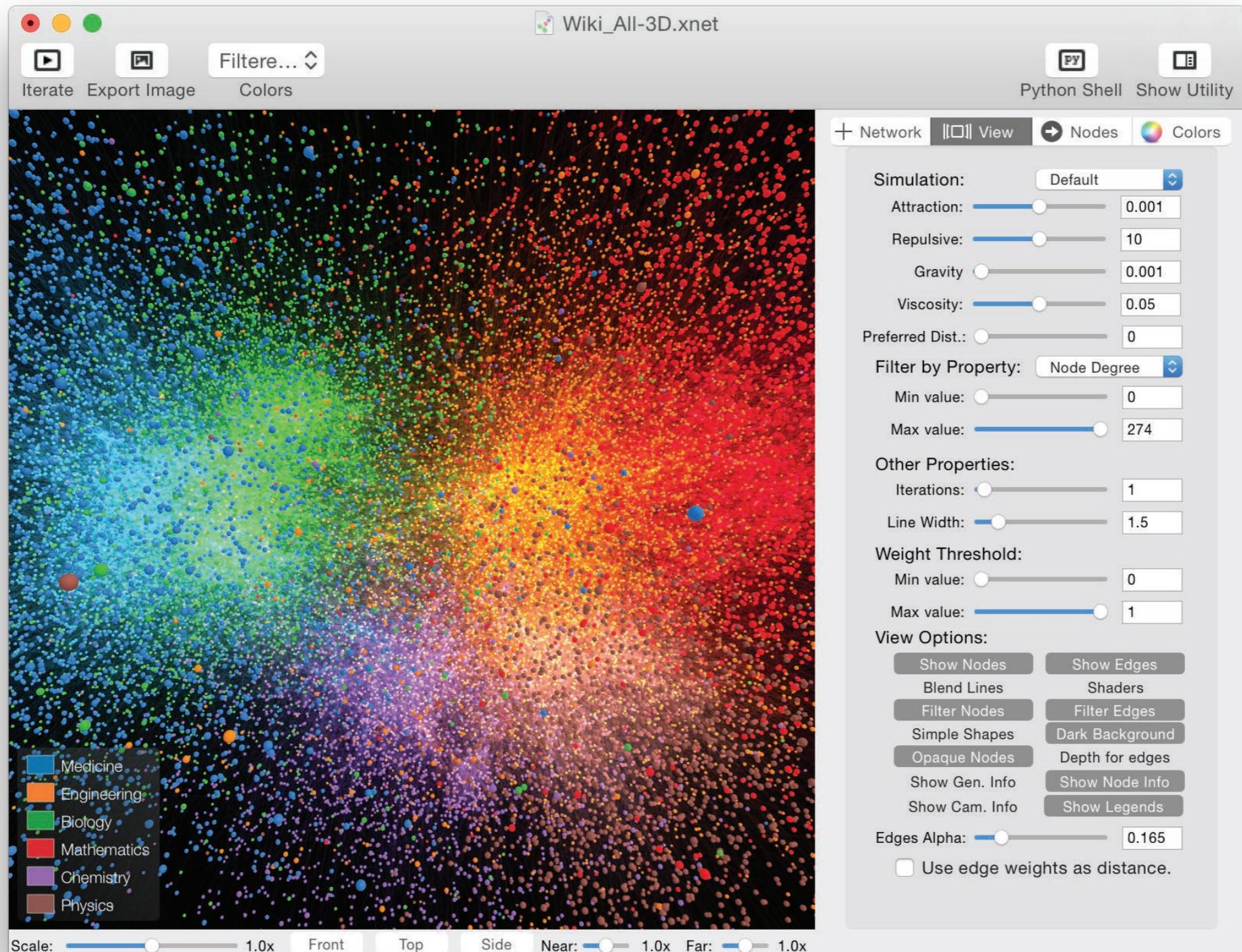
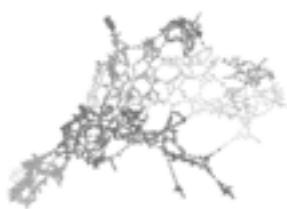
# Exemplos de visualização



Quantifying the interdisciplinarity of scientific journals and fields  
F. N. Silva, F. A. Rodrigues, O.N. Oliveira Jr. and L. da F. Costa  
Journal of Informetrics. Volume 7, Issue 2, Pages 469-477 (Apr, 2013)  
Também em: <http://arxiv.org/abs/1203.4807>



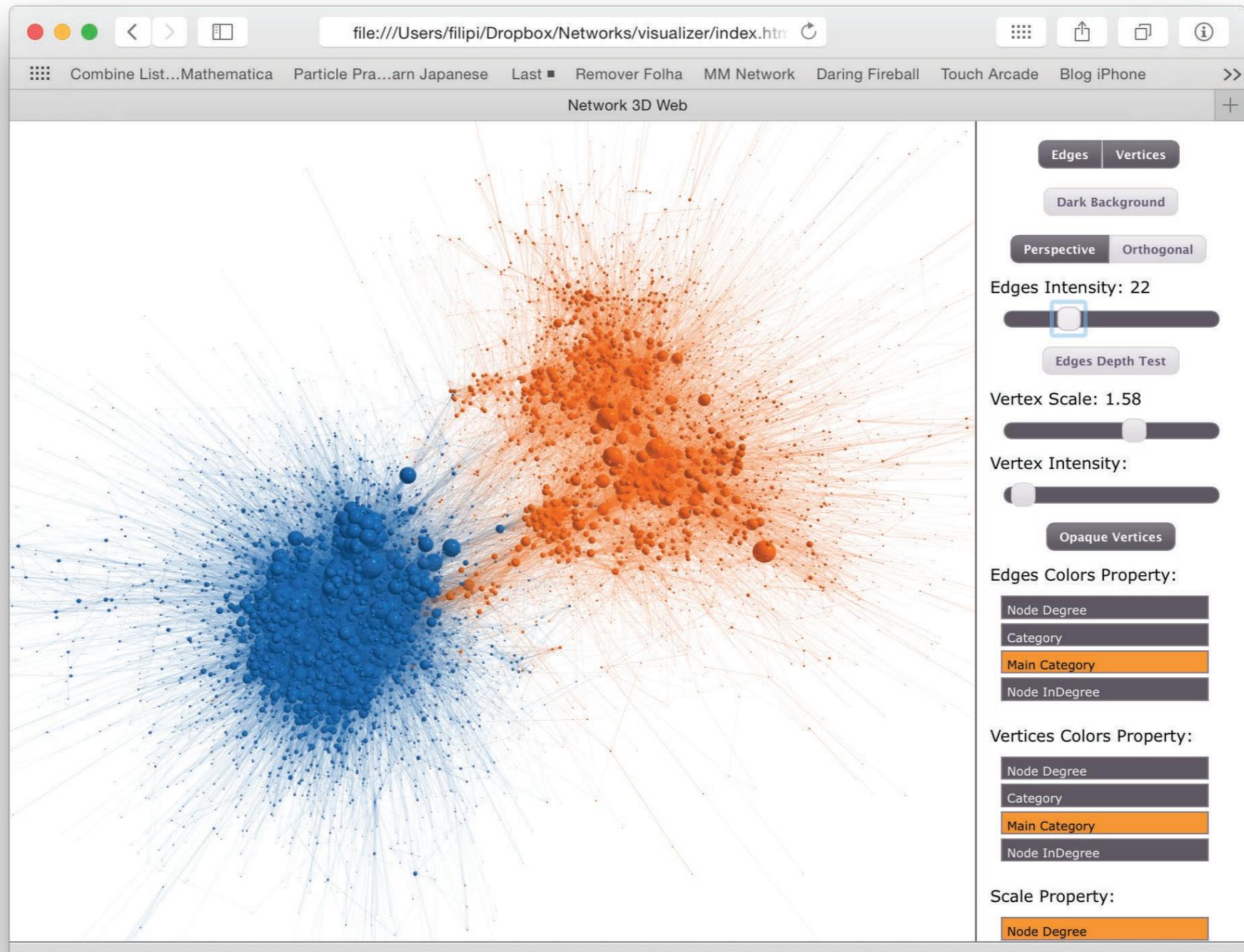
# Exemplos de visualização



Interface do software



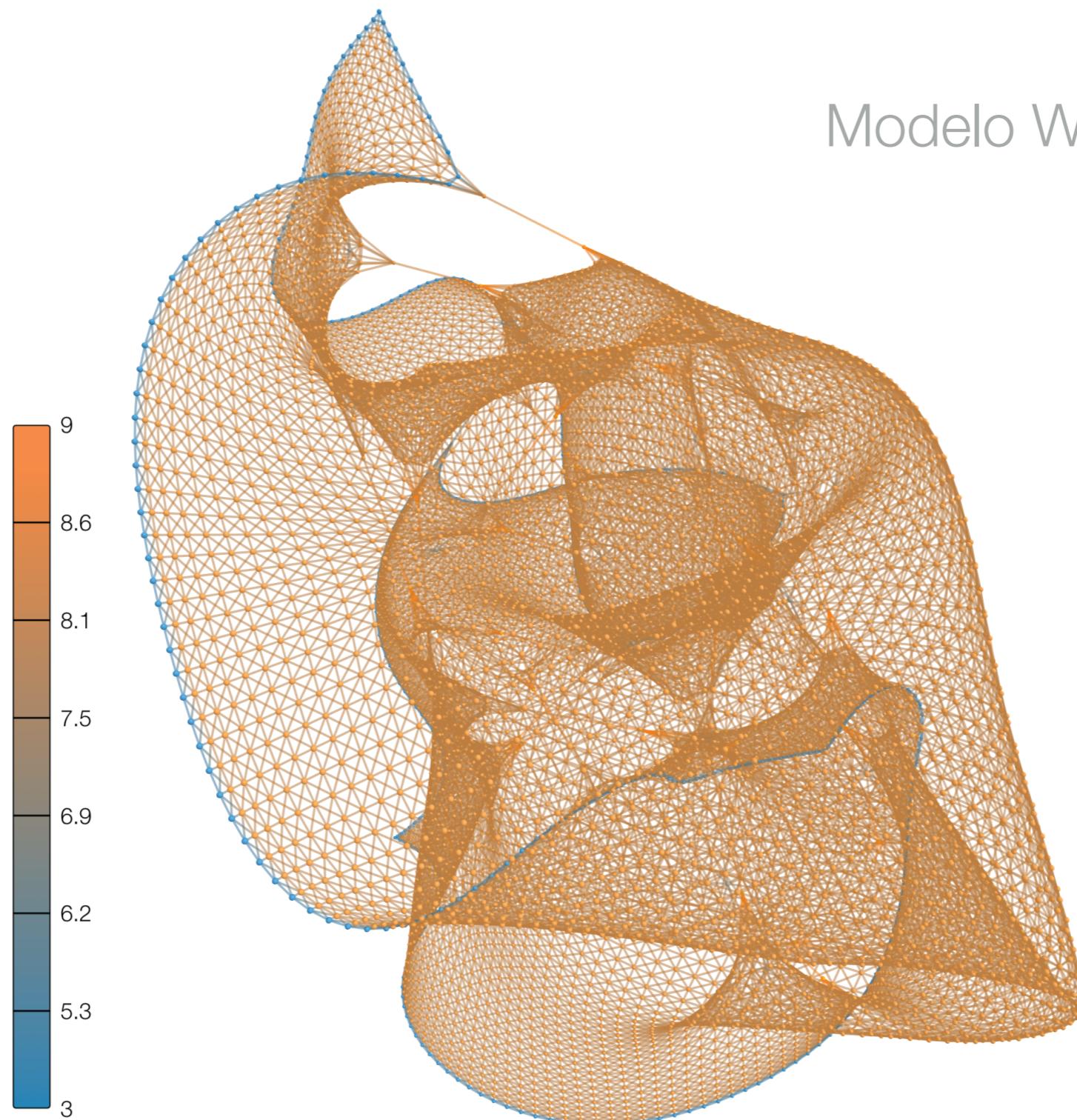
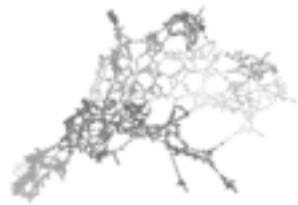
# Exemplos de visualização



Interface da versão web

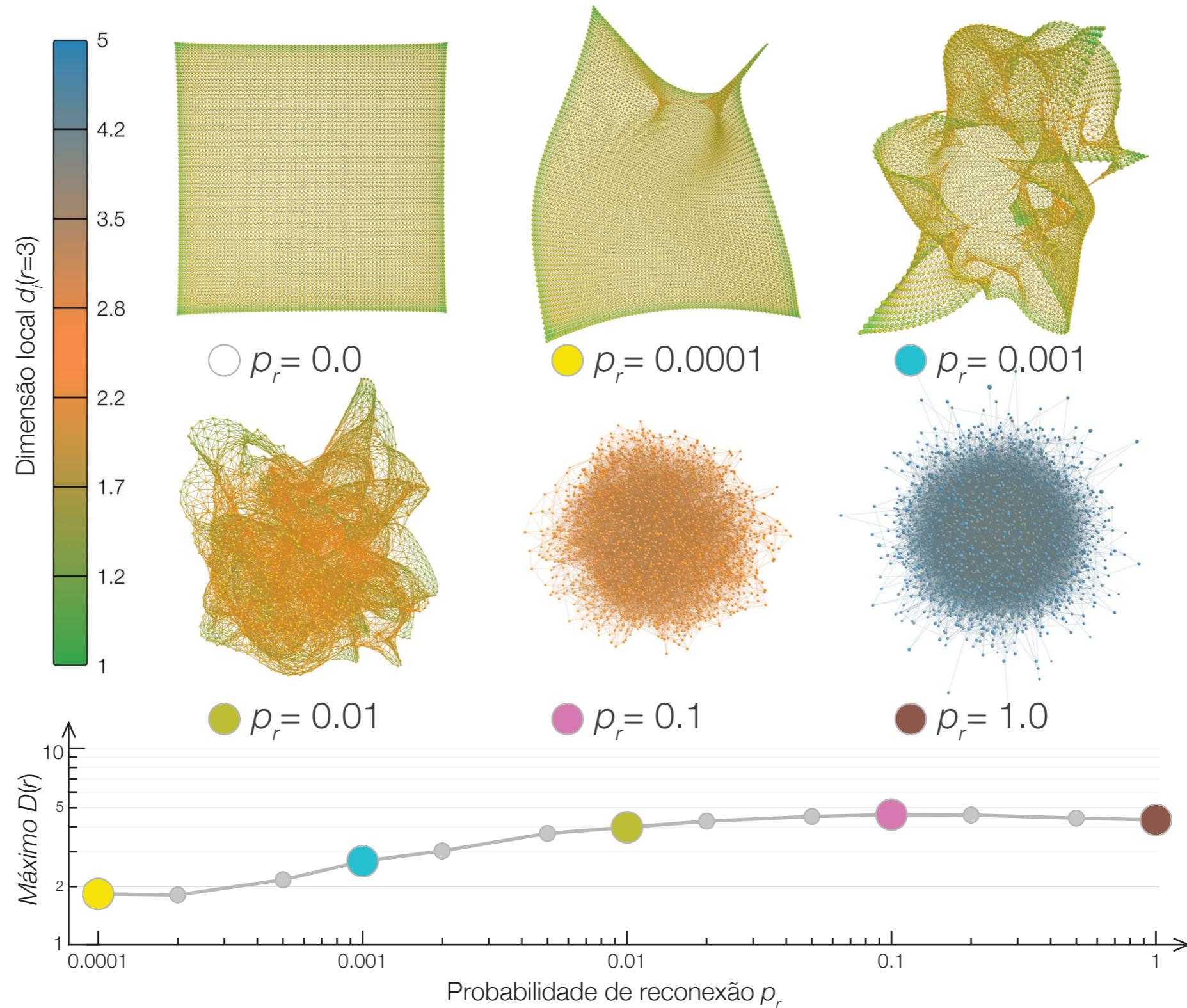
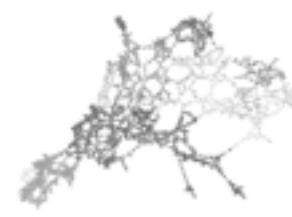


## Exemplos de visualização

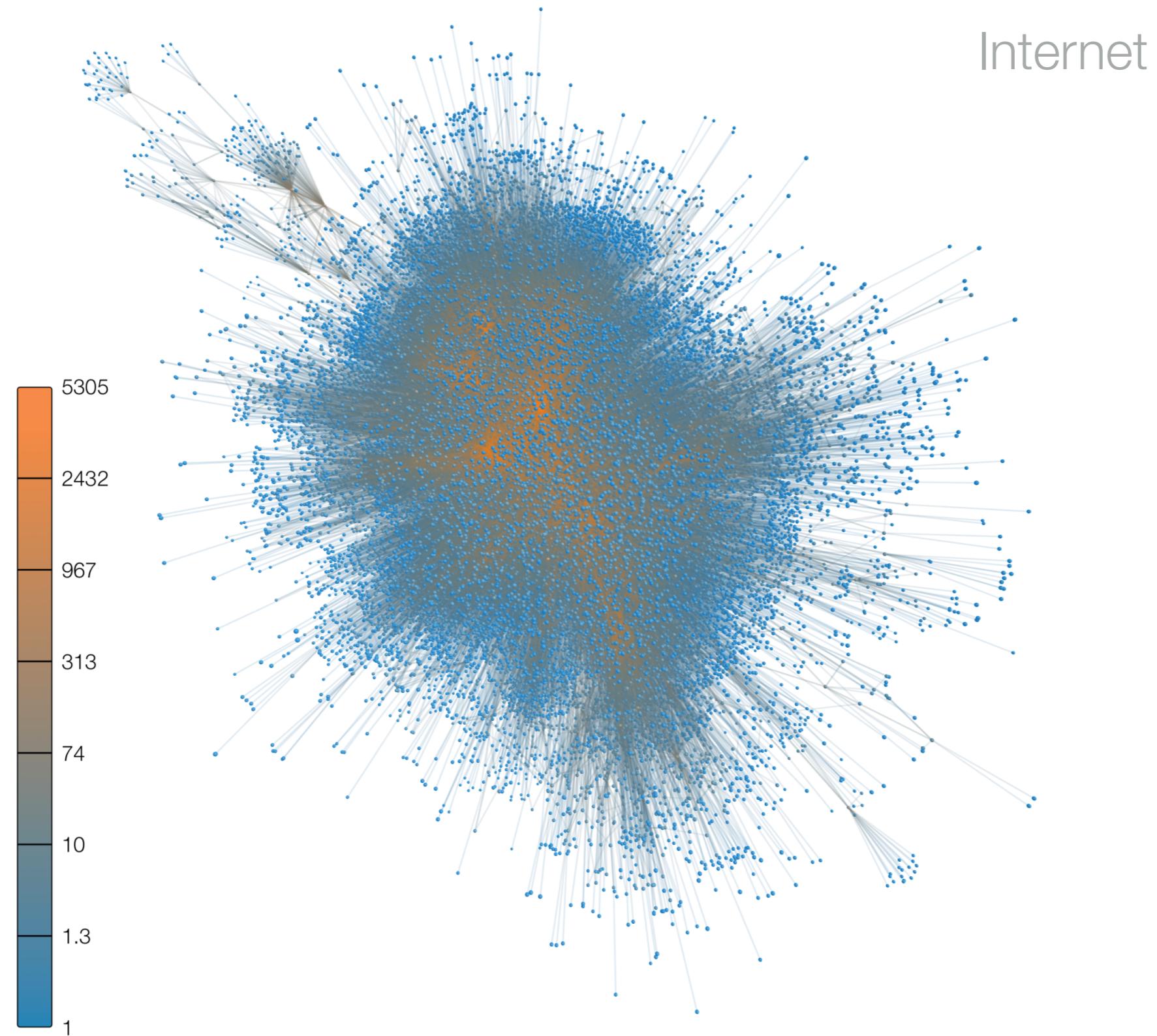
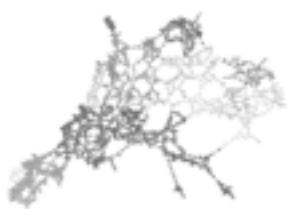


Modelo Watts-Strogatz 2D

# Exemplos de visualização



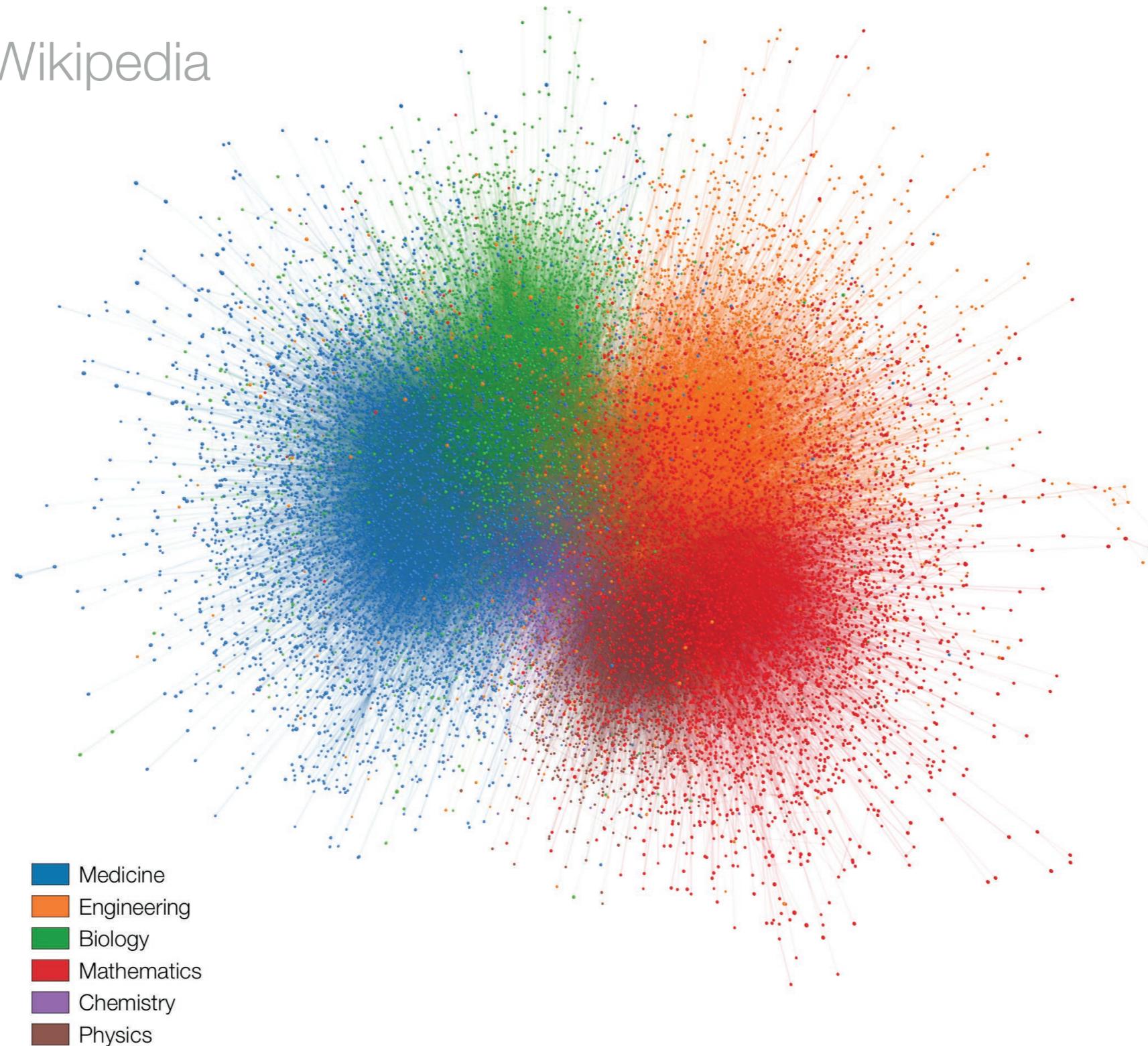
# Exemplos de visualização



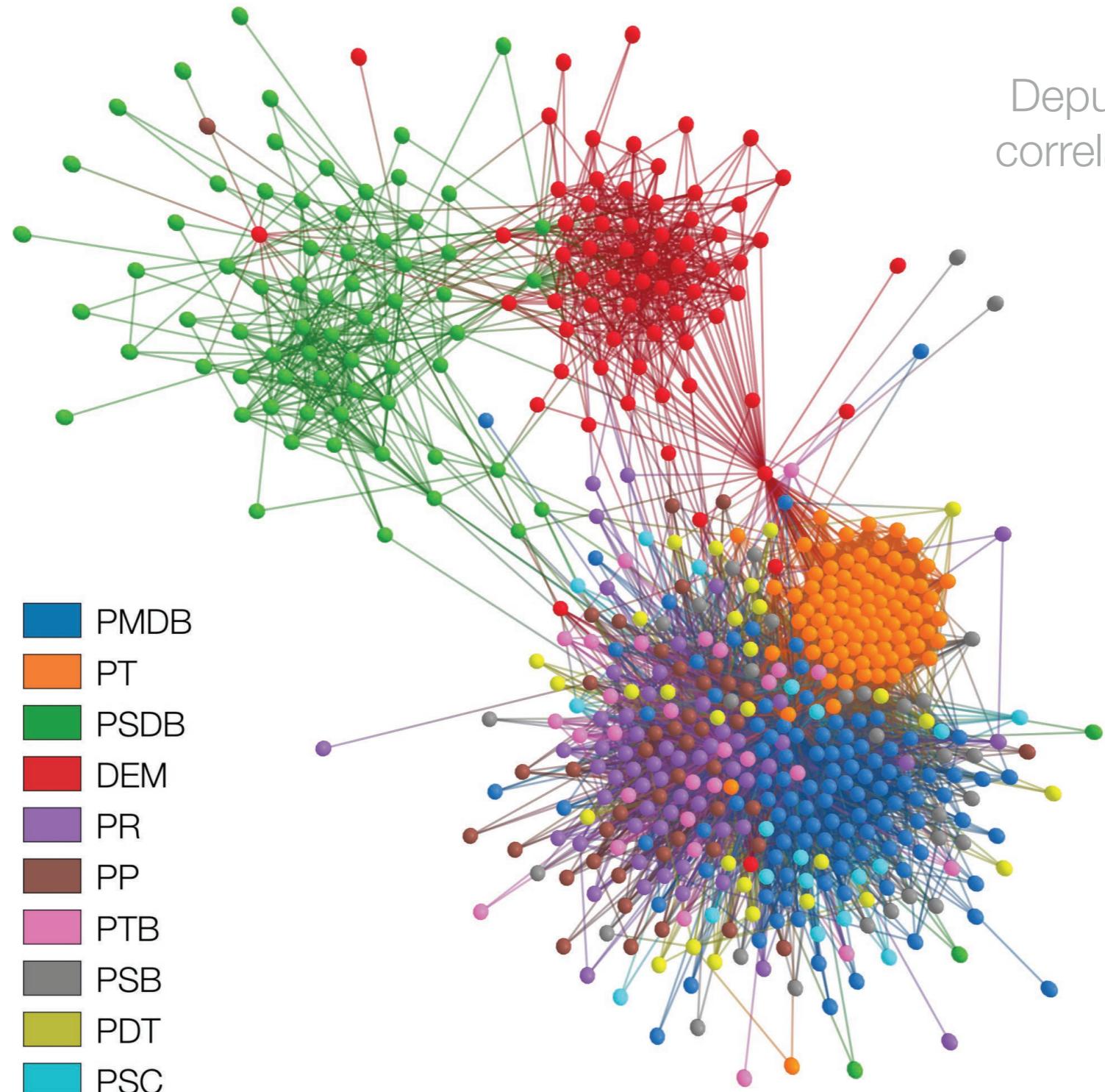
# Exemplos de visualização



Rede Wikipedia

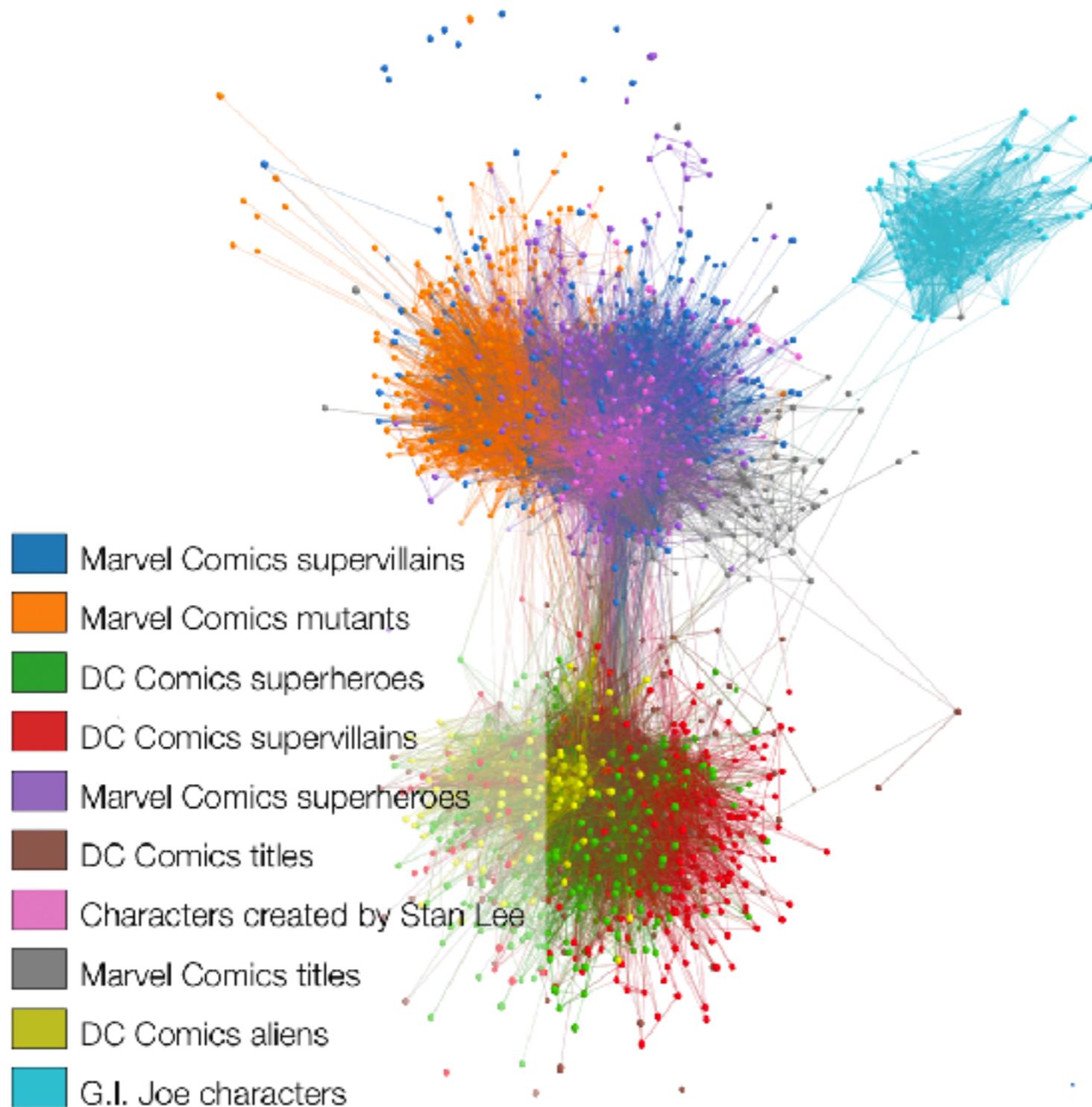
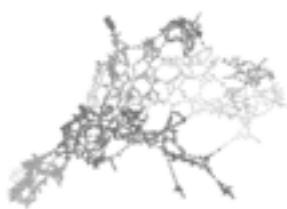


# Exemplos de visualização

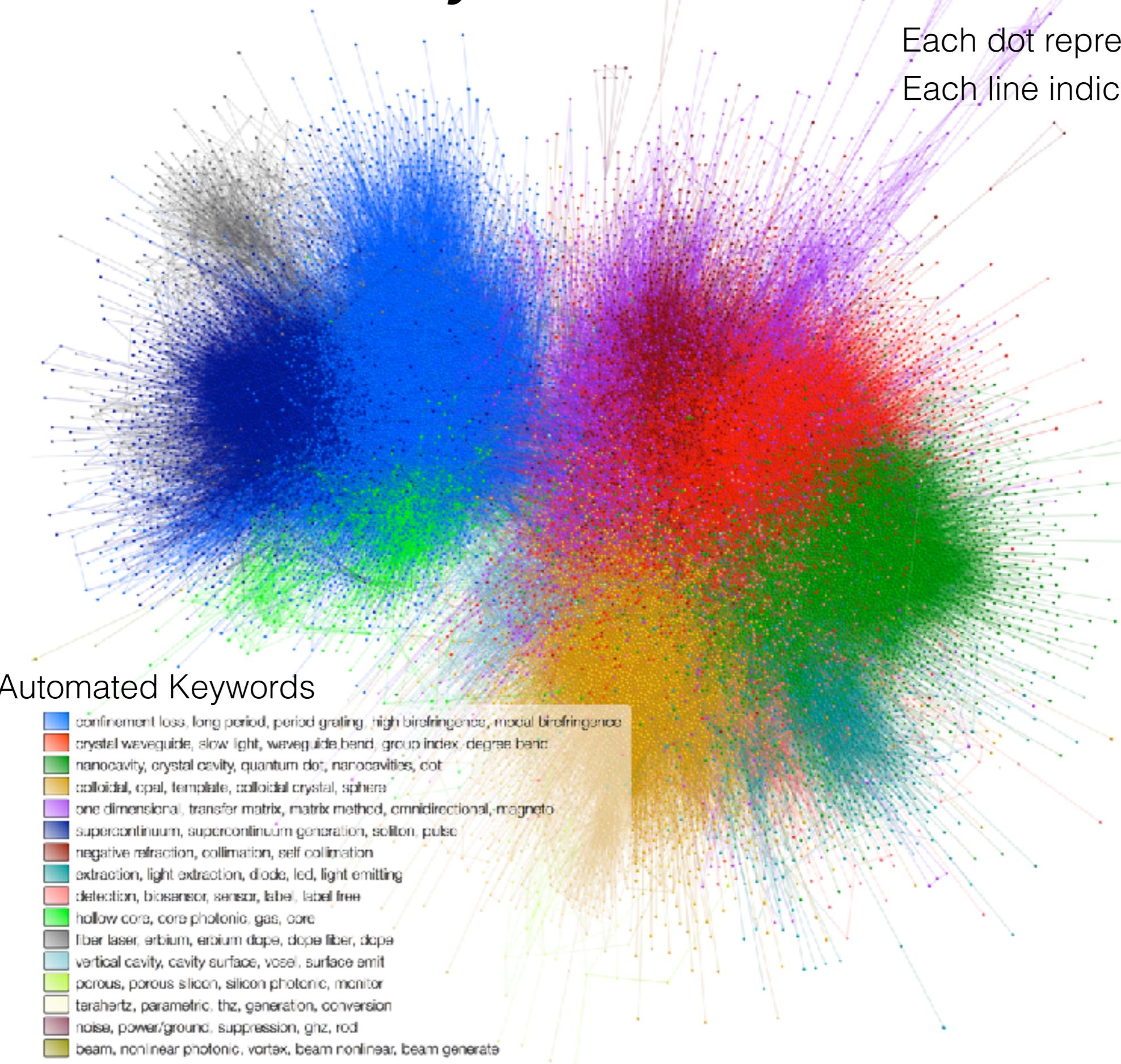


Deputados (Brasil)  
correlação de votos

# Exemplos de visualização

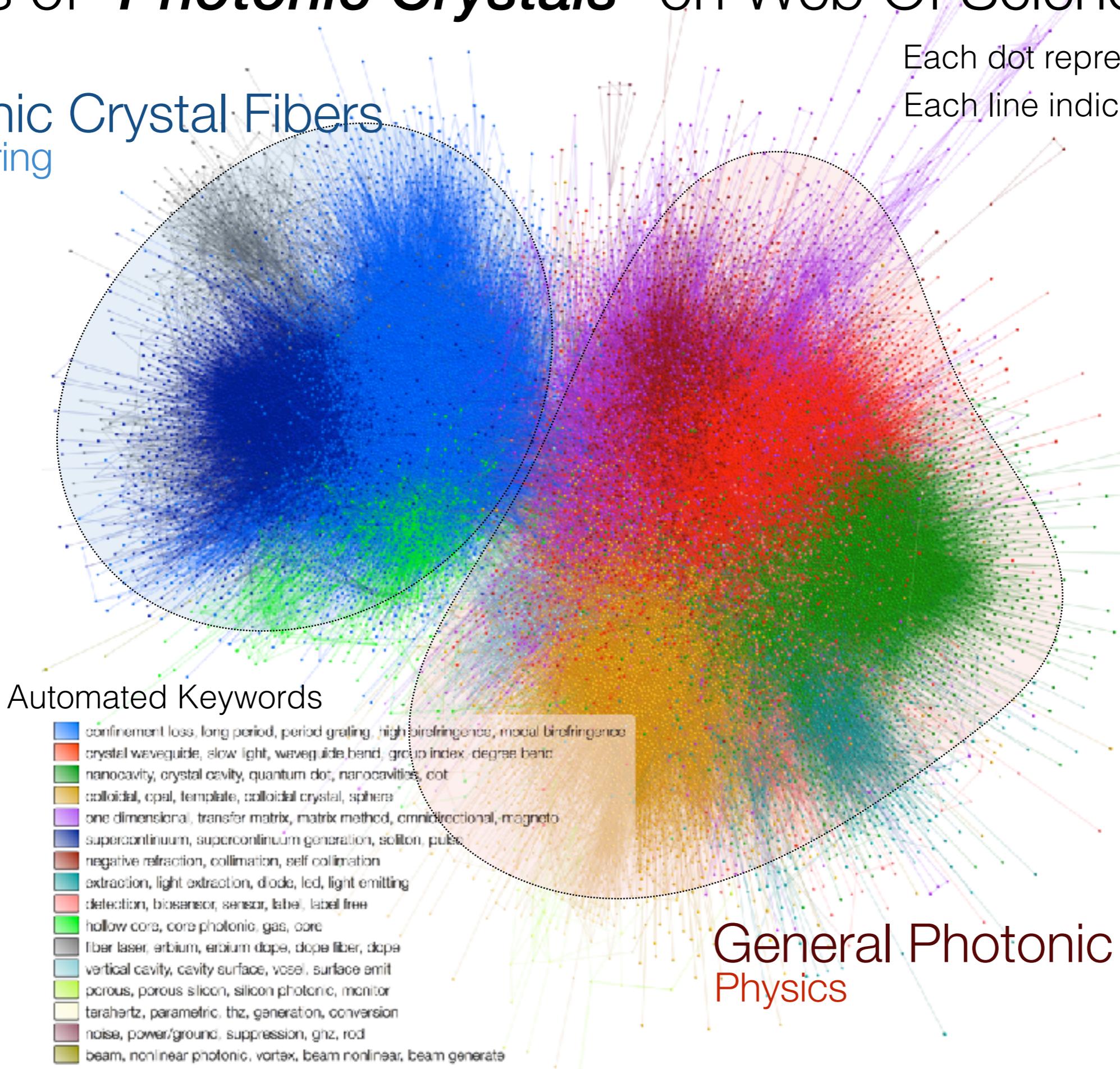


# Papers of "*Photonic Crystals*" on Web Of Science®

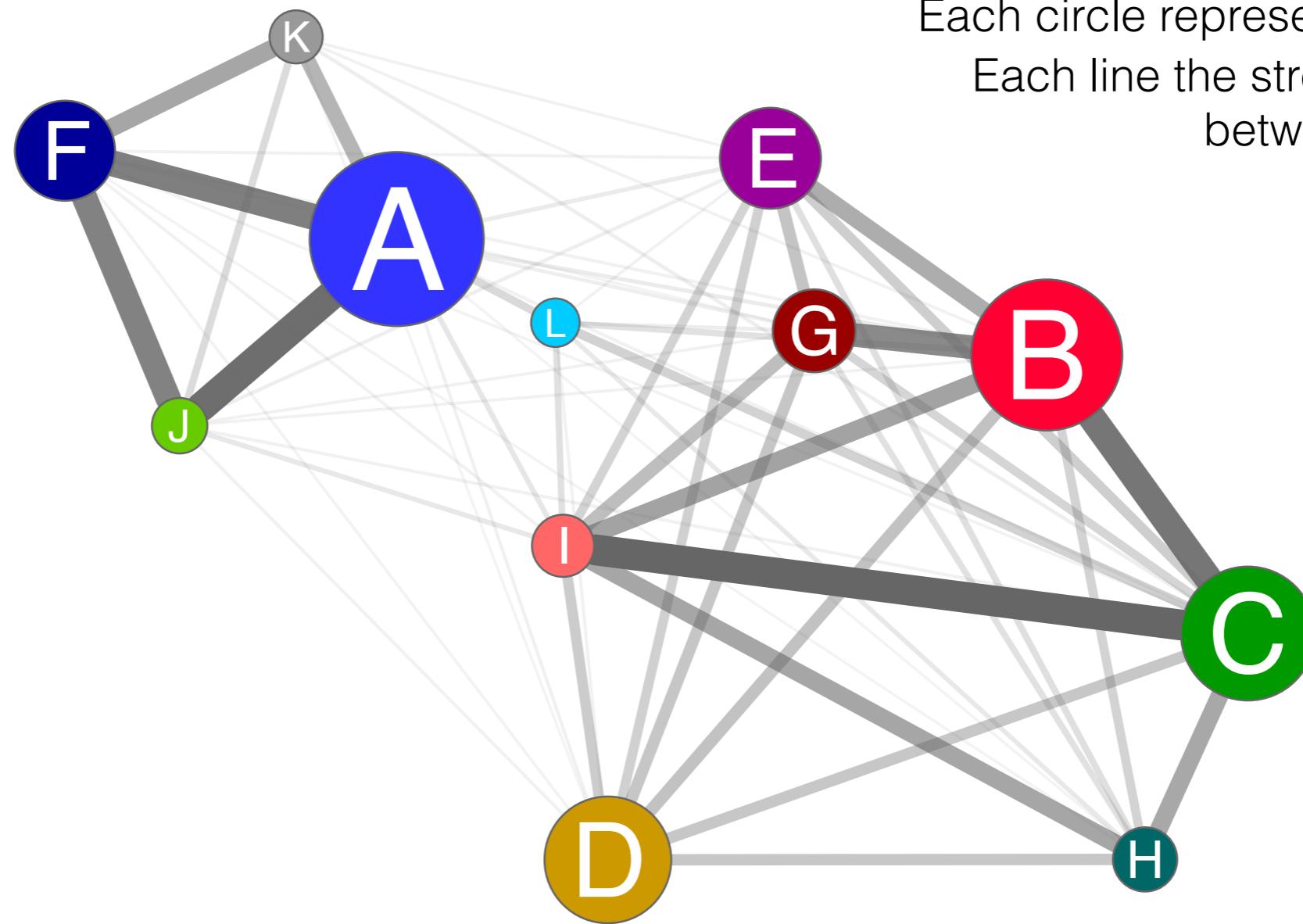


# Papers of "*Photonic Crystals*" on Web Of Science®

## Photonic Crystal Fibers Engineering



# Papers of "*Photonic Crystals*" on Web Of Science®



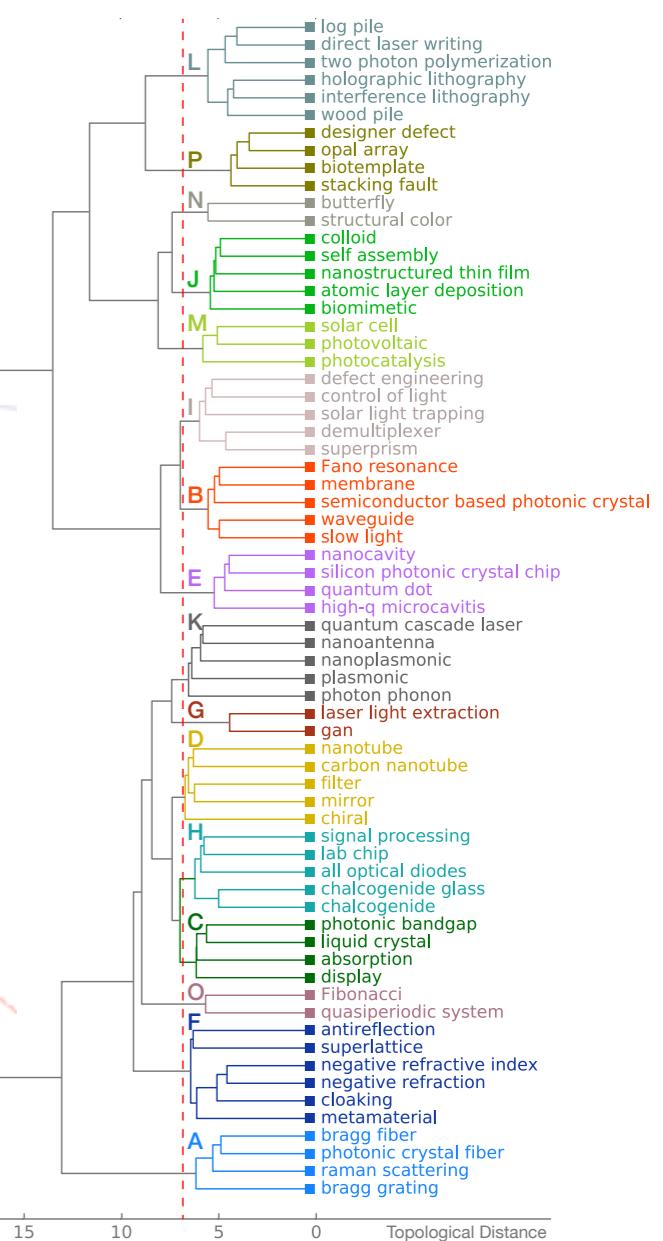
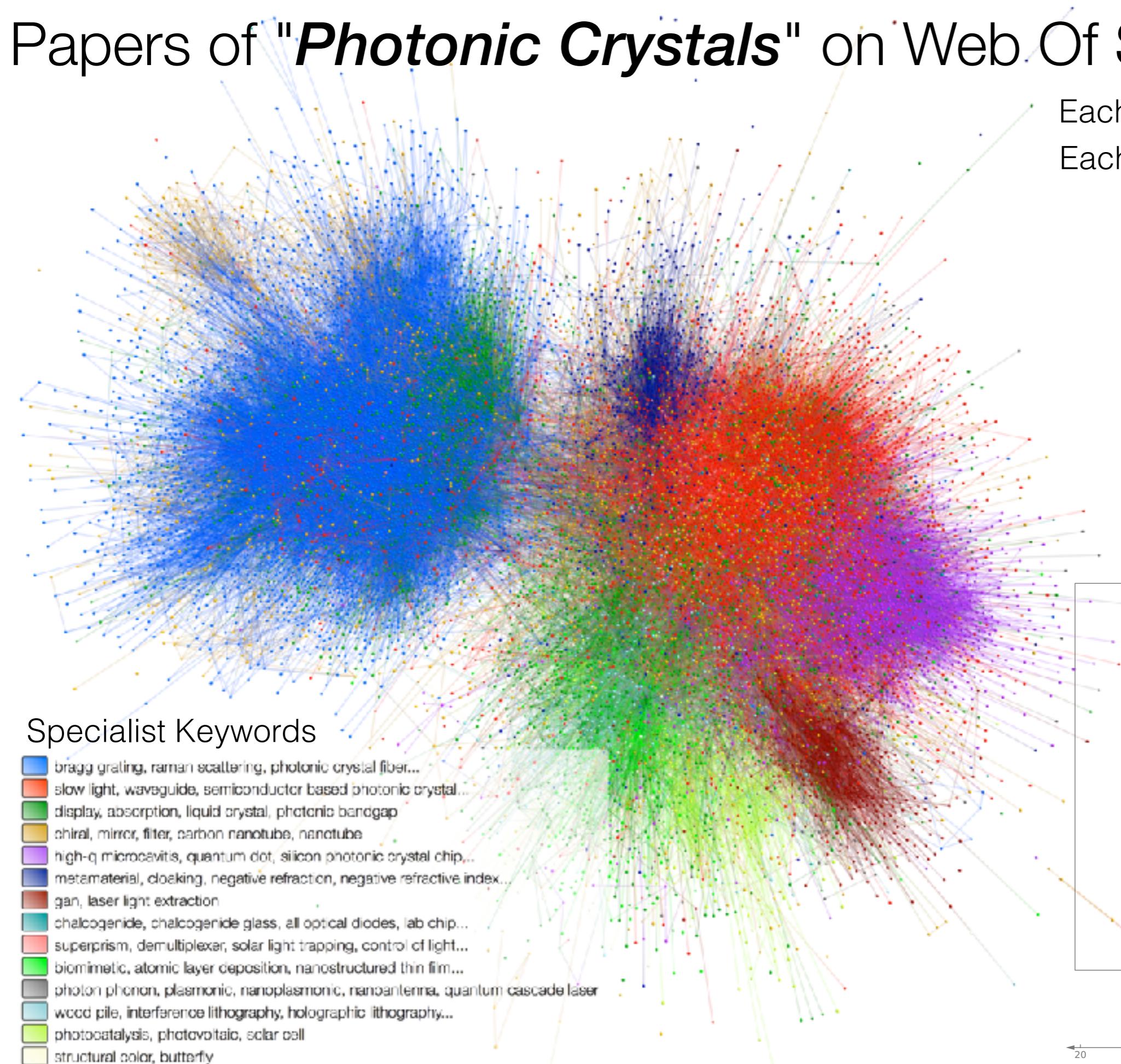
Each circle represents a community  
Each line the strength of citations  
between communities

## Automated Keywords

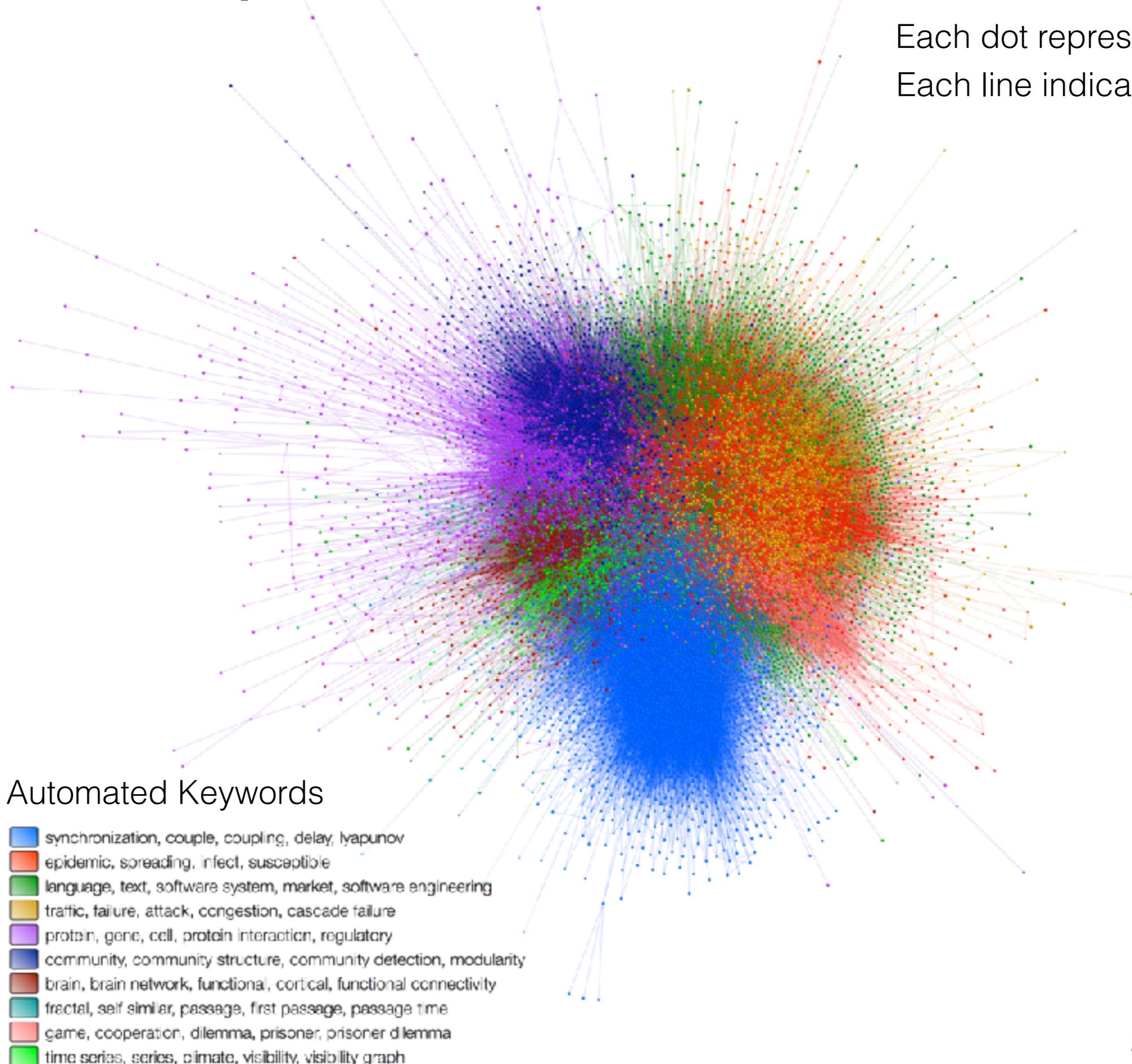
- A - confinement loss, long period, period grating, high birefringence, modal birefringence
- B - crystal waveguide, slow light, waveguide bend, group index, degree bend
- C - nanocavity, crystal cavity, quantum dot, nanocavities, dot
- D - colloidal, opal, template, colloidal crystal, sphere
- E - one dimensional, transfer matrix, matrix method, omnidirectional, magneto
- F - supercontinuum, supercontinuum generation, soliton, pulse
- G - negative refraction, collimation, self collimation
- H - extraction, light extraction, diode, led, light emitting
- I - detection, biosensor, sensor, label, label free
- J - hollow core, core photonic, gas, core
- K - fiber laser, erbium, erbium dope, dope fiber, dope
- L - vertical cavity, cavity surface, vcsel, surface emit

# Papers of "*Photonic Crystals*" on Web Of Science®

Each dot represents a paper  
Each line indicates a citation



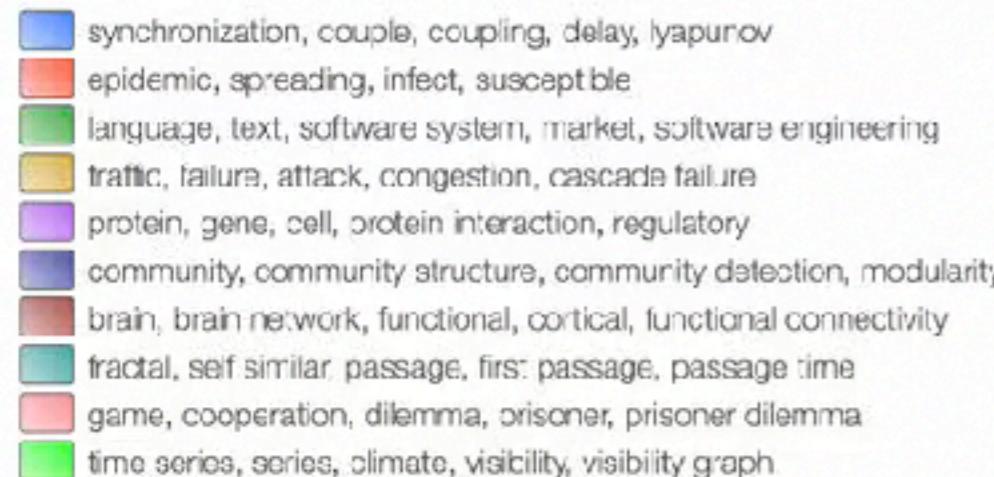
# Papers of "***Complex Networks***" on Web Of Science®



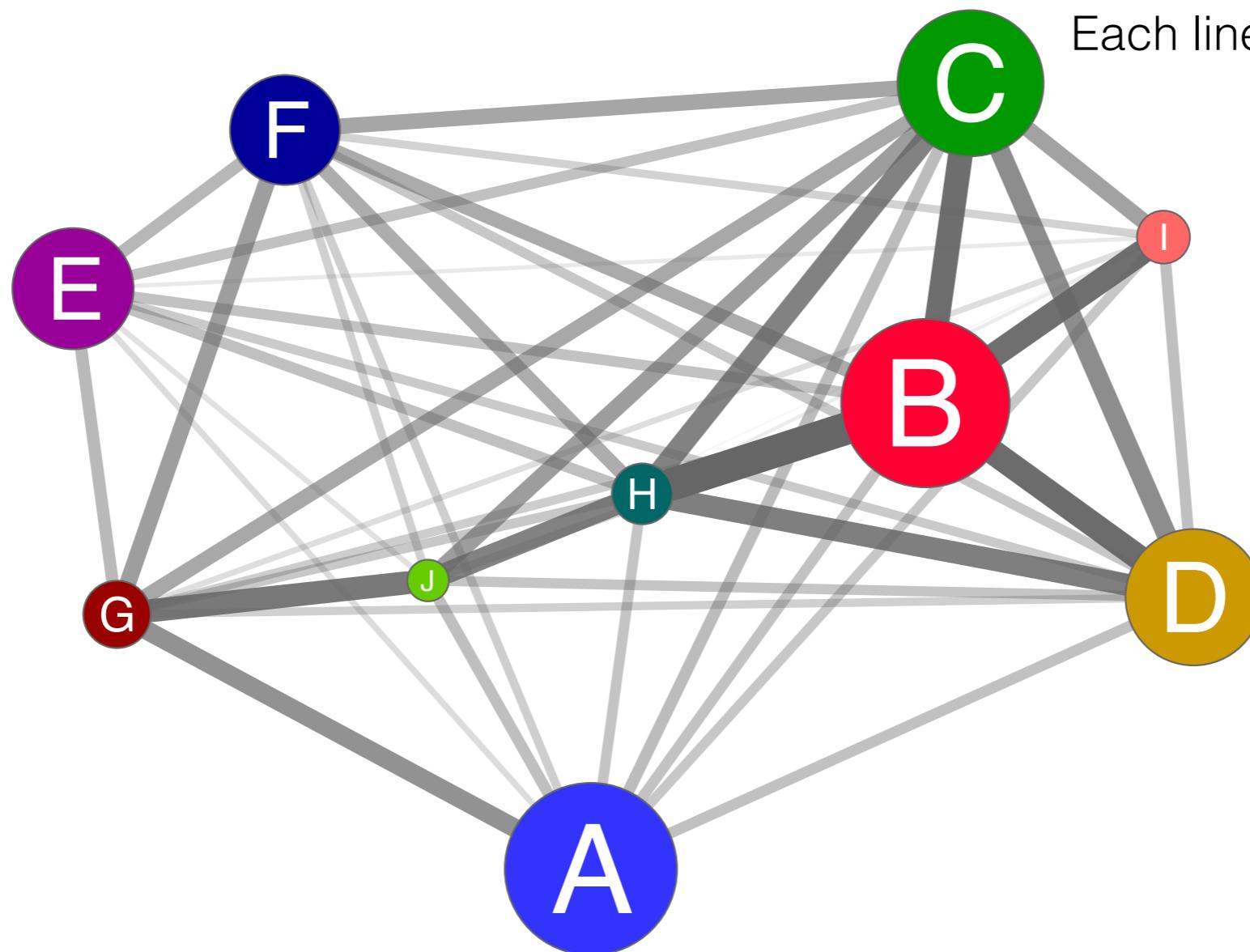
# Papers of "***Complex Networks***" on Web Of Science®

3D mapping

Each dot represents a paper  
Each line indicates a citation



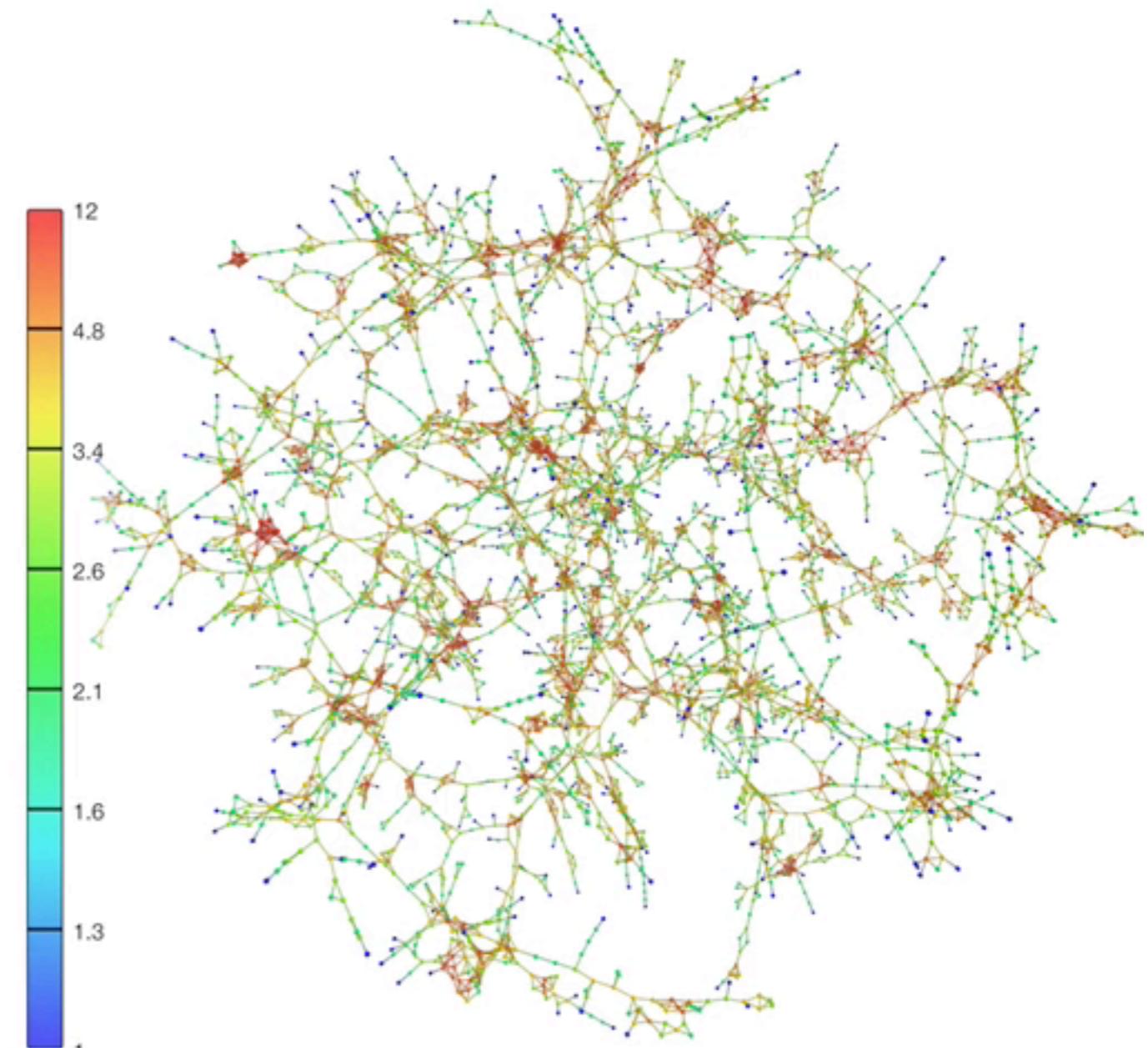
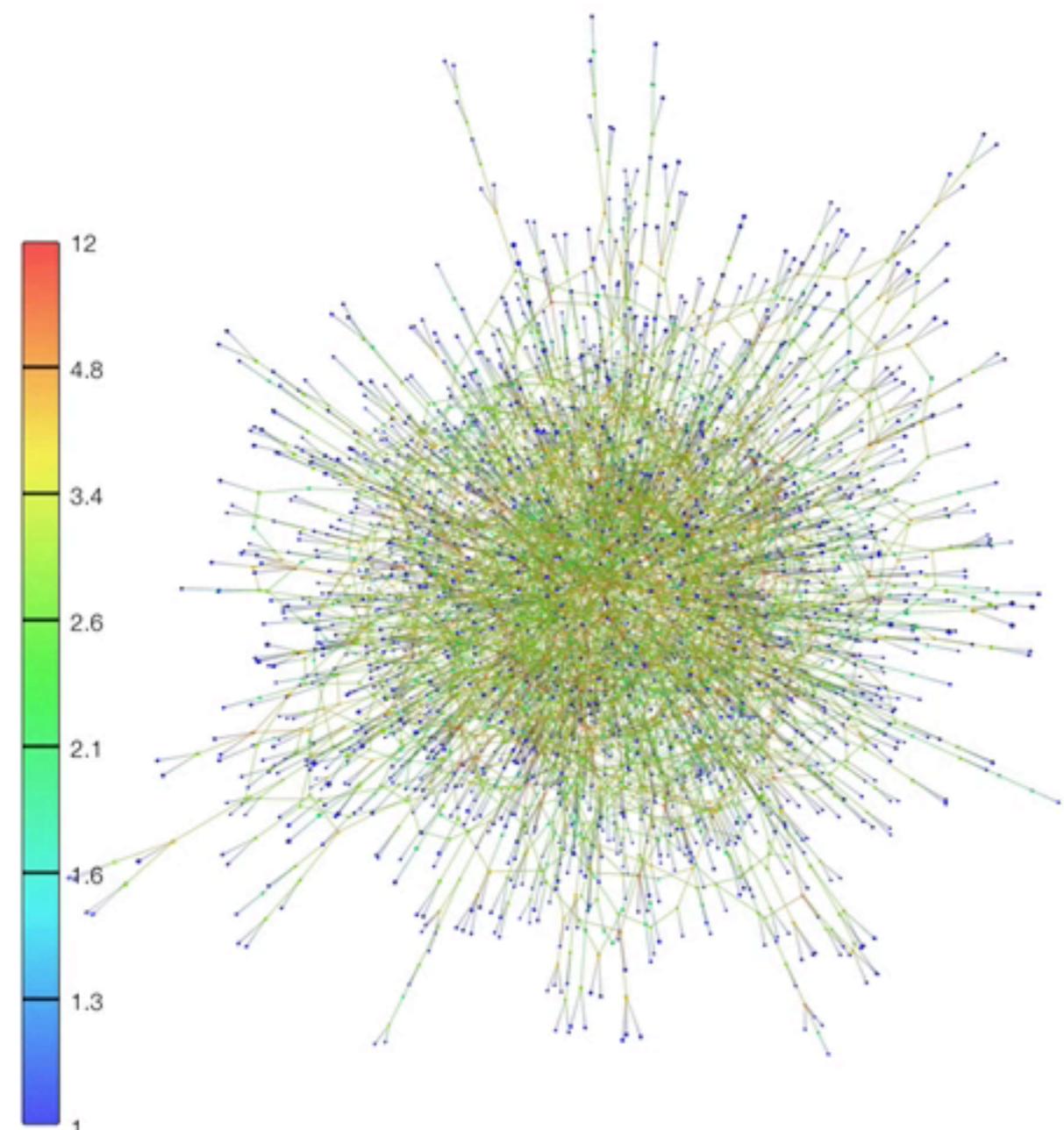
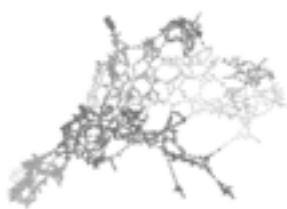
# Papers of "***Complex Networks***" on Web Of Science®



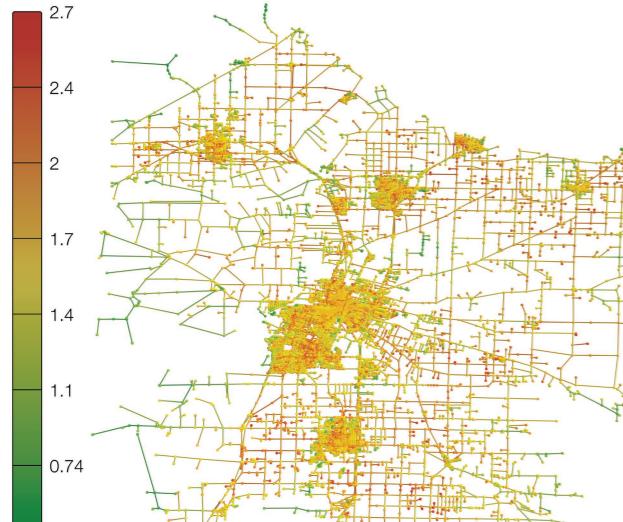
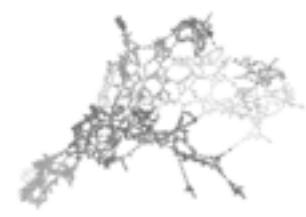
Each circle represents a community  
Each line the strength of citations  
between communities

- A - synchronization, couple, coupling, delay, lyapunov
- B - epidemic, spreading, infect, susceptible
- C - language, text, software system, market, software engineering
- D - traffic, failure, attack, congestion, cascade failure
- E - protein, gene, cell, protein interaction, regulatory
- F - community, community structure, community detection, modularity
- G - brain, brain network, functional, cortical, functional connectivity
- H - fractal, self similar, passage, first passage, passage time
- I - game, cooperation, dilemma, prisoner, prisoner dilemma
- J - time series, series, climate, visibility, visibility graph

# Exemplos de visualização



# Exemplos de visualização

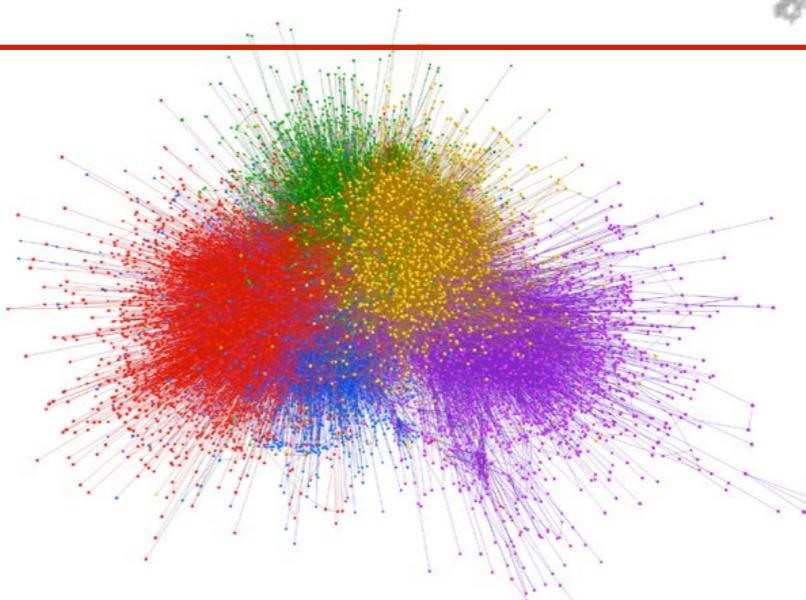


(a) San Joaquin

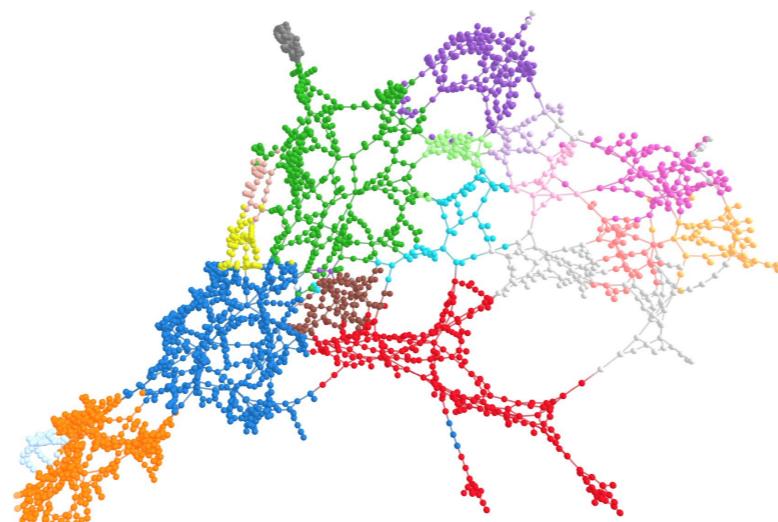
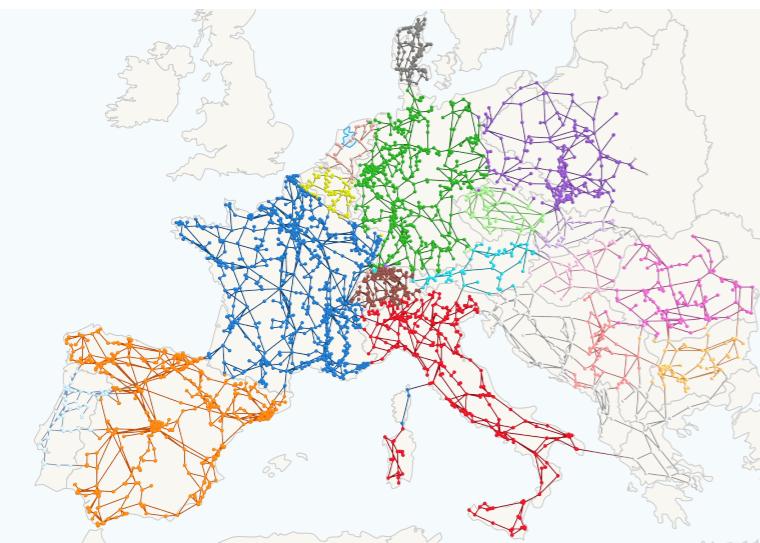


(b) Oldenburg

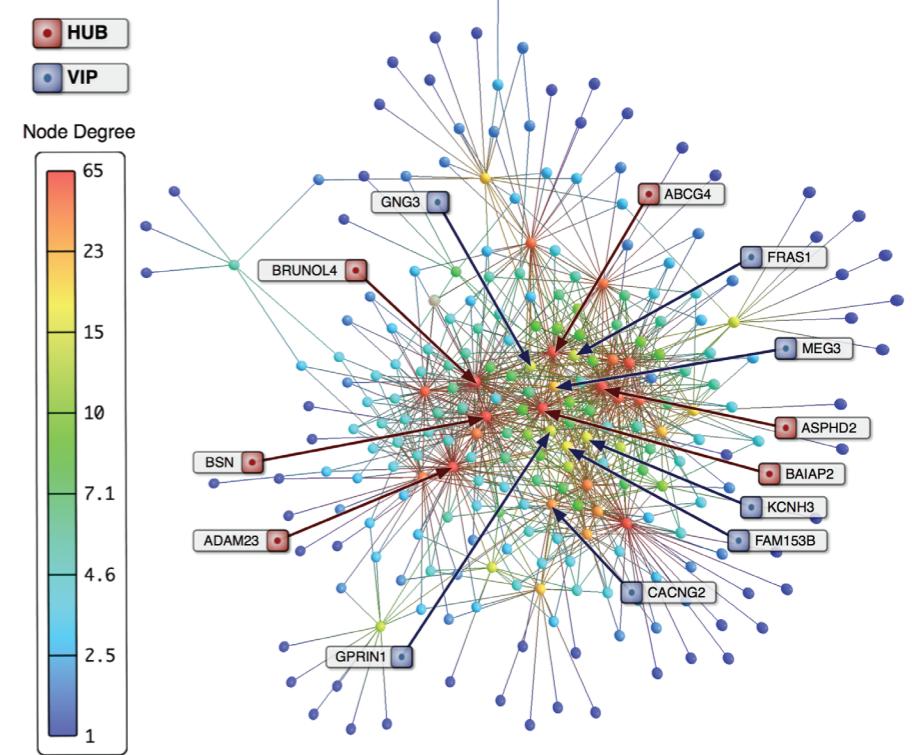
## Cidades



Wiki



Redes de distribuição de energia

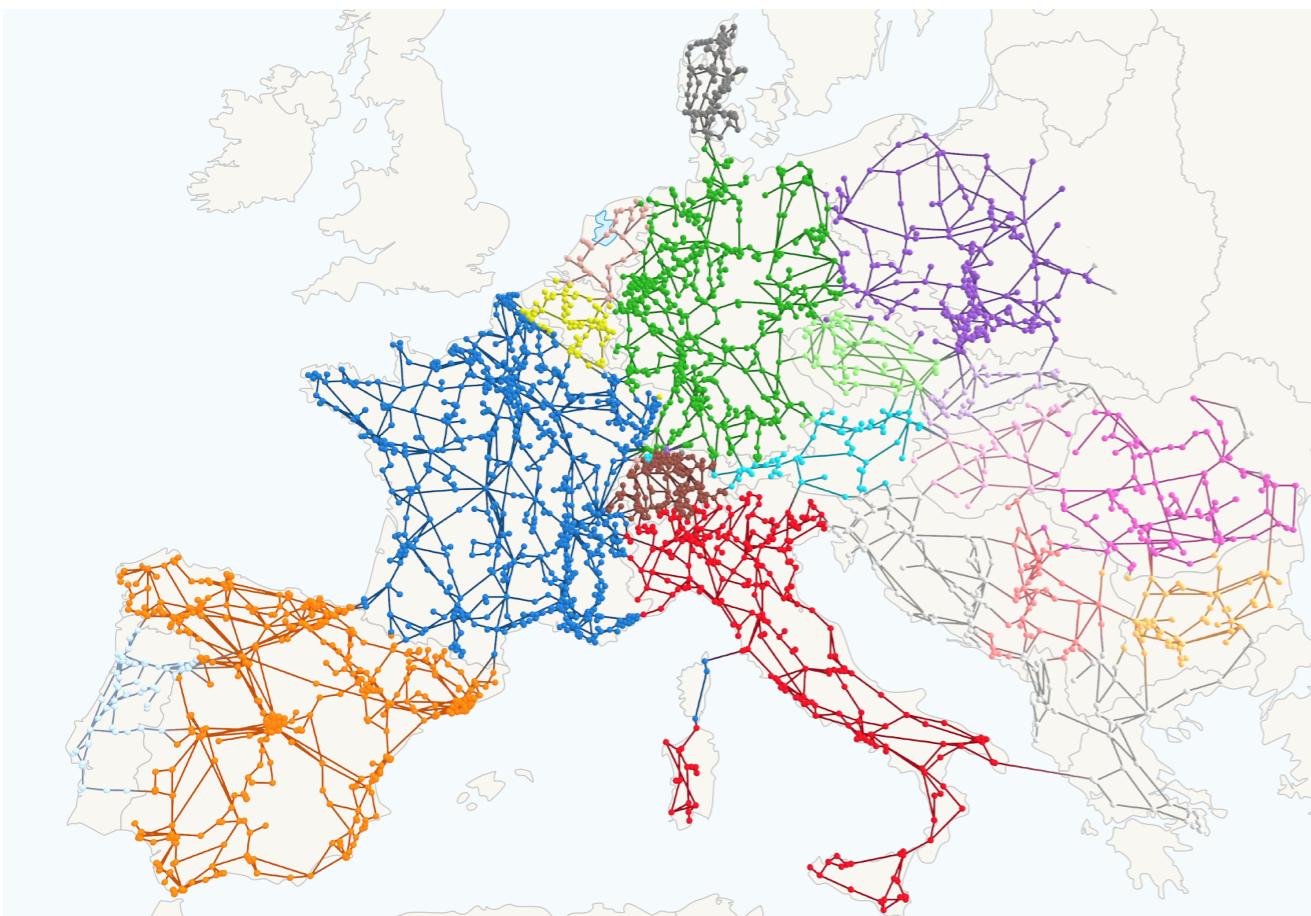


Redes de expressão gênica

# Exemplos de visualização

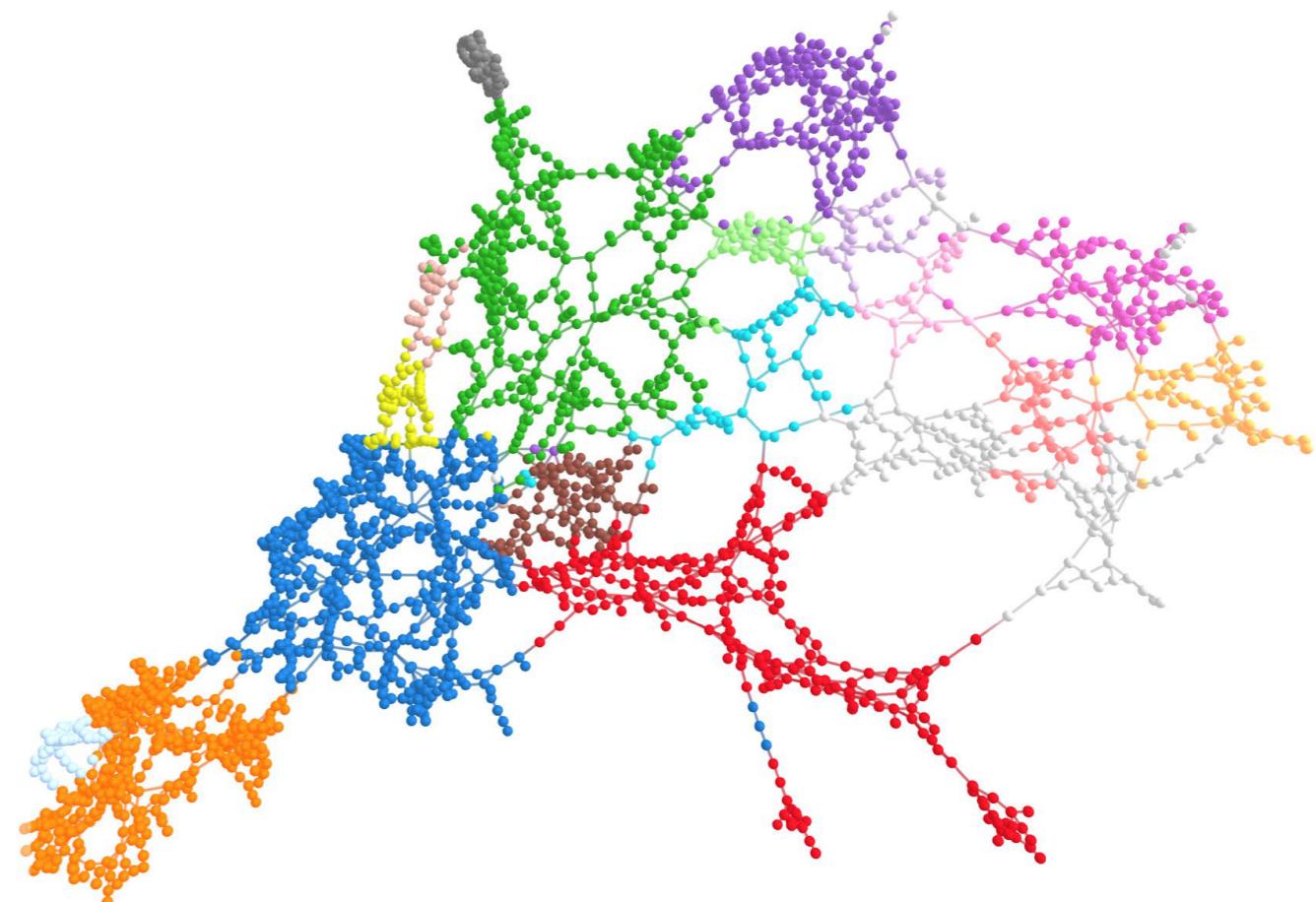


Espaço original

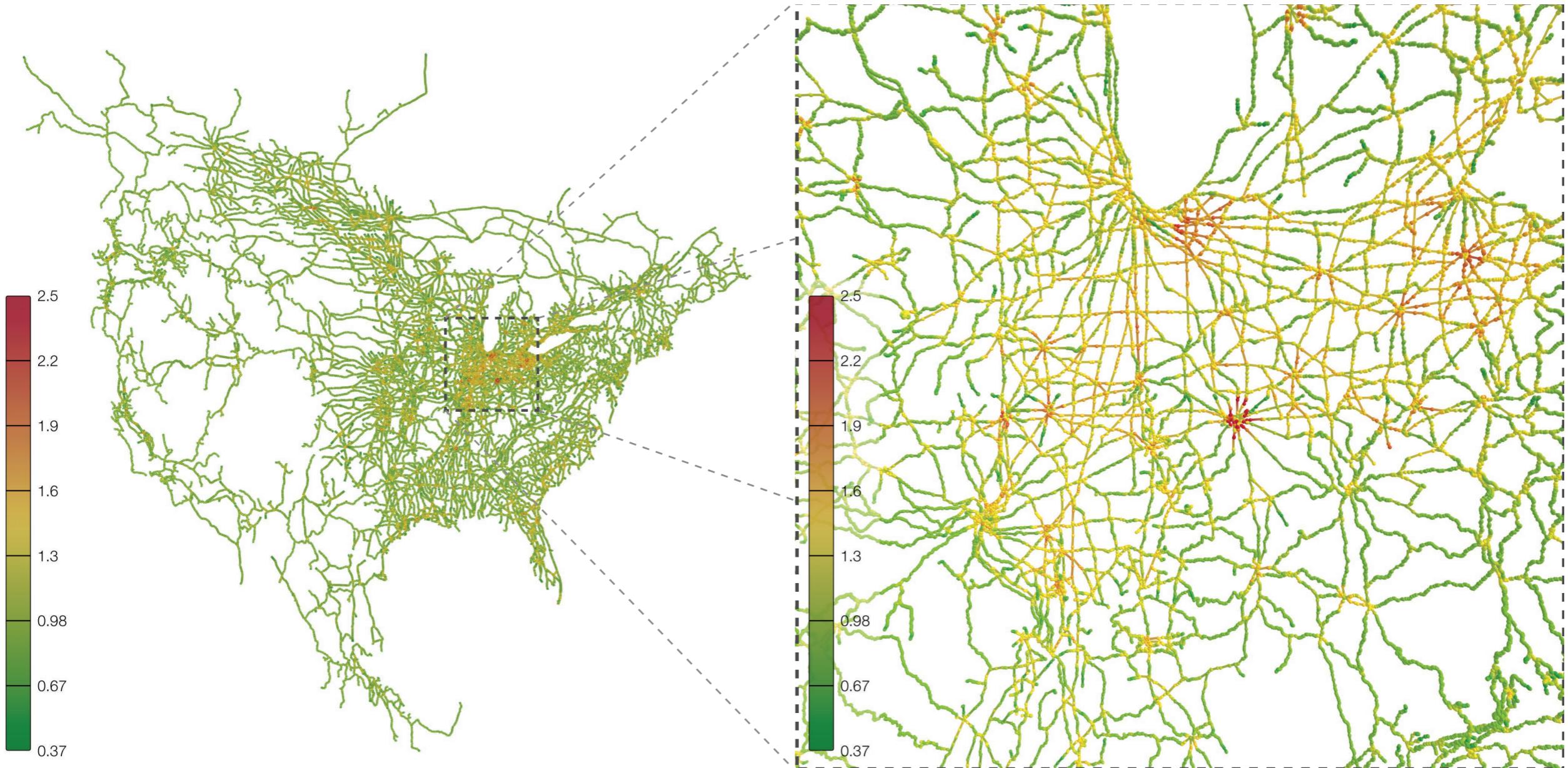
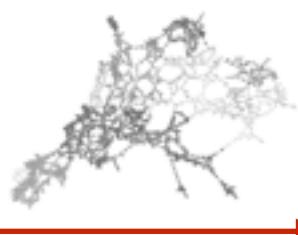


France	Poland	Belgium	Czech,	Hungary
Spain	Switzerland	Austria	Serbia	Others
Germany	Romania	Portugal	Slovakia	
Italy	Denmark	Bulgaria	Netherlands	

Grafo  
(espaço topológico)



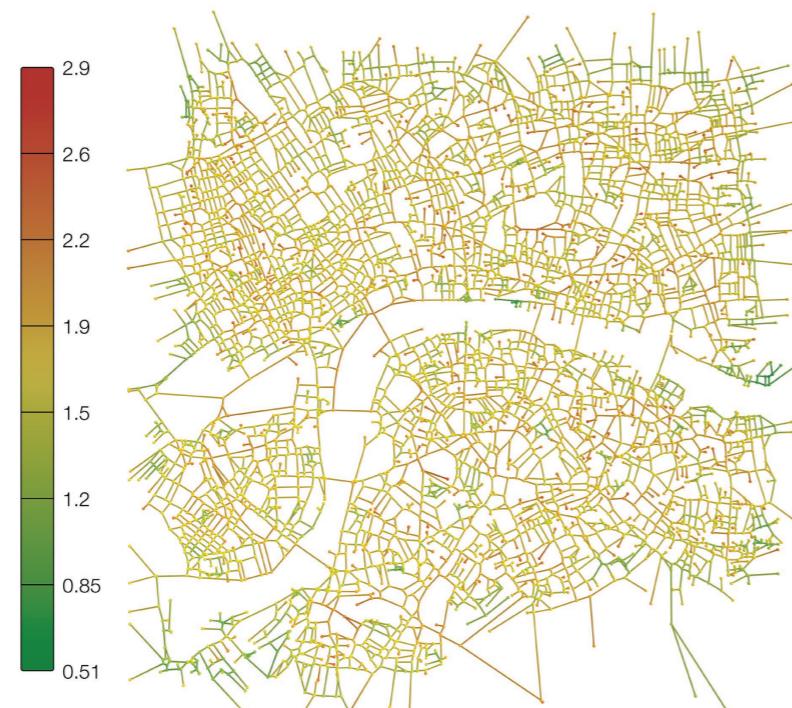
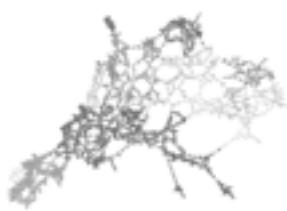
# Exemplos de visualização



## Estradas dos EUA

SILVA, Filipi Nascimento. **Dimensão e simetria em redes complexas**: uma abordagem multiescala. 2015.  
Tese (Doutorado em Física Aplicada) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo  
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/76/76132/tde-17122015-145908>

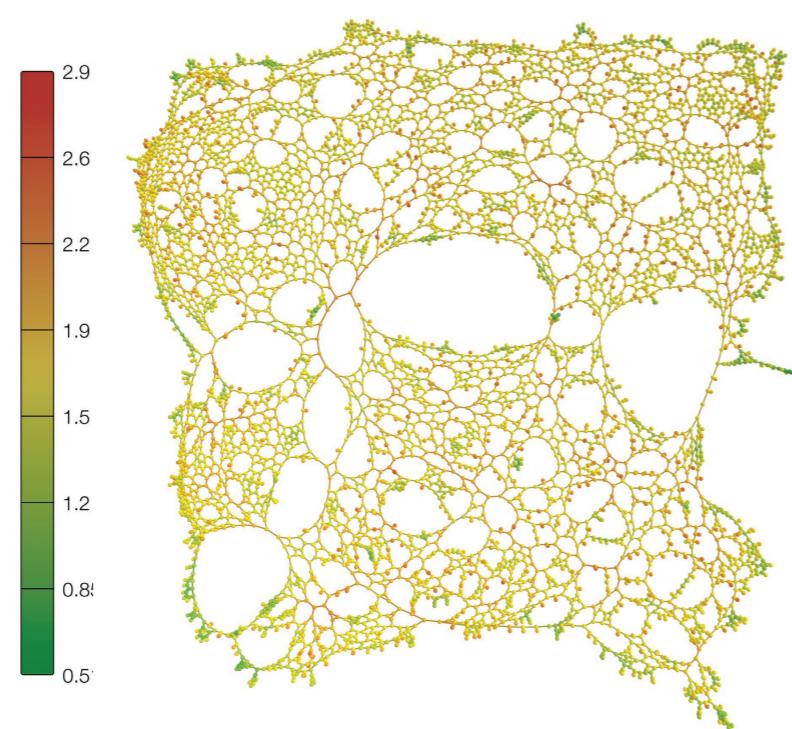
# Exemplos de visualização



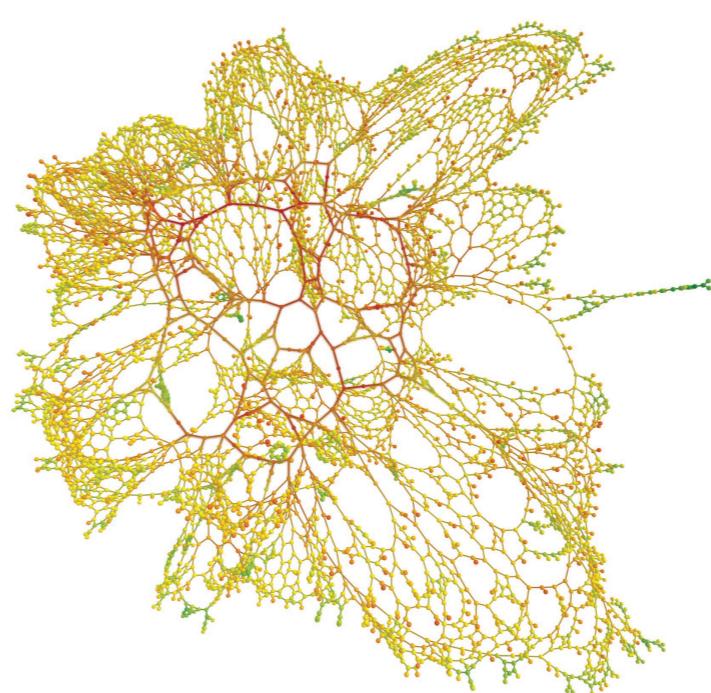
(a) Rede da cidade de Londres **sem** transporte subterrâneo.



(b) Rede da cidade de Londres **com** transporte subterrâneo.



(c) Projeção topológica da rede de Londres **sem** transporte subterrâneo.



(d) Projeção topológica da rede de Londres **com** transporte subterrâneo.

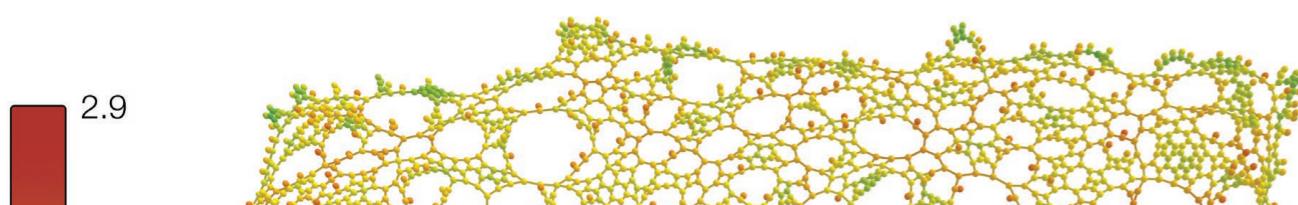
# Exemplos de visualização



(a) Rede da cidade de Londres  
sem transporte subterrâneo.



(b) Rede da cidade de Londres  
com transporte subterrâneo.

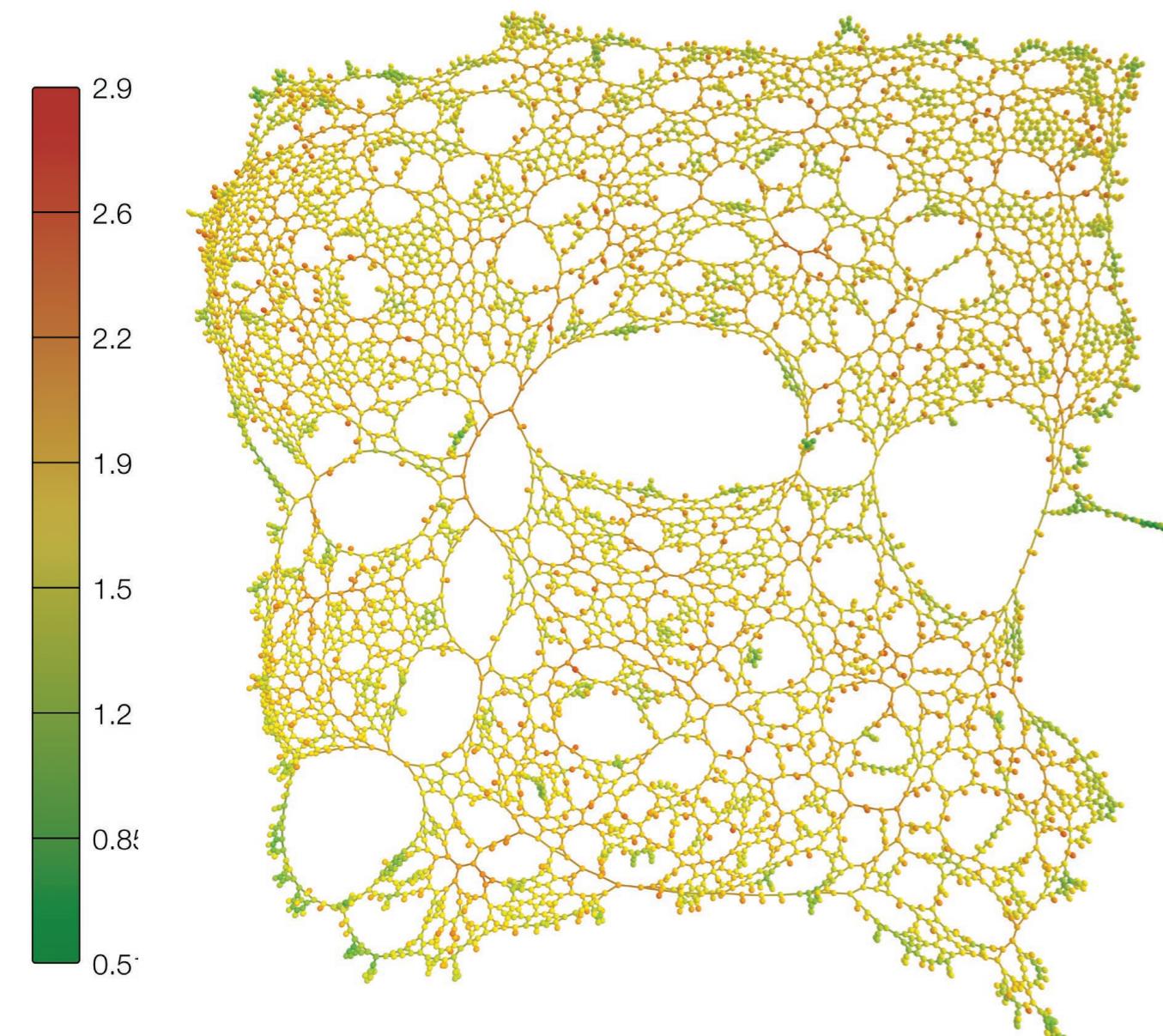




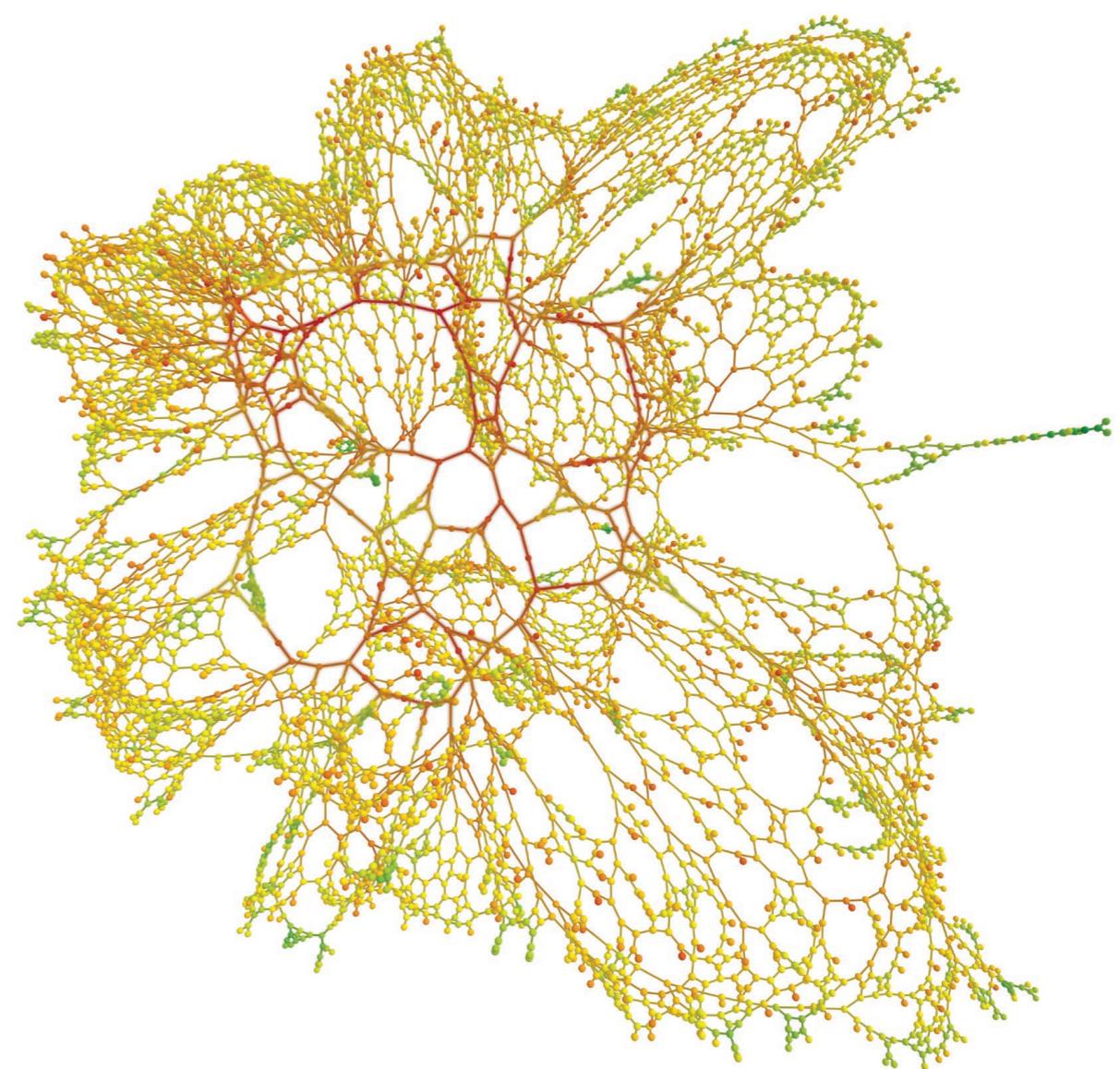
(a) Rede da cidade de Londres sem transporte subterrâneo.



(b) Rede da cidade de Londres com transporte subterrâneo.

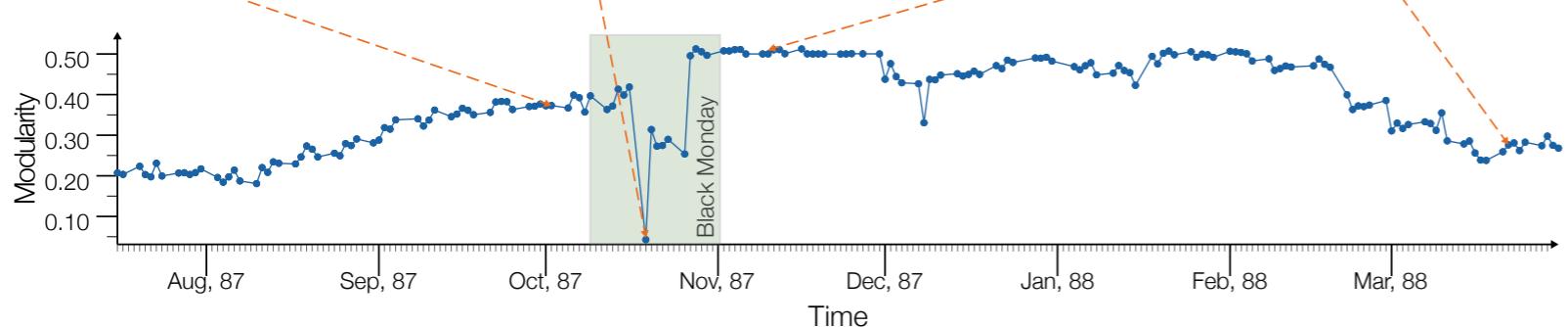
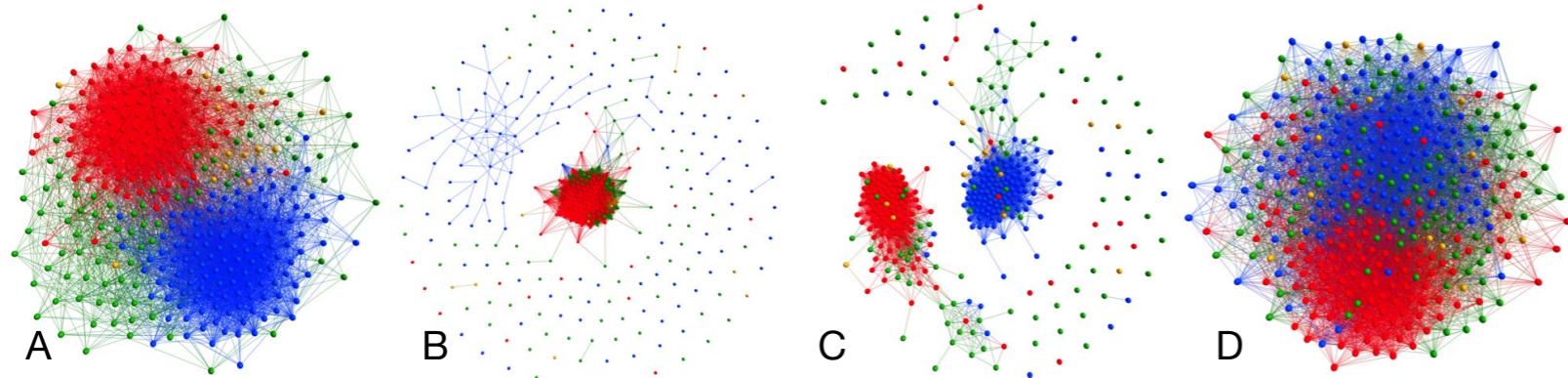
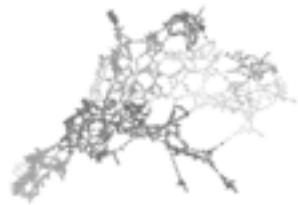


(c) Projeção topológica da rede de Londres sem transporte subterrâneo.

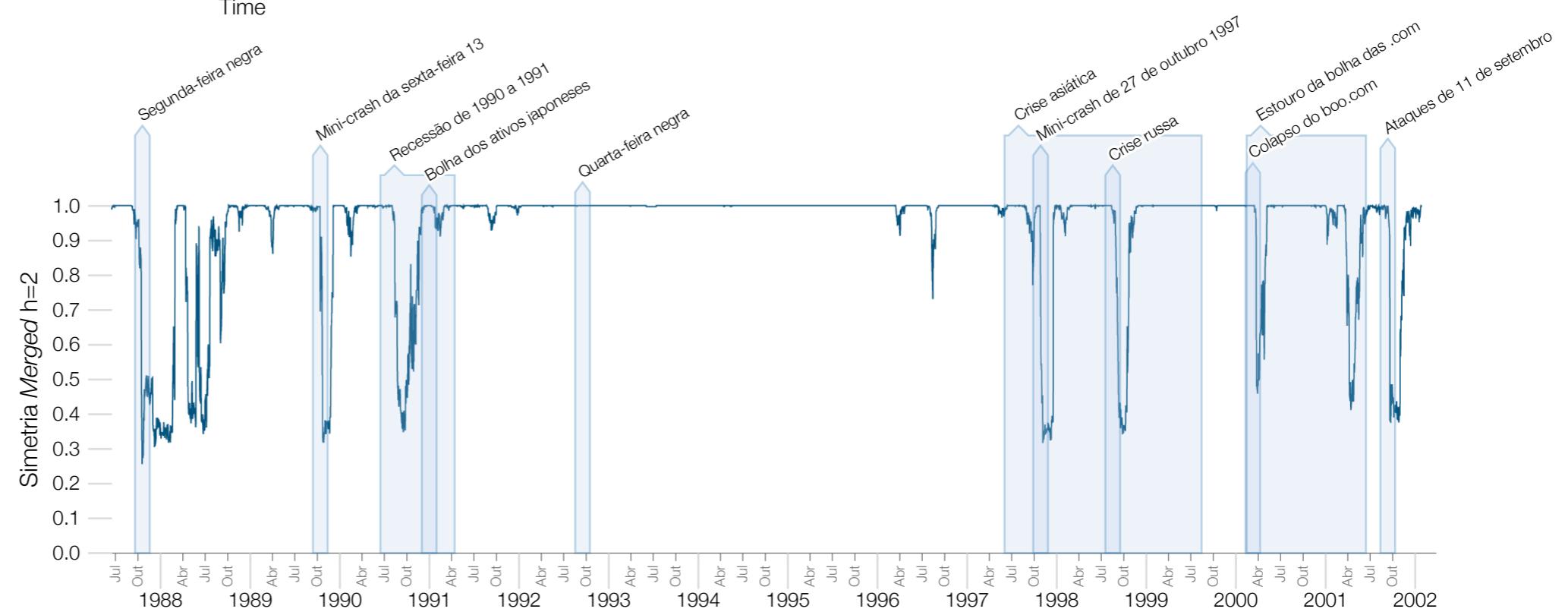


(d) Projeção topológica da rede de Londres com transporte subterrâneo.

# Exemplos de visualização



Mercado financeiro

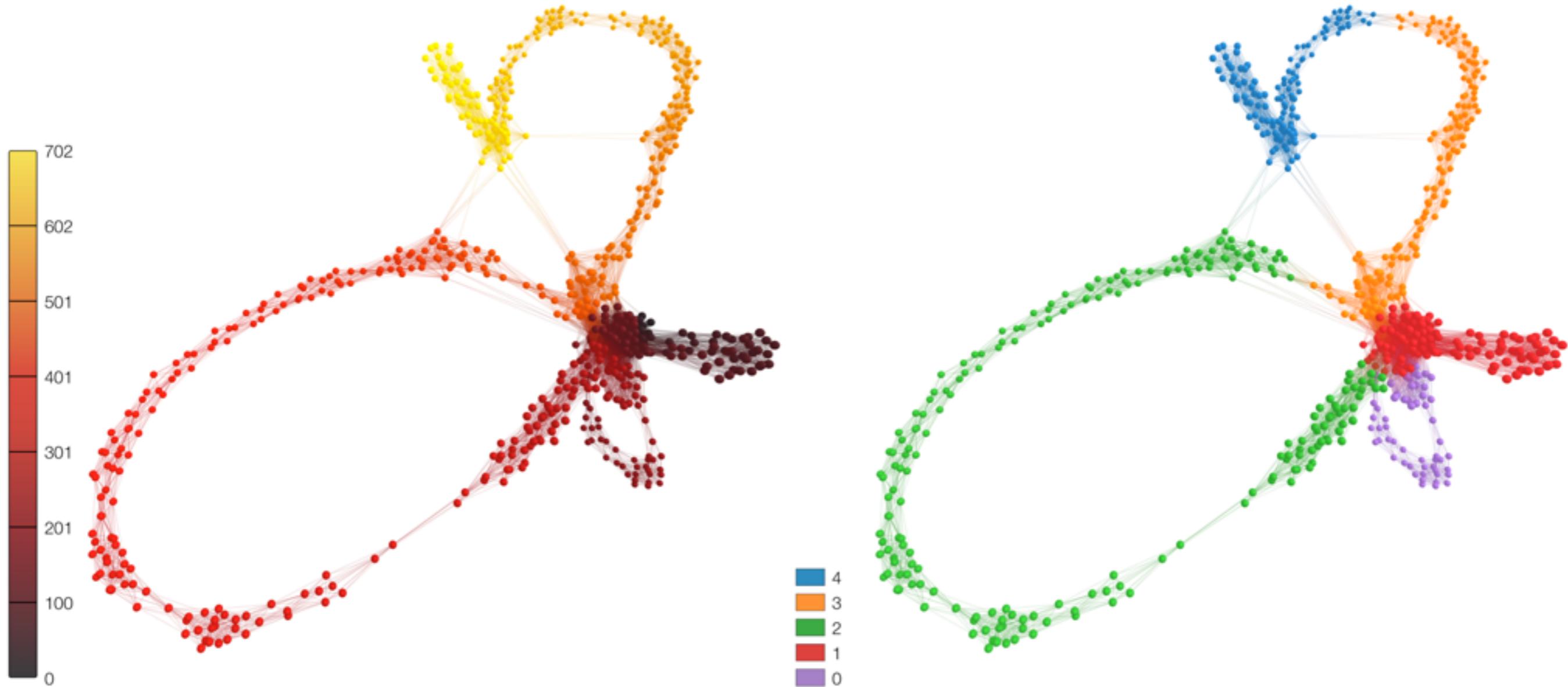


Modular Dynamics of Financial Market Networks

F. N. Silva, C. H. Comin, T. K. DM. Peron, F. A. Rodrigues, C. Ye, R. C. Wilson, E. Hancock, L. da F. Costa

<https://arxiv.org/abs/1501.05040>

# Exemplos de visualização



Livros (Alice's Adventures in Wonderland)

Mesoscopic representation of texts as complex networks

H. F. de Arruda, F. N. Silva, V. Q. Marinho, D. R. Amancio, L. da F. Costa

<https://arxiv.org/abs/1606.09636>

# Resumo da apresentação

- Visualização de dados
  - Introdução
  - Tipos de visualização
  - Scatter plots
  - Dados com alta dimensão
  - Redução de dimensionalidade
  - Mapa de Minard
- Visualização interativa
  - Introdução
  - Tipos de interação
  - Exemplos d3.js
- Redes Complexas
  - Introdução
  - Propriedades
  - Modelos
  - Comunidades
- Geração de redes a partir de dados
  - Correlação
  - Estruturas biológicas
  - Textos
  - Semântica
- Visualização de redes
  - Introdução
  - Método direcionado por forças
  - Simulação molecular
  - Estabilidade e Optimização
- Exemplos de visualização
- Ferramentas
- Referências



## Softwares para analisar e visualizar redes complexas

Pajek (<http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>)

Cytoscape (<http://cytoscape.org>)

Gephi (<https://gephi.github.io>)

Network 3D (<http://cyvision.ifsc.usp.br/software/networks3d>)

GraphVis (<http://graphviz.org>)

Tulip (<http://tulip.labri.fr/>)

## Frameworks para tratar redes complexas

igraph (<http://igraph.org>) / (C, Python, R)

NetworkX (<http://networkx.lanl.gov>) / (Python)



# Referências

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

Galeria d3.js

<https://github.com/mbostock/d3/wiki/Gallery>

Newman, Mark, Albert-Laszlo Barabasi, and Duncan J. Watts. *The structure and dynamics of networks*. Princeton University Press, 2006.

Barabási, Albert-László, and Jennifer Frangos. *Linked: the new science of networks*. Basic Books, 2014.



# Referências

SILVA, Filipi Nascimento. Dimensão e simetria em redes complexas: uma abordagem multiescala. 2015. Tese.

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/76/76132/tde-17122015-145908>

Visual Complexity

<http://www.visualcomplexity.com/vc/>

Grupo do Luciano Costa

<http://cyvision.ifsc.usp.br/>

Referência para leitura:

Complex systems: features, similarity and connectivity

Sec. 7 (Topological Embedding)

C. H. Comin, T. K. DM. Peron, F. N. Silva, D. R. Amancio, F. A. Rodrigues, L. da F. Costa

<https://arxiv.org/abs/1606.05400>



Obrigado!