

**ANÁLISE DE**

**REDES SOCIAIS**

uma abordagem

prática

ANTONIO CARLOS DOS SANTOS SOUZA

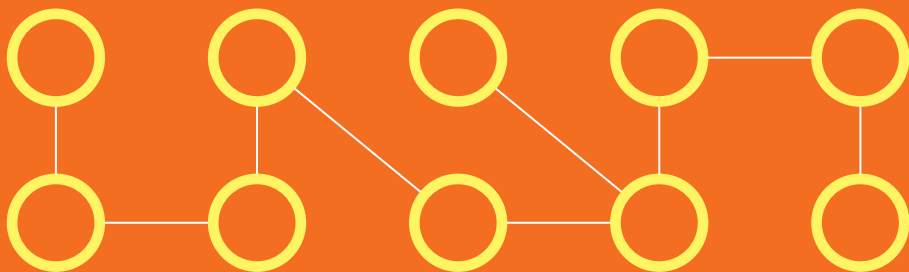
ROMILSON LOPES SAMPAIO

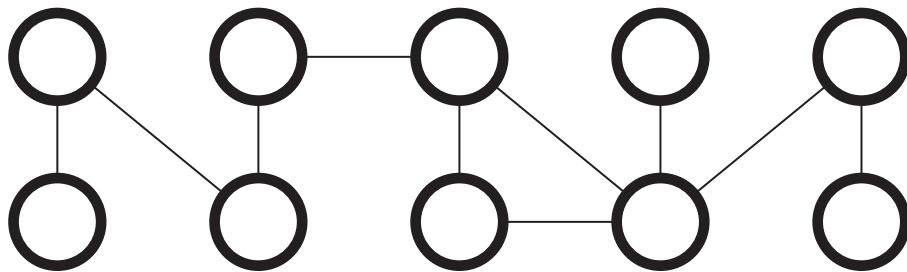
MÁRCIO CERQUEIRA DE FARIAS MACEDO

PAULO VITOR DE OLIVEIRA FONSECA

VAGNER DA SILVA DE JESUS

IGOR ALEXANDRE DE LIMA



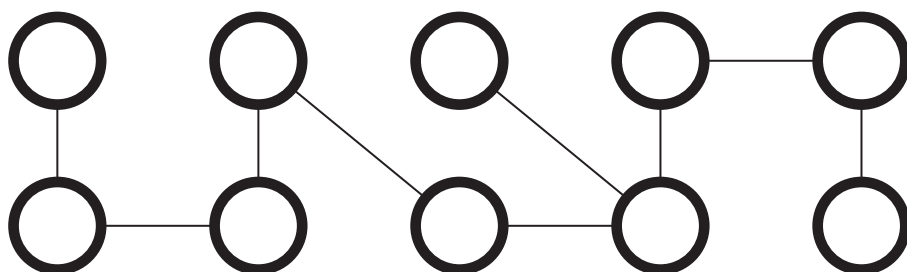


**ANÁLISE DE**

**REDES SOCIAIS**

uma abordagem

prática



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Reitor

*João Carlos Salles Pires da Silva*

Vice-reitor

*Paulo Cesar Miguez de Oliveira*

Assessor do Reitor

*Paulo Costa Lima*



E D U F B A

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Diretora

*Flávia Goulart Mota Garcia Rosa*

Conselho Editorial

*Alberto Brum Novaes*

*Angelo Szaniecki Perret Serpa*

*Caiuby Alves da Costa*

*Charbel Niño El Hani*

*Cleise Furtado Mendes*

*Evelina de Carvalho Sá Hoisel*

*Maria do Carmo Soares de Freitas*

*Maria Vidal de Negreiros Camargo*

Agradecimentos

*Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento*

*UFBA - UNEB - IFBA - UEFS - LNCC - SENAI-CIMATEC*



Antonio Carlos dos Santos Souza  
Romilson Lopes Sampaio  
Márcio Cerqueira de Farias Macedo  
Paulo Vitor de Oliveira Fonseca  
Vagner da Silva de Jesus  
Igor Alexandre de Lima

# **ANÁLISE DE REDES SOCIAIS**

## **UMA ABORDAGEM PRÁTICA**

Salvador  
Edufba  
2019

2019, Autores.

Direitos para esta edição cedidos à Edufba.

Feito o Depósito Legal.

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

**capa e projeto gráfico** Igor Almeida

**revisão** Cristovão Mascarenhas

**normalização** Sandra Batista

Sistema Universitário de Bibliotecas - UFBA

---

S729 Análise de redes sociais : uma abordagem prática / Antonio Carlos dos Santos Souza ... [et al.]. – Salvador : EDUFBA, 2019.  
146 p.

ISBN 978-85-232-1975-8

1. Redes (Matemática). 2. Redes sociais. 3. Análise de redes (Planejamento).  
I. Souza, Antonio Carlos dos Santos.

CDU – 519.179.2

---

Elaborada por Geovana Soares Lira CRB-5: BA-001975/O

Editora afiliada à



Editora da UFBA

Rua Barão de Jeremoabo

s/n – Campus de Ondina

40170-115 – Salvador – Bahia

Tel.: +55 71 3283-6164

[www.edufba.ufba.br](http://www.edufba.ufba.br)

[edufba@ufba.br](mailto:edufba@ufba.br)

# SUMÁRIO

- 7 Prefácio  
*Os autores*
- 9 Apresentação  
*Os autores*
- 11 Introdução  
*Os autores*

## **PARTE I - PROPRIEDADES DAS REDES SOCIAIS**

### CAPÍTULO 1

- 19 Fundamentos iniciais

### CAPÍTULO 2

- 29 Métricas para análise de redes sociais

### CAPÍTULO 3

- 43 Centralidade e prestígio nas redes sociais

CAPÍTULO 4

59 Balanço estrutural e subgrupos nas redes sociais

CAPÍTULO 5

71 Redes de afiliação e equivalência estrutural

**PARTE II - TIPOS DE REDES SOCIAIS**

CAPÍTULO 6

87 Redes aleatórias

CAPÍTULO 7

95 Redes de mundo pequeno

CAPÍTULO 8

101 Redes livres de escala

**PARTE III - Aplicação**

CAPÍTULO 9

109 Redes de citação

137 Conclusão

141 Referências

145 Índice

## **Prefácio**

*Os autores*

Análise de redes é um campo de estudo baseado em fundamentos da Estatística e da Teoria dos Grafos que possibilita a representação e visualização de um conjunto de dados para posterior investigação quanto às suas propriedades e características. No Programa de Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento (DMMDC), a Análise de Redes tem sido uma ferramenta transversal a diversas áreas e pesquisas, principalmente, no campo das ciências sociais e humanas, fornecendo novas possibilidades de visualização e entendimento do conjunto.

Com o avanço da tecnologia e a consequente digitalização das redes sociais coletadas para pesquisa, várias ferramentas foram – e ainda vem sendo – desenvolvidas de forma a facilitar o processo de Análise de Redes Sociais (ARS) de pequena, média ou larga escala. Aproveitando isso, o desejo principal de confecção deste livro é apresentar uma visão prática das principais técnicas existentes



para a ARS. Para tanto, este livro apresenta a fundamentação teórica existente por trás das técnicas mais utilizadas na área, alinhadas e integradas a uma abordagem prática de como essas técnicas podem ser aplicadas para fazer a ARS coletadas no mundo real. De forma majoritária, o livro faz uso de roteiros baseados na ferramenta Pajek para ilustrar como uma ferramenta gratuita pode ser utilizada em favor do leitor para permitir a análise de uma rede social. O livro contém uma série de exercícios com respostas, de forma que o leitor consiga acompanhar a trilha de cada roteiro.

Este livro é voltado tanto para pesquisadores mais experientes, que estejam interessados em utilizar ferramentas disponíveis gratuitamente para análise das redes sociais coletadas em suas pesquisas, como também serve para estudantes e curiosos dos programas de pós-graduação interdisciplinar que desejam ter uma visão geral - teórica e prática - da área.

Vale ressaltar que a organização deste livro se tornou possível devido ao apoio do Instituto Federal da Bahia (IFBA), através da sua Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PRPGI). Dessa forma, agradecemos a contribuição que o IFBA tem dado ao fortalecimento da pós-graduação na instituição e ao processo de difusão do conhecimento. Agradecemos também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

## **Apresentação**

Os autores

O livro *Análise de redes sociais: uma abordagem prática* é resultado da colaboração de professores e graduandos do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e do doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento. O objetivo dessa abordagem é apresentar diversas aplicações da análise de redes sociais a partir de situações reais mantendo o viés prático.

Nesse contexto, o presente livro fornece uma introdução sobre análise de redes sociais, assim como exemplos e atividades do mundo real, como ferramentas de abordagem e consolidação de conhecimentos nele propostos.

Tendo em vista as considerações anteriormente listadas, este livro está dividido em três partes: “Propriedades das redes sociais”; “Tipos de redes sociais”; e “Aplicação”.

Na primeira parte, “Propriedades das redes sociais”, são abordados os fundamentos iniciais sobre o tema. Além disso, são tratadas as métricas utilizadas na análise de redes sociais, tais como: centralidade; prestígio; balanço estrutural; subgrupos; redes de afiliação; e equivalência estrutural.

Na segunda parte, “Tipos de redes sociais”, são definidos diferentes tipos de redes sociais, como: rede aleatória – rede em que os seres da relação estudada se conectam de forma aleatória; rede de mundo pequeno – rede que mede por quantos seres da relação têm que se passar para chegar em um determinado destino; rede livre de escala – a rede mais próxima da realidade, pois segue a lei de que o indivíduo com mais conexões tende a receber novas conexões.

A terceira parte, “Aplicação”, aborda uma aplicação das redes sociais, as redes de citação, que demonstram a relação entre quem cita e quem é citado.

## Introdução

Os autores

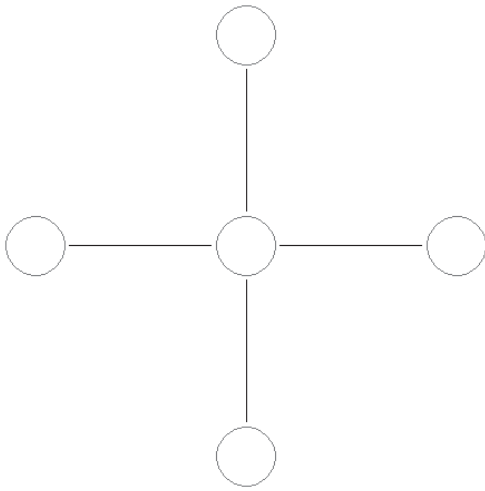
Diversos livros trabalham de forma brilhante os conceitos e métricas da disciplina Análise de Redes ou Teoria dos Grafos para inúmeros cursos de pós-graduação *lato* ou *stricto sensu* e estão disponíveis para os interessados no assunto. Esta obra pretende ter uma abordagem prática na criação, visualização e análise de redes para programas de pós-graduação interdisciplinares, com certo destaque para ciências sociais e humanas (8, 9, 11, 18, 21).

Uma das vantagens deste livro está no fato de conduzir o leitor ao uso de ferramentas para exercitar os roteiros práticos para demonstração dos conceitos, métricas e aplicações em redes, oferecendo aos centros de discussão várias possibilidades de explicações para apresentar aos discentes os conceitos da área.

Um dos grandes problemas no ensino de análise de redes está no aumento da complexidade no cálculo das métricas à medida que a rede aumenta. Neste livro, o problema é resolvido com o uso de ferramentas de criação, visualização e análise de redes intuitivas.

## Redes

Redes podem ser definidas, de forma mais simples, como coleções de pontos ligados por linhas, assim como pode ser visto em um exemplo na Figura 1.



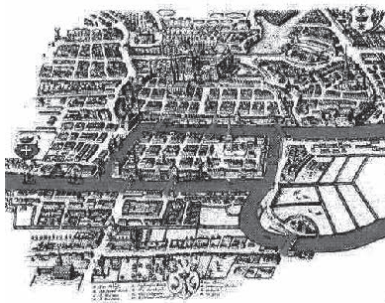
**Figura 1** – Uma rede composta por cinco nós (os círculos) e quatro arestas (as retas)

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta gráfica do LaTeX.

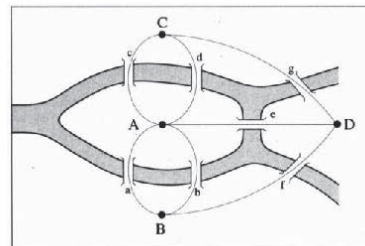
Em Matemática, a definição de rede, ou grafo, surgiu em 1735, quando Leonhard Euler resolveu o problema das sete pontes de Königsberg, criando a famosa Teoria dos Grafos. Dado o mapa mostrado nas Figuras 2 e 3, o problema consistia em determinar se

era possível criar um caminho para atravessar todas as pontes uma única vez, sem repetição. Utilizando um grafo, Euler provou que seria impossível atravessar todas as pontes sem repetir nenhuma.

**Figuras 2 e 3** – O problema das sete pontes de Königsberg



Fonte: Paoletti (1).



Fonte: Königsberg Bridges Problem (2).

Desde o surgimento da Teoria dos Grafos, uma rede pode ser definida como uma estrutura matemática que consiste em dois conjuntos  $V$  (finito e não vazio) e  $E$  (relação binária sobre  $V$ ), de forma que os elementos de  $V$  são chamados de vértices, os elementos de  $E$  são chamados de arestas, e cada aresta tem um conjunto de um ou dois vértices associados a ela.

Enquanto em Matemática, redes são definidas como um conjunto de vértices interligado por arestas, em Computação, redes de transmissão de dados são definidas como um conjunto de nós ligados por *links*. Já em Sociologia, redes sociais são compostas pelas ligações, ou relações, existentes entre diferentes atores (3).

As redes estão cada vez mais presentes no nosso dia a dia. A exemplos de redes sociais, podem-se destacar:

- a. Redes terroristas, em que os nós são os terroristas e as arestas são os contatos entre eles;
- b. Redes empresariais, em que os nós são as empresas e as arestas são as relações de negócio entre elas;
- c. Redes de citação de artigos, em que os nós são os artigos e as arestas são as citações;
- d. Redes de amizade, em que os nós são as pessoas e as arestas são as relações de amizade entre elas;
- e. Redes de páginas *web*, em que os nós são as páginas *web* e as arestas são os *links* da rede;
- f. A internet, em que os nós são os roteadores que permitem o tráfego de dados na rede e as arestas são os cabos e *hubs* que permitem a comunicação entre roteadores distintos;
- g. Redes de linhas aéreas, em que os nós são os aeroportos e as arestas são os voos;

- h. Redes biológicas, em que os nós são os metabolitos e as arestas são as reações químicas.

Dessa forma, a Análise de Redes Sociais (ARS) consiste em um campo de estudo que visa entender e responder a questões como:

1. Como se formam as ligações entre os nós (atores) da rede?
2. Qual a estrutura, topologia e tamanho da rede social?
3. Quais as propriedades da rede social?
4. Qual o tipo da rede social?
5. Como se dá o crescimento dessa rede social?
6. Como essa rede social se comporta estática e dinamicamente?
7. Qual a resiliência ou nível de vulnerabilidade da rede social?

Este livro aborda a construção, visualização e análise de redes utilizando como ferramenta principal o Pajek – uma ferramenta gratuita utilizada para ARS, e o NetLogo Web, uma versão do NetLogo, um *software* de modelagem de ambientes para simulação, que roda inteiramente no *browser*. O livro é dividido em três partes principais e a conclusão. Na primeira parte, são abordados fundamentos iniciais sobre redes sociais, assim como práticas para os leitores se familiarizarem com a ferramenta. Serão percorridas as métricas que auxiliam na ARS, assim como uma apresentação prática dos conceitos de centralidade, prestígio e subgrupo.

Na segunda parte, são apresentadas algumas classificações para redes, como aleatórias, de pequeno mundo e livre de escala, topologias definidas por estudos acadêmicos que diferem baseadas em propriedades estatísticas como o grau ou o coeficiente de agregação. São definidas e aplicadas para cada modelo atividades práticas a fim de facilitar o entendimento.

Na terceira parte, as redes de citação são retratadas a partir de exercícios práticos como redes especializadas em conexões de referências de livros, artigos e outros documentos. Por fim, a conclusão sintetiza o conteúdo do livro, ressaltado os principais pontos da obra.





PARTE I



# **Propriedades das redes sociais**



## Fundamentos iniciais

A Análise de Redes Sociais (ARS) tem como objetivo esquematizar as relações entre atores que têm interesses em comum. Esses atores são representados por nós - ou vértices - e as relações são representadas por arestas - ou linhas - em uma rede - ou grafo - que pode ser direcionada ou não. A análise dessas relações tem como base estudar essas ligações entre atores, podendo esses serem tanto pessoas quanto empresas ou outras entidades (4).

### Atividade 1: um exemplo real de rede social

Nesta atividade, veremos o que são redes sociais e quais são as suas aplicações. Visitando o *site* Visual Complexity,<sup>1</sup> é possível ver diversas imagens que permitem a visualização de sistemas complexos,

---

<sup>1</sup> Ver: <http://www.visualcomplexity.com/vc/>.

sendo que, em algumas dessas imagens, é possível visualizar exemplos de redes sociais. Na Figura 4, extraída diretamente do *site* Visual Complexity, é exibida uma rede de viagens entre cidades em que a empresa Airbnb oferece seus serviços. Nessa rede, os nós representam as 50 cidades em que os clientes da empresa mais costumam utilizar os serviços da Airbnb, já as arestas representam a relação relativa entre as cidades de acordo com a taxa de viagens que é feita entre cada par de cidades.



**Figura 4** – Rede com os destinos preferidos dos clientes da empresa Airbnb

Fonte: Binx (5).

Em redes sociais, os nós ou vértices são utilizados para representar os participantes da rede e são simbolizados por pontos ou círculos. As arestas, por sua vez, são usadas para simbolizar as ações dos parti-

cipantes para com outros e são representadas por linhas. É possível notar na Figura 4 que algumas arestas são mais espessas que as outras, representando quais cidades são mais acessadas pelos viajantes. Sendo assim, um olhar mais cuidadoso sobre a rede permite que o leitor perceba que as cidades de Nova York e Paris são as que mais intercambiam turistas, segundo os dados coletados pela Airbnb.

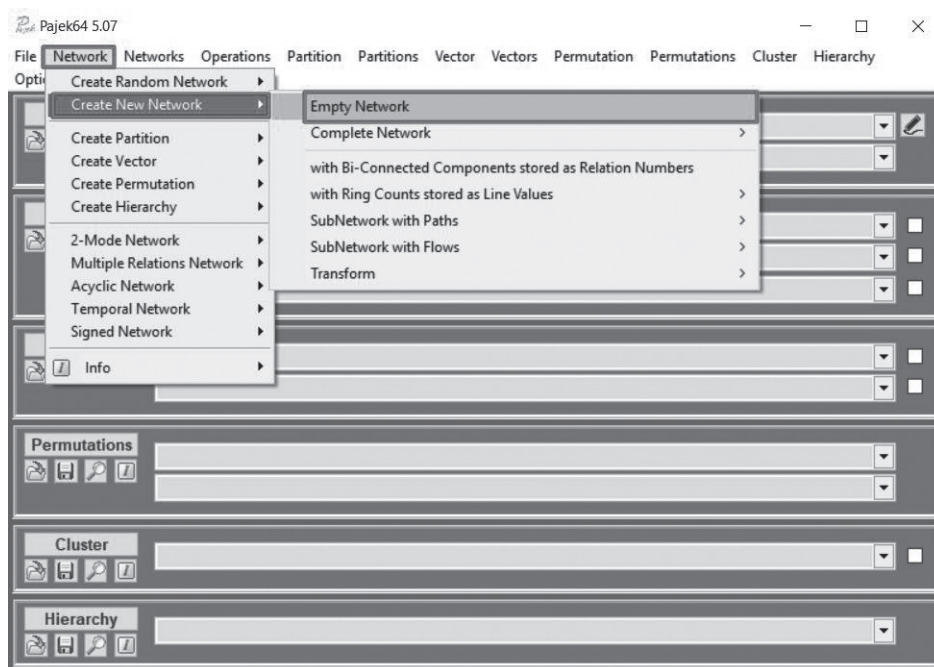
## **Atividade 2: criando redes sociais com o Pajek**

Nesta atividade, será abordada uma introdução ao Pajek. O Pajek é uma ferramenta que possibilita criação, exploração e análise de redes sociais, sendo de uso livre, criado pelos pesquisadores eslovenos

Wouter de Nooy, Andrej Mrvar e Vladimir Batagelj (6). Nesta atividade, será feita a criação de uma nova rede no Pajek, com seis nós e dez arestas para que o leitor conheça o funcionamento básico do Pajek e possa criar, visualizar e analisar suas redes com a ferramenta. Uma vez baixado e instalado o Pajek,<sup>2</sup> é necessário realizar os seguintes passos para criar uma rede social na ferramenta supracitada:

1. Abra a ferramenta Pajek;
2. Na tela principal do Pajek, clique na aba *Network*; *Create New Network*; *Empty Network* (Figura 5);

**Figura 5** – Criando uma nova rede social no Pajek

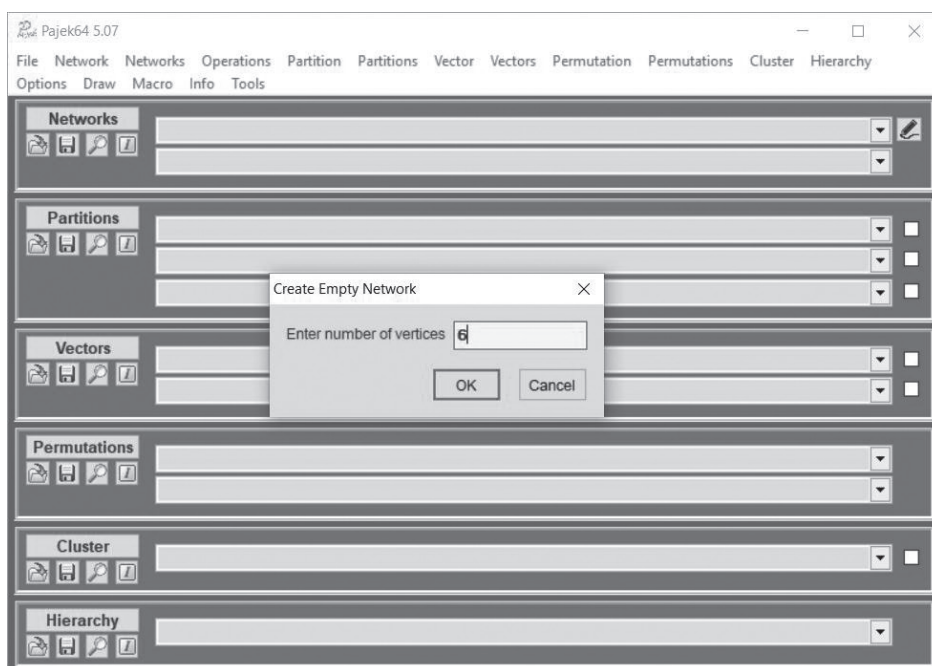


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

<sup>2</sup> Detalhes podem ser encontrados na página oficial da ferramenta: <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>.

3. Uma tela será exibida solicitando que se digite a quantidade de nós que a rede terá. Para realização da atividade proposta, digite o valor “6” na caixa *Create Empty Network* (Figura 6);
4. Para exibir a rede social criada no Pajek, clique em *Draw; Network*. Depois, clique em *Options; Mark Vertices Using; Numbers*. Isso fará com que seja exibido o número identificador de cada nó em conjunto com o círculo que representa cada nó. Ao realizar essa etapa, o leitor perceberá que a rede criada está sem arestas. Para criá-las, selecione a opção *View/Edit Network* (uma lupa), localizada na região (seção) de *Networks* no canto esquerdo do Pajek. Insira o valor do primeiro nó – como a rede criada tem seis nós, o valor deve estar entre um e seis – que será usado para conectar os nós desejados pelo usuário. Clique duas vezes em *Newline* e insira qual nó será conectado ao nó escolhido inicialmente.

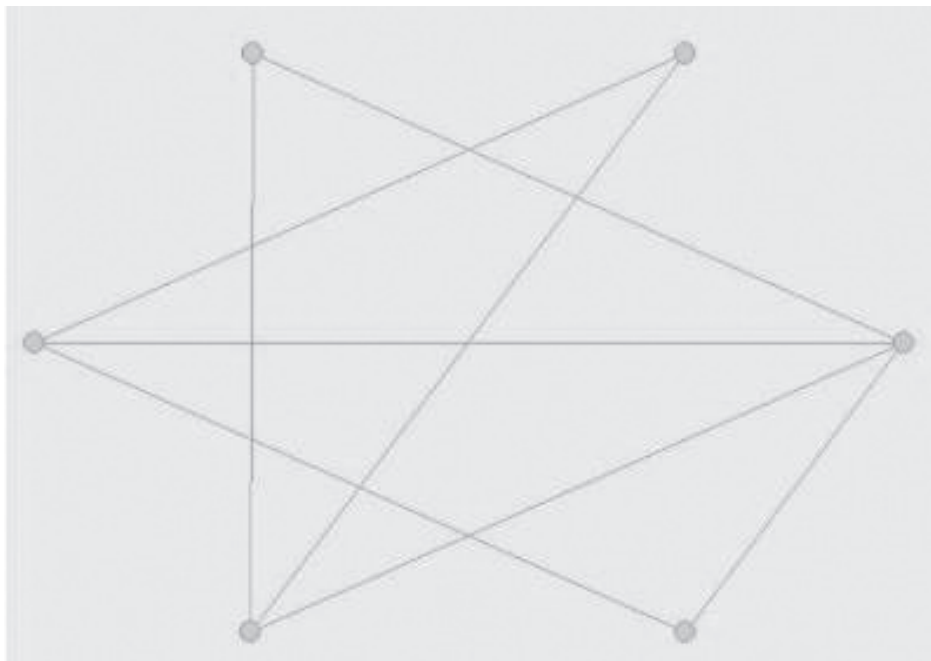
**Figura 6** – Especificando a quantidade de nós da nova rede no Pajek



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

5. Para que o leitor pratique essa atividade, recomenda-se a reprodução da rede presente na Figura 7;

**Figura 7** – Exemplo de rede no Pajek



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

6. Uma vez criada a rede acima, salve a tarefa usando: *File; Network; Save*. Os arquivos de rede - *Network* - do Pajek são salvos na extensão *.net* e podem ser abertos utilizando editores de textos como o próprio Bloco de Notas do Windows. Após abrir o arquivo, pode ser notado que ele está dividido em duas seções, assim como exemplificado na Figura 8. A primeira seção nomeada como “Vertices 6” indica que há 6 seis vértices no nosso arquivo, cujos nomes vão de “v1” a “v6”, os números mais à direita simbolizam o posicionamento desses vértices no espaço 2D do Pajek. A segunda seção, nomeada como “Edges”, pode ser dividida



em três colunas, em que as duas primeiras representam as ligações entre os nós e a terceira coluna representa a quantidade de ligações que eles fazem entre si.

**Figura 8** – Arquivo .net com um exemplo de rede criada no Pajek

```

*Vertices 6
1 "v1"          0.1000    0.5000    0.5000
2 "v2"          0.3000    0.1536    0.5000
3 "v3"          0.7000    0.1536    0.5000
4 "v4"          0.9000    0.5000    0.5000
5 "v5"          0.0808    0.2010    0.5000
6 "v6"          0.3000    0.8464    0.5000
*Edges
1 3 1
1 4 1
1 5 1
2 4 1
2 6 1
3 6 1
4 5 1
4 6 1

```

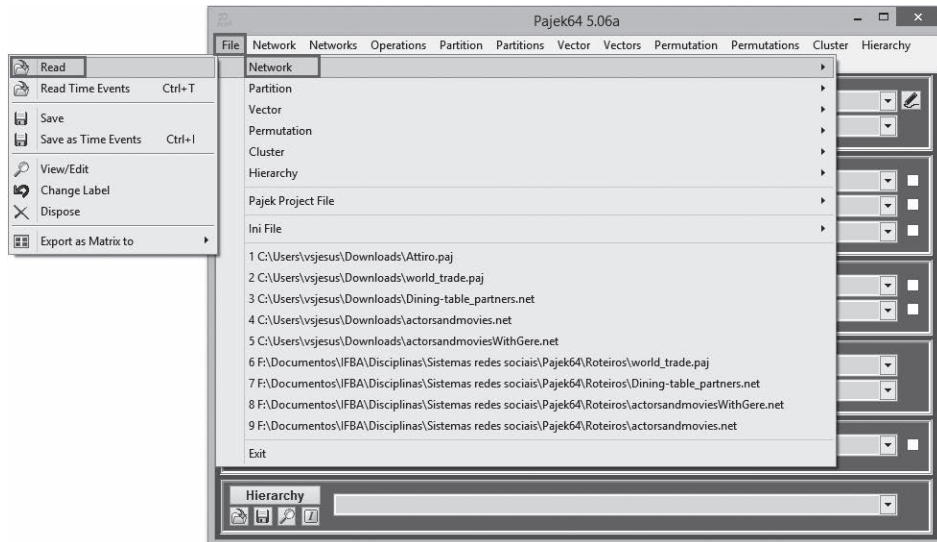
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Bloco de Notas do Windows.

### Atividade 3: Desenhando Redes Sociais no Pajek

O objetivo desta atividade é a realização de testes dos *layouts* – disposições – disponíveis no Pajek que permitem a exibição das redes sociais de diferentes formas. Para tal tarefa, o leitor pode fazer uso da rede criada e salva na atividade anterior. Basta abrir o arquivo da atividade anterior clicando em *File; Network; Read* (Figura 9).

Em seguida, o Pajek abrirá uma janela confirmando que a rede foi lida corretamente, assim como pode ser visto na Figura 10. Note que o número de linhas lidas é o mesmo que a quantidade existente no arquivo ao abri-lo em algum editor de texto.

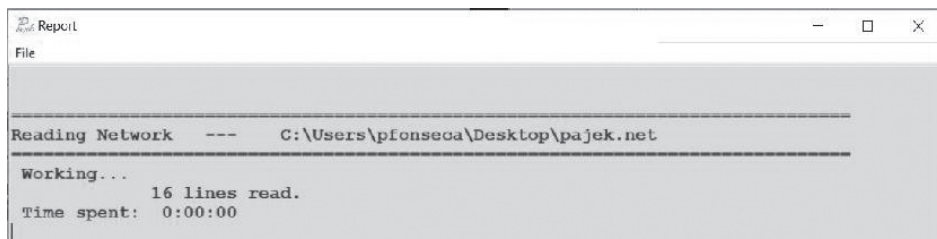
**Figura 9** – Sequência de comandos para abrir uma rede criada no Pajek



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

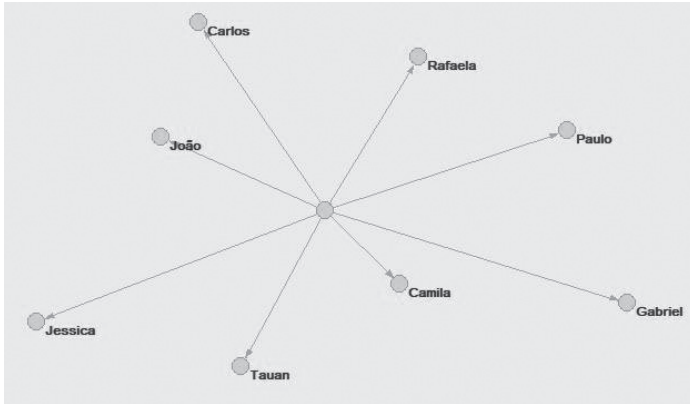
Em seguida, desenhe a rede usando *Draw; Network*. Os vértices podem ser reposicionados ao serem arrastados para qualquer outra posição de sua escolha. Selecionando *Layout; Energy; Kamada-Kawai; Free*, o programa tentará reposicionar os nós de forma que não haja sobreposição das arestas. O Pajek também permite que seja dado *zoom* em áreas específicas da rede selecionada, arrastando a área com o botão direito do *mouse*. Utilize *Redraw* para voltar a proporção anterior. Esses *layouts* são padrões de disposição que servem para distribuir os nós, objetivando uma melhor visualização da rede. Recomenda-se nesta etapa que o leitor teste outros tipos de *layouts*.

**Figura 10** – Tela do Pajek que é exibida após a leitura de um arquivo



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

## Atividade 4: criando a própria rede social de contatos



**Figura 11** – Exemplo de rede social de contatos. O círculo central, sem nome, indica a pessoa que montou a rede

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Nesta atividade, recomenda-se que o leitor construa a sua própria rede social de conta-

tos – um exemplo pode ser visto na Figura 11 – de forma a praticar todo o conteúdo aprendido neste capítulo. Para isso, escolha uma das suas contas de *e-mail* e abra a caixa de entrada do seu correio eletrônico. Identifique e faça uma lista dos remetentes e destinatários dos últimos 15 dias. Para que a rede não fique muito extensa, você pode limitar a inserção de 40 contatos nas listas de remetentes e destinatários. Numa folha em branco, desenhe um círculo no centro da folha. Esse círculo representa você mesmo como um nó da sua rede de contatos. Em seguida, adicione cada um dos seus contatos contidos nas listas como um círculo e identifique o círculo com o nome do seu contato. Desenhe uma seta procedente daquelas pessoas que enviaram mensagens para você. Faça o mesmo, desenhando setas saindo de você em direção às pessoas para as quais você enviou uma mensagem. Numere cada seta com um valor correspondente à quantidade de interações realizadas entre cada remetente e destinatário. Essa rede que você desenhar será justamente sua rede de relações no mundo digital.

Agora, monte outra rede para seus contatos telefônicos. Identifique as suas últimas 30 ligações recebidas e os últimos 30 números discados. Desenhe uma rede semelhante à rede anterior.

Há alguma diferença entre seu mundo de relações *on-line* e via telefone? Por quê?

Se desejar, adicione essas redes no Pajek, para que você possa utilizar dos conhecimentos das aulas seguintes para compreender melhor as características da sua própria rede de contatos.

### **Considerações do capítulo**

Nesse capítulo, foi apresentada uma introdução dos fundamentos sobre redes sociais. Foram vistos exemplos de redes, assim como os elementos que são utilizados para simbolizar e representar os participantes de uma rede e suas ações.

Como forma de introduzir o ambiente da ferramenta Pajek, foi criada, salva e carregada uma rede simples com a ferramenta, além de ter uma noção das possíveis utilizações da mesma.

Além disso, foram mostrados os *layouts* e as diversas possibilidades de melhoria da visualização de redes criadas e carregadas, como também a forma de se visualizar as redes na ferramenta Pajek.



## Métricas para análise de redes sociais

O objetivo principal da ARS é a análise das relações que os atores (nós) têm entre si. Nesse sentido, a ARS utiliza algumas métricas que auxiliam na compreensão das relações existentes em uma rede (7, 8).

### Atividade 1

Nesta atividade, abordaremos os grafos bipartidos. Grafos bipartidos são grafos que, ao se separarem em dois grupos, os nós de um mesmo grupo não se conectam (9).

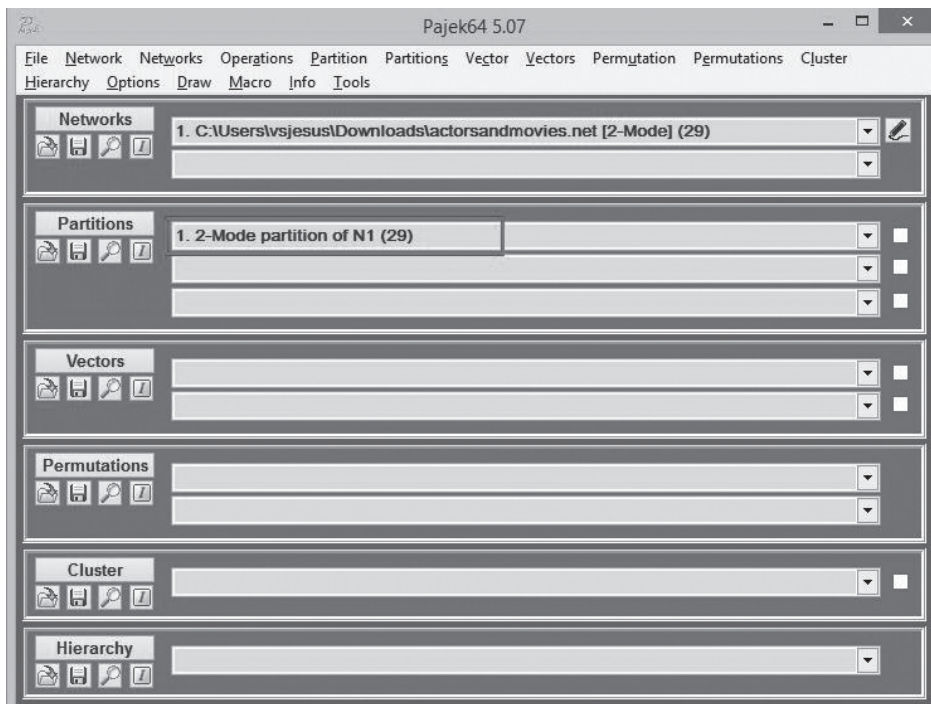
Inicialmente, baixe o arquivo `Actors-and-Movies.net`<sup>1</sup> e abra-o no próprio Pajek. Esse arquivo consiste numa rede bipartida contendo duas classes de nós: atores e filmes.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <https://cs.brynmawr.edu/Courses/cs380/spring2013/section02/datasets/actorsandmovies.net>.

Crie uma rede bipartida usando: *Network*; *2-Mode Network*; *Partition into 2-Modes*. Note que foi gerada uma partição (Figura 12). Ela que fará a separação das classes de nós.

**Figura 12** – Partição de rede bipartida criada



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



**Figura 13** – Visualização dos grupos bipartidos, representados por cores distintas no Pajek

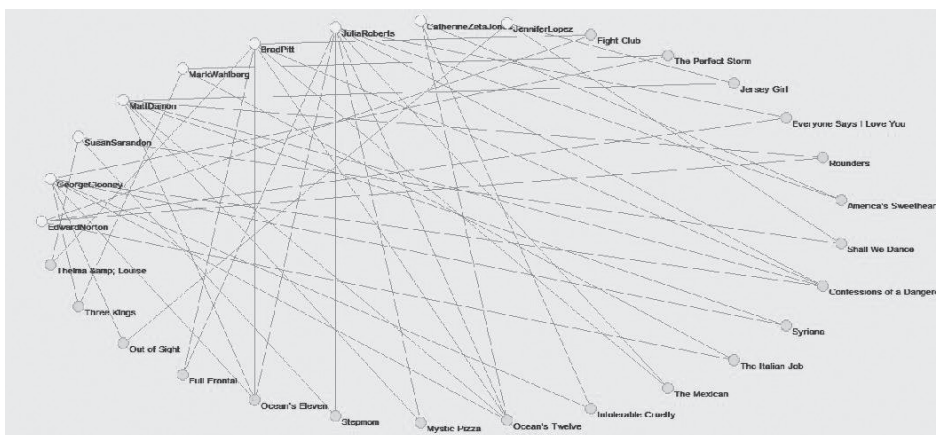
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Em seguida, desenhe a rede que foi criada usando: *Draw*; *Network* + *First Partition*.

Note que, os nós dos atores e dos filmes presentes na Figura 13, estarão com cores diferentes ao serem visualizados na ferramenta Pajek.

Agora, visualize os rótulos associados aos nós usando: clicar na aba *Options* do grafo desenhado; *Mark Vertices Using; Labels*. Veja que cada nó é visto associado com um nome de um ator ou filme (Figura 14).

**Figura 14** – Visualização dos rótulos da rede *Actors-and-Movies.net*

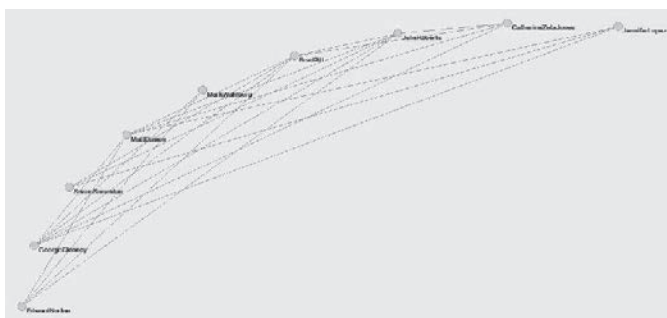


Fonte: elaboração pelos autores usando a ferramenta Pajek.

Teste os diferentes *layouts* e utilize aquele de sua preferência. Agora visualize a rede bipartida com uma forma de visualização alternativa usando: *Network; 2-Mode Network; 2-Mode to 1-Mode; Rows*. Uma nova rede será criada com apenas um dos dois grupos.

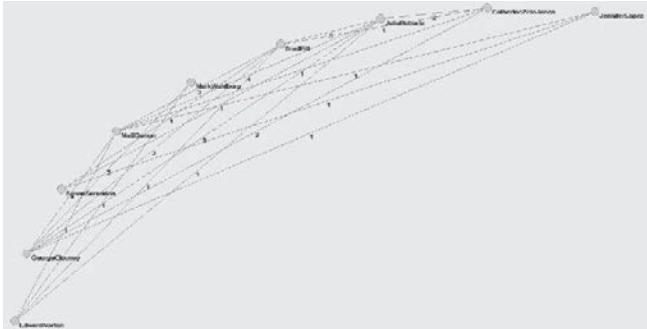
**Figura 15** – Separação da rede em *Rows*

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



Desenhe a nova rede usando: *Draw; Network*. Ao comparar o modo de visualização da Figura 15 com o modo anterior, nota-se que os nós correspondentes aos filmes foram removidos.





**Figura 16** – Visualização dos pesos nas arestas

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Mostre os pesos associados a cada aresta usando: na janela em que o grafo está desenhado, clicar na

aba *Options; Lines; Mark Lines; with Values*. Note que na Figura 16, em cada aresta que liga os nós, aparecem valores. Esses valores indicam o número de vezes que os atores contracenaram juntos.



**Figura 17** – Visualização dos graus dos nós da rede

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

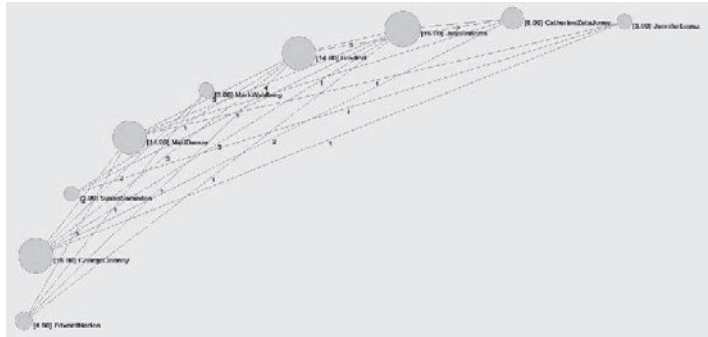
Agora, calcule os graus de cada nó usando: *Network; Create Vector; Centrality; Weighted Degree; All*.

Desenhe a rede para visualizar o resultado do cálculo usando: clicar na aba *Draw; Network + First Vector*. Perceba que os nós aumentaram de tamanho para representar os graus (Figura 17).

Adicione o valor de cada grau para cada nó usando: na janela do grafo desenhado, clicar na aba *Options; Mark Vertices Using; Vector Values*. Olhando a Figura 18, perceba que entre cada nó e seu nome aparece um número que representa o valor do grau desse nó. Seguindo esse critério, os atores com maior grau são Julia Roberts, Brad Pitt, Matt Damon e George Clooney.

**Figura 18** – Visualização dos valores dos grau de cada nó

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

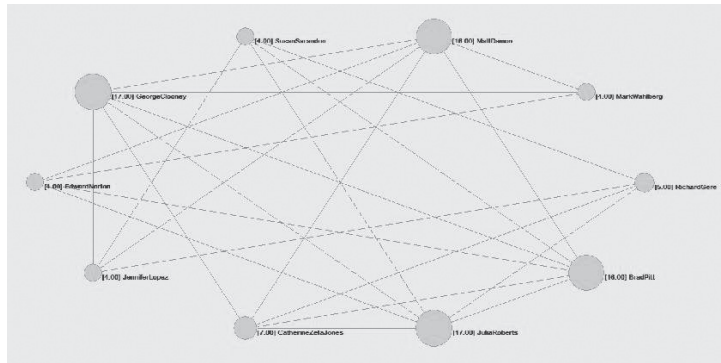


Agora, baixe o arquivo *Actors-and-Movies-with-Gere.net*<sup>2</sup> e abra-o. Essa rede contém um

ator adicional em relação à rede inicial: Richard Gere. Repita os procedimentos anteriores a essa nova rede.

**Figura 19** – Identificação do maior grau na rede

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



Note que houve uma mudança do autor mais central – com maior grau – que antes era apenas Julia Roberts. Agora, na nova rede (Figura 19), também temos como mais central o ator George Clooney (ambos com grau 17.00).

Remova todas as arestas entre os atores que coestrelaram menos de três filmes usando: *Network; Create New Network; Transform; Remove; Lines with Value; Lower Than*. Abrirá uma janela para colocar abaixo de qual valor deve ser removida. Em seguida, desenhe a rede usando: *Draw; Network + First Vector*. Note que, na

Figura 20, todas as arestas que tinham peso abaixo de três foram

<sup>2</sup> Disponível em: <https://cs.brynmawr.edu/Courses/cs380/spring2013/section02/datasets/actorsandmoviesWithGere.net>.

removidas. Seguindo esse critério, os atores com maiores graus são Julia Roberts, George Clooney, Matt Damon e Brad Pitt, com os mais centrais sendo Julia Roberts e George Clooney.

**Figura 20** – Remoção das arestas na rede



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

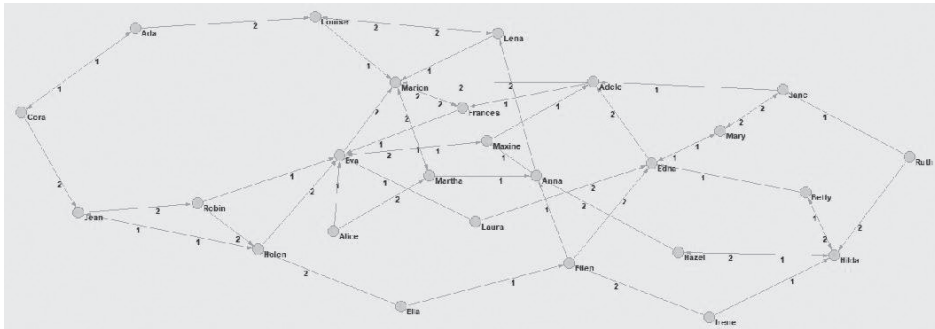
## Atividade 2

Nesta atividade, abordaremos a manipulação de arestas. Primeiramente, baixe o arquivo [Dining-Table-Partners.net<sup>3</sup>](http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/dining.htm) e abra-o. Esse arquivo consiste numa rede de amizades num dormitório. Na pesquisa para criação do grafo, cada garota (nós) reportou qual era a sua primeira e a sua segunda escolha para jantar juntas no dormitório – arestas direcionadas e com valor associado.

Desenhe a rede usando: *Draw; Network*. Em seguida, habilite a opção para visualizar quem foram as primeiras e segundas opções de cada garota usando: *Options; Lines; Mark Lines; with Values*. Perceba na Figura 21 que a rede, de fato, é direcionada e suas arestas contêm um valor associado ao nível de afinidade de cada garota.

<sup>3</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/dining.htm>.

**Figura 21** – Visualização da rede com as escolhas de cara garota no dormitório

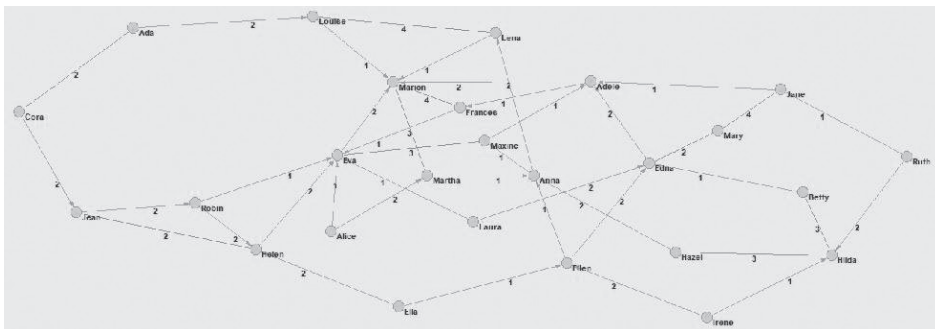


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Numa rede com arestas direcionadas, nem sempre os nós têm uma relação de reciprocidade diante das suas escolhas. Nesse sentido, os pares de garotas que são reciprocamente amigas são: Ada e Cora; Louise e Lena; Martha e Marion; Marion e Frances; Jean e Helen; Eva e Maxine; Edna e Mary; Mary e Jane; Hazel e Hilda; Hilda e Betty.

Transforme as arestas direcionadas em arestas não direcionadas apenas quando há reciprocidade nas escolhas/direções usando: *Network; Create New Network; Transform; Arcs->Edges; Bidirected Only; Sum Values*. Em seguida, desenhe a rede usando: *Draw; Network*. Note que agora na Figura 22 todas as arestas dos pares recíprocos não têm mais direção – não direcionadas.

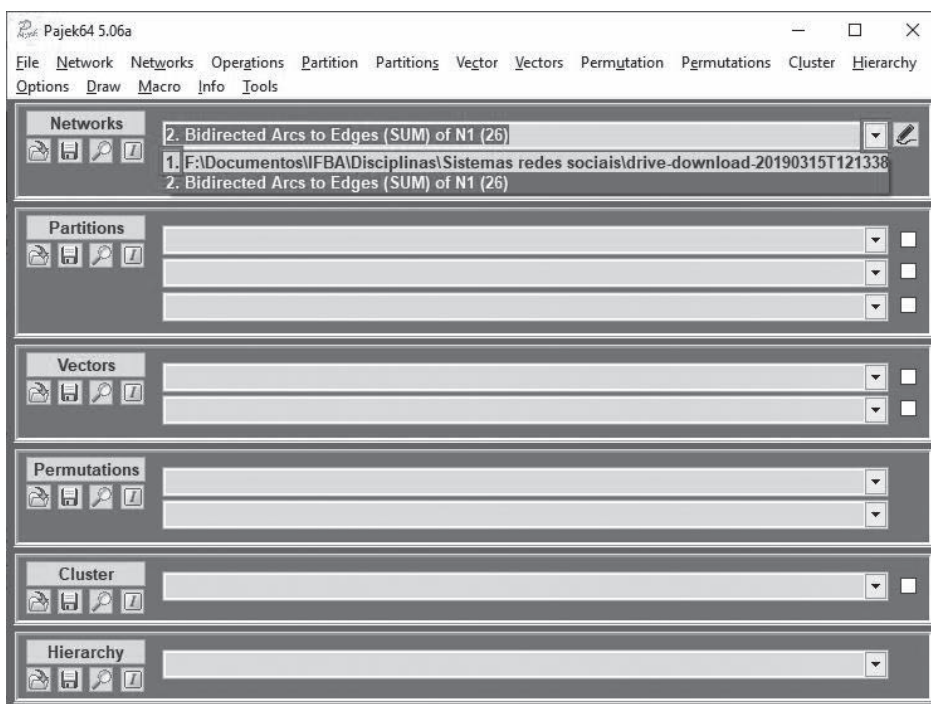
**Figura 22** – Transformação de arestas direcionadas em não direcionadas



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

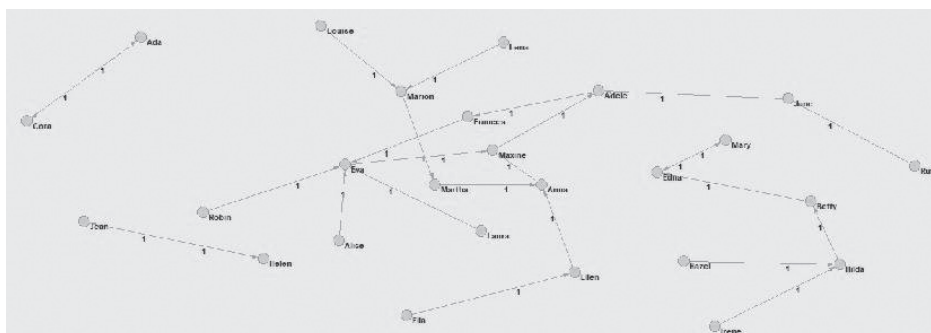
Remova todas as segundas escolhas das garotas, porém isso deve ser feito na rede original. Para isso use: clique no *DropDownList* de *Networks* – a setinha para baixo – e selecione a rede correspondente a *Dining-Table-Partners.net* original (Figura 23).

**Figura 23** – Seleção da rede original na *DropDownList*



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 24** – Remoção das segundas escolhas das garotas



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Após selecioná-la, faça as remoções usando: *Network*; *Create New Network*; *Transform*; *Remove*; *Lines with Value*; *Higher than*; 1. Em seguida, desenhe a rede gerada usando: *Draw*; *Network* (Figura 24).

Caso ache necessário, teste os diferentes tipos de algoritmos de *layout* para verificar a influência deles sobre a visualização da rede.

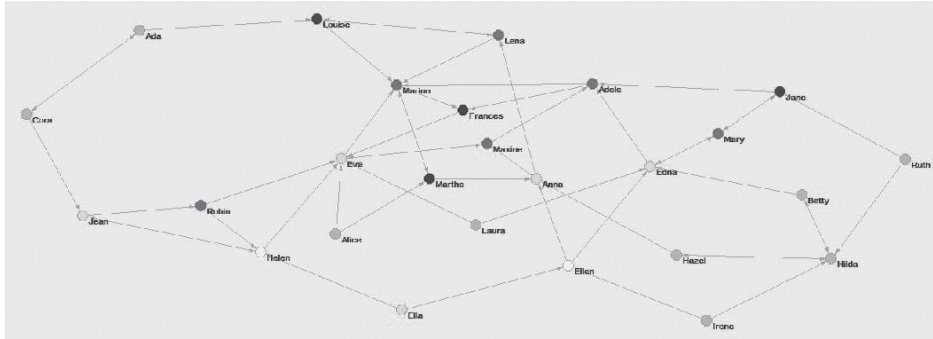
### Atividade 3

Nesta atividade, abordaremos a amostragem por bola de neve. Para isso, utilizaremos a mesma rede Dining-Table-Partners.net da atividade anterior.

Assuma que você é um príncipe que conheceu uma bela garota, contudo, ela desapareceu no calar da noite e a única coisa que restou do encontro foi um sapato deixado no chão. Como um bom príncipe, você deseja retornar o sapato à sua dona que vive num dormitório de garotas da região. Ao falar com a diretoria do dormitório, ela não permitiu que você falasse com as garotas. Dessa forma, a única maneira de encontrar a garota do sapato perdido é, secretamente, entrando em contato com a sua amiga Ella, que vive no dormitório, de forma que ela possa lhe apresentar duas melhores amigas, e que essas amigas possam lhe apresentar, cada uma, suas duas melhores amigas, até que você consiga encontrar a garota do sapato perdido. Essa técnica de amostragem é conhecida como amostragem da bola de neve.

Agora abra a rede Dining-Table-Partners.net no Pajek. Para visualizar as garotas que você conheceria a partir da amostragem por bola de neve, use: *Network*; *Create Partition*; *Neighbours*. Como queremos começar a amostragem a partir de Ella, coloque 23 - o número correspondente do nó de Ella. Ao analisar a Figura 25, note que os nós foram coloridos baseados na distância a partir de Ella.

**Figura 25** – Aplicação da mostragem da bola de neve na rede *Dining-Table-Partners.net*



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

## Atividade 4

Nesta atividade, abordaremos manipulação de partições. Primeiramente, baixe o arquivo *World-Trade.paj*<sup>4</sup> e abra-o.

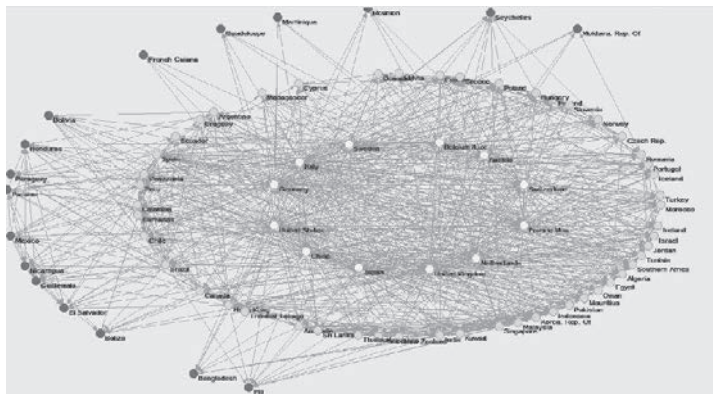
Esse arquivo contém uma rede com dados de importação e exportação – arestas direcionadas e valoradas – de metal entre países (nós). Os países são divididos em diferentes níveis, de acordo com os seus volumes de negociação – presente na partição *World\_system*. Os valores de importação são dados em mil dólares.

Desenhe a rede colorindo cada nó de acordo com o nível econômico usando: *Draw; Network + First Partition*. Note que, na Figura 26, existem três níveis econômicos, sendo eles representados por cores diferentes.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/metalWT.htm>.

**Figura 26** – Visualização da rede com coloração dos nós de acordo com o nível econômico

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



É possível visualizar os valores de todas as importações e exportações feitas por um país utilizando o identificador do mesmo. Os identificadores podem ser encontrados ao abrir o arquivo WorldTrade.paj com algum editor de texto. Para visualizar os valores, clique em *View/Edit Network* (a lupa) na seção *Networks*. Como exemplo, utilizaremos o identificador 78, correspondente aos Estados Unidos. Ao analisar a

Figura 27, a primeira e segunda coluna são referentes ao volume da transação entre os países envolvidos, a terceira coluna mostra o valor da transação e a quarta coluna diz os países envolvidos, sendo o primeiro quem envia e o segundo quem recebe.

**Figura 27** – Visualização dos valores das importações e exportações utilizando o identificador

1:	11.78	val=2032121.00000	/ Canada.United States
1:	10.78	val=140405.00000	/ Brazil.United States
1:	48.78	val=959462.00000	/ Mexico.United States
1:	39.78	val=1982651.00000	/ Japan.United States
1:	13.78	val=1066964.00000	/ China.United States
1:	31.78	val=135643.00000	/ Hong Kong.United States
1:	34.78	val=240032.00000	/ India.United States
1:	41.78	val=571623.00000	/ Korea. Rep. Of.United States
1:	24.78	val=328783.00000	/ France Mon..United States
1:	26.78	val=781766.00000	/ Germany.United States
1:	38.78	val=305554.00000	/ Italy.United States
1:	77.78	val=355999.00000	/ United Kingdom.United States
1:	71.78	val=153074.00000	/ Sweden.United States
1:	72.78	val=221690.00000	/ Switzerland.United States
1:	78.25	val=556.00000	/ United States.French Guiana

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Ao clicar em *View/Edit Partition* (a lupa), na seção *Partitions*, é possível visualizar a tabela de associação econômica de cada país. A primeira coluna contém o número do vértice correspondente ao

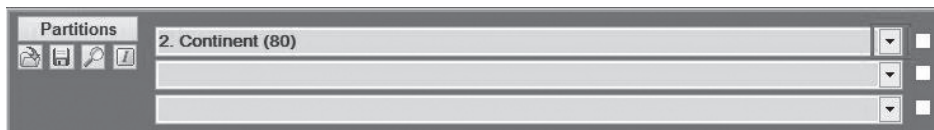


país, a segunda coluna a sua classificação econômica – que vai de um a três –, e a terceira coluna, o seu nome.

Ao clicar em *Info Partition* (OI), é possível visualizar a frequência associada à presença dos países em cada nível econômico. Na primeira coluna, está o nível econômico correspondente; na segunda coluna, está a quantidade de países nesse nível econômico; na terceira coluna, a porcentagem correspondente do nível econômico; e na última coluna, está o primeiro país listado desse nível econômico.

Agora, vamos visualizar a política econômica de uma determinada região. Para isso, escolheremos a América do Sul. Primeiramente, selecione a partição *Continent* no DropDownList da seção *Partitions* (Figura 28).

**Figura 28** – Seleção na DropDownList de *Partition*

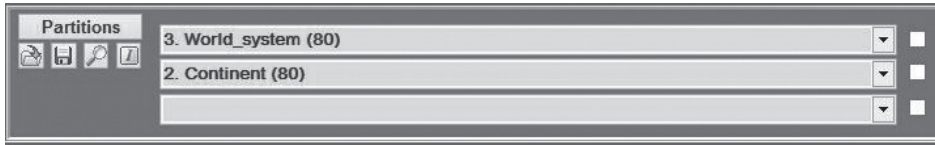


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Em seguida, certifique-se de que a rede *Imports\_manufactures* está selecionada no DropDownList da seção *Networks* e extraia os países da América do Sul usando: *Operations; Network + Partition; Extract; SubNetworks Induced by Each Selected Cluster Separately*. Na janela que aparece, coloca-se o número da partição correspondente a região que deseja extrair. Digite “6” para extrair os países sul-americanos.

Agora reidentifique cada um dos países da América do Sul com o seu nível econômico indicado na partição *World\_system*. Para isso, selecione as duas partições na ordem dada na Figura 29.

**Figura 29** – Seleção na *DropDownList* de *Partition* para reidentificar os países sul-americanos

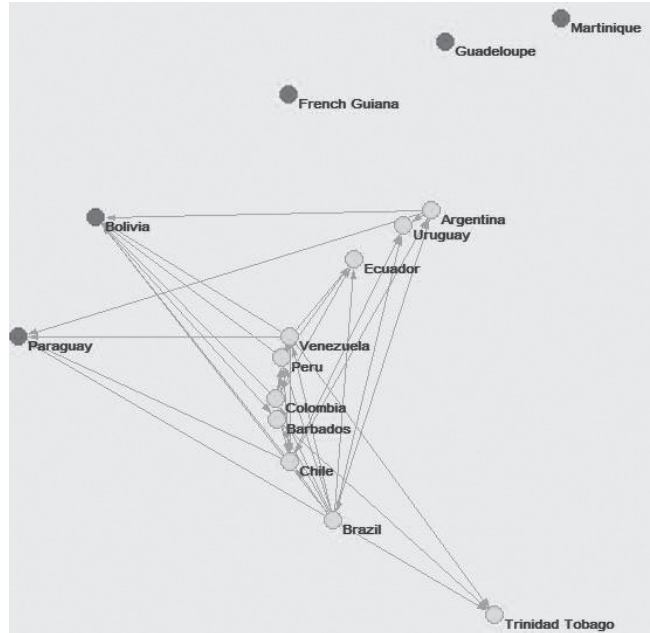


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 30** – Reidentificação dos níveis econômicos dos países sul-americanos

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Em seguida, reidentifique os níveis econômicos utilizando: *Partitions*; *Extract SubPartition - Second From First -*; 6 - partição correspondente aos países da América do Sul. Em seguida, desenhe a rede com partição. Note que, na Figura 30, os nós dos países agora estão coloridos diferentemente para mostrar a diferença dos níveis econômicos.



## Considerações do capítulo

Neste capítulo, foram utilizadas métricas para auxiliar na compreensão de uma rede. Dentre essas métricas, foram abordados os grafos bipartidos, assim como formas de se utilizá-lo para um melhor entendimento.

Também foi visto como manipular arestas, apresentando de forma prática os conceitos de arestas direcionadas – que apontam para um nó – e não direcionadas – que não apontam para quaisquer nós. Utilizando desse assunto, foi abordado sobre a métrica de amostragem por bola de neve, visualizando as distâncias de um nó a outro.

Outro tipo de manipulação visto foi o de partições, podendo ser observado tanto uma tabela de associações entre os nós, quanto a seleção de alguns nós segundo algum critério.

## **Centralidade e prestígio nas redes sociais**

Ao se analisar uma rede, muitas vezes, existem atores (nós) que possuem maior influência que outros, seja como referência em alguma área, seja influenciando em suas ações em certo grau. Há também aqueles que possuem um papel importante na comunicação entre grupos, servindo de único intermédio entre dois grupos.

### **Atividade 1**

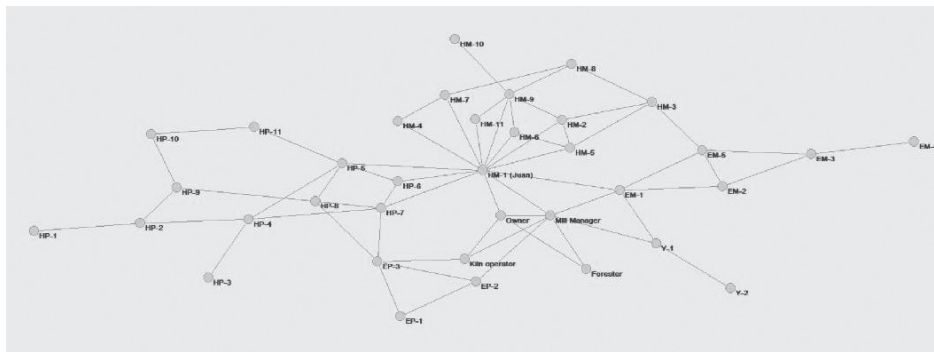
Nesta atividade, será abordada a centralidade de uma rede social. Centralidade é o número de relações que um nó tem com os demais nós de uma rede (10, 11). Para isso, será utilizado o arquivo Sawmill.net.<sup>1</sup> Esse arquivo trata de uma rede de comunicações de

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/sawmill.htm>.

uma empresa. Primeiramente, abra e, em seguida, visualize o arquivo usando: *Draw; Network*. Perceba, pela Figura 31 que há diversos nós, dentre eles HM-1 Juan, que será o foco nesta atividade.

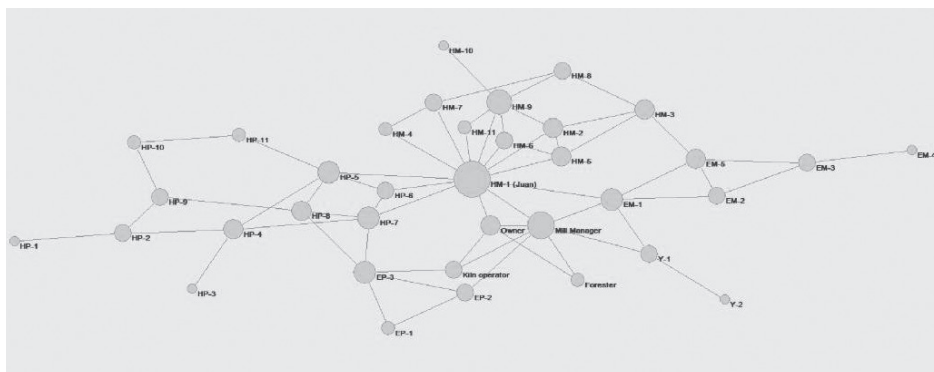
**Figura 31** – Visualização da rede Samwill.net



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Descubra qual o nó com a maior quantidade de conexões – sejam elas entradas e saídas. Para isso, use: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; All*. Agora, desenhe a rede com vetor e veja qual nó possui a maior centralidade usando: *Draw; Network + First Vector*. Ao observar a Figura 32, note que Juan é o nó que possui a maior quantidade de arestas, logo, ele foi destacado e possui um tamanho maior em comparação aos outros nós.

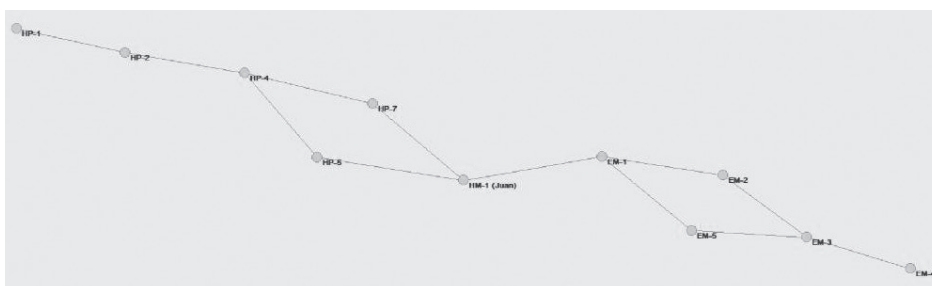
**Figura 32** – Identificação do nó mais central da rede Samwill.net



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Considerando que Juan é o nó com a maior quantidade de conexões, ele possuirá a menor quantidade de passos para chegar aos outros nós da rede. É possível calcular as distâncias dos nós para Juan usando: *Network; Create Partition; k-Neighbours; All; Selected Vertex = 12*. Desenhe a rede com partição usando: *Draw; Network + First Partition*. Perceba na Figura 33 que os nós mais próximos a Juan possuem a cor amarela e os mais distantes a cor azul.

**Figura 33** – Visualização das distâncias até o nó mais central



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 34** – Visualização do caminho mais curto entre dois nós

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Os nós HP-1 e EM-4 estão em extrema oposição e podemos calcular quais nós os conectam.

Para isso, utilize: *Network; Create New Network; SubNetwork with Paths; All Shortest Paths between Two Vertices; Forget values on lines?* Responda: “yes; Identify vertices in source network?” Responda: “no”. Desenhe o caminho utilizando: *Draw; Network*. Analisando a Figura 34, note que é informado o caminho mais curto entre os dois.





**Figura 35** – Visualização do nó mais central baseado na proximidade

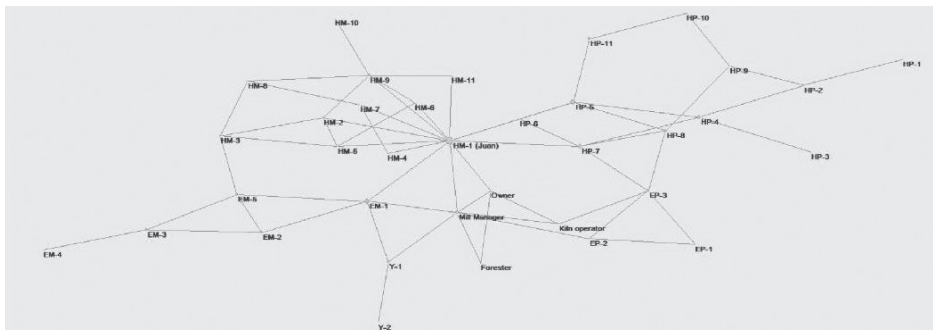
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

É notório que Juan é o nó mais central da rede baseado nas conexões

de entrada e saída, porém isso o torna o nó mais central da rede com base na proximidade – quanto menor o caminho que percorre para os outros elos da rede [6]? Carregue novamente o arquivo Sawmill.net e calcule a proximidade dos nós da rede usando: *Network; Create Vector; Centrality; Closeness; All*. Agora, desenhe a rede com vetor usando: *Draw; Network + First Vector*. Perceba que Juan também é o nó mais central baseado na proximidade (Figura 35).

Por fim, cheque se Juan é o nó mais central baseado na centralidade *betweenness* – servindo de ponte para facilitar o fluxo de informação na rede (10) – usando: *Network; Create Vector; Centrality; Betweenness*. Desenhe a rede com vetor usando: *Draw; Network + First Vector*. Note que Juan também é o nó mais central, sendo ele o nó mais central em todas as métricas de centralidade utilizada e possuindo assim a maior influência na rede (Figura 36).

**Figura 36** – Visualização da centralidade por *Betweenness*



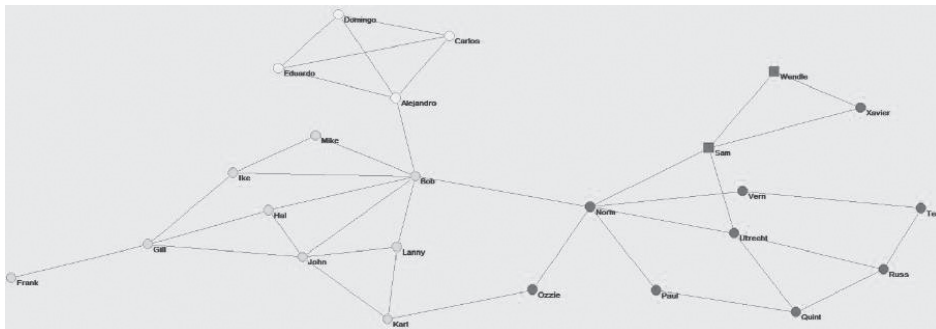
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

## Atividade 2

Nesta atividade, abordaremos os *brokers* e pontes nas redes sociais. Inicialmente, baixe e abra o arquivo Strike.paj.<sup>2</sup> O arquivo contém uma rede de comunicação de trabalhadores que participaram de uma greve. Essa rede está dividida em três grupos: jovens que falam espanhol; jovens que falam inglês; adultos que falam inglês.

Desenhe a rede com partição usando: *Draw; Network + First Partition*. Ao observar a Figura 37, note que os grupos possuem arestas entre os trabalhadores que possuem alguma relação, geralmente do mesmo grupo. No caso de Alejandro e Bob, ambos falam duas línguas e acabam servindo de intermédio entre os grupos. Ozzie e Karl, por serem pai e filho, acabam servindo de intermédio também. Norm e Bob têm relação pois ajudaram na conquista da vaga de emprego. Sam e Wendle possuem um formato diferente dos demais nós, pois eles participaram para por um fim a greve negociando com Norm e Bob. As arestas que conectam os grupos de um grafo (rede) são chamados arestas pontes.

**Figura 37** – Visualização da rede Strike.net e seus grupos



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

<sup>2</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/strike.htm>.



Quando um nó ao ser cortado gera desconexão em duas partes da rede, ele é nomeado de nó *broker* (12). Para identificar esses nós, utilize: *Network; Create New Network; with Bi-Connected Components stored as Relation Numbers; 2*. Depois clique em *View/Edit Partition* (a lupa) na seção *Partitions* com a nova partição que foi criada selecionada. Abrirá uma janela com uma lista de todos os nós, sendo os cujo valor seja “9999998” nós *brokers* (Figura 38).

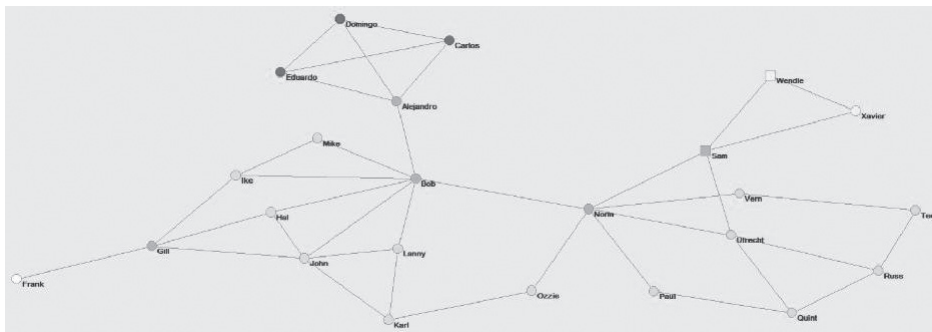
**Figura 38** – Identificação de nós *brokers*

Vertex	Val	Label
1	6	Frank
2	999999998	Gill
3	5	Ike
4	5	Mike
5	5	Hal
6	5	John
7	5	Karl
8	5	Lanny
9	999999998	Bob
10	999999998	Alejandro
11	3	Carlos
12	3	Eduardo
13	3	Domingo
14	999999998	Norm
15	5	Ozzie
16	2	Vern
17	2	Paul
18	2	Quint
19	2	Utrecht
20	2	Russ
21	2	Ted
22	999999998	Sam
23	1	Xavier
24	1	Wendle

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Após isso, verifique como ficaria os novos grupos casos os nós citados anteriormente fossem cortados: *Draw; Network + First Partition* (Figura 39).

**Figura 39** – Visualização da rede com nós brokers



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 40** – Visualização das pontes da rede

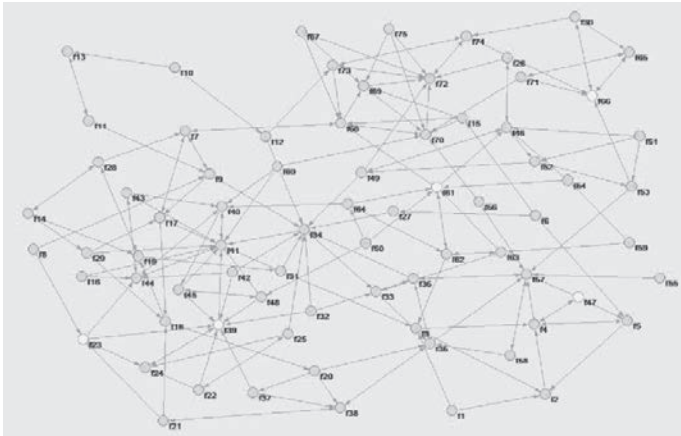
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Para detectar as pontes da rede, utilize:

*Network; Create New Network; with Bi-Connected Components stored as Relation Numbers; 3.* Depois desenhe a rede com a partição usando: *Draw; Network + First Partition*. Em seguida, com a rede desenhada, habilite a mudança de cores nas arestas baseado em seus valores usando: *Options; Colors; Edges; Relation Number*. Ao analisar a Figura 40, note que algumas arestas estão com cores diferente das outras – no caso, as entre Frank e Gill e entre Alejandro e Bob. Para retornar a visualização anterior das arestas, use: *Options; Colors; Edges; Select*, escolhendo a cor que desejar para o padrão das arestas.



### Atividade 3



**Figura 41** – Visualização da rede SanJuanSur, com as respectivas relações entre os nós

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Nesta atividade, abordaremos sobre prestígio nas redes sociais. Primeiramente, baixe o

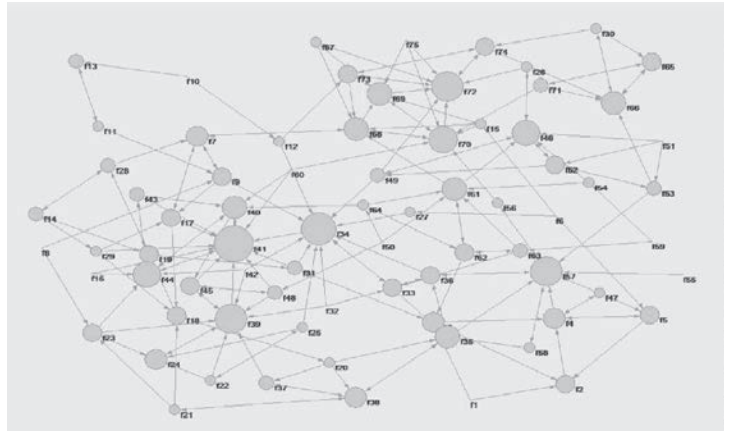
arquivo SanJuanSur2.paj.<sup>3</sup> Esse arquivo contém as relações de famílias de um *village* na Costa Rica. Antes de desenhar a rede, selecione na DropDownList da área *Networks* a rede SanJuanSur.net e, na área DropDownList da área *Partitions*, a partição *SanJuanSur\_leaders.clu*, depois desenhe a rede com partição usando: *Draw; Network + First Partition*. Observe na Figura 41 que os nós f23, f39, f47, f61 e f66 possuem cores diferentes, pois são famílias renomadas dentre as outras. As arestas ligam famílias com graus de parentescos que fazem ou recebem vistas.

A métrica de prestígio refere-se ao nível de reconhecimento (entrada) que um nó tem na rede e ao nível de influência (saída) do mesmo. Calcule o prestígio por grau de entrada dos nós da rede usando: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; Input*. Em seguida, desenhe a rede com vetor usando: *Draw; Network + First Vector*. Perceba que os nós que possuem maior influência possuem os maiores tamanhos (Figura 42).

<sup>3</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/SanJuanSur.htm>.

**Figura 42** – Visualização do prestígio de uma rede

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



Mediremos o nível de similaridade entre o prestígio social – ligado ao poder social e ao privilégio de não ter que retribuir

escolha (13) – e o prestígio estrutural – pensado para influenciar outros atores que os consideram como seus líderes (13) – utilizando o grau de entrada. Para isso, copie a partição selecionando a partição *SanJuanSur\_status.clu* no *DropDownList* da área *Partitions* e, em seguida, use: *Partition; Copy to Vector*. Na *DropDownList*, selecione *Copy of Partition C1* (referente ao social) e o *Input Degree of N1* (referente ao estrutural). Agora, calcule a similaridade usando: *Vectors; Info*. De acordo com a tabela de interpretação a seguir, é possível ver que o resultado presente na Figura 43 (0.35069) representa uma associação moderada entre as características em análise.

- 1 – alto prestígio estrutural ocorre em famílias com alto prestígio social;
- -1 – alto prestígio estrutural ocorre em famílias com baixo prestígio social;
- Valor absoluto abaixo de .05 – não há correlação entre as características em análise;
- Valor absoluto entre .05 e .25 – há uma fraca associação entre as características em análise;

- Valor absoluto entre .25 e .60 – há uma associação moderada entre as características em análise;
- Valor absoluto entre .60 e 1 – há uma forte associação entre as características em análise.

**Figura 43** – Resultado do cálculo de similaridade

```

Pearson Correlation Coefficient
-----
First vector: 2. Copy of Partition C1 (75)
Second vector: 1. Input Degree of N1 (75)

Pearson Correlation Coefficient: 0.35069
Number of vertices used: 75

```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

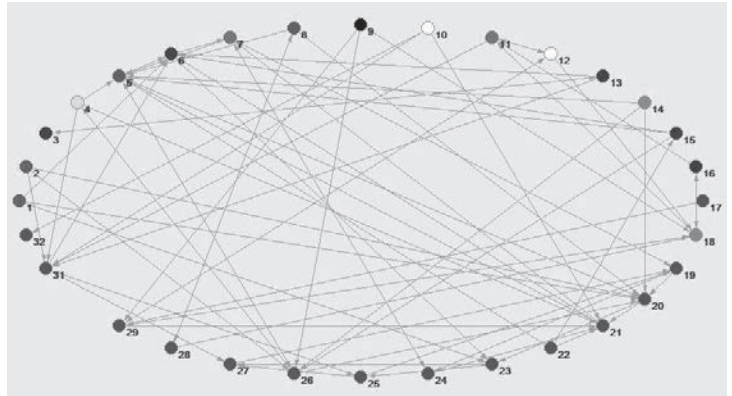
## Atividade 4

Nesta atividade, continuaremos a abordagem sobre prestígio nas redes sociais. Primeiramente, baixe o arquivo *Galesburg2.paj*<sup>4</sup> e abra-o. Esse arquivo contém uma rede de laços de comunicação entre 31 médicos de Galesburg na década de 1950 – *Galesburg\_discussion.net* –, em que cada médico (nó) indicou três outros médicos (arestas direcionadas) com quem eles conversariam sobre assuntos da área de medicina. Também contém uma rede de amizade com arestas direcionadas entre 31 médicos (nós) de Galesburg na década de 1950 – *Galesburg\_friends.net* – e uma partição com a medição do tempo de adoção em meses que cada médico levou para adotar o uso de um novo medicamento – *Galesburg\_adoptiontime.clu*.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/Galesburg2.htm>.

**Figura 44** – Visualização da rede *Galesburg\_discussion.net* com partição

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

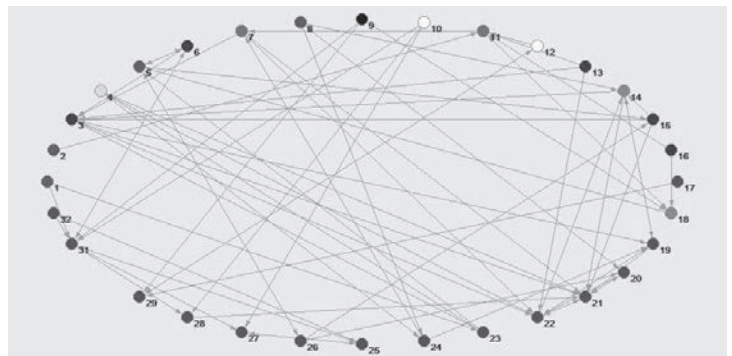


Desenhe a rede de discussão com partição usando: *Draw; Network + First Partition* (Figura 44). Note que de cada nó sai três arestas direcionadas.

Elas representam a preferência de cada médico para conversar sobre assuntos na área de medicina.

**Figura 45** – Visualização da rede *Galesburg\_friends.net* com partição

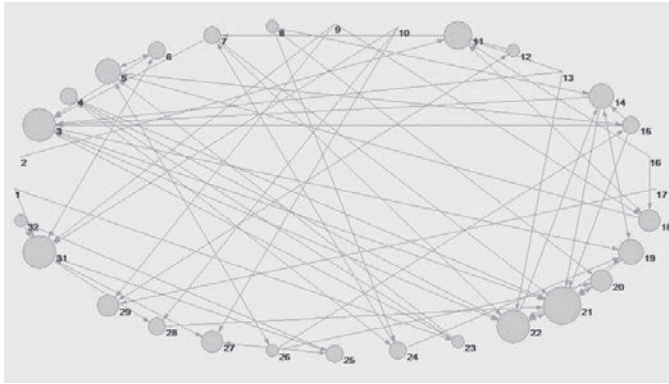
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



Desenhe a rede de amizades com partição. Para isso, clique na DropDownList de *Networks* e selecione a rede *Galesburg\_friends.net*.

Em seguida, desenhe usando: *Draw; Network + First Partition* (Figura 45). Aqui, as arestas direcionadas representam as amizades entre os 31 médicos.

Agora, calcule o prestígio por grau de entrada dos nós da rede de amizades. Para isso, primeiro copie a partição *Galesburg\_adoption-time.clu* para um vetor usando: *Partition; Copy to Vector*. Clique na DropDownList de *Networks* e selecione a rede *Galesburg\_friends.net* e, em seguida, use: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; Input*.

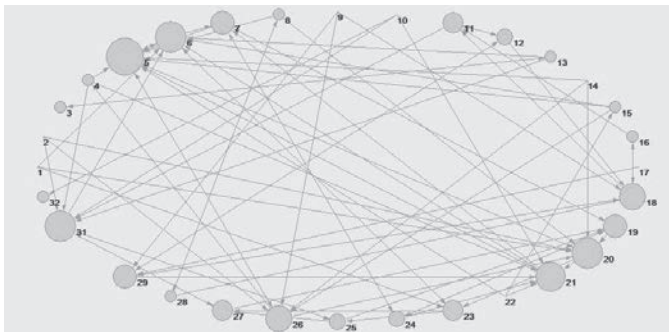


**Figura 46** – Visualização da rede *Galesburg\_friends.net* com vetor

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Desenhe a rede com vetor para visualizar usando: *Draw; Network + First Vector* (Figura 46).

Note que os nós possuem tamanhos diferentes baseado na quantidade de arestas que chegam nele. Perceba em alguns nós que não possuem arestas chegando (como o nó 1) basicamente não tem tamanho.



**Figura 47** – Visualização da rede *Galesburg\_discussion.net* com vetor

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, façamos o mesmo com a rede *Galesburg\_discussion.net*. Para isso,

primeiro clique na *DropDownList* de *Networks* e selecione a rede de discussão. Em seguida, calcule o grau de entrada usando: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; Input*. Desenhe a rede com vetor para visualizar usando: *Draw; Network + First Vector* (Figura 47).

Calcule o índice de correlação entre o vetor que foi copiado e o de prestígio da rede de amizades. Para isso, nas *DropDownLists* de *Vectors*, na primeira, selecione o vetor copiado e na segunda o de prestígio da rede de amizades (Figura 48).

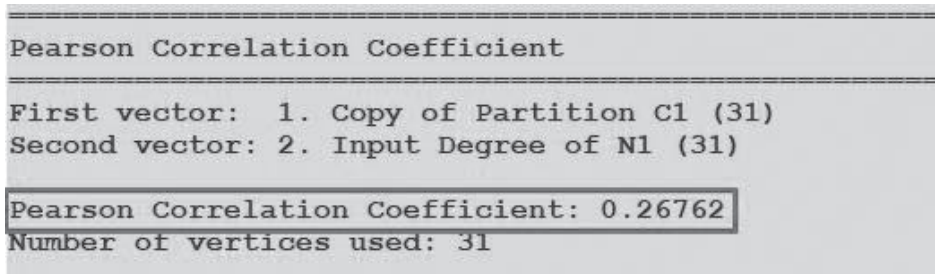
**Figura 48** – Seleção dos vetores para cálculo de índice de correlação



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Em seguida, calcule o índice de correlação usando: *Vectors; Info* (Figura 49).

**Figura 49** – Cálculo de índice de correlação



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, calcule o índice de correlação entre o vetor que foi copiado e o de prestígio da rede de discussões. Para isso, nas DropDownLists de *Vectors*, na primeira, selecione o vetor copiado e na segunda o de prestígio da rede de discussões (Figura 50).

**Figura 50** – Seleção dos vetores para cálculo de índice de correlação



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Em seguida, calcule o índice de correlação usando: *Vectors; Info* (Figura 51).



**Figura 51** – Cálculo de índice de correlação

Pearson Correlation Coefficient	
First vector:	1. Copy of Partition C1 (31)
Second vector:	3. Input Degree of N2 (31)
Pearson Correlation Coefficient: 0.19792	
Number of vertices used: 31	

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

De acordo com a tabela de interpretação abaixo, é possível ver que a melhor correlação ocorre com a rede de amizades.

- 1 - alto prestígio estrutural ocorre em famílias com alto prestígio social;
- -1 - alto prestígio estrutural ocorre em famílias com baixo prestígio social;
- Valor absoluto abaixo de .05 - não há correlação entre as características em análise;
- Valor absoluto entre .05 e .25 - há uma fraca associação entre as características em análise;
- Valor absoluto entre .25 e .60 - há uma associação moderada entre as características em análise;
- Valor absoluto entre .60 e 1 - há uma forte associação entre as características em análise.

## Considerações do capítulo

Neste capítulo, foram apresentadas as diversas formas de identificar a centralidade de uma rede social e as métricas utilizadas para verificar a quantidade de conexões de um nó. Também foram vistas as formas de utilizar a centralidade para verificar e ressaltar, por exemplo, o nó mais central ou distância máxima.

Também foi discutido sobre os *brokers* – nós cuja ausência pode gerar desconexão e aumentar o número de componentes da rede – e ponte – conhecida como aresta de corte ou arco de corte que conecta duas partes da rede, facilitando o fluxo de informação –, reforçando tais conceitos com atividades para mostrar seu impacto na rede.

Discutimos também sobre prestígio nas redes sociais, referente à quantidade de entradas e saídas de um nó, assim como alguns de seus tipos.



## Balanço estrutural e subgrupos nas redes sociais

Ao se analisar uma rede, muitas vezes, é possível notar alguns grupos de atores que possuem mais afinidade. Em ARS, esses grupos são chamados de subgrupos. Neles, são agrupados nós que possuem algum tipo de entrosamento, seja implícito ou explícito.

### Atividade 1

Nesta atividade, abordaremos os subgrupos nas redes sociais. Primeiramente, baixe o arquivo *Attiro.paj*<sup>1</sup> e abra-o. Esse arquivo contém uma rede de visitas frequentes (arestas direcionadas) entre famílias (nós) de uma região rural da Costa Rica (*Attiro.net*). Além disso, um grupo de pesquisadores dividiu o conjunto de famílias em seis

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/visits.htm>.

grupos baseado no nível de amizade entre elas, calculado de acordo com um estudo etnográfico das famílias - *Attiro\_grouping.clu*. Desenhe a rede com partição para visualizá-la. Ao observar a Figura 52, note que os nós estão com coloração diferente, com cada cor representando um grupo.

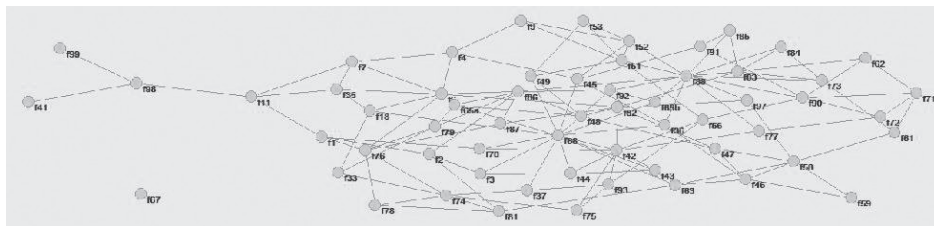
**Figura 52** – Visualização da rede Attiro.net com a partição Attiro\_grouping.clu



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, transforme as arestas em arestas não direcionadas usando: *Network; Create New Network; Transform; Arcs->Edges; All*. Na janela de criação de uma nova rede, clique em “yes” para gerar a nova rede não direcionada e depois clique em “OK”. Em seguida, desenhe a rede. Veja que agora todas as arestas não têm mais direção, ou seja, não direcionadas (Figura 53).

**Figura 53** – Transformação de rede com arestas direcionadas em com arestas não direcionadas

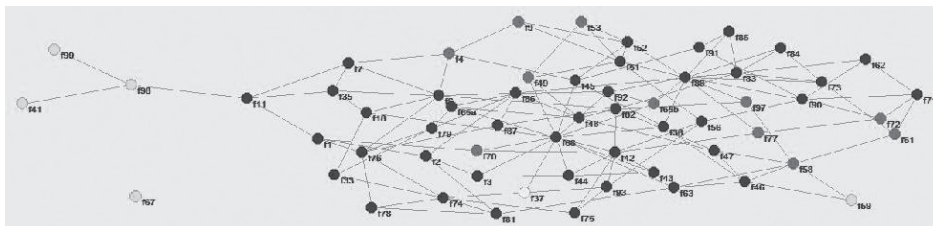


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Calcule os subgrupos da rede Attiro.net com arestas não direcionadas usando a medida de k-core. Para isso, use: *Network; Create Partition; k-Core; All*. Essa medida ajuda a identificar grupos principais que são interconectados na rede (14). Em seguida, desenhe a

rede com partição para visualizar os diferentes grupos identificados. Perceba que a quantidade de grupos diminuiu para cinco, com, também, mudança das famílias presentes em cada grupo (Figura 54).

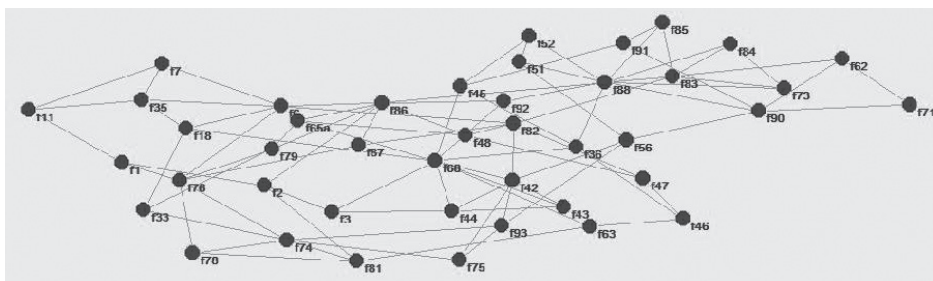
**Figura 54** – Visualização dos subgrupos calculados utilizando k-Core



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

É possível visualizar os integrantes de cada núcleo (grupo) separadamente. Para isso, usamos: *Operations; Network + Partition; Extract Sub Network Induced by Union of Selected Clusters*. Na janela que aparece, digite o número de algum dos núcleos, como por exemplo “4”. Desenhe a rede com partição para visualizar o resultado. Note que, na Figura 55, apenas os nós azuis aparecem, nós esses correspondentes ao núcleo 4.

**Figura 55** – Visualização de um grupo dos k-Cores que foram calculados



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, calcule os subgrupos da rede Attiro.net com arestas não direcionadas pelo conceito de cliques. Clique em um sub-grafo em que todos os pontos estão conectados diretamente entre eles (15), sendo que eles devem ter, no mínimo, três nós. O arquivo Attiro.paj já

contém uma rede com um clique de três nós (*triad\_udir.net*). Extraia todos os cliques de tamanho 3 na rede Attiro.net. Para isso, compare a rede que contém o clique de três nós com a rede Attiro.net não direcionada, selecionando-as (nessa ordem) na seção de *Networks*, como na Figura 56.

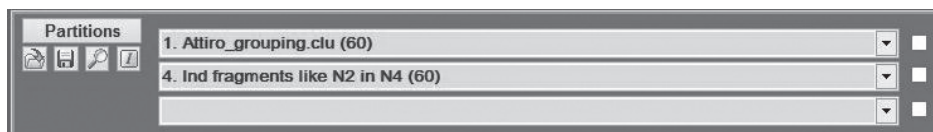
**Figura 56** – Ordem de seleção de redes para comparação das redes



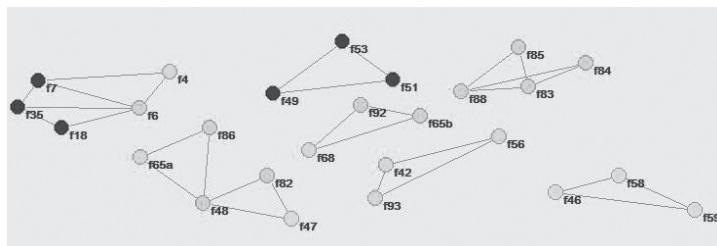
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Em seguida, extraia da rede desejada todos os cliques com três nós usando: *Networks; Fragments (First in Second)*. Na janela que abrir, clique em “Find”. Agora, na seção *Partitions*, selecione as partições com a classificação original das famílias (*Attiro\_grouping.clu*) e a partição com a classificação dada pelos cliques como na Figura 57.

**Figura 57** – Ordem de seleção de partições para comparação



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



**Figura 58** – Visualização das subpartições extraídas

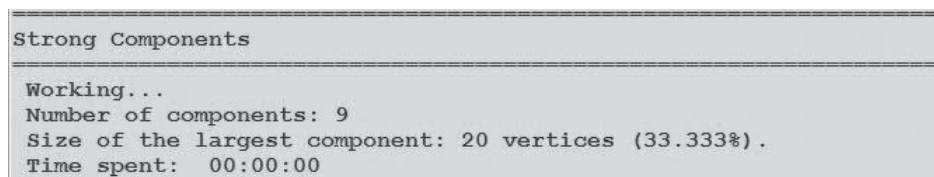
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, extraia a subpartição de cliques a partir da partição original usando: *Partitions; Extract SubPartition (Second from First)*. Na janela que aparece, digite 1-7 – grupos que serão extraídos. Em seguida, desenhe a rede de cliques com a partição

de cliques que foi gerada. Perceba que, ao verificar as cores, a maior parte das famílias foi agrupada corretamente em comparação ao que foi feito pelos pesquisadores (Figura 58).

É possível localizar os subgrupos componentes fortemente conectados. Componente fortemente conectado é quando cada nó dentro de um componente pode ser alcançado por cada um dos outros nós do componente a partir das arestas direcionadas. Para localizá-los, primeiramente selecione rede Attiro.net com arestas direcionadas na seção *Networks*. Em seguida, use: *Network; Create Partition; Components; Strong*. Na janela que abrir, digite “2”. Esse número corresponde à quantidade mínima de nós que o grupo deve ter. Note que na janela de *Report* mostra a quantidade de grupos identificados (Figura 59).

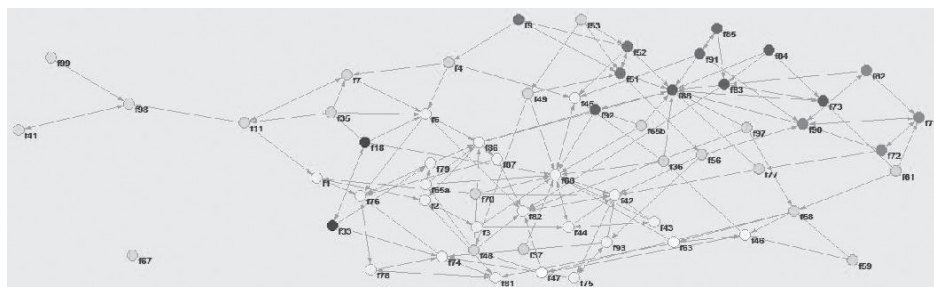
**Figura 59** - Visualização da quantidade de grupos identificados



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, desenhe a rede com a partição criada. Analisando a Figura 60, perceba que os grupos foram separados por cores.

**Figura 60** - Visualização dos grupos identificados



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

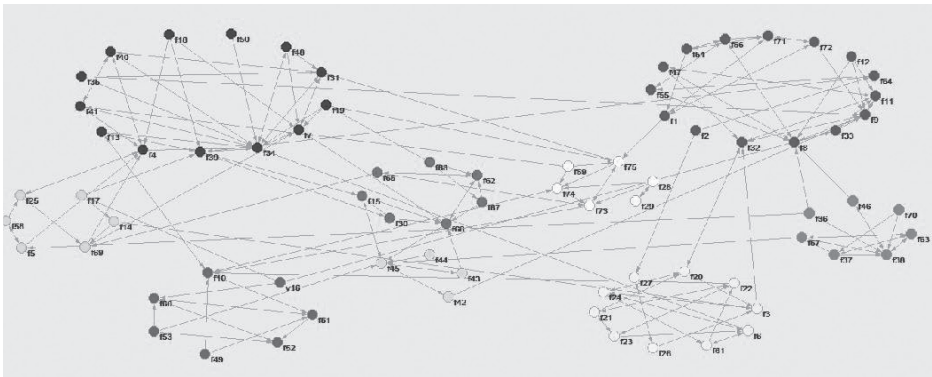


## Atividade 2

Nesta atividade, abordaremos a comparação de subgrupos nas redes sociais. Para isso, primeiro baixe e abra o arquivo `SanJuanSurDeath.paj`.<sup>2</sup> Nele, contém a rede `SanJuanSur_deathmessage.net` que é uma rede com arestas direcionadas que representa as relações familiares em uma vila chamada San Juan Sur. Nessa rede, cada família (vértice) respondeu sobre, em caso de morte dentro da família, qual outra família elas notificariam primeiro (aresta direcionada). A partição `SanJuanSur_deathmessage.clu` contém os grupos de amizades entre famílias anotados pelos pesquisadores.

Selecione a partição `SanJuanSur_deathmessage.clu` no DropDown-List de *Partitions* e desenhe a rede com partição para visualizar os grupos de amizade (Figura 61).

**Figura 61** – Visualização da rede `SanJuanSur_deathmessage.net` com a partição `SanJuanSur_deathmessage.clu`



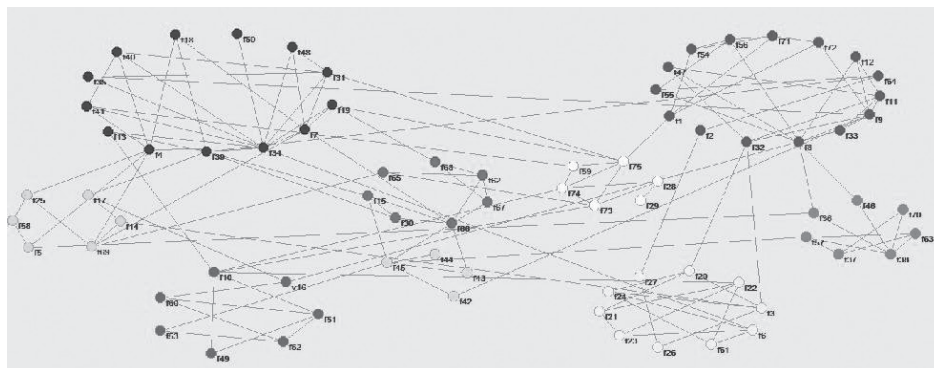
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Torne as arestas da rede `SanJuanSur_deathmessage.net` em arestas não direcionadas usando: *Network; Create New Network; Transform; Arcs->Edges; All; Yes; OK*. Desenhe a rede gerada com

<sup>2</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/visits.htm>.

partição. Perceba pela Figura 62 que as arestas tornaram-se não direcionadas (sem apontarem).

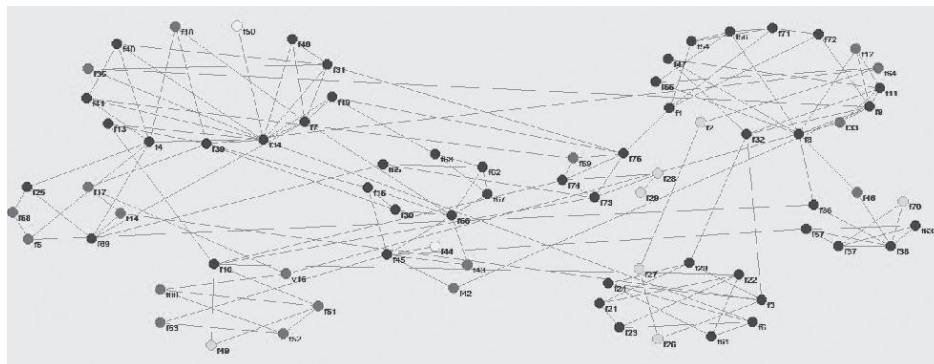
**Figura 62** – Visualização da rede *SanJuanSur\_deathmessage.net* com arestas não direcionadas



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Calcule os subgrupos da rede *SanJuanSur\_deathmessage.net* com arestas não direcionadas via *k-cores* usando: *Network; Create Partition; k-Core; All*. Desenhe a rede com a partição gerada. Assim como pode ser visualizado na ferramenta Pajek, note que os nós foram agrupados em 4 grupos diferentes, cada um com uma cor respectiva (Figura 63). Porém, esse agrupamento diverge do calculado pelos pesquisadores.

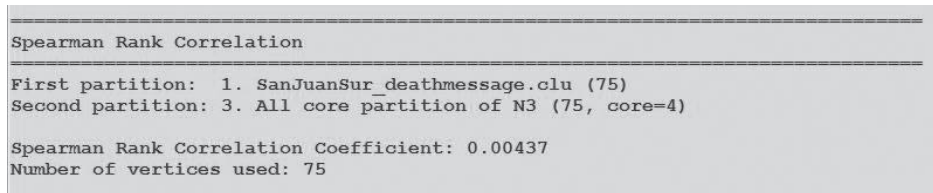
**Figura 63** – Subgrupos *k-cores* de *SanJuanSur\_deathmessage.net* com arestas não direcionadas



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Calcule a medida de correlação *Spearman*. Essa medida, também chamada de “Coeficiente de Correlação de Postos de Spearman”, é uma medida estatística da força de uma relação monótona – função monótona – entre dois dados, variando entre -1 (mais fraco) e +1 (mais forte) (16). Para fazer o cálculo, use: *Partitions; Info; Spearman Rank*. Analisando a Figura 64, note que o coeficiente ficou baixo.

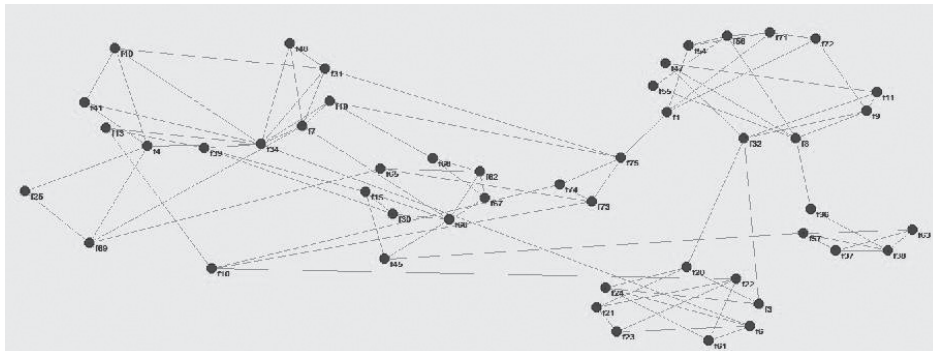
**Figura 64** – Medida de correlação *Spearman* da rede *SanJuanSur\_deathmessage.net*



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

O Pajek permite que os integrantes de cada grupo sejam visualizados de forma separada. Para exemplificar isso, extraia e visualize os nós formados pelo grupo 4 usando: *Operations; Network + Partition; Extract; Sub Network Induced by Union of Selected Clusters; 4*. Desenhe a rede com partição para visualizar. Perceba que apenas alguns nós permaneceram (Figura 65), os quais correspondem ao *core 4*.

**Figura 65** – Visualização de grupos isolados da rede *SanJuanSur\_deathmessage.net*



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

### Atividade 3

Nesta atividade, abordaremos o balanço estrutural. A teoria do balanço estrutural diz que as redes com sinalizações de amizade e hostilidade tendem a ser organizadas de modo a evitar conflitos (17). Inicialmente, baixe o arquivo Sampson.paj<sup>3</sup> e abra-o.

Esse arquivo contém uma rede de relações de amizade e inimizade entre noviços de um monastério na Inglaterra. Os nós representam os noviços, as arestas direcionadas contínuas representam a relação de amizade entre noviços (A gosta de B), as arestas direcionadas tracejadas representam a relação de inimizade entre noviços (A não gosta de B), por fim, as cores representam a classificação, feita pelo pesquisador Samuel F. Sampson, dos noviços em diferentes grupos.

**Figura 66** – Visualização da rede *Sampson\_T4.net* com a partição *Sampson\_factions\_T4.clu*

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

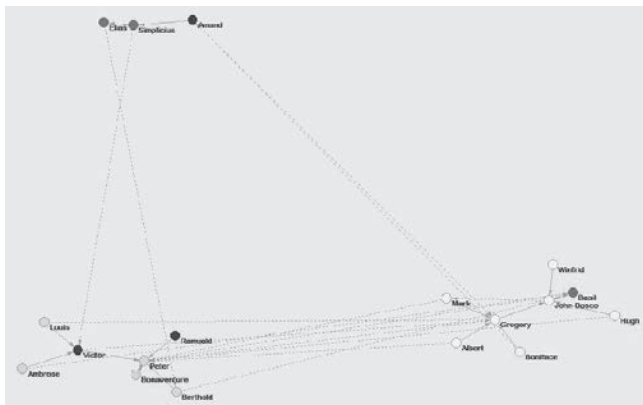


Após abrir o arquivo, desenhe-o com a partição usando: *Draw; Network + First Partition* (Figura 66).

Agora, iremos separar os grupos em dois *clusters* – agrupamentos de nós fortemente conectados – de acordo com as relações, deixando os com relações positivas mais próximos e os com relações negativas mais distantes. Para isso, com o grafo ainda desenhado, use: *Options; Values of Lines; Similarities*. Em seguida, escolha um *layout* usando: *Layout; Energy; Kamada-Kawai; Free*. Esse *layout*

<sup>3</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/sampson.htm>.

irá fazer a separação dos grupos das relações. Analisando a Figura 67, perceba que esse tipo de visualização tem certas semelhanças com a original do pesquisador, enquanto separa os grupos de atores com relações positivas.



**Figura 67** – Layout Kamada-Kawai Free separando os grupos

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

É possível classificar os diferentes *clusters* em classes de acordo com as suas relações. Para isso, use: *Network*; *Signed Network*;

*Create Partition*; *Doreian-Mrvar method\**. Abrirá uma janela com o nome *Doreian-Mrvar method\**. Clique em “RUN”. Agora desenhe a rede com partição usando: *Draw*; *Network First Partition*. Analisando a Figura 68, note que os atores com relações positivas estão no mesmo grupo, mas em grupos diferentes do atores com os quais têm relações negativas.



**Figura 68** – Visualização das classificações por relações

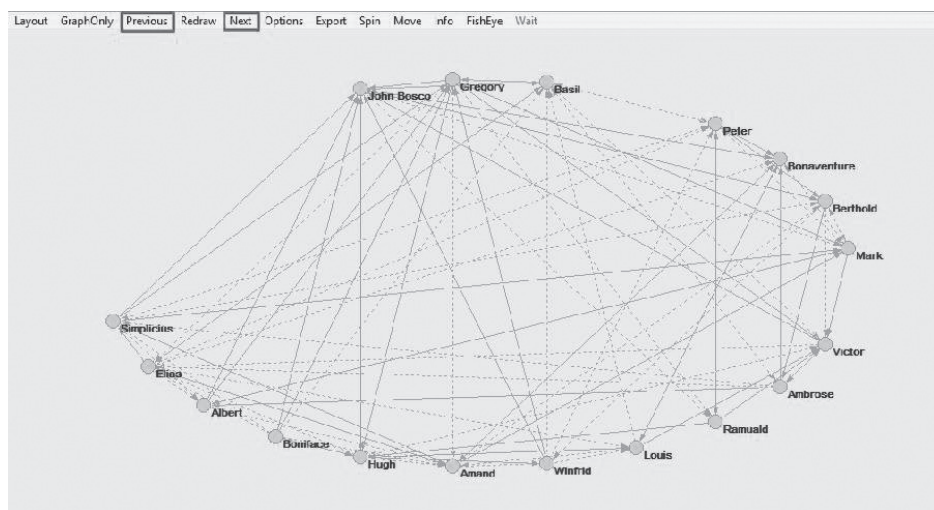
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Os dados das relações na rede foram capturados por um período de tempo espe-

cífico. No Pajek, é possível visualizar as variações das relações de forma longitudinal – variação dentro de um intervalo de tempo. Para isso, primeiramente selecione a rede Sampson na DropDownList de *Networks*. Em seguida, crie as redes de afetividade ao longo do tempo estudadas

por Sampson usando: *Network*; *Temporal Network*; *Generate in Time*; *All*. Na janela que abre, em *First Time Point* digite “2”, *Last Time Point* digite “4” e *Step* digite “1”. Em seguida, clique em “ok”. Para visualizar, selecione uma das novas redes geradas com esse método e desenhe a rede usando: *Draw*; *Network* (Figura 69). É possível navegar entre essas redes clicando em *Previous* e *Next* (Figura 69).

**Figura 69** – Uma das variações da rede Sampson\_T4.net ao longo do tempo



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

## Considerações do capítulo

Neste capítulo, foram abordados subgrupos nas redes sociais – grupos de nós possuindo mais afinidade. Foram utilizadas atividades para exemplificar os subgrupos de acordo com algumas medidas, como *k-core* e cliques. Além disso, vimos como visualizar esses subgrupos isoladamente, de modo que possam ser comparados com os outros.

Também foram apresentados os temas e práticas sobre balanço estrutural, organizando as redes para minimizar as divergências dentro do grupo. Na atividade, essa conexão foi realizada em *clusters*, separando as amizades e hostilidades para evitar conflitos.



## Redes de afiliação e equivalência estrutural

Em algumas redes, é possível perceber grupos de nós que não estão interconectados, porém estão conectados com os nós de outro grupo de mesma situação. Esse tipo de rede é chamado de rede de afiliação – também denominada de bipartida ou 2-modos (18). Nesse tipo de rede, as ligações entre os nós de um conjunto distinto ocorrem apenas com os nós de outro conjunto distinto (19). Caso haja dois atores que tenham ligações similares – com mesmos nós – na rede, temos uma equivalência estrutural (20, 21).

### Atividade 1

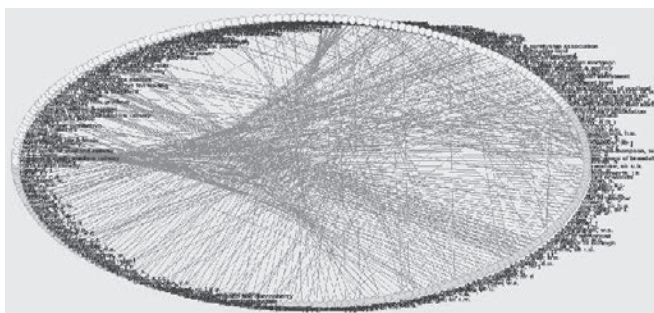
Nesta atividade, abordaremos as redes de afiliação. Inicialmente, baixe e abra o arquivo Scotland.paj.<sup>1</sup> Esse arquivo contém uma rede de

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/scotland.htm>.



afiliação (arestas) entre diretores e empresas (nós) criadas na Escócia no período de 1904 a 1905. Após abrir o arquivo, certifique-se de que na primeira DropDownList de *Networks* esteja selecionado a rede Scotland.net e na primeira DropDownList de *Partition* esteja selecionado a partição *Affiliation partition of N1 [108, 136]*. Em seguida, desenhe a rede com a partição. Na Figura 70, note que os nós têm cores diferentes, permitindo a separação entre os nós que representam os diretores e os nós que representam as empresas.

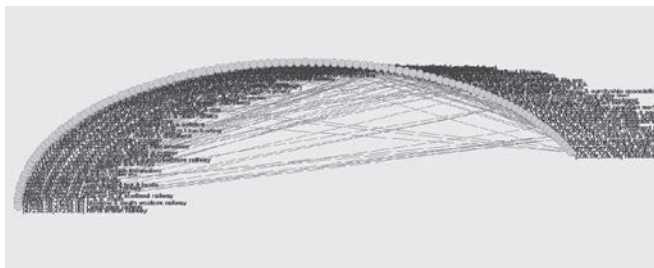


**Figura 70** – Visualização da rede Scotland.net com partição

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

É possível derivar uma rede de um modo a partir da rede de afiliação utili-

zando o *One-mode network*. Esse modo separa uma parte da rede, isolando um grupo específico. Para isso, usamos: *Operations; Network + Partition; Extract; 2-Mode Network*. Na janela que abrir, digite “1” no *first node* e “2” no *second node*.



**Figura 71** – Visualização de coocorrência entre eventos

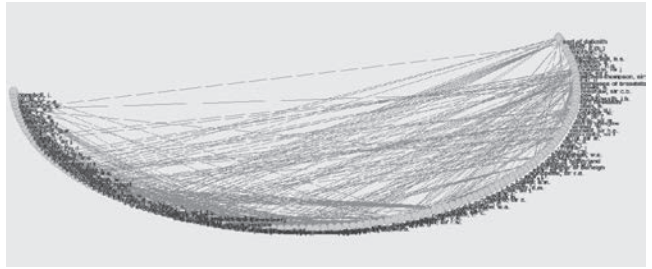
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, selecione, na DropDownList de *Networks* a

rede *2-Mode Network obtained from N1 according to C1*. Em seguida, crie uma rede de um modo que represente apenas a coocorrência entre eventos usando: *Network; 2-Mode Network; 2- Mode to 1-Mode; Rows*. Desenhe a rede criada (Figura 71).

**Figura 72** – Visualização de coocorrência entre atores

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

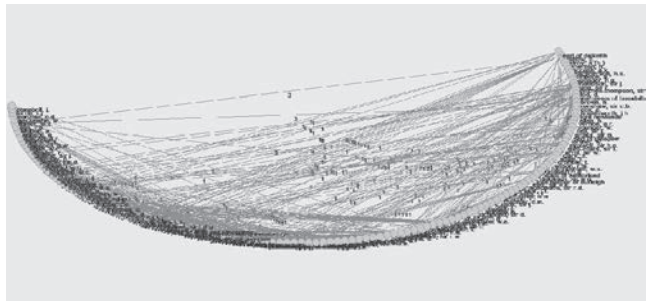


Selecionado a rede *2-Mode Network obtained from N1*

*according to C1* novamente, crie uma rede de um modo que represente apenas a coocorrência entre atores usando: *Network; 2-Mode Network; 2-Mode to 1-Mode; Columns*. Desenhe a rede criada (Figura 72).

**Figura 73** – Visualização da quantidade de eventos em comum entre atores

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



Note que, ao observar as Figuras 71 e 72, a rede original foi dividida em dois, uma parte com os atores e outra com as empresas.

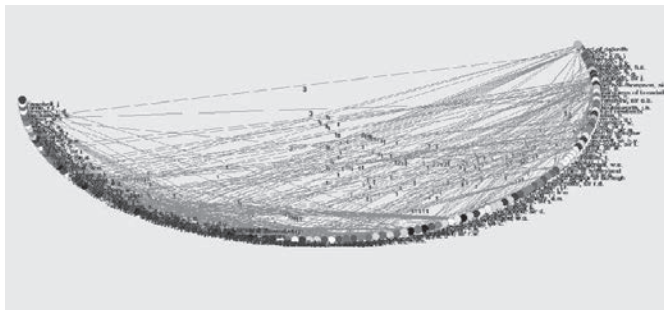
Agora, visualize a quantidade de eventos em comum entre atores distintos usando: *Options; Lines; Mark Lines; with Values*. Ao analisar a Figura 73, perceba que nas arestas agora aparecem números representando a quantidade de eventos em comum entre eles.

**Figura 74** – Tabela de multiplicidade da coocorrência entre atores

4. Network from COLS in affiliation network N2 (136)						
Lowest value of line:		1.00000000				
Highest value of line:		4.00000000				
Line Values		Frequency	Freq%	CumFreq	CumFreq%	
(	1.0000 ...	1.0000]	592	87.3156	592	87.3156
(	2.0000 ...	2.0000]	50	7.3746	642	94.6903
(	3.0000 ...	3.0000]	7	1.0324	649	95.7227
(	4.0000 ...	4.0000]	29	4.2773	678	100.0000
Total			678	100.0000		

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, visualize a multiplicidade da coocorrência entre atores usando: *Network; Info; Line Values*. Note que na tabela (Figura 74) é mostrado qual o valor de cada aresta que tem (*Line Values*) e a quantidade delas na rede (*Frequency*).



**Figura 75** – Visualização do grau de cada evento

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

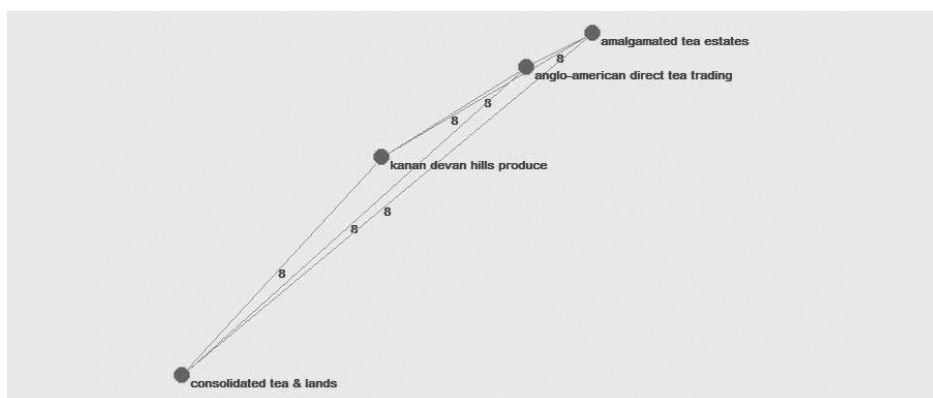
Uma vez com as redes de um modo, é possível aplicar – com certo cuidado –

as técnicas aprendidas nas atividades anteriores para visualizar características da rede como, por exemplo, visualizar o grau de cada evento, ou seja, quantos atores participam do evento. Para isso, selecione a rede que será usada – neste caso, *Network from ROWS in affiliation network N2* – e use: *Network; Create Partition; Degree; All*. Desenhe a rede com partição (Figura 75).

É possível simplificar a visualização dos nós, localizando os subgrupos a partir de *m-slices*. Um *m-slice* é um subgrafo contendo um número mínimo de linhas *m* e os vértices que são relacionados por essas linhas. Para isso, primeiramente habilite o uso do valor máximo ao invés da soma usando: *Network; Create Partition; Valued Core; Use Max instead of Sum*. Em seguida, habilite o primeiro limite usando: *Network; Create Partition; Valued Core; First Threshold and Step; All*. Por fim, visualize os elementos – atores ou eventos, a depender da rede de um modo que foi utilizada – que participam de um *m-slice*, sendo *m* um valor que foi definido pelo usuário. Para o nosso exemplo, utilizaremos a rede de atores. Para isso, primeiro remova as linhas que não pertencem ao *m-slice* usando: *Network; Create New Network; Transform; Remove; Lines with Values; Lower*

than. Na janela que aparece, digite o número  $m$  da rede desejada. Vamos utilizar 8, referente à rede de eventos. Agora remova os vértices que não pertencem ao  $m$ -slice usando: *Operations; Network + Partition; Extract; SubNetwork Induced by Union of Selected Clusters*. Na janela que abrir, digite o valor  $m$  a ser utilizado – no caso do exemplo, “8”. Em seguida, desenhe a rede  $m$ -slice. Olhando a Figura 76, perceba que ficaram apenas os vértices e arestas que têm relação com valores a partir de 8.

**Figura 76** – Visualização do  $m$ -slice da rede de eventos



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

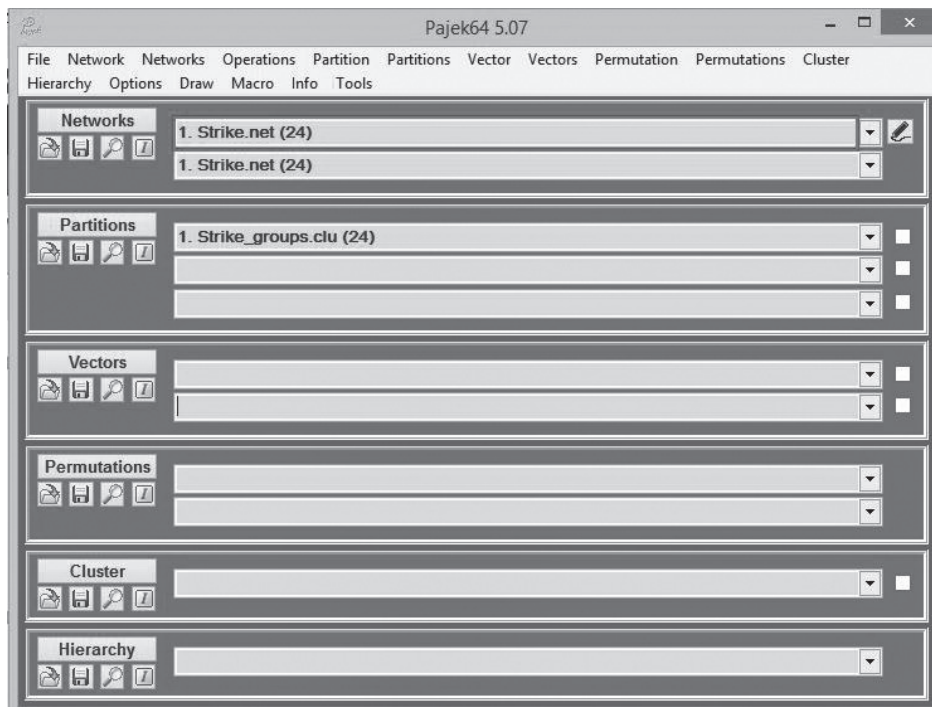
## Atividade 2

Nesta atividade, abordaremos as matrizes de adjacência. Primeiramente, baixe e abra o arquivo Strike.paj.<sup>2</sup> Esse arquivo contém uma rede de comunicação (arestas) entre trabalhadores (vértices) que participam de uma greve. Os trabalhadores são classificados em três grupos: jovens falantes de inglês; falantes de espanhol; e adultos falantes de inglês –*Strike\_groups.clu*.

<sup>2</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/strike.htm>.

Para visualizar a matriz de adjacência da rede Strike.net, clique duas vezes sobre a rede Strike.net na DropDownList de *Networks*, como na Figura 77.

**Figura 77** – Abrir matriz de adjacência



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Na janela que abrir, digite “1” e clique em “ok”. Os “jogos da velha” (#) indicam que há conexão direta entre os nós, e os pontos (.) indicam que não há conexão direta entre os nós (Figura 78).

É possível ordenar as redes de acordo com a classe de cada vértice. Para isso, primeiro crie uma permutação usando: *Partition; Make Permutation*. Em seguida, reorganize a rede baseado na permutação utilizando: *Operations; Network + Permutation; Reorder Network*. Agora, reorganize por partição usando: *Operations; Partition + Permutation; Reorder Partition*. Para visualizar as mudanças, clique duas vezes na DropDownList de *Networks* com a rede gerada selecionada (Figura 79).

**Figura 78** – Visualização da matriz de adjacência

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	Label		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	
1.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Frank
2.	#	.	#	.	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gill
3.	#	.	#	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ike
4.	.	#	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Mike
5.	.	#	.	.	.	#	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Hal
6.	.	#	.	.	#	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	John
7.	.	.	.	.	.	#	.	#	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Karl
8.	.	.	.	.	#	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Lanny
9.	.	.	#	#	#	#	#	#	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Bob
10.	.	.	.	.	.	.	.	#	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Alejandro
11.	.	.	.	.	.	.	.	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Carlos
12.	.	.	.	.	.	.	.	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Eduardo
13.	.	.	.	.	.	.	.	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Domingo
14.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	#	#	#	#	#	.	#	.	.	.	.	Norm	
15.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ozzie
16.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	Vern
17.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Paul
18.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	#	#	#	.	.	.	.	.	Quint
19.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	#	.	#	#	#	#	.	.	.	.	.	Utrecht
20.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	#	#	#	#	.	.	.	.	.	Russ
21.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	Ted
22.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	#	.	.	.	#	#	#	.	.	.	Sam
23.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	#	.	.	.	Xavier
24.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	#	.	.	.	.	Wendle

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 79** – Ordenação das redes de acordo com a classe de cada vértice

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	Label		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	
1.	.	#	#	#	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Alejandro
2.	#	.	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Carlos
3.	#	#	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Eduardo
4.	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Domingo
5.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Frank
6.	.	.	.	#	.	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gill
7.	.	.	.	#	#	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ike
8.	.	.	.	.	#	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Mike
9.	.	.	.	.	#	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Hal
10.	.	.	.	#	.	#	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	John
11.	.	.	.	.	.	#	#	#	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Karl
12.	.	.	.	.	.	#	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Lanny
13.	#	.	.	#	#	#	#	#	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Bob
14.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	#	#	#	#	#	#	#	.	#	.	.	.	Norm	
15.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ozzie
16.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	.	.	Vern
17.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Paul
18.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	#	#	#	#	.	.	.	.	.	Quint
19.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	#	.	#	#	#	#	.	.	.	.	.	Utrecht
20.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	#	#	#	#	#	.	.	.	.	.	Russ
21.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	#	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ted
22.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	.	.	#	.	#	.	.	#	#	#	.	.	.	Sam
23.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	.	#	.	.	.	Xavier
24.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	#	#	.	.	.	.	Wendle

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

### Atividade 3

Nesta atividade, abordaremos a equivalência estrutural. Inicialmente, baixe e abra o arquivo world\_trade.paj.<sup>3</sup> Esse arquivo contém uma rede com dados de importação e exportação – arestas direcionadas e valoradas – entre países (nós). Os países são divididos em quatro níveis, de acordo com o seus volumes de negociação (Partição: *World\_system*).

É possível visualizar a matriz de adjacência da rede Imports\_manufactures. Para isso, clique duas vezes sobre a rede na DropDownList de *Networks* e na janela que abrir digite 2 (Figura 80).

**Figura 80** – Visualização da matriz de adjacência da rede *Imports\_manufactures.net*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	0	0	0	0	0	0	0	0	2037	13898
3.	0	0	0	0	0	304	0	0	0	0
4.	3599	0	15533	0	0	0	36169	0	0	0
5.	0	0	0	0	0	0	0	502	0	0
6.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.	12994	10198	0	32959	0	0	0	0	0	5043
8.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.	0	0	0	0	517	0	0	0	0	0
10.	0	172885	0	0	231	0	0	193	15609	0
11.	0	0	13925	0	614	0	0	210	0	0
12.	0	19116	0	0	0	0	0	0	4114	0
13.	11709	9033	90620	0	312	5217	30181	493	1296	0
14.	0	0	0	0	0	0	0	0	1596	0
15.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.	0	0	0	40019	0	0	0	0	0	0
18.	0	0	0	20259	221	0	30876	0	0	0
19.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.	82104	29305	20979	45643	0	0	523392	0	0	28613
25.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.	23436	29333	99820	1143072	341	2205	798074	0	1711	76524
27.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.	0	0	0	0	0	0	0	399	0	0
30.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31.	0	12574	13644	0	0	1050	0	0	0	7147
32.	0	0	0	31549	0	0	0	0	0	0
33.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

<sup>3</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/metalWT.htm>.

Agora, ordene a rede. Para isso, primeiramente crie uma permutação usando: *Partition; Make Permutation*. Em seguida, reorganize a rede usando: *Operations; Network + Permutation; Reorder Network*. Note na Figura 81 que, ao ordenar os países de acordo com as classes, é possível ver que os países mais ricos fazem mais transações entre si do que os mais pobres.

**Figura 81** – Ordenação da rede Imports\_manufactures.net

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	0	36169	0	14600	996567	115397	0	44835	29524	159097
2.	32959	0	0	101487	398266	79584	0	474054	23430	31829
3.	0	30181	0	0	405577	69696	290585	77687	23543	0
4.	45643	523392	0	0	742989	289608	64256	160645	68207	184576
5.	1143072	798074	57365	222186	0	689710	156272	1148108	437006	970830
6.	216031	192407	54888	74172	1019389	0	43990	144785	79917	289190
7.	0	46948	339757	0	209465	69372	0	98557	102912	30748
8.	41195	587725	0	47854	653983	111298	0	0	55480	53919
9.	22120	43088	0	6898	251479	30136	59827	149173	0	0
10.	130434	61176	0	0	854660	130179	35681	71833	45523	0
11.	28793	109144	45013	17678	399199	177880	67967	199080	124480	46636
12.	37419	94976	120410	5786	422693	113558	680292	102783	70568	47707
13.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.	40019	0	0	0	368238	0	0	0	0	0
24.	20259	30876	0	16572	218619	0	0	76037	121647	34693
25.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.	0	0	0	0	0	0	0	0	108793	0
28.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.	0	0	271849	0	0	0	45445	33281	0	0
30.	31549	0	0	0	158903	0	0	0	0	0
31.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33.	0	0	0	0	0	0	65894	0	0	0

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Ainda é possível calcular a dissimilaridade entre as linhas e colunas da matriz de adjacência. Inicialmente, selecione a rede original Imports\_manufactures no DropDownList de *Networks* e crie um *cluster* que contenha todos os nós da rede usando: *Cluster; Create Complete Cluster*. Em seguida, calcule a dissimilaridade usando: *Operations; Network + Cluster; Dissimilarity; Network based; d1; All*, salvando com o nome que desejar (Figura 82). A dissimilaridade



$d1$  de dois nós é o número de vizinhos que eles não compartilham, normalizando no intervalo entre zero e um. Se quiser incluir no cálculo de dissimilaridade os valores dos vértices, pode-se fazer uso da métrica euclidiana ( $d5$ ).

**Figura 82** – Dissimilaridade entre as linhas e colunas da matriz de adjacência

```

Dissimilarities
Working...

N(v) are All neighbours of vertex v.
| stands for set cardinality.
+ stands for symmetric sum of sets.
1st maxdegree and 2nd maxdegree stand for largest degree and second largest degree in network, respectively.

dl(u,v) = | N(u) + N(v) | / (1st maxdegree + 2nd maxdegree)

Time spent: 0:00:00

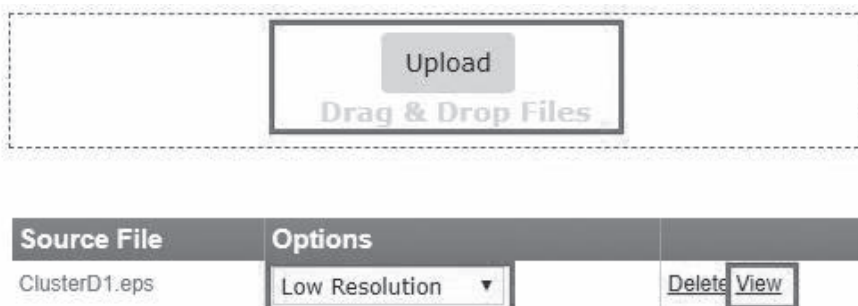
Hierarchical Clustering
Working...
Creating ClusterD1.eps...finished. Time needed: 0:00:00
Time spent: 0:00:00

```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Como saída, o Pajek gera um arquivo com extensão *.eps*. Esse arquivo contém a clusterização hierárquica. Para visualizá-lo, acesse o *site* <https://www.ofoct.com/viewer/eps-viewer-online.html> e faça o *upload* do arquivo *.eps* gerado pelo Pajek (Figura 83). Em seguida, altere a resolução para alto (*High Resolution*) e clique em *View* (Figura 83). Será gerada a visualização do arquivo (Figura 84).

**Figura 83** – Upload e configurações para poder visualizar o arquivo *.eps*

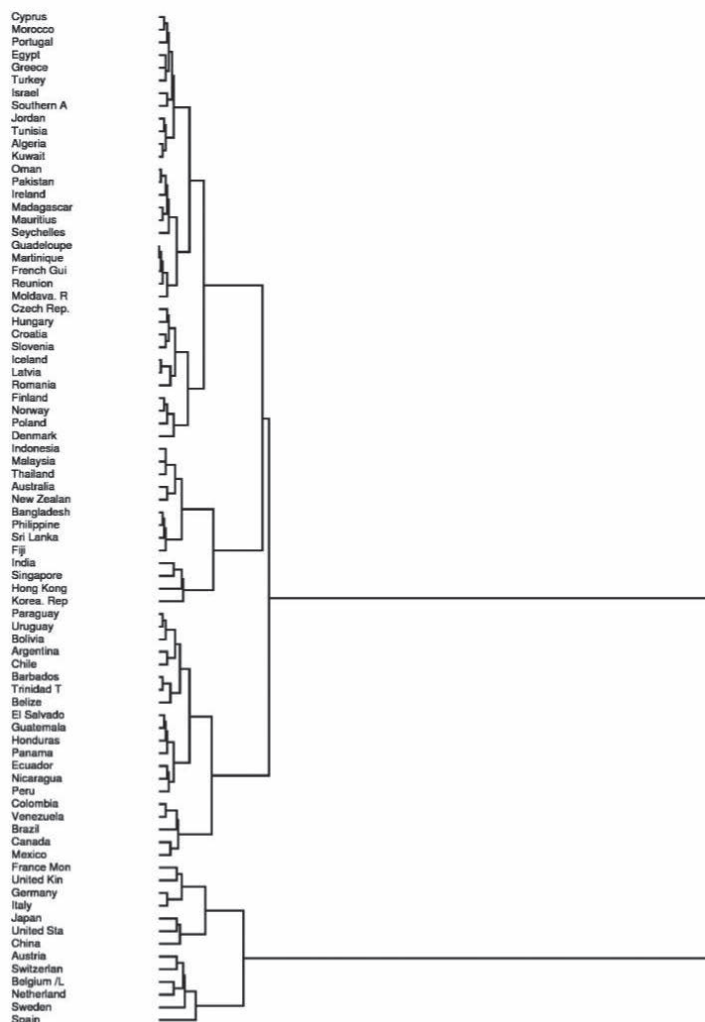


Fonte: elaborada pelos autores utilizando o *EPS Viewer*.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Disponível em: [www.ofoct.com](http://www.ofoct.com).

Figura 84 – Visualização do arquivo .eps.

Pajek - Ward [0.00,4.23]

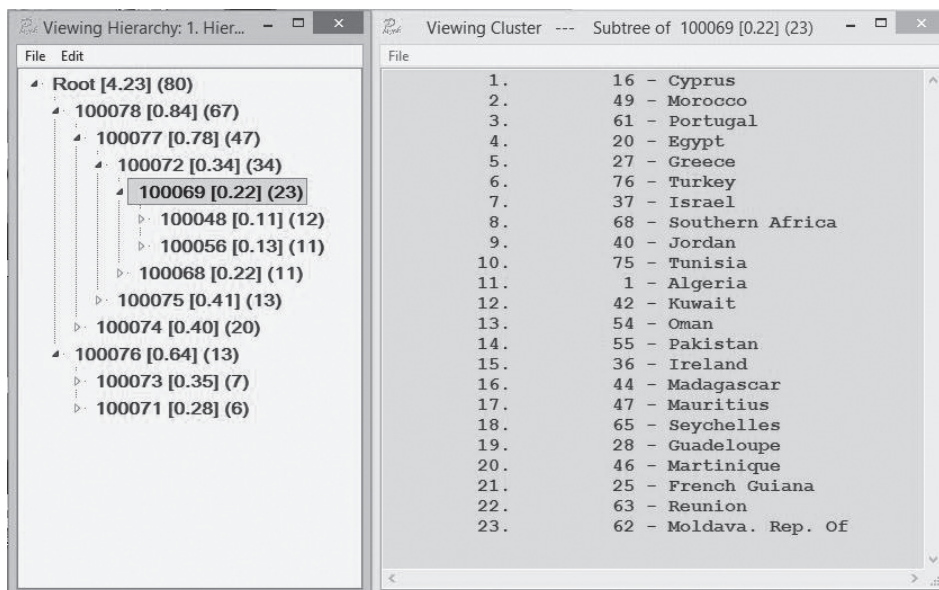


Fonte: elaborada pelos autores utilizando o EPS Viewer.

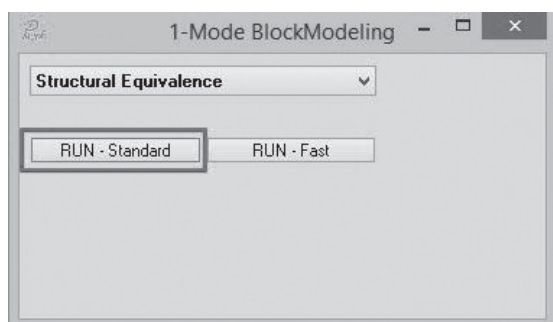
É possível visualizar os países participantes de cada *cluster*, bem como o índice de dissimilaridade – sendo quanto menor, mais similar. Para isso, primeiramente, selecione a rede Imports\_manufactures, depois clique duas vezes na hierarquia criada (*Hierarchical Clustering [Ward]*).

Em seguida, clique duas vezes sobre cada uma das hierarquias que estão numeradas. Note que cada *cluster* contém uma quantidade de países e a medida que mais se entra nos *clusters*, mais similares os países (Figura 85).

**Figura 85** – Visualização dos países participantes de cada *cluster* e seus índices de dissimilaridade



Fonte: elaboração dos autores utilizando a ferramenta Pajek.



**Figura 86** – Identificação de *blockmodels*

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Com o Pajek, é possível identificar *blockmodels* a partir da permutação automática da matriz de adjacências. *Blockmodels* são grupos de nós estruturalmente equivalentes que são agrupados em submatrizes ou blocos (22). Para isso, primeiramente, selecione a rede Imports\_manufactures e a partição *Wolrd\_system\_1980*.

Em seguida, delete da rede os países que não foram associados a nenhuma classe usando: *Operations; Network + Partition; Extract; SubNetwork Induced by Union of Selected Clusters Union*. Na janela que abrir, digite “1-4”. Agora, aplique o *blockmodeling* sobre a rede usando: *Network; Create Partition; Blockmodeling; Optimize Partition*. Clique em “*RUN Standard*” (Figura 86).

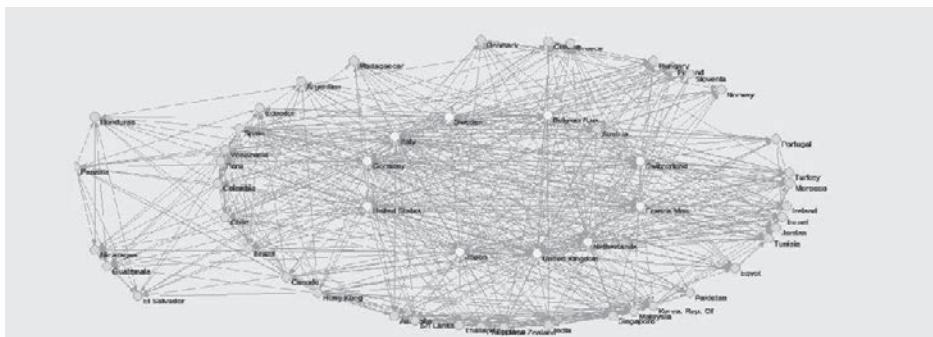
Selecione as partições *Extracting from 1 vertices determined by C1* e *Optimized BlockModel [Structural Equivalence] of N4 using C4* e desenhe a rede com partição para visualizar as classes que foram identificadas pelo *blockmodel*. Analisando a Figura 87, perceba que cada classe foi separada por uma cor.

**Figura 87** – Identificação de classes com *blockmodel*



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 88** – Outra opção de *blockmodeling*



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Teste a outra opção de *blockmodeling* - *Random Start* - usando: *Network*; *Create Partition*; *Blockmodeling*; *Random Start* e verifique as mudanças que ocorrem (Figura 88).

## Considerações do capítulo

Neste capítulo, discutimos sobre rede de afiliação - também chamado de bipartida ou 2-modos - nós de um grupo não conectam-se entre si, apenas com os nós de outro grupo. Na atividade, foi realizada separação de uma rede em 2-modos, além de localização de subgrupos a partir de *m-slices*.

Também falamos sobre matrizes de adjacência, utilizando de métodos para ordenar redes de acordo com a classe de cada nó. Além disso, abordou-se sobre equivalência estrutural, utilizando de *clusters* e calculando a diferença entre linhas e colunas de uma matriz de adjacência, além de identificar *blockmodels* e manipular partições.

PARTE II



## **Tipos de redes sociais**



## Redes aleatórias

Em ARS, existem algumas classificações de topologias baseadas em como estão distribuídos os nós na rede. Uma delas são as redes aleatórias. Ela baseia-se no pressuposto de que o fato de dois nós se ligarem depende de uma probabilidade  $p$ , com todos os vértices com chances iguais de se conectarem (23). É um trabalho dos matemáticos húngaros Paul Erdős e Alfréd Rényi, criado em 1958.

### Atividade 1

Nesta atividade, abordaremos as redes aleatórias no Pajek. Primeiramente, crie três redes aleatórias usando: *Network*; *Create Random Network*; *Bernoulli/Poisson*; *Undirected*; *General*. Utilize as seguintes configurações:

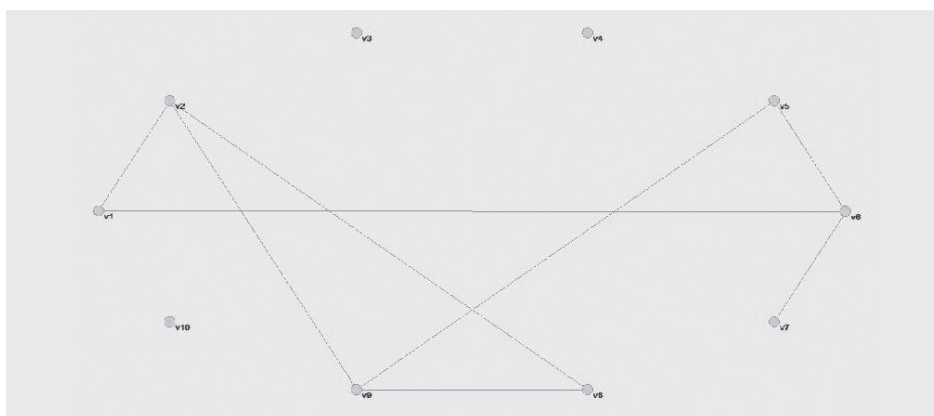


- **Rede 1:** Número de nós: 10 / Grau médio: 1.6;
- **Rede 2:** Número de nós: 20 / Grau médio: 5;
- **Rede 3:** Número de nós: 1500 / Grau médio: 20.

Agora, selecione cada uma das redes criadas (em ordem) na DropDownList de *Networks* e as desenhe.

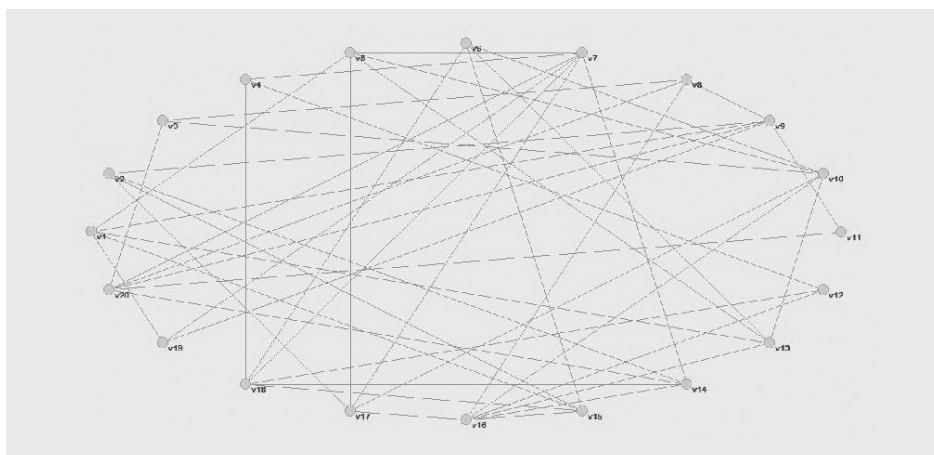
Em seguida, utilize a opção de *layout* circular usando: *Layout*; *Circular*; *Original*.

**Figura 89** – Rede aleatória 1



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

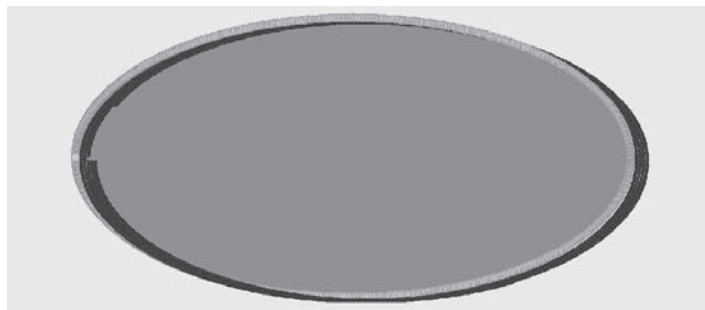
**Figura 90** – Rede aleatória 2



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

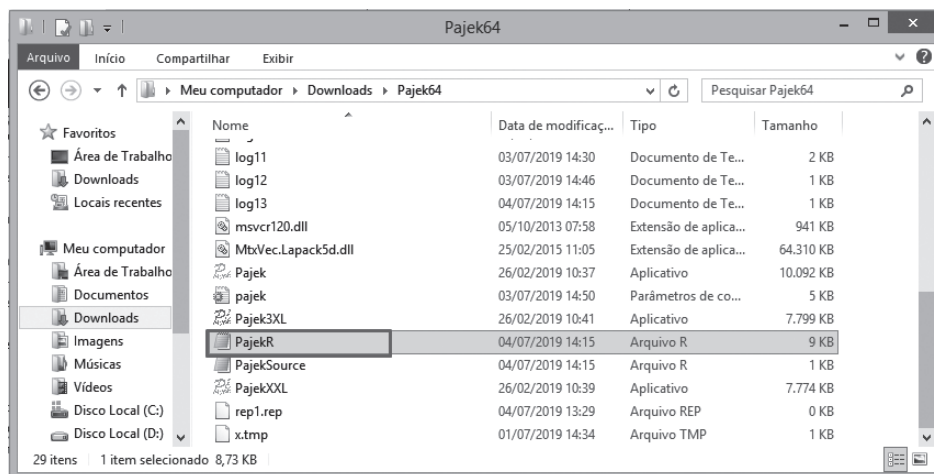
**Figura 91** – Rede aleatória 3

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



Verifique se essas redes são, de fato, redes aleatórias. Para isso, primeiro crie um vetor para cada rede criada – em ordem – com os graus de cada nó usando: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; All*. Agora, exporte cada um dos vetores num formato apropriado para que possa ser lido por um programa estatístico R usando: *Tools; R; Send to R; All Vectors*. Esse método exporta todos os vetores em um único arquivo, que é salvo na pasta do Pajek (Figura 92).

**Figura 92** – Exportação de arquivos no formato R

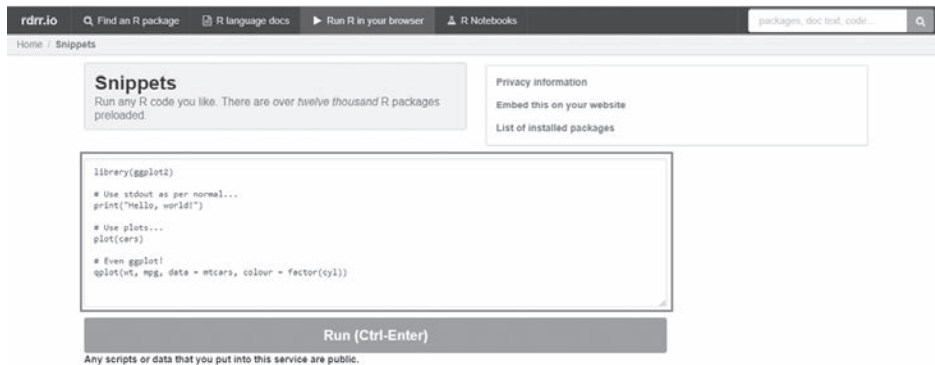


Fonte: elaborada pelos autores utilizando o explorador de arquivos do Windows.

Abra um compilador de código R. Um *on-line*.<sup>1</sup>  
Apague tudo na caixa de texto do compilador *on-line* (Figura 93).

<sup>1</sup> Pode ser acessado através do link: <https://rdr.io/snippets/>.

**Figura 93** – Compilador de R *on-line*

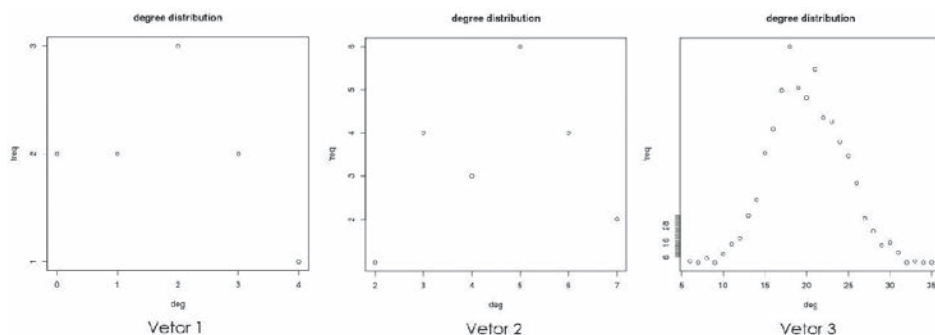


Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site do rdrv.io.

Agora, abra o arquivo R gerado pelo Pajek com algum editor de texto – ou o Bloco de Notas do Windows – copie todo o texto nele e cole na caixa de texto do compilador *on-line*. Ao final do texto copiado, digite as seguintes linhas:

```
summary(v1)
t <- table(v1)
x <- as.numeric(names(t))
plot(x,t, main="degree distribution", xlab="deg", ylab="freq")
```

**Figura 94** – Visualização das distribuições de graus



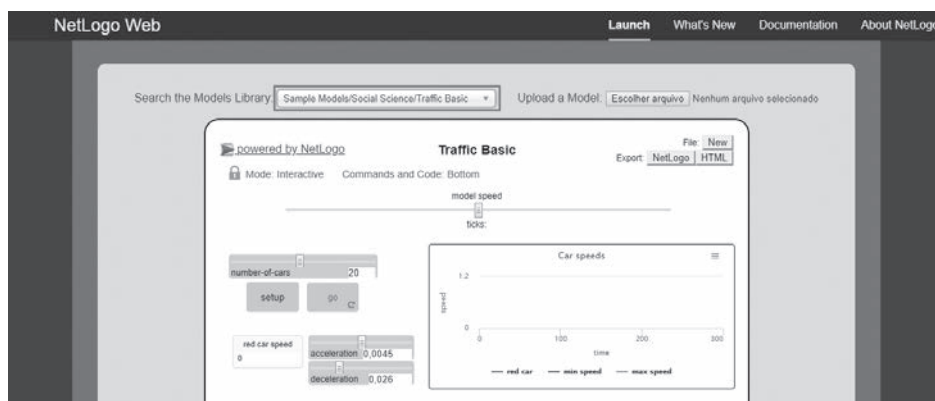
Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site do rdrv.io.

Execute o código clicando em “RUN (Ctrl-Enter)” e veja a distribuição de graus da rede (Figura 94). Para acessar a distribuição do vetor 2, altere, no trecho que foi digitado no final, os  $v1$  por  $v2$  e execute o código novamente. Para acessar o do vetor 3, altere para  $v3$ .

## Atividade 2

Nesta atividade, continuaremos a abordagem sobre redes aleatórias, porém de uma forma mais gráfica com o NetLogo Web. NetLogo Web é um *site* que permite fazer simulações de, dentre outros, conexões com atores ao longo do tempo. Primeiramente, acesse o *site* através do *link*: <http://www.netlogoweb.org/launch>. O *site* abrirá uma simulação aleatória. Em seguida, clique na *DropDownList* de “Search the Models Library” e digite “Sample Models/Networks/Giant Component” e clique na opção que aparece (Figura 95).

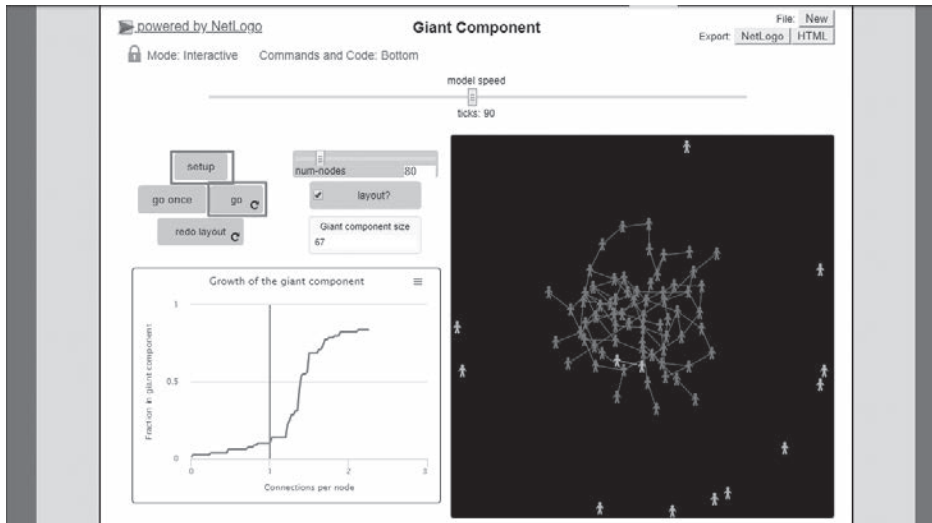
Figura 95 – Escolha da simulação no NetLogo Web



Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site de simulação do NetLogo Web.

Por padrão, a animação vem com 80 nós. Clique em *setup* para adicionar os nós e depois em *go* para começar a animação (Figura 96). Para pausar a animação, clique novamente em *go*.

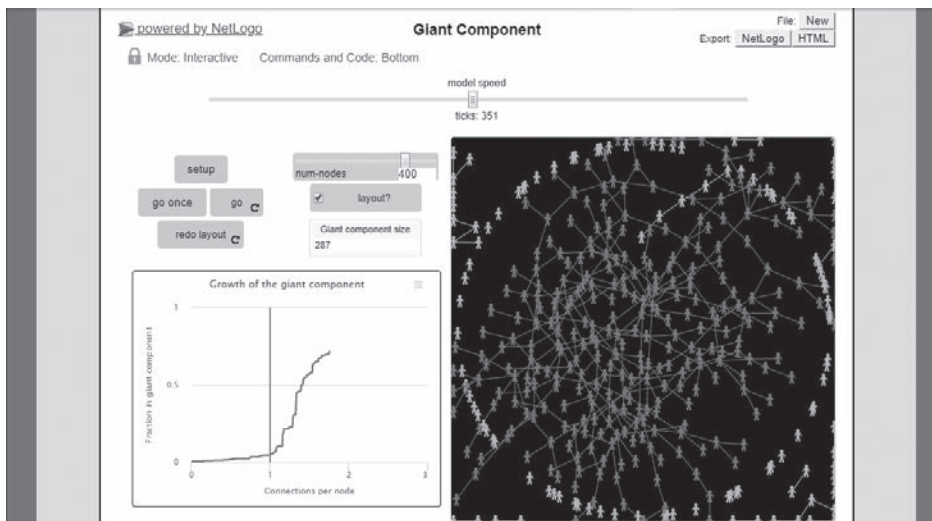
**Figura 96** – Visualização da rede no NetLogo com 80 nós



Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site de simulação do NetLogo Web.

Agora, aumente o número de nós para 400 e refaça o teste (Figura 97).

**Figura 97** – Visualização da rede no NetLogo com 400 nós



Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site de simulação do NetLogo Web.

Note que, nos dois testes, a quantidade de conexões feitas aumentam após a média de conexão por nó chega a 1 (linha vertical do gráfico).

## **Considerações do capítulo**

Neste capítulo, foram discutidas as redes aleatórias, um dos tipos de classificação das redes complexas com origem nos estudos de Erdős e Rényi. Os exercícios no Pajek colocaram em prática a compreensão do que se trata uma rede aleatória.

O primeiro exercício do capítulo é criar redes aleatórias, verificando se são, de fato, aleatórias, e também expor sua distribuição de graus.

O segundo e último exercício teve a finalidade de simular a interface gráfica de uma rede aleatória com o NetLogo Web, permitindo a análise de conexões da rede com a quantidade de nós dinâmicos.

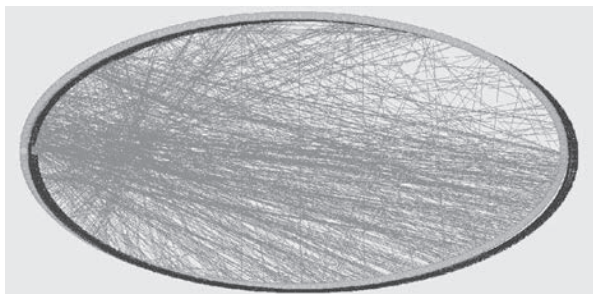


## Redes de mundo pequeno

Outra topologia existente na ARS são as redes de mundo pequeno. Ela incorpora características de redes aleatórias e regulares - todos os vértices possuem o mesmo número de ligações -, possuindo um alto coeficiente de agrupamento - o quanto então próximos os nós adjacentes de um determinado nó de formar um componente fortemente conectado, como nas redes regulares - e baixa distância média - número médio de nós pelos quais é necessário passar para se chegar a outro nó, como nas aleatórias - (23). Esse modelo foi criado por Duncan Watts e Steven Strogatz - podendo, assim, também ser chamado de modelo Watts-Strogatz - baseado nos estudos de pequeno mundo (*small world*) feitos por Stanley Milgram (23).



## Atividade 1



**Figura 98** – Visualização da rede Gnutella.net

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Nesta atividade, abordaremos as redes de mundo pequeno no Pajek. Primeiro, baixe o arquivo Gnutella.net<sup>1</sup> e abra-o. Esse arquivo contém uma rede capturada nos anos 2000 que representa a comunicação do Gnutella, uma rede de compartilhamento de arquivos verdadeiramente *peer-to-peer*, ou seja, opera sem um servidor central. Desenhe a rede para visualizá-la (Figura 98).

Anote a quantidade de nós, arestas e grau médio (*average degree*) da rede. Para pegar esses dados, use: *Network; Info; General* (Figura 99).

**Figura 99** – Informações da rede Gnutella.net

```
1. C:\Users\vsjesus\Downloads\gnutella.net (795)
-----
Number of vertices (n): 795
-----

```

	Arcs	Edges
Total number of lines	0	853
Number of loops	0	1
Number of multiple lines	0	0

```
-----
Density [loops allowed] = 0.00269768
Average Degree = 2.14591195
```

Fonte: elaborado pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

<sup>1</sup> Disponível em: <https://cs.brynmawr.edu/Courses/cs380/spring2013/section02/assignments/assignment4.html>.

Anote o valor do coeficiente de aglomeração médio – que chamaremos de “C” – da rede. Para calculá-lo, use: *Network; Create Vector; Clustering Coefficient; CC1*. Ele aparecerá como *Watts-Strogatz Clustering Coefficient* (Figura 100).

**Figura 100** – Visualização do coeficiente de aglomeração médio

```
Computing Clustering Coefficients
-----
Working...
Watts-Strogatz Clustering Coefficient: 0.02926344
Network Clustering Coefficient (Transitivity): 0.00883467
Time spent: 00:00:00
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Anote o valor do caminho mínimo médio – que chamaremos de L – da rede. Para calculá-lo, use: *Network; Create Vector; Distribution of Distances*. Ele aparecerá como *Average distance among reachable pairs* (Figura 101).

**Figura 101** – Cálculo do caminho mínimo médio

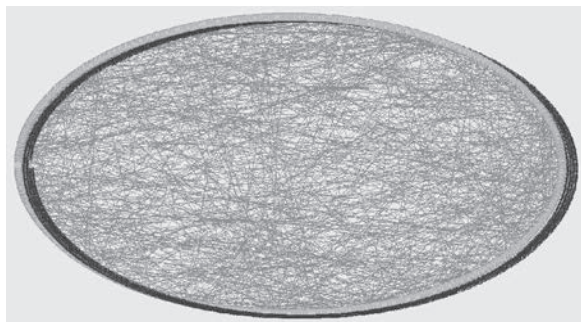
```
Distribution of Distances
-----
Working...
Number of unreachable pairs: 302256
Average distance among reachable pairs: 4.81998
The most distant vertices: 154 (155) and 728 (729). Distance is 13.
Time spent: 00:00:00
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 102** – Rede aleatória aproximada baseada nos dados da rede *Gnutella.net*

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, gere uma rede aleatória com aproximadamente o mesmo número de nós e arestas da que foram anotados da rede *Gnutella* usando: *Network; Create Random Network; Bernoulli/Poisson; Undirected; General*. Desenhe a rede criada (Figura 102).



Façamos os mesmos processos na nova rede criada. Anote o valor do coeficiente de aglomeração médio – que chamaremos de C – usando: *Network; Create Vector; Clustering Coefficient; CC1*. Anote o valor de *Watts-Strogatz Clustering Coefficient* (Figura 103).

**Figura 103** – Coeficiente de aglomeração médio da nova rede

```
=====
Computing Clustering Coefficients
=====
Working...
Watts-Strogatz Clustering Coefficient: 0.00612245
Network Clustering Coefficient (Transitivity): 0.00318134
Time spent: 0:00:00
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora, anote o valor do caminho mínimo médio – que chamaremos de “L” – usando: *Network; Create Vector; Distribution of Distances*. Anote o valor de *Average distance among reachable pairs* (Figura 104).

**Figura 104** – Cálculo do caminho mínimo médio da nova rede

```
=====
Distribution of Distances
=====
Working...
Number of unreachable pairs: 189578
Average distance among reachable pairs: 8.09782
The most distant vertices: v104 (104) and v583 (583). Distance is 19.
Time spent: 0:00:00
```

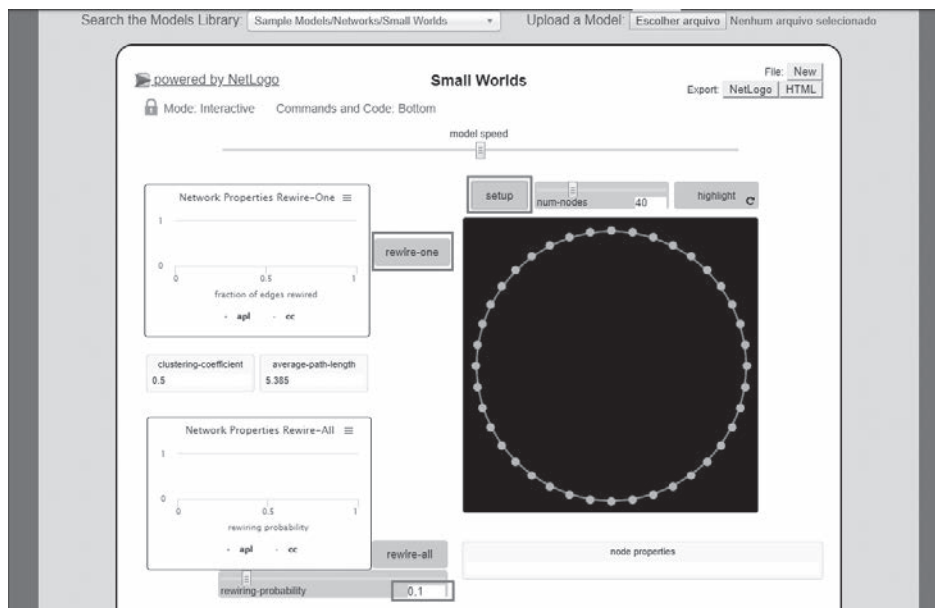
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

## Atividade 2

Nesta atividade, abordaremos as redes de pequeno mundo no NetLogo. Inicialmente, acesse a página de simulação do NetLogo Web através do *link* <http://www.netlogoweb.org/launch>. Em seguida, clique na DropDownList de “Search the Models Library” e digite *Sample Models/Networks/Small Wolrds* e clique na opção que aparece. Esse modelo permite que você mude a probabilidade de “reconexão” das arestas (*rewiring-probability*).

Ajuste o valor de *rewiring-probability* entre zero e um e clique em *setup* (Figura 8.8). Em seguida, clique em *rewire-one* (Figura 105). Esse botão serve para fazer as reconexões manualmente, sendo cada clique uma reconexão.

**Figura 105** – Reconexão de nós no NetLogo

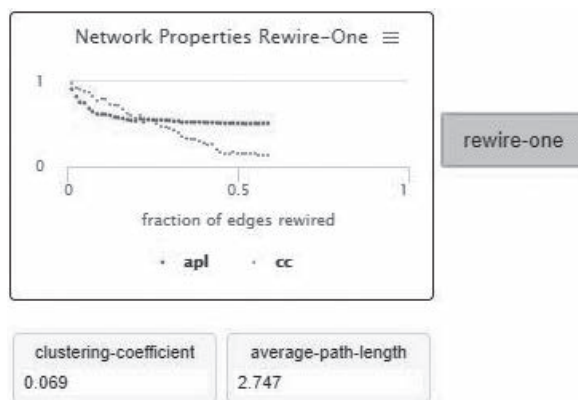


Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site de simulação do NetLogo Web.

**Figura 106** – Gráfico de reconexões

Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site de simulação do NetLogo Web.

Ao analisar o gráfico da Figura 106 após algumas reconexões, percebe-se que os conceitos estudados sobre coeficiente de aglomeração e o caminho mínimo médio estão de acordo.



## Considerações do capítulo

Neste capítulo, foram apresentadas as redes de mundo pequeno, topologia concebida por Watts e Strogatz, que engloba elementos de redes aleatórias e regulares. Com o Pajek, foi possível demonstrar o funcionamento e características dessa rede.

A primeira atividade contém uma rede representando a comunicação do Gnutella e de uma rede aleatória contendo aproximadamente a mesma quantidade de nós, arestas e grau médio a fim de demonstrar as características, a partir de cálculos de coeficiente de aglomeração médio e do valor do caminho mínimo médio, de uma rede de mundo pequeno.

Na atividade seguinte foi utilizado, o NetLogo para realizar a reconexão das arestas, analisando o gráfico e concluindo que os conceitos de coeficiente de aglomeração e o caminho mínimo médio estão em ordem.

## Redes livres de escala

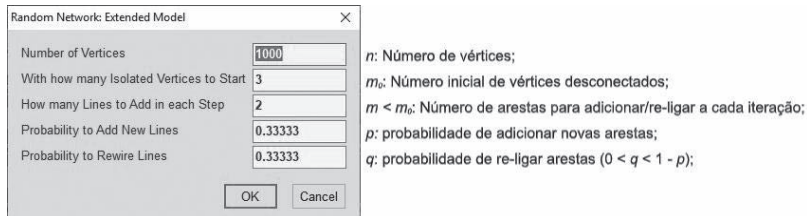
Apesar das topologias anteriores serem utilizadas para modelar o mundo real, elas não condizem com a realidade. As redes recomendadas para essa finalidade são as redes livres de escala. Elas são redes cujo grau de distribuição segue a lei de potência – a maioria dos nós tem poucas ligações, enquanto alguns nós apresentam um elevado número de ligações –, com um nó com mais ligações (grau alto) tende a ligar-se a outro nó com muitas ligações (24). Um dos modelos mais bem conhecidos é o de *Barabási-Albert*.

### Atividade 1

Nesta atividade, abordaremos as redes livres de escala no Pajek. A rede que criaremos no Pajek é um pouco diferente do modelo tradicional de *Barabási-Albert*, pois as arestas são adicionadas não apenas nos novos nós, mas também são adicionadas e religadas entre os nós existentes.

Para que comecemos, crie uma rede livre de escala usando: *Network; Create Random Network; Ex-tended Model*. A janela que abrir é referente aos parâmetros de criação da rede (Figura 107). Clique em “OK”.

**Figura 107** – Parâmetros de criação de rede livre de escala



Fonte: elaborações pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Para verificar se essa rede segue uma lei de potência, exporte os dados dessa rede de modo que possa ser analisado. Para isso, crie um vetor com os graus de cada nó usando: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; All*.

Agora exporte o vetor num formato apropriado para o R usando: *Tools; R; Send to R; Current Vector*.

Será gerado um arquivo com o nome PajekR.r na pasta do Pajek.



**Figura 108** – Caixa de texto do compilador de R on-line

Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site do rdrv.io.

Abra um compilador de código R, como este *on-line*.<sup>1</sup> Em seguida, apague o que estiver escrito na caixa de texto (Figura 108).

<sup>1</sup> Ver em: <https://rdrv.io/snippets/>.

Agora, abra o arquivo *R* gerado pelo Pajek com algum editor de texto – ou o Bloco de Notas do Windows –, copie todo o texto nele e cole na caixa de texto do compilador *on-line*. Ao final do texto copiado, digite as seguintes linhas:

```
summary(v1)
t <- table(v1)
x <- as.numeric(names(t))
plot(x,t, main="degree distribution", xlab="deg", ylab="freq")
```

Execute o código clicando em “RUN (Ctrl-Enter)” e observe se a distribuição de graus da rede segue uma lei de potência (Figura 109).

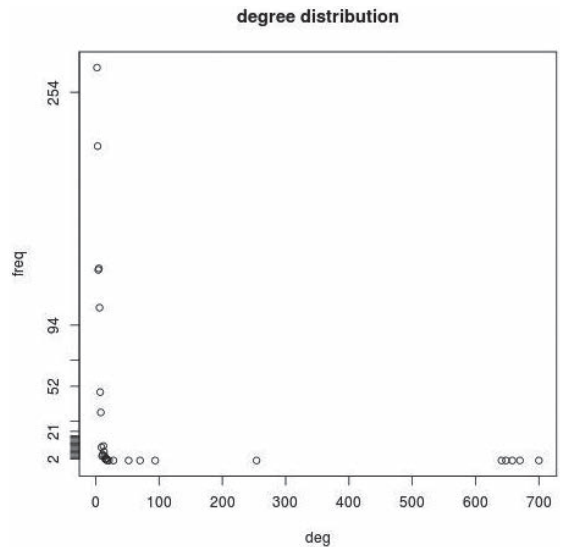
**Figura 109** – Distribuição de graus da rede exportada

Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site do rrrr.io.

Façamos agora com uma rede presente no repositório do Pajek. Para esse exemplo utilizaremos a rede Gnutella.net.<sup>2</sup> Baixe e abra a rede.

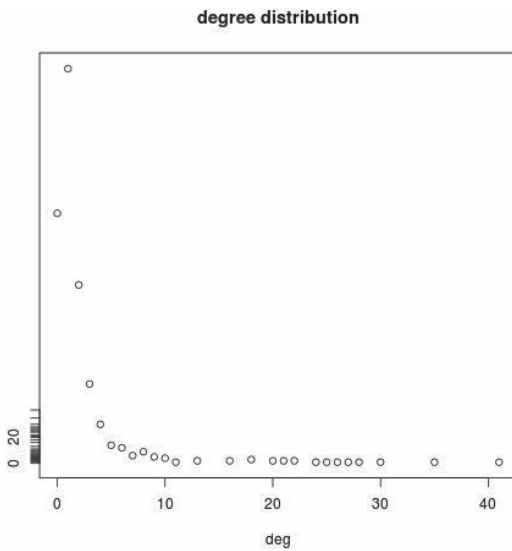
Crie um vetor com os graus de cada nó usando: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; All*.

Em seguida, exporte o vetor num formato apropriado para o *R* usando: *Tools; R; Send to R; Current Vector*.



<sup>2</sup> Disponível em: <https://cs.brynmawr.edu/Courses/cs380/spring2013/section02/assignments/assignment4.html>.





**Figura 110** – Distribuição de graus da rede *Gnutella.net*

Fonte: autores utilizando o site do rdrv.io.

Abra o compilador de código *R online*.<sup>3</sup> Em seguida, apague o que estiver escrito na caixa de texto.

Abra o arquivo *R* gerado pelo Pajek com algum editor de texto – ou o Bloco de Notas do Windows –, copie todo o texto nele e cole na caixa de texto do compilador *on-line*. Ao final do

texto copiado, digite as seguintes linhas:

```
summary(v1)
t <- table(v1)
x <- as.numeric(names(t))
plot(x,t, main="degree distribution", xlab="deg", ylab="freq")
```

Execute o código clicando em “RUN (Ctrl-Enter)” e observe se a distribuição de graus da rede segue uma lei de potência (Figura 110).

## Atividade 2

Nesta atividade, abordaremos as redes livres de escala no NetLogo. Primeiramente, acesse a página de simulação do NetLogo Web.<sup>4</sup> Em seguida, clique na DropDownList de “Search the Models Library” e

<sup>3</sup> Através do link: <https://rdrv.io/snippets/>.

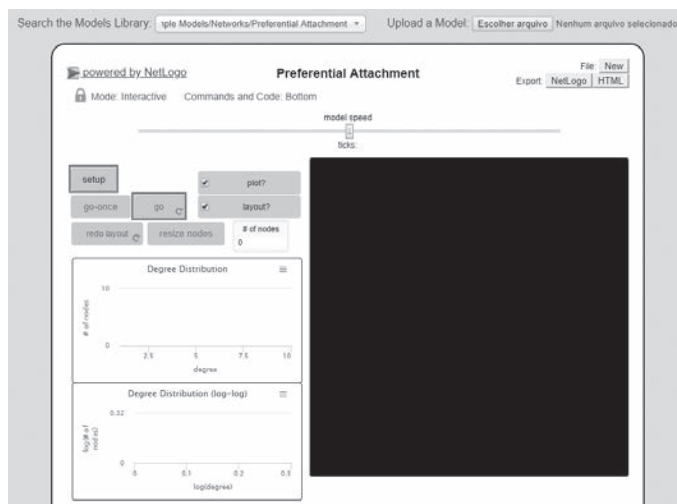
<sup>4</sup> Através do link <http://www.netlogoweb.org/launch>.

digite: *Sample Models/Networks/Preferential Attachment* e clique na opção que aparece.

**Figura 111** – Dinâmica de criação de rede livre de escala

Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site de simulação do NetLogo Web.

Clique em *setup* (Figura 111) para criar uma rede com poucos nós. Em seguida, clique em *go* (Figura 111) e verifique a dinâmica de criação de uma rede livre de escala.



## Considerações do capítulo

Neste capítulo, o direcionamento foi sobre as redes de livres escala, que, diferente das anteriores, representam fenômenos reais. Elas seguem a lei da potência e, por intermédio, o popular modelo *Barabási-Albert*, onde um nó de alto grau liga-se a nós com numerosas ligações.

A primeira atividade teve papel de expressar a atuação da lei de potência em uma rede livre de escala gerada no Pajek, dada que a rede divergiu escassamente do modelo *Barabási-Albert*.

Na segunda atividade, com o modelo empregado nas atividades passadas e utilizando o NetLogo, foi possível demonstrar a criação de uma rede de livre escala de forma prática.



PARTE III



# Aplicação



## Redes de citação

Quando se elabora algum tipo de documento - artigos, teses, livros etc. -, deve-se colocar as referências das informações ali contidas. Visto isso, existe um tipo de rede que é especializada nesses tipos de conexões: redes de citação. Com elas é possível visualizar e analisar quais autores são mais citados em suas respectivas áreas, bem como quem eles mais citam.

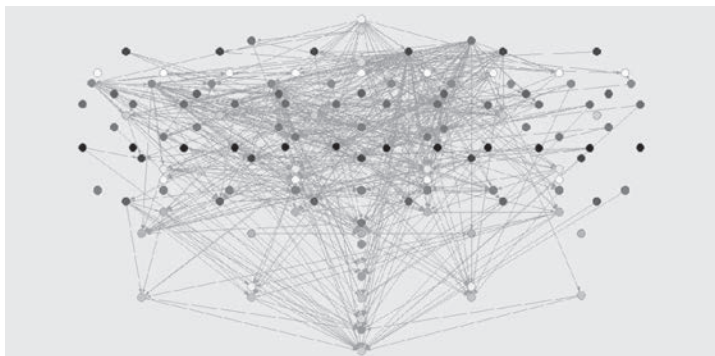
### Atividade 1

Nesta atividade, abordaremos as redes de citação no Pajek. Inicialmente, baixe e abra o projeto `CentralityLiterature.paj`.<sup>1</sup> Essa rede representa uma rede de citação de artigos que discutem o tema de centralidade nas redes. Os artigos são os vértices da rede, as citações

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/data/esna/centrality.htm>.

são as arestas direcionadas da rede e os anos de publicação são as partições da rede.



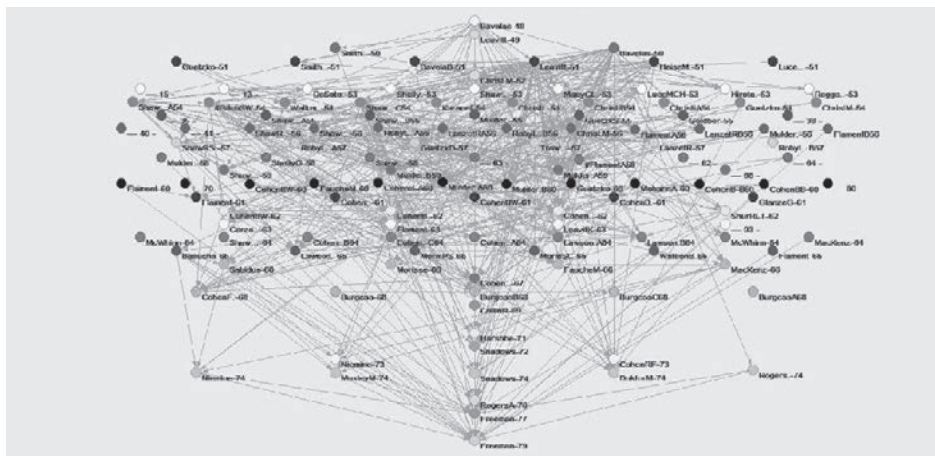
**Figura 112** – Visualização da rede *centrality\_literature.net* com partição

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Desenhe a rede com partição para visualizá-la (Figura 112).

Habilite a visualização de cada nó pelo autor e ano do artigo usando: *Options; Mark Vertices using; Labels*. Analisando a Figura 113, note que apareceram nomes seguidos de números. Eles representam os autores e os anos de publicação dos artigos.

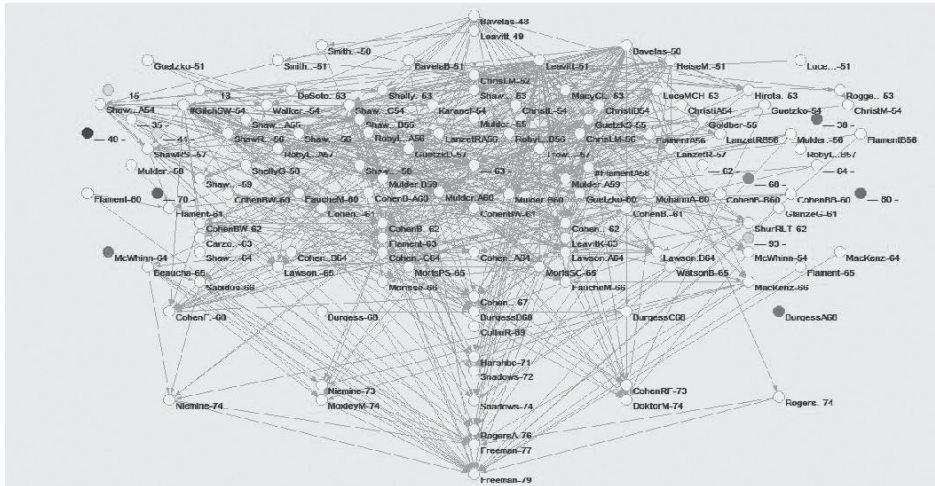
**Figura 113** – Visualização dos autores e anos dos artigos



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Identifique os grupos fracamente conectados usando: *Network; Create Partition; Components; Weak*. Em seguida, desenhe a rede com partição. Perceba que, com essa separação, todos os nós que não fazem ligações estão coloridos com cores diferentes de amarelo (Figura 114).

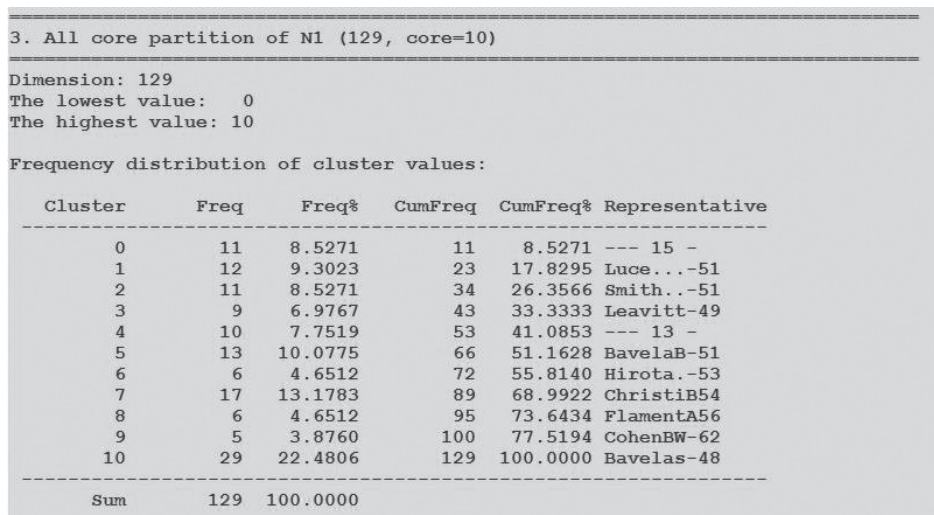
**Figura 114** – Identificação dos grupos fracamente conectador



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Faça uma análise dos subgrupos presentes na rede de citação pelo método dos *k*-Cores usando: *Network; Create Partition; k-Core; All*. Em seguida, identifique quantos *cores* foram identificados, assim como suas quantidades, usando: *Partition; Info* (Figura 115).

**Figura 115** – Identificação de subgrupos presentes na rede utilizando k-cores

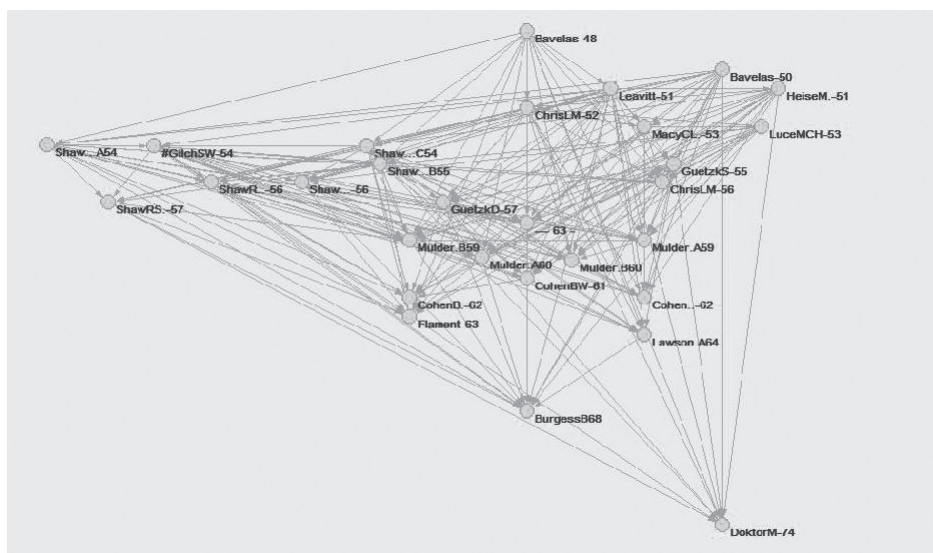


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



Agora, extraia - da rede original - a sub-rede com o *core* que contém a maior quantidade de nós. Para isso, selecione a rede *centrality\_literature.net* e use: *Operations; Network + Partition; Extract; Sub Network Induced by Union of Selected Clusters*. Na janela que abrir, coloque o *cluster* com maior quantidade de nós - no caso, 10. Desenhe a rede - com partição - gerada. Note pela Figura 116 que o *core* 10 é grupo que contém a maior quantidade de autores que se citam.

**Figura 116** - Extração de sub-rede



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Utilize o método de *main path analysis*. Ele foi desenvolvido especialmente para identificar subgrupos relevantes em redes de citações acadêmicas. Para isso, primeiro calcule os pesos das citações utilizando o critério de Search Path Count (SPC) em: *Network; Acyclic Network; Create Weighted Network + Vector; Traversal Weights; SPC*. Em seguida, visualize os pesos das citações usando: *Network; Info; Line Values; #9*. Note, pela Figura 117 que 90% das citações têm peso menor do que 0.05, enquanto um artigo tem um peso elevado (entre 0.36 e 0.41).

**Figura 117** – Saída do método *Main Path Analysis*

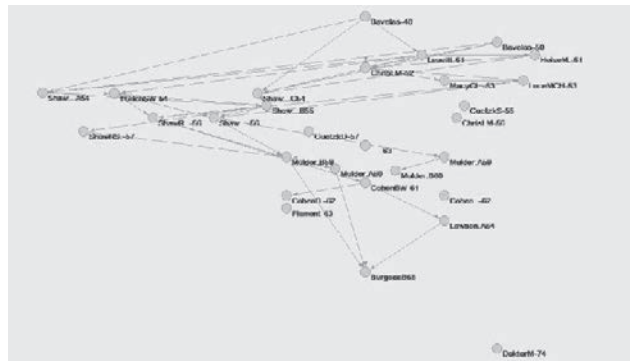
3. Citation weights SPC [flow] of N2 (29)					
Lowest value of line:		0.00049140			
Highest value of line:		0.49238329			
Line Values	Frequency	Freq%	CumFreq	CumFreq%	
(	0.0005]	0	0.0000	0	0.0000
(	0.0005 ...	104	88.0383	104	88.0383
(	0.0620 ...	18	8.6124	202	96.6507
(	0.1235 ...	6	2.8708	208	99.5215
(	0.1850 ...	0	0.0000	208	99.5215
(	0.2464 ...	0	0.0000	208	99.5215
(	0.3079 ...	0	0.0000	208	99.5215
(	0.3694 ...	0	0.0000	208	99.5215
(	0.4309 ...	1	0.4785	209	100.0000
Total		209	100.0000		

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 118** – Remoção de citações

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

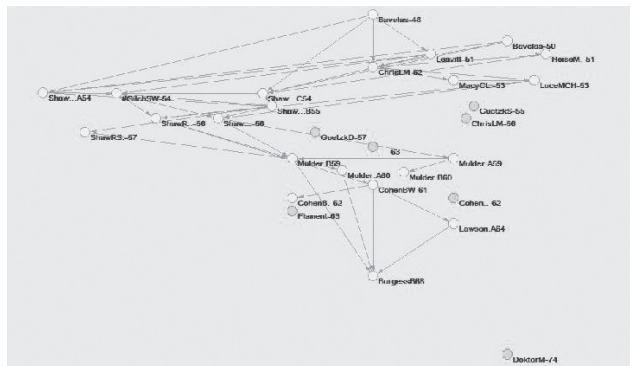
Baseado nos pesos calculados, remova da rede de citações aquelas citações com o peso menor que 0.03 – consideradas menos importantes – usando: *Network; Create New Network; Transform; Remove; Lines with Value; lower than; 0.03*. Desenhe a rede criada. Perceba na Figura 118 que a rede agora contém bem menos citações (arestas).



**Figura 119** – Identificação de subgrupos dado um parâmetro

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Identifique os subgrupos de artigos para a nova rede, utilizando o tamanho mínimo de dois nós para classificar



um subgrupo. Para isso, use: *Network; Create Partition; Components; Weak*. Desenhe a rede com as partições (Figura 119).

Em seguida, visualize as informações dos subgrupos que foram identificados usando: *Partition; Info*. Analisando a Figura 120, perceba que todos os nós isolados foram agrupados em um único subgrupo (*cluster 0*), enquanto há outro subgrupo com 22 artigos (*cluster 1*).

**Figura 120** – Visualização das informações dos subgrupos identificados

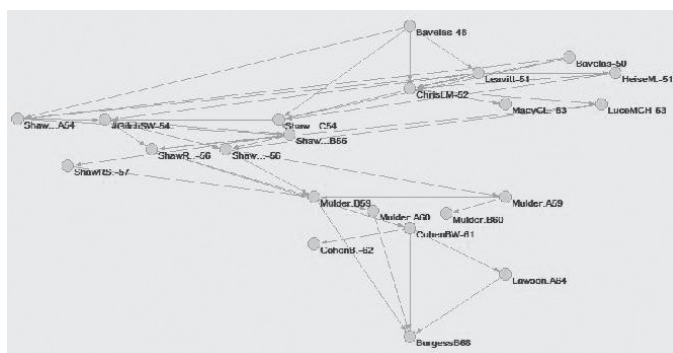
```

5. Weak Components of N4 [ >=2 ] (29, comp.=1)
-----
Dimension: 29
The lowest value: 0
The highest value: 1

Frequency distribution of cluster values:
-----
Cluster      Freq      Freq%      CumFreq      CumFreq%      Representative
-----
0             7      24.1379      7      24.1379      Guetzks-55
1            22      75.8621     29     100.0000      Bavelas-48
-----
Sum           29     100.0000
-----

```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



**Figura 121** – Extração do maior subgrupo

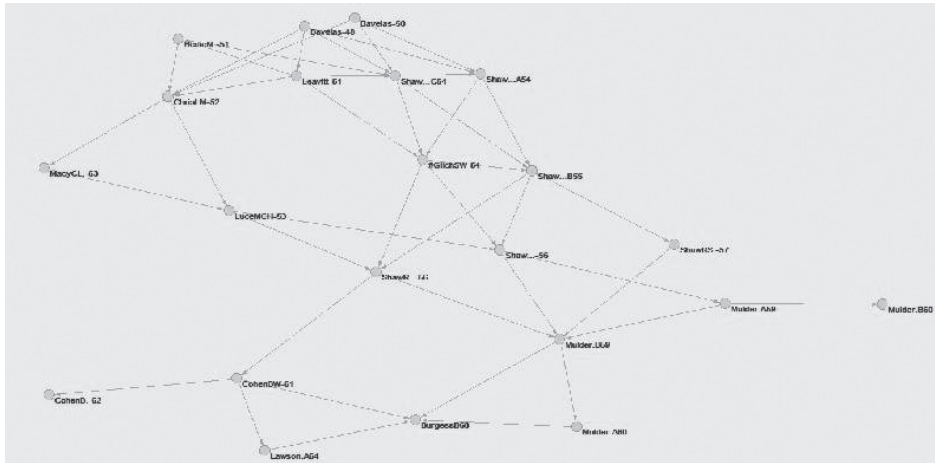
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Extraia da rede o grupo de artigos que faz parte do maior subgrupo presente na rede usando:

*Operations; Network + Partition; Sub Network Induced by Union of Selected Clusters*. Na janela que abrir, digite o *cluster* (grupo) que os artigos não isolados (no caso, 1). Desenhe a rede para visualizar. Note que os nós isolados foram removidos (Figura 121).

Mude o *layout* da rede. Para isso, com a rede desenhada, use: *Layout; Energy; Fruchtermann-Reingold; 2D* (Figura 122).

**Figura 122** – Rede no *layout Fruchterman-Reingold 2D*



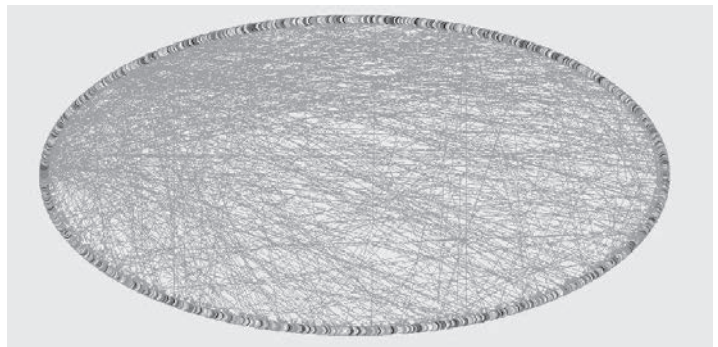
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

## Atividade 2

**Figura 123** – Visualização da rede *PhD.net* com partição

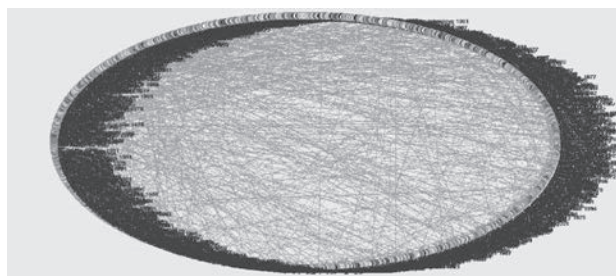
Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Nesta atividade, continuaremos a abordar sobre redes de citação no Pajek. Para



essa atividade, baixe e abra o projeto *PhD.paj*. O projeto *PhD.paj* contém um arquivo de rede – *PhD.net* – em que estudantes e orientadores são os nós da rede, e a conexão entre eles são as arestas direcionadas da rede – sendo que cada aresta aponta do orientador para o estudante. O projeto *PhD.paj* também contém um arquivo de partição – *PhD\_year.clu*, que rotula os pesquisadores de acordo com o ano em que eles obtiveram o PhD.

Desenhe a rede com partição para visualizá-la (Figura 123).

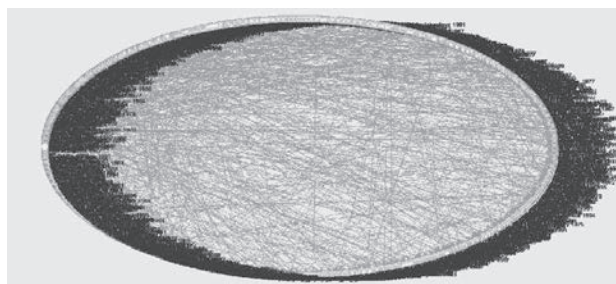


**Figura 124** – Visualização dos rótulos dos nós da rede *PhD.net*

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Habilite a visualização dos rótulos de cada nó. Para isso, com a rede desenhada, use:

*Options; Mark Vertices using; Labels*. Note que agora os nomes e os anos aparecem ao lado dos nós (Figura 124).



**Figura 125** – Subgrupos pelo método dos *k-Cores*

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Faça uma análise dos subgrupos presentes na rede pelo método dos *k-Cores* usando:

*Network; Create Partition; k-Core; All*. Analisando a Figura 125, note que os nós foram agrupados em dois grupos. Em seguida, visualize quantos *cores* foram identificados, bem como a quantidade de nós presentes em cada *core* usando: *Partition; Info* (Figura 125).

**Figura 126** – Cores identificados em *PhD.net*

```
2. All core partition of N1 (1025, core=2)
-----
Dimension: 1025
The lowest value: 1
The highest value: 2
Frequency distribution of cluster values:
-----
```

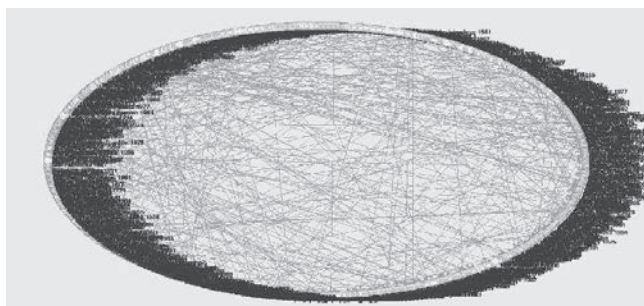
Cluster	Freq	Freq%	CumFreq	CumFreq%	Representative
1	933	91.0244	933	91.0244	Stal Aanderaa 1967
2	92	8.9756	1025	100.0000	Hao Wang
Sum	1025	100.0000			

```
-----
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 127** – Extração da sub-rede com maior quantidade de nós

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.



Extraia - da rede original - a sub-rede com o *core* que contém a maior quantidade

de de nós - nesse caso, o grupo 1. Para isso, use: *Operations; Network + Partition; Extract; Sub Network Induced by Union of Selected Clusters; 1*. Desenhe a rede com partição. Perceba que uma parte dos nós foi removida (Figura 127).

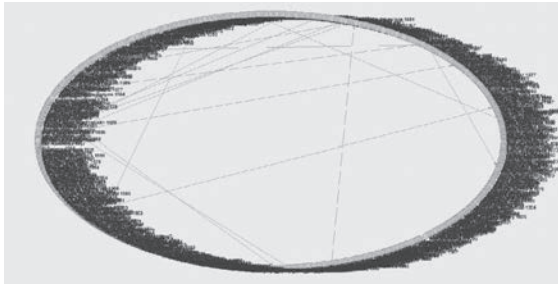
Utilize o método de *main path analysis* para identificar sub-grupos relevantes na rede. Para isso, primeiro calcule os pesos utilizando o critério de SPC usando: *Network; Acyclic Network; Create Weighted Network + Vector; Traversal Weights; SPC*. Em seguida, visualize os pesos das citações usando: *Network; Info; Line Values; #9*. Note que mais de 90% das arestas estão abaixo de 0.03 (Figura 128).

**Figura 128** – Identificação dos subgrupos relevantes na rede

3. Citation weights SPC [flow] of N2 (933)							
Lowest value of line:		0.00221/29					
Highest value of line:		0.12195129					
Line Values			frequency	Freq%	CumFreq	CumFreq%	
{		...	0.0022]	495	83.0537	495	83.0537
{	0.0022	...	0.0172]	86	14.4295	581	97.4832
{	0.0172	...	0.0322]	8	1.3423	589	98.8255
{	0.0322	...	0.0471]	3	0.5034	592	99.3289
{	0.0471	...	0.0621]	1	0.1678	593	99.4966
{	0.0621	...	0.0770]	2	0.3356	595	99.8322
{	0.0770	...	0.0920]	0	0.0000	595	99.8322
{	0.0920	...	0.1070]	0	0.0000	595	99.8322
{	0.1070	...	0.1220]	1	0.1678	596	100.0000
Total				596	100.0000		

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

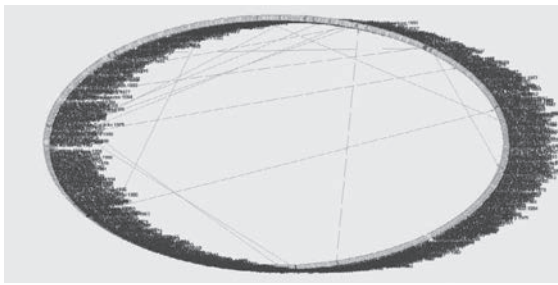
Remova da rede as citações abaixo de 0.01 usando: *Network; Create New Network; Transform; Re-move Lines with Value lower than; 0.0015*. Desenhe a rede para visualizar. Note que muitas arestas foram removidas (Figura 129).



**Figura 129** – Remoção de citações da rede

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Identifique os componentes fracamente conectados da rede usando: *Network; Create Partition; Components; Weak*. Uma janela irá abrir. Nela, coloca-se o tamanho mínimo a ser considerado como não fraco. Use 2. Desenhe a rede – com partição – criada (Figura 130).



**Figura 130** – Identificação de componentes fracamente conectados

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Visualize as informações dos subgrupos que foram identificados usando: *Partition; Info*. Olhando

a Figura 131, note que todos os nós isolados foram agrupados no *cluster 0*, sendo o com maior quantidade de nós o *cluster 5*.

**Figura 131** – Visualização das informações dos subgrupos

```

4. Weak Components of N4 [>=2] (933, comp.=13)
-----
Dimension: 933
The lowest value: 0
The highest value: 13

Frequency distribution of cluster values:
-----

```

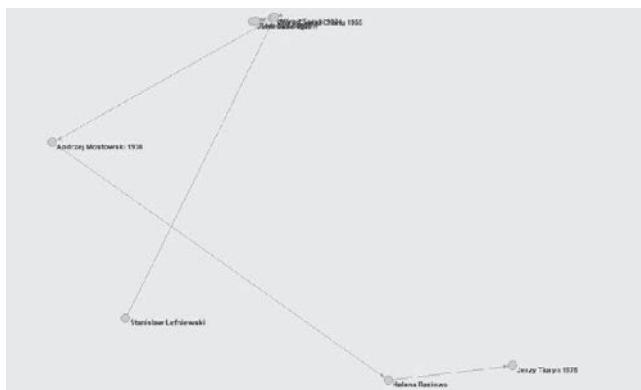
Cluster	Freq	Freq%	CumFreq	CumFreq%	Representative
0	887	95.0697	887	95.0697	Stal Aanderaa 1967
1	2	0.2144	889	95.2840	Michael J. Fischer 1968
2	6	0.6431	895	95.9271	John Addison 1955
3	2	0.2144	897	96.1415	Howard Aiken 1939
4	2	0.2144	899	96.3558	Franco Preparata 1959
5	8	0.8574	907	97.2133	Andrzej Mostowski 1938
6	4	0.4287	911	97.6420	John Reif 1977
7	6	0.6431	917	98.2851	? Biezeno
8	4	0.4287	921	98.7138	Jeffrey Ullman 1966
9	2	0.2144	923	98.9282	John H. Holland 1959
10	2	0.2144	925	99.1426	Jack Edmonds
11	3	0.3215	928	99.4641	Leslie G. Valiant 1973
12	3	0.3215	931	99.7856	Donald Fussell
13	2	0.2144	933	100.0000	J.F. Traub 1959
Sum	933	100.0000			

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 132** – Extração do maior subgrupo de uma rede

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Extraia da rede o maior subgrupo presente na rede usando: *Operations; Network + Partition; Sub Network Induced by Union of Selected Clusters; 5*. Desenhe a rede para visualizá-la (Figura 132).



**Figura 133** – Visualização no layout Fruchtermann-Reingold 2D

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Mude o *layout* para uma melhor visualização usando: *Layout; Energy; Fruchtermann-Reingold; 2D* (Figura 133).



### Atividade 3

Nesta atividade, continuaremos a abordagem sobre redes de citação no Pajek, com novas redes. Sendo assim, baixe e abra a rede [AuthorCitationNetwork.net](http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/64962/136/AuthorCitationNetwork.net).<sup>2</sup> Essa rede representa uma rede valorada que contém quantos artigos um autor *A* citam de um autor *B*.

<sup>2</sup> Disponível em: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/64962/136/AuthorCitationNetwork.net>.



Em seguida, baixe e abra também a rede CoAuthorshipNetwork.net.<sup>3</sup> Essa rede representa uma rede valorada que contém quantos artigos dois autores têm em coautoria.

Calcule a densidade da rede AuthorCitationNetwork.net. Para isso, primeiro selecione a rede *Author-CitationNetwork.net* no Drop-DownList de *Networks* e use: *Network; Info; General* (Figura 134).

**Figura 134** – Cálculo da densidade da rede AuthorCitationNetwork.net

```

1. C:\Users\vsjesus\Downloads\AuthorCitationNetwork.net (1559)
-----
Number of vertices (n): 1559
-----

```

	Arcs	Edges
Number of lines with value=1	31447	0
Number of lines with value#1	20549	0
Total number of lines	51996	0
Number of loops	1044	0
Number of multiple lines	0	0

```

-----
Density [loops allowed] = 0.02139330
Average Degree = 66.70429763

```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 135** – Cálculo da densidade da rede CoAuthorshipNetwork.net

```

2. C:\Users\vsjesus\Downloads\CoAuthorshipNetwork.net (1559)
-----
Number of vertices (n): 1559
-----

```

	Arcs	Edges
Number of lines with value=1	0	4591
Number of lines with value#1	0	2655
Total number of lines	0	7246
Number of loops	0	0
Number of multiple lines	0	0

```

-----
Density1 [loops allowed] = 0.00596261
Density2 [no loops allowed] = 0.00596643
Average Degree = 9.29570237

```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

<sup>3</sup> Disponível em: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/64962/138/CoAuthorship-Network.net>.

Calcule a densidade da rede CoAuthorshipNetwork.net. Para isso, primeiro selecione a rede CoAuthorshipNetwork.net no DropDownList de *Networks* e use: *Network; Info; General* (Figura 135).

Perceba que a rede AuthorCitationNetwork.net tem a maior densidade, pois contém mais citações entre os autores.

Agora, calculemos algumas medidas da rede CoAuthorshipNetwork.net. Para isso, selecione a rede CoAuthorshipNetwork.net no DropDownList de *Networks* e calcule a centralidade por grau (de entrada) usando: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; Input* (Figura 136).

**Figura 136** – Cálculo da centralidade por grau de entrada da rede CoAuthorshipNetwork.net

```
Input degree centrality of 2. C:\Users\vsjesus\Downloads\CoAuthorshipNetwork.net (1559)
-----
Working...
-----
Network Input Degree Centralization = 0.03322896
-----
Time spent: 0:00:00
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione a rede CoAuthorshipNetwork.net novamente e calcule a proximidade (de entrada) usando: *Network; Create Vector; Centrality; Closeness; Input* (Figura 137).

**Figura 137** – Cálculo da proximidade de entrada da rede CoAuthorshipNetwork.net

```
Input closeness centrality of 2. C:\Users\vsjesus\Downloads\CoAuthorshipNetwork.net (1559)
-----
Working...
12.83% finished. Time spent: 0:00:00
25.66% finished. Time spent: 0:00:00
38.49% finished. Time spent: 0:00:00
51.31% finished. Time spent: 0:00:00
64.14% finished. Time spent: 0:00:00
76.97% finished. Time spent: 0:00:00
89.80% finished. Time spent: 0:00:00
-----
Closeness Centralization cannot be computed since the network is not strongly connected!
-----
Time spent: 0:00:00
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione a rede CoAuthorshipNetwork.net novamente e calcule a intermediação usando: *Network; Create Vector; Centrality; Betweenness* (Figura 138).

**Figura 138** – Cálculo da intermediação da rede *CoAuthorshipNetwork.net*

```
=====
Betweenness centrality of 2. C:\Users\vsjesus\Downloads\CoAuthorshipNetwork.net (1559)
=====
Working...
12.83% finished. Time spent: 0:00:00
25.66% finished. Time spent: 0:00:00
38.49% finished. Time spent: 0:00:00
51.31% finished. Time spent: 0:00:00
64.14% finished. Time spent: 0:00:00
76.97% finished. Time spent: 0:00:00
89.80% finished. Time spent: 0:00:00
-----
Network Betweenness Centralization = 0.04501195
Time spent: 0:00:00
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Agora façamos um processo parecido com a rede *AuthorCitationNetwork.net*. Selecione a rede *Author-CitationNetwork.net* no DropDownList de *Networks* e calcule a centralidade por grau (de entrada) usando: *Network; Create Vector; Centrality; Degree; Input* (Figura 139).

**Figura 139** – Cálculo da centralidade por grau de entrada da rede *AuthorCitationNetwork.net*

```
=====
Input degree centrality of 1. C:\Users\vsjesus\Downloads\AuthorCitationNetwork.net (1559)
=====
Working...
-----
Degree centralization cannot be computed since the network contains loops!
-----
Time spent: 0:00:00
```

Fonte: elaboração dos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione a rede *AuthorCitationNetwork.net* novamente e calcule o prestígio de proximidade (de entrada) usando: *Network; Create Vector; Centrality; Proximity Prestige; Input* (Figura 140).

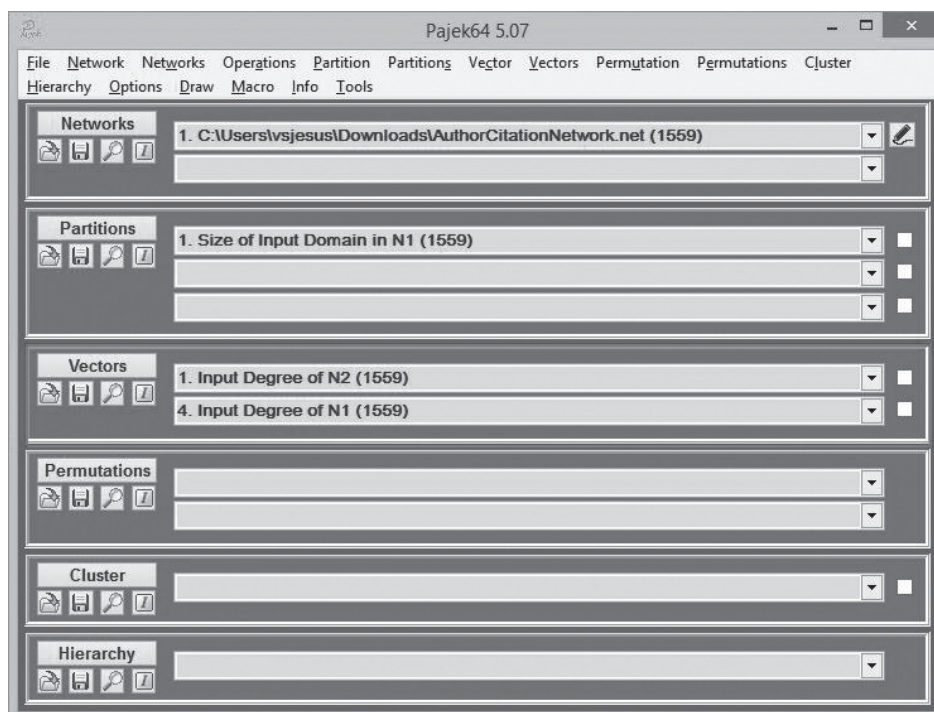
**Figura140** – Cálculo do prestígio de proximidade de entrada da rede *AuthorCitationNetwork.net*

```
=====
Input Proximity Prestige
=====
Time spent: 0:00:03
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Com base em todas as medidas calculadas, calcule o maior coeficiente de correlação entre os vetores de redes diferentes. Para isso, utilize a DropDownList de *Vectors* para selecionar o vetor *Input Degree of N2* da rede *CoAuthorshipNetwork.net* na primeira DropDownList e *Input Degree of N1* da rede *AuthorCitationNetwork.net* na segunda DropDownList (Figura 141).

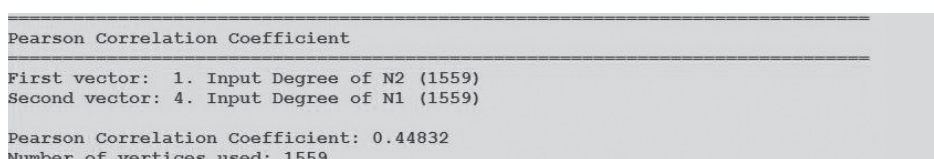
**Figura 141** - Coeficiente de correlação entre vetores



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Em seguida, calcule o coeficiente de correlação entres os dois vetores usando: *Vectors; Info* (Figura 142).

**Figura 142** - Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (1)



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Façamos o mesmo com os outros vetores. Selecione *Input Degree of N2* na primeira DropDownList e *Normalized Size of Input Domain in N1* na segunda DropDownlist. Em seguida, calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 143).

**Figura 143** – Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (2)

Pearson Correlation Coefficient
First vector: 1. Input Degree of N2 (1559)
Second vector: 5. Normalized Size of Input Domain in N1 (1559)
Pearson Correlation Coefficient: 0.06088
Number of vertices used: 1559

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Input Degree of N2* na primeira DropDownList e *Average Distance from Input Domain in N1* na segunda DropDownlist. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 144).

**Figura 144** – Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (3)

Pearson Correlation Coefficient
First vector: 1. Input Degree of N2 (1559)
Second vector: 6. Average Distance from Input Domain in N1 (1559)
Pearson Correlation Coefficient: -0.24625
Number of vertices used: 1387

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Input Degree of N2* na primeira DropDownList e *Input Proximity Prestige of N1* na segunda DropDownlist. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 145).

**Figura 145** – Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (4)

Pearson Correlation Coefficient
First vector: 1. Input Degree of N2 (1559)
Second vector: 7. Input Proximity Prestige of N1 (1559)
Pearson Correlation Coefficient: 0.21468
Number of vertices used: 1559

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Input closeness centrality of N2* na primeira Drop-DownList e *Input Degree of N1* na segunda DropDownList. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 146).

**Figura 146** - Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (5)

Pearson Correlation Coefficient
First vector: 2. Input closeness centrality in N2 (1559)
Second vector: 4. Input Degree of N1 (1559)
Pearson Correlation Coefficient: 0.34246
Number of vertices used: 1559

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Input closeness centrality of N2* na primeira Drop-DownList e *Normalized Size of Input Domain in N1* na segunda DropDownList. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 147).

**Figura 147** - Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (6)

Pearson Correlation Coefficient
First vector: 2. Input closeness centrality in N2 (1559)
Second vector: 5. Normalized Size of Input Domain in N1 (1559)
Pearson Correlation Coefficient: 0.26619
Number of vertices used: 1559

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Input closeness centrality of N2* na primeira Drop-DownList e *Average Distance from Input Domain in N1* na segunda DropDownList. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 148).

**Figura 148** - Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (7)

Pearson Correlation Coefficient
First vector: 2. Input closeness centrality in N2 (1559)
Second vector: 6. Average Distance from Input Domain in N1 (1559)
Pearson Correlation Coefficient: -0.36479
Number of vertices used: 1387

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Input closeness centrality of N2* na primeira DropDownList e *Input Proximity Prestige of N1* na segunda DropDownList. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 149).

**Figura 149** – Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (8)

```
Pearson Correlation Coefficient
-----
First vector: 2. Input closeness centrality in N2 (1559)
Second vector: 7. Input Proximity Prestige of N1 (1559)

Pearson Correlation Coefficient: 0.40471
Number of vertices used: 1559
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Betweenness centrality in N2* na primeira DropDownList e *Input Degree of N1* na segunda DropDownList. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 150).

**Figura 150** – Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (9)

```
Pearson Correlation Coefficient
-----
First vector: 3. Betweenness centrality in N2 (1559)
Second vector: 4. Input Degree of N1 (1559)

Pearson Correlation Coefficient: 0.47735
Number of vertices used: 1559
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Betweenness centrality in N2* na primeira DropDownList e *Normalized Size of Input Domain in N1* na segunda DropDownList. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 151).

**Figura 151** – Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (10)

```
Pearson Correlation Coefficient
-----
First vector: 3. Betweenness centrality in N2 (1559)
Second vector: 5. Normalized Size of Input Domain in N1 (1559)

Pearson Correlation Coefficient: 0.13625
Number of vertices used: 1559
```

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Betweenness centrality in N2* na primeira DropDown-List e *Average Distance from Input Domain in N1* na segunda DropDown-List. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 152).

**Figura 152** – Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (11)

Pearson Correlation Coefficient
First vector: 3. Betweenness centrality in N2 (1559)
Second vector: 6. Average Distance from Input Domain in N1 (1559)
Pearson Correlation Coefficient: -0.32096
Number of vertices used: 1387

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Selecione *Betweenness centrality in N2* na primeira DropDown-List e *Input Proximity Prestige of N1* na segunda DropDown-List. Calcule o coeficiente de correlação entre eles usando *Vectors; Info* (Figura 153).

**Figura 153** – Cálculo do coeficiente de correlação entre dois vetores (12)

Pearson Correlation Coefficient
First vector: 3. Betweenness centrality in N2 (1559)
Second vector: 7. Input Proximity Prestige of N1 (1559)
Pearson Correlation Coefficient: 0.30154
Number of vertices used: 1559

Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

Baseado em todos esses cálculos, a relação com maior coeficiente é a dos vetores *Betweenness centrality in N2* da rede CoAuthorshipNetwork.net e *Input Degree of N1* da rede AuthorCitation-Network.net.

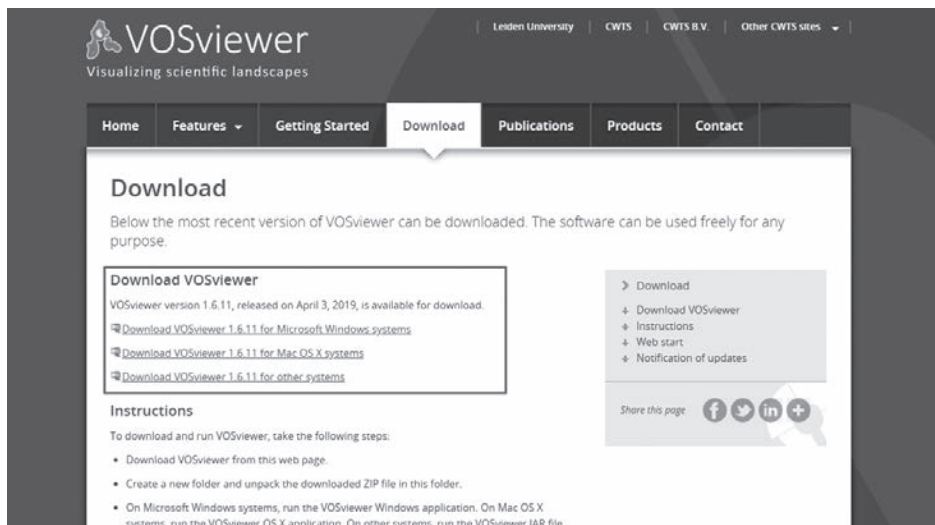
## Atividade 4

Nesta atividade, abordaremos as redes de citação no VOSviewer. VOSviewer é um *software* dedicado à visualização de coautoria em redes de citações acadêmicas. Ele suporta redes capturadas a partir de bases de dados como *Scopus*, *Web of Science* e *PubMed*.



Primeiramente, acesse o *link* (<https://www.vosviewer.com/download>) e baixe a versão correspondente ao do sistema operacional do seu computador (Figura 154).

**Figura 154** – Download do software VOSviewer

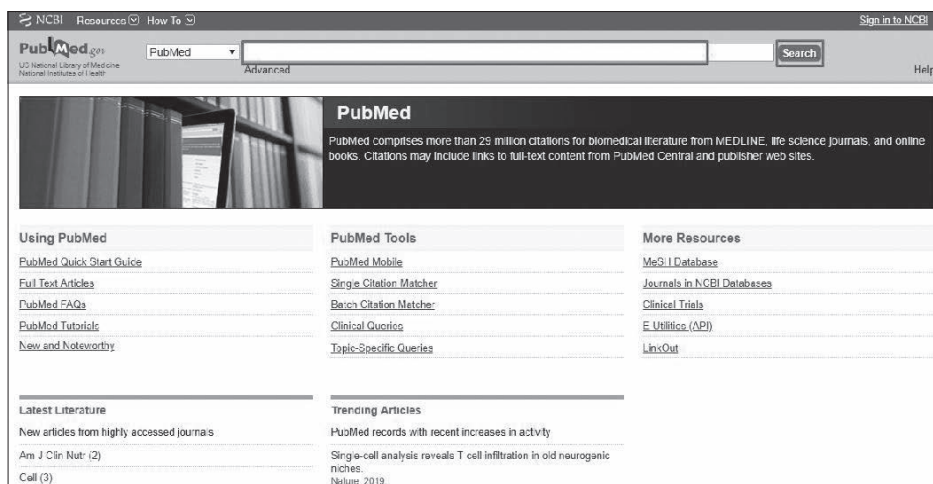


Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site do VOSviewer.

Em seguida, extraia o arquivo que foi baixado com algum programa, como o WinRAR. Agora, acesse o *site* da PubMed.<sup>4</sup> Esse é um motor de busca de livre acesso à base de dados do Sistema On-line de Busca e Análise de Literatura Médica (Medline) – base de dados bibliográficos da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos da América – de citações e resumos de artigos de investigação em biomedicina. Faça uma busca de artigos com a palavra-chave *Augmented Reality*. Para isso, digite o que deseja pesquisar na caixa de pesquisa e depois clique em *Search* (Figura 155).

<sup>4</sup> Através do link: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>.

Figura 155 – Busca no PubMed

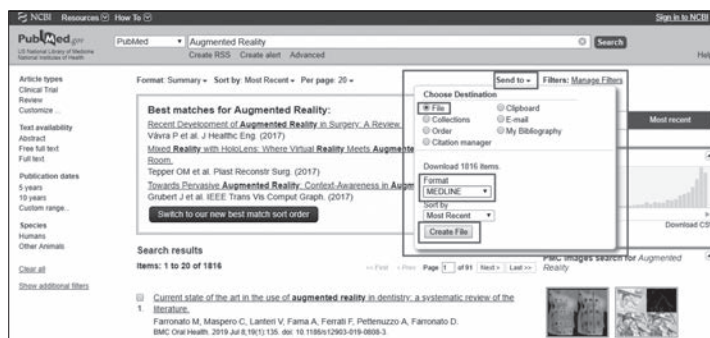


Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site do National Center for Biotechnology Information (NCBI).

Figura 156 – Arquivo com resultados de pesquisa do PubMed

Fonte: elaborada pelos autores utilizando o site do NCBI.

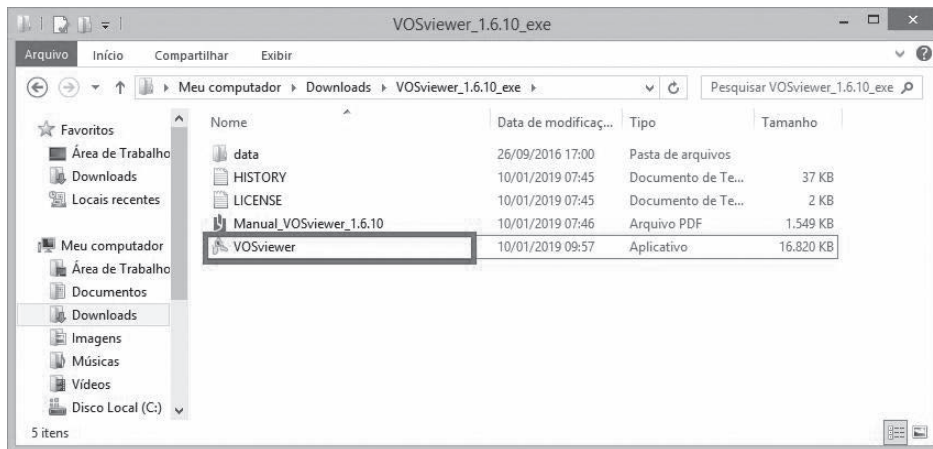
Crie um arquivo com os resultados da pesquisa. Para isso, na



própria página do PubMed, clique em *Send to*. Uma janela abrirá para escolher o destino. Selecione a opção *File*. Aparecerão duas configurações. Em *Format* selecione *Medline*. Clique em *Create File* para baixar o arquivo (Figura 156).

Agora, abra a pasta onde o VOSviewer foi extraído. Perceba que dentro dele há, dentre outros arquivos, o executável do aplicativo do VOSviewer. Clique duas vezes nele para abrir (Figura 157).

**Figura 157** – Abertura do software VOSviewer

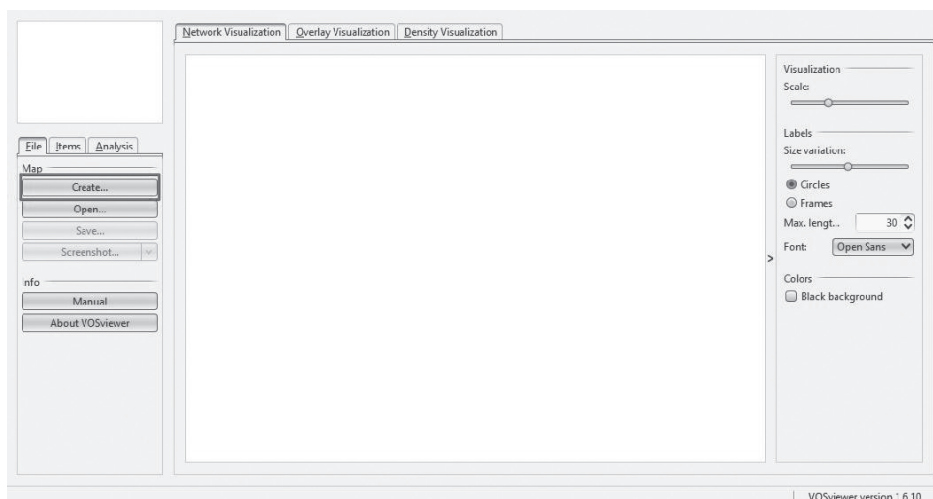


Fonte: elaborada pelos autores utilizando o explorador de arquivos do Windows.

Nele, carregue a rede de citações extraída do PubMed para o campo de pesquisa de *Augmented Reality*.

Para isso, no lado esquerdo do VOSviewer, terá uma aba com o nome *File* e nela uma seção chamada *Map*. Clique em *Create...* (Figura 158).

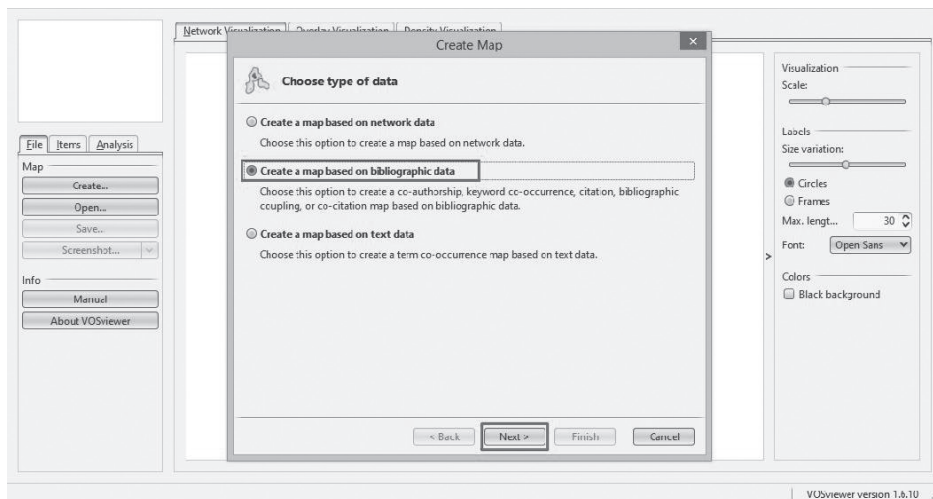
**Figura 158** – Carregando rede extraída do PubMed



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta do VOSviewer.

Abrirá uma janela. Nela, selecione *Create a map based on bibliographic data* e clique em *Next* (Figura 159).

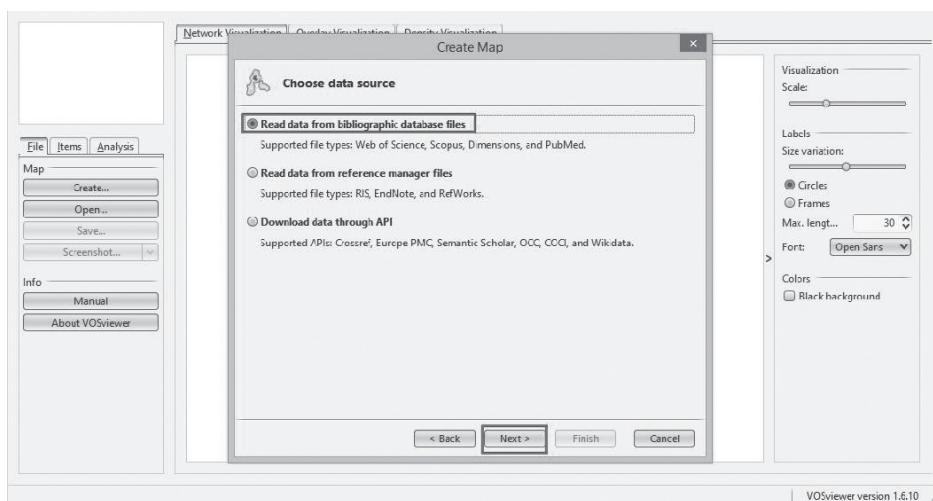
**Figura 159** – Configurações para geração da rede (1)



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta do VOSviewer.

Selecione *Read data from bibliographic database files* e clique em *Next* (Figura 160).

**Figura 160** – Configurações para geração da rede (2)

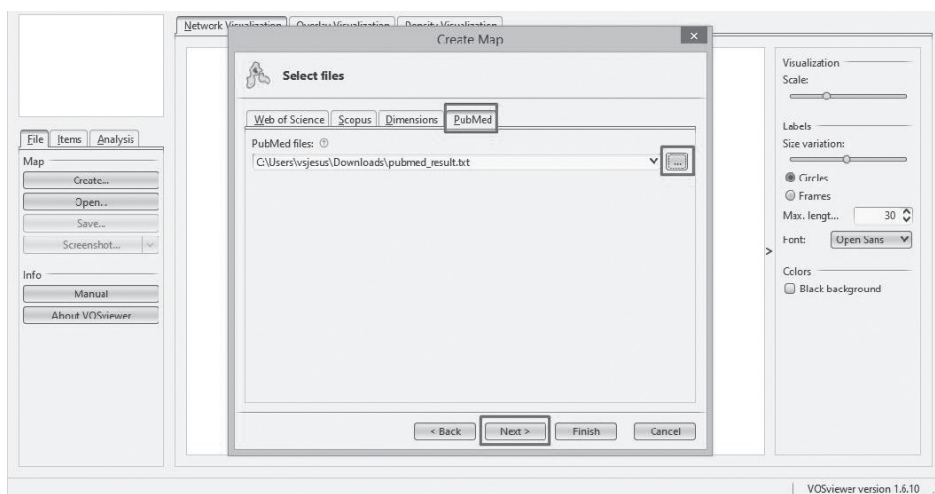


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta do VOSviewer.

Clique na aba *PubMed* depois nas reticências (três pontos) para localizar o arquivo extraído no site do PubMed anteriormente. Clique em *Next* (Figura 161).

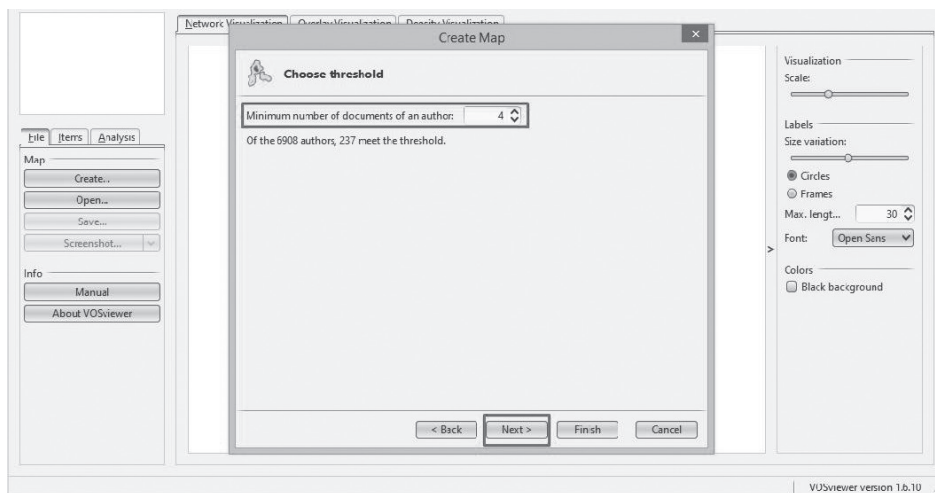
Na próxima janela, nada precisa ser alterado, então clique em *Next*. Nesta janela, defina o número mínimo de publicações por autor para quatro e clique em *Next* (Figura 162).

**Figura 161** – Configurações para geração da rede (3)



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta do VOSviewer.

**Figura 162** – Configurações para geração da rede (4)

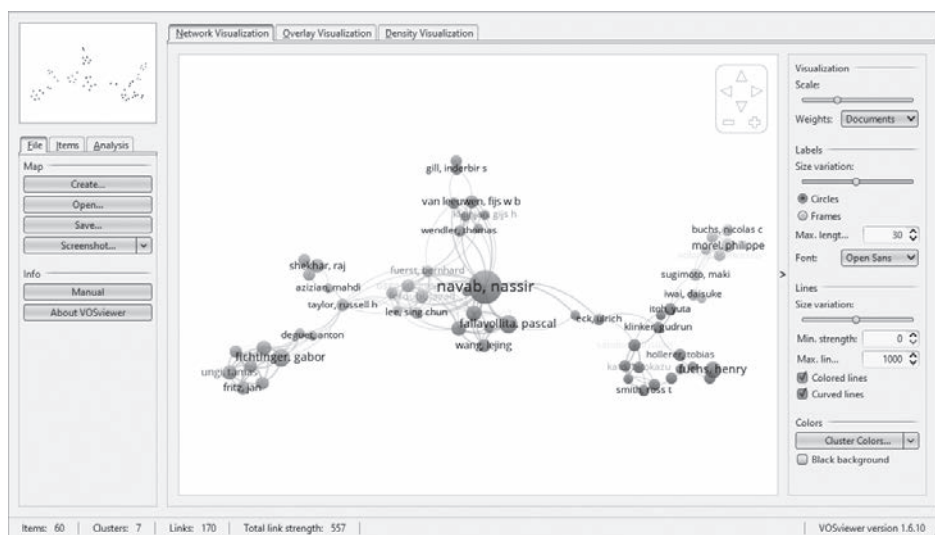


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta do VOSviewer.

Na próxima janela, é para selecionar a quantidade de autores. Nada precisa ser alterado, então clique em *Next*. Na próxima janela, é apresentada a lista de autores verificados. Nada precisa ser alterado, então clique em *Finish*. Uma mensagem aparecerá avisando que alguns itens não estão conectados e se deseja mostrar este conjunto de itens em vez de todos os itens. Clique em *Yes*.

Uma rede será desenhada no *VOSviewer* com os autores que têm conexões. Analisando a Figura 163, perceba que Nassir Navab é o pesquisador mais influente dessa área de pesquisa, não só pela quantidade de publicações – tamanho do nó –, como também pela sua posição central da rede.

**Figura 163** – Configurações para geração da rede (4)

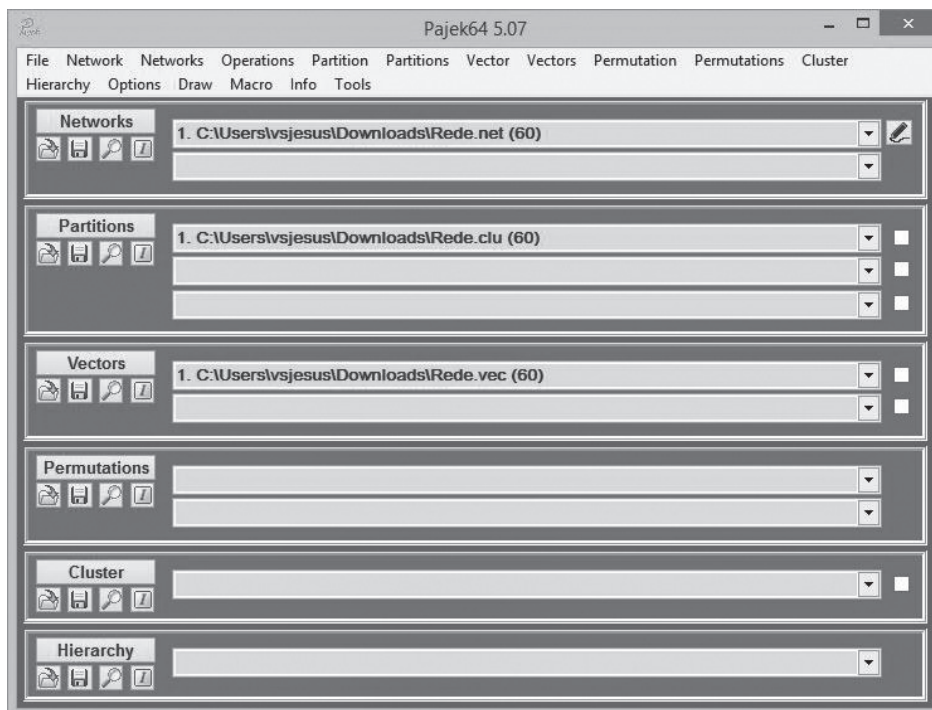


Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta do VOSviewer.

As bases de dados do VOSviewer podem ser exportadas para o Pajek. Para isso, clique em *Save* no lado esquerdo do VOSviewer em *File; Map*. Na janela que abrir, clique na aba *Pajek*. Aparecerão os campos a serem preenchidos. No nome da rede, coloque Rede.net – .net sendo a extensão para redes no Pajek – no nome da partição coloque Rede.clu – .clu sendo a extensão para partição – e no nome

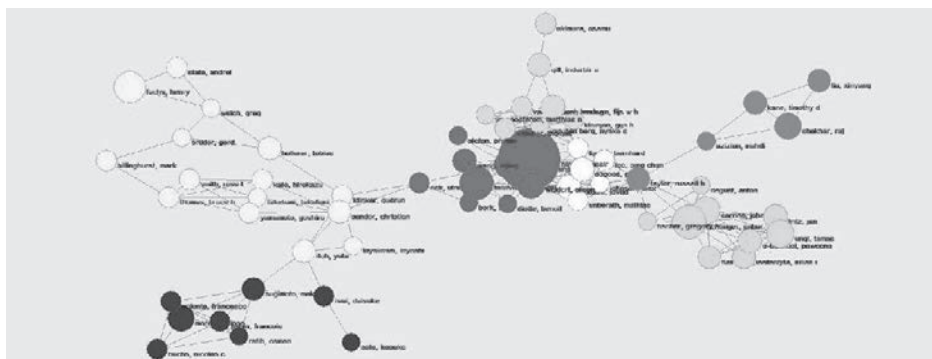
do vetor coloque Rede.vec - .vec sendo a extensão para vetor. Em seguida, clique em *OK* para confirmar. Serão gerados esses arquivos. Como esperado, eles podem ser carregados (Figura 164) e visualizados (Figura 165) normalmente no Pajek.

**Figura 164** – Abertura de base de dados exportada do VOSviewer para o Pajek



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

**Figura 165** – Visualização da rede exportada do VOSviewer para o Pajek



Fonte: elaborada pelos autores utilizando a ferramenta Pajek.

## **Considerações do capítulo**

Neste capítulo, foram apresentadas as redes de citação, um tipo de rede utilizado para modelar referências e autores. Nas atividades, foram vistas como identificar autores que não são citados, bem como subgrupos de autores com áreas correlatas.

Também foram calculadas a densidade e algumas métricas de centralidade, como proximidade e intermediação. Foi utilizada a aplicação VOSviewer para analisar redes extraídas de outras fontes sem ser o Pajek, por exemplo, o PubMed. Além disso, durante as atividades, foi feito o carregamento da rede no VOSviewer e a sua exportação de modo que pudesse ser lida no Pajek.





## Conclusão

O presente livro incorporou diversas práticas em ARS, Teoria dos Grafos, suas propriedades e métricas sob o ponto de vista multidisciplinar. Com foco para o DMMDC, este livro pode ser utilizado por alunos de graduação e pós-graduação das diversas áreas do conhecimento que buscam uma forma de começar seus estudos e obter um aprofundamento sobre a ARS.

Esta obra, composta de três partes principais: “Propriedades das redes sociais”; “tipos de redes sociais” e “aplicação”, teve o objetivo geral de disseminar o conhecimento sobre a área de teoria das redes complexas através da aplicação de exercícios e simulações de redes sociais mediante grafos para maior compreensão das relações complexas.

A primeira parte constitui de uma breve introdução das características das redes sociais, estabelecendo o que define uma rede social e de suas métricas para análise. É estudado os conceitos básicos – nós, interconexões, subgrupos, entre outros – em preparação dos assuntos dos próximos capítulos.

Já a segunda parte é atribuída a função de instruir o leitor às diferentes topologias de rede, delineadas por propriedades estatísticas como o grau de conectividade, o coeficiente de agregação ou o comprimento de caminho menor. Se encaixam nessas definições as redes aleatórias, as redes de pequeno mundo e as redes livres de escala, todas executadas na prática com o uso de simulações.

A terceira e última parte enquadra a aplicação na qual se encaixam as redes de citação, uma classificação de rede.

Apresentou-se os conceitos básicos referentes à Teoria de Grafos e seu uso na ARS. Utilizando das ferramentas Pajek e NetLogo Web, foram demonstrados como construir uma rede para representar as relações do mundo real e simular as ligações entre os seus nós. Ademais, procurou-se explicar sobre as topologias de redes sociais, redes complexas definidas por múltiplos parâmetros e moldadas por estudos acadêmicos.

Ainda com o auxílio do Pajek, são descritos exemplos para entender os tipos de estruturas e tamanhos de uma rede, bem como topologias e *layouts* para separar e visualizar grupos com interesses em comum. São abordados diferentes tipos de redes sociais e como ocorrem os seus crescimentos, além de métricas para entender as propriedades de uma rede social. Além desses, diversos outros exemplos foram apresentados no livro para a análise de redes sociais com o auxílio da referida ferramenta, organizando a rede em partições, vetores, permutações, *clusters* e hierarquias.

Os exercícios apresentados têm como objetivo promover a experiência do leitor ou aprendiz na área. A ARS, como sistema de representação do conhecimento, pode auxiliar o analista cognitivo de acordo com o contexto socioeconômico-técnico-cultural no qual será aplicada, identificado grupos, componentes, barreiras ou sub-grupos na difusão do conhecimento ou de inovação em uma rede.

Espera-se que com a leitura deste livro, a realização das atividades e dos desafios estabelecidos seja possível uma melhoria do processo de aprendizagem sobre análise de redes sociais ARS e da sua aplicabilidade, possibilitando um desenvolvimento dos estudos, produções e extensão desse tema.



## Referências

1. Paoletti T. Leonard Euler's solution to the konigsberg bridge problem [Internet]. Washington: Mathematical Association of America; 2011 [citado em 4 fev 2020]. Disponível em: <https://www.maa.org/press/periodicals/convergence/leonard-eulers-solution-to-the-konigsberg-bridge-problem>
2. Konigsberg Bridges Problem [Internet]. 2009 [citado em 4 fev de 2020]. Disponível em: <https://physics.weber.edu/carroll/honors/konigsberg.htm>
3. Freeman LC. The development of social network analysis. Vancouver: Empirical Press; 2004.
- 4 Silva, ABO; Ferreira, MAT. Gestão do conhecimento e capital social: as redes e sua importância para as empresas. Inf. Inf. [Internet]. 2007 [citado em 7 jan 2020]; 12(1):125-156. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/1777>
- 5 Binx R. Airbnb locations. [local desconhecido]: [editor desconhecido]; 2011. [citado em 6 jan 2020]. Disponível em: <http://www.visualcomplexity.com/vc/project.cfm?id=934>

6. Nooy W, Mrvar A, Batagelj V. Exploratory social network analysis with Pajek. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. (Structural analysis in the social sciences; vol. 71).
7. Santana R. Algumas métricas de análise em redes sociais [internet]. [local desconhecido]: [editor desconhecido]; 10 out. 2017 [citado em 12 ago 2019]. Disponível em: <http://rubenssantana.com/metricas-de-analise-em-redes-sociais/>
8. Wasserman S, Faust K. Social Network Analysis: Methods and Applications. Cambridge: Cambridge University Press; 1994. (Structural Analysis in the social sciences; vol. 8).
9. Pistori, H. Teoria dos Grafos – Grafos Bipartidos [Internet]. 2020 [citado em 4 fev 2020]. Disponível em: <http://www.gpec.ucdb.br/pistori/disciplinas/discreta/aulas/bipartidos.htm>
10. Marteleto RM. Análise de redes sociais - aplicação nos estudos de transferência da informação, *Ciênc Inf* [Internet]. jan-abr 2001 [citado em: 12 ago 2019]; 30(1):71-81. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652001000100009&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652001000100009&script=sci_abstract&tlng=pt)
11. Carrington PJ, Scott J, Wasserman S, editors. Models and methods in social network analysis. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. (Structural Analysis in the social sciences; vol. 37).
12. Gallo F. Tutorial de redes e um estudo de caso sobre “redes criminais”, *Rev USP* [Internet]. dez 2011-fev 2012 [citado em: 13 ago 2019]; 92:74-85. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/34887>
13. Silva GP. Unidos não consumiremos: uma análise da coesão social de uma tribo como fator de mútuas influências virtuais no anticonsumo [dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba; 2012. 232 f.
14. IBM Knowledge Center. K-core [Internet]. 2017 [citado em 14 ago 2019]. Disponível em: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/pt-br/SS3J58\\_9.0.8/com.ibm.i2.anb.doc/about\\_k\\_core.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/pt-br/SS3J58_9.0.8/com.ibm.i2.anb.doc/about_k_core.html)

15. BEZ GS, Faraco R, Angeloni MT. Aplicação da técnica de análise de redes sociais em uma instituição de ensino superior [Internet]. Anais 26ª Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, 28 a 30 novembro de 2010; Vitória (ES): ANPAD; 2010 [citado em 14 ago 2019]. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/simposio68.pdf>
16. Spearman C. The proof and measurement of association between two things. *Am J Psychol.* Jan. 1904;15(1): 72-101.
17. Facchetti G, Iacono G, Altafini C. Computing global structural balance in large-scale signed social networks. *Proc Natl Acad Sci* [Internet]. 27 Dec 2011. [citado em 6 jan 2020];108(52):20953-58. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/108/52/20953>
18. Borgatti S, Halgin D. Analyzing affiliation networks. In: Scott J, Carrington PJ, editors. *The sage handbook of social network analysis*. London : SAGE Publications; 2011. p. 417-433. vol. 1.
19. Tomaél MI, Marteleto RM. Redes sociais de dois modos: aspectos conceituais. *Transinformação* [Internet], set-dez 2013 [citado em: 16 ago 2019]; 25(3): 245-53. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-37862013000300007&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-37862013000300007&nrm=iso)
20. Brand FC, Verschoore Filho, JRS. O que se mede e o que não se mede. a utilização de medidas de análise de redes sociais nas pesquisas em administração [Internet]. Anais do 37ª Encontro da ANPAD, 7 a 11 de setembro de 2013. Rio de Janeiro (RJ): ANPAD, 2013. p. 15 [citado em 16 ago 2019]. Disponível em: [http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013\\_EnANPAD\\_EOR1108.pdf](http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_EnANPAD_EOR1108.pdf)
21. Higgins SS, Ribeiro ACA. Análise de redes em Ciências Sociais [Internet]. Brasília (DF): Enap, 2018 [citado em 23 ago 2019]. Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3337>
22. Mizruchi MS. Análise de redes sociais: avanços recentes e controvérsias atuais. *Rev Adm Empre* [internet]. jul-set 2006 [citado em 23 ago 2019]. 46(3):72-86. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75902006000300013&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75902006000300013&nrm=iso)



23. Gomes HM. Teoria de redes sociais aplicada ao problema de classificação online com mudança de conceito [dissertação]. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná; 2012, 138f. Site do programa disponível em: [https://www.ppgia.pucpr.br/pt/arquivos/mestrado/dissertacoes/2012/heitor\\_murilo\\_vf.pdf](https://www.ppgia.pucpr.br/pt/arquivos/mestrado/dissertacoes/2012/heitor_murilo_vf.pdf)
24. Cabral RS. Estudo da variabilidade de medidas em redes complexas [tese]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2013 e 128f. Site do programa disponível em: <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/286D.PDF>

## Índice

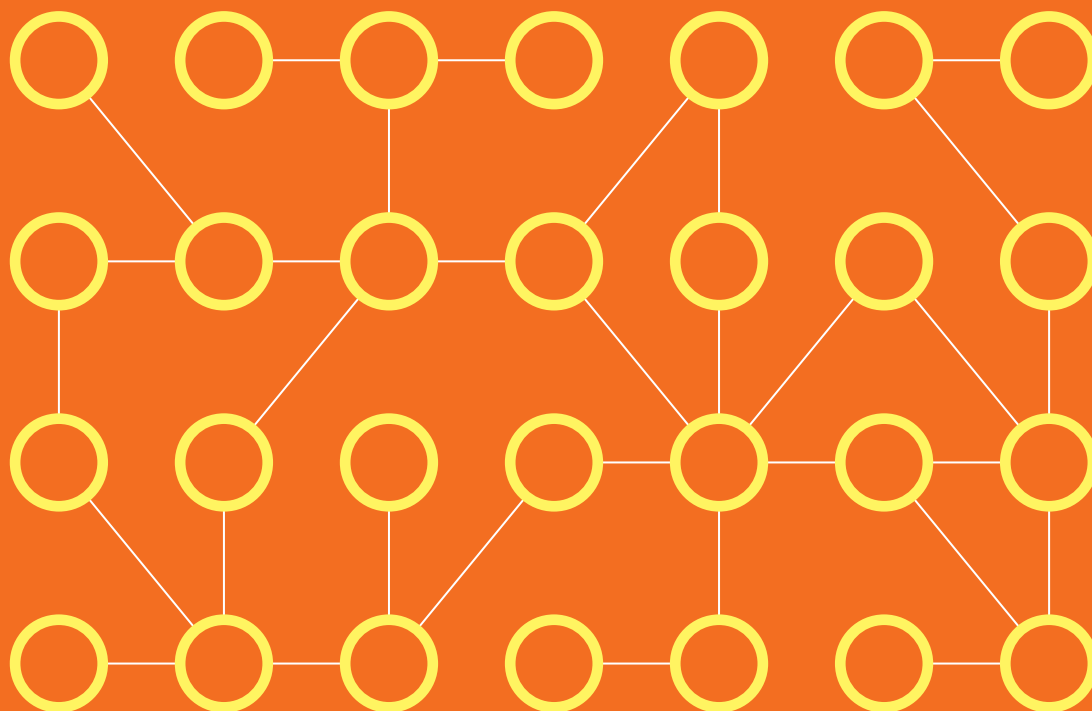
- A Amostragem da bola de neve . 37
- Análise de redes sociais . 7, 9, 10, 19, 20, 29, 138, 139
- B Balanço estrutural . 10, 59, 67, 70
- Bipartido . 29, 30, 41
- Brokers . 47, 48, 49, 57
- C Centralidade . 10, 14, 43, 44, 46, 56, 109, 121, 122, 135
- Cliques . 61, 62, 63, 69
- Cluster . 40, 61, 66, 67, 68, 70, 75, 79, 81, 82, 83, 84, 112, 114, 117, 118, 119, 138
- K K-core . 60, 61, 65, 69, 111, 116
- L Layout . 24, 25, 27, 31, 37, 67, 68, 88, 114, 115, 119, 138
- M M-slice . 74, 75, 84
- Métricas . 10, 11, 14, 29, 41, 46, 56, 135, 137, 138
- Matrizes de adjacência . 75, 84

- P Pontes . **12, 47, 49**  
Prestígio . **10, 14, 43, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 122**
- R Redes aleatórias . **87, 89, 91, 93, 95, 100, 138**  
Redes de afiliação . **10, 71**  
Redes de citação . **10, 13, 15, 109, 115, 119, 127, 135, 138**  
Redes de mundo pequeno . **95, 96, 100**  
Redes livres de escala . **101, 104, 138**  
Redes sociais . **7, 8, 9, 10, 13, 14, 17, 19, 20, 24, 27, 29, 43, 47, 50, 52, 57, 59, 64, 69, 85, 137, 138, 139**
- T Teoria dos Grafos . **7, 11, 12, 13, 137**



**E**sta obra foi publicada no formato 190 x 260 mm utilizando as fontes *Ashbury* e *Asap*. Miolo impresso na Edufba em Papel Offset 75 g/m<sup>2</sup>. Capa impressa na Gráfica 3 em Cartão Supremo 300 g/m<sup>2</sup>. Tiragem de 150 exemplares.

Salvador, 2019



Esta obra destina-se a todos aqueles com interesse no entendimento acerca de Análise de Redes Sociais (ARS). Para quem estuda modelagem e estruturação de massa de dados, esta obra possibilitará a construção de novas maneiras de organizar, visualizar e analisar conjuntos de dados que tenham algum nível de correlação.

Assim sendo, os autores presentes neste livro, de forma majoritariamente prática e didática, buscam mostrar como a ARS pode ajudar no modo de enxergar os dados nas diversas áreas do conhecimento.

ISBN 978-85-232-1975-8



9 788523 219758

