

Introdução à Ciência das Redes

Gustavo Vasconcellos Cavalcante, Dr.

Maio de 2019



“Conecto Ergo Sum”

(Björneborn, 1998)

“A verdadeira viagem da descoberta não é achar novas terras, mas ver o território com novos olhos”

Marcel Proust



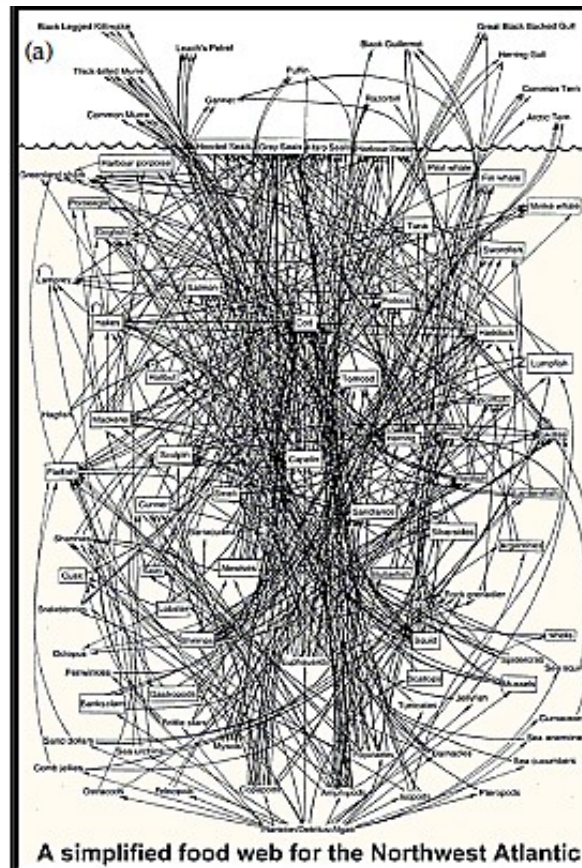
Motivação

- As Redes estão presentes no dia-a-dia de todos nós. Num dia típico:



Conscientemente ou inconscientemente estamos usando as Redes.

Motivação



Fenômenos Emergentes

- Todos os exemplos acima são exemplos dos chamados **fenômenos emergentes**.
- Isso é algum **comportamento coletivo que não pode ser previsto olhando para os elementos únicos** que formam o sistema.
- Normalmente, os sistemas que exibem esses fenômenos são chamados de **sistemas complexos**



Todo X Parte



- **Reduccionismo**
- **Propriedades fundamentais da rede estão presentes em sua própria topologia, na descrição física ou geométrica das mesmas.** Estes elementos são perdidos quando o foco deixa de ser a rede e passa a incidir apenas nos itens.
- Examinar apenas um neurônio não é o suficiente para descrever o cérebro
- Reduccionismo



Motivação



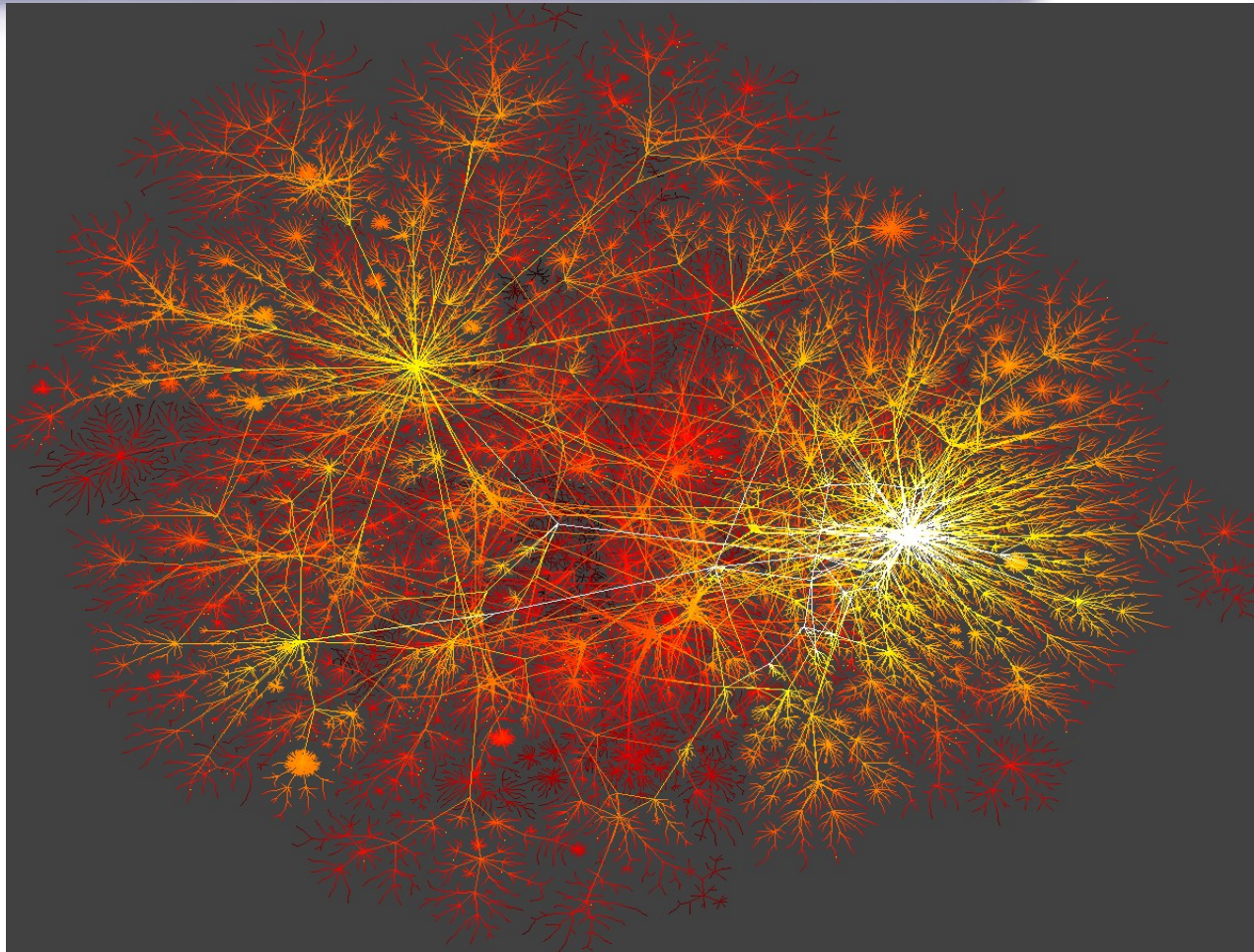
- Cientistas descobriram que a **arquitetura subjacente a vários sistemas complexos** é governada pelos mesmos **princípios organizadores**.
- Essa descoberta tem implicações para um conjunto de resultados, do desenvolvimento de medicamentos a análise do comportamento dos eleitores.

Conteúdo



- ◆ 1. Introdução
- ◆ 2. Mundo Pequeno
- ◆ 3. Concentradores e Conectores
- ◆ 4. Pareto e as Redes livre de escala
- ◆ 5. Redes e o Poder Legislativo

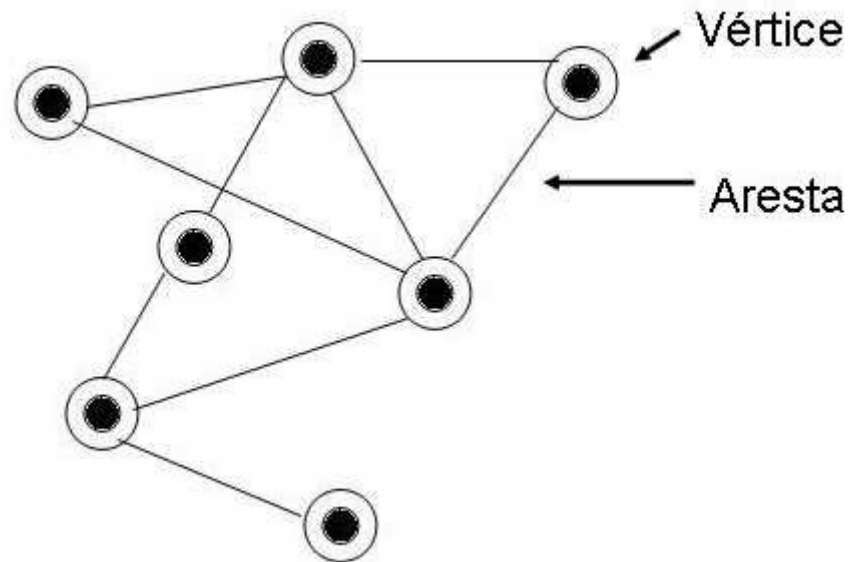
1) Introdução



Mapa da Internet

O que são Redes?

- Sistemas compostos de vértices (nós) e arestas.

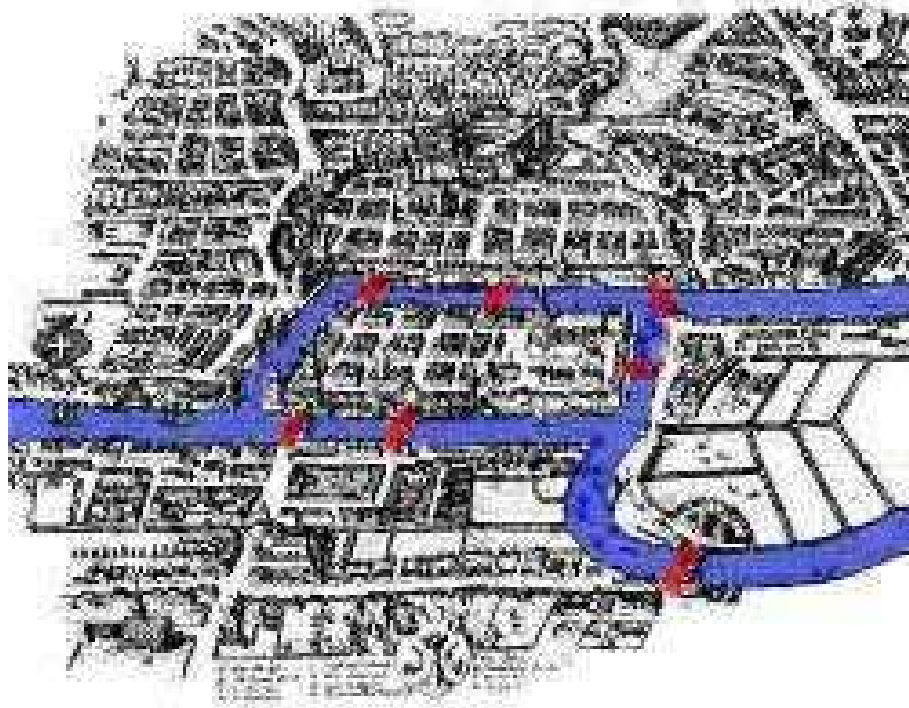


E tudo começou com a Teoria dos Grafos



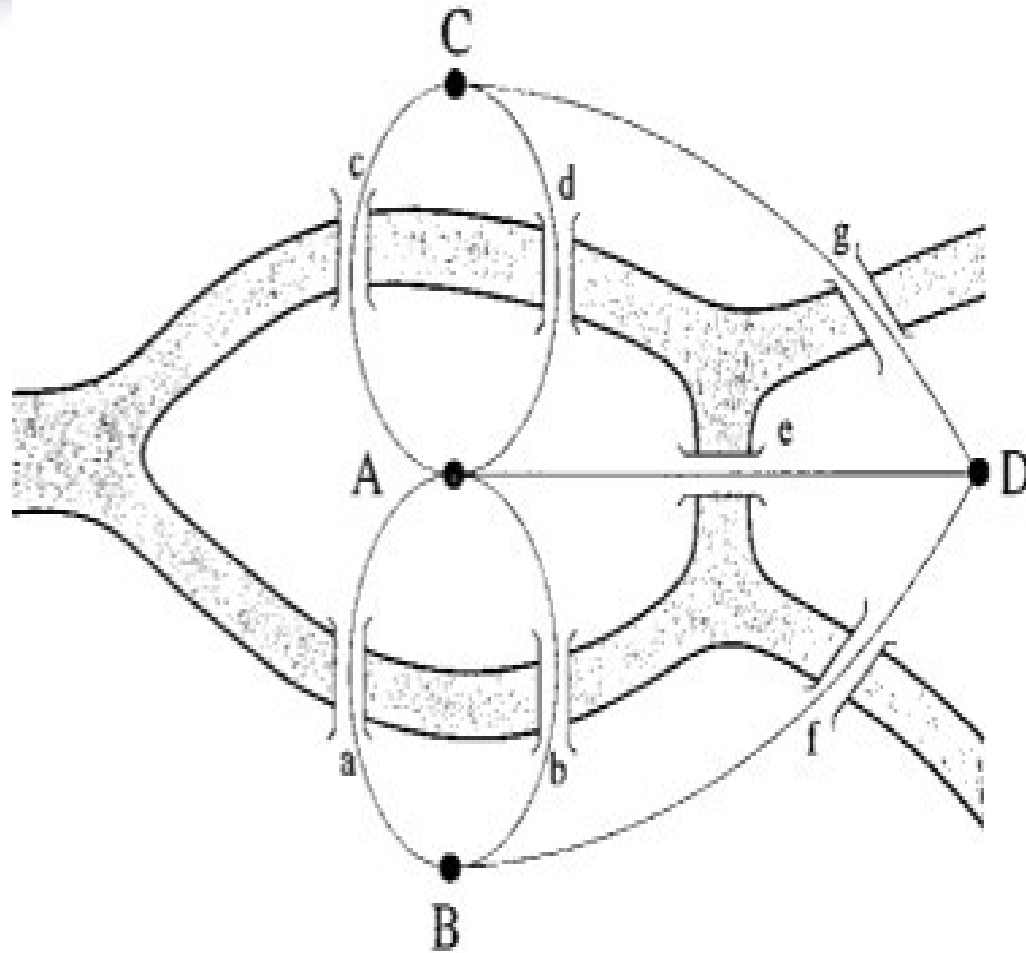
Leonhard Euler
1707 - 1783

- Considerado o pai da teoria dos grafos.



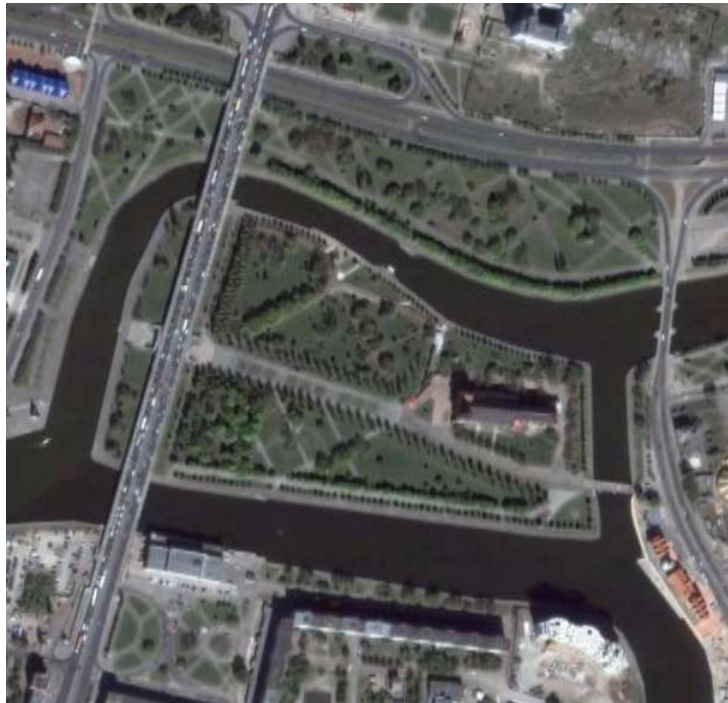
O mapa de Königsberg no século XVIII, Mostrando o rio e as sete pontes que inspiraram Euler a criar o seu primeiro grafo, criando a teoria dos grafos. Podemos cruzar as 7 pontes, nunca passando por uma ponte mais de uma vez ?

Solução do Problema...



Euler (1736) percebeu que só seria possível atravessar o caminho inteiro passando uma única vez em cada ponte se **houvessem no máximo dois pontos de onde saia um número ímpar de caminhos**

Que por curiosidade

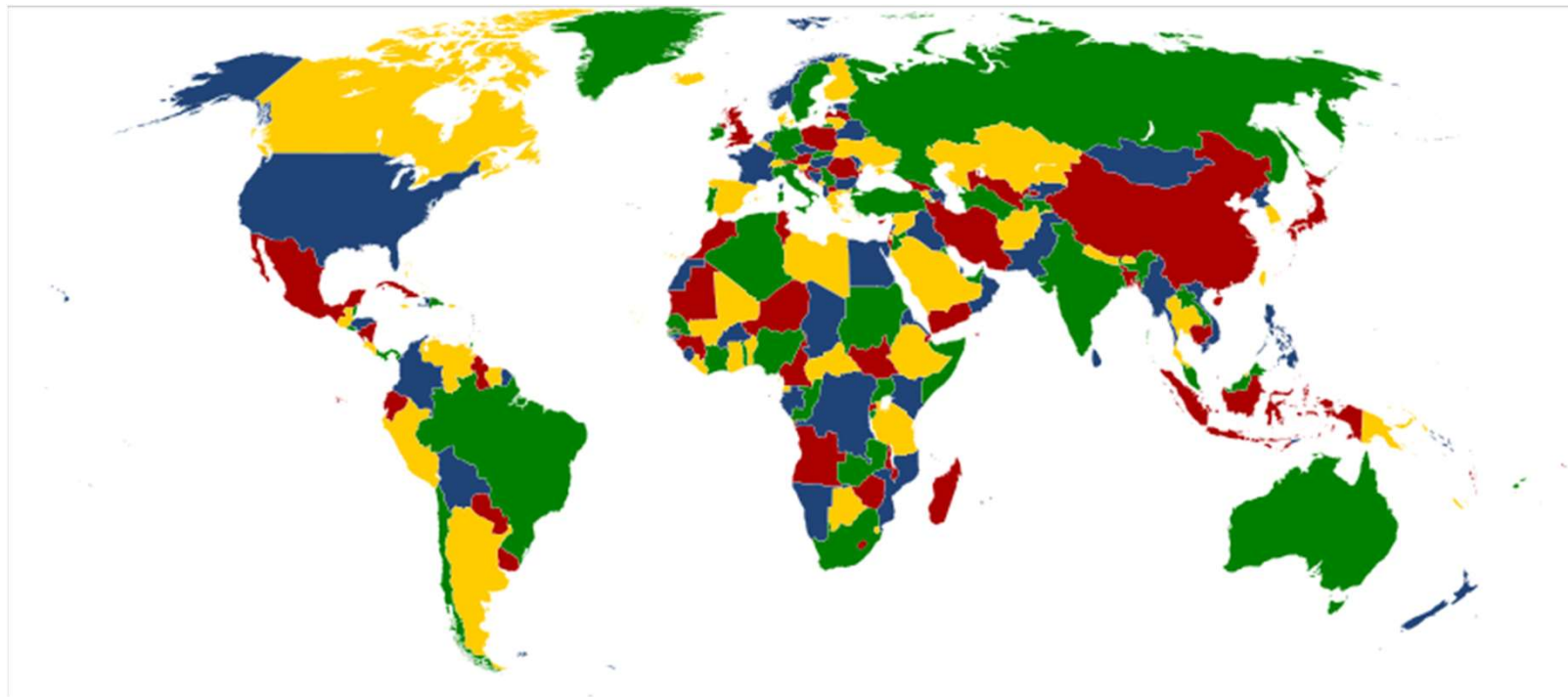


Vista aérea de Kaliningrado (antiga Königsberg). Abril de 2018 (Fonte: Google Earth)



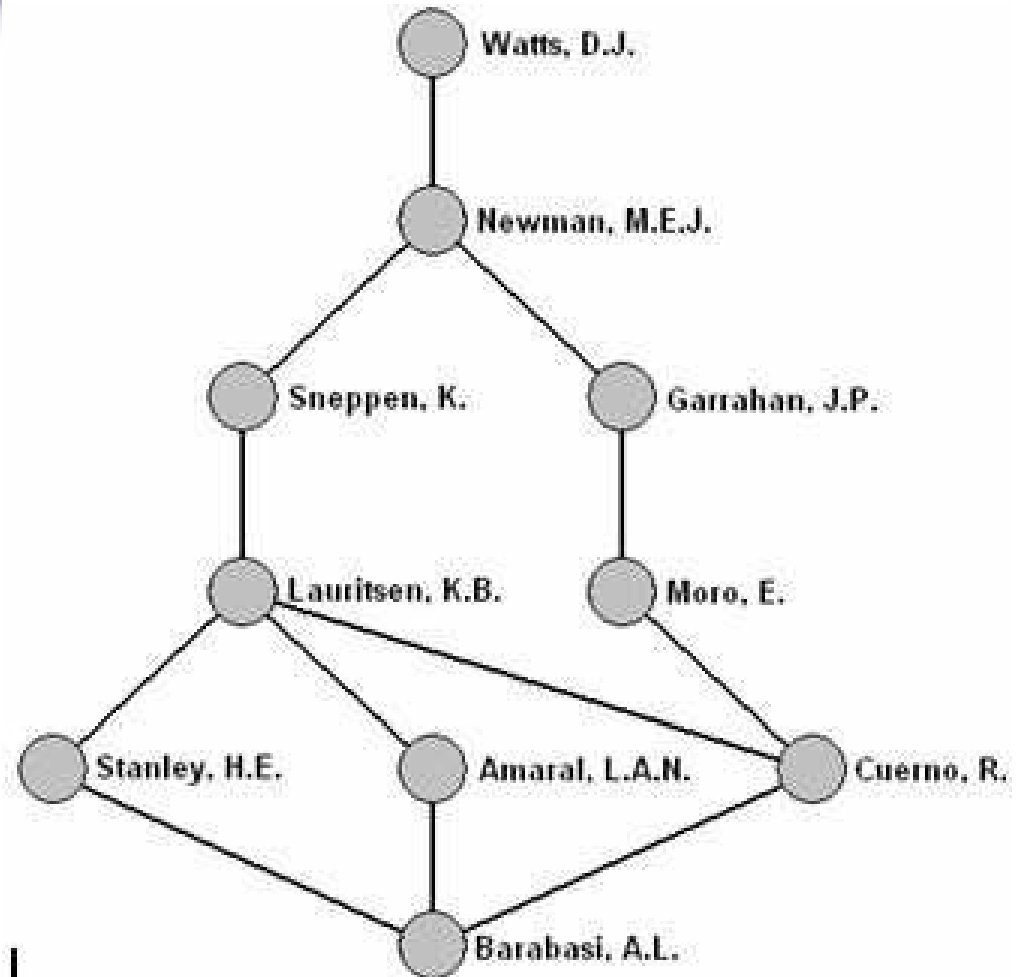
Teoria dos Grafos – 1850

teoria das n cores



Análise de Redes Sociais

- Rede Social é uma das formas de representação dos relacionamentos afetivos ou profissionais dos seres humanos entre si ou entre seus agrupamentos de interesses mútuos.



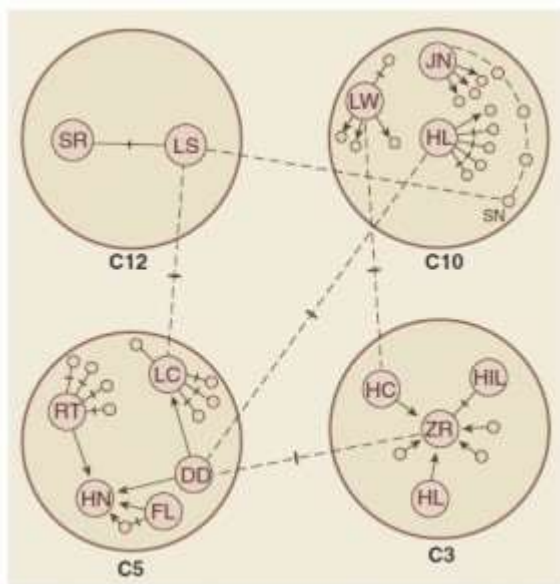
Análise de Redes Sociais

- A **Análise de Redes Sociais** esta associada a um conjunto de métodos e técnicas cujo o objetivo é a análise das relações entre atores sociais. Grande parte de sua terminologia, tais como: centralidade de ator, tamanho do caminho, componentes conectados, dentre outros, foram retirados diretamente da teoria dos grafos, ou adaptados diretamente desta ciência.
- A utilização da Análise de Redes Sociais vem crescendo de forma significativa nos últimos 20 anos em virtude do aumento da quantidade de dados disponíveis para análise.

Histórico da Análise das Redes Sociais

- **Jacob Moreno** – médico, psicólogo, dramaturgo. Foi o Criador do psicodrama, terapia em grupo e da Sociometria.

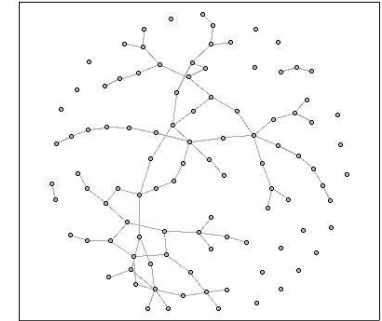
1932 – 14 garotas fugiram no *Hudson School for girls* no período de 2 semanas ...



Jacob Moreno

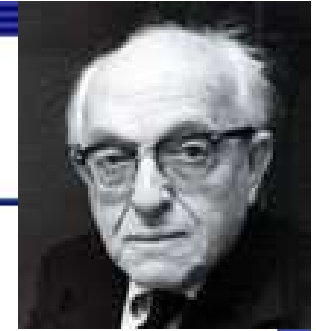
30 anos mais tarde esta técnica foi aplicada por antropólogos na tribo Arunda na Austrália ...

E agora os matemáticos



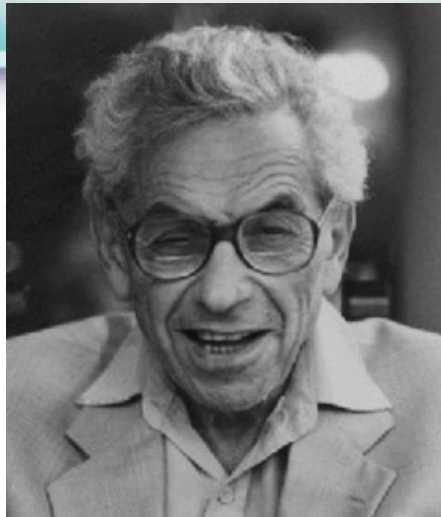
- Nas década de 50 e 60 a contribuição da matemática impulsionou o desenvolvimento das redes.
- Seu objeto de investigação era pensar em grafos como um meio pelo qual vários modos de influência - doenças e informações, por exemplo, poderiam se propagar.

Rapoport



- Nos anos 50, Rapoport estava estudando o alastramento de doenças em populações humanas como parte de grupo de pesquisa em matemática biofísica na Universidade de Chicago.
- Rapoport era um homem incomum para o seu tempo. Tinha interesse por matemática biológica em uma época em que essas ciências não se comunicavam. Era um visionário que vislumbrou décadas antes a importância e as propriedades das redes, desenvolvendo métodos que se concentravam nas propriedades estatísticas gerais das redes, como é comum atualmente, ao invés das propriedades particulares dos nós e vértices

E agora vamos para o final da Década de 50 quando dois gênios da matemática se encontram ...



Paul Erdős

- Talvez o matemático mais prolífico de todos os tempos.

Alfréd Rényi



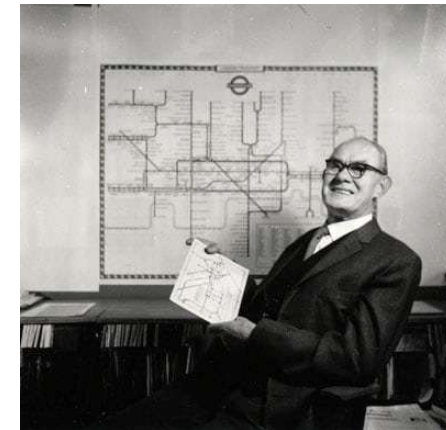
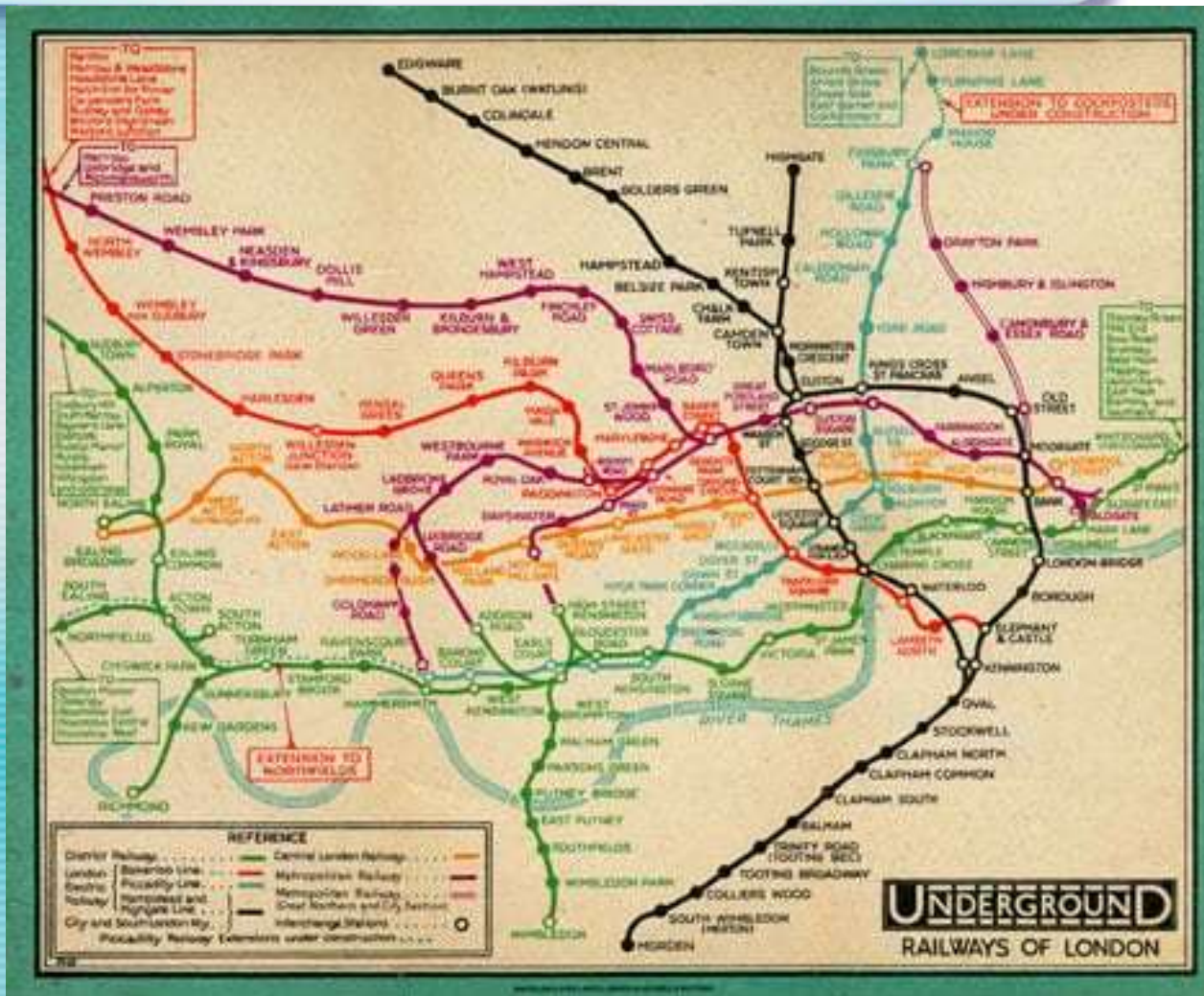
Os dois fundaram a teoria das Redes Randômicas (1959)

Só que Deus não joga dados ...

As redes do mundo real são randômicas ?

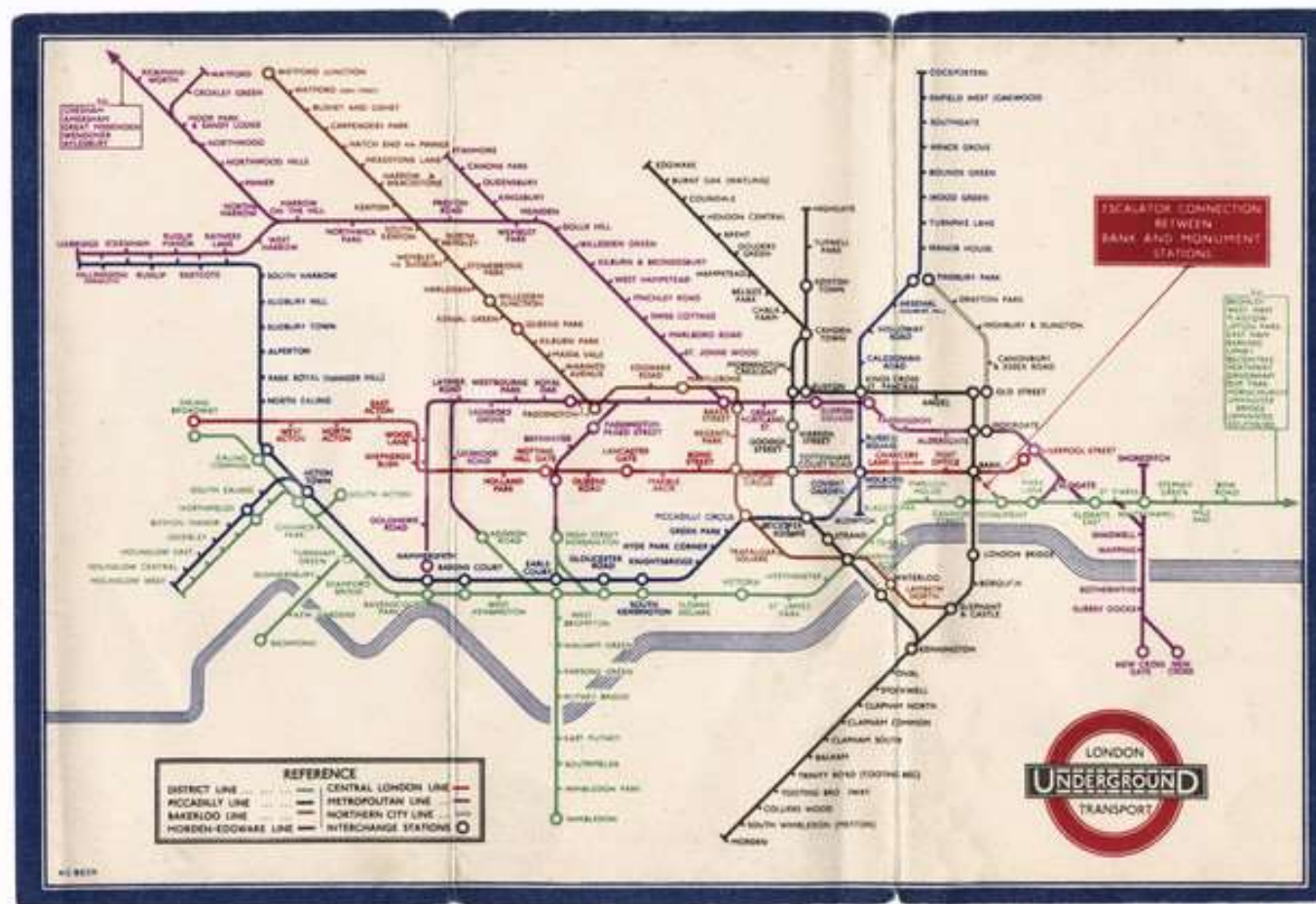


Geografia Netografia

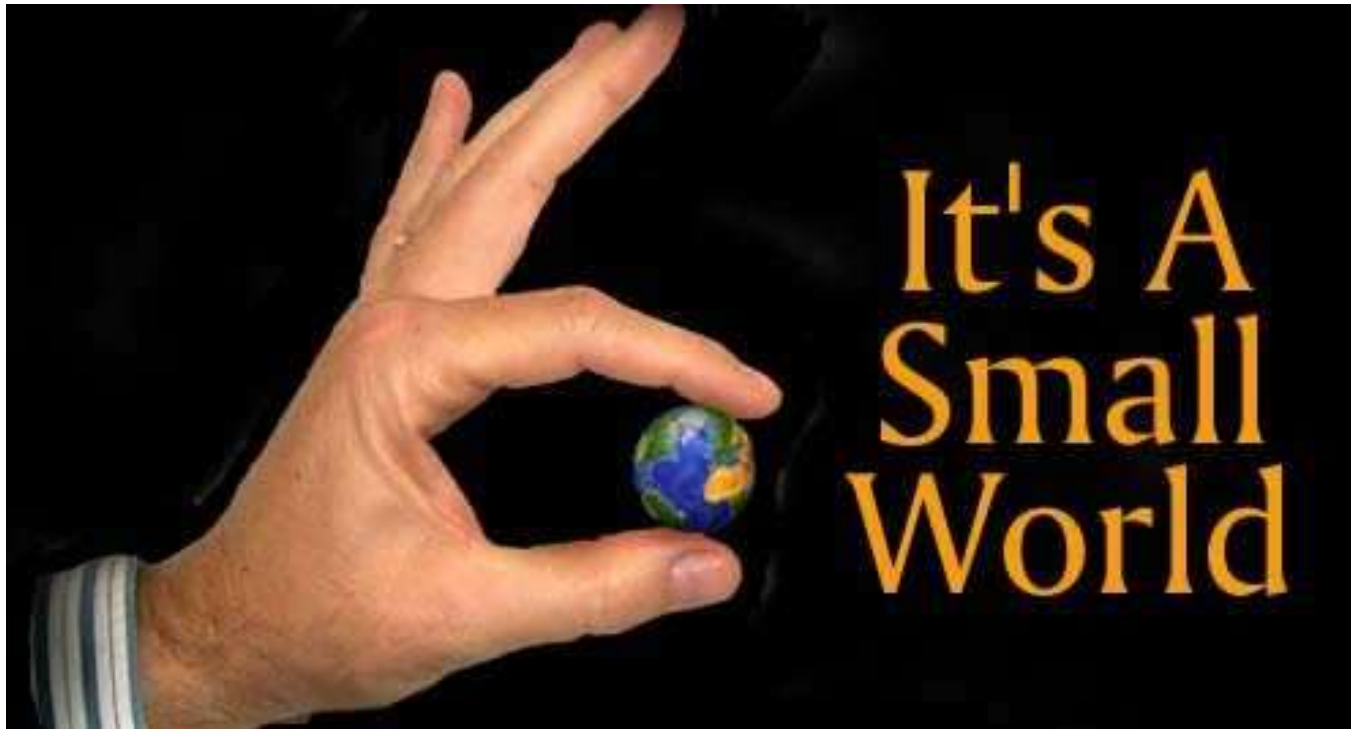


Harry Beck - 1931

Geografia X Netografia



2) Mundo Pequeno



Mundo Pequeno

- Qual é o problema do mundo pequeno ?



Histórico



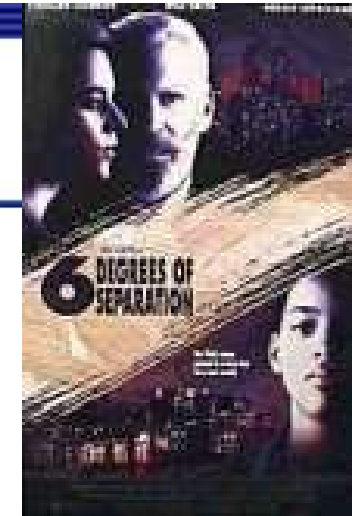
- O sociólogo americano Stanley Milgran publicou pesquisa a esse respeito em 1967.
- Dezenas de cartas de Kansas e Nebraska para Cambridge e Boston
- 1/3 das cartas chegaram – Nenhuma com mais de 10 – Em média 6 graus de separação



Histórico (Cont.)

"Everybody on this planet is separated by only six other people. Six degrees of separation. Between us and everybody else in this planet. The president of the United States. A gondolier in Venice. . . . It's not just the big naipes. It's anyone. A native in a rain forest. A Tierra del Fuegan.. An Eskimo. I am bound to everyone on this planet by a trail of six people. It's a profound thought. . . . How every person is a new door opening up into other worlds."

Trecho da peça "6 graus de separação"



Um pôster da peça "6 graus de separação" de John Guare -1991 - que posteriormente foi transformada em filme. Foi a responsável pela popularização do termo

Mundo Pequeno Atualmente

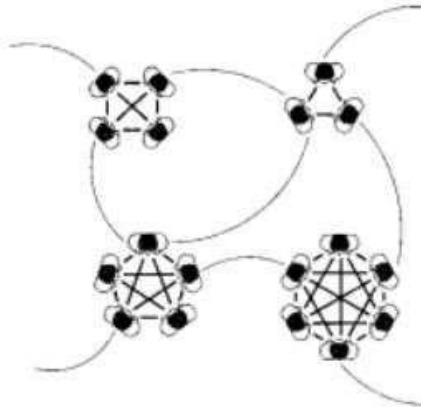


- Em 2003, Duncan Watts, um professor da Columbia University, recriou o experimento de Milgram na Internet. 60.000 participantes em 13 países. Número médio=4,0
- Facebook (2011) – 721 milhões de usuários – Distância média de 4,74
- Twitter (2011) – 3,435 entre 1500 usuários (selecionados aleatoriamente)

A Força dos Links Fracos ...



- Mark Granovetter -Sociólogo, que em 1973, publicou o paper "A força dos links fracos" que trouxe ao conhecimento da Sociologia a existência de comunidades nas redes sociais.
- Clustering

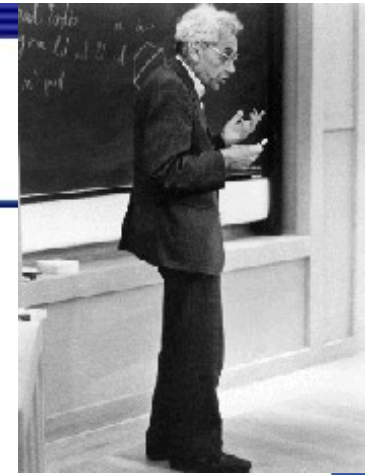


A Força dos Links Fracos ...



- **Duncan Watts & Steven Strogatz**
- Os primeiros a apontar a presença de cluster nas redes reais (1998). Ex: Redes sociais, Web, Redes Elétricas, células nervosas, etc.

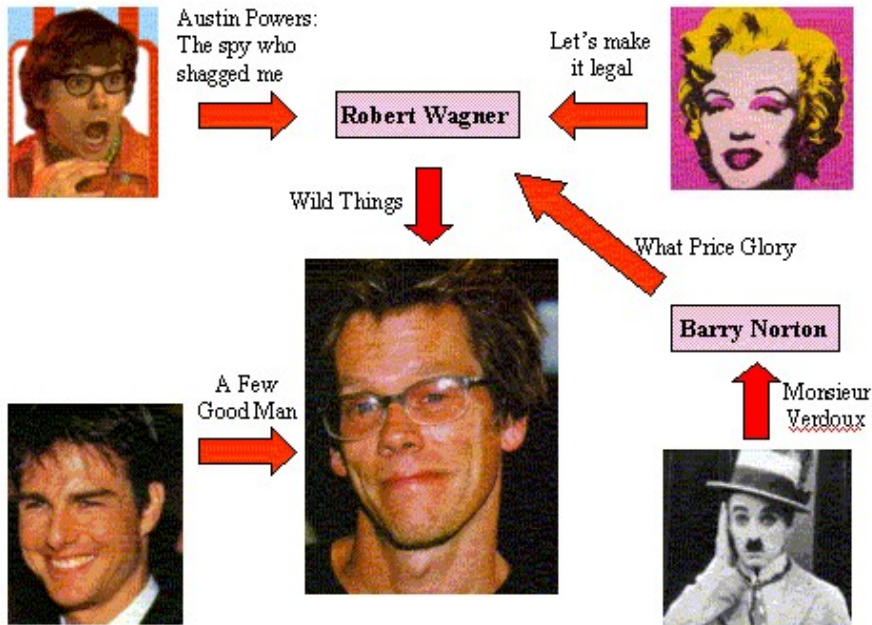
Exemplo de Mundos Pequenos



- Exemplo de Mundos Pequenos:
 - O jogo de Kevin Bacon

2) O Número Erdos.

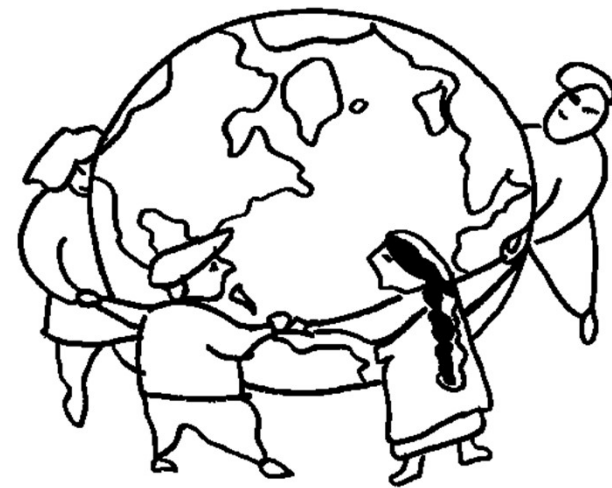
<http://www.oakland.edu/~grossman/erdoshp.html>



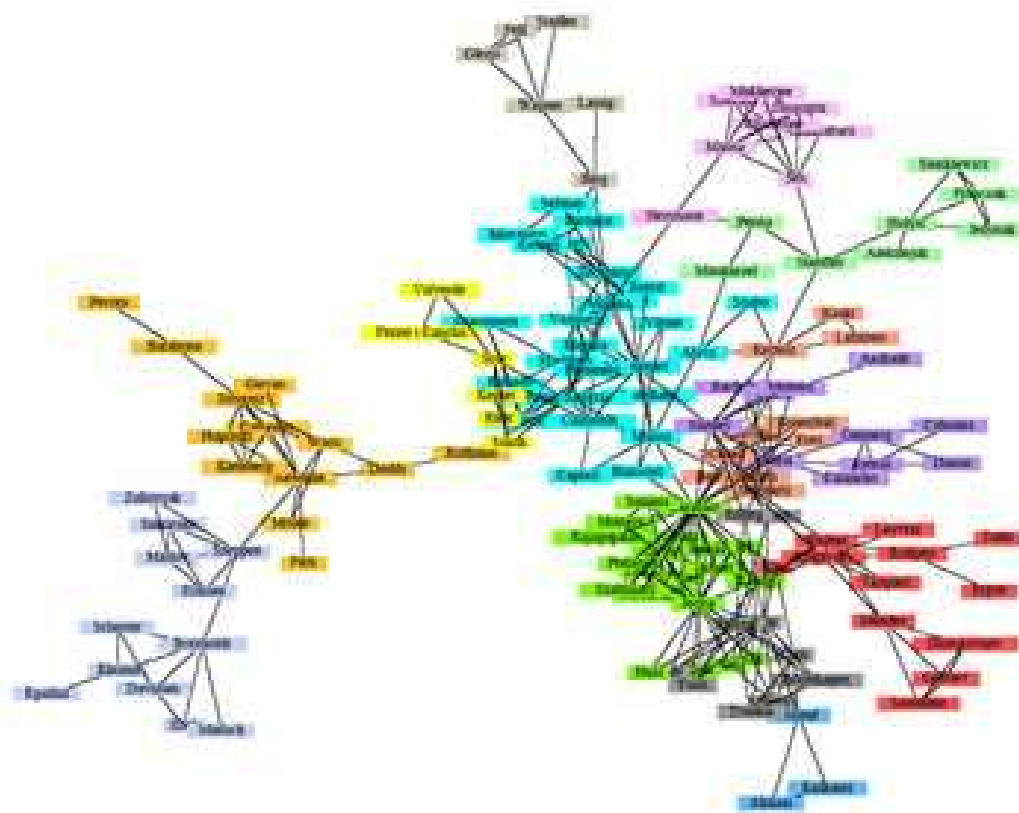
Number of actors with the same Bacon Number	
Bacon Number	Number of Actors
0	1
1	1,458
2	101,196
3	226,727
4	49,823
5	2,922
6	250
7	54
8	2
Total number of linkable actors: 382,433	
Average Bacon number: 2.876	

Histórico (Cont.)

Nosso mundo é pequeno porque a sociedade é uma teia muito densa. Nós temos muito mais amigos do que o necessário para estar conectado.



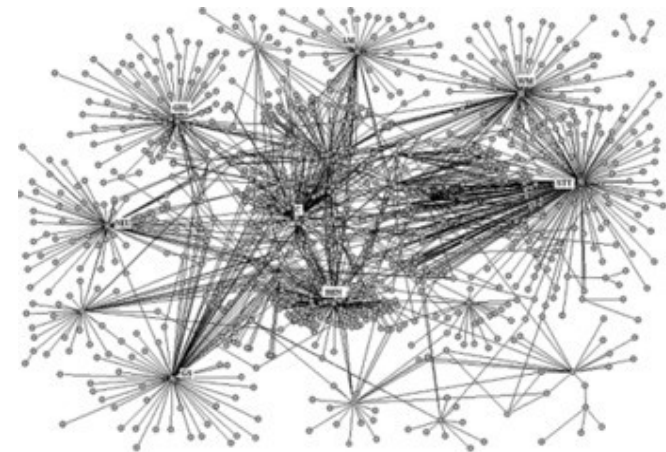
3) Concentradores e Conectores (Hubs)



Redes de Co-autoria
na Física

Conectores

- Conectores em redes sociais são pessoas com uma grande capacidade de fazer amigos e conhecidos. São uma peça fundamental nas redes sociais.
- O Interessante é que Conectores (nodos com um grande número de links) estão presentes em outras redes, desde a economia até as células. De uma maneira geral chamamos estes conectores de Hubs (concentradores).



Conectores (continuação)

- Hubs dominam a estrutura das redes em que estão presentes. Eles criam um caminho reduzido entre quaisquer nós do sistema.
- Ao levar em conta estes nós altamente conectados abandonamos de uma vez por todas o modelo de mundo randômico.

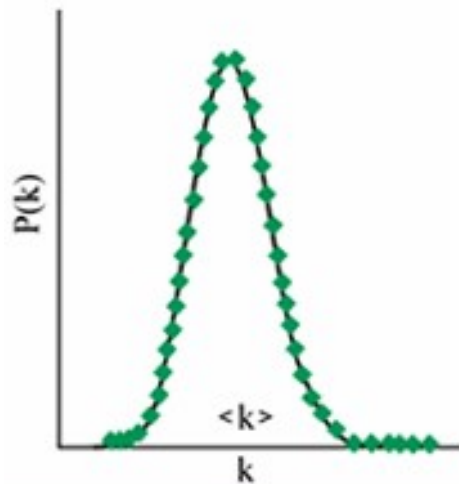
4) Pareto e as Redes livre de escala

- Vilfredo Pareto - Economista Italiano autor da regra 80/20
- Exemplos:
 - 80% links na web apontam para 15% dos sites.
 - 80 % das citações são para 38% dos cientistas
 - 80% dos links em Hollywood vão para 30% dos atores
 - Pareto nunca usou a frase 80/20

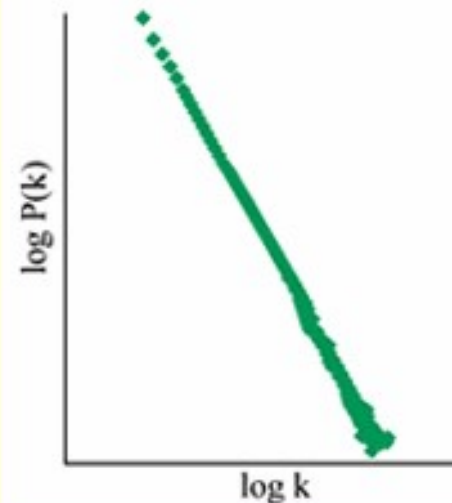


Pareto e as Redes livre de escala (cont.)

- Parece que todos os sistemas que seguem a Lei de Pareto, como a Web por exemplo, apresentam uma característica especial...
- Um pouco de estatística:



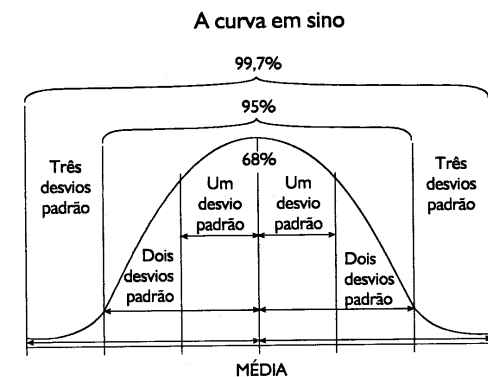
Todos os nodos têm aproximadamente o mesmo número de arestas. O número médio (pico da distribuição de Poisson) dá-nos a "escala" da rede.



Não faz sentido falar de escala ou número médio de arestas. As redes scale-free têm muitos nodos com poucas arestas e alguns nodos com muitas arestas.

Como já vimos antes, havia as Redes Aleatórias.

- Os nós obedecem a uma distribuição de Poisson, em forma de sino, e os nós com um número de links significativamente superior ou inferior à média são extremamente raros.
- Apesar da localização randômica dos links, a maioria dos nós terá aproximadamente a mesma quantidade de conexões.
- Tradicionalmente, a ciência tratou as redes complexas como sendo completamente aleatórias.



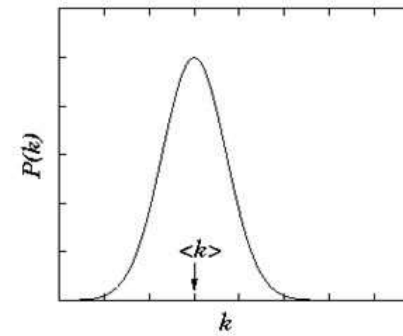
Redes Livre de Escala

World Wide Web

Exponential Network

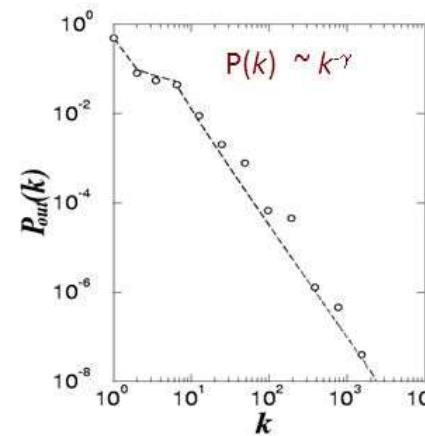


found them



Expected

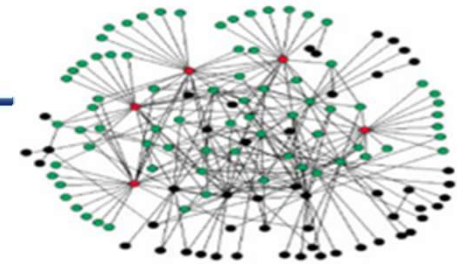
Scale-free Network



Found

R. Albert, H. Jeong, A-L Barabasi, *Nature*, 401 130 (1999).


Redes Livre de Escala



Scale-free

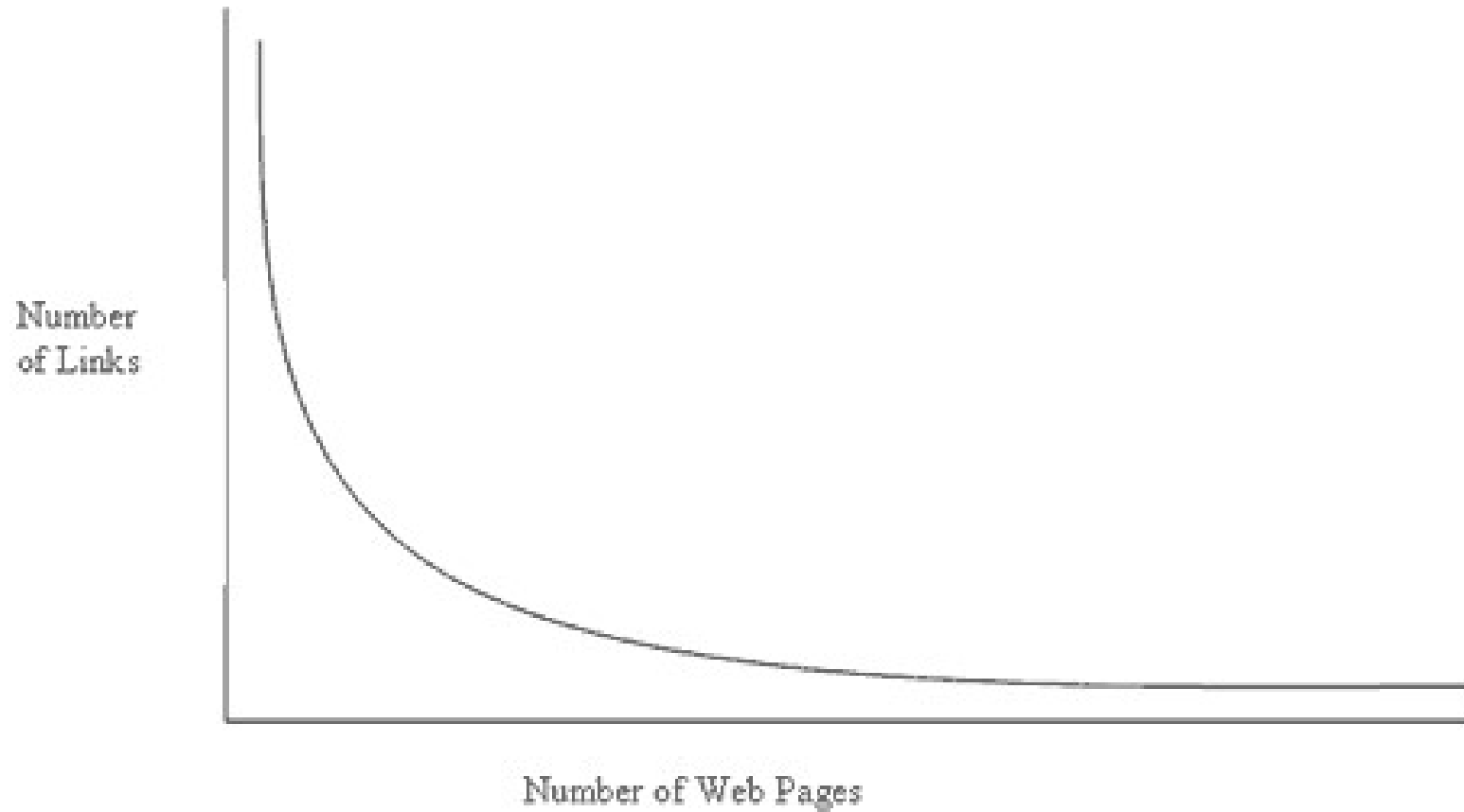
- Em 1999 - Com **Barabasi**, surge o conceito de redes livres de escala.
- O fato de várias destas redes serem livres de escala dão legitimidade aos **Hubs** (concentradores).
- Os **Hubs** determinam a **estabilidade, comportamento dinâmico, robustez e tolerância a erros e ataques** em uma rede do mundo real.

Redes Livre de Escala (Continuação)

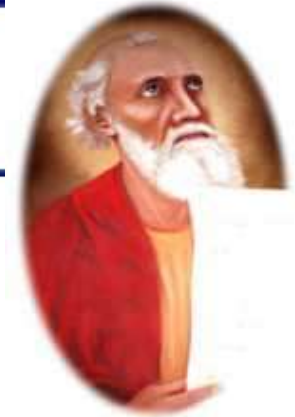


- A quantidade de nós cresce continuamente.
- Há uma vinculação preferencial.
- Isso implica que certos nós possuem uma quantidade enorme de conexões com outros nós, enquanto a maioria dos nós tem poucas conexões. Os nós mais visitados, denominados pólos de irradiação e convergência, podem ter centenas, milhares ou mesmo milhões de links. Nesse sentido, a rede parece não ter uma escala

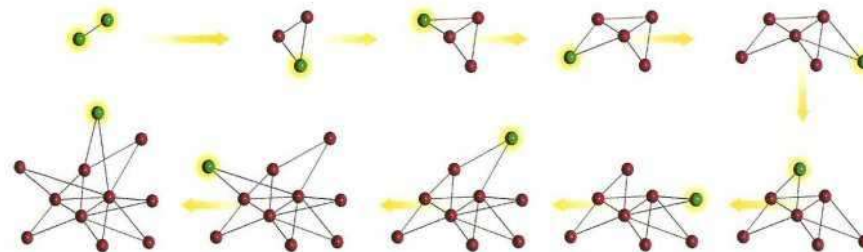
Redes Livre de Escala (Continuação)



Por que a maioria das redes do mundo real são livre de escala ?



- Rico fica mais rico (Efeito Mateus):
 - Crescimento
 - Acoplamento Preferencial
- Aptidão do nó

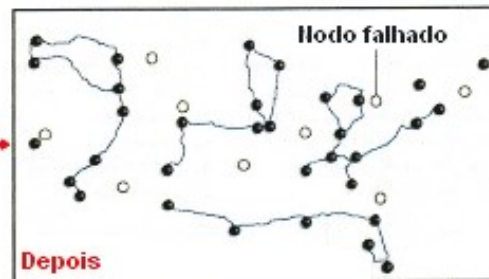
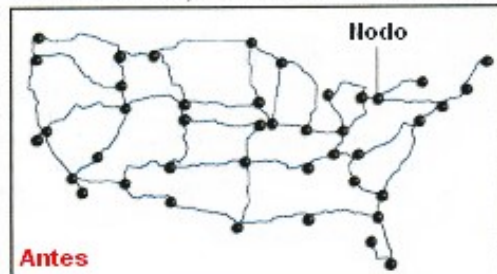


4) Robustez de uma rede livre de escala

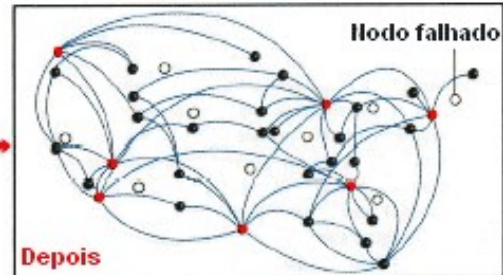
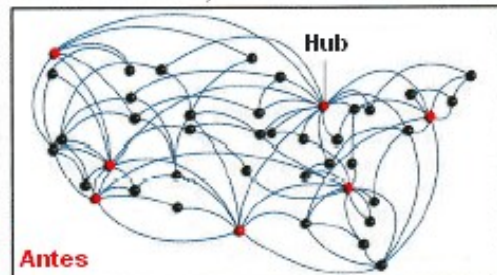
- É fácil esquecer como somos dependentes da tecnologia.
- Uma propriedade curiosa das redes scale-free é que, do ponto de vista de manter a sua funcionalidade, são muito robustas em relação à remoção aleatória de alguns dos seus nodos ou ligações.
- Atingir a robustez é o objetivo de especialistas na crescente interdependência dos sistemas.
- Quantos nós podem ser eliminados randomicamente de uma rede para quebrar estas em pedaços ?



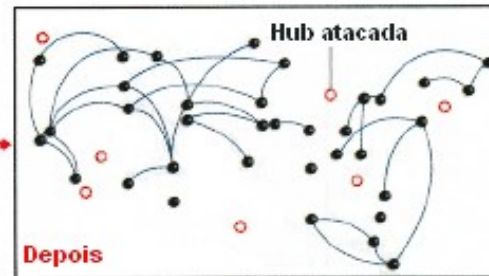
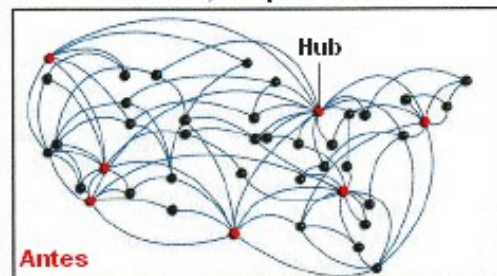
Rede aleatória, falha acidental dos nodos



Rede scale-free, falha acidental dos nodos



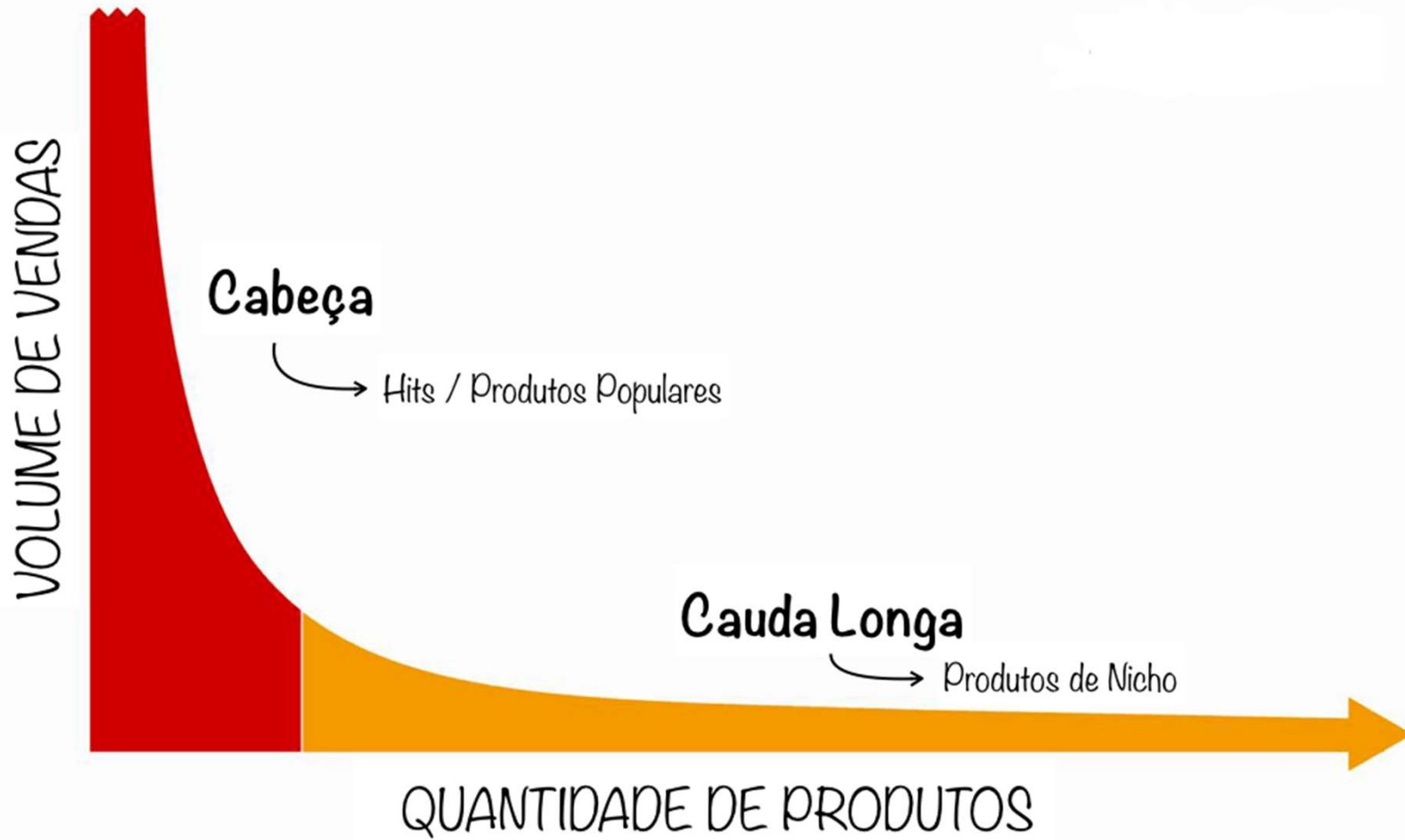
Rede scale-free, ataque aos hubs



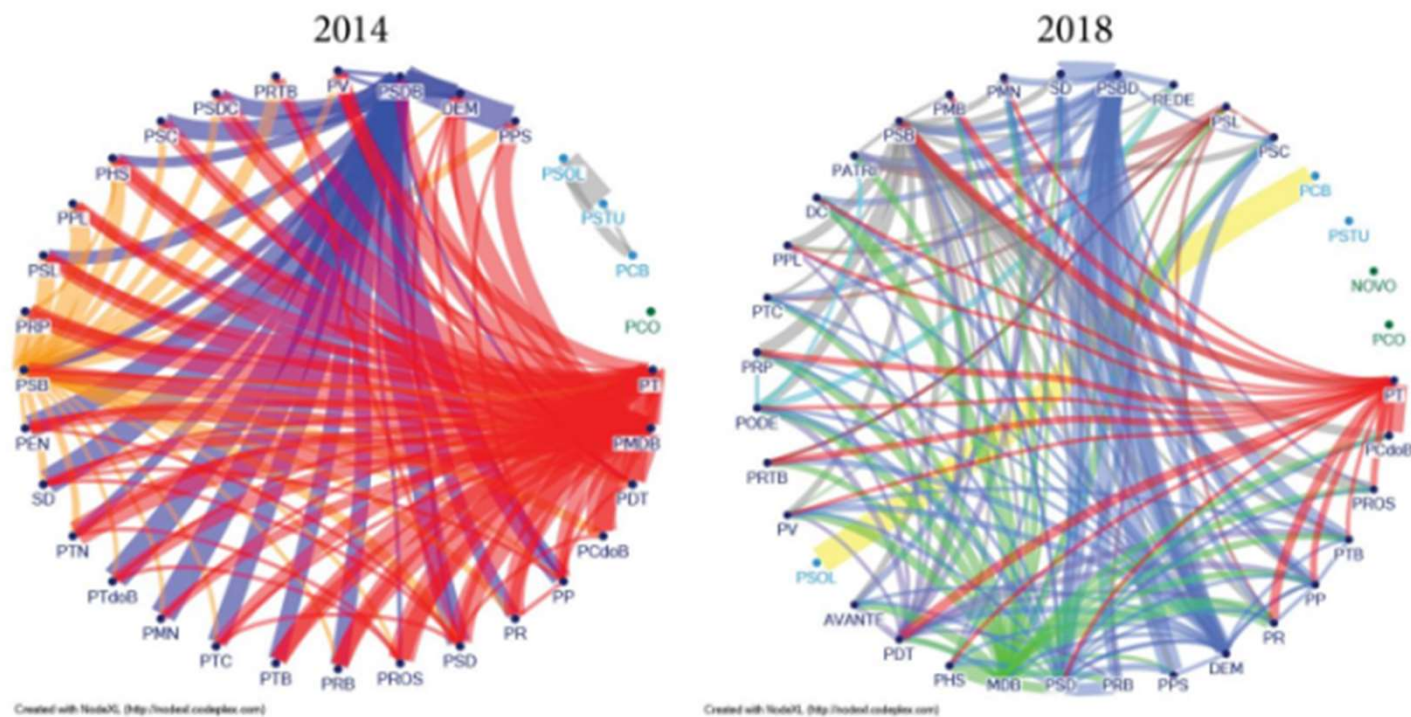
Robustez de uma rede livre de escala (continuação)

- Pesquisas indicam que as redes livres de escala com a Internet são bem resistentes a falhas randômicas. Chegaram em simulação a retirar 80% dos links e os 20% restantes permaneceram conectados.
- Por outro lado estas redes são extremamente frágeis ao ataque direto aos seus principais hubs.

Cauda longa



Ciência das Redes e o Poder Legislativo



Network Analysis and Political Science

Michael D. Ward,¹ Katherine Stovel,²
and Audrey Sacks²

¹Department of Political Science, Duke University, Durham, North Carolina 27708;
email: mw160@duke.edu

²Department of Sociology, University of Washington, Seattle, Washington 98195;
email: stovel@u.washington.edu; sacks@u.washington.edu

Annu. Rev. Polit. Sci. 2011. 14:245–64

First published online as a Review in Advance on
March 1, 2011

The *Annual Review of Political Science* is online at
polisci.annualreviews.org

This article's doi:
[10.1146/annurev.polisci.12.040907.115949](https://doi.org/10.1146/annurev.polisci.12.040907.115949)

Copyright © 2011 by Annual Reviews.
All rights reserved

1094-2939/11/0615-0245\$20.00

Keywords

networks, exponential random graphs, latent variables, social network
analysis

Abstract

Political science is fascinated with networks. This fascination builds on networks' descriptive appeal, and descriptions of networks play a prominent role in recent forays into network analysis. For some time, quantitative research has included node-level measures of network characteristics in standard regression models, thereby incorporating network concepts into familiar models. This approach represents an early advance for the literature but may (a) ignore fundamental theoretical contributions that can be found in a more structurally oriented network perspective, (b) focus attention on superficial aspects of networks as they feed into empirical work, and (c) present the network perspective as a slight tweak to standard models that assume complete independence of all relevant actors. We argue that network analysis is more than a tweak to the status quo ante; rather, it offers a means of addressing one of the holy grails of the social sciences: effectively analyzing the interdependence and flows of influence among individuals, groups, and institutions.

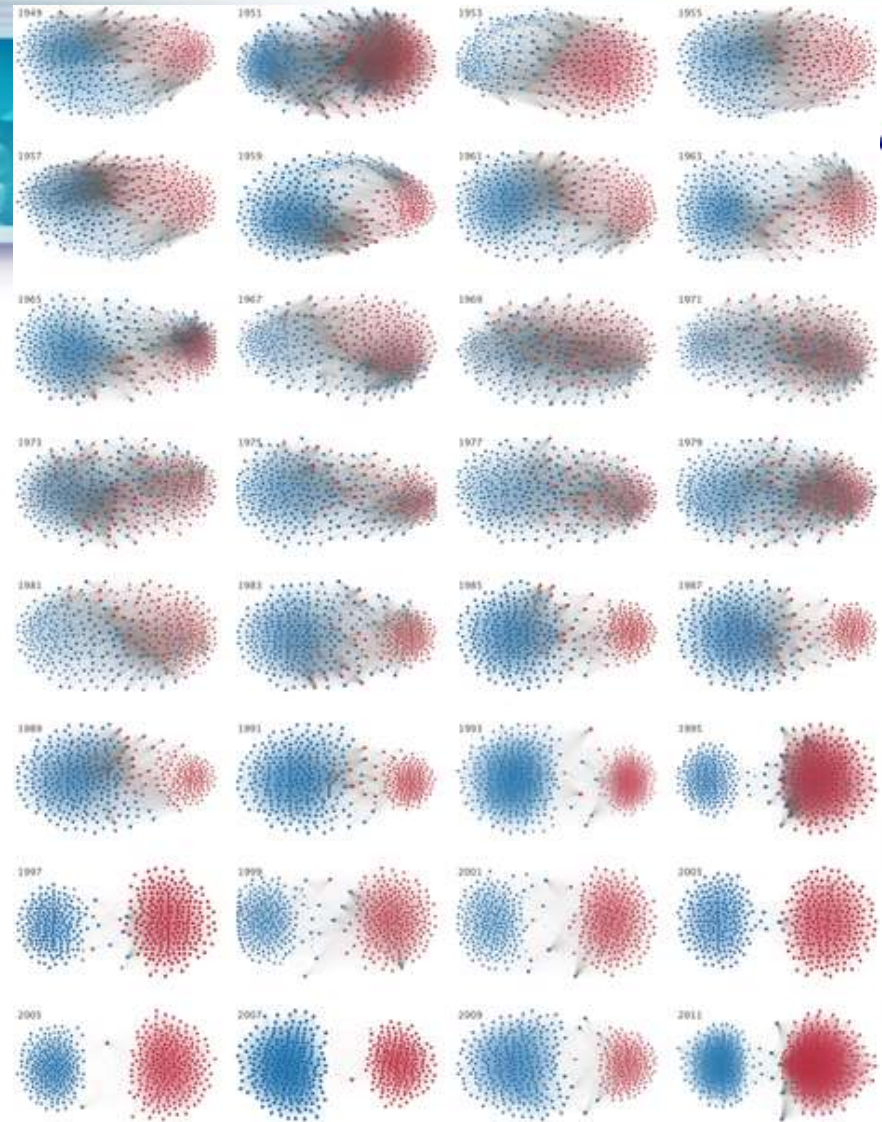
5) Redes e Poder Legislativo

- Exemplo:

- 1) Visualização de grande volume de dados para ter uma visão completa do problema.
- 2) Descoberta de padrões e conexões ocultas
- 3) Comunicação de informações complexas
- 4) Explorar relacionamentos entre pessoas, relacionamentos e ideias.
- 5) Mapeamento de redes de influência, financiamento de campanhas eleitorais, alinhamento ideológico, fidelidade partidária, etc...

6) Redes e Poder Legislativo

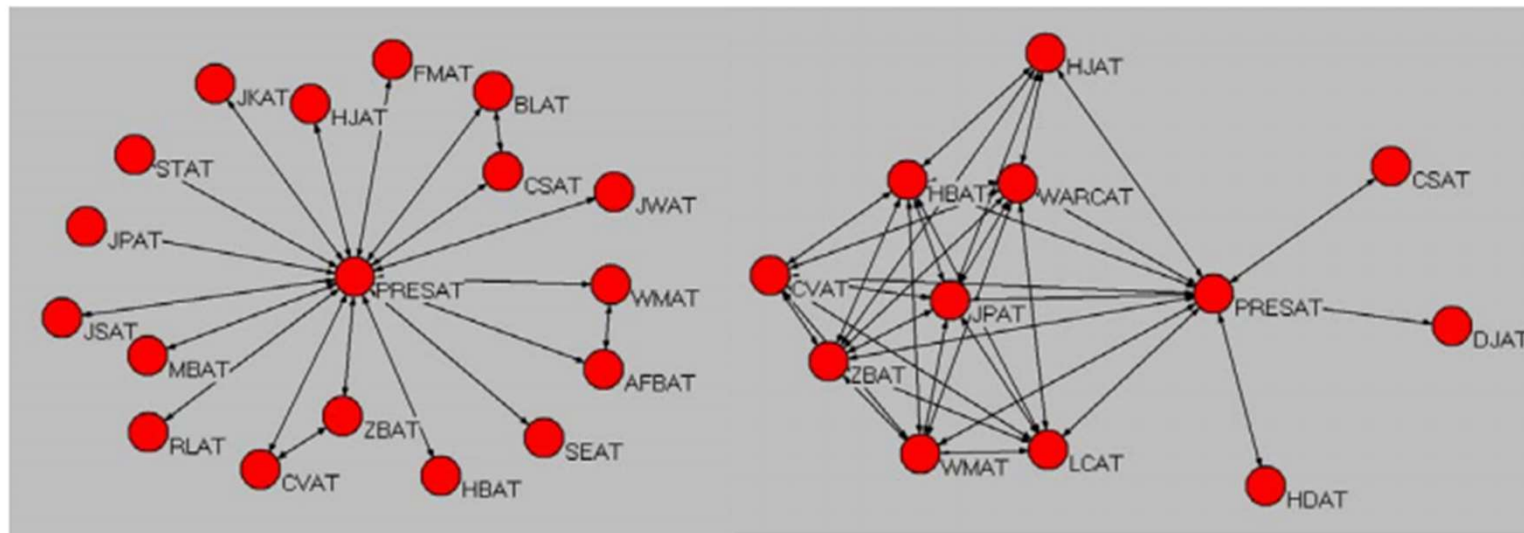
Division of Democrat
and Republican Party
members over time.



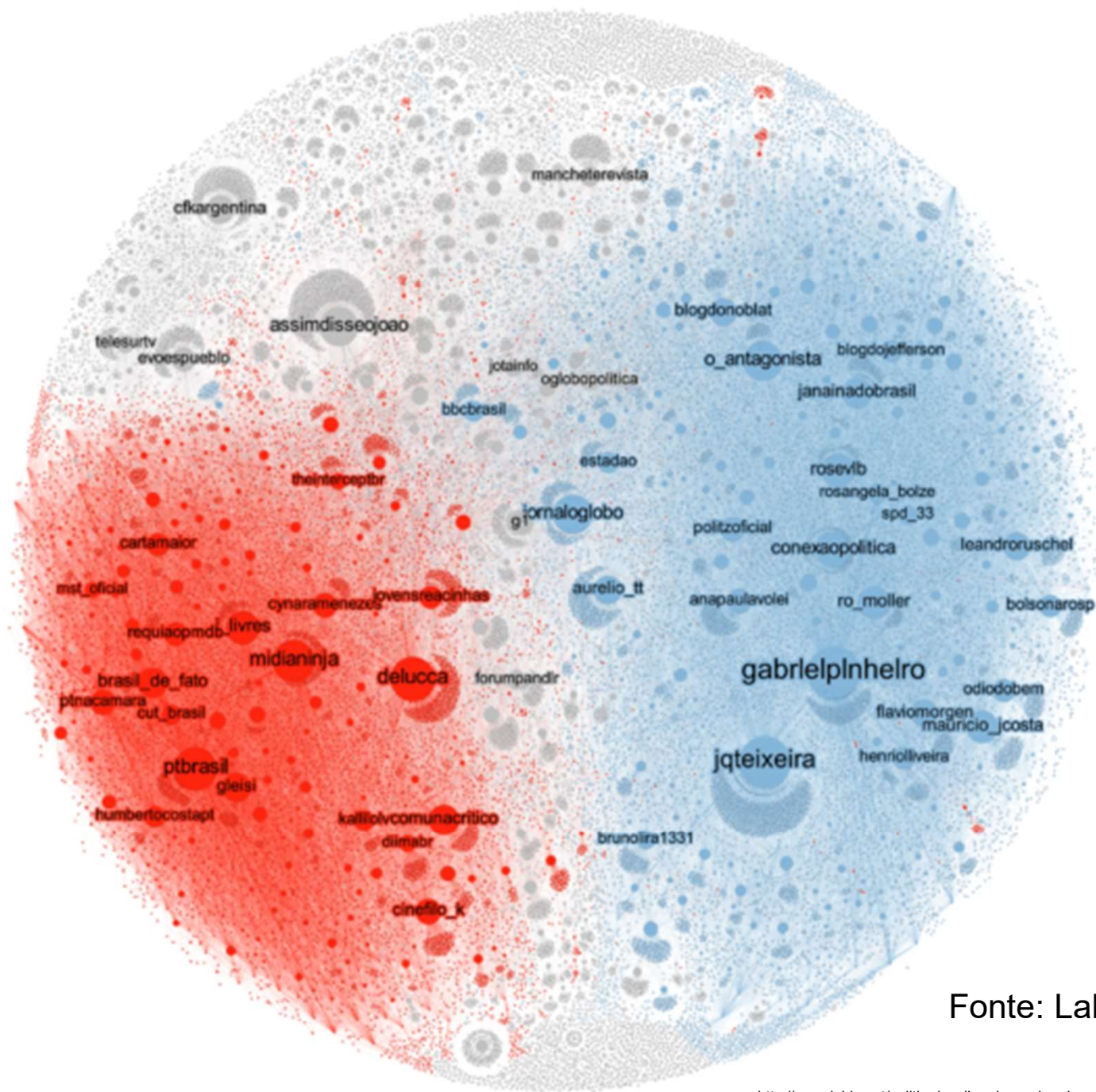
Andris C, Lee D, Hamilton MJ, Martino M, Gunning CE, et al. (2015) **The Rise of Partisanship and Super-Cooperators in the U.S. House of Representatives.** PLOS ONE 10(4): e0123507. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123507>
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0123507>

6) Redes e Poder Legislativo

US Carter administration recorded meetings between Cabinet members



Note: Graph on the left depicts meetings in the first year of the Carter administration. The President is no longer the central node. Actors in the executive have found ways to bridge the structural holes.

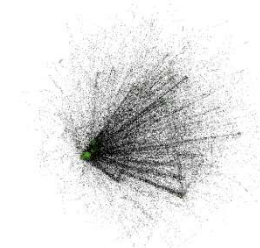
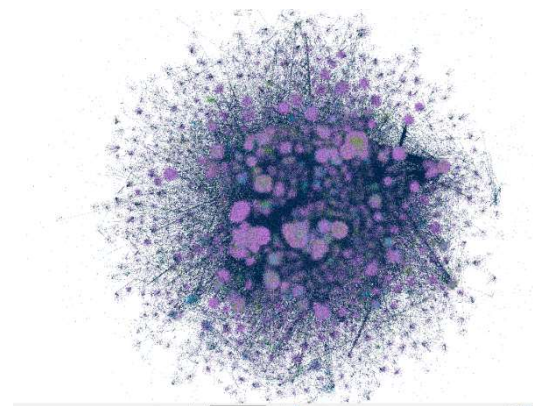
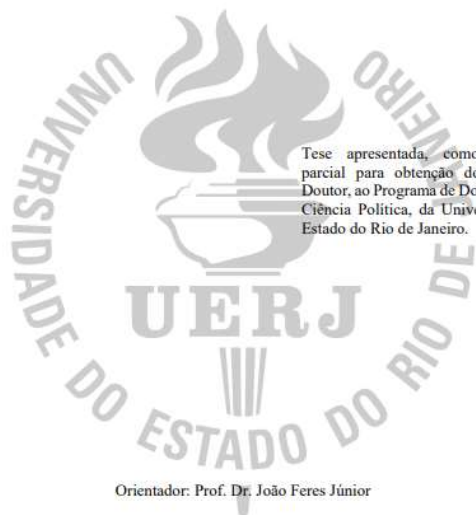


Fonte: Labic/UFES

Redes e Poder Legislativo

Renato Soares Peres Ferreira

Democracia de laços: quem são e como agem os financiadores políticos mais influentes no Brasil



Understanding Voting Patterns Among United States Senators

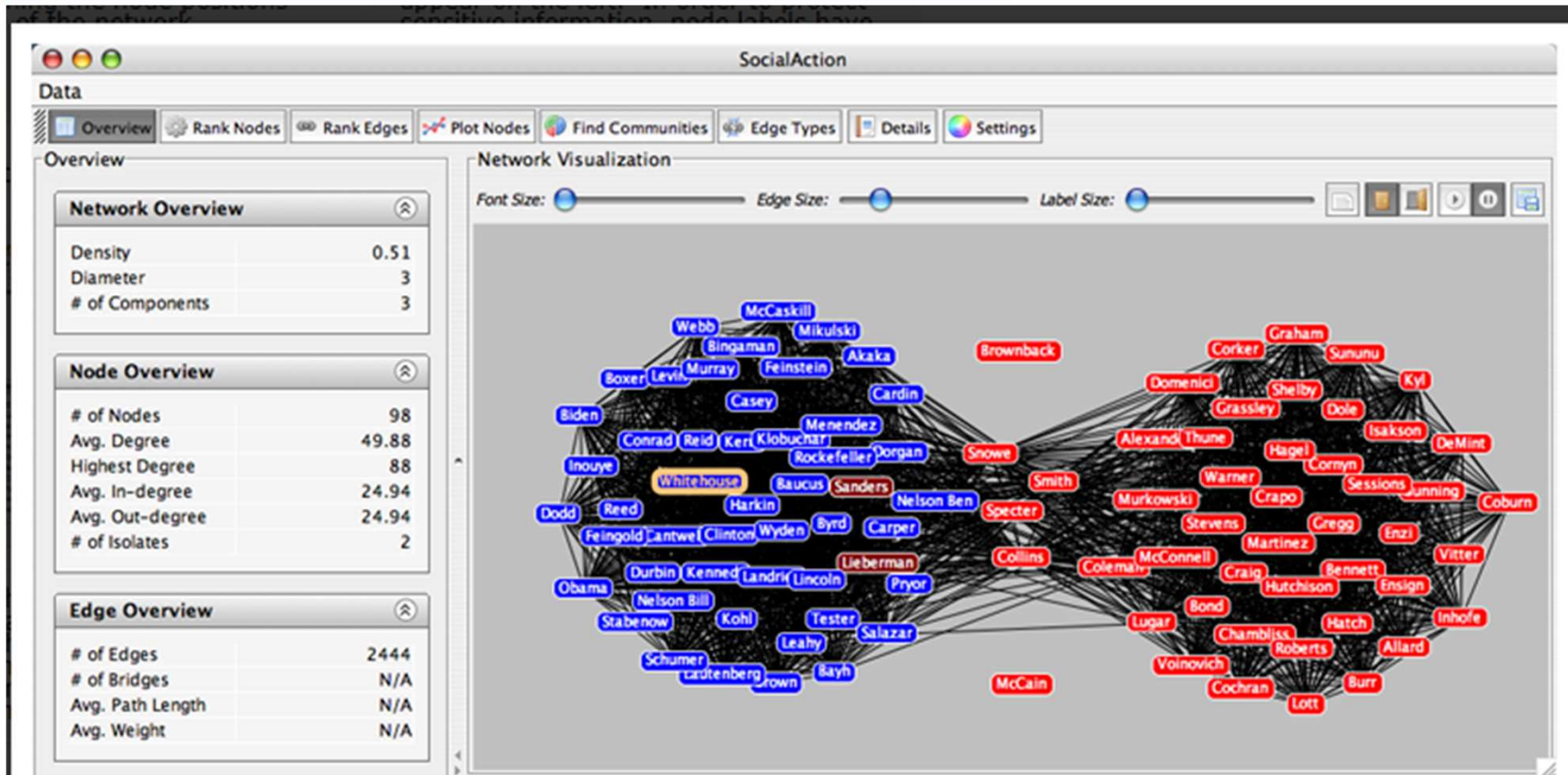
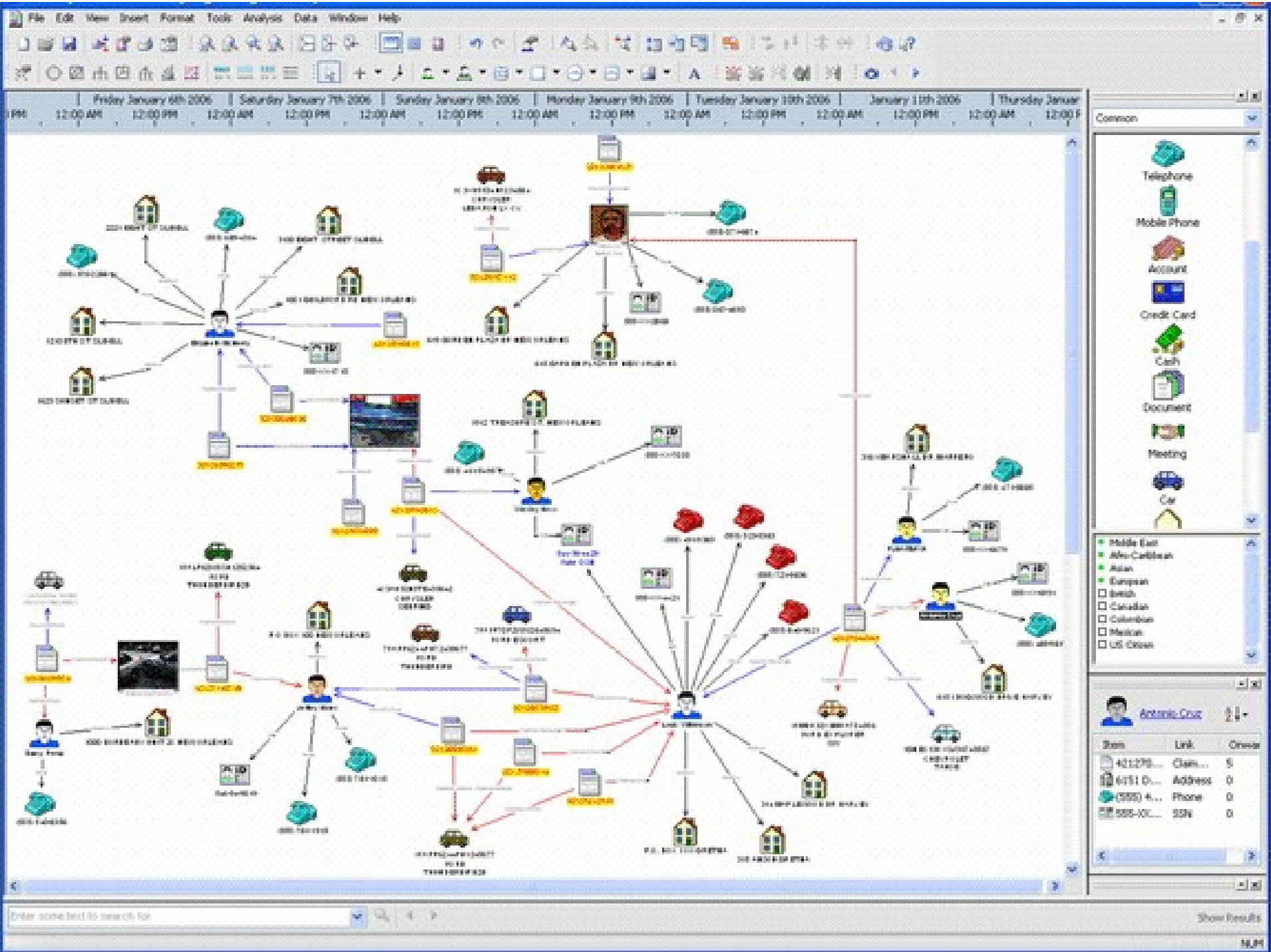


Image 1 of 2

CLOSE X

Fonte: LADIC/UFES



Common

- Telephone
- Mobile Phone
- Account
- Credit Card
- Cash
- Document
- Meeting
- Car

- Middle East
- Abu-Caribbean
- Asia
- European
- South
- Canadian
- Colombian
- Mexican
- US Cities

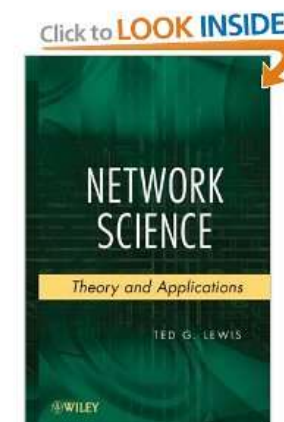
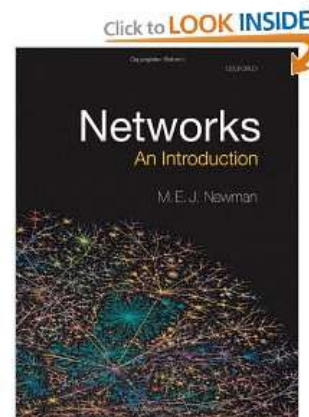
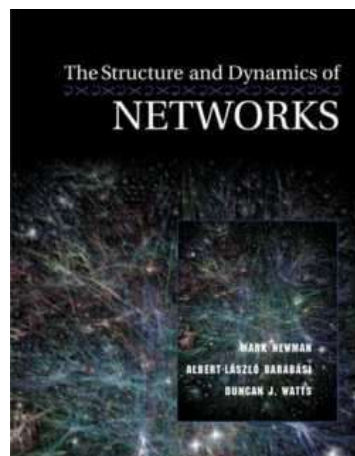
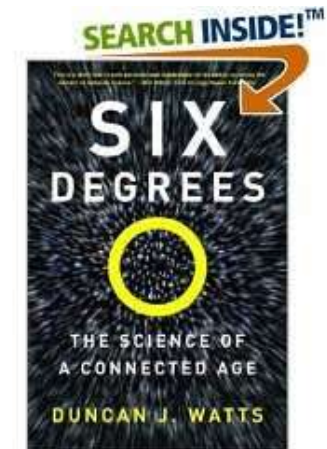
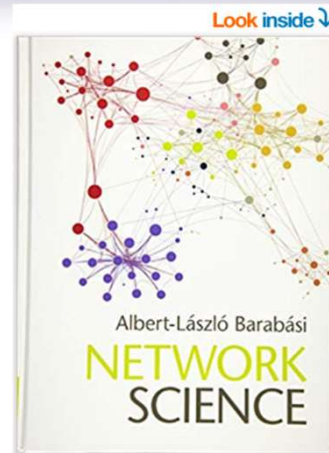
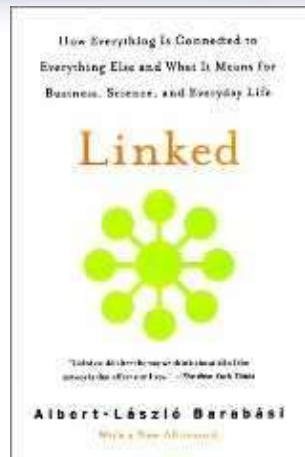
Antonio Cruz

Item	Link	Count
41276...	Call...	5
4711 D...	Address	0
(555) 4...	Phone	0
555-00...	SSN	0

Enter some text to search for

Show Results

7) Recomendações Bibliográficas



Finalizando



- ***A noção central da ciência da rede ensina que o demônio não se esconde nos detalhes, mas sim nas relações, na complexidade das interações entre pessoas, aviões, computadores, moléculas, e que de nada adianta estudar cada um desses comportamentos individualmente.***

“Todo toca todo”

Jorge Luís Borges

Obrigado pela Atenção

gustavo.cavalcante@camara.leg.br

