

# Análise Contextualizada de Redes Sociais: a colaboração em Comunidades Científicas

Maria Teresinha Tamanini Andrade<sup>1</sup>, Patricia Braga<sup>2</sup>, Tereza Kelly Gomes Carneiro<sup>3</sup>,  
Nubia Moura Ribeiro<sup>1</sup>, Marcelo A. Moret<sup>2,4</sup>, Hernane Borges de Barros Pereira<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFBA), BA, Brazil

<sup>2</sup>Programa de Modelagem Computacional, SENAI Cimatec, Salvador, BA, Brazil

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL), Maceió, AL, Brazil

<sup>4</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana, BA, Brazil

{tamanini, nubia}@ifba.edu.br; {patyfb04, mamoret, hbbpereira}@gmail.com

**Abstract.** *The aim of this study is to discuss how scientific collaboration processes can be characterized as complex networks. For this we have studied the scientific production of a post-graduate program in computer modeling. The data source was the CAPES' indicators book. The complex network properties show the small-world phenomenon and the degree distribution follows a power law and this indicates a scale-free network.*

**Resumo.** *O objetivo deste estudo é discutir como processos de colaboração científica podem ser caracterizados a partir de redes complexas. Para isso foram estudadas as produções bibliográficas de um programa de pós-graduação em modelagem computacional. A fonte de dados foi o caderno de indicadores da CAPES. Os índices de rede complexas mostram um padrão small-world e exibem um comportamento de distribuição de graus livre de escala.*

## 1. Introdução

O tema colaboração em comunidades científicas se insere nesta pesquisa a partir da compreensão que a ciência universitária é dinamizada pela relação recíproca e dialética entre a produção do saber e sua socialização comunicativa. O objetivo principal deste artigo é estudar a colaboração entre pesquisadores de um Programa de Pós-Graduação (PPG) com base em dados de sua produção bibliográfica, especificamente buscou-se construir e analisar a rede de co-autoria nestas publicações. O PPG estudado tem foco em Modelagem Computacional, esta inserido na área multidisciplinar da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), oferece curso de mestrado e doutorado.

Dentro desse contexto, utilizou-se a Análise de Redes Sociais (ARS) e a Teoria das Redes Complexas para identificar, caracterizar e interpretar as redes de colaboração de comunidades científicas universitárias.

O artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2 os fundamentos e procedimentos metodológicos são brevemente comentados; A análise é apresentada na Seção 3; A Seção 4, apresenta os resultados e considerações finais.

## 2. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa é empírica e usa uma abordagem quantitativa, com objetivos de pesquisa exploratória, evoluindo a pesquisa descritiva. Considera-se exploratória por ser realizada uma investigação sobre a colaboração em comunidades científicas, um assunto com um vasto campo a ser explorado. Com relação ao aspecto descritivo, associa-se às questões de expor características de determinada população (e.g. pesquisadores e docentes) estabelecendo relações entre redes de co-autoria (i.e. colaboração científica) e a difusão do conhecimento.

Para realizar a pesquisa proposta, foram usados os cadernos de indicadores de produção bibliográfica, especificamente analisamos os artigos em periódicos, trabalhos em anais, livro e capítulo de livro. O *locus* da pesquisa é o PPG selecionado e os sujeitos da pesquisa são os pesquisadores que participaram como co-autores na produção bibliográfica informada (i.e. docentes, discentes e participantes externos) deste programa, considerando o período das avaliações trienais e relatórios da Coleta Capes disponíveis. Especificamente, participaram da produção bibliográfica 795 pesquisadores identificados ao longo de 03 triênios de avaliação (i.e. de 2001 a 2009).

Os cadernos de indicadores foram obtidos no formato PDF. Em seguida, com o auxílio de um software para mineração de textos [Braga 2010], cada caderno foi transformado em um arquivo no formato TXT. A partir deste ponto, fez-se a mineração de textos separando em listas distintas os autores, suas produções e a classificação das produções por Qualis. Com estas listas foram geradas as redes no formato Pajek.

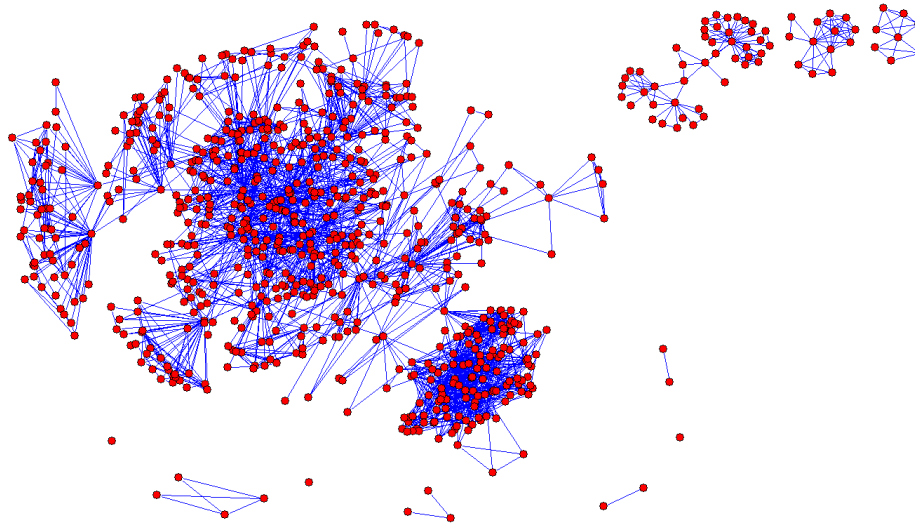
## 3. O estudo das redes de co-autoria

Foram analisados, no período de 2001 a 2009, 484 artigos em periódicos, 561 trabalhos em anais e 47 livros, totalizando 1092 publicações, segundo o critério de co-autoria. Utilizando os programas de computador UCINET, Pajek e Origin, foi possível verificar que a rede de co-autoria é uma rede unimodal, modelada por grafo simples. As redes estudadas neste trabalho tendem a ser desconectadas, sendo compostas por um componente maior e outros componentes menores. Na Figura 1 é apresentada a rede da produção bibliográfica.

Os índices da teoria das redes complexas usados para caracterizar as redes de co-autoria estudadas são: caminho mínimo médio ( $L$ ), coeficiente de aglomeração ( $C_{ws}$ ) e a distribuição de graus,  $P(k)$ . Com estes índices, é possível caracterizar uma rede como “aleatória”, “livre de escala” ou “small world”, que são os modelos topológicos mais difundidos. O coeficiente de aglomeração médio usado descreve “até que ponto os vizinhos de um vértice em uma rede são vizinhos entre si” [Watts and Strogatz 1998].

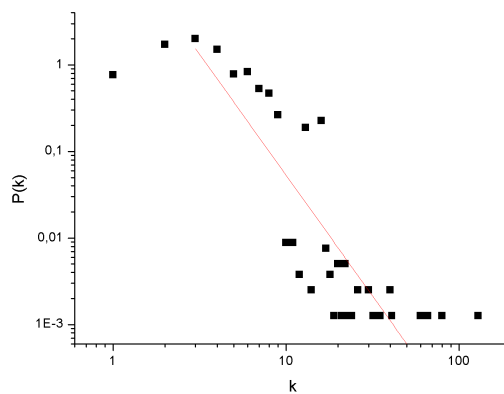
Uma rede apresenta o comportamento *small world* se seu coeficiente de aglomeração médio for muito maior que o coeficiente de aglomeração de uma rede aleatória ( $C_{ws} \gg C_r$ ) e se seu caminho mínimo médio for comparável com o caminho mínimo médio da rede aleatória correspondente ( $L \sim L_r$ ). A Tabela 1 mostra os resultados dos cálculos para os índices da análise de redes complexas da produção bibliográfica desta pesquisa.

Uma importante característica das redes complexas, que revela a topologia da rede, é a sua distribuição de graus. Uma rede cuja distribuição de graus se aproxima de uma lei de potência é conhecida como rede livre de escala. Uma característica das re-



**Figura 1. Rede da produção bibliográfica. Fonte: Autores.**

des com distribuição livre de escala é que elas são mais robustas em relação a remoção aleatória de vértices e menos robustas a remoção de um vértice específico com grau alto [Newman et al. 2006]. Isso pode significar que a remoção planejada de um vértice com grau alto pode desconectar a rede interrompendo processos de difusão do conhecimento. Por exemplo, se um pesquisador que é um *hub* sair do programa porque se aposentou (“ataque” planejado), essa situação pode conduzir a uma desconexão da rede e a colaboração ficar momentaneamente prejudicada. A Figura 2 apresenta a distribuição de graus.



**Figura 2. Distribuição de Graus da Rede de Produção Bibliográfica  $\gamma = 2,79217$ . Fonte: Autores.**

O  $\gamma$  é o coeficiente angular da reta e para as redes desta pesquisa indica que a probabilidade de muitos pesquisadores terem grau alto é baixa. Do mesmo modo, a probabilidade de ter muitos pesquisadores com grau baixo é alta, ou seja, há poucos pesquisadores (grau alto) conectados a muitos pesquisadores e muitos pesquisadores (grau baixo) conectados a poucos pesquisadores. Assim, supõem-se que pesquisadores com

**Tabela 1. Índices da análise de redes complexas para a rede de Produção Bibliográfica. Fonte: Autores.**

Índices	2001 a 2009
Número de vértices (n)	795
Número de componentes	11
Densidade ( $\Delta$ )	0,00726
Diâmetro ( $d$ )	9
Coeficiente de aglomeração médio ( $C_{ws}$ )	0,79140
Coeficiente de aglomeração médio - rede aleatória ( $C_r$ )	0,00793
Caminho mínimo médio ( $L$ )	4,67368
Caminho mínimo médio rede aleatória ( $L_r$ )	3,91970
Grau médio ( $z$ )	5,76101

grau alto tem grande número de colaboradores, trabalham em grupos e a difusão do conhecimento ocorre com facilidade. Já os que possuem grau baixo, conectados a poucos, podem trabalhar isolados ou em grupos pequenos podendo interromper processos de difusão do conhecimento ou torná-los mais lentos. Como se pode observar na Figura 2, há indícios que a distribuição de graus das redes estudadas siga uma lei de potência da forma  $P(k) \sim k^{-\gamma}$ .

#### 4. Resultados e Considerações Finais

Os resultados obtidos dos índices da teoria das redes complexas mostram que as redes de produção bibliográfica estudadas caracterizam-se topologicamente como redes *small-world* que se adaptam ao modelo de Watts-Strogatz e também há indícios que a distribuição de graus das redes estudadas siga da forma  $P(k) \sim k^{-\gamma}$ .

Do ponto de vista das redes complexas, o fato da rede ser livre de escala, torna a rede robusta à retirada de vértices aleatoriamente. Nessas redes, supõem-se existir maior articulação e forte interlocução entre os pesquisadores. Infere-se que o grupo de pesquisadores é ágil em relação ao acesso e contato entre si. Na dinâmica de redes, o comportamento da distribuição de graus segundo uma lei de potência mostra que novos vértices introduzidos na rede tendem a se ligar a vértices com alto grau. Nas redes de co-autoria, há uma probabilidade alta de um pesquisador com alto grau receber novas ligações, ou seja, publicar mais com novos pesquisadores.

#### Referências

- Braga, P. F. (2010). Um Modelo Computacional para Extração Textual e Construção de Redes Sociais e Complexas. Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, SENAI CIMATEC, Salvador.
- Newman, M. E. J., Barabási, A. L., and Watts, D. J. (2006). *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton University Press, Princeton.
- Watts, D. J. and Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684):440–442.