EIXO TEMÁTICO:
Compartilhamento da Informação e do Conhecimento

REDES COMPLEXAS E SUAS PROPRIEDADES: UM ESTUDO DA COAUTORIA ENTRE BOLSISTAS PQ NA ÁREA DA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

COMPLEX NETWORKS AND THEIR PROPERTIES: A COAUTHORSIP STUDY AMONG BETWEEN PQ SCHOLARS IN THE AREA OF INFORMATION SCIENCE

Rafael Gutierres Castanha (Unesp) - r.castanha@gmail.com
Eduardo Ribeiro Pinto (Unesp) - eduribeiro2@ibb.unesp.br

Resumo: Esta pesquisa analisa como as diversas representações de redes complexas auxiliam no entendimento das relações de coautoria entre pesquisadores de produtividade em pesquisa (PQ-1) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da área da Ciência da Informação, e como os diferentes tipos de representações auxiliam o entendimento dessas relações. Para os 17 pesquisadores estudados, utilizou-se quatro tipos diferentes de redes complexas analisadas sob suas propriedades topológicas. Conclui-se que as diferentes redes indicam diferentes características das relações de coautoria, em que as redes complexas de Barabási e Albert, e a rede modular de Newman melhor representaram tais relações a niveis individual e institucional, respectivamente, com destaque individual para o pesquisador IBICT-3 e a instituição USP.

Palavras-chave: Análise de redes. Bolsistas PQ. Coautoria.

Abstract: This research analyzes how the different representations of the networks improve the understanding of co-authorship relations among research productivity research scholars (PQ-1) in CNPq, in the area of Information Science, and how the different types of representations help the visualization of these relations. For the 17 researchers, four different types of complex networks were used along with their topological properties. We concluded that the different networks indicate different characteristics of the co-authoring relationships, in which the complex networks of Barabási and Albert and the modular network of Newman better represented such relations at individual and institutional levels, respectively, with highlights for the researcher IBICT- 3 at the individual level and USP at institutional level.

Keywords: Network analysis. PQ scholar. Co-autorship.

1 INTRODUÇÃO

As redes sociais podem ser vistas como uma das principais formas de representação e análise da informação e relações entre cientistas, porém, pouco se explora, principalmente dentro da Ciência da Informação (CI), os conceitos que

embasam o uso de redes sociais para as diversas representações bibliométricas, cientométricas ou informétricas. Muitas vezes, questões topológicas e geométricas não são consideradas quando realizada uma análise.

A teoria das redes complexas tem sido utilizada na análise, modelagem e caracterização de sistemas naturais e artificiais, tais como a sociedade ou relações acadêmicas. Pode-se caracterizar um destes sistemas por meio de algumas propriedades topológicas como o coeficiente de aglomeração médio, a distribuição das conexões e o menor caminho médio.

A fim de identificar e representar, por meio de redes, as relações de coautorias entre pesquisadores de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), os bolsistas PQ (categoria 1), da área da Ciência da Informação (CI), esta pesquisa pretende analisar como as diversas representações das redes podem auxiliar no entendimento destas relações, ou seja, pretende-se analisar se há ou não relações de coautoria entre tais pesquisadores e como os diferentes tipos de representação apontam essas relações.

Diversos trabalhos abordam a coautoria e a colaboração cientifica entre pesquisadores das diferentes áreas do conhecimento, entre eles, Bufrem, Junior e Gonçalves (2010), apontam que a comunicação cientifica entre pesquisadores é algo indispensável no processo de renovação do conhecimento.

A colaboração científica é diversas vezes relacionada à coautoria e consideradas termos sinônimos, entretanto, deve-se observar que ambos conceitos não possuem, necessariamente, uma relação de implicação, uma vez que nem toda a colaboração resulta em um trabalho científico e nem sempre a coautoria indica real contribuição na pesquisa. Porém, deve-se ressaltar que a coautoria tem sido utilizada com sucesso nas áreas de bibliometria e cientometria a fim de analisar colaboração entre pessoas, instituições e países (VANZ; STUMP, 2010).

Desta maneira, pode-se afirmar que a análise de coautorias entre pesquisadores de alto nível, neste caso, entre bolsistas PQ, ganha importância para que se observe como parcerias são consolidadas, como as mesmas contribuem para dinâmica cientifica da área e como as mesmas podem ser diversamente representadas por redes complexas.

Mais especificamente, serão apresentados quatro modelos de rede complexas, a saber: o modelo aleatório de Erdõs e Rényi (1959), o modelo livre de

escala de Barabási e Albert (2002), o modelo modular de Newman (2002), e por fim o modelo hierárquico de Dodds, Watts e Sabel (2003). Cada uma possui particularidades e ao interpretar de forma coerente os dados que serão utilizados para gerá-las, estes podem explicitar características de grande valia para as diferentes pesquisas

Buscou-se então apontar todas as características teórico-metodológicas que fundamentam a utilização de redes sociais para representar as relações entre os pesquisadores, além das justificativas que contemplem a análise de coautoria entre bolsistas PQ.

2 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1 BOLSISTAS DE PRODUTIVIDADE EM PESQUISA

Analisar os pesquisadores bolsistas de produtividade em pesquisa de uma determinada área vem se tornando algo comum dentro da CI. Os bolsistas PQ são considerados pesquisadores de excelência por possuírem um alto nível de produção cientifica e cumprirem diversos quesitos para se tornarem bolsista.

O CNPq concede as bolsas PQ em três diferentes categoriais: categoria 2 (PQ-2), categoria 1 (PQ-1) e categoria Sênior (PQ-Sr.), em que a categoria Sênior é o maior grau de produtividade e a categoria 2 é o menor. A categoria 1 possui ainda quatro sub-níveis: A, B, C, D, em que o nível A representa o maior grau de produtividade dentro do nível 1 (BRASIL, 2017).

Segundo Guimarães, Grácio e Matos (2014), devido a expansão da ciência brasileira nos últimos anos, novas metodologias para analisar a produção cientifica de pesquisadores considerados de excelência pelo CNPq, torna-se importante oferecendo indicadores que auxiliem no planejamento de suas pesquisas.

Desta maneira, as produções científicas desses pesquisadores podem ser consideradas paradigmáticas pela comunidade, pelo fato dos mesmos serem considerados os maiores produtores dentro de determinada área e serem financiados para o mesmo. Essa elite, cujas atividades cientificas estão obrigatoriamente vinculadas a instituições de pesquisa e ensino, questões relacionadas de como ocorrem essas produções, às aproximações ou distanciamentos entre autores e como suas relações são desenvolvidas podem ser

representadas por meio de redes. (BUFREM; MASCARENHAS; SOBRAL, 2017; BRASIL, 2017).

2.2 COAUTORIA E COLABORAÇÃO CIENTÍFICA

A relação existente entre coautores de documentos científicos, como já apresentado, vem se confundindo com a definição de colaboração cientifica e a própria colaboração cientifica com coautorias. A diferença é vista ao notar que uma coautoria não necessariamente se dá por algum tipo de colaboração efetiva na redação do trabalho, e, uma colaboração efetiva, como por exemplo uma orientação acadêmica, não necessariamente gera uma redação em coautoria do pesquisador com seu orientador.

Segundo Luukkonen, Persson e Sivertsen (1992), nem todos os esforços colaborativos terminam em coautoria e nem a redação de artigos implica necessariamente uma estreita colaboração entre os autores. No entanto, nota-se que na maioria dos casos a coautoria indica uma cooperação bastante ativa entre os parceiros.

O conceito de colaboração é muito amplo e não há um consenso de como considerar a participação efetiva de outros pesquisadores. Desta maneira, a colaboração científica é entendida como o compartilhamento de recursos, sejam intelectuais, econômicos ou físicos entre dois ou mais cientistas (VANZ; STUMP, 2010).

Atualmente, pode-se se dizer que um pesquisador com boas parcerias é valorizado diante de diversos fatores, uma vez que trabalhos em conjunto com outros pesquisadores gera economia de tempo e recursos, sendo valorizado também por agências de fomento. Desta maneira, a análise de redes nos estudos sobre colaboração científica e coautoria possibilitam uma análise entre as partes, não tão individual como outras abordagens destacando vínculos, influenciais e interações do meio analisado. (MAIA; CARAGNATO, 2008).

2.3 ANÁLISE DE REDES SOCIAIS (ARS) E REDES COMPLEXAS

A análise de um determinado grupo de cientistas via redes sociais vem se desenvolvendo ao longo dos anos e tem ganhado cada vez mais espaço dentro da CI. A análise de redes sociais deram origem a diversas metodologias baseadas em

relações entre grupos, instituições, pesquisadores individuais, em uma estrutura em forma de redes conectadas por algum tipo de relação (MATHEUS et al, 2006).

Na linguagem matemática, as redes ou grafos, são vistas como estruturas compostas por nós (vértices) conectados por linhas (arestas), que representam as ligações entre estes nós. A característica principal da ARS é que a ênfase está na características de suas ligações, e não nos atores em si (SILVA, et al, 2005).

Newman mostrou que as colaborações entre cientistas são distribuídas de forma não homogênea, concentradas entre poucos pesquisadores, sendo a rede formada por conjuntos de cientistas que colaboram muito entre si e pouco com os demais (RODRIGUES, 2007).

Em termos computacionais, uma rede complexa pode ser armazenada em uma estrutura de dados denominada matriz de adjacência. Se dois vértices n_i e n_j estiverem conectados, a posição a_{ij} da matriz de adjacêcia A será igual a um, caso contrário, será igual a zero. Em rede com peso a posição w_{ij} da matriz de adjacência com pesos W será igual ao peso da aresta entre n_ie n_j.

Nesse sentido, ao construir redes para analisar a coautoria entre um grupo de pesquisadores, serão analisadas todas as características da rede e suas ligações. Em uma rede de coautoria, os nós são pesquisadores ou instituições e cada aresta representa uma relação de coautoria ou colaboração. A representação deste tipo de rede, em forma de grafos, é considerada um meio mais intuitivo a representação por matrizes, mesmo a coleta dos dados terem sido feitos utilizando matrizes (MATHEUS, et al, 2006).

2.3.1 Modelos de redes complexas

Modelo de Erdös e Rényi: as primeiras análises de estrutura em redes sociais foram introduzidas por dois matemáticos húngaros, Erdõs e Rényi, quando os mesmos propuseram um modelo baseados em ligações aleatórias, conhecido como grafos aleatórios de Erdös e Rényi. Neste tipo de rede, todos pares de vértices, possuem a mesma probabilidade p de se conectarem, ou seja, a rede gerada tem uma estrutura altamente homogênea. Contudo, Erdõs e Rényi estavam interessados apenas na riqueza matemática dos grafos puramente aleatórios gerados e não em aplicações práticas envolvendo os mesmos (ERDÕS; RÉNYI, 1959).

Modelo de Barabási e Albert: posteriormente, Barabási e Albert mapearam a

topologia das conexões entre as páginas da Teia Mundial e descobriram que além da mesma apresentar o fenômeno mundo pequeno, sua distribuição de conexões não era aleatória, mas do tipo livre de escala, ou seja, a probabilidade $P(k)$ de um vértice estar conectado a k outros vértices é dada por da forma $P(k) \approx k^{-\gamma}$ (ALBERT; BARABÁSI, 2002).

Modelo Modular de Newman: Uma grande parte das redes reais, incluindo redes sociais, biológicas e tecnológicas, possui uma estrutura modular, ou seja, arestas densamente distribuídas entre vértices pertencentes a um mesmo grupo e esparsamente distribuídas entre vértices pertencentes a grupos distintos. Um exemplo típico de uma rede modular consiste em uma rede de contato entre as pessoas de uma pequena cidade, onde indivíduos de uma mesma família apresentam-se altamente conectados entre si quando comparados com indivíduos de famílias distintas. Nesse sentido, Newman propôs um modelo capaz de produzir redes com tais características (NEWMAN, 2002).

Modelo Hierárquico Dodds, Watts e Sabel: Numa rede hierárquica, a relação de lei de potência entre o coeficiente de agrupamento de um vértice n_i e o seu grau de conectividade, são as características mais importante. A arquitetura hierárquica implica que nós distantes são partes de áreas de alta agregação e que a comunicação entre estas áreas (também chamadas módulos) é feita por um pequeno número de nós (DODDS; WATTS; SABEL, 2003).

2.3.2 Propriedades topológicas

Segundo Rodrigues (2007), diversas são as propriedades matemática presentes nas redes complexas, entre elas pode-se destacar:

Grau de conectitividade: Uma medida básica para caracterização da estrutura de redes é dada pela média do número de conexões entre os vértices, denominada conectividade média $\langle k \rangle$. A conectividade de um dado vértice n_i para uma rede não direcionada é dada por: $k_i = \sum_{j=1}^{N} a_{ij} = \sum_{j=1}^{N} a_{ji}$. Já a conectividade méida é dada por: $\langle k \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} k_i$.

Força de conectividade: assim como o grau de conectividade, uma força de conectividade s_i de um vértice n_i é definida como o número de arestas em n_i incidentes a outros vértices n_j, para redes não direcionadas, tem-se que: $s_i =$

$\sum_{j=1}^{N} w_{ij} = \sum_{j=1}^{N} w_{ji}$. Para redes direcionadas: $s_i = \sum_{j=1}^{N} w_{ij} + \sum_{j=1}^{N} w_{ji}$. De maneira análoga ao grau de conectividade, a força média da rede pode ser dada pela média aritmética das forças sobre todos os vértices: $\langle s \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} s_i$.

Coeficiente de agrupamento: o coeficiente de agrupamento mede a razão entre o número de arestas entre os vizinhos de um dado vértice n_i, denotado por E_i e o número máximo possível de arestas que possa existir entre esses vizinhos, ou seja, $C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i-1)}$. Nesse sentido, o coeficiente de agrupamento médio $\langle C \rangle$ na rede como a média aritmética dos C_j para todos os vértices n_i: $\langle C \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} C_i$.

Comprimento do menor caminho: o comprimento do menor caminho entre dois vértices n_i e n_j é um caminho que os conecta cujo comprimento é mínimo. Os menores caminhos entre todos os pares de vértices de uma rede podem ser representados através de uma matriz de distância L, cujos elementos l_{ij} representam o valor do menor caminho entre os vértices n_i e n_j. O comprimento médio do menor caminho $\langle L \rangle$ da rede é definido como a média dos elementos não-nulos de L, ou seja, $\langle L \rangle = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} L_{ij}$.

2.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos foram divididos nas seguintes etapas:

1) Levantamento do bolsistas PQ da área da CI junto ao portal online do CNPq: Foi recuperado a lista em vigência dos bolsistas PQ da área e observou-se que, atualmente, a CI conta com 47 bolsistas PQ (atualização em Fevereiro de 2017). Dentre estes, 30 são categoria 2 (PQ-2), 17 categoria 1 (PQ-1) e nenhum pesquisador categoria sênior (PQ-Sr.).

2) Recuperação da produção cientifica dos 17 bolsistas PQ-1 a fim de analisar a coautoria entre os mesmos: dentre todos os tipos de produção bibliográficas cadastradas na plataforma lattes (artigos completos publicados em periódicos, livros e capítulos, trabalhos publicados em anais de congressos, apresentações de trabalho) e foram recuperados todas produções em que ao menos dois bolsistas eram coautores.

3) Construção de quatro tipos diferentes de redes complexas: para representação das redes de coautoria foram construídas as seguintes redes: rede

hierárquica de Dodds, Watts e Sabel, rede de Erdös e Rényi, rede de Barabási e Albert, e, a rede modular de Newman. Junto com as quatro representações, foram apresentadas as questões topológicas e geométricas das redes, além de analisar como cada uma destas redes representam as coautorias entre os pesquisadores, ou seja, se conseguem mostrar de forma clara, a existência de coautorias ou não e proximidades entre os pesquisadores e instituições. Foi construída uma matriz adjacente com dimensões 17x17 com os bolsistas PQ e foram utilizados o software Pajek e a linguagem de programação C para gerar as redes.

3 RESULTADOS: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO

De maneira geral, verificou-se que os 17 bolsistas PQ estão vinculados a 7 instituições diferentes. Topologicamente, após os cálculos do grau de conectividade, força de conectividade, coeficiente de agrupamento e menor caminho, chegou-se nos seguintes resultados apresentados no quadro 1.

Quadro 1 - Valores topológicos da rede

Grau de conectividade	Força de conectividade	Coeficiente de agrupamento	Menor caminho
$\langle k \rangle = 2{,}705$	$\langle s \rangle = 15{,}294$	$\langle C \rangle = 0{,}219$	$\langle L \rangle = 2{,}911$

Fonte:

O Grau de conectividade médio apresenta o número médio de arestas que incidem sobre cada um dos vértice n_i (2,705), ou seja, o número médio de relações coautoria. Já a força de conectividade média apresentou o peso médio de cada uma das arestas da rede complexa (15,294), neste caso, o número médio de trabalhos em cautoria entre os autores. Nota-se ser um número expressivo ao se pensar como uma média, porém, observa-se que há autores que possuem um número muito alto de coautorias e outros, um número muito baixo. O coeficiente de agrupamento médio representa quão agrupados os vértices estão, logo, notou-se que possui um baixo nível de agrupamento (0,219), tal medida apontou a razão entre o número de arestas entre os vizinhos de um dado vértice e o número máximo possível de arestas que possa existir entre esses vizinhos, isto é, a probabilidade de dois vertices vizinhos se relacionarem (estabelecerem uma relação de coaturia) é de 21,9%. E por fim o menor caminho médio que representa a distância média entre dois vértices n_ie n_j, ou seja, quanto vértices deve-se “andar” para chegar até outro,

totalizando 2,911 vértices.

O quadro 2 apresenta todos os 17 bolsistas PQ tais como as instituições que estão oficialmente vinculados e com quantos coautores estão relacionados. Como já apresentado, notou-se que cada pesquisador se relacionou, em média, com 2,705 bolsistas.

Quadro 2 - Bolsistas PQ e suas produções em coautoria

Bolsista [1](Instituição)	Nº de bolsistas coautores
UFF-1	2
UFF-2	3
UNB-1	1
UNB-2	1
IBICT-1	2
IBICT-2	3
IBICT-3	6
IBICT-4	1
UNIRIO-1	1
UNIRIO-2	2
UNESP-1	3
UNESP-2	4
UFPE-1	3
UFPE-2	2
USP-1	5
USP-2	4
USP-3	4

Fonte:

Destaca-se a nível individual o pesquisador IBICT-3 por possuir o maior número de parceiros coautores, entre todos os pesquidores analisados. Tal

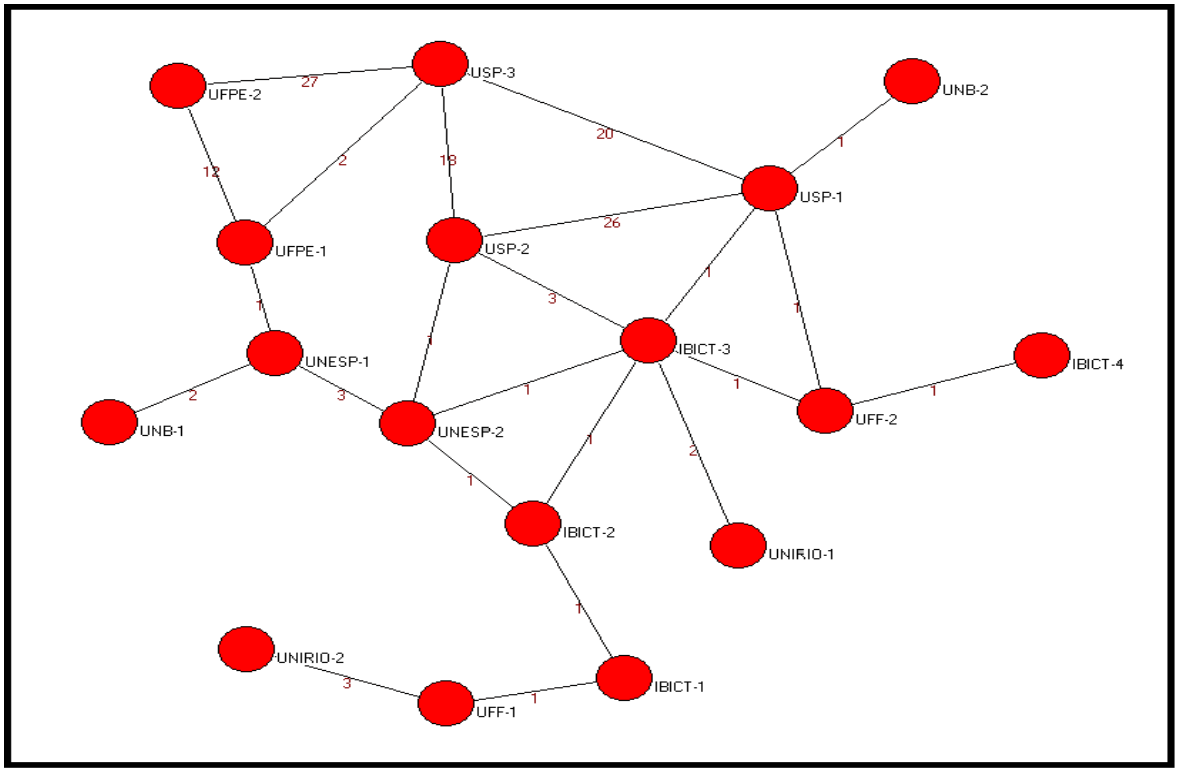
[1] Devido a questões editoriais, não utilizou-se os nomes dos pesquisadores.

pesquisador se relacionou com 6 coautores diferentes. Ressalta-se ainda que dentre os 6 parceiros, 4 são de diferentes instituições (UFF, UNIRIO, USP, UNESP) além, da própria instituição IBICIT apresentado na figura 1. Os valores entre os nós representam o número de produções conjuntas entre os pesquisadores.

Pode-se observar, ainda na figura 1, a presença do pesquisador IBICT-3 no centro da rede, justificando o fato do mesmo ser o pesquisador que possui mais trabalhos em coautoria com outros pesquisadores, totalizando 9 trabalhos em coautoria.

Nota-se ainda que nós periféricos das redes são aqueles que possuem menor relação com outros pesquisadores. E mais, vê-se ainda que a relação mais densa se da entre USP-3 e UFPE-2 com 27 trabalhos em comum.

Figura 1 - Rede de Barabási e Albert.



Fonte: Elaborado pelos autores

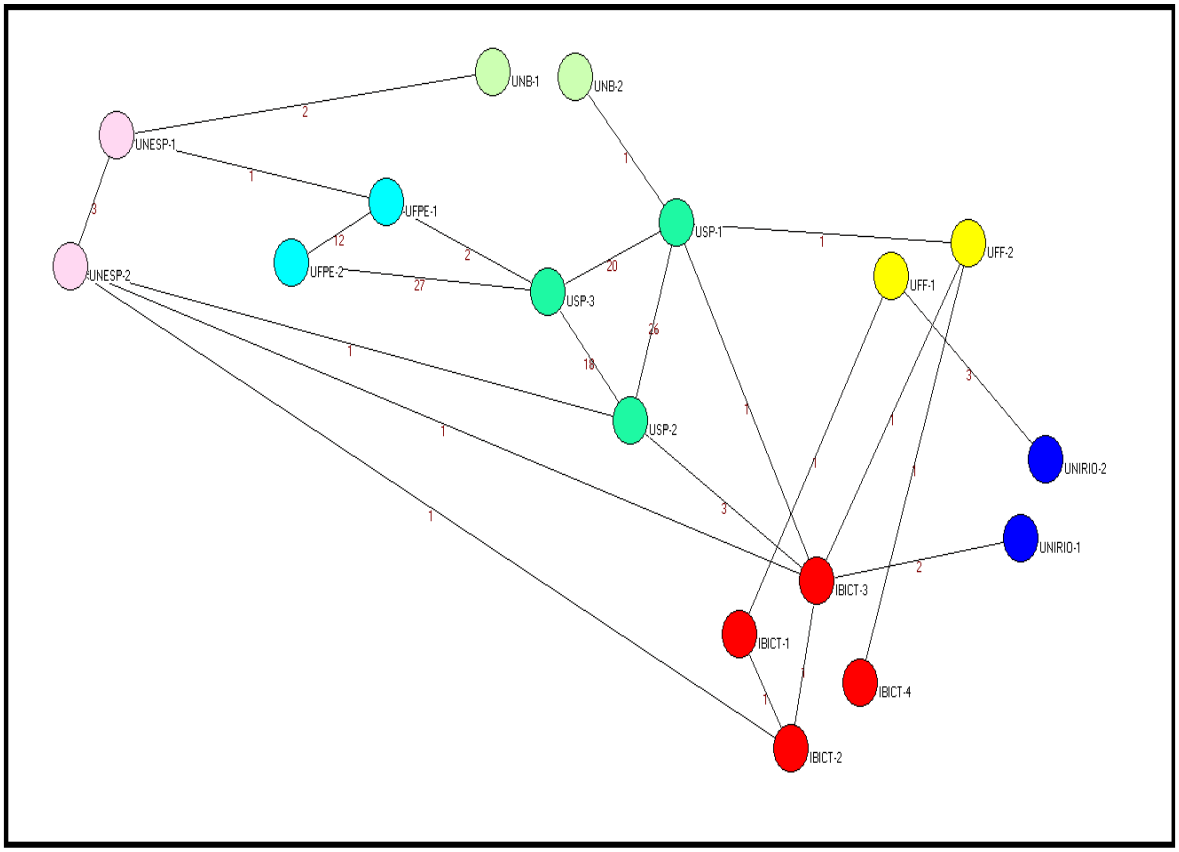
Com relação as instituições, destacou-se a USP e IBICT, por relacionarem-se com outras instituições. Ambas se relacionam com 5 e 4 instituições, respectivamente, assim como apresentado na Figura 2.

Nesse sentido, vê-se a USP como instituição central por possuir o maior número de ligação com outras instituições (UNESP, UNB, UFPE, IBICT, UFF). Fica

claro que a rede modular de Newman, que possui como característica o agrupamento de nós “em comum”, neste caso, de mesma instituição de ensino.

Nota-se ainda que pesquisadores de mesma instituição não possuem produções em coautoria, é o caso de UNIRIO, UFF e UNB, tendo apenas coautoria com pesquisadores de outras instituições.

Figura 2 - Rede modular de Newman



Fonte: Elaborado pelos autores

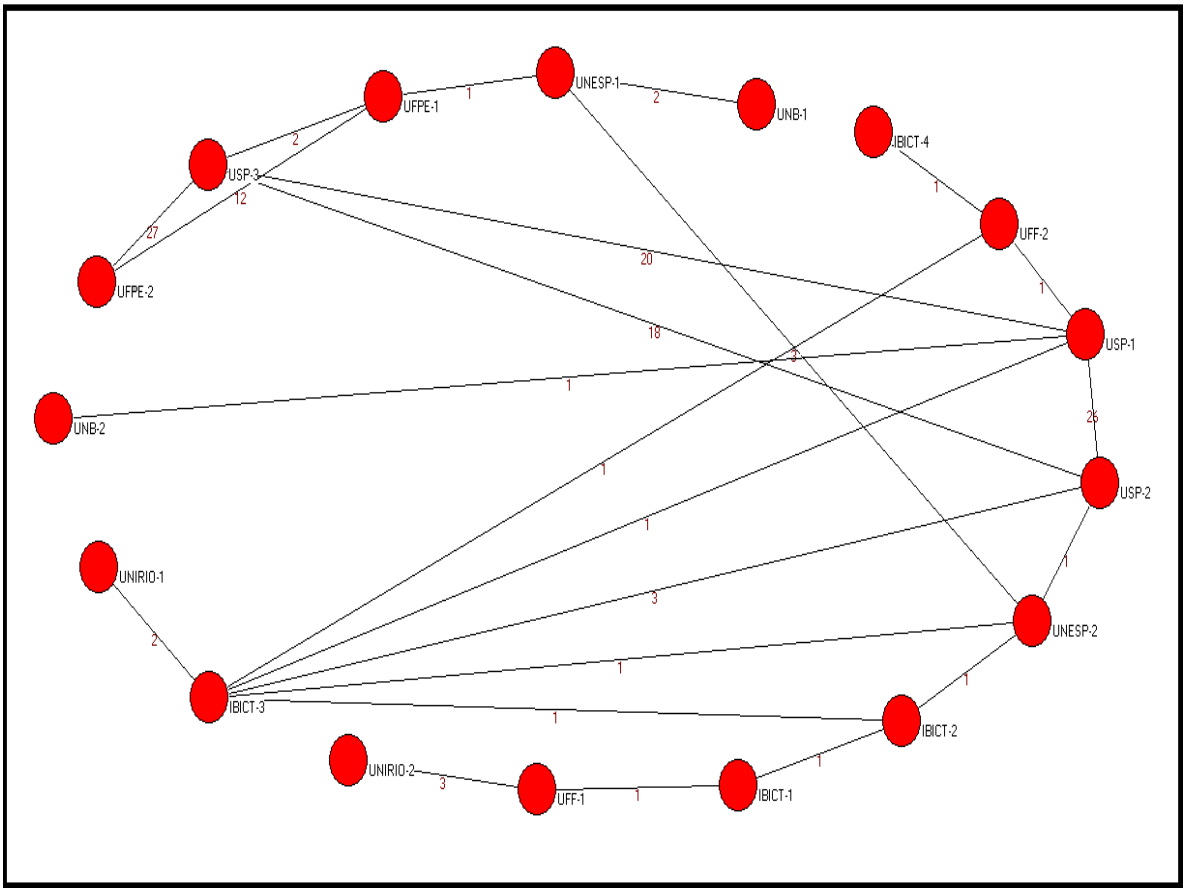
Em um novo ponto de vista, a rede de Erdös e Rényi, apresentada na figura 3, mostra a rede de forma circular, onde todos os nós (pesquisadores) são apresentados de forma periferéfica, sem elementos centrais. A não presença de elementos centrais dificulta destacar os elementos de destaque.

Nota-se que este tipo de rede pouco mostra graficamente para a análise de coautoria entre pesquisadores ou a colaboração entre instituições, diferentemente da rede modular de Newman que aponta os agrupamentos das instituições ou a rede de Barabási e Albert que destaca individualmente o nó com mais ligações em posição central.

Segundo Lima (2011), a proximidade do pesquisador com outros pesquisadores dentro da rede, neste casos, ter um posição central, mostra que o

mesmo possui maiores chances de aumentar seu número de relações individuais com quem ele compartilha a autoria de suas pesquisas, podendo então aumentar seu número de produções em coautoria.

Figura 3 - Rede de Erdös e Reényi.



Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, é apresentada a rede hierárquica. Redes hierárquicas, apresentada na figura 4, são geralmente usadas em estudos sobre genealogia acadêmica (relação orientador-orientando), onde o nó mais ascendente representa o orientador e os nós descendentes representam os orientandos.

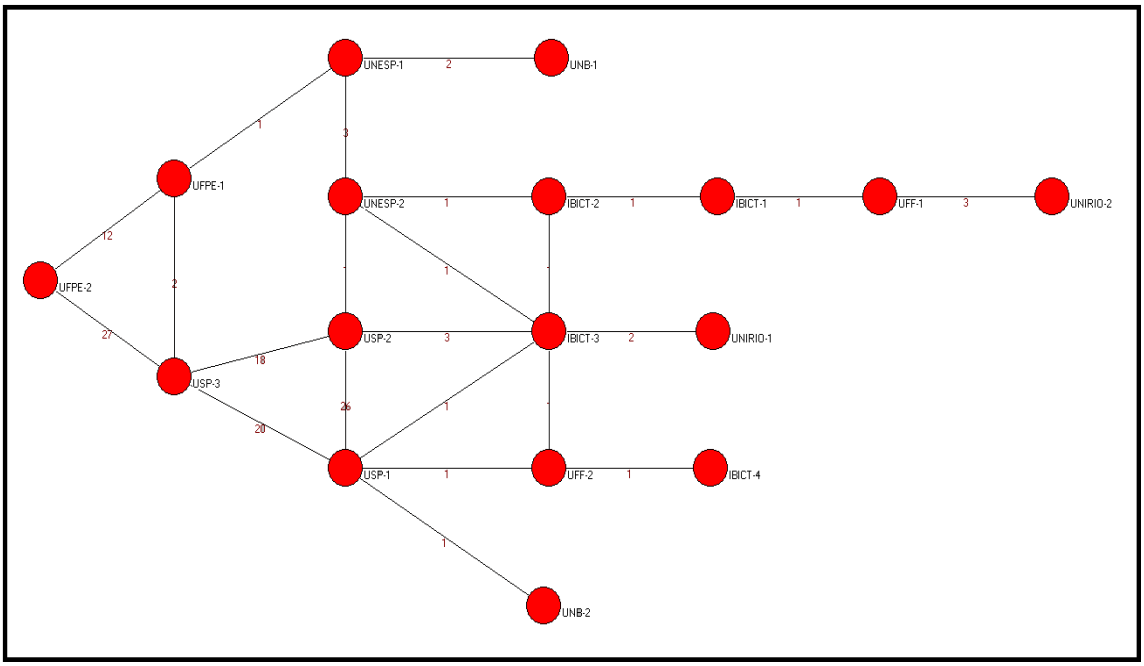
Neste caso, não se trata de um estudo genealógico, e nesse sentido, o pesquisador IBICIT-3, que possui mais ligações, não se apresenta na parte mais aguda da rede, porém, está inserido na parte central da rede.

Neste caso, observa-se que mais a esquerda, estão os pesquisadores com o maior número de trabalhos e pode-se notar que, o pesquisador UFPE-2, que aparece na ponta mais aguda da rede, é, como já dito, o pesquisador que possui

uma relação mais densa com outro pesquisador (USP-3).

Ambos possuem 27 produções em coautoria. Destaca-se ainda, que os pesquisadores com menos ligações podem ser vistos como periféricos, a notar UNB-1, UNB-2, UNIRIO-2, UNIRIO-1, IBICT-4.

Figura 4 - Rede hierarquica Dodds, Watts e Sabel



Fonte: Elaborado pelos autores

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresentou um estudo sobre a coautoria entre bolsistas de produtividade em pesquisa CNPq (PQ) da área da CI juntamente com a abordagem de redes complexas para a análise e representação destas relações. A análise contou com 17 bolsistas e notou-se que todos os bolsistas PQ tiveram ao menos uma produção em coautoria com outro bolsista, atingindo um dos objetivos propostos inicialmente.

A nível individual, notou-se que o pesquisador IBICT-3 foi o pesquisador com o maior número de coautorias num total de 9 trabalhos com 6 diferentes pesquisadores de 4 diferentes instituições. Os pesquisadores USP-3 e UFPE-2 são os pesquisadores com a ligação mais forte entre eles com 27 produções em comum. A nível institucional, a instituição USP foi a que mais apresentou ligações com outras instituições, relacionando-se com 5 instituições diferentes.

A abordagem via redes complexas trouxe quatro diferentes redes para

representação das produções em coautoria. Ficou claro que as representações mais significativas foram por meio da rede de Barabási e Albert e pela rede modular de Newman. Ao analisar a rede de Barabási e Albert, destaca-se o nível individual, por apresentar o pesquisador com mais ligações em posição central da rede. Já a rede modular de Newman, mostra o agrupamento entre as instituições, evidenciando também em posição central, a instituição com mais ligações. Desta maneira, contemplou-se o segundo objetivo da pesquisa, de analisar como as diversas representações contribuíram para o melhor entendimento da metodologia proposta.

Apresentou-se ainda as propriedades topológicas das redes, a fim de justificar os diversos tipos de representação e proximidade entre os atores das redes. Tais conceitos são, por diversas vezes, deixados de lado dentro da área da CI.

Acredita-se que este tipo de pesquisa pode ser estendida para outros tipos de estudo bibliométricos tais como análises de citação, cocitação e acomplamento bibliográfico. A rede de Erdös e Rényi e a rede hierárquica não trouxe representações tão significativas quanto esperado.

Por fim, pode-se expandir a pesquisa para um número maior de pesquisadores ou instituições para que se possa criar novos indicadores e analisar mais a fundo os diversos tipos de colaboração cientifica.

REFERÊNCIAS

ALBERT, R.; BARABASI, A. L. Statistical Mechanics of Complex Networks. **Reviews of Modern Physics**, v.74, n.1, p.77. 2002;

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÃO. **Portal CNPq**. Brasília: MICT, 2017. Disponível em: <www.cnpq.br>. Acesso em:

BUFREM, L. S.; JUNIOR, R. F. G.; GONÇALVES, V. Práticas de co-autoria no processo de comunicação científica na pós-graduação em Ciência da Informação no Brasil. **Informação & Informação,** v. 15, n. 1 esp., p. 111-130, 2010.

BUFREM, L. S.; MASCARENHAS, F.; SOBRAL, N. V. Análise das influências intelectuais na produção científica da área de Ciência da Informação: um estudo sobre os bolsistas de produtividade em pesquisa (PQ-CNPq). **Em Questão**, v. 23, p. 115-141, 2017.

DODDS, P. S.; WATTS, D. J.; SABEL, C. F. Information exchange and the robustness of organizational networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 21, p. 12516-12521, 2003.

ERDÕS, P.; RÉNYI, A. On random graphs. **Publicationes Mathematicae,** v. 6, n. 1, p. 17-60, 1959.

GUIMARÃES, J. A. C.; GRACIO, M. C. C.; MATOS, D. F. O. Produção científica de bolsistas pesquisa em Ciência da Informação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): um estudo com artigos de periódicos. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**, v. 9, n. 2, 2014.

LIMA, M. Y. Coautoria na produção científica do PPGGeo/UFRGS: uma análise de redes sociais. **Ciência da informação.** Brasília, v. 40, n. 1, p. 38-51, 2011.

LUUKKONEN, T.; PERSSON, O.; SIVERTSEN, G. Understanding patterns of international scientific collaboration. **Science, Technology, & Human Values**, v. 17, n. 1, p. 101-126, 1992.

MAIA, M. F. S.; CAREGNATO, S. E. Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica. **Perspectivas em Ciência da Informação,** v. 13, n. 2, p. 18-31, 2008.

MATHEUS, R. F.; PARREIRAS, F. S.; PARREIRAS, T. S. Análise de redes sociais como metodologia de apoio para a discussão da interdisciplinaridade na ciência da informação. **Ciência da Informação**, v. 35, n. 1, p. 72-93, 2006.

NEWMAN, M. E. J. Spread of epidemic disease on networks. **Physical review E**, v. 66, n. 1, p. 016128, 2002.

RODRIGUES, F. A. **Caracterização, classificação e análise de redes complexas**. São Carlos, 2007. 175f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos.

SILVA, A. B. O.; MATHEUS, R. F.; PARREIRAS, F. S.; PARREIRAS, T. S . Estudo da rede de co-autoria e da interdisciplinaridade na produção científica com base nos métodos de análise de redes sociais: avaliação do caso do programa de pós-graduação em ciência da informação-PPGCI/UFMG. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO (ENANCIB)**, Florianópolis, SC, 2005.

VANZ, S. A. S.; STUMPF, I. R. C. Colaboração científica: revisão teórico conceitual. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 15, n. 2, p. 42-55, 2010.

WATSS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collective Dynamics of “Small World Networks”. **Letters to Nature, v.393**, 1998.