

MAPEAMENTO DA ÁREA DE PESQUISA OPERACIONAL NA WEB OF SCIENCE: UMA ANÁLISE DAS REDES DE COAUTORIA

Alexandre Donizeti Alves

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos, SP, Brasil
alexdonizeti@gmail.com

Horacio Hideki Yanasse

Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Rua Talim, 330 - Vila Nair, 12231-280, São José dos Campos - SP, Brasil
horacio.yanasse@unifesp.br

Nei Yoshihiro Soma

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos, SP, Brasil
soma@ita.br

RESUMO

Este artigo apresenta um mapeamento e análise das redes de coautoria da área de Pesquisa Operacional considerando os artigos publicados em periódicos indexados na *Web of Science* e classificados na categoria “*Operations Research & Management Science*” para dois períodos: 2005 a 2009 e 2010 a 2014. Para isso, foi realizada uma análise bibliométrica considerando a autoria e a coautoria na produção científica da área. Também foi realizada uma análise das redes de coautoria para os países e autores da área com o maior número de artigos. O resultado mostra que nem sempre os países e autores que mais publicam são os que mais têm influência quando são consideradas as medidas de centralidade em redes de coautoria.

PALAVARAS-CHAVE: Rede de Coautoria, Pesquisa Operacional, Web of Science.

Área principal (Outras aplicações em PO)

ABSTRACT

This paper presents a mapping and analysis of co-authorship network of Operational Research considering the articles published in journals indexed in the Web of Science and classified in the “*Operations Research & Management Science*” for two periods: 2005 to 2009 and 2010 to 2014. To accomplish this we carried out a bibliometric analysis considering the authorship and co-authorship within the area’s scientific production. We also performed an analysis of co-authorship networks for countries and authors of the area with the largest quantity of articles. The result shows that not always do the countries and authors who publish more are those who have more influence when considering the centrality measures in co-authorship networks.

KEYWORDS: Co-authorship network, Operational Research, Web of Science.

Main area (Other applications in OR)

1. Introdução

A colaboração científica é um problema que desperta interesse em nível mundial (Vanz e Stumpf 2010). Segundo Katz e Martin (1997), a coautoria tem sido utilizada por muitos pesquisadores para investigar a colaboração entre pessoas, instituições e até mesmo países. Recentemente, alguns mapeamentos envolvendo análise de redes de coautoria foram realizados para outras áreas, tais como: Biocombustível (Xu e Boeing 2013), Gestão do Conhecimento (Sedighi e Jalalimanesh 2014) e Comportamento Informacional (González-Teruel et. al 2015). Esses trabalhos também serviram de base para a realização deste trabalho.

O objetivo deste trabalho é mapear e analisar as redes de coautoria da área de Pesquisa Operacional (PO) a partir das informações sobre os artigos publicados em periódicos indexados na *Web of Science* (WoS) e classificados na categoria “*Operations Research & Management Science*” (OR&MS). Para realizar este estudo foi considerada a produção científica da área de PO em dois períodos distintos, permitindo que uma análise temporal fosse realizada. O primeiro considerou o período de 2005 a 2009 e o segundo o período de 2010 a 2014. Com isso, foi possível verificar como as colaborações científicas da área surgiram e evoluíram durante esses períodos. Neste sentido, foram realizadas análises da autoria, coautoria e das redes de coautoria para os países e autores da área de PO que mais publicaram em periódicos na WoS.

Este texto está organizado da seguinte maneira: na Seção 2 é apresentada uma breve descrição sobre Análise de Redes Sociais, destacando as medidas de centralidade utilizadas neste trabalho. Na Seção 3 é descrito como foram coletados os dados de interesse. Na Seção 4 são apresentados os resultados, destacando as principais informações obtidas. Finalmente, na Seção 5 são apresentadas as conclusões.

2. Análise de Redes Sociais

Uma rede social é composta por um conjunto de atores e relações definidas entre esses (Wasserman e Faust 1994). Um ator pode representar um indivíduo (e.g., um pesquisador ou uma instituição) ou um grupo (e.g., todas as instituições federais do país). As relações são dadas por vínculos (e.g., profissional ou familiar) e as mesmas podem ser direcionais ou não. No primeiro caso, um ator funciona como transmissor, no outro como receptor (e.g., orientação acadêmica). No segundo caso, a relação é recíproca (e.g., publicação). Com isso, desenvolveu-se um novo método de análise denominado “Análise de Redes Sociais - ARS” (*Social Network Analysis - SNA*). A ARS é uma abordagem oriunda da sociologia, da psicologia social e da antropologia, podendo ser aplicada no estudo de diferentes situações e tendo como foco as relações entre os atores. O entendimento da estrutura e da interação em uma rede social pode ser obtido através de métricas, também chamadas de propriedades de redes sociais (Wasserman e Faust 1994).

As propriedades relacionadas a um ator se baseiam nas ligações existentes entre os atores e suas relações. Dessa forma, cada ator possui um valor na rede que será considerado ao analisá-lo em relação aos demais. Essas propriedades dizem respeito à centralidade dos atores em relação à rede, isto é, a intensidade com a qual este ator está envolvido em seus relacionamentos, tornando-o mais visível aos outros atores da rede. Os tipos de propriedades de centralidade mais importantes de um ator são:

- Grau do ator na rede (*Degree Centrality*): o ator mais central é o que possui o maior grau, ou seja, aquele que possui o grau de maior valor dentro da rede (Wasserman e Faust 1994).
- Centralidade de intermediação (*Betweenness Centrality*): é a capacidade que um ator tem de intermediar as comunicações entre os demais. Corresponde às interações entre dois atores não vizinhos os quais dependem de outros que se localizam entre eles. Os atores que estão entre os não adjacentes, possuem controle sobre as interações entre os dois atores não vizinhos. Para ter uma alta centralidade de intermediação, um ator deve estar no caminho entre diversos outros (Wasserman e Faust 1994).
- Centralidade de proximidade (*Closeness Centrality*): é baseada na distância e representa o quão próximo um ator está de todos os outros, resultando na

efetividade da comunicação e pouco esforço em se comunicar com toda a rede. É calculada por meio do menor caminho existente entre dois atores. Indica a capacidade de um ator alcançar todos os demais atores na rede (Wasserman e Faust 1994).

Estas propriedades permitem a análise de redes sociais e são utilizadas como base para diversas ferramentas. Além disso, os atores que se destacam nessas medidas podem ser considerados como os atores centrais, uma vez que possuem uma posição importante numa rede social.

3. Coleta de Dados

A área de PO é diretamente relacionada com a categoria OR&MS definida pela WoS (Alves et. al 2013). Foi então realizada uma busca avançada por artigos publicados em periódicos indexados na base WoS e classificados nessa categoria, de acordo com os critérios definidos na Tabela 1. Os principais critérios foram a categoria OR&MS e o tipo de documento. A cobertura da WoS selecionada para essa busca foi apenas o Índice Expandido de Citações Científicas (“*Science Citation Index Expanded™* - SCI-EXPANDED), que engloba mais de 8.500 periódicos da área de Ciências desde o ano de 1945. Além disso, foram definidos dois períodos distintos.

Tabela 1 - Definição de critérios de busca avançada na WoS para artigos publicados em periódicos e classificados na categoria OR&MS.

Campo	Critério
Categoria (WC)	WC = (“ <i>Operations Research & Management Science</i> ”)
Tipos de Documentos	“Article”
Períodos estipulados	2005 a 2009 e 2010 a 2014
Índices de citação	“ <i>Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)</i> ”

O total de artigos encontrados foi 28.523 para o primeiro período (2005 a 2009) e 38.367 para o segundo (2010 a 2014). A partir disso, foi possível baixar os dados de todos esses artigos em um formato de arquivo disponível na WoS. Dessa forma, foi feita a extração automática e os dados foram armazenados, também de forma automática, em um banco de dados. Todo esse processo, brevemente aqui descrito, foi realizado no dia 30 de abril de 2015 em poucos minutos utilizando uma linguagem de domínio específico (LDE) que está em desenvolvimento pelos autores deste trabalho. Essa LDE permite a coleta, extração e indexação automática de dados na base WoS e o armazenamento em um banco de dados.

As seguintes informações foram obtidas para este trabalho: artigos (id, título, tipo, ano, autores, total de autores, total de citações e afiliações). O acesso a essas informações foi feito através do Portal de Periódicos da CAPES. É necessário destacar a importância do Portal de Periódicos não somente neste trabalho, mas principalmente para o avanço recente na ciência brasileira. Criado em 2000, o Portal (Almeida et. al 2010) conta hoje com um dos maiores acervos em nível mundial.

A visualização das redes sociais é feita na forma de grafos e para isso foi utilizada a biblioteca JUNG (disponível em <http://jung.sourceforge.net>). JUNG (*Java Universal Network/Graph*) é uma biblioteca de código aberto escrita em Java que fornece uma linguagem comum e extensível para a modelagem, análise e visualização de dados que podem ser representados como um grafo ou uma rede.

4. Resultados e discussões

Por meio da busca realizada verificou-se que os pesquisadores da área de PO publicaram 28.523 artigos em periódicos na WoS no período de 2005 a 2009 e 38.367 artigos no período de 2010 a 2014. No primeiro período o Brasil ocupa a décima nona (19^a) posição entre os países que mais publicaram nessa área de acordo com a WoS, com um total de 437 (1,53%) artigos. Segundo Alves et. al (2013) o Brasil também ocupava essa posição considerando toda a produção científica na área até o ano de 2013. Porém, no segundo período considerado neste

trabalho o Brasil ocupa a décima sexta (16^a) posição, com 890 (2,32%) artigos. É importante destacar que um mesmo artigo pode ser contabilizado por mais de um país. Isso se deve ao fato de que a WoS faz essa contagem considerando todas as afiliações informadas nos artigos (Almeida e Guimarães 2013).

Do total de 28.523 artigos publicados em periódicos no primeiro período, 2.094 (7,34%) ainda não foram citados. Os outros 26.429 (92,66%) artigos foram citados por 392.946 artigos, com uma média de 14,87 citações por artigo. Do total de 38.367 artigos publicados em periódicos no segundo período, 11.025 (28,74%) artigos ainda não foram citados. Porém, 7.980 (72,38%) desses artigos foram publicados em 2014. Os outros 27.342 (71,26%) artigos foram citados por 160.503 artigos, com uma média de 5,87 citações por artigo. Por outro lado, constata-se que a área tem meia vida alta.

Para publicar os 28.523 artigos no primeiro período, os pesquisadores da área de PO colaboraram com autores de 111 países. A Figura 1 apresenta a rede de coautoria da área de PO entre os 20 países que mais publicaram em periódicos na WoS. Esses 20 países publicaram um total de 25.656 (89,95%) artigos no primeiro período. Para cada um desses países, foram obtidos os 20 (máximo) países com quem os autores desses artigos mais colaboraram. Dessa forma, foram encontrados 57 países com 280 coautorias entre eles. Entretanto, o grafo conectado apresentado na Figura 1 contém apenas 49 países (vértices) e 272 coautorias (arestas). Isso é porque todos os vértices com grau 1 foram removidos. Percebe-se que as principais relações ocorrem entre os Estados Unidos e a China (477) e entre os Estados Unidos e o Canadá (375).

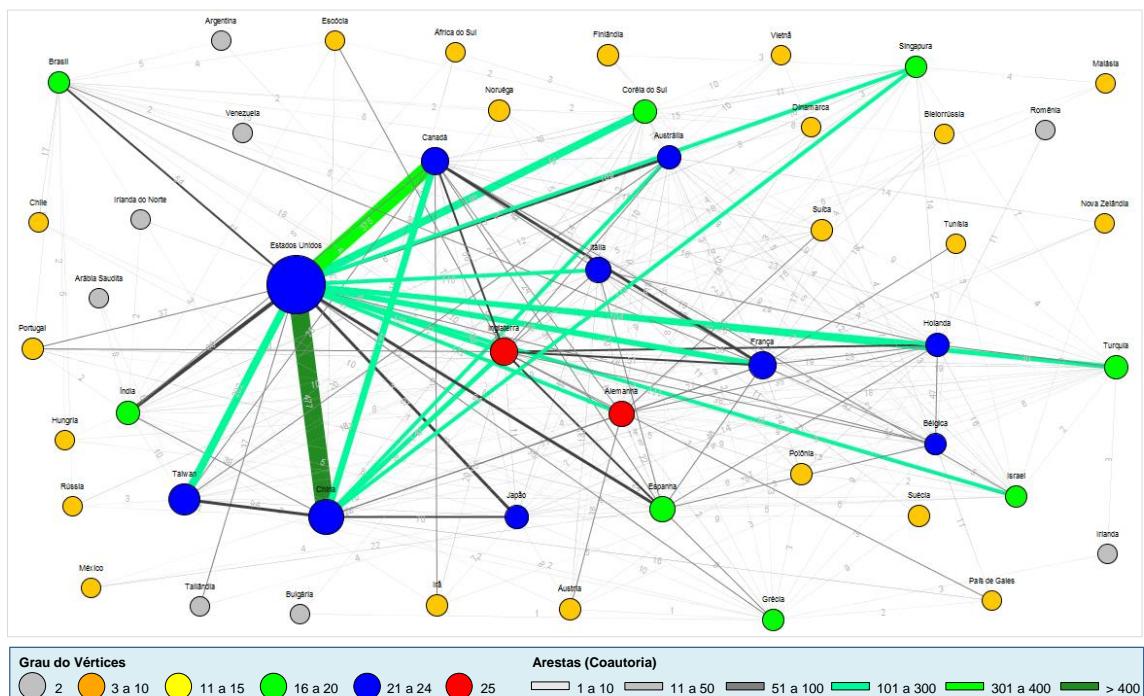


Figura 1 - Rede de coautoria da área de PO entre os 20 países que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2005 a 2009.

Em todos os grafos apresentados neste trabalho, a cor dos vértices é definida pelo grau de cada vértice e a cor das arestas é definida de acordo com o número de coautorias. O tamanho dos vértices representa o número de artigos e a largura e intensidade das cores das arestas representam o quanto intensa é uma relação.

A partir do grafo gerado na Figura 1, foi possível calcular as medidas de centralidade entre esses países, conforme apresentado na Tabela 2, sendo que apenas os países com grau igual ou superior a 18 foram considerados. Percebe-se que, apesar dos Estados Unidos ser o país que mais publicou artigos na área de PO, não é o país central em nenhuma das medidas. Os países

que mais se destacam são a Inglaterra e a Alemanha que são, respectivamente, primeiro e segundo em duas medidas de centralidade (Grau e Proximidade). Percebe-se que a Espanha e a Itália se destacam em uma das medidas. A posição do Brasil chama a atenção pois é o quarto país mais central ao se considerar a medida de intermediação.

Tabela 2 - Medidas de Centralidade da área de PO entre os países que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2005 a 2009.

País	Artigos	Grau	Intermediação	Proximidade
Inglaterra	1.783 (5º)	25	66,85 (6º)	0,68 (1º)
Alemanha	1.186 (9º)	25	48,86 (13º)	0,68 (2º)
Itália	1.206 (8º)	24	86,76 (2º)	0,67 (4º)
França	1.483 (6º)	24	54,96 (11º)	0,67 (3º)
China	3.558 (2º)	23	65,57 (7º)	0,66 (5º)
Japão	792 (13º)	22	56,88 (9º)	0,63 (10º)
Austrália	760 (14º)	22	38,73 (15º)	0,65 (7º)
Holanda	996 (10º)	22	37,76 (17º)	0,65 (6º)
Taiwan	2.483 (3º)	21	64,86 (8º)	0,62 (14º)
Bélgica	509 (17º)	21	55,83 (10º)	0,62 (15º)
Estados Unidos	8.417 (1º)	21	33,07 (18º)	0,64 (8º)
Canadá	1.815 (4º)	21	15,84 (20º)	0,64 (9º)
Espanha	1.340 (7º)	20	90,58 (1º)	0,63 (11º)
Índia	747 (15º)	20	76,82 (3º)	0,62 (16º)
Grécia	367 (20º)	20	72,60 (5º)	0,63 (13º)
Coreia do Sul	966 (11º)	20	42,43 (14º)	0,60 (18º)
Israel	482 (18º)	20	31,31 (19º)	0,63 (12º)
Brasil	437 (19º)	19	74,84 (4º)	0,59 (19º)
Turquia	847 (12º)	19	50,50 (12º)	0,62 (17º)
Singapura	527 (16º)	18	38,73 (16º)	0,59 (20º)

Para publicar os 38.367 artigos no segundo período considerado neste trabalho, o que representa um aumento significativo (34,51%) em relação ao período anterior, os pesquisadores da área de PO colaboraram com autores de 130 países (aumento de 17,12%). A Figura 2 apresenta a rede de coautoria da área de PO entre os 20 países que mais publicaram em periódicos na WoS no segundo período. Um total de 34.218 (89,19%) artigos foram publicados por esses países nesse período. De maneira análoga ao período anterior, foram obtidos os 20 (máximo) países com quem os autores desses artigos mais colaboraram, tendo sido encontrados 52 países com 277 coautorias entre eles. Entretanto, o grafo conectado apresentado na Figura 2 contém 44 países (vértices) e 269 coautorias (arestas). Isso é porque todos os vértices com grau 1 também foram removidos. Também se percebe que as principais relações ocorrem entre os Estados Unidos e a China (1.067) e entre os Estados Unidos e o Canadá (433). Nota-se que a relação entre os Unidos e a China aumentou (123,69%) consideravelmente de um período para o outro.

Com isso foi possível calcular as medidas de centralidade entre esses países, conforme apresentado na Tabela 3, sendo que apenas os países com grau igual ou superior a 17 foram considerados. Mais uma vez percebe-se que, apesar dos Estados Unidos continuarem a ser o país que mais publicou artigos na área de PO, também continuam a não ser um país central em nenhuma das medidas. Por outro lado, a China, que continua a ser o segundo país que mais publica na área de PO, com aumento significativo (108,54%) na sua produção, passou a ser o país mais central considerando a centralidade de proximidade; o segundo (empatado com o primeiro) considerando a medida de grau e o terceiro considerando a medida de intermediação.

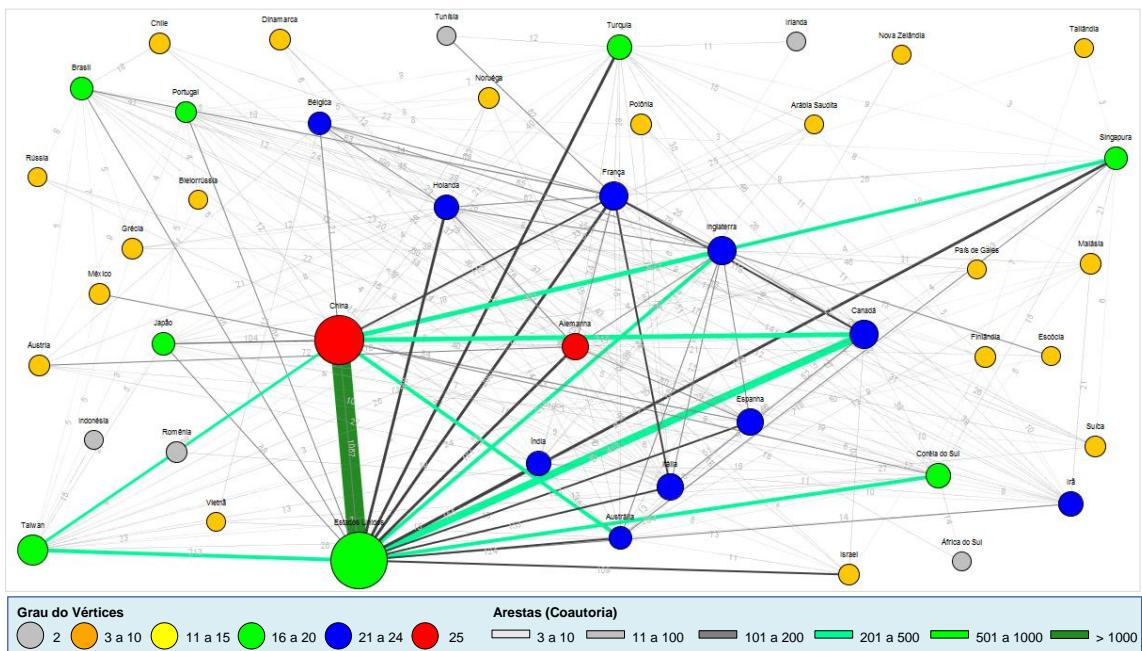


Figura 2 - Rede de coautoria da área de PO entre os 20 países que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2010 a 2014.

Tabela 3 - Medidas de Centralidade da área de PO entre os países que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2010 a 2014.

País	Artigos	% Aumento	Grau	Intermediação	Proximidade
Alemanha	1.819 (8°)	53,37	25	56,70 (2°)	0,70 (2°)
China	7.420 (2°)	108,54	25	56,05 (3°)	0,70 (1°)
França	2.211 (5°)	49,09	24	51,11 (5°)	0,69 (3°)
Holanda	1.240 (11°)	24,50	24	31,37 (14°)	0,69 (4°)
Espanha	2.040 (7°)	52,24	23	45,30 (8°)	0,68 (7°)
Inglaterra	2.287 (4°)	28,27	23	31,34 (15°)	0,68 (5°)
Canadá	2.208 (6°)	21,65	23	21,39 (19°)	0,68 (6°)
Itália	1.714 (9°)	42,12	22	53,71 (4°)	0,66 (9°)
Austrália	1.149 (15°)	51,18	22	38,81 (11°)	0,67 (8°)
Índia	1.172 (14°)	56,89	21	49,31 (7°)	0,66 (11°)
Bélgica	716 (18°)	40,67	21	35,61 (12°)	0,65 (12°)
Irã	1.196 (13°)	258,08	21	23,59 (17°)	0,66 (10°)
Taiwan	2.729 (3°)	9,91	20	74,15 (1°)	0,65 (14°)
Coréia do Sul	1.236 (12°)	27,95	20	50,75 (6°)	0,65 (15°)
Portugal	569 (20°)	80,06	20	33,64 (13°)	0,65 (16°)
Estados Unidos	9.308 (1°)	10,59	20	5,75 (20°)	0,65 (13°)
Turquia	1.295 (10°)	52,89	19	42,15 (9°)	0,63 (19°)
Japão	754 (17°)	-4,80	19	40,43 (10°)	0,64 (17°)
Singapura	701 (19°)	33,02	19	30,70 (16°)	0,64 (18°)
Brasil	890 (16°)	103,66	17	21,88 (18°)	0,60 (20°)

A Alemanha agora é o país mais central, pois está em primeiro em uma das medidas e em segundo nas outras duas. Taiwan, apesar de não ter tido um aumento significativo (9,91%) da sua produção, também passou a ser destaque em uma das medidas. O Brasil, apesar de ter tido um aumento significativo (103,66%) na sua produção em relação ao período anterior, não obteve destaque em nenhuma das medidas. O aumento mais significativo na produção nesse período foi do Irã (258,08%), que nem aparecia entre os que mais publicaram no período anterior. Portugal,

com um aumento de 80,06% da produção nesse período é outro país que também não fazia parte do grupo de 20 países que mais publicaram em periódicos indexados na WoS. Esses dois países entraram nos lugares de Israel e Grécia.

Os artigos da área de PO no primeiro período foram publicados por 34.666 autores distintos de acordo com a WoS, com uma média de 2,51 autores por artigo. Desse total, 22.533 (65%) autores publicaram apenas um artigo, 5.479 (15,81%) publicaram dois, 2.403 (6,93%) publicaram 3; 3.494 (10,08%) publicaram entre 4 e 9, e finalmente, somente 757 (2,18%) autores publicaram 10 ou mais artigos. Com relação a autoria de cada um dos 28.523 artigos, 4.477 (15,70%) foram publicados por um único autor, enquanto 24.046 (84,30%) foram em coautoria. Do total de artigos com coautoria, 11.165 (46,43%) artigos foram publicados por dois autores, 8.566 (35,62%) por três autores e 4.315 (17,95%) por 4 ou mais autores.

A rede de coautoria da área de PO entre os 20 autores que mais publicaram em periódicos na WoS no primeiro período é apresentada na Figura 3. Esses autores publicaram um total de 885 (3,10%) artigos nesse período. De forma análoga aos países, para cada um desses autores, foram obtidos os 20 (máximo) autores com quem esses mais colaboraram. Foram encontrados 373 autores com 394 coautorias entre eles. O grafo gerado contém 5 componentes (clusters), sendo que o maior deles possui 258 autores. Os demais componentes estão delimitados por linhas pontilhadas. Três desses componentes possuem 21 autores e o outro possui 52 autores. As principais relações de coautoria ocorrem entre os seguintes pares de autores: “Laporte G” e “Cordeau JF” (24); “Cheng TCE” e “NG CT” (23); “Wang SY” e “Lai KK” (22).

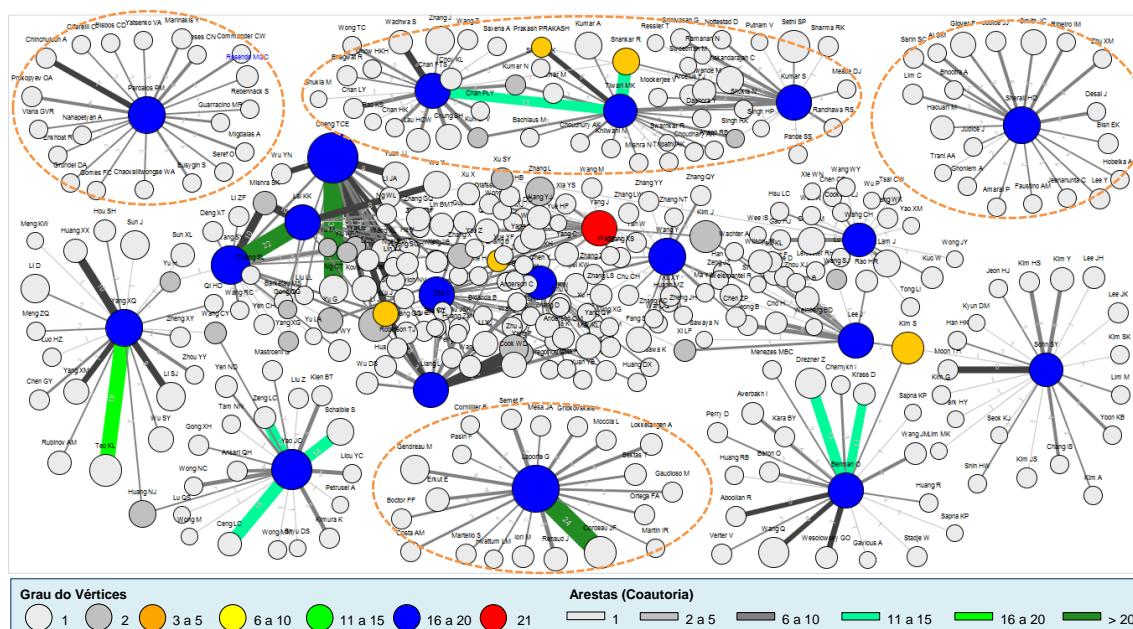


Figura 3 - Rede de coautoria da área de PO entre os 20 autores que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2005 a 2009.

Dessa forma, também foi possível calcular as medidas de centralidade entre os autores, conforme apresentado na Tabela 4, sendo que apenas os autores com grau igual ou superior a 20 foram considerados. Percebe-se aqui também que o autor “Cheng TCE”, que foi quem mais publicou no primeiro período, não está entre principais autores considerando as medidas de centralidade. Porém, o autor “Laporte G”, que é o segundo que mais publicou, é o mais central considerando a centralidade de proximidade. Os três primeiros autores da Tabela 4 se destacam em duas das medidas de centralidade (Grau e Intermediação), principalmente o autor “Wang SY” que é segundo e primeiro respectivamente. Os autores “Sherali HD” e “Pardalos PM” também se destacam na centralidade de proximidade.

Tabela 4 - Medidas de Centralidade da área de PO entre os autores que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2005 a 2009.

Autor	Artigos	Grau	Intermediação	Proximidade
Yang J	41 (16°)	21	9.094,27 (3°)	0,27 (116°)
Wang SY	49 (4°)	20	12.897,62 (1°)	0,26 (119°)
Lee J	43 (12°)	20	12.787,00 (2°)	0,23 (127°)
Yang XQ	46 (7°)	20	8.815,50 (5°)	0,19 (207°)
Chen Y	38 (20°)	20	8.493,58 (7°)	0,27 (117°)
Lai KK	43 (11°)	20	6.757,47 (9°)	0,25 (121°)
Liang L	42 (14°)	20	6.434,77 (10°)	0,26 (120°)
Wang CH	39 (19°)	20	5.019,50 (13°)	0,21 (141°)
Wang L	43 (13°)	20	4.846,80 (14°)	0,23 (128°)
Berman O	44 (9°)	20	4.693,00 (15°)	0,17 (278°)
Sohn SY	39 (18°)	20	4.693,00 (16°)	0,17 (279°)
Wang Y	47 (6°)	20	4.533,00 (17°)	0,20 (195°)
Yao JC	55 (3°)	20	4.455,50 (18°)	0,14 (355°)
Cheng TCE	79 (1°)	20	4.335,88 (19°)	0,23 (126°)
Tiwari MK	40 (17°)	20	718,50 (27°)	0,62 (4°)
Kumar S	43 (10°)	20	681,33 (28°)	0,53 (5°)
Chan FTS	41 (15°)	20	647,83 (29°)	0,52 (6°)
Laporte G	72 (2°)	20	190,00 (31°)	1,00 (1°)
Sherali HD	48 (5°)	20	190,00 (32°)	1,00 (2°)
Pardalos PM	45 (8°)	20	190,00 (33°)	1,00 (3°)

No primeiro período foram identificados dois componentes dos clusters de coautoria da área de PO, conforme apresentado na Figura 4. O maior componente possui 34 autores e o outro possui 8 autores. No grafo, com 42 vértices e 66 arestas, é possível identificar apenas uma das relações destacadas anteriormente, entre os autores “Wang SY” e “Lai KK”. As relações entre os autores “Tiwari MK” e “Shankar R” (15) e “Chan FTS” e “Tiwari MK” (12) também estão em destaque. O autor “Wang SY” também é quem possui o maior número de relações de coautoria nesse grafo.

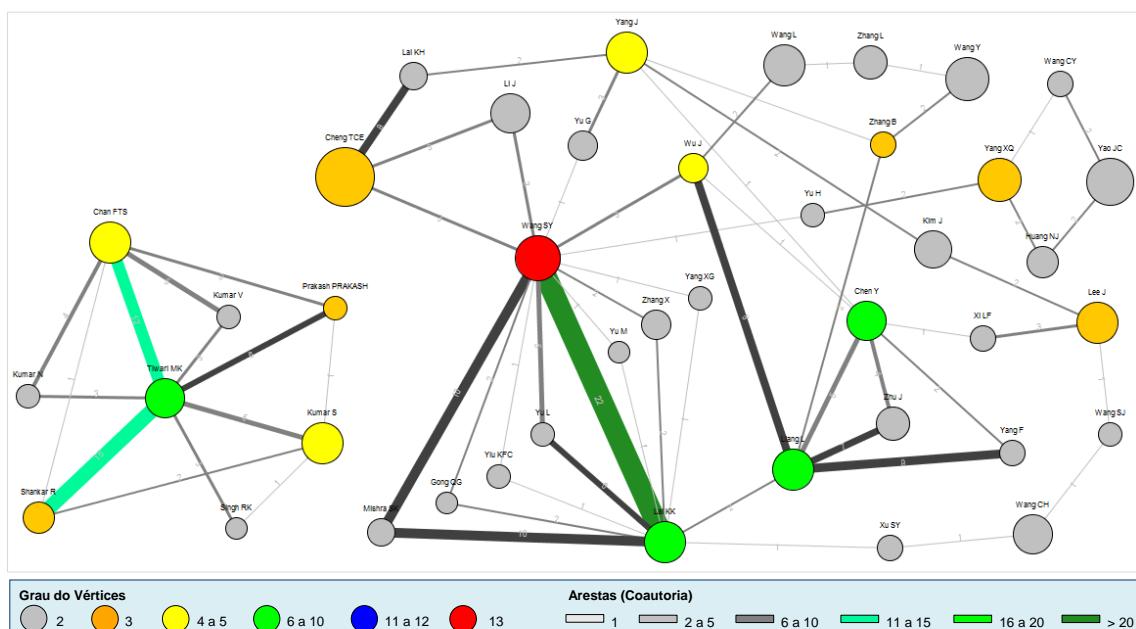


Figura 4 - Componentes dos clusters da área de PO entre os 20 autores que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2005 a 2009.

A partir desse grafo, também foi possível calcular as medidas de centralidade entre os autores, conforme apresentado na Tabela 5, sendo que apenas os autores com grau igual ou superior a 4 foram considerados. É interessante que nenhum dos três autores que mais publicaram no primeiro período constam entre os mais centrais nos componentes dos clusters. Os autores “Wang SY” e “Lai KK”, que são a principal relação de coautoria no primeiro período, são os autores mais centrais em duas medidas de centralidade (Grau e Intermediação). O autor “Wang SY” também já se destacava nessas mesmas medidas de centralidade na Tabela 4. Os autores “Tiwari MK” e “Chan FTS” se destacam na centralidade de proximidade. É interessante observar que o autor “Wu J” é o único da lista que não está entre os 20 que mais publicaram nesse período.

Tabela 5 - Medidas de Centralidade entre os autores que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2005 a 2009 considerando os componentes dos clusters da área de PO.

Autor	Artigos	Grau	Intermediação	Proximidade
Wang SY	49 (4 ^o)	13	265,72 (1 ^o)	0,47 (9 ^o)
Lai KK	43 (11 ^o)	10	136,87 (2 ^o)	0,43 (10 ^o)
Tiwari MK	40 (17 ^o)	7	9,17 (21 ^o)	1,00 (1 ^o)
Liang L	42 (14 ^o)	6	90,32 (6 ^o)	0,40 (12 ^o)
Chen Y	38 (20 ^o)	6	69,92 (8 ^o)	0,38 (13 ^o)
Yang J	41 (16 ^o)	5	70,32 (7 ^o)	0,37 (15 ^o)
Chan FTS	41 (15 ^o)	5	2,83 (25 ^o)	0,78 (2 ^o)
Wu J	19 (84 ^o)	4	99,15 (4 ^o)	0,42 (11 ^o)
Kumar S	43 (10 ^o)	4	1,33 (26 ^o)	0,70 (3 ^o)

Os 38.367 artigos da área de PO no segundo período foram publicados por 48.439 autores distintos de acordo com a WoS, um aumento significativo (39,73%) em relação ao primeiro período, com uma média de 2,76 autores por artigo. A média de autores por artigo, entretanto, aumentou pouco (9,96%). Desse total, 31.060 (64,12%) autores publicaram apenas um artigo, 7.718 (15,94%) publicaram dois, 3.358 (6,93%) publicaram 3; 5.005 (10,33%) publicaram entre 4 e 9, e finalmente, somente 1.297 (2,68%) autores publicaram 10 ou mais artigos. Com relação a autoria de cada um desses artigos, 4.516 (11,77%) foram publicados por um único autor, enquanto 33.851 (88,23%) foram em coautoria. Do total de artigos com coautoria, 12.824 (37,89%) artigos foram publicados com por dois autores, 12.411 (36,66%) por três autores e 8.616 (25,45%) por 4 ou mais autores. A média de autores passou de 2,41 em 2005 para 2,85 autores por artigo em 2014.

A rede de coautoria da área de PO entre os 20 autores que mais publicaram em periódicos na WoS no segundo período é apresentada na Figura 5. Esses autores publicaram um total de 1.304 (3,40%) artigos nesse período. Foram encontrados 384 autores com 394 coautorias entre eles. O grafo gerado contém 3 componentes, sendo que o maior deles possui 342 autores e os outros dois componentes possuem 21 autores cada. As principais relações de coautoria ocorrem entre os seguintes pares de autores: “Laporte G” e “Cordeau JF” (26); “Cheng TCE” e “NG CT” (19); “Kim J” e “Kim B” (16). É interessante destacar que nos períodos analisados, o autor “Laporte G” é o vértice central de um componente com 21 autores. Entretanto, somente 5 dos 20 autores estão presentes em ambos os componentes.

Aqui também foi possível calcular as medidas de centralidade entre os autores, conforme apresentado na Tabela 6, sendo que apenas os autores com grau igual ou superior a 20 foram considerados. Os quatro primeiros autores possuem o mesmo número de relações de coautoria, com destaque para o autor “Cheng TCE” que é quem mais publicou em ambos os períodos. Os autores “Liu Y” e “Chen Y” são os mais centrais considerando a centralidade de intermediação, enquanto os autores “Laporte G” e “Chan FTS” são os mais centrais considerando a centralidade de proximidade, com destaque para o autor “Laporte G” que também é um autor mais central nessa medida no primeiro período. Também é interessante destacar que 9 desses autores também estavam entre os mais centrais no primeiro período.

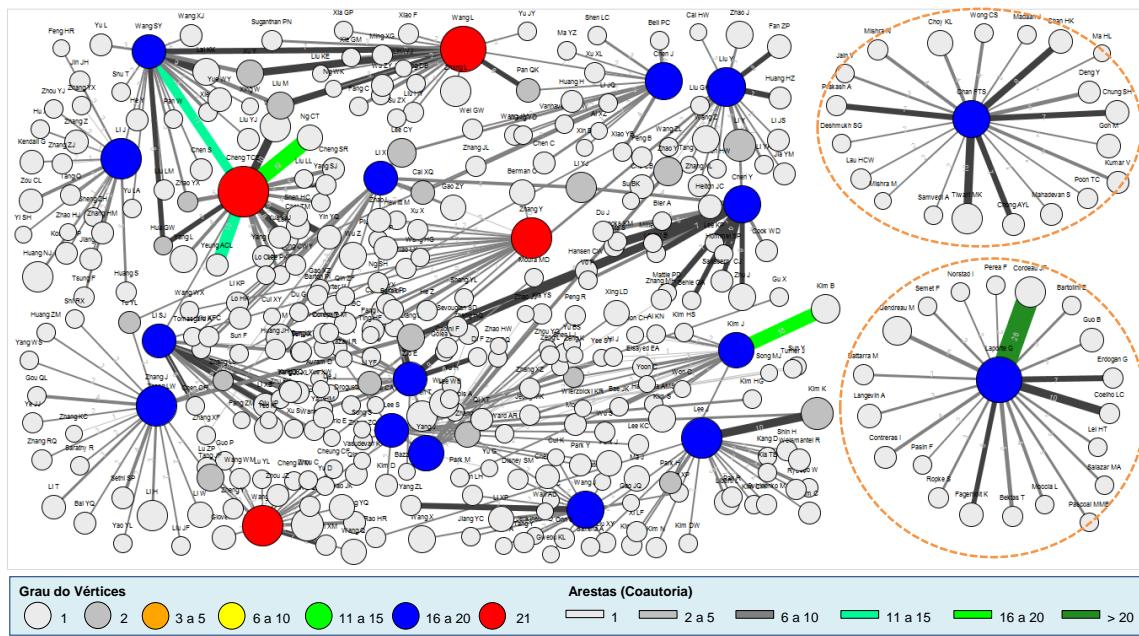


Figura 5 - Rede de coautoria da área de PO entre os 20 autores que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2010 a 2014.

Tabela 6 - Medidas de Centralidade da área de PO entre os autores que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2010 a 2014.

Autor	Artigos	Grau	Intermediação	Proximidade
Zhang Y	75 (6°)	21	15.114,00 (9°)	0,18 (49°)
Wang L	89 (3°)	21	11.881,17 (14°)	0,16 (62°)
Cheng TCE	107 (1°)	21	10.649,50 (15°)	0,16 (61°)
Wang Y	76 (4°)	21	6.697,83 (17°)	0,17 (51°)
Liu Y	70 (9°)	20	31.989,00 (1°)	0,18 (50°)
Chen Y	65 (10°)	20	31.281,42 (2°)	0,19 (44°)
Yang J	56 (15°)	20	26.029,00 (4°)	0,16 (63°)
Li X	54 (17°)	20	23.041,92 (6°)	0,19 (45°)
Lee S	55 (16°)	20	16.748,50 (8°)	0,14 (166°)
Li SJ	51 (19°)	20	14.500,50 (10°)	0,17 (53°)
Chen J	61 (13°)	20	14.265,33 (11°)	0,17 (52°)
Zhang J	72 (8°)	20	12.523,17 (12°)	0,19 (43°)
Wang SY	51 (20°)	20	12.270,00 (13°)	0,15 (130°)
Zio E	54 (18°)	20	6.289,00 (22°)	0,14 (167°)
Li J	75 (5°)	20	6.289,00 (20°)	0,13 (224°)
Wang J	63 (11°)	20	6.289,00 (21°)	0,12 (273°)
Lee J	73 (7°)	20	5.968,00 (23°)	0,11 (329°)
Kim J	56 (14°)	20	5.956,50 (24°)	0,13 (225°)
Laporte G	91 (2°)	20	190,00 (33°)	1,00 (1°)
Chan FTS	62 (12°)	20	190,00 (34°)	1,00 (2°)

No segundo período foi identificado um cluster de coautoria da área de PO, com 33 autores e 45 relações, conforme apresentado na Figura 6. Assim como no primeiro período, o autor “Wang SY” é quem possui mais relações de coautoria. A principal relação é entre os autores “Wang SY” e “Cheng TCE” (11).

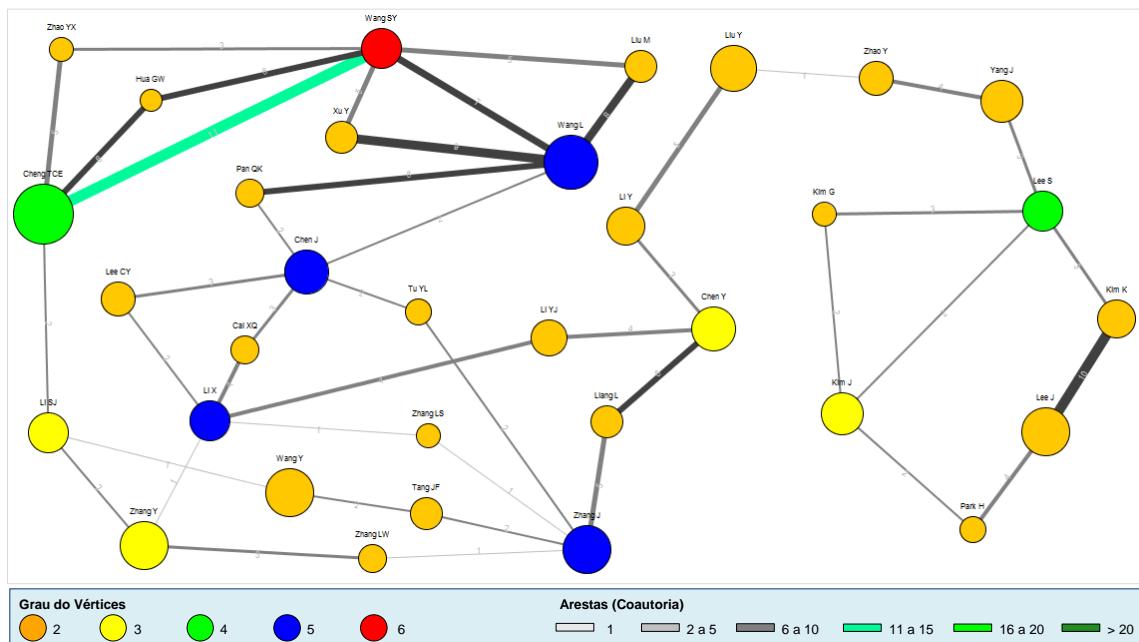


Figura 6 - Componentes do cluster da área de PO entre os 20 autores que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2010 a 2014.

Assim também foi possível calcular as medidas de centralidade entre os autores, conforme apresentado na Tabela 7, sendo que apenas os autores com grau igual ou superior a 3 foram considerados. O autor “Wang SY” também é o autor com mais relações de coautoria. Porém, o autor “Cheng TCE”, que é quem mais publicou no segundo período, não se destacou em nenhuma das medidas de centralidade. O autor “Chen Y” agora é o mais central (era segundo) considerando a centralidade de intermediação. O segundo mais central nessa medida é o autor “Li Y” (207,00). Ele publicou 50 artigos no segundo período. Porém, ele não aparece na lista porque a sua medida de grau é apenas 2. Os autores “Li X” e “Zhang J” são os autores mais centrais considerando a centralidade de proximidade.

Tabela 7 - Medidas de Centralidade entre os autores que mais publicaram em periódicos na WoS no período de 2010 a 2014 considerando os componentes do cluster da área de PO.

Autor	Artigos	Grau	Intermediação	Proximidade
Wang SY	51 (20°)	6	37,50 (17°)	0,19 (21°)
Li X	54 (17°)	5	172,42 (5°)	0,26 (1°)
Zhang J	72 (8°)	5	115,67 (9°)	0,25 (2°)
Chen J	61 (13°)	5	115,17 (10°)	0,23 (8°)
Wang L	89 (3°)	5	79,00 (14°)	0,21 (16°)
Lee S	55 (16°)	4	137,50 (8°)	0,15 (28°)
Cheng TCE	107 (1°)	4	62,00 (15°)	0,20 (18°)
Chen Y	65 (10°)	3	223,42 (1°)	0,24 (5°)
Zhang Y	75 (6°)	3	81,67 (12°)	0,24 (4°)
Li SJ	51 (19°)	3	81,17 (13°)	0,22 (12°)
Kim J	56 (14°)	3	29,50 (20°)	0,13 (29°)

Apesar dos autores “Laporte G” e “Cheng TCE” serem respectivamente os mais produtivos em ambos os períodos, o autor que mais se destacou considerando as medidas de centralidade foi “Wang SY”. Ele foi o autor mais central várias vezes e em mais de uma medida de centralidade.

5. Conclusões

Neste trabalho pode-se verificar que a área de PO teve um aumento considerável (34,51%) no número de artigos publicados em periódicos na WoS de um período de 5 anos para o outro, o que evidencia um crescimento recente e significativo da área. Outro fato que chama a atenção é que os pesquisadores da área de PO já colaboraram com autores de 130 países, tendo esse número aumentado 17,12% de um período para o outro.

Outro resultado interessante e até mesmo inesperado, foi o fato de que os Estados Unidos, embora seja o país com maior publicação nessa área nos dois períodos, não seja aquele que mais se destaca quando as medidas de centralidade são consideradas. Inglaterra e Alemanha foram respectivamente os países que mais se destacaram em um cada um dos períodos. No primeiro período, o Brasil foi o quarto país mais central em termos de centralidade de intermediação. Entretanto, apesar de ter aumentado significativamente (103,66%) a sua produção científica na área de PO e ter passado a ocupar a décima sexta (16^a) posição no segundo período (no primeiro período ocupava a décima nova (19^a)), o Brasil não obteve nenhum destaque nesse período considerando as medidas de centralidade. A China foi outro país que também aumentou significativamente (108,54%) a sua produção na área de PO de um período para o outro. Além disso, a China também aumentou significativamente (123,69%) a sua relação com os Estados Unidos. A China é o segundo país que mais publicou na área de PO nos dois períodos e no segundo período passou a ser um dos países mais centrais. O Irã, apesar de um aumento extraordinário (258,08%) na sua produção científica de um período para o outro, não obteve nenhum destaque considerando as medidas de centralidade. Por outro lado, Taiwan teve um pequeno aumento (9,91%) na sua produção, porém, conseguiu ser o país mais central em uma das medidas de centralidade.

Os autores “Laporte G” e “Cheng TCE” foram os que mais publicaram respectivamente em cada um dos períodos. Entretanto, considerando as medidas de centralidade o autor “Wang SY” foi quem mais se destacou. Ele foi o autor mais central das redes de coautoria várias vezes, em mais de uma medida de centralidade e em períodos diferentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES e CNPq.

Referências

Almeida, E. C. E., Guimarães, J. A., e Alves, I. T. G. (2010), Dez anos do Portal de Periódicos da CAPES: histórico, evolução e utilização, *RBPG. Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 7(13), 218-246.

Almeida, E. C. E. e Guimarães, J. A. (2013), Brazil's growing production of scientific articles—how are we doing with review articles and other qualitative indicators?, *Scientometrics*, 97(2), 287-315.

Alves, A. D., Yanasse, H. H. e Soma, N. Y. (2013), Pesquisa Operacional: um mapeamento da produção científica brasileira em artigos publicados nos periódicos indexados na Web of Science, *Anais do XLV SBPO*, 81-92.

González-Teruel, A., González-Alcaide, G., Barrios, M. e Abad-García, M.-F. (2015). Mapping recent information behavior research: an analysis of co-authorship and co-citation networks, *Scientometrics*, 103(2), 687-705.

Katz, J. S. e Martin, B. R. (1997). What is research collaboration?, *Research Policy*, 26, 1-18.

Sedighi, M. e Jalalimanesh, A. (2014). Mapping research trends in the field of Knowledge Management, *Malaysian Journal of Library & Information Science*, 19(1), 71-85.

Vanz, S. A. S. e Stumpf, I. R. C. (2010). Colaboração científica: revisão teórico-conceitual, *Perspectivas em Ciência da Informação*, 15(2), 42-55.

Xu Y. e Boeing, W. J. (2013). Mapping biofuel field: A bibliometric evaluation of research output, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 82-91.

Wasserman, S. e Faust, K. (1994), Social network analysis: methods and applications (Structural Analysis in the Social Sciences), Cambridge University Press.