

ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA): UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL NOS ÚLTIMOS DEZ ANOS (2006-2016)

Aline Karl Araujo (UENF)

alinekarl.lenep.uenf@gmail.com

Jacqueline Magalhaes Rangel Cortes Barbirato (UENF)

cortes.jmr@gmail.com



A metodologia da Análise Envoltória de Dados possui mais de 30 anos e ainda hoje vem recebendo grandes contribuições para o seu aperfeiçoamento. Em vista disso, o artigo em questão objetiva traçar um panorama dessa evolução nos últimos dez anos. Através de uma análise bibliométrica foi respondida a seguinte questão de pesquisa: Quais são as principais características da produção internacional relacionadas à Análise Envoltória de dados e quais os nomes que se destacaram considerando os últimos 10 anos (2006-2016)? Para tanto, foram analisados 2000 artigos selecionados pela base Scopus, utilizando termos de busca pré-definidos e considerando o período de interesse. Verificou-se que número de publicações nem sempre representa relevância e uma análise mais detalhada permitiu um maior esclarecimento do real cenário da produção científica na área. Assim, faz-se claro a importância de uma análise bibliométrica atual e

consistente sobre um assunto em crescente evolução como a metodologia DEA.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados (DEA), estudo bibliométrico, distribuição da produção internacional

1. Introdução

O conceito de eficiência proposto por Farrel (1957) consiste na razão entre a soma ponderada dos produtos (outputs) e a soma ponderada dos recursos (inputs). Assim, uma organização pode melhorar a sua eficiência em determinado processo aumentando a quantidade de produtos gerados com os mesmos recursos ou utilizando menos recursos para produzir a mesma quantidade de produtos.

Foi baseado nesse mesmo artigo de Farrel (1957) que Charnes, Cooper e Rhodes (1978) introduziram a metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA – sigla em inglês de *Data Envelopment Analysis*) com o desenvolvimento de um dos chamados modelos clássicos da técnica, o modelo CCR. A DEA é uma ferramenta não-paramétrica que avalia a eficiência técnica relativa de unidades produtivas, chamadas de Unidades tomadoras de decisão (DMU, da sigla em inglês *Decision Making Units*), comparando entidades que realizam tarefas similares e se diferenciam pela quantidade de recursos utilizados e de bens produzidos (SOUZA e WILHELM, 2009).

Apesar dos seus mais de 30 anos, a DEA continua recebendo grande atenção do meio acadêmico (COOK; SEIFORD, 2009). Além dos artigos clássicos sobre os modelos CCR e BCC, diversos outros autores produziram trabalhos sobre a técnica fazendo algumas modificações nos métodos clássicos ou utilizando-os como base para desenvolver outras metodologias e aplicações.

Diante deste contexto, o presente artigo tem como objetivo responder a seguinte questão: Quais são as principais características da produção internacional relacionadas à Análise Envoltória de dados e quais os nomes que se destacaram considerando os últimos 10 anos (2006-2016)?

A fim de realizar um levantamento bibliográfico mais consistente o estudo utiliza-se da bibliometria. Segundo Pritchard (1969), a bibliometria é baseada em métodos matemáticos e estatísticos para identificar algumas características de publicações em uma determinada área.

Através desta, buscou-se apresentar a evolução temporal da produção científica, os autores que se tornaram destaques na área, a distribuição de publicação por países, os periódicos que mais publicaram sobre a DEA, entre outros aspectos.

O artigo se divide em 5 tópicos, incluindo esta introdução como o primeiro deles. Posteriormente, é apresentado um referencial teórico onde alguns conceitos essenciais para o entendimento do assunto aqui abordado são descritos. São então apresentados a metodologia utilizada para tal análise e os resultados obtidos com o estudo. O quinto e último tópico trata das considerações finais.

2. Referencial teórico

Nesse tópico serão apresentados conceitos relevantes sobre o assunto a ser abordado no artigo.

2.1. Bibliometria

Segundo Tague-Sutcliffe (1992), a bibliometria é o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso de informações registradas. Ela desenvolve modelos matemáticos e medidas para estes processos e então os usa para previsão e tomada de decisão. Alan Pritchard popularizou o uso da palavra bibliometria ao sugerir que esta deveria substituir o termo bibliografia estatística em 1969.

Dentro desta disciplina, há ainda três nomes que se destacaram por suas importantes descobertas: Lotka, Zipf e Bradford. Cada um destes pesquisadores pode ser identificado com uma "lei" específica (VANTI, 2002). A Lei de Lotka ou Lei do Quadrado Inverso surge em 1926 e está relacionada à produtividade científica. Trata-se do primeiro modelo de distribuição tamanho-frequência de itens (artigos) por fontes (autores) (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992). A Lei de Zipf está relacionada à ocorrência da palavra no texto e é também conhecida como Lei do Mínimo Esforço. Já a Lei de Bradford ou Lei de Dispersão, como o próprio nome sugere, está relacionada com a dispersão da produção científica.

Nas últimas décadas, o uso de formas de medição que avaliam a ciência e o fluxo da informação, assim como a bibliometria, tem se tornado mais frequente. Isto se deve à expansão da ciência e da tecnologia que torna cada vez mais evidente a necessidade de avaliar tais avanços e de determinar os desenvolvimentos alcançados pelas diversas disciplinas do conhecimento (VANTI, 2002).

2.1. Análise envoltória de dados (DEA)

A ideia original por trás da DEA era prover uma metodologia através da qual, dentro de um conjunto de Unidades Tomadoras de Decisões (DMUs) comparáveis, aquelas exibindo as melhores práticas poderiam ser identificadas e iriam formar uma fronteira eficiente. Além disso, a metodologia permite medir o nível de eficiência de unidades que não pertencem à fronteira e identificar benchmarks com os quais essas unidades ineficientes podem ser comparadas (COOK & SEIFORD, 2009).

Existem dois modelos clássicos da Análise Envoltória de Dados: o modelo CCR (CHARNES, COOPER & RODHES, 1978) que trabalha com retornos constantes de escala; e o modelo BCC (BANKER, CHARNES & COOPER, 1984) que considera situações de eficiência de produção com variações de escala e não assume proporcionalidade entre inputs e outputs. Tais modelos podem assumir duas orientações dependendo de como é feita a projeção das DMUs ineficientes na fronteira de eficiência. De acordo com essa projeção, um modelo pode ser orientado a inputs (quando se deseja minimizar os recursos, mantendo-se os valores dos resultados constantes) ou orientado a outputs (quando se deseja maximizar os outputs sem diminuir os inputs).

O Modelo CCR orientado a inputs determina a eficiência pela otimização do quociente entre a soma ponderada das saídas (outputs) e a soma ponderada das entradas (inputs) generalizando, assim, a definição de Farrel (1957). Em sua formulação matemática considera-se que cada DMU k é uma unidade de produção que utiliza n inputs x_{ik} , $i= 1, \dots, n$, para produzir m outputs y_{jk} , $j= 1, \dots, m$. O modelo permite que cada DMU escolha os pesos para cada variável (input ou output), desde que esses pesos aplicados às outras DMUs não gerem uma razão superior a 1. A equação 1 traz a formulação de tal modelo.

$$\text{Max } Eff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}$$

Sujeito a (1)

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

Onde Eff_0 é a eficiência da DMU_0 em análise; v_i e u_j são os pesos de inputs i , $i= 1, \dots, r$, e outputs j , $j=1, \dots, s$ respectivamente; e x_{i0} e y_{j0} são os inputs i e outputs j da DMU_0 .

Banker, Charnes & Cooper (1984) estenderam o trabalho de Charnes, Cooper & Rhodes (1978) considerando retornos variáveis de escala, isto é, substituindo o axioma da proporcionalidade entre inputs e outputs pelo axioma da convexidade. A equação 2 apresenta a formulação do Modelo BCC orientado a inputs.

$$\text{Max } Eff_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} + u_*$$

Sujeito a (2)

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u_* \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, u_* \in \Re$$

Nesse modelo u_* e v_* são as variáveis duais associadas à condição $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ e são interpretados como fatores de escala.

Baseados nesses dois modelos clássicos, diversos pesquisadores desenvolveram melhorias ou novas aplicações da metodologia ao longo desses mais de 30 anos. E além dos autores dos modelos clássicos, outros nomes foram ganhando destaque ao longo do tempo. Nesse artigo serão identificados, além de outros aspectos, quem foram esses autores considerando os últimos 10 anos.

3. Procedimentos metodológicos

O estudo consiste de um levantamento bibliométrico de periódicos internacionais relacionados à Análise Envoltória de Dados publicados nos últimos 10 anos, ou seja, no

período de 2006 a 2016. A fim de selecionar os artigos especificados, foi realizada uma busca na base de dados Scopus, utilizando o seguinte comando de pesquisa: ("*Data Envelopment Analysis*"). A busca foi refinada restringindo o período de tempo de interesse e ordenando os artigos por número de citações (do mais citado para o menos citado).

A base de dados Scopus foi escolhida por ser a maior base de citações dirigida pela Elsevier. Seu acervo abrange mais de 20000 periódicos nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais, artes e humanidades das revistas internacionais mais conceituadas e influentes, desde 1996, incluindo Springer, Elsevier, Emerald, Informa, Taylor and Francis, and Interscience (Thomé et al., 2016a).

Para a análise dos dados foram utilizados os softwares Microsoft Excel® e VOSviewer. O VOSviewer é um programa gratuito que pode ser utilizado para construir, visualizar e explorar mapas bibliométricos. As representações das redes foram construídas com este software.

O presente artigo propõe cinco tipos de análises:

- Distribuição da produção ao longo do tempo: com esta análise é possível avaliar o quanto o tema em questão tem evoluído com relação ao número de publicações ao longo dos anos.
- Distribuição do número de publicações por autor: esta análise busca identificar os autores que vem se destacando com relação ao número de publicações na área dentro do período de tempo determinado.
- Periódicos de destaque no tema: tal análise permite inferir quais os periódicos que mais tem publicações no tema em questão e também a evolução temporal com relação ao número de publicações de cada um destes periódicos.
- Distribuição da produção com relação aos países de origem: esta análise busca identificar quais países se destacam em número de publicações sobre a DEA.
- Análises de citação, cocitação e coautoria: Estas análises permitem medir o impacto e a visibilidade de determinados autores, identificar a co-ocorrência de citação de dois autores na produção científica e usar dados de coautoria para medir colaboração, respectivamente.

4. Discussão dos resultados

A pesquisa na plataforma Scopus resultou em um total de 11915 documentos, no entanto, por uma limitação da própria base de dados, apenas 2000 deles são passíveis de análise por vez. A fim de selecionar os documentos mais relevantes, os mesmos foram ordenados por número de citação.

A análise bibliométrica mais simples foi realizada com o auxílio de uma ferramenta da própria base Scopus. Os dados gerados pela plataforma foram exportados e tratados no Microsoft Excel® e as redes de citação, cocitação e coautoria foram geradas com o auxílio do software VOSviewer. As Análises são apresentadas abaixo de acordo com a divisão proposta nos procedimentos metodológicos.

4.1. Distribuição da produção ao longo do tempo

A metodologia DEA tal como se apresenta atualmente foi desenvolvida em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes com a publicação do artigo "*Measuring the efficiency of decision making units*". Neste artigo foi apresentado o primeiro modelo clássico, o modelo CCR, que trabalha com retornos constantes de escala e é utilizado até os dias de hoje.

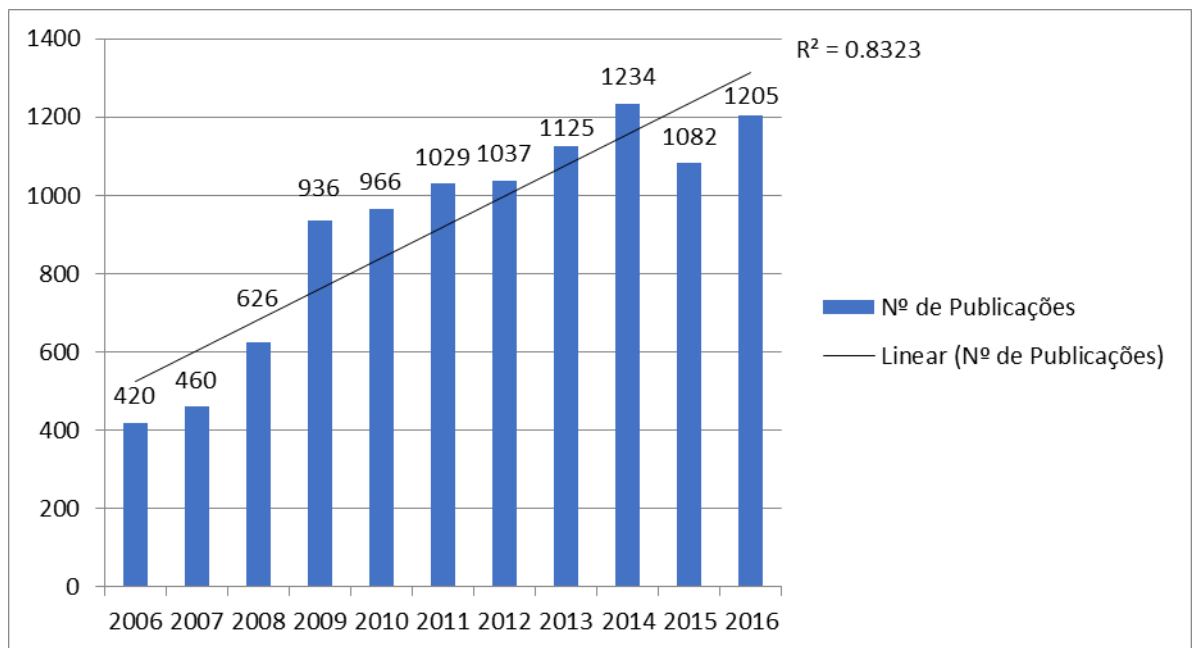
Seis anos depois, Banker, Charnes e Cooper publicam o artigo "*Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis*" no qual ampliam a aplicação da metodologia para retornos variáveis de escala e apresentam o segundo modelo clássico, o modelo BBC.

Posteriormente, diversos outros autores publicaram novas contribuições aos métodos clássicos através de melhorias ou novas aplicações. O período de interesse deste artigo consiste de 2006 a 2016, que compreende os últimos dez anos. A figura 1 ilustra como se deu a distribuição da produção ao longo deste período.

No ano de 2006, o número de publicações com o tema em questão ultrapassa a marca de 400 documentos publicados. Desde então, tem-se uma tendência de crescimento como sugere a linha de tendência linear com $R^2 = 0,8323$. No ano de 2015 houve uma pequena queda no

número de documentos publicados em relação ao ano anterior. No entanto, em 2016 esse número já volta a subir.

Figura 1 - Distribuição de publicações ao longo dos anos



Fonte: Elaborado pelos autores

O quadro 1 apresenta os dez artigos mais citados que foram publicados dentro do período de interesse da pesquisa. O artigo mais recente entre os listados foi publicado em 2010 por Simar & Wilson e intitula-se “*A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models*”. Este artigo propõe uma metodologia geral para *bootstrapping* em modelos de fronteira, estendendo o método mais restritivo proposto em Simar & Wilson (1998), permitindo a heterogeneidade na estrutura de eficiência.

Vale ressaltar também que dentre estes dez artigos, quatro deles tratam-se de uma revisão de literatura, demonstrando a relevância deste tipo de trabalho para a produção científica.

Quadro 1- Dez artigos mais citados publicados entre 2006-2016

Autores	Ano	Artigo	Nº citações
Simar, L.; Wilson, P.W.	2007	<i>Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes</i>	876
Cook, W.D.; Seiford, L.M.	2009	<i>Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on</i>	488
Zhou, P., Ang, B.W., Poh, K.L.	2008	<i>A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies</i>	414
Emrouznejad, A., Parker, B.R., Tavares, G.	2008	<i>Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA</i>	405
Simar, L., Wilson, P.W.	2010	<i>A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models</i>	398
Hu, J.-L., Wang, S.-C.	2006	<i>Total-factor energy efficiency of regions in China</i>	382
Ho, W.	2008	<i>Integrated analytic hierarchy process and its applications - A literature review</i>	362
Kao, C., Hwang, S.-N.	2008	<i>Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan</i>	344
Tone, K., Tsutsui, M.	2009	<i>Network DEA: A slacks-based measure approach</i>	244
O'Donnell, C.J., Rao, D.S.P., Battese, G.E.	2008	<i>Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios</i>	241

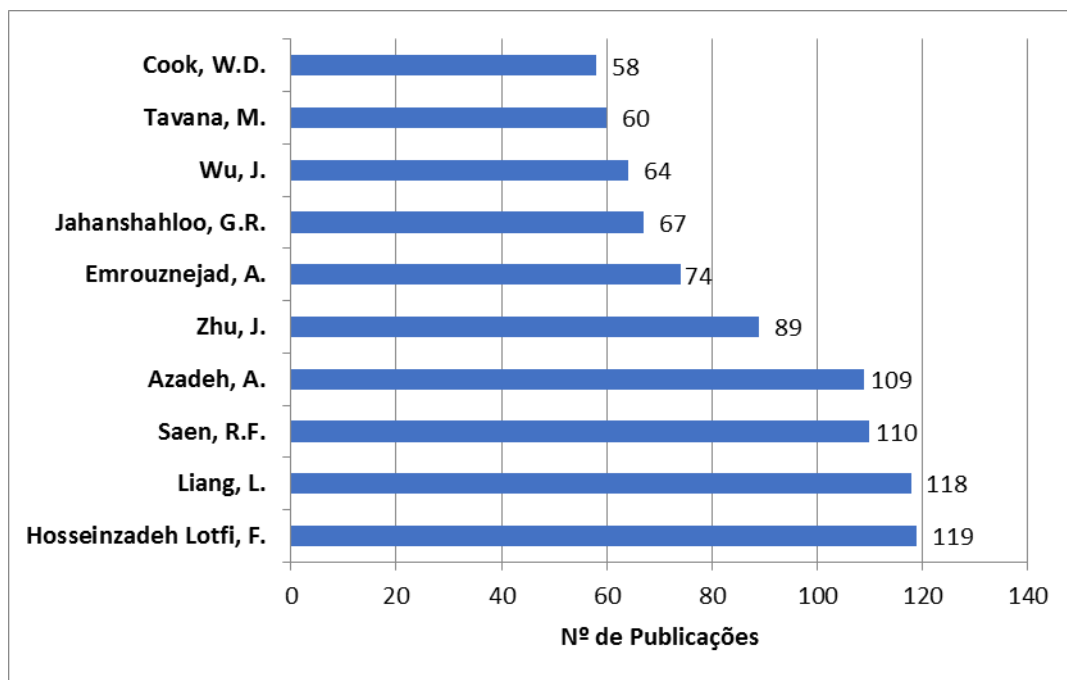
Fonte: Elaborado pelos autores

4.2. Distribuição do número de publicação por autor

A análise presente tem como objetivo identificar os autores que apresentaram um maior número de publicações no tema nos últimos dez anos. A figura 2 apresenta a relação de autores e número de publicações neste período.

Os nomes que mais se destacaram dentro deste contexto foram Hosseinzadeh Lotfi , Liang e Saen com 119, 118 e 110 publicações, respectivamente. Esses artigos foram publicados, geralmente, em conjunto com outros autores, inclusive alguns deles também constituem o histograma apresentado na figura 2.

Figura 2: Autores que se destacaram em nº de publicações no período de interesse



Fonte: Elaborado pelos autores

Importante ressaltar que embora Lofti apareça no topo da lista, seu artigo de maior destaque intitulado "A new DEA ranking system based on changing the reference set" apresenta 50 citações na plataforma Scopus. Já os artigos de maior destaque de Liang com o título "DEA models for supply chain efficiency evaluation" e o de Saen intitulado "Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data" foram citados 168 e 96 vezes, respectivamente, de acordo com a mesma base de dados. Uma análise um pouco mais



completa pode ser feita a partir do quadro 2 que apresenta os três artigos mais citados de cada um desses autores.

Quadro 2 - Autores com maior número de publicações e seus dez artigos mais citados

Autor	Artigo	Ano	Nº citações
Jahanshahloo, G.R., Junior, H.V., Lotfi, F.H., Akbarian, D.	<i>A new DEA ranking system based on changing the reference set</i>	2007	50
Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Jafari, Y., Maddahi, R.	<i>Selecting symmetric weights as a secondary goal in DEA cross-efficiency evaluation</i>	2011	43
Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Khanmohammadi, M., Kazemimanesh, M., Rezaie, V.	<i>Ranking of units by positive ideal DMU with common weights</i>	2010	31
Liang, L., Yang, F., Cook, W.D., Zhu, J.	<i>DEA models for supply chain efficiency evaluation</i>	2006	168
Cook, W.D., Liang, L., Zhu, J.	<i>Measuring performance of two-stage network structures by DEA: A review and future perspective</i>	2010	160
Wu, D., Yang, Z., Liang, L.	<i>Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian bank</i>	2006	145
Farzipoor Saen, R.	<i>Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data</i>	2007	96
Mirhedayatian, S.M., Azadi, M., Farzipoor Saen, R.	<i>A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management</i>	2014	55
Lee, K.-H., Farzipoor Saen, R.	<i>Measuring corporate sustainability management: A data envelopment analysis approach</i>	2012	52

Fonte: Elaborado pelos autores

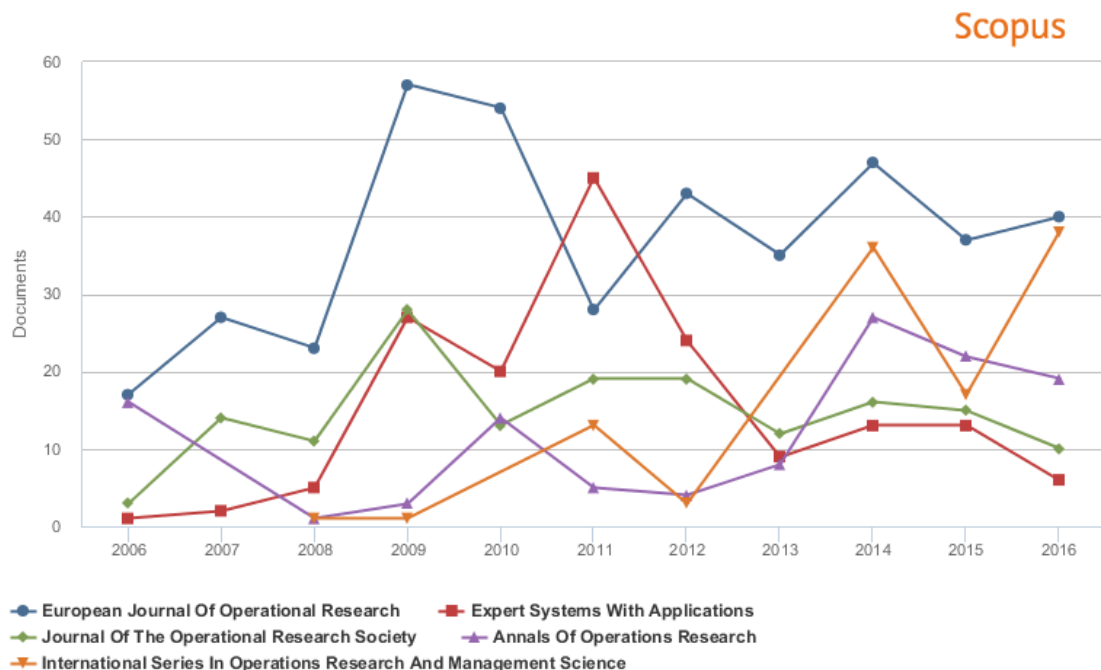
Através da análise do quadro 2 é possível concluir que um maior número de publicações nem sempre significa qualidade. Uma vez que, tanto Liang quanto Saen, apresentam um número significativamente maior de citações em seus artigos de maior destaque, sendo publicados praticamente na mesma época que o artigo do Lofti.

4.3. Periódicos de destaque no tema

Esta é uma análise muito importante para pesquisadores que estão estudando um tema específico, uma vez que, através dela é possível inferir quais os periódicos que teriam interesse em publicar artigos na área e que, portanto, também seriam referências na mesma.

A figura 3, retirada da base Scopus, apresenta a distribuição do número de publicações com o tema em questão ao longo dos últimos dez anos para os cinco periódicos de maior destaque na área.

Figura 3: Distribuição de publicações na área ao longo do tempo



Copyright © 2017 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

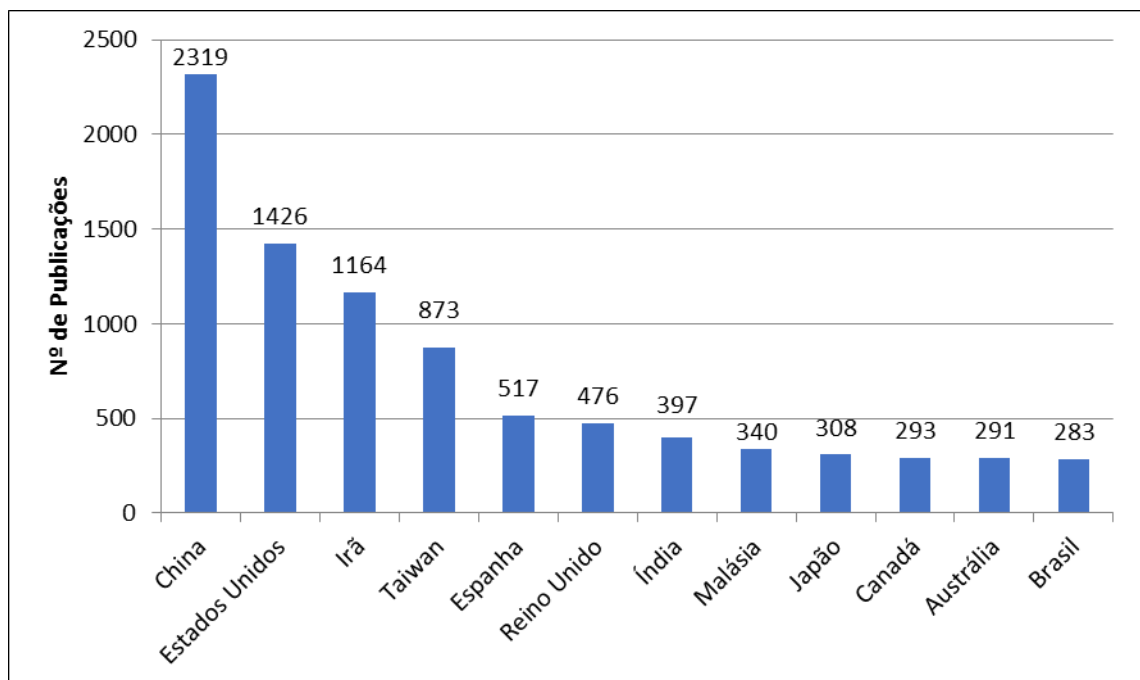
Fonte: Adaptado da base Scopus

Uma análise da figura 3 permite inferir que, atualmente, o periódico de maior destaque na área é o *European Journal Of Operacional Research*. Também é possível concluir que a metodologia perdeu um pouco de força no periódico *Expert Systems With Applications*, dado que obteve uma queda substancial no número de publicações nos últimos anos.

4.4. Distribuição da produção com relação aos países de origem

A figura 4 apresenta a distribuição da produção científica nos últimos dez anos com relação aos países de origem. A China, os Estados Unidos e o Irã se destacam por terem publicado mais de 1000 artigos na área dentro deste período. No entanto, a China se sobressai sobre os demais, ultrapassando a marca de 2000 artigos publicados em 10 anos.

Figura 4: Distribuição da produção científica com relação aos países de origem



Fonte: Elaborado pelos autores

Apesar da grande quantidade de artigos publicados pela China, são os Estados Unidos que se destacam quando o quesito é o número de citações. Eles são o país de origem de 4 dos 10

artigos mais citados apresentados no quadro 1. Tal fato permite inferir que apesar de um maior número de publicações, a China não constitui o centro de referência na área.

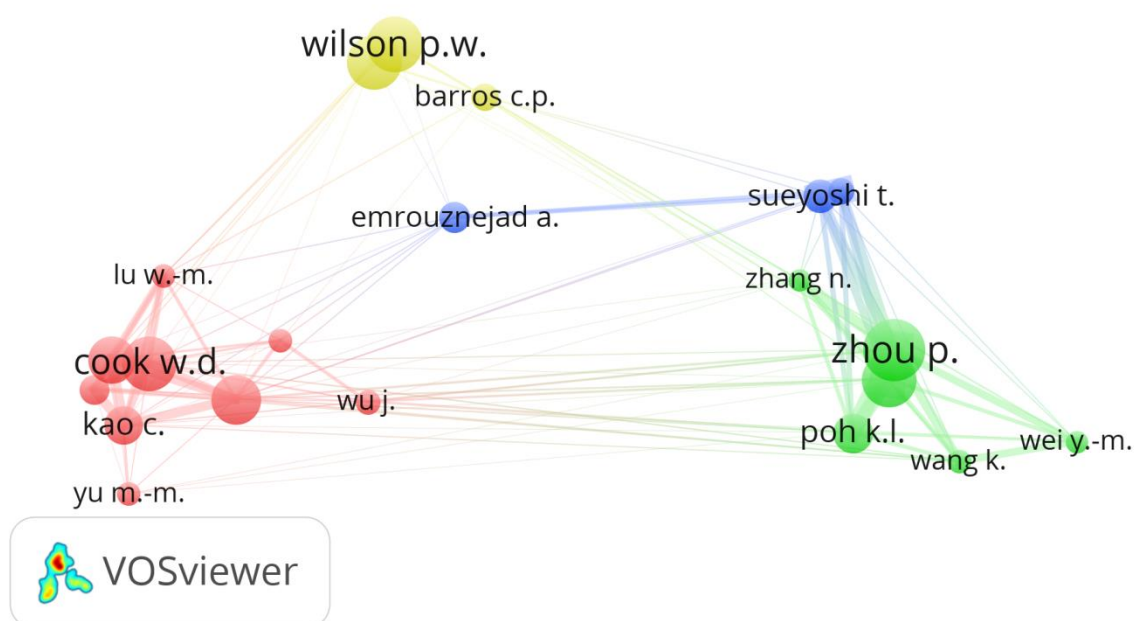
4.5. Análises de citação, cocitação e coautoria

De acordo com Moravcsik e Murugesan (1975), as citações podem medir realizações científicas individuais, de um grupo, de uma instituição, de um país e, até mesmo, podem retratar a evolução da ciência em geral ou de um campo específico.

A análise de citação permite identificar o número de citações recebidas por um documento, autor ou instituição de pesquisa, revelando a influência que os mesmos exercem no meio acadêmico.

Na figura 5 é apresentada a rede de citação, na qual o relacionamento dos itens é determinado baseado no número de vezes que eles citaram uns aos outros.

Figura 5: Rede de citação

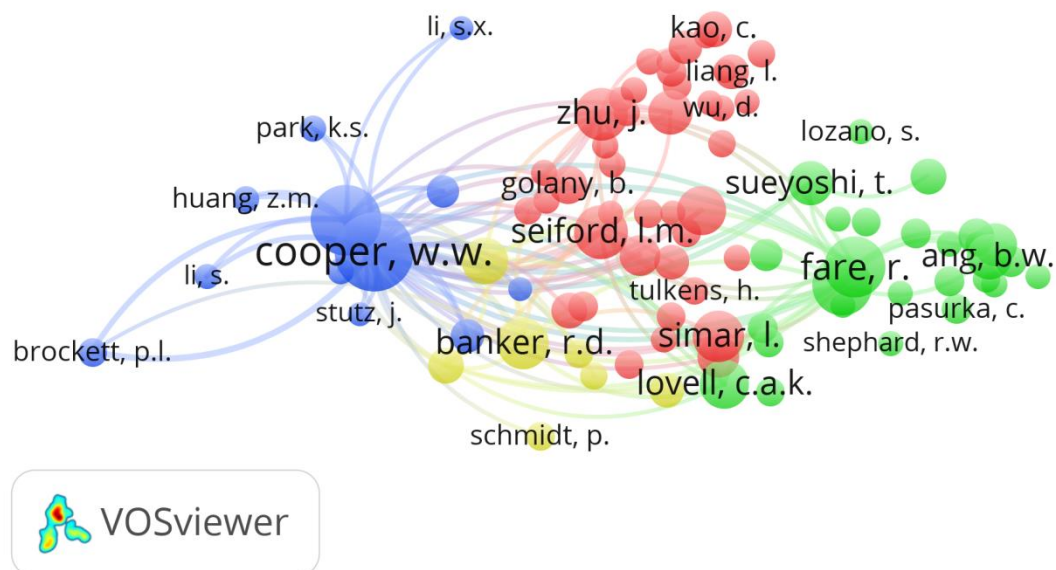


Fonte: Elaborado pelos autores

Os autores que se destacaram foram Cook W.D. , Zhou P. e Wilson P.W. que aparecem na figura representados pelos maiores círculos, além de Zhu J., Simar L. e Liang L. que tiveram seus nomes omitidos da figura objetivando uma melhor visualização. Portanto, esses foram os autores citados mais vezes pelos demais autores da rede e representam os nomes de maior relevância na área dentro do período especificado.

A figura 6 traz uma análise de cocitação. Tal análise é baseada na co-ocorrência de citação de dois autores em uma literatura posterior. Quanto maior a incidência de cocitação, maior a similaridade entre os autores citados.

Figura 6: Rede de cocitação



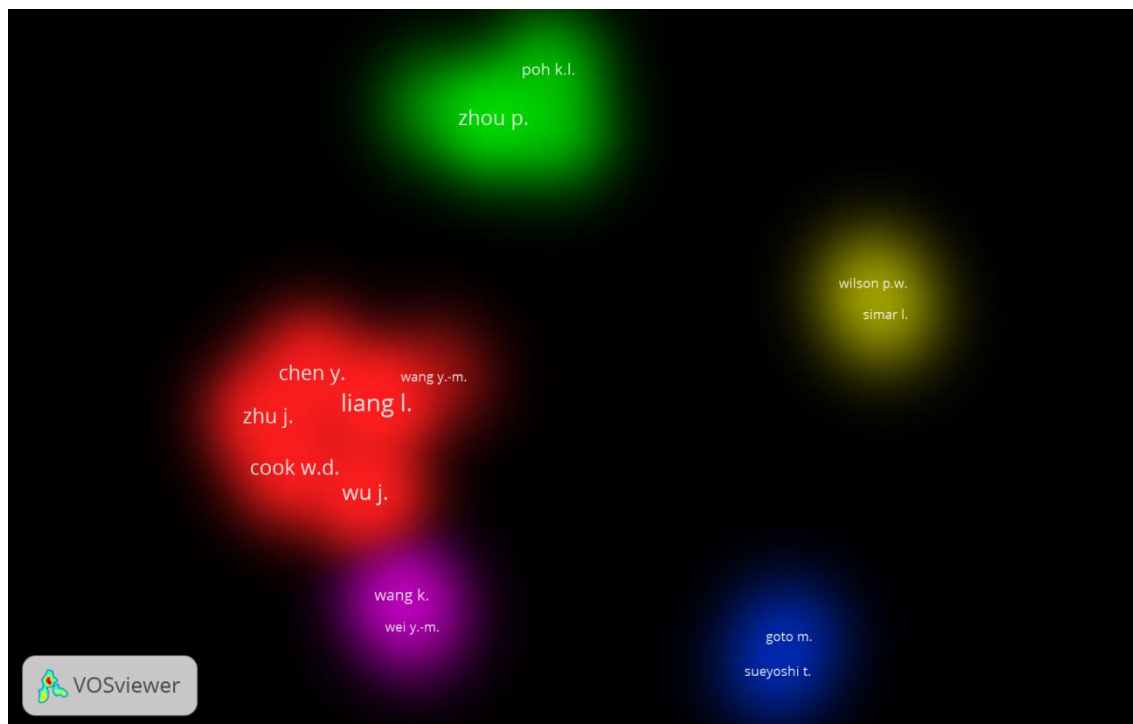
Fonte: Elaborado pelos autores

Levando em consideração o número de vezes em que foram citados juntos, o conjunto de autores selecionados foi dividido em quatro clusters. No cluster vermelho aparecem nomes como Cooper W.W., Cook W.D., Emrouznejad A., Liang L., Rhodes E., Seiford L.M., Simar L. e Wilson P.W.. No cluster azul se encontram Charnes A., Cooper W.W., Seiford L., além

de outros. Alguns nomes importantes que constituem o cluster amarelo são Banker R.D., Farrel M. J., Tharll R.M. e Tone K.. Já no cluster verde ficaram alguns autores de menor relevância.

Uma rede de coautoria é formada por autores que produziram juntos um ou mais artigos. Através dela, é possível identificar a existência de colaboração científica entre pesquisadores da área, assim como o grau de colaboração entre os mesmos. Na figura 7 é apresentada a rede de coautoria da metodologia DEA considerando o período de 2006-2016.

Figura 7: Rede de coautoria



Fonte: elaborado pelos autores

Com a análise da figura 7, é possível verificar que a colaboração científica ocorre mais intensamente entre os autores Chen Y., Liang L., Zhu J., Cook W.D., Wu J. e Wang Y.M.. No entanto, outros quatro grupos de autores também colaboram entre si.

5. Considerações finais

Apesar de seus mais de 30 anos, a DEA ainda hoje vem recebendo inúmeras contribuições e melhorias. De 2006 a 2016 o número de publicações na área cresceu significativamente e diversas delas se tornaram artigos de grande relevância.

Os nomes que mais se destacaram em relação ao número de artigos publicados no tema foram Hosseinzadeh Lotfi , Liang e Saen.

Atualmente, o periódico de maior destaque na área da DEA é o *European Journal Of Operational Research*. A metodologia perdeu um pouco de força no periódico *Expert Systems With Applications* que apresentou uma queda substancial no número de publicações na área nos últimos anos.

Os países que mais publicam sobre a DEA são China, os Estados Unidos e o Irã. A China se sobressai sobre os demais ultrapassando a marca de 2000 artigos publicados em 10 anos. No entanto, apesar da grande quantidade de publicações, são os Estados Unidos que se destacam quando o quesito é o número de citações.

A análise de citação permitiu concluir que os autores Cook W.D. , Zhou P., Wilson P.W., Zhu J., Simar L. e Liang L. foram citados mais vezes pelos demais autores da rede e representam os nomes de maior relevância na área dentro do período especificado.

Por meio da análise de cocitação, foram identificados grupos de autores que possuem alguma similaridade, levando em consideração o número de vezes em que foram citados juntos. Verificou-se a existência de uma colaboração científica mais intensa entre os autores Chen Y., Liang L., Zhu J., Cook W.D., Wu J. e Wang Y.M.. No entanto, outros quatro grupos de autores também colaboram entre si.

Assim, pode-se traçar um panorama da evolução da metodologia nesse período e identificar as principais características da produção internacional relacionadas à DEA, tal como os autores que se destacaram nos últimos dez anos.

REFERÊNCIAS

- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for the estimation of technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.
- COOK, W.D.; LIANG, L.; ZHU, J. Measuring performance of two-stage network structures by DEA: A review and future perspective. **Omega**, v. 38 (6), p. 423-430, 2010.
- COOK, W. D.; SEIFORD, L. M. Data envelopment analysis (DEA): thirty years on. **European Journal of Operational Research**, v. 192, n. 1, p. 1-17, 2009.
- ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. VOSviewer. Welcome to the VOSviewer web site, 2009. Disponível em: <<http://www.vosviewer.com/>>. Acesso em: abr. 2017.
- EMROUZNEJAD, A.; PARKER, B.R.; TAVARES, G. Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 42 (3), p. 151–157, 2008.

- FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of Royal Statistical Society Series A**, v. 120 (3), p. 253-281, 1957.
- FARZIPOOR SAEN, R. Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data. **European Journal of Operational Research**, v. 183 (2), p. 741-747, 2007.
- HO, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications - A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 186(1), p. 211-228, 2008.
- HU, J.-L.; WANG, S.-C. Total-factor energy efficiency of regions in China. **Energy Policy**, v. 34(17), p. 3206-3217, 2006.
- JAHANSHAHLOO, G.R.; JUNIOR, H.V.; LOTFI, F.H.; AKBARIAN, D. A new DEA ranking system based on changing the reference set. **European Journal of Operational Research**, v. 181 (1), p. 331-337, 2007.
- JAHANSHAHLOO, G.R.; HOSSEINZADEH LOTFI, F.; KHANMOHAMMADI, M.; KAZEMIMANESH, M.; REZAIE, V. Ranking of units by positive ideal DMU with common weights. **Expert Systems with Applications**, v. 37 (12), p. 7483-7488, 2010.
- JAHANSHAHLOO G.R., LOTFI F.H., JAFARI Y., MADDAHI R. Selecting symmetric weights as a secondary goal in DEA cross-efficiency evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, vol. 35, n. 1, p. 544-549, 2011.
- KAO, C.; HWANG, S.-N. Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. **European Journal of Operational Research**, v.185(1), p. 418-429, 2008.
- LEE, K.-H.; FARZIPOOR SAEN, R. Measuring corporate sustainability management: A data envelopment analysis approach. **International Journal of Production Economics**, v.140(1), p. 219-226, 2012.
- LIANG, L.; YANG, F.; COOK, W.D.; ZHU, J. DEA models for supply chain efficiency evaluation. **Annals of Operations Research**, v. 145 (1), p. 35-49, 2006.
- MIRHEDAYATIAN, S.M.; AZADI, M.; FARZIPOOR SAEN, R. A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management. **International Journal of Production Economics**, v. 147(b), p. 544-554, 2014.
- MORAVCSIK; Michael J.; MURUGESAN, Poovanalingam. Some Results on the Function and Quality of Citations. **Social Studies of Science**, London, v.5, n.1, p. 86-92, 1975.
- O'DONNELL, C.J.; RAO, D.S.P.; BATTESE, G.E. Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. **Empirical Economics**, v.34(2), p. 231-255, 2008.

- PRITCHARD A. Statistical Bibliography or bibliometrics. **Jornal of Documentation**, v. 25(4), p. 348-349, 1969.
- SIMAR, L.; WILSON, P.W. Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models. **Management Science**, v. 44(1), p. 49-61, 1998.
- SIMAR, L.; WILSON, P.W. Estimation and Inference in Two-Stage, Semi-Parametric Models of Production Processes. **Journal of Econometrics**, v. 136(1), p. 31-64, 2007.
- SIMAR, L.; WILSON, P.W. A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. **Journal of Applied Statistic**, v.27 (6), p. 779-802, 2010.
- SOUZA, P. C. T.; WILHELM, V. E. Uma introdução aos modelos DEA de eficiência técnica. **Ciência e Cultura**, n. 42, p. 121-139, 2009.
- TAGUE-SUTCKIFFE, J. An introduction to informetrics. *Information Processing & Management*, v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992.
- THOMÉ, A.M.T.; SCAVARDA, A. ; CERYNO, P.S. ; REMMEN, A. Sustainable new product development: A longitudinal review. **Clean Techn Environ Policy**, p. 1-14, 2016a.
- TONE, K.; TSUTSUI, M. Network DEA: A slacks-based measure approach. **European Journal of Operational Research**, v.197(1), p. 243-252, 2009.
- VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, p. 152-162, 2002.
- WU, D.; YANG, Z.; LIANG, L. Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian bank. **Expert Systems with Applications**, v.31(1), p. 108-115, 2006.
- ZHOU, P.; ANG, B.W.; POH, K.L. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. **Energy Economics**, v. 30(1), p. 1-14, 2008.
- ZUPIC, I., & CATER, T. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, v. 18(3), p. 429-472, 2015.