

# A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PROMÉTHÉE NO APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

<sup>1</sup>Marcos Vinicius Passarini de Almeida; <sup>1</sup>marcospassalini@gmail.com; <sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense;

<sup>2</sup>Luís Alberto Duncan Rangel; <sup>2</sup>luisduncan@id.uff.br 1; <sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense;

**RESUMO:** *O processo de tomada de decisão está presente no dia a dia das organizações. A pesquisa operacional, como ramo da ciência da decisão, fornece diversas ferramentas capazes de apoiar gestores em processos decisórios. Os métodos de apoio multicritério à decisão apresentam crescente utilização ao longo dos anos, sendo aplicados em diversas áreas de conhecimento como Engenharia, Ciências da Computação, Economia, entre outras. Esta pesquisa realizou um levantamento bibliométrico dos periódicos que tratam do tema de apoio multicritério à decisão, especificamente aqueles que abordam a utilização do método Prométhée. Adicionalmente, este trabalho analisou a evolução da utilização do referido método ao longo dos anos, identificando seus padrões de autoria e de publicação científica. Foram observados, entre outros achados, os seguintes padrões: China e Turquia foram os países que mais publicaram sobre o tema, os autores mais citados são Kokot e Smet e as publicações aderentes à pesquisa, em sua maioria, utilizaram citações dos últimos dez anos. Além disso, os resultados ainda indicaram a presença de trabalhos nacionais relevantes nas bases pesquisadas, nas quais o Brasil figura como o quinto maior produtor de publicações, detendo o terceiro e o quarto autores mais prolíficos no período analisado.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Apoio multicritério à decisão; Bibliometria; Prométhée.*

**ABSTRACT:** *The decision-making process is present in the daily lives of organizations. Operational Research, as a branch of decision science, provides several tools capable of supporting managers in decision-making processes. Multicriteria decision-making methods have been increasingly used over the years, being applied in several areas of knowledge such as Engineering, Computer Science, Economics, among others. This research carried out a bibliometric study of the periodicals regarding the theme of multicriteria decision support, specifically those that address the use of the Prométhée method. Additionally, this study analyzed the evolution of the use of this method over the years, identifying its standards of authorship and scientific publication. The following patterns were observed, among other findings: China and Turkey were the countries that published the most on the topic; the most cited authors are Kokot and Smet and the publications that adhere to the research, mostly used citations from the last ten years. In addition, the results also indicated the presence of relevant national works in the researched bases, in which Brazil ranks as the fifth largest producer of publications, with the third and fourth most prolific authors in the analyzed period.*

**KEYWORDS:** *Multicriteria Decision-making method; Bibliometry; Prométhée.*

## 1. Introdução

A necessidade de se tomar decisões está presente no dia a dia das pessoas e é executada muitas vezes de maneira trivial. Contudo, nem todas as decisões são simples e podem ser resolvidas intuitivamente, pois podem envolver grandes riscos, negociações, custos, entre outros fatores. Como exemplo, pode-se citar a realidade das organizações em que, diariamente, gestores são confrontados com a necessidade de tomada de decisões eficientes, complexas e estratégicas.

Para Santos *et al.* (2020) uma boa decisão deve ser capaz de atender aos objetivos propostos, respondendo às necessidades das partes envolvidas e levando-se em consideração os diversos critérios ligados ao contexto no qual o problema se encontra. Dessa forma, são de

imensa valia o desenvolvimento e a utilização de metodologias que apoiem gestores na tomada de decisão, possibilitando a escolha eficiente de uma alternativa, considerando-se diferentes critérios e pontos de vista.

Os métodos multicritério de apoio à decisão (*Multiple Criteria Decision Method* – MCDM ou Apoio Multicritério à Decisão - AMD) assessoram decisores na escolha de uma alternativa, considerando suas preferências e, dessa forma, podem contribuir para a redução do subjetivismo, tendenciosidade e arbitrariedade da decisão (PAULA; MELLO, 2013).

Existem diversos métodos de AMD desenvolvidos para tratar as variadas características de um problema de decisão, sejam elas o tipo de problema, o tipo de critério a ser considerado ou as preferências do decisor. De acordo com Brans e Smet (2016), os métodos da família PROMÉTHÉE têm se destacado dos demais por serem de fácil compreensão pelo decisor, apresentando parâmetros técnicos de fácil compreensão e configuração para o usuário.

Neste contexto, os métodos da família PROMÉTHÉE podem auxiliar gestores em busca de apoio para a tomada de decisão em ambientes empresariais cada vez mais complexos e dinâmicos. O conhecimento da literatura acerca deste método ganha importância, portanto, para direcionar gestores a respeito das melhores práticas na utilização deste método e também nivelar pesquisadores para trabalhos futuros sobre o tema.

Levando-se em consideração a conjuntura apresentada, surge a questão motivadora para a realização desta pesquisa: Como se apresenta, nos últimos anos, a produção científica acerca da utilização do método PROMÉTHÉE?

O objetivo deste estudo é analisar a produção científica sobre a utilização do método PROMÉTHÉE em processos decisórios multicritério, por meio de uma análise bibliométrica de artigos publicados nos últimos anos.

Para atingir o objetivo geral, este estudo teve como delineadores os seguintes objetivos específicos: a) Identificar as principais áreas de aplicação; b) Levantar o número de artigos publicados por ano; c) Verificar os países que mais publicaram; d) Listar os autores com maior número de publicações; e) Detectar os principais meios de publicação e f) Enumerar a quantidade de citações por ano.

Este artigo é dividido em cinco capítulos. Após a introdução, o capítulo 2 realiza um apanhado bibliográfico sobre o tema de AMD e o método PROMÉTHÉE. No capítulo 3, são realizados o enquadramento metodológico da pesquisa e a descrição das etapas executadas para o alcance dos objetivos. No capítulo 4, são apresentados os resultados da pesquisa. Por

fim, no capítulo 5, são apresentadas as considerações finais e sugestões de estudos futuros.

## 2. Referencial teórico

### 2.1. Apoio multicritério à decisão e o método PROMÉTHÉE

De acordo com Vincke (1992), um problema multicritério é a situação em que existem um conjunto de ações A e uma família de critérios F, na qual o decisor necessita: definir um subconjunto de ações as quais considera as melhores de A (problemática de escolha); designar as ações a diferentes categorias previamente definidas com base em um grupo de regras definidas para o conjunto A (problemática de classificação); ordenar as alternativas de A da melhor para a pior (problemática de ordenação). Roy (1996) acrescenta, ainda, a situação em que a decisão a ser tomada é baseada na descrição das ações e suas consequências (problemática de descrição).

Os métodos AMD podem ser utilizados como direcionadores para definir, entre as opções existentes, a modelagem mais adequada para tratar o problema e, assim, definir a sua solução (AZEVEDO; FERREIRA; SILVA, 2018). Magalhães, Rangel e Silva (2017) descrevem o AMD como uma metodologia formal e cientificamente fundamentada, que busca uma decisão sólida baseada em uma explicação matemática e em uma avaliação conjunta de múltiplos aspectos do problema. Por meio de um conjunto de métodos e técnicas, estabelece uma relação de preferências entre diversos fatores intervenientes sob a influência da multiplicidade de critérios, auxiliando pessoas e organizações a tomarem decisões.

De acordo com Roy (1996), os métodos AMD podem ser divididos em três categorias: métodos de critério único de síntese, em que um possível conjunto de critérios é agregado em um único critério de síntese; métodos de sobreclassificação, nos quais serão avaliadas relações de superação ou prevalência entre as alternativas e os métodos interativos, que se apoiam em ferramentas computacionais.

A escola francesa de AMD foi responsável pela criação dos métodos de sobreclassificação, que têm como principal característica realizar a avaliação par a par das alternativas, objetivando identificar uma relação de sobreclassificação das mesmas (ARAUJO; AMARAL, 2015). Dentre os principais métodos da escola francesa, destacam-se o ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) e o PROMÉTHÉE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) (ROY, 1996).

O método PROMÉTHÉE tem destaque entre os métodos dedicados à sobreclassificação e tem se tornado uma das ferramentas mais utilizadas de AMD, sendo capaz de tratar problemas de ordenação, escolha, classificação e descrição. O motivo para sua

grande popularidade se deve a sua facilidade de utilização e clareza para os decisores, além da sua estabilidade e capacidade matemática de processamento (BRANS; SMET, 2016).

Na aplicação do método PROMÉTHÉE, o decisor define pesos para cada critério existente, expressando, assim, seus níveis de importância e possibilitando avaliar o grau de sobreclassificação para cada alternativa (ALMEIDA *et al.*, 2015). De acordo com Sarrazin, Smet e Rosenfeld (2017), ao avaliar a sobreclassificação, o decisor consegue quantificar o desempenho de cada alternativa, comparando-as em um dado critério.

Segundo Almeida *et al.* (2015), o PROMÉTHÉE realiza uma classificação parcial das  $n$  alternativas utilizando fluxos de preferências, que são calculados com o objetivo de analisar como cada ação de  $A$  se comporta diante das  $(n-1)$  demais alternativas. Os fluxos de preferências são calculados conforme as fórmulas abaixo (BRANS; SMET, 2016):

- a) Fluxo positivo de sobreclassificação:  $\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$ ;
- b) Fluxo negativo de sobreclassificação:  $\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$ ;
- c) Fluxo líquido de sobreclassificação:  $\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$ .

O fluxo positivo de sobreclassificação representa o quanto a alternativa  $a$  sobreclassifica as demais. Quanto maior  $\phi^+(a)$ , melhor é a alternativa. O fluxo negativo de sobreclassificação representa o quanto a alternativa  $a$  é sobreclassificada pelas demais. Quanto menor  $\phi^-(a)$ , melhor é a alternativa. O fluxo líquido de sobreclassificação representa o equilíbrio entre os fluxos positivo e negativo. Quanto maior o fluxo líquido, melhor será a alternativa. Desta forma, se  $\phi(a) > 0$ ,  $a$  sobreclassifica todas as alternativas em todos os critérios e, quando  $\phi(a) < 0$ ,  $a$  é mais sobreclassificada (BRANS; SMET, 2016).

### 3. Procedimentos metodológicos

Com o objetivo de descrever os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, esta seção abordará o enquadramento metodológico geral e os procedimentos de coleta e análise de dados.

Esta pesquisa é classificada como descritiva, devido ao detalhamento das características das publicações sobre a utilização do método PROMÉTHÉE. A estratégia de investigação utilizada foi a pesquisa bibliográfica. Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa, a qual converte as descrições das informações dos trabalhos avaliados em dados tratados estatisticamente.

A pesquisa foi concluída em setembro de 2020, tendo sido realizada em duas fases: em sua primeira fase foi realizada pesquisa bibliográfica em base de dados *online*, com o propósito de identificar artigos que fossem aderentes ao objeto da pesquisa. Para tal, primeiramente foram definidas as palavras-chave. Estas palavras foram divididas sob quatro eixos, cada um com sua palavra-chave principal em inglês e possíveis sinônimos: “*Multiple criteria*” (eixo 1), *Decision* (eixo 2), *Method* (eixo 3) e *Prométhée* (eixo 4).

Após a definição das palavras-chave de pesquisa e seus sinônimos, foi desenvolvido um algoritmo com os operadores booleanos “AND” e “OR” e as palavras contidas nos quatro eixos de pesquisa, conforme apresentado no quadro 1.

Eixo	Algoritmo de busca
1	(“Multiple Criteria” OR “Multi criteria” OR Multicriteria) AND
2	(Decision) AND
3	(Method OR Analysis OR Aiding OR Making OR System OR Support) AND
4	(Prométhée)

QUADRO 1 - Algoritmo utilizado na pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores.

O acesso à base de dados *Web of Science* com a utilização do algoritmo de pesquisa resultou em 981 registros, sem recorte temporal. É importante ressaltar que a base de dados *Web of Science* foi escolhida como ferramenta de pesquisa primária pois, em uma busca inicial, essa plataforma apresentou resultados mais aderentes do que outras bases de dados, tais quais o *Scopus* e o *Science Direct*.

Na segunda fase deste trabalho, foi realizada a análise bibliométrica dos artigos encontrados, baseado no método descrito por Quevedo-Silva *et al.* (2016), com o propósito de apurar quais informações ou padrões podem ser obtidos da base bibliográfica. Foram utilizados os seguintes softwares nessa etapa da pesquisa: *Excel* e *VOSviewer*. A figura 1 mostra o fluxo de pesquisa desenvolvido neste estudo, com seus respectivos insumos e produtos.

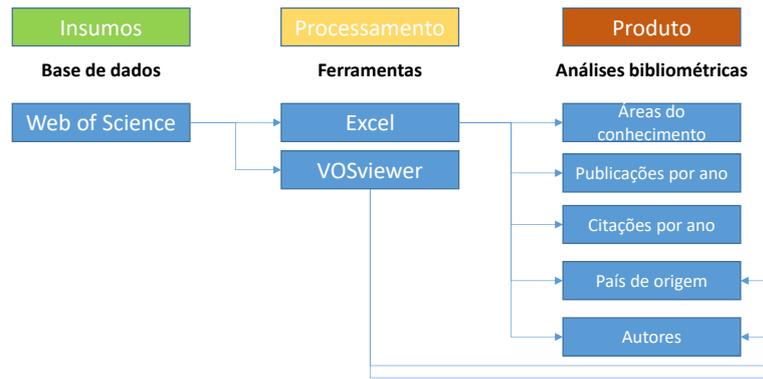


FIGURA 1 - Fluxo da pesquisa bibliométrica. Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4. Apresentação e discussão dos resultados

A seguir, é apresentada a estatística descritiva referente aos artigos utilizados para análise nesta pesquisa.

### 4.1. Áreas de conhecimento

A figura 2 mostra a distribuição das publicações de acordo com as principais áreas de conhecimento. Foram consideradas as áreas de conhecimento com amostragem igual ou superior a 20 ocorrências.

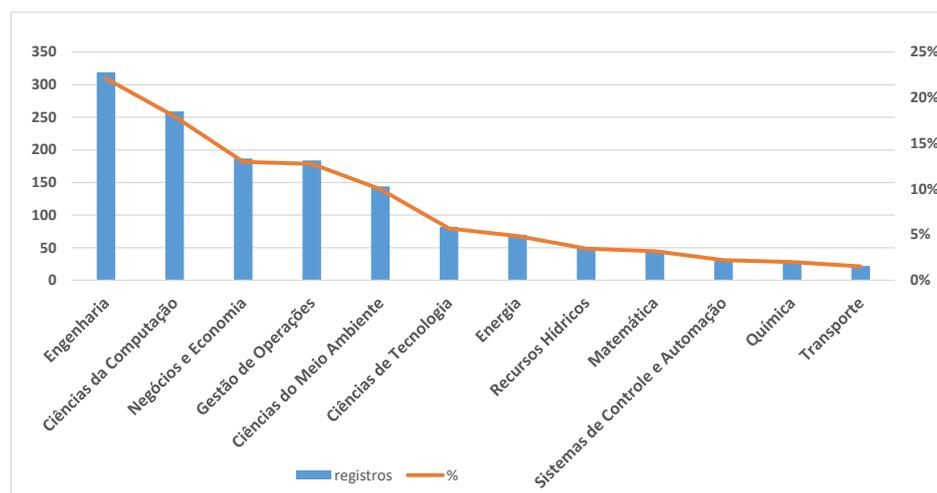


FIGURA 2 - Áreas de conhecimento. Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme a figura 2, é possível constatar que as quatro principais áreas de conhecimento das pesquisas são Engenharia (22,1%), Ciências da Computação (18,0%), Negócios e Economia (13,0%) e Gestão de operações (12,8%).

Vale ressaltar a existência de outras áreas de conhecimento como: Telecomunicações, Geologia, Agricultura, Administração Pública e Psicologia, indicando a vasta multidisciplinaridade do assunto.

#### 4.2. Número de documentos publicados por ano

A figura 3 mostra como as 981 publicações encontradas comportam-se com relação ao ano de publicação. Pode-se identificar que as publicações sobre o tema pesquisado iniciam em 1985, com média aproximada de 5 publicações ao ano, mantendo-se assim até 2004, quando se observa uma tendência de crescimento na quantidade de publicações.

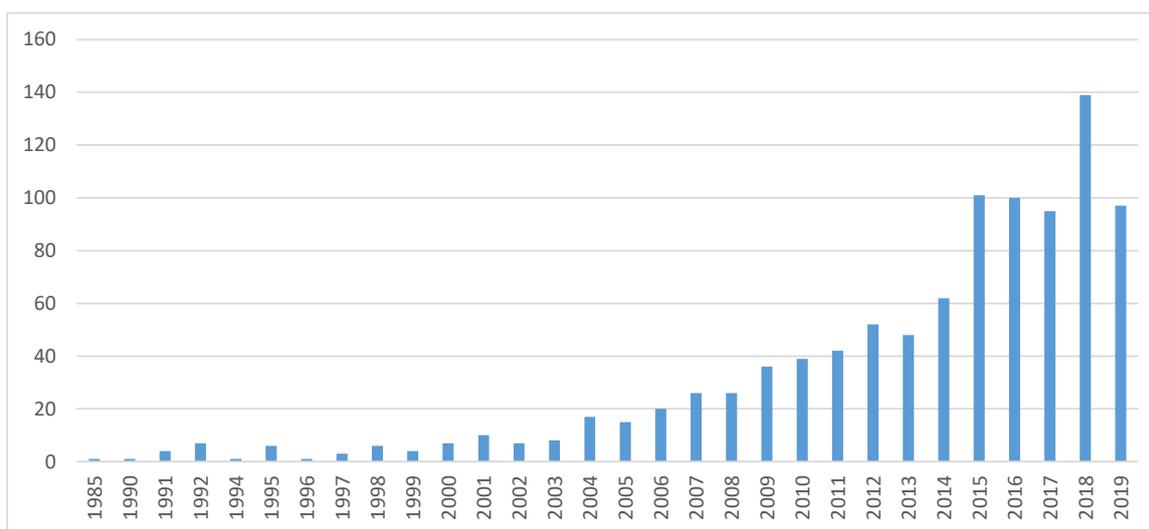


FIGURA 3 - Quantidade de artigos por ano. Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a figura, entende-se que o tema pesquisado vem ganhando forte notoriedade nos últimos 10 anos, ínterim em que foram publicadas cerca de 80% do total de publicações da série histórica, com destaque para o ano de 2018, em que foram registradas 14% das publicações.

#### 4.3. Número de documentos publicados por país

Com o objetivo de identificar a localização dos pesquisadores que apresentam maior produção científica sobre o tema e, também, identificar quais países são considerados um campo fértil para as pesquisas científicas do ramo, elaborou-se um gráfico sobre a quantidade de publicações por país, representado na figura 4. Devido à grande quantidade de países que publicaram sobre o tema pesquisado, este gráfico considera apenas os países que tiveram 10 ou mais publicações sobre o tema pesquisado, de acordo com toda a série histórica de dados colhida.

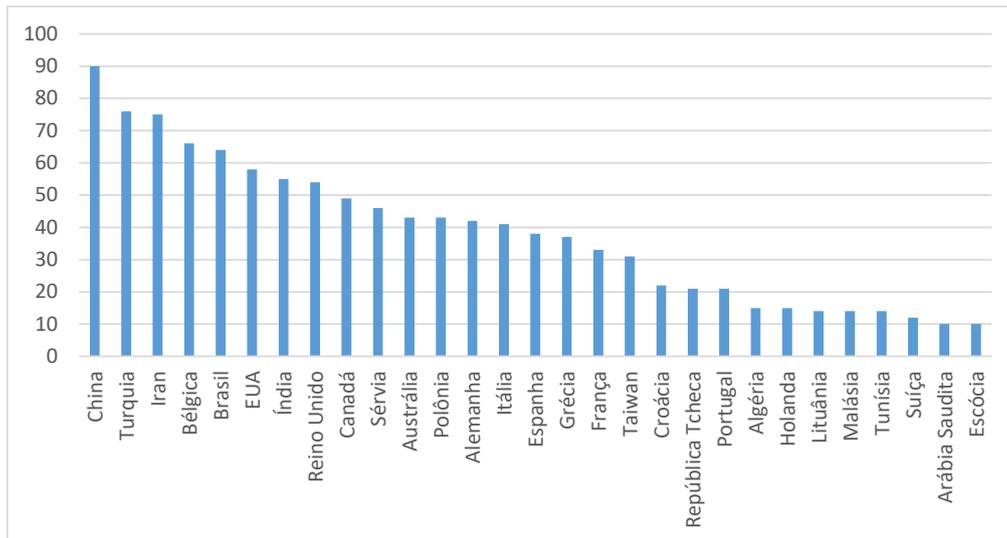


FIGURA 4 – Quantidade de publicações por país. Fonte: Elaborado pelos autores.

No total, 82 países apresentaram publicações. Na figura pode-se observar que 29 países apresentaram 10 ou mais publicações, com destaque para os cinco países com o maior número de publicações: China (90 publicações), Turquia (76 publicações), Iran (75 publicações), Bélgica (66 publicações) e Brasil (64 publicações). A figura 5 possibilita uma visão mais abrangente dos países com maior quantidade de publicações e representa a densidade de publicações de cada país.

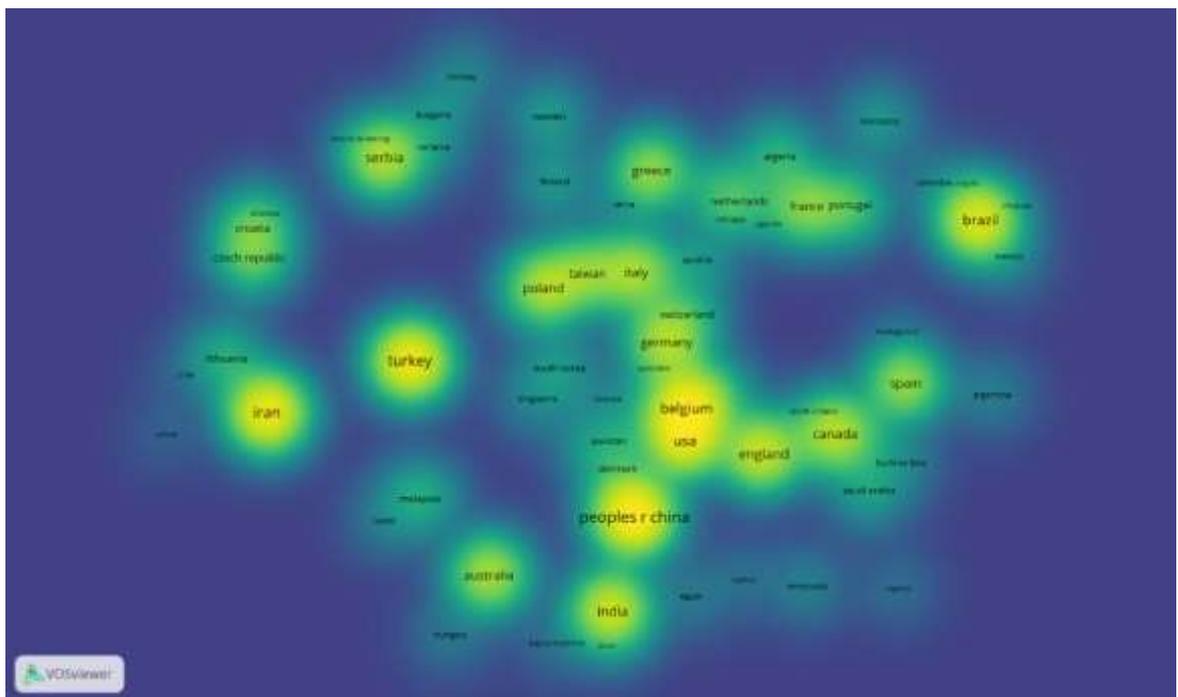


FIGURA 5 - Densidade de publicações por país. Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.4. Classificação das publicações por autor

Com o objetivo de identificar os autores de maior relevância na área pesquisada, elaborou-se uma listagem com os pesquisadores que mais produzem documentos científicos, após a análise dos resultados fornecidos pela base científica selecionada para esse estudo bibliométrico. Para elucidar quais são os principais autores sobre o tema pesquisado, elaborou-se o gráfico da figura 6 em que estão listados todos os autores com 10 ou mais publicações.

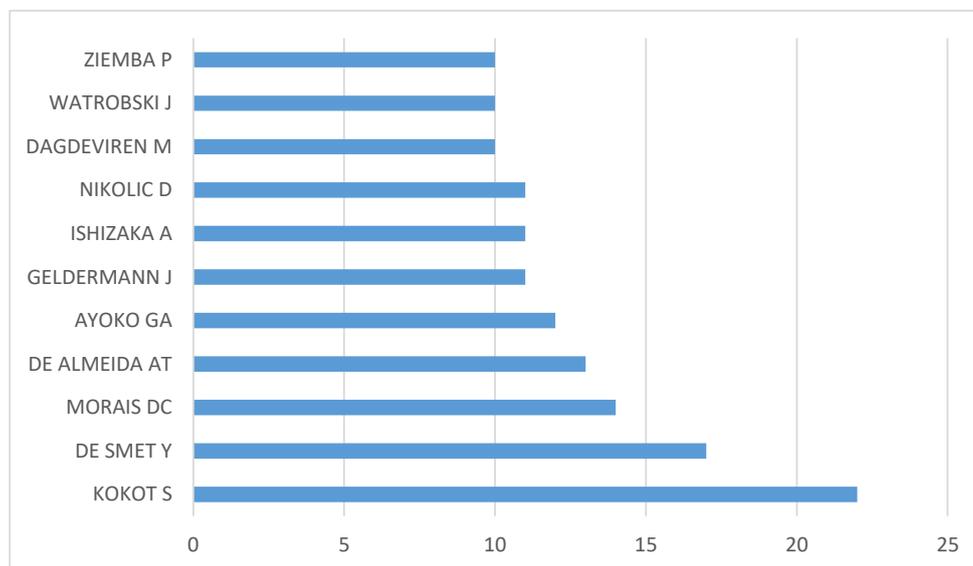


FIGURA 6 - Autores-chave da pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a figura, o autor que mais publicou foi o chinês Kokot, com 22 publicações, validando a hegemonia da China como o país que mais publica sobre o tema pesquisado. Em seguida, temos o belga Smet com 17 publicações. Vale ressaltar a grande representatividade brasileira nessa amostra: Moraes, com 14 publicações e Almeida, com 13, ocupando os 3º e 4º lugares, respectivamente, o que revela o reconhecimento nacional em pesquisas sobre esse assunto. Destaca-se, ainda, a notoriedade das publicações realizadas pela Universidade Federal de Pernambuco.

Entretanto, é importante destacar que existe uma grande quantidade de autores não contemplados pelo gráfico acima. Desta forma, a figura 7 expõe, além dos principais autores já mencionados, aqueles que também demonstraram significativa produção, com 5 publicações ou mais.



FIGURA 7 - Autores com 5 ou mais publicações. Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.5. Distribuição dos documentos de acordo com o meio de publicação

A figura 8 mostra o percentual de publicação encontrado para cada tipo de meio de publicação. Percebe-se pela figura 10 que mais de 98% da amostra é oriunda de periódicos e conferências.

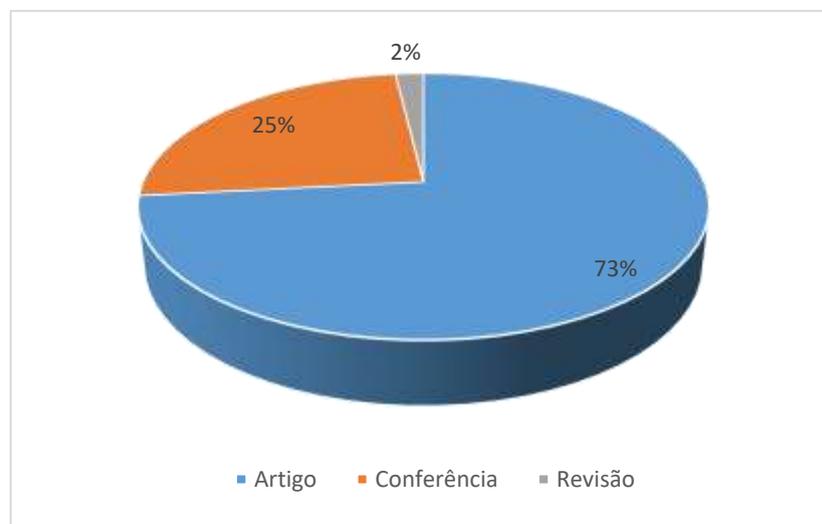


FIGURA 8 - Meios de publicação. Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.6. Quantidade de citações total ano a ano

Na figura 9, pode-se observar o número de referências bibliográficas ano a ano. A publicação mais antiga referenciada data de 1986.

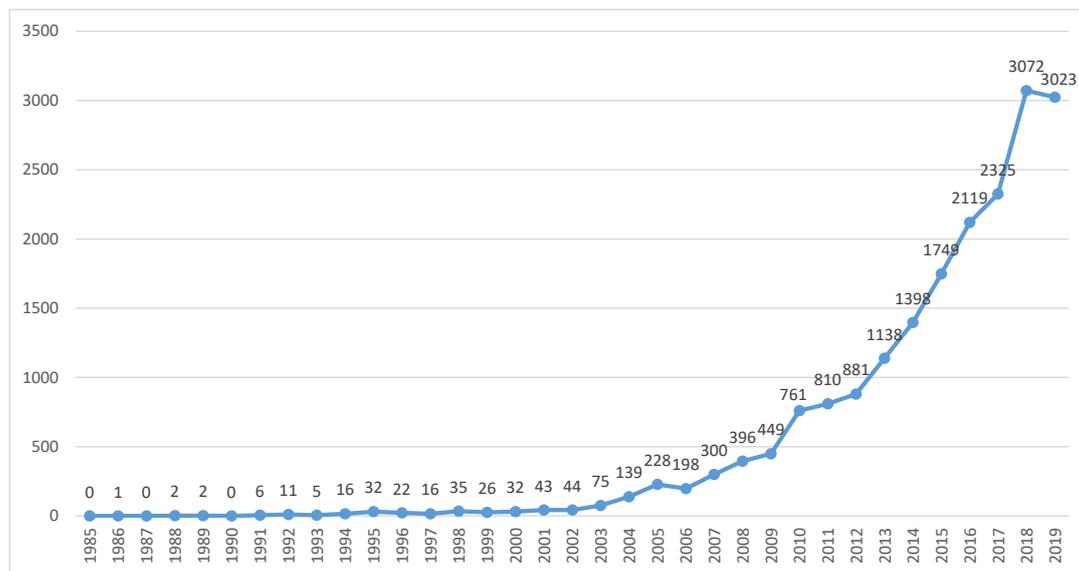


FIGURA 9 - Quantidade de citações ano a ano. Fonte: Elaborado pelos autores.

O total de citações realizadas nos últimos 10 anos representa cerca de 90% do total de citações da série histórica. Isso é explicado pelo aumento de publicações evidenciado nesse período, conforme constatado no item 4.2.

#### 5. Conclusões

O objetivo deste artigo foi o de detalhar como ocorreu a evolução da literatura que aborda o método PROMÉTHÉE como ferramenta para problemas de apoio multicritério para a tomada de decisão. Este objetivo foi alcançado através da seção 4, na qual foram realizadas a análise e a interpretação dos resultados obtidos por meio do estudo bibliométrico.

Dentre as principais informações descobertas, destacam-se: aproximadamente 79% das publicações foram publicadas a partir de 2010; há uma tendência crescente na quantidade de publicações nos últimos 20 anos, tendo os últimos 5 anos apresentado os maiores volumes de produção; mais de 90% das publicações são oriundas de periódicos e conferências; China, Turquia e Iran são os países mais prolíficos.

Além dos resultados listados, vale destacar a versatilidade para a utilização do método, marcada pela aplicação nas mais variadas áreas de conhecimento como administração pública, psicologia, meio ambiente, além das áreas afins como engenharia, ciências da computação e matemática.

Para estudos futuros, recomenda-se um aprofundamento que permita descrever a natureza dos problemas tratados por cada área de conhecimento levantada neste trabalho, utilizando-se como fonte de pesquisa outras bases de dados científicos. Adicionalmente, uma vez que o Brasil figura como um dos países com maior número de publicações, sugere-se a realização de uma pesquisa que avalie como o tema tem sido desenvolvido estritamente por autores nacionais.

## Referências

ALMEIDA, A. T.; *et al.* **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. Cham: Springer International Publishing. V. 231, 2015.

ARAUJO, J. J.; AMARAL. **Aplicação do método Electre para problemas de seleção envolvendo projetos de desenvolvimento de software livre**. 2015.

AZEVEDO, T. N.; FERREIRA, M. M. G.; SILVA, R. G. A utilização dos métodos de apoio multicritério à decisão no Brasil, entre os anos de 2007 a 2017: um estudo bibliométrico. **Anais XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2018.

BRANS, J. P.; SMET, Y. PROMÉTHÉE Methods. In: **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, International Series in Operations Research & Management Science**. 2nd ed. New York, NY: Springer US, 2016. P.187-219.

MAGALHÃES, R. F., RANGEL, L. A. D. e SILVA, C. A. Utilização do Apoio Multicritério à Decisão para Avaliação de Órgãos de Fomento Pesquisa. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Rio de Janeiro, 2017.

QUEVEDO-SILVA, F. *et al.* Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 15, n. 2, p. 246-262, 2016.

PAULA, J. O.; MELLO, C. H. P. Seleção de um modelo de referência de PDP para uma empresa de autopeças através de um método de auxílio à decisão por múltiplos critérios. **Production**, v. 23, n. 1, p. 144-156, 2013.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Kluwer, Dordrecht, 1996.

SANTOS, E. A. S. A.; SILVA, E. W. A.; FAZOLLO, R. J.; NUNES, A. O.; LIMA, A. S.; ANDRIOLA, W. B. Estudo sobre o uso de sistemas do tipo Enterprise Resource Planning em Instituições de Ensino Superior (IES). **Revista Educação & Linguagem**, v. 7, Número Especial, p. 69-80, 2020.

SARRAZIN, R.; SMET, Y.; ROSENFELD, J. An extension of Promethee to interval clustering. **Omega**, 2017.

VINCKE, P. **Multicriteria decision aid**. Bruxelles: John Wiley & Sons, 1992.