

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Gracy Ellen Meireles dos Santos

INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS DOS PRINCIPAIS ARTIGOS  
SOBRE OS MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.  
Dezembro de 2016

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES – UCAM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Gracy Ellen Meireles dos Santos

INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS DOS PRINCIPAIS ARTIGOS  
SOBRE OS MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Orientador: Prof. Eduardo Shimoda, D.Sc.

Coorientador: Prof. Aldo Shimoya, D.Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ  
Dezembro de 2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

S237i Santos, Gracy Ellen Meireles dos.

Indicadores bibliométricos dos principais artigos sobre os métodos de auxílio multicritério à decisão. /. Gracy Ellen Meireles dos Santos. – 2017.

132.f. il.

Orientador: Eduardo Shimoda

Coorientador: Aldo Shimoya

Dissertação apresentado ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Candido Mendes - Campos dos Goytacazes, RJ, 2016.

Bibliografia: f.128-132

1: Análise bibliométrica. 2. Auxílio multicritério à decisão (métodos). 3. Método AHP (Analytic Hierarchy Process). 4. Publicação periódica – método AHP. I. Universidade Candido Mendes – Campos. II. Título.

CDU - 311: 65.012.123(051)

GRACY ELLEN MEIRELES DOS SANTOS

INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS DOS PRINCIPAIS ARTIGOS  
SOBRE OS MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovada em 19 de Dezembro de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Eduardo Shimoda, DSc. – Orientador  
Universidade Candido Mendes

---

Prof. Aldo Shimoya, DSc. – Coorientador  
Universidade Candido Mendes

---

Prof. Milton Erthal Júnior, DSc.  
Universidade Candido Mendes

---

Prof. Wendel Mattos Pompilho, DSc.  
Universidade Federal Fluminense

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ  
2016

Dedico este trabalho a Deus, ao meu esposo, aos meus pais e aos meus professores orientadores pelo apoio, incentivo e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado permitindo-me cursar o mestrado e por me dar toda força e sabedoria necessárias durante esta caminhada.

Ao meu querido esposo Carlos Alberto pelo seu apoio, companheirismo, motivação e paciência.

À minha mãe Genilce Sonia e ao meu pai Jaime por me apoiarem nos meus estudos.

Aos professores D. Sc. Eduardo Shimoda e D. Sc. Aldo Shimoya pela paciência, dedicação e pela excelente orientação em todas as etapas deste trabalho.

À Universidade Candido Mendes (UCAM) pela oportunidade e incentivo.

E ao prof. D.Sc. Milton Erthal Júnior. pela colaboração.

E sejam agradecidos a Deus em todas as ocasiões. Isso é o que Deus quer de vocês por estarem unidos com Cristo Jesus.

## RESUMO

### INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS DOS PRINCIPAIS ARTIGOS SOBRE OS MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

O presente trabalho tem como objetivo principal realizar um levantamento bibliométrico no mundo e no Brasil, de cada um dos métodos de auxílio multicritério à decisão mais utilizados recentemente. Foi realizada uma análise bibliométrica das produções científicas publicadas em periódicos através de um levantamento dos artigos indexados na base de dados Scopus em março de 2016 dos métodos AHP, Electre, Macbeth, Maut, Topsis, Todim e Promethee e em abril de 2016 foi acrescentado o método VIKOR. A pesquisa foi realizada tendo como palavras chaves de busca para cada um dos métodos: Analytic Hierarchy Process, Electre, Macbeth, Maut, Promethee, Todim, Topsis e Vikor. Inicialmente, para um levantamento feito em nível mundial, utilizando apenas as palavras chaves foi obtidos um total de 12.063 registros como resultado da soma das publicações de todos os métodos em estudo. Sendo que após um refinamento para as publicações no Brasil, foi obtido um total de 219 registros como resultado da soma dos artigos de todos os métodos. Após a obtenção dos registros foi realizada uma análise mais detalhada de 48 artigos considerados como de maior relevância, oportunizando a obtenção de artigos que podem contribuir para avanços na área de métodos de auxílio multicritério à decisão. Foi possível observar que o método AHP é o que apresenta a maior quantidade de artigos publicados no mundo e no Brasil. E que os métodos Vikor e Todim vêm apresentando um taxa de crescimento considerável nos últimos anos, sendo estes, os métodos desenvolvidos mais recentemente. O estudo possibilitou verificar a importância dos métodos de auxílio multicritério à decisão devido à quantidade e variedade de produções científicas existentes e por serem muito úteis tanto no ambiente acadêmico quanto no ambiente empresarial.

**PALAVRAS-CHAVES:** Análise bibliométrica. Métodos de auxílio multicritério à decisão. Método AHP (Analytic Hierarchy Process).

## **ABSTRACT**

### **BIBLIOMETRIC INDICATORS OF THE MAIN ARTICLES ON MULTICRITERIA DECISION AID METHOD**

The main objective of this study is to carry out a bibliometric survey in the world and in Brazil of each of the most recently used multicriteria decision aid method. A bibliometric analysis of the scientific productions published in journals was carried out through a survey of the articles indexed in the Scopus database in March 2016 of the AHP, Electre, Macbeth, Maut, Topsis, Todim and Promethee methods and in April 2016 the VIKOR method. The research was carried out using the keywords: Analytic Hierarchy Process, Electre, Macbeth, Maut, Promethee, Todim, Topsis and VIKOR. Initially, for a survey made worldwide, using only keywords, a total of 12,063 records were obtained as a result of the sum of the publications of all the methods being studied. After a refinement for the publications in Brazil, a total of 219 records were obtained as a result of the sum of the articles of all the methods. After obtaining the records, a more detailed analysis of 49 articles considered as of greater relevance was carried out, offering an opportunity to obtain articles that can contribute to advances in the area of multicriteria decision aid method. It was possible to observe that the AHP method is the one that presents the largest amount of published articles in the world. And that the Vikor and Todim methods have been presenting a considerable growth rate in recent years, these being the most recently developed methods. The study made it possible to verify the importance of multicriteria decision aid method due to the quantity and variety of scientific productions and to be very useful both in the academic environment and in the business environment.

**KEYWORDS:** Bibliometric analysis. Multicriteria decision aid method. AHP Method (Analytic Hierarchy Process).

## LISTA DE FIGURA E GRÁFICOS

<b>Figura 1.</b>	Estrutura Hierárquica Básica utilizada na modelagem AHP	26
<b>Gráfico 1.</b>	Distribuição dos métodos MCDM por quantidade de publicações	45
<b>Gráfico 2.</b>	Distribuição de publicações por autor utilizando o método AHP	46
<b>Gráfico 3.</b>	Distribuição de publicações por áreas de estudo utilizando o método AHP	47
<b>Gráfico 4.</b>	Distribuição de publicações por periódico utilizando o método AHP	48
<b>Gráfico 5.</b>	Distribuição de publicações por instituições de ensino utilizando o método AHP	49
<b>Gráfico 6.</b>	Distribuição de publicações por país utilizando o método AHP	50
<b>Gráfico 7.</b>	Distribuição de publicações por autor utilizando o método Electre	51
<b>Gráfico 8.</b>	Análise das publicações por área de estudo utilizando o método Electre	52
<b>Gráfico 9.</b>	Análise das publicações por periódico utilizando o método Electre	53
<b>Gráfico 10.</b>	Análise das publicações por instituição de ensino utilizando o método Electre	54
<b>Gráfico 11.</b>	Análise das publicações por país utilizando o método Electre	55
<b>Gráfico 12.</b>	Análise das publicações por autor utilizando o método Macbeth	56
<b>Gráfico 13.</b>	Análise das publicações por área de estudo utilizando o método MacBeth	57
<b>Gráfico 14.</b>	Análise das publicações por periódico utilizando o método MacBeth	58

<b>Gráfico 15.</b>	Análise das publicações por instituições de ensino utilizando o método MacBeth	59
<b>Gráfico 16.</b>	Análise das publicações por país utilizando o método MacBeth	60
<b>Gráfico 17.</b>	Análise das publicações por autor utilizando o método Maut	61
<b>Gráfico 18.</b>	Análise das publicações por área de estudo utilizando o método Maut	62
<b>Gráfico 19.</b>	Análise das publicações por periódico utilizando o método Maut	63
<b>Gráfico 20.</b>	Análise das publicações por instituição de ensino utilizando o método Maut	64
<b>Gráfico 21.</b>	Análise das publicações por país utilizando o método Maut	65
<b>Figura 22.</b>	Análise das publicações por autor utilizando o método Promethee	66
<b>Gráfico 23.</b>	Análise das publicações por áreas de estudo utilizando o método Promethee	67
<b>Gráfico 24.</b>	Análise das publicações por periódico utilizando o método Promethee	68
<b>Gráfico 25.</b>	Análise das publicações por instituição de ensino utilizando o método Promethee	69
<b>Gráfico 26.</b>	Análise das publicações por país utilizando o método Promethee	70
<b>Gráfico 27.</b>	Análise das publicações por autor utilizando o método Todim	71
<b>Gráfico 28.</b>	Análise das publicações por área estudo utilizando o método Todim	72
<b>Gráfico 29.</b>	Análise das publicações por periódico utilizando o método Todim	73
<b>Gráfico 30.</b>	Análise das publicações por instituições de ensino utilizando o método Todim	74
<b>Gráfico 31.</b>	Análise das publicações por país utilizando o método Todim	75
<b>Gráfico 32.</b>	Análise das publicações por autor utilizando o método Topsis	76
<b>Gráfico 33.</b>	Análise das publicações por área de estudo utilizando o método Topsis	77
<b>Gráfico 34.</b>	Análise das publicações por periódico utilizando o método Topsis	78
<b>Gráfico 35.</b>	Análise das publicações por instituições de ensino utilizando o método Topsis	79
<b>Gráfico 36.</b>	Análise das publicações por país utilizando o método Topsis	80

<b>Gráfico 37.</b>	Análise das publicações por autor utilizando o método VIKOR	81
<b>Gráfico 38.</b>	Análise das publicações por áreas de estudo utilizando o método VIKOR	82
<b>Gráfico 39.</b>	Análise das publicações por periódicos utilizando o método VIKOR	83
<b>Gráfico 40.</b>	Análise das publicações por instituições de ensino utilizando o método VIKOR	84
<b>Gráfico 41.</b>	Análise das publicações por país utilizando o método VIKOR	85
<b>Gráfico 42.</b>	Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método AHP	87
<b>Gráfico 43.</b>	Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método ELECTRE	88
<b>Gráfico 44.</b>	Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método MACBETH	89
<b>Gráfico 45.</b>	Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método MAUT	90
<b>Gráfico 46.</b>	Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método Promethee	91
<b>Gráfico 47</b>	Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método TODIM	92
<b>Gráfico 48</b>	Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método TODIM	93
<b>Gráfico 49</b>	Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método VIKOR	94

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b>	Artigos que foram o Portfólio de Artigos para compor o Referencial Teórico sobre os métodos MCDM (1)	95
<b>Quadro 2.</b>	Artigos que foram o Portfólio de Artigos para compor o Referencial Teórico sobre os métodos MCDM (2)	96
<b>Quadro 3.</b>	Artigos que foram o Portfólio de Artigos para compor o Referencial Teórico sobre os métodos MCDM (3)	97
<b>Quadro 4.</b>	Artigos que foram o Portfólio de Artigos para compor o Referencial Teórico sobre os métodos MCDM (4)	98
<b>Quadro 5.</b>	Artigos que foram o Portfólio de Artigos para compor o Referencial Teórico sobre os métodos MCDM (5)	99

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Escala Fundamental de Saaty	27
<b>Tabela 2.</b>	Consumo Relativo de Bebidas nos EUA	28
<b>Tabela 3.</b>	Total de registros obtidos no mundo e no Brasil para cada um dos métodos	44
<b>Tabela 4.</b>	Taxa de crescimento anual de publicações dos métodos MCDM	86

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP.	Analytic Hierarchy Process (Processo de Análise Hierárquica)
AMD.	Auxílio Multicritério a Decisão
ANP.	Analytic Network Process (Processo de Análise de rede)
ANN.	Artificial Neural Networks (Redes neurais artificiais)
CAPES.	Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CLS.	Classic least squares (Mínimos quadrados clássicos)
CPA.	Cortex Phellodendri amurensis (CPA).
CPC.	Cortex Phellodendri Chinensis
DE.	Differential Evolution (Evolução Diferencial)
DEMATEL.	Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (Laboratório de avaliação e julgamento de tomada de decisão)
DM.	Decision Making (Tomador de decisão)
DPCR.	Digital polymerase chain reaction (Reação em cadeia da polimerase digital)
DSS.	Decision Support Systems (Sistemas de Apoio à Decisão)
E&P.	Exploração e Produção
EDTA.	Etileno Diaminotra Acetato
EEM.	Emissão e excitação envolvidas em medições
INRM.	Integrated Natural Resource Management (Gestão integrada de recursos naturais)
MACBETH.	Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique (Medir a Atratividade por uma Avaliação Baseada em Categoria)
MCDM.	Multiple Criteria Decision Making (Tomada de decisão por múltiplos critérios).

MCIC.	Multiple Criteria Inventory Classification (Classificação de inventário de problemas multicritérios)
NPD.	New Products Development (Desenvolvimento de novos produtos)
OPEP.	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PCA.	Análise de Componentes Principais
PCR.	Principal Componente de Regressão
PLS.	Partial least squares (Quadrados mínimos parciais)
PNN.	Neural Network Process (Processo de Rede Neural)
RBF.	Radial basis Functions (Funções de Base Radial)
RCM.	Reliability Centered Maintenance (Manutenção Centrada na Confiabilidade)
RNA.	Redes neurais artificiais
SKU.	Stock Keeping Unit (Unidade de manutenção de estoque)
TODIM	Tomada de Decisão Interativa e Multicritério
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (Técnica para a preferência da ordem por similaridade à solução ideal)
VIKOR	Visekriterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje (Critérios de Otimização e Solução de compromisso)

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	21
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO	21
1.2.	OBJETIVOS	23
<b>1.2. 1.</b>	<b>Objetivo Geral</b>	23
<b>1.2. 2.</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	23
1.3.	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	24
<b>2.</b>	<b>REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA RELACIONADA AOS MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO</b>	25
2.1.	MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO	25
<b>2.1.1.</b>	<b>AHP: Analytic Hierarchy Process (Processo de Análise Hierárquica)</b>	25
<b>2.1.2.</b>	<b>ELECTRE</b>	30
<b>2.1.3.</b>	<b>MACBETH</b>	31
<i>2.1.3.1.</i>	<i>Informação Ordinal e Cardinal</i>	33
<i>2.1.3.2.</i>	<i>Obtenção de Informação Pré-Cardinal e Escala MacBeth de Base</i>	33
<i>2.1.3.3.</i>	<i>Escala MacBeth de Base a uma Escala de Intervalos</i>	34
<b>2.1.4.</b>	<b>MAUT</b>	34
<b>2.1.5.</b>	<b>PROMETHEE</b>	35
<b>2.1.6.</b>	<b>TODIM</b>	37
<b>2.1.7.</b>	<b>TOPSIS</b>	39
<b>2.1.8.</b>	<b>VIKOR</b>	40

<b>3.</b>	<b>UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE OS PRINCIPAIS MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO</b>	42
3. 1.	CONTEXTUALIZAÇÃO	42
3. 2.	METODOLOGIA	42
3. 3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
<b>3.3.1.</b>	<b>Estatísticas dos registros de publicações sobre métodos MCDM</b>	45
3.3.1.1.	<i>Estatísticas dos artigos pesquisados do método AHP</i>	45
3.3.1.2.	<i>Estatísticas dos artigos pesquisados do método Electre</i>	51
3.3.1.3.	<i>Estatísticas dos artigos pesquisados do método MacBeth</i>	56
3.3.1.4.	<i>Estatísticas dos artigos pesquisados do método Maut</i>	61
3.3.1.5.	<i>Estatísticas dos artigos pesquisados do método Promethee</i>	66
3.3.1.6.	<i>Estatísticas dos artigos pesquisados do método Todim</i>	71
3.3.1.7.	<i>Estatísticas dos artigos pesquisados do método Topsis</i>	76
3.3.1.8.	Estatísticas dos artigos pesquisados do método VIKOR	81
<b>3.3.2</b>	<b>Taxa de crescimento das publicações para cada um dos métodos MCDM</b>	86
<b>3.3.3</b>	<b>Análise dos artigos no mundo e no Brasil por ano de publicação</b>	94
3.3.3.1.	<i>Análise dos artigos do método AHP</i>	98
3.3.3.1.1.	Artigo publicado em 1990	98
3.3.3.1.2.	Artigo publicado em 1994	99
3.3.3.1.3.	Artigo publicado em 2008	99
3.3.3.1.4.	Artigo publicado em 2014	100
3.3.3.1.5.	Artigo publicado em 2013	100
3.3.3.1.6.	Artigo publicado em 2011	101
3.3.3.1.7.	Artigo publicado em 1980	102
3.3.3.1.8.	Artigo publicado em 1980	102
3.3.3.1.9.	Artigo publicado em 1979	102
3.3.3.1.10.	Artigo publicado em 2012	103
3.3.3.1.11.	Artigo publicado em 2015	103
3.3.3.1.12.	Artigo publicado em 2010	104
3.3.3.2.	<i>Análise dos artigos do método Electre</i>	104

3.3.3.2.1.	Artigo publicado em 1991	104
3.3.3.2.2.	Artigo publicado em 2015	105
3.3.3.2.3.	Artigo publicado em 1982	105
3.3.3.2.4.	Artigo publicado em 2007	106
3.3.3.2.5.	Artigo publicado em 2015	106
3.3.3.2.6.	Artigo publicado em 2014	107
3.3.3.3.	<i>Análise dos artigos do método MacBeth</i>	107
3.3.3.3.1.	Artigo publicado em 1994	107
3.3.3.3.2.	Artigo publicado em 2014	108
3.3.3.3.3.	Artigo publicado em 1999	108
3.3.3.4.	<i>Análise dos artigos do método Mau</i>	109
3.3.3.4.1.	Artigo publicado em 2004	109
3.3.3.4.2.	Artigo publicado em 2015	110
3.3.3.4.3.	Artigo publicado em 2014	110
3.3.3.4.4.	Artigo publicado em 2002	111
3.3.3.4.5.	Artigo publicado em 2014	111
3.3.3.4.6.	Artigo publicado em 2015	112
3.3.3.5.	<i>Análise dos artigos do método Promethee</i>	113
3.3.3.5.1.	Artigo publicado em 2002	113
3.3.3.5.2.	Artigo publicado em 2012	114
3.3.3.5.3.	Artigo publicado em 1992	114
3.3.3.5.4.	Artigo publicado em 2007	115
3.3.3.5.5.	Artigo publicado em 2015	115
3.3.3.5.6.	Artigo publicado em 2006	116
3.3.3.6.	<i>Análise dos artigos do método Todim</i>	116
3.3.3.6.1.	Artigo publicado em 2009	116
3.3.3.6.2.	Artigo publicado em 2013	117
3.3.3.6.3.	Artigo publicado em 1989	117
3.3.3.6.4.	Artigo publicado em 2007	117
3.3.3.7.	<i>Análise dos artigos do método Topsis</i>	118
3.3.3.7.1.	Artigo publicado em 2010	118
3.3.3.7.2.	Artigo publicado em 2010	118

3.3.3.7.3.	Artigo publicado em 2015	119
3.3.3.7.4.	Artigo publicado em 2006	120
3.3.3.7.5.	Artigo publicado em 2011	120
3.3.3.7.6.	Artigo publicado em 2015	121
3.3.3.7.7.	Artigo publicado em 2014	121
3.3.3.8.	<i>Análise dos artigos do método Viktor</i>	122
3.3.3.8.1.	Artigo publicado em 2004go publicado em 2014	122
3.3.3.8.2.	Artigo publicado em 2007	122
3.3.3.8.3.	Artigo publicado em 2014	123
3.3.3.8.4.	Artigo publicado em 2002	123
<b>4.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	125
4.1.	CONCLUSÕES	125
4.2.	TRABALHOS FUTUROS	127
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	128

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Para Silva, Hayashi e Hayashi (2011), o reconhecimento de que a atividade científica apresenta potencial para ser recuperada, estudada e avaliada a partir de sua literatura sustenta a base teórica para a aplicação de métodos que têm como objetivo a construção de indicadores de produção e de desempenho científico. Através da bibliometria e da cientometria é possível construir indicadores destinados a avaliar a produção científica de indivíduos, áreas de conhecimento e países. Reunidos sob a égide de estudos métricos da informação, estes indicadores tem sido extremamente empregados na avaliação de pesquisadores e áreas de conhecimento.

De acordo com Gonçalves, Pinheiro e Freitas (2003), foi durante a década de 1960 que os métodos de análise multicritério alcançaram um desenvolvimento significativo, com o surgimento de várias escolas de pesquisadores, com inúmeras novas técnicas e distintas atitudes de apoio aos novos modos de tomada de decisões. De forma geral, na década de 1960, embora tenha ocorrido o desenvolvimento de novas técnicas, a realidade econômica determinada por mercados estáveis e economia de escala, as transformações sociais que começavam a acontecer na época não pareciam exigir um alto grau de flexibilidade das organizações. Diante dessa situação, os processos de tomada de decisão não precisavam de outra preocupação dos gerentes, que não fosse a busca pela eficiência das empresas.

De acordo com Guglielmetti, Marins e Salomon (2003), o ideal seria que o método oferecesse resultados que atendessem plenamente às necessidades do

tomador de decisão. Por exemplo, quando se objetiva escolher entre diferentes alternativas discretas predeterminadas, tem-se a necessidade de apontar uma alternativa ou outra, sem necessariamente atribuir um valor numérico a cada uma delas. Entretanto, podem ocorrer situações nas quais este valor numérico faz-se necessário. Este, e outros detalhes são determinantes e devem ser levados em consideração na hora da escolha de um método de auxílio multicritério à decisão.

Para Marins, Souza e Barros (2009), a tomada de decisão deve objetivar uma opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação, ou o melhor acordo entre as expectativas do decisor, considerando a relação existente entre os elementos. Para tanto, pode-se definir a decisão como um processo de análise e escolha entre várias alternativas oriundas do curso de ação que a pessoa deverá seguir. Em um ambiente complexo o processo decisório dificulta a tomada de decisão, pois pode envolver dados imprecisos ou incompletos, múltiplos critérios e inúmeros agentes de decisão. Além disso, os problemas de decisão podem envolver diversos objetivos, que acabam sendo conflitantes entre si.

Sendo assim, trata-se de uma técnica que permite que a decisão seja justificada com base nos critérios considerados como de grande importância para o problema em questão pelos agentes decisores, no qual a relevância dos critérios é definida por estes, durante um processo interativo com outros atores técnico-políticos (JANNUZZI; MIRANDA; SILVA, 2009).

Na Pesquisa Operacional, área importante da Engenharia de Produção, verifica-se o desenvolvimento de uma quantidade significativa de refinados métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM – Multiple Criteria Decision Making). No entanto, nenhum destes métodos, até o momento, pode ser considerado como o melhor em qualquer tipo de situação. Sendo assim, a pergunta que ainda persiste é a seguinte: como se deve proceder diante da escolha de um método específico para uma determinada situação? (GUGLIELMETTI; MARINS; SALOMON, 2003).

O presente estudo fundamenta-se no seguinte objetivo de pesquisa: quais são os métodos de auxílio multicritério à decisão que possuem a maior relevância na quantidade de artigos publicados no mundo e no Brasil, de forma a torná-los

referências em problemas que envolvem decisão por múltiplos critérios? Quais são os fatores que devem ser considerados na escolha do método de auxílio à decisão a ser utilizado em determinada situação? Quais são as características de cada método que permitem torná-lo o método ideal para solução de determinado problema?

Neste trabalho oito métodos de auxílio multicritério à decisão mais utilizados recentemente serão estudados com intuito de auxiliar o decisor na escolha de um método mais adequado para solução de problemas reais, são eles: AHP, Electre, Macbeth, Maut, Promethee, Todim, Topsis e VIKOR.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo obter os indicadores bibliométricos, em nível mundial e nacional, sobre os métodos de auxílio multicritério à decisão mais utilizados recentemente.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- (I). Estudar a importância e a empregabilidade de cada método de acordo com o processo de tomada de decisão;
- (II). Identificar dentre os métodos de auxílio multicritério à decisão o que apresenta maior número de publicações científicas em todo mundo e no Brasil;
- (III). Realizar um levantamento bibliométrico de cada um dos métodos em estudo abordando indicadores como autores, periódicos, áreas de estudo, instituições de ensino, países e anos de publicações com o intuito de definir os dados de maiores relevância no mundo e no Brasil;
- (IV). Realizar a análise de um conjunto de artigos de forma a propor um referencial de pesquisa.

### 1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos:

**(I). Capítulo 1:** Introdução: apresenta contextualização do tema, a abordagem do problema e os objetivos da presente pesquisa.

**(II). Capítulo 2:** Revisão de Literatura: apresenta os métodos de auxílio multicritério à decisão, sendo eles: AHP, Electre, Macbeth, Maut, Promethee, Todim, Topsis e VIKOR.

**(III). Capítulo 3:** Metodologia, Resultados e Discussão: apresenta a análise bibliométrica sobre cada um dos métodos, que contribuiu para a obtenção de um conjunto de informações relacionadas às publicações e analisar um conjunto de texto que servirá como base para o estudo em questão.

**(IV). Capítulo 4:** Considerações Finais: apresenta uma síntese dos resultados da pesquisa, as conclusões e a proposta para trabalhos futuros.

## **2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA RELACIONADA AOS MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO**

### **2.1. MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO**

Os métodos multicritérios de auxílio à decisão têm contribuído com os agentes de decisão em todos os níveis para melhorar a qualidade de vida no planeta. Problemas que envolvem decisões complexas geralmente são associados a uma análise multicritério. Os elementos fundamentais que estão presentes nos processos de decisão são os apresentados a seguir:

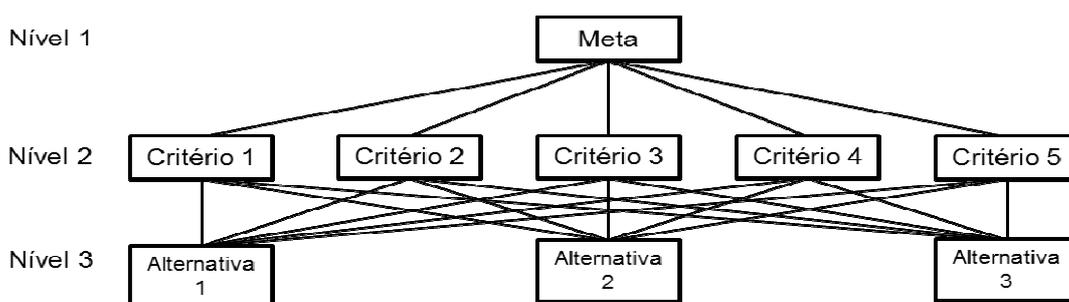
- (1) Obter respostas para as perguntas enfrentadas por um decisor durante um processo de decisão;
- (2) Tornar transparente toda potencial decisão;
- (3) Aumentar a coerência que deve existir entre a evolução de um processo de decisão, os objetivos, e o sistema de valor do processo (GONÇALVES; PINHEIRO; FREITAS, 2003).

#### **2.1.1. AHP: Analytic Hierarchy Process (Processo de Análise Hierárquica)**

No início da década de 1970 foi desenvolvido por Tomas L. Saaty o método AHP (Analytic Hierarchy Process) e o método de multicritério mais amplamente e conhecido no apoio de tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas de múltiplos critérios. Este método fundamenta-se no método newtoniano e cartesiano de pensar, que objetiva tratar a complexidade com a decomposição e

divisão do problema em fatores, que também podem ser decompostos em novos fatores chegando até ao nível mais baixo, claros e dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetizar (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

Segundo Salgado, Salomon e Mello (2012), a modelagem matemática do problema, com a aplicação de um método MCDM, consiste em três etapas: identificação de critérios de decisão e alternativas; designação de pesos para os critérios e prioridades para as alternativas e síntese dos resultados. A figura 1 apresenta uma estrutura hierárquica composta de três níveis: critérios, objetivos e alternativas. Na prática, uma aplicação AHP pode requerer mais níveis, com a inclusão de subcritérios por exemplo.



**Figura 1:** Estrutura Hierárquica Básica utilizada na modelagem AHP  
Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

Conforme Saaty (2008), para tomar uma decisão de forma organizada para gerar prioridades necessita-se decompor a decisão nas seguintes etapas:

- (1). Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento procurado;
- (2). Estruturar a hierarquia de decisões a partir do topo com o objetivo da decisão, em seguida, os objetivos de uma perspectiva ampla, através dos níveis intermédios (critérios em que elementos subsequentes dependem) para o nível mais baixo (que normalmente é um conjunto de alternativas).
- (3). Construir um conjunto de matrizes de comparação par a par. Cada elemento em nível superior é utilizado para comparar os elementos do nível imediatamente inferior com respeito a ele.

(4). Usar as prioridades obtidas a partir das comparações para pesar as prioridades do nível imediatamente abaixo. Faça isso para cada elemento. Então, para cada elemento no nível abaixo adicionar seus valores pesados e obter sua prioridade geral ou global. Continue esse processo de pesagem e adicionando até que se obtenham as prioridades finais das alternativas no nível mais baixo.

A utilização do AHP inicia-se pela decomposição do problema em uma hierarquia de critérios definidos e que tenham relevância à meta. Após o momento em que essa hierarquia lógica está construída, os tomadores de decisão avaliam as alternativas através da comparação, de duas a duas, para cada uma dos critérios. Essa comparação pode utilizar dados concretos das alternativas ou julgamentos humanos como maneira de informação subjacente (SAATY, 2008).

De acordo com Saaty (2008), para fazer comparações, precisa-se de uma escala de números que indica quantas vezes mais um elemento é dominante sobre o outro em relação ao critério ou propriedade em relação ao qual eles são comparados. A Tabela 1 apresenta a escala.

**Tabela 1:** Escala Fundamental de Saaty

Escala	Avaliação	Recíproco	Comentário
Igual importância	1	1	Os dois critérios contribuem igualmente para os objetivos
Importância moderada	3	1/3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre outro
Mais importante	5	1/5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente em relação a outro
Muito importante	7	1/7	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado na prática
Importância extrema	9	1/9	Um critério é favorecido em relação a outro com o mais alto grau de certeza
Valores intermediários	2, 4, 6 e 8		Quando se procura condições de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptada de Saaty (1980)

A Tabela 2 apresenta um exemplo em que a escala é utilizada para comparar o consumo relativo de bebidas nos EUA. É feita uma comparação da bebida indicada à esquerda com outra indicada na parte superior e responde à pergunta: Quantas vezes mais ou quão forte mais é a bebida consumida nos EUA em relação a bebida que está no topo? Entra então o número da escala que é apropriado para o julgamento: por exemplo, introduzir 9 na posição (café, vinho) o que significa que o consumo de café é de 9 vezes o consumo de vinho. É automático que  $1/9$  é o que se precisa para usar na posição (vinho, café). Note-se que a água é consumida mais do que o café, então se entra 2 na posição (água, café) e  $1/2$  na posição (café, água). Sempre é necessário entrar com o número inteiro na posição apropriada e automaticamente entra com seu inverso na posição de transposição (SAATY, 2008).

**Tabela 2:** Consumo relativo de bebidas nos EUA

Que bebida é mais consumida nos EUA? Um exemplo de examinação utilizando julgamentos <sup>1</sup>							
Bebidas de consumo nos EUA	Café	Vinhos	Chá	Cerveja	Refrigerante	Leite	Água
Café	1	9	5	2	1	1	$1/2$
Vinhos	$1/9$	1	$1/3$	$1/9$	$1/9$	$1/9$	$1/9$
Chá	$1/5$	2	1	$1/3$	$1/4$	$1/3$	$1/9$
Cerveja	$1/2$	9	3	1	$1/2$	1	$1/3$
Refrigerante	1	9	4	2	1	2	$1/2$
Leite	1	9	3	1	$1/2$	1	$1/3$
Água	2	9	9	3	2	3	1

Fonte: Adaptado de Saaty (2008)

Ainda conforme Saaty (2008), as prioridades são mostradas na parte inferior da tabela juntamente com os verdadeiros valores expressos em forma relativa dividindo o consumo de cada bebida (em volume) pela somado consumo de todas as bebidas. Observa-se que as respostas são muito próximas e os julgamentos de comparações de par a par de quem tenha conhecimento do assunto pode levar a

<sup>1</sup> Nota: A escala derivada com base nos julgamentos na matriz é: 0,177; 0,019 0; 0,42, 0,116; 0,190; 0,129; 0,327. Com uma razão de consistência de 0,022. O consumo real a partir de fontes de estatística é: 0,180; 0,010; 0,040; 0,120; 0,1800,140; 0,330

resultados muito precisos do consumo de bebida.

De acordo com Costa (2002), o AHP pode ser classificado como um dos mais conhecidos e utilizados métodos de auxílio multicritério a decisão (AMD). O presente método tem como objetivo a seleção e escolha de alternativas em um processo que leva em consideração diferentes critérios de avaliação. Este método baseia-se em três princípios do pensamento analítico:

**(I). Construção de Hierarquias:** No AHP, a estruturação do problema é realizada em níveis hierárquicos, de maneira a buscar uma melhor compreensão e avaliação do mesmo. A construção de hierarquias é uma etapa essencial do processo de raciocínio humano. Na execução desta atividade identificam-se os elementos chave para a tomada de decisão, agrupando-os em conjuntos afins, os quais são destinados a camadas específicas.

**(II). Definição de prioridades:** o ajuste das prioridades no AHP baseia-se na habilidade do ser humano de identificar o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares à luz de um foco ou critério (julgamentos paritários) determinado.

**(III). Consistência lógica:** No AHP, torna-se possível avaliar o modelo de priorização construído quanto a sua consistência.

Abreu et al. (2000) explica que, após a hierarquização do problema inicia-se a fase de avaliação com a comparação paritária, ou seja, par a par, entre os critérios e ainda entre os subcritérios, se houver. Por meio desta comparação serão estabelecidas as importâncias relativas de cada critério, também conhecidas como pesos. Tais critérios são comparados de acordo com uma escala de julgamentos.

Tais procedimentos oferecem como resultado a ordenação e mensuração relativa dos critérios, e caso eles exijam a existência de subcritérios para sua descrição, faz-se necessário repetir também nesse nível hierárquico todo processo de avaliação descrito. A fase de avaliação do problema tem continuidade com a comparação paritária das alternativas em cada um dos critérios, para a determinação do nível de preferência das alternativas; sendo assim, procede-se de maneira similar como foi descrito para a importância relativa dos critérios. Com as

importâncias relativas dos critérios e os níveis de preferência das alternativas direciona-se, então, para a valorização global de cada uma das alternativas, de acordo com o método da soma ponderada (ABREU et al., 2000).

Gomes, Araya e Carignano (2004) garantem que o método AHP foi “um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das Decisões Multicritério Discretas, talvez sendo o mais utilizado no mundo”.

### **2.1.2. ELECTRE**

Os primeiros métodos da Escola Francesa de Apoio Multicritério à Decisão foram os da família ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité), o Electre I, proposto por Roy (1968) e, em seguida, o Electre II, proposto por Roy e Bertier (1973). Tais métodos definem uma série de processos sobre as alternativas consideradas, as quais pertencem ao conjunto de possíveis soluções do problema de decisão analisado. (PINTO JUNIOR; MELLO, 2013).

Segundo Pinto Junior e Mello (2013), uma das principais características introduzidas pelos métodos da família Electre corresponde a um novo conceito do modelo de preferências, que pretende ser uma representação mais realista que o utilizado na teoria de decisão. Esse sistema é apresentado na Tabela 3, retirada de Gomes, Gonzalez Araya e Carignano (2004). A ideia de incomparabilidade não significa que o agente de decisão esteja excluído do processo de comparação entre duas alternativas que podem ser parte do seu conjunto solução. A relação  $aRb$ , ou incomparabilidade entre  $a$  e  $b$ , significa que o agente de decisão não obteve informações suficientes para definir os valores das alternativas  $a$  e  $b$ , fato este que não pode ser interpretado como indiferença ( $alb$ ). Por outro lado, a noção de preferência fraca ( $aQb$ ) significa que o agente de decisão está convicto de que a alternativa  $b$  não é preferível à alternativa  $a$ , ou seja, não  $bPa$ , mas o agente reluta entre  $aPb$  e  $alb$ .

A mais conhecida família de métodos de Subordinação é a família ELECTRE (ELimination Et Choice TRaidusaint la Realité). Atualmente, a família ELECTRE é composta dos seguintes métodos: ELECTRE I (ROY, 1968), ELECTRE II (ROY;

BERTIER, 1971), ELECTRE III (ROY, 1978), ELECTRE IV (ROY; HUGONNARD, 1981), ELECTRE IS (ROY; SKALKA, 1985) e ELECTRE TRI (YU, 1992). Os Métodos ELECTRE caracterizam-se por utilizar o conceito francês súrclassente - traduzido para a língua inglesa como outranking e para a língua portuguesa como superação, subordinação, super classificação, prevalência e, até mesmo, dominação. Segundo este conceito, uma alternativa genérica  $a \in A$  domina uma alternativa genérica  $b \in A$  ( $aSb$ ), se não existem argumentos suficientes para dizer que  $a$  é pior do que  $b$ . Como princípio, nestes métodos consideram-se como dominadas as alternativas que "perdem" para as demais (ou são piores que as demais) em um maior número de critérios (COSTA; MOTTA; GUTIERREZ, 2006).

De acordo com Costa, Motta e Gutierrez (2006), nos métodos ELECTRE, na validação da afirmação  $aSb$  (ou  $bSa$ ), devem-se verificar duas condições:

**(A). Concordância global ( $C(a, b)$ ):** para que  $aSb$  (ou  $bSa$ ) seja aceita, uma maioria suficiente de critérios deve ser a favor desta afirmação.

**(B). Não concordância (discordância,  $D(a, b)$ ):** quando na condição de concordância esperada, nenhum dos critérios na minoria deve-se opor a afirmação  $aSb$  (ou  $bSa$ ).

### 2.1.3. MACBETH

O MACBETH caracteriza-se com um método de apoio à decisão que possibilita avaliar opções levando em consideração múltiplos critérios. Ele diferencia-se de outros métodos multicritérios por fundamentar a ponderação dos critérios e a avaliação das opções em julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade. Tendo-se duas opções (ou níveis de performance, desempenho ou impacto), com a primeira melhor do que a segunda, a diferença de atratividade entre elas é muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema? A origem do nome MACBETH procede do uso destas categorias semânticas de diferença de atratividade: "Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique" (medir a atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias) (COSTA, 2013).

Para Mello, Gomes e Lins (2002), existem dois tipos de problemas que podem

ser resolvidos com o auxílio do método MACBETH:

(I). Para cada critério: determinar uma escala de valores, ou seja, atribuir notas a cada alternativa. Em alguns casos, existe uma forma natural de fazer essa atribuição, sendo custo de uma mercadoria o exemplo clássico. Em outras situações a avaliação é qualitativa, sendo necessário transformá-la em qualitativa.

(II). Possuindo as “notas” de cada alternativa relativas a cada critério: precisa-se agregá-las em uma única nota por meio de uma soma ponderada. O problema consiste na atribuição de pesos aos inúmeros critérios, respeitando as opiniões dos decisores.

No primeiro é utilizado o módulo “scores” do programa MACBETH. Este módulo permite a atribuição de notas a cada alternativa por meio de uma comparação pareada. Dadas duas alternativas, o decisor necessita dizer qual a mais atrativa (possui maior nota) e qual o grau desta atratividade em uma escala semântica que possui correspondência com uma escala ordinal. O próprio programa realiza a análise de coerência cardinal (transitividade) e semântica (relações entre as diferenças), sugerindo, em caso de falta de coerência, como resolvê-la. Por programação linear são sugeridos uma escala de notas e os intervalos em que elas podem variar sem tornar o problema inconsistente (PPL inviável). Sendo ainda permitido ao decisor ajustar graficamente o valor das notas atribuídas, dentro dos intervalos permitidos (MELLO; GOMES; LINS, 2002).

No segundo problema apresentado (atribuição de pesos e construção da função que conduz ao critério síntese) utilizou-se o módulo “weights” do programa MACBETH, que atua de maneira semelhante ao módulo “scores”. Diferentemente do método AHP que compara a importância dos critérios diretamente, o MACBETH realiza a comparação de forma indireta considerando alternativas fictícias que representam cada um dos critérios. A alternativa fictícia  $a_i$  representa o critério  $j$  quando apresenta a melhor nota em  $j$  e a pior em todos os outros critérios. E ainda introduzida uma alternativa, correspondente a um critério artificial, com a pior nota em todos os critérios, com o intuito de evitar que um critério real tenha peso nulo. (MELLO; GOMES; LINS, 2002).

Conforme Mello, Gomes e Lins (2002), a principal diferença entre os dois módulos está no fato de que enquanto no “scores” há a restrição de as notas ocuparem todo o intervalo definido, no “weights” o peso menor ocupa o valor mais baixo da escala, entretanto em vez de fixar o valor do maior peso obriga que a soma de todos os pesos seja igual à unidade.

Costa (2013) define os fundamentos técnicos relacionados aos métodos da forma como está descrito nas próximas seções:

#### *2.1.3.1. Informação Ordinal e Cardinal*

Seja  $X$  um conjunto (finito) de opções. Medir ordinalmente a atratividade das opções  $x$  de  $X$  consiste em associar a cada  $x$  um valor numérico – um número real  $v(x)$  – tal que satisfaça as condições de preferência estritas e de indiferença.

#### *2.1.3.2. Obtenção de Informação Pré-Cardinal e Escala MacBeth de Base*

As comparações entre opções são sempre realizadas duas a duas, avaliando qualitativamente a diferença de atratividade entre elas, selecionando uma das categorias MacBeth ou várias categorias consecutivas em caso de hesitação ou divergência. À medida que os julgamentos qualitativos são emitidos pelo avaliador e adicionados no MACBETH, o software verifica automaticamente a sua consistência e, no caso de encontrar uma inconsistência, oferece sugestões para eliminá-la.

O MACBETH sugere uma pontuação para cada opção, partindo de uma matriz de julgamentos consistentes. Estas pontuações formam a escala numérica MACBETH de base. Seja  $A$  um conjunto finito de  $n > 2$  opções, no qual  $a_+$  é tanto quanto ou mais atrativa que qualquer outra opção e  $a_-$  é tanto quanto ou menos atrativa que qualquer outra opção. Institui-se por  $C_k$ ,  $k=0, \dots, 6$  às categorias MACBETH de diferença de atratividade – “nula” ( $C_0$ ), “muito fraca” ( $C_1$ ), “fraca” ( $C_2$ ), “moderada” ( $C_3$ ), “forte” ( $C_4$ ), “muito forte” ( $C_5$ ) e “extrema” ( $C_6$ ).

### 2.1.3.3. Escala MacBeth de Base a uma Escala de Intervalos

Com o objetivo de construir, a partir da escala de MACBETH de base, uma escala de pontuação que seja uma escala numérica de intervalos, o avaliador necessita validar as pontuações de base, comparando no gráfico, os tamanhos de intervalos entre pontuações, ajustando-as, sempre que necessário, para validar as proporções entre eles. Objetivando que eventuais ajustamentos não violam relações de ordem entre julgamentos emitidos, o M-MACBETH mostra o intervalo por meio do qual a pontuação de cada opção pode ser alterada mantendo fixas as pontuações de todas as outras.

De acordo com Mello, Gomes e Lins (2002), a escolha do método MACBETH deve-se a dois principais fatores, a saber: permite a transformação de avaliações qualitativas em quantitativas, o que é feito também pelo método AHP; não permite nenhum grau de inconsistência nos julgamentos do decisor, dessa forma estabelece um processo iterativo de revisão de julgamentos, inclusive sugerindo quais julgamentos precisam ser revistos. Destaca-se que o método AHP não apresenta esta possibilidade, arbitrando um valor de 10% para a inconsistência máxima nos julgamentos.

### 2.1.4. MAUT

De acordo com Lopes e Almeida (2015), a teoria da utilidade Multiatributo permite uma estrutura de preferência do a ser considerada em relação aos atributos considerados e em situações de incerteza. Além disso, o modelo considera e quantifica a avaliação de sinergia entre projetos, permitindo assim, que a característica inexorável de avaliar uma carteira possa ser incluída.

Segundo Gomes, Araya e Carignano (2004) em relação aos métodos de auxílio à decisão destacam as escolas americanas que contempla o método da teoria da utilidade multiatributo. O método foi desenvolvido nos Estados Unidos na década de 1980 por Edwards e Newmann, sob a denominação de multiattribute utility theory (MAUT) ou teoria da utilidade multiatributo.

Apresentam-se a seguir as etapas para o desenvolvimento da teoria da Utilidade multiatributo (MAUT), segundo Gomes, Araya e Carignano (2004):

- (A). Identificar os tomadores de decisão;
- (B). Definir as alternativas;
- (C). Definir os critérios relevantes para o problema de decisão;
- (D). Avaliar as alternativas em relação aos critérios;
- (E). Determinar a importância relativa dos critérios;
- (F). Determinar a avaliação global de cada alternativa;
- (G). Realizar a análise de sensibilidade

Conforme Keeney e Raiffa (1976), a Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT) é uma consequência da von Neumann e teoria da utilidade de Morgenstern (1953), que incorpora lidar com problemas com múltiplos objetivos e tem uma estrutura axiomática bem definida; existe uma função de preferência global que visa sintetizar os critérios múltiplos em um único critério. Para problemas de decisão multicritério que envolvem riscos, no qual as alternativas estão associadas com ocorrências probabilísticas, a métrica final é uma função de utilidade de múltiplo atributo, com o conceito de utilidade sendo utilizadas, com o objetivo de agregar as preferências do DM e sua atitude em relação ao risco em um único índice.

#### **2.1.5. PROMETHEE**

De acordo Almeida e Costa (2002), há inúmeros métodos de decisão multicritério. Alguns fazem uma decomposição hierárquica do conjunto de ações possíveis, dividindo-o em categorias predefinidas: melhores ações, piores ações e ações para reconsideração. E como resultado objetiva encontrar um subconjunto pequeno e restrito de ações satisfatórias, se possível apenas uma ação. Esse conjunto de ações satisfatórias pode ainda ser tratado com outras ferramentas de um sistema de apoio à decisão, como simulação e análise de cenários.

Para Almeida e Costa (2002), a ordenação entre as alternativas pode ser realizada com a ajuda dos conceitos de dominância e eficiência. Uma alternativa domina a outra, a domina B, se  $g_j(a) \geq g_j(b)$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$  ( $g_j(a)$  representa a avaliação da alternativa a, de acordo com o critério j). Na maioria das vezes as relações de dominância de forma restrita são poucas ou não existem. As relações de dominância, de forma a simplificar o problema, podem ser enriquecidas. Uma alternativa é eficiente quando não é dominada por nenhuma outra alternativa. O decisor pode expressar preferência (P), quando prefere uma ação a outra; indiferença (I), quando não há preferência entre as duas; e incomparabilidade (J), quando o decisor tem dificuldade em compará-las, não expressando nem preferência nem indiferença.

Segundo Almeida e Costa (2002), o decisor necessita estabelecer para cada critério um peso  $p_j$  que aumenta com a importância relacionada ao critério. O PROMETHEE apresenta seis formas diferentes de o decisor representar suas preferências, não sendo obrigatório utilizar a mesma forma para todos os critérios, são critérios gerais, utilizados para identificar a intensidade da preferência. Conforme a forma como a preferência do decisor aumenta com a diferença entre o desempenho das alternativas para cada critério [ $g_j(a) - g_j(b)$ ], ele pode definir uma função  $F(a,b)$  que assume valores entre 0 e 1. Tais valores aumentam caso a diferença de desempenho ou a vantagem de uma alternativa em relação a aumenta é igual a zero se o desempenho de uma alternativa for igual ou inferior a da outra. Sendo que cada procedimento é realizado de modo separado para cada critério.

De acordo com Ni et al. (2007), o PROMETHEE é um método de classificação de objeto não paramétrico, e normalmente é complementado por um método PCA biplot denominado GAIA. Segundo Kokot 2004, o GAIA é um procedimento para apresentação e avaliação dos resultados do PROMETHEE. A GAIA é uma exibição gráfica, o que facilita a interpretação das posições relativas das ações, o significado e a interdependência dos critérios, e o eixo de decisão.

Conforme Purcell et al. (2005), no PROMETHEE as preferências e condições de ponderação são determinadas pelo utilizador do método e, em seguida aplicadas com os critérios. Para cada critério (variável), todas as entradas da coluna na matriz de dados são comparados aos pares por subtração em todas as combinações

possíveis, que dão uma diferença,  $d$  para cada comparação. Faz-se necessário também indicar se os valores dos critérios maiores ou menores são preferidos por indicação para cada variável a ordem de classificação, quer como de cima para baixo ou de baixo para cima. A soma das preferências para cada objeto dá um valor, que é chamado de “ $p$  índice global de preferências”, e indica a preferência de uma ação sobre outra. Para refinar os fluxos de processo de seleção de preferência, com classificação para fora, são calculadas a partir dos índices de preferência  $p$ -global; o anterior que expressa como cada ação supera todos os outros, e este último indica como uma ação é superada por todas as outras. Para tanto, um simples conjunto de regras é aplicado para comparar os fluxos superior à ele, e uma ordem de classificação parcial para as ações (PROMETHEE I) é produzido de acordo com três resultados possíveis:

- (1). Uma ação é preferível a outra;
- (2). Não há diferença entre as ações; e
- (3). As ações não podem ser comparadas.

A ordem de classificação parcial pode ser apresentada num gráfico de fluxo, e pode ser uma ferramenta muito útil para expor objetos, que não pode ser comparada. No entanto, mais frequentemente, uma classificação total é necessária, e isso é obtido por meio de um fluxo de saída. Isto é conhecido como o ranking PROMETHEE II, que elimina a opção incomparabilidade (3) mencionada anteriormente. (PURCELL et al., 2005)

### **2.1.6. TODIM**

De acordo Rangel (2007), com o método multicritério TODIM (acrônimo de Tomada de Decisão Interativa e Multicritério), concebido em seu modo atual ao início dos anos 1990 (GOMES, 2007), é possivelmente o único método Multicritério fundamentado na Teoria dos Prospectos. O que significa que existe uma teoria subjacente ao método. Sendo assim, enquanto praticamente todos os demais métodos multicritério partem da premissa de que o tomador de decisão decide buscando a solução correspondente ao máximo de alguma medida global de valor (por exemplo,

o maior valor possível de uma função de utilidade multiatributo – no caso do MAUT), o método TODIM utiliza a noção de uma medida global de valor calculável pela aplicação do paradigma em que consiste a Teoria dos Prospectos.

Tal teoria foi desenvolvida a partir das pesquisas de dois psicólogos israelenses, Kahneman e Tversky (1979). O objetivo dessas pesquisas era estudar o comportamento humano durante a tomada de decisão em situações de risco. Estes psicólogos perceberam que, nas situações que envolvem ganhos, há a tendência do ser humano em ser mais conservador no que diz respeito ao risco, ou seja, as pessoas preferem optar por um ganho menor, porém seguro, a correr um risco para obter um ganho maior. Por outro lado, em situações que envolvem perdas, as pessoas mostram-se mais propensas ao risco, isto é, elas preferem correr o risco de ter perdas maiores (caso exista possibilidade de não perderem nada) a aceitar uma perda menor, porém segura (RANGEL, 2007).

Segundo Silva, Brandalise e Carneiro (2011) consideram um conjunto de  $n$  alternativas a serem ordenados na presença de  $m$  critérios quantitativos ou qualitativos e admite-se que um desses critérios será considerado o critério de referência. Sendo assim, torna-se necessário, com o auxílio de especialistas, a avaliação de cada uma de  $n$  alternativas para cada um dos critérios qualitativos  $C_j$ . Para avaliar as alternativas em relação aos critérios quantitativos, utilizamos o valor da performance da alternativa no critério, por exemplo, o valor em reais da receita bruta de uma empresa, referente ao consumo de energia de uma máquina em kW.

De acordo com Silva, Brandalise e Carneiro (2011), o método TODIM precisa que valores da avaliação das alternativas em relação a cada critério sejam numéricos e normalizados. Para tanto, a avaliação realizada através dos critérios qualitativos necessita ser modificada para uma escala ordinal, obtendo assim a matriz de avaliação das alternativas. Ambas as avaliações em critérios quantitativos e qualitativos são normalizados fazendo uso, por exemplo, da divisão da avaliação da alternativa  $i$  pela soma das avaliações das alternativas para cada critério, formando a matriz dos valores das alternativas normalizadas  $P = [P_{nm}]$ , no qual  $n$  representa o número de alternativas e  $m$  representa o número de critérios.

Depois de conferir pesos para cada um dos critérios e normalizá-los, faz-se

necessário calcular a matriz de dominância parcial e a matriz de dominância final. Um critério  $r$  de ser indicado pelos decisores como critério referência para os cálculos de acordo com a importância relativa de cada critério. Sendo que cada critério tem seu peso determinado pelos decisores em uma escala numérica e normalizado (SILVA; BRANDALISE; CARNEIRO, 2011).

Por fim, o método TODIM determina uma escolha, pela característica de ordenar todas as alternativas, procedentes das preferências expressas por um decisor ou grupos de decisores. Uma análise de sensibilidade deve ser considerada avaliando não apenas as implicações caso seja modificado o fator de atenuação de perdas, mas inclusive, dependendo da finalidade, os pesos dos critérios, o critério de referência ou então a avaliação das alternativas (SILVA; BRANDALISE; CARNEIRO, 2011).

### **2.1.7. TOPSIS**

O método TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), cujo desenvolvimento se deve a Hwang e Yoon (1981) é um MCDM cujo uso apresenta alguns apelos como simplicidade (o que implica na facilidade de aplicação) e o modo como aborda um problema de decisão, comparando duas situações hipotéticas: ideal e indesejável. (SALOMON; MONTEVECHI; PAMPLONA, 1999)

Segundo Tupenaite et al. (2010), o princípio básico de TOPSIS é de que a alternativa escolhida deve obter a distância mais curta a partir da solução ideal e a maior distância a partir da solução ideal negativa.

Conforme Zavadskas, Turskis e Tamolaitiene (2010), o TOPSIS caracteriza-se como um método para identificar soluções por meio de um conjunto finito de alternativas baseadas em minimização simultânea da distância a partir de um ponto ideal e a maximização da distância a um ponto ideal negativo. A única entrada subjetiva necessária é referente a pesos relativos de atributos. O método foi desenvolvido por Hwang e Yoon (1981) e uma extensão do TOPSIS para a tomada de decisão em grupo é analisada por Shih et al. (2007), por fim uma análise

incremental de MCDM com uma aplicação de grupo TOPSIS é desenvolvido por Shih (2008).

De acordo com Heller, Von Sperling e Heller (2009), o método TOPSIS busca avaliar a distância em relação a um ideal e a uma inversa, denominada de anti-ideal, por meio de uma 'taxa de similitude', sendo que:

**(I).  $DM1(ai)$ :** distância entre os valores apresentados por cada município em relação ao valor ideal para cada critério utilizado na análise;

**(II).  $dm1(ai)$ :** distância entre os valores apresentados por cada município em relação ao valor anti-ideal para cada critério utilizado na análise;

**(III).  $D1(ai)$ :** taxa de similitude: relação entre a distância referente ao valor anti-ideal e o somatório das distâncias referentes aos valores ideal e anti-ideal, ou seja,  $\{dm1(ai) / [(DM1(ai) + dm1(ai))]\}$ .

### 2.1.8. VIKOR

Dentre as técnicas de apoio a decisão existente está o método VIKOR (Visekriterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje), que tem como significado "Otimização multicritério e Solução de Compromisso. O algoritmo possui como objetivos: a determinação de um ranking de compromisso, a solução de compromisso e os intervalos de estabilidade de peso para a estabilidade preferencial da solução de compromisso obtido por meio dos pesos iniciais. O VIKOR concentra-se na elaboração de um ranking a partir de um conjunto de alternativas de critérios contraditórios presentes, o qual possui uma classificação multicritério baseado na medida especial de proximidade com a solução ideal (KAVESKI, 2013)

O método VIKOR foi desenvolvido por otimização de multicritério de sistemas complexos. Ele determina a lista de classificação compromisso, a solução de compromisso, e os intervalos de estabilidade de peso para a estabilidade preferencial da solução de compromisso obtido com os pesos iniciais (dados). Tal método centra-se na classificação realizando a seleção a partir de um conjunto de alternativas na presença de critérios conflitantes. Ele introduz o índice de

classificação multicritério com base na medida particular de “proximidade” para a solução “ideal” (OPRICOVIC, 1998)

Para Opricovic e Tzeng (2004), o VIKOR é uma ferramenta útil na tomada de decisão multicritério, particularmente em uma situação em que o tomador de decisão não é capaz, ou não sabe expressar seu/sua preferência no início do projeto do sistema. A solução de compromisso obtida poderia ser aceite pelos tomadores de decisão, pois fornece um máximo “utilitário grupo” da “maioria”, e um mínimo de arrependimento individual (representado por  $\min R$ ) do “oponente”. As soluções de compromisso poderiam representar a base para as negociações, envolvendo a preferência dos tomadores de decisão por pesos de critérios.

De acordo com Opricovic e Tzeng (2007), combinar métodos MCDM com classes de problemas poderia abordar as aplicações corretas, por este motivo as características VIKOR são combinadas com uma classe de problemas como segue:

- (A). Comprometimento é aceitável para resolução de conflitos;
- (B). O decisor (DM) está disposto a aprovar solução que é a mais próxima do ideal;
- (C). Não existe uma relação linear entre cada função critério e utilidade de um tomador de decisão;
- (D). Os critérios são conflitantes e não mensuráveis (unidades diferentes).
- (E). As alternativas são avaliadas de acordo com os critérios estabelecidos (matriz de desempenho).
- (F). A preferência do DM é expressa por pesos, dados ou simulados.
- (G). O método VIKOR pode ser iniciado sem a participação interativa do DM, mas o DM é responsável por aprovar a solução final e seu/sua preferência deve ser levada em consideração.
- (H). A solução de compromisso proposta (uma ou mais) tem uma taxa de vantagem.
- (I). A análise de estabilidade determina os intervalos de estabilidade peso.

### **3. UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE OS PRINCIPAIS MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO**

#### **3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

Conforme Guedes e Borschiver (2005), a Bibliometria é uma ferramenta estatística que possibilita mapear e gerar diferentes indicadores de tratamento e gestão da informação e do conhecimento, de maneira especial em sistemas de informação e de comunicação científicos e tecnológicos e de produtividade, necessários ao planejamento, avaliação e gestão da ciência e da tecnologia, de uma determinada comunidade científica ou país.

Por fim, a Bibliometria também é um instrumento quantitativo, o qual permite minimizar a subjetividade inerente à indexação e recuperação das informações, produzindo conhecimento, em uma área específica. Numa última análise, a bibliometria auxilia para tomadas de decisão na gestão da informação e do conhecimento, uma vez que contribui para organização e sistematização de informações científicas e tecnológicas (GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

#### **3.2. METODOLOGIA**

A amostra pesquisada corresponde aos artigos existentes na base de dados do Scopus (Elsevier), com acesso pelo Portal de Periódicos da Capes em 02 de março de 2016 dos métodos AHP, Electre, Macbeth, Macbeth, Topsis, Todim e Promethee e em 05 de abril de 2016 foi acrescentado o método VIKOR. A preferência por esta base de dados deu-se pela sua abrangência, permitindo uma

visão ampla do que está sendo publicado cientificamente em todas as áreas do conhecimento.

Para todos os métodos de auxílio multicritério a decisão em estudo foram coletados dados estatísticos que sintetizam a distribuição das produções científicas nos métodos pesquisados por autores, por áreas de estudos, por periódicos, por instituições de ensino, por países e por ano de publicação. A utilização das palavras de busca e dos refinamentos de pesquisa permitiram a redução do conjunto de registros obtidos que poderiam atender aos objetivos da pesquisa.

Com o objetivo de disponibilizar uma bibliografia básica a respeito dos métodos MCDM a serem analisados no presente trabalho e objetivando a propor um referencial para a busca de conhecimento dos mesmos, foi preparado um conjunto de artigos que será considerado como ponto de partida para uma revisão de literatura dentro da pesquisa realizada.

Inicialmente, para um levantamento feito em nível mundial, utilizando apenas as palavras chaves foi obtidos um total de 12.063 registros como resultado da soma das publicações de todos os métodos em estudo. Sendo que após um refinamento para as publicações no Brasil, foi obtido um total de 219 registros como resultado da soma dos artigos de todos os métodos. A análise do resumo dessas publicações resultou em um conjunto com 48 artigos considerados como aderentes para inclusão na revisão, de acordo com três critérios definidos, sendo eles: os mais relevantes (com os maiores registros de citações), os mais recentes e os mais relevantes no mundo e no Brasil.

Segundo Neves, Pereira e Costa (2013) é de grande importância esclarecer que a frase de pesquisa e os filtros foram utilizados como suporte à decisão com o intuito de oferecer uma base inicial de artigos, para posteriormente realizar o refinamento dos mesmos, sendo essa uma estratégia comum em pesquisas que tratam de um revisão sistemática da literatura.

Adotando-se do tema em questão a pesquisa foi realizada da forma como está descrito a seguir.

Para o método AHP, a busca foi efetuada utilizando a expressão “Analytic Hierarchy Process”, limitando o tipo de publicação em “artigo”, sendo encontrados 7483 registros na base do Scopus. No entanto, ao efetuar a busca utilizando-se da mesma expressão limitando para o tipo de publicação em artigo e para o país “Brazil” foram encontrados 89 registros. O mesmo refinamento foi realizado para os outros métodos, conforme pode ser observado no quadro 1.

**Tabela 3.** Total de registros obtidos no mundo e no Brasil para cada um dos métodos.

Método	Termo de Pesquisa	Tipo de Publicação	Base de dados	Total de registros obtidos	
				Mundo	Brasil
AHP	Analytic Hierarchy Process	artigo	Scopus	7483	89
Electre	Electre	artigo	Scopus	596	40
Macbeth	Macbeth	artigo	Scopus	75	7
Maut	Maut	artigo	Scopus	204	15
Promethee	Promethee	artigo	Scopus	581	34
Todim	Todim	artigo	Scopus	43	20
Topsis	Topsis	artigo	Scopus	2319	14
Vikor	Vikor	artigo	Scopus	402	0

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

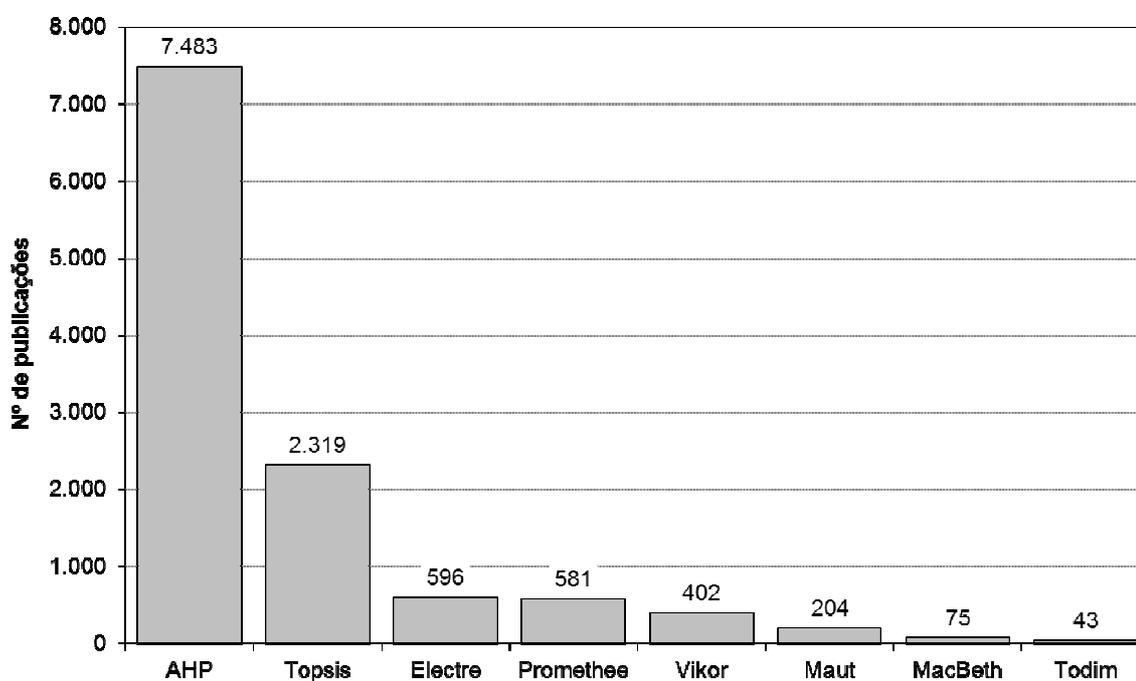
### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas próximas subseções são apresentadas as estatísticas que sintetizam a distribuição da produção científica relacionada aos métodos MCDM em estudo, classificando-os no mundo e no Brasil por autoria, por áreas de estudo, por periódicos, por instituições de ensino e por países.

Em seguida é apresentada a taxa de crescimento das publicações relacionadas ao tema de pesquisa no decorrer dos anos e, por fim, a síntese dos artigos pesquisados.

### 3.3.1. Estatísticas dos registros de publicações sobre métodos MCDM

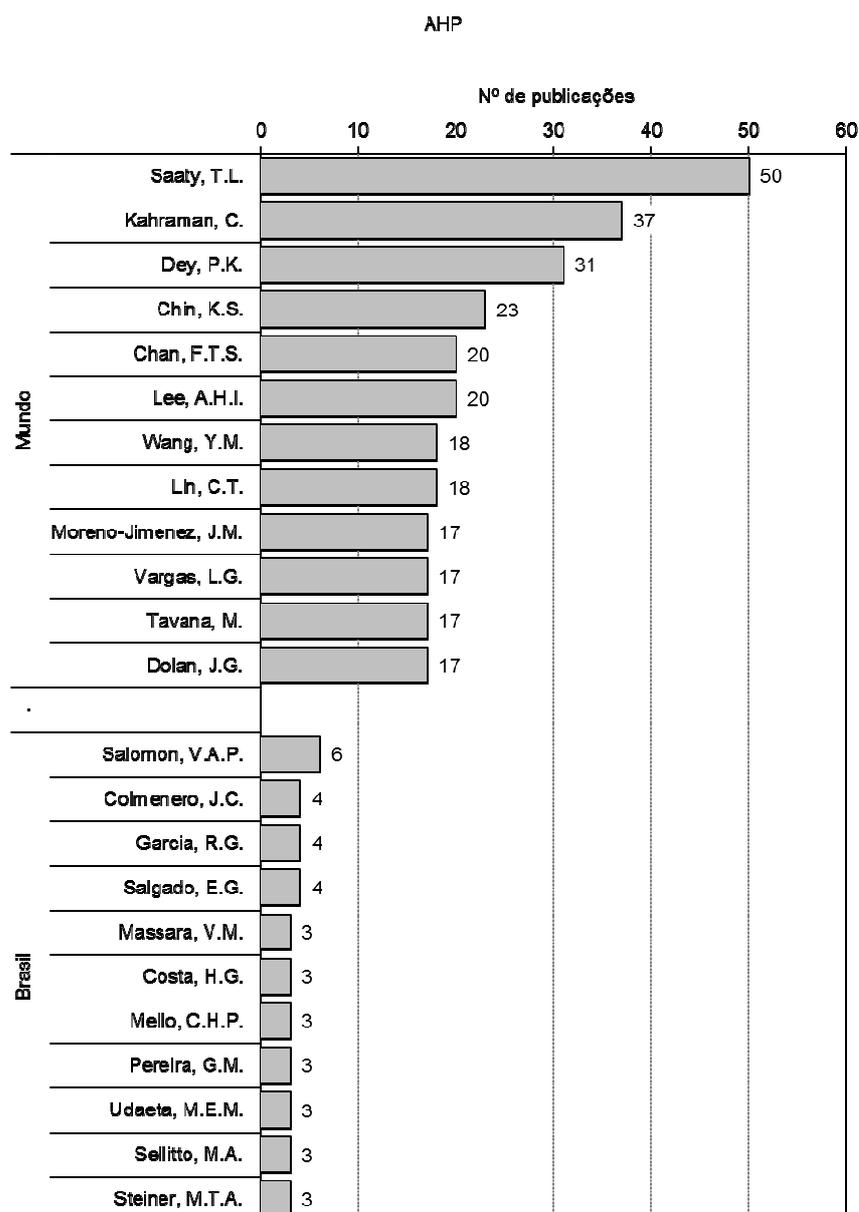
O Gráfico 1, que fornece a distribuição dos métodos MCDM por quantidade de publicações, permite constatar que de todos os métodos pesquisados, o método AHP possui o maior número de publicações, com 7483 artigos publicados em todo mundo, seguido pelo método Topsis com 2319, e pelo método Electre com 596 artigos. O método Todim pode ser caracterizado como o de menor relevância em relação à quantidade de artigos publicados, com 43 artigos.



**Gráfico 1:** Distribuição dos métodos MCDM por quantidade de publicações  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

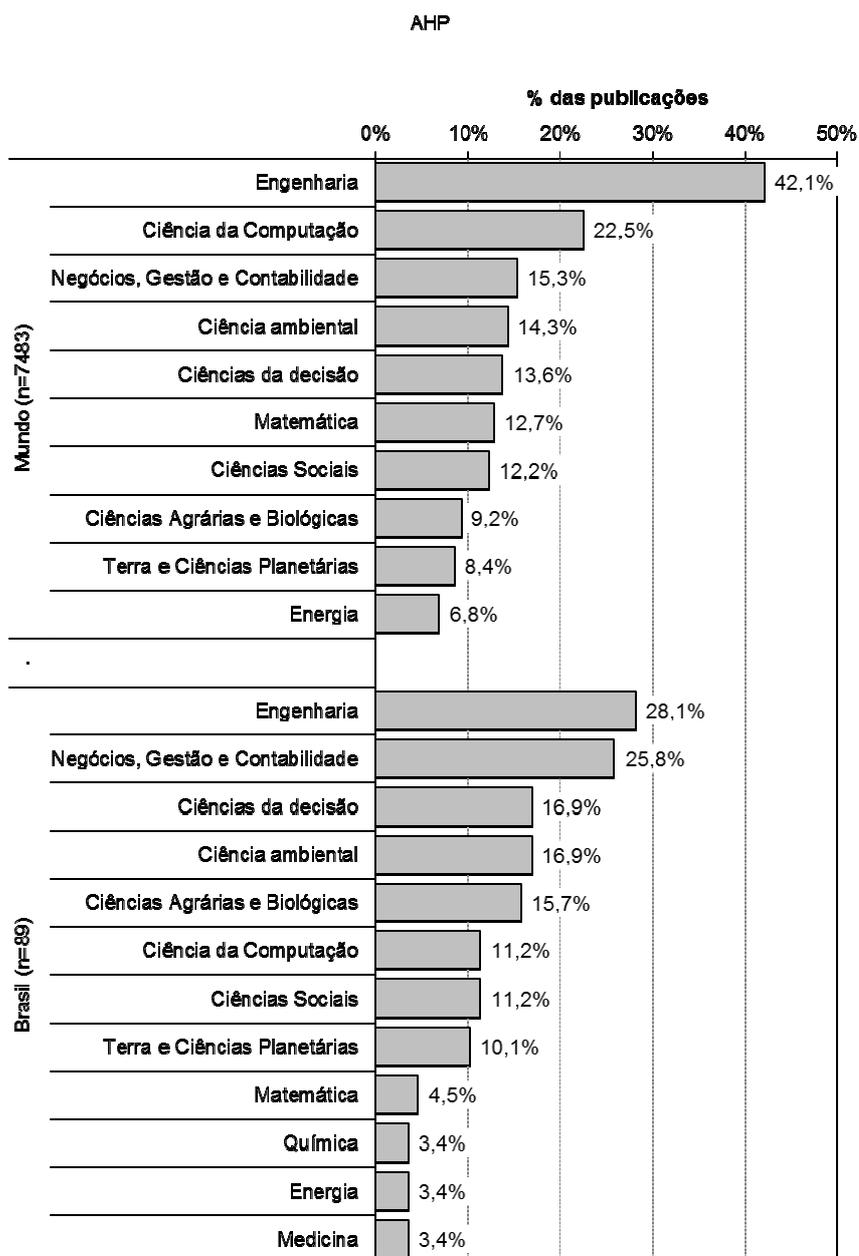
#### 3.3.1.1. Estatísticas dos artigos pesquisados do método AHP

Encontra-se no gráfico 2 a distribuição dos registros quanto à autoria dos artigos. Thomas L. Saaty foi o autor que mais publicou artigos sobre o método AHP no mundo, sendo responsável por 50 publicações científicas. É importante ressaltar que os demais autores apresentaram quantidades significativas de publicações. No Brasil, Valerio P. Salomon é o autor de maior destaque na publicação de artigos relacionados ao método, com seis publicações.



**Gráfico 2:** Distribuição de publicações por autor utilizando o método AHP  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

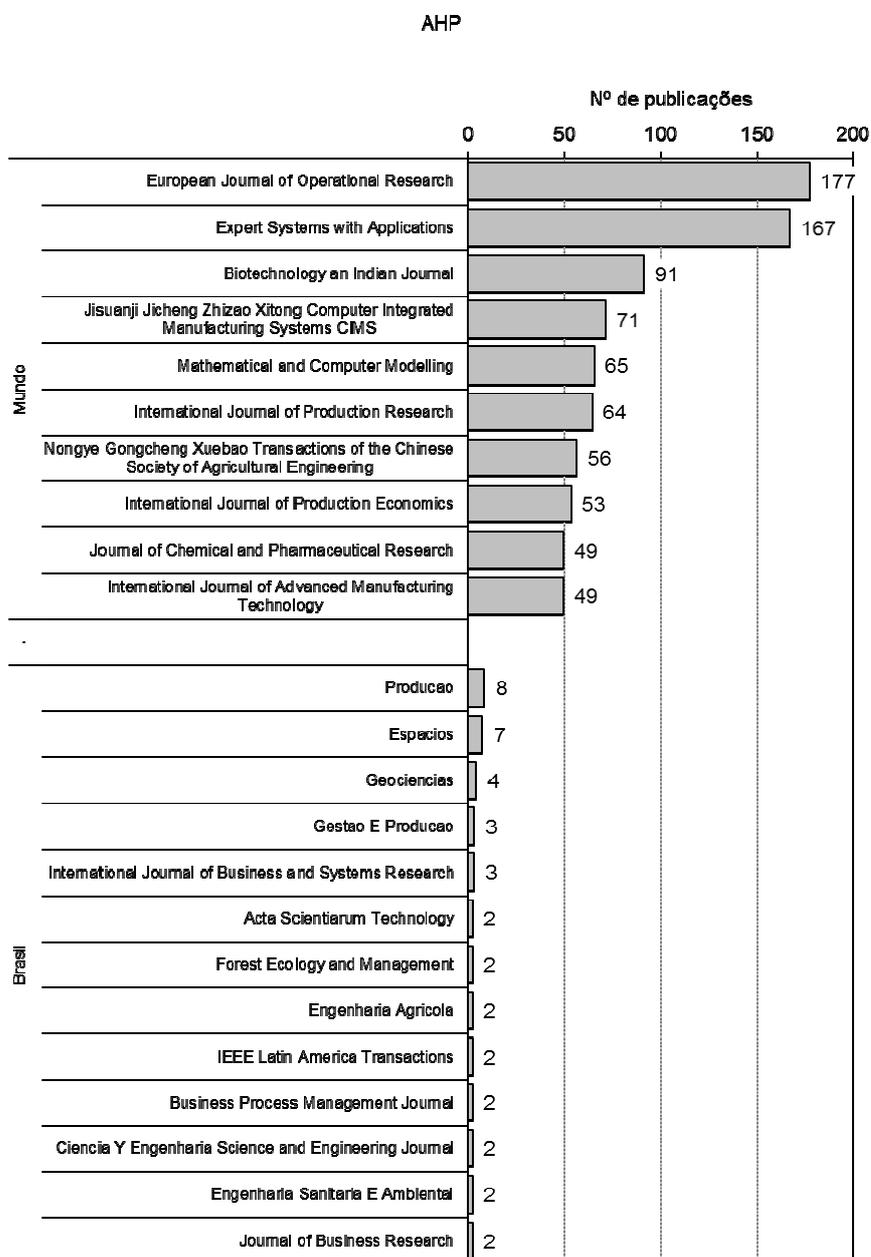
Pode-se observar no gráfico 3 uma análise percentual em relação às áreas de estudo que mais se destacaram na publicação de artigos que buscaram abordar o método AHP. Verifica-se que grande parte das publicações está na área de Engenharia, possuindo 42,1% e 28,1% dos artigos analisados, no mundo e no Brasil, respectivamente. Mundialmente, a área que obteve a menor quantidade de artigos publicados relacionados ao método foi a de Energia, com 6,8%. Já no Brasil, as áreas de Química, Energia e Medicina obtiveram as menores quantidades, com 3,4% das publicações.



**Gráfico 3.** Distribuição de publicações por áreas de estudo utilizando o método AHP  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

De acordo com o gráfico 4, os periódicos com as maiores quantidades de publicações no mundo foram European Journal of Operational Research, Expert Systems with Applications e Biotechnology an Indian Journal, cada um deles apresentaram, respectivamente, 177, 167 e 91 artigos sobre o método, sendo que os dois primeiros periódicos tiveram uma quantidade muito expressiva quando comparados com os demais. No Brasil, os periódicos que obtiveram maior destaque foram Produção, Espacios e Geociencias, com oito, sete e quatro artigos sobre o

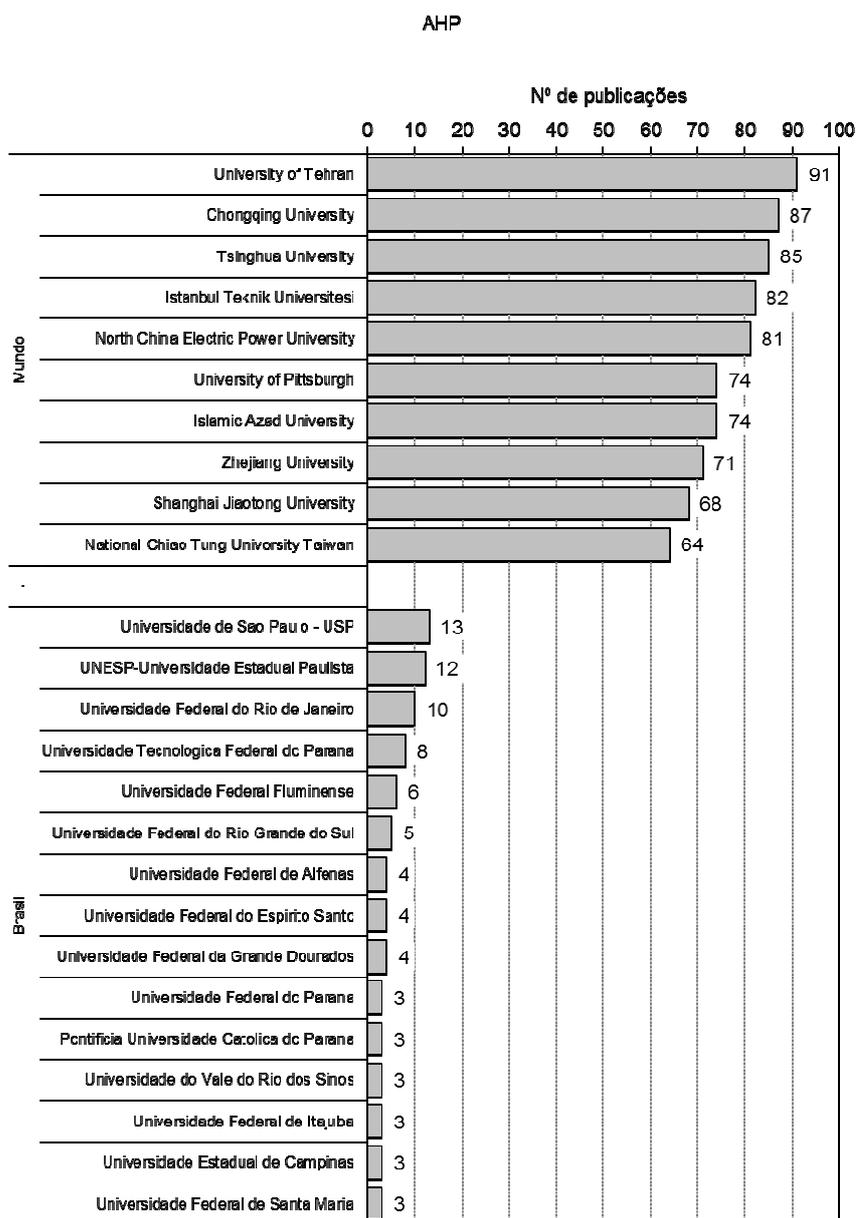
método, respectivamente.



**Gráfico 4:** Distribuição de publicações por periódico utilizando o método AHP  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Em relação à análise das instituições de ensino que mais se destacaram na publicação de artigos, no gráfico 5 verifica-se que a University of Tehran, a Chongqing University e a Tsinghua University com 91, 87 e 85 publicações respectivamente foram as de maior destaque no mundo. No Brasil, as instituições que mais publicaram foram a Universidade de São Paulo (USP), Universidade

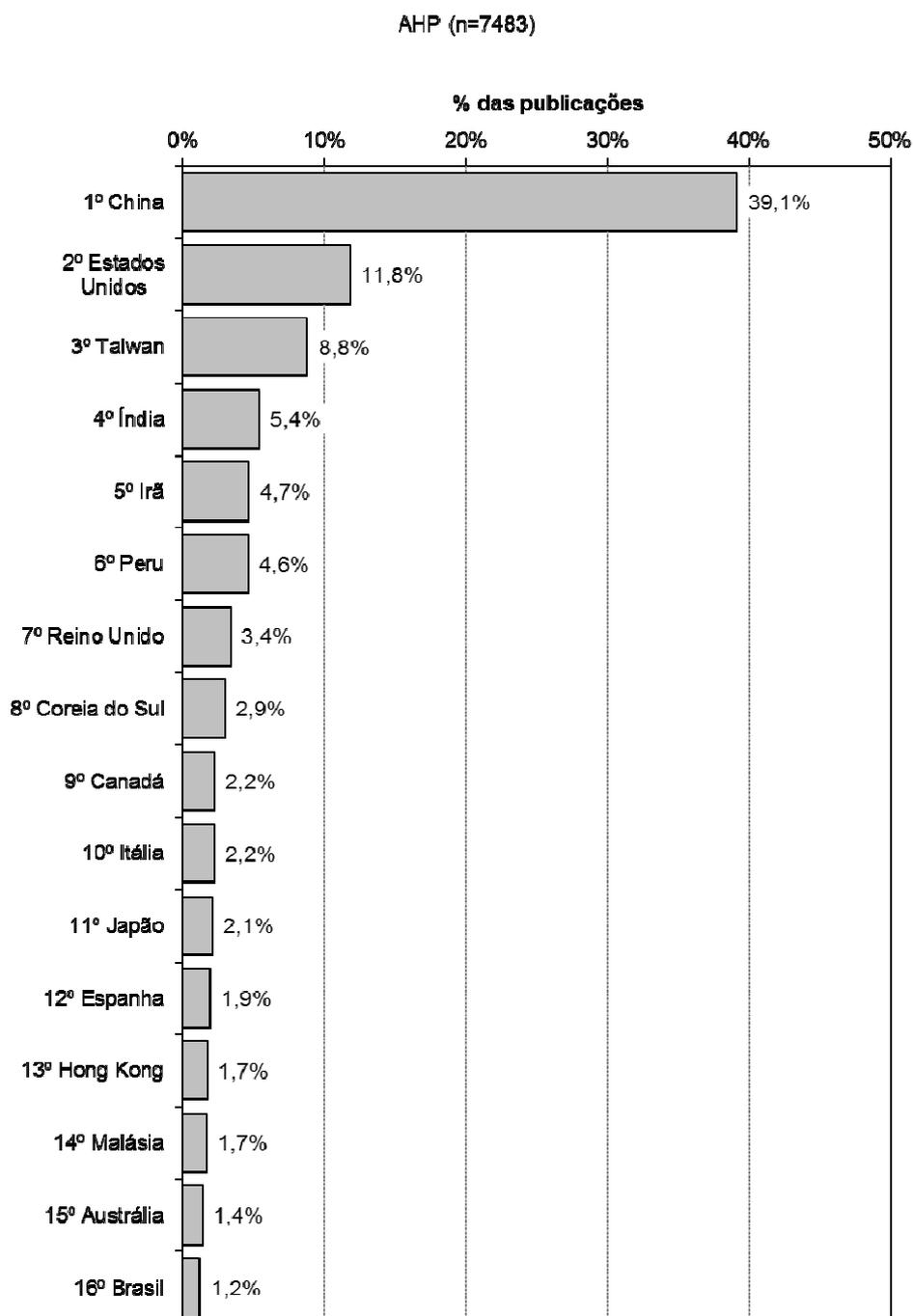
Estadual Paulista (UNESP) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com 13, 12 e 10 publicações respectivamente. Percebe-se que as instituições brasileiras possuem uma quantidade menor de publicações quando comparada às outras instituições em nível mundial.



**Gráfico 5:** Distribuição de publicações por instituições de ensino utilizando o método AHP  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Uma análise percentual das publicações de acordo com o país encontra-se no Gráfico 6. Verifica-se que 39,1% das publicações analisadas são da China, 11,8%

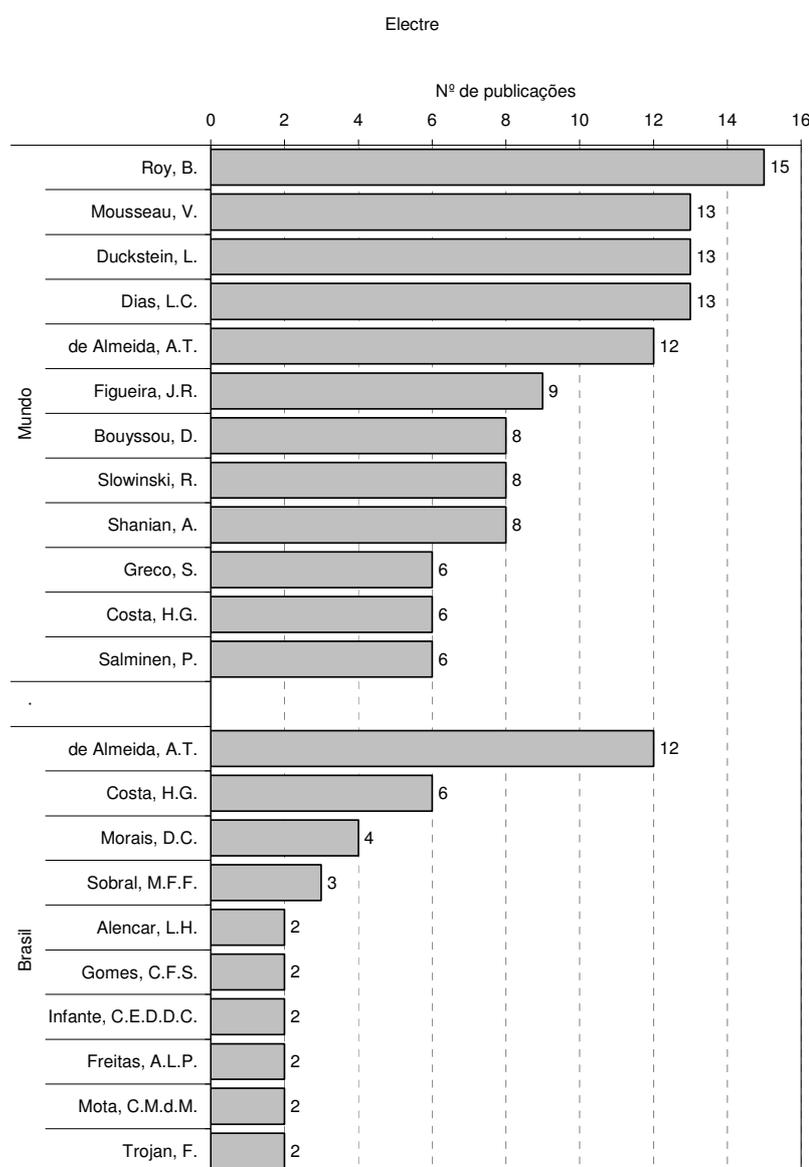
dos Estados Unidos e 8,8% de Taiwan. O gráfico ainda permite verificar que o Brasil, com 1,2%, é o país que possui a menor quantidade de publicações relacionadas ao método AHP.



**Gráfico 6:** Distribuição de publicações por país utilizando o método AHP  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

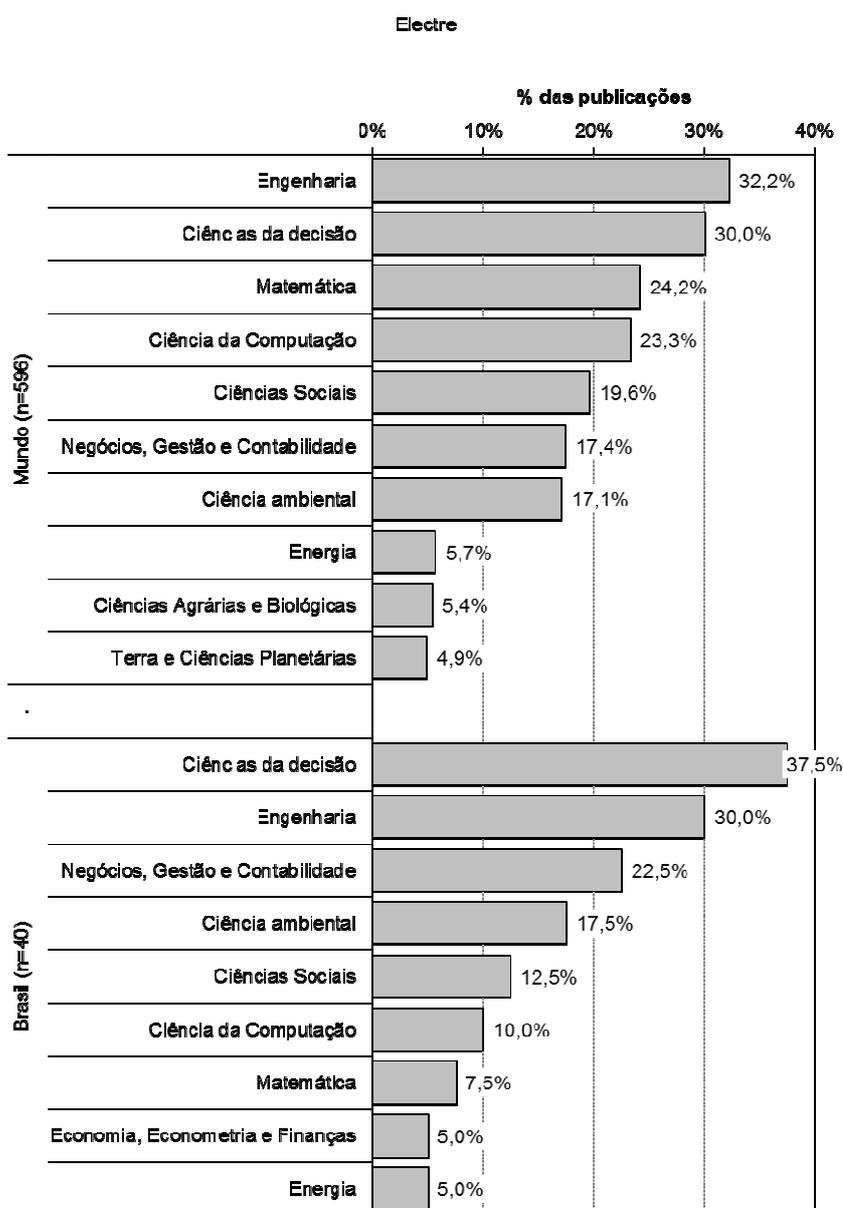
### 3.3.1.2. Estatísticas dos artigos pesquisados do método Electre

De acordo com o gráfico 7, que analisa a distribuição dos registros quanto à autoria das publicações, Bernard Roy foi o autor que mais publicou artigos sobre o método ELECTRE no mundo, possuindo 15 publicações. No Brasil, Adiel Teixeira de Almeida e Helder Gomes Costa são os autores que mais se destacaram, com doze e seis publicações respectivamente.



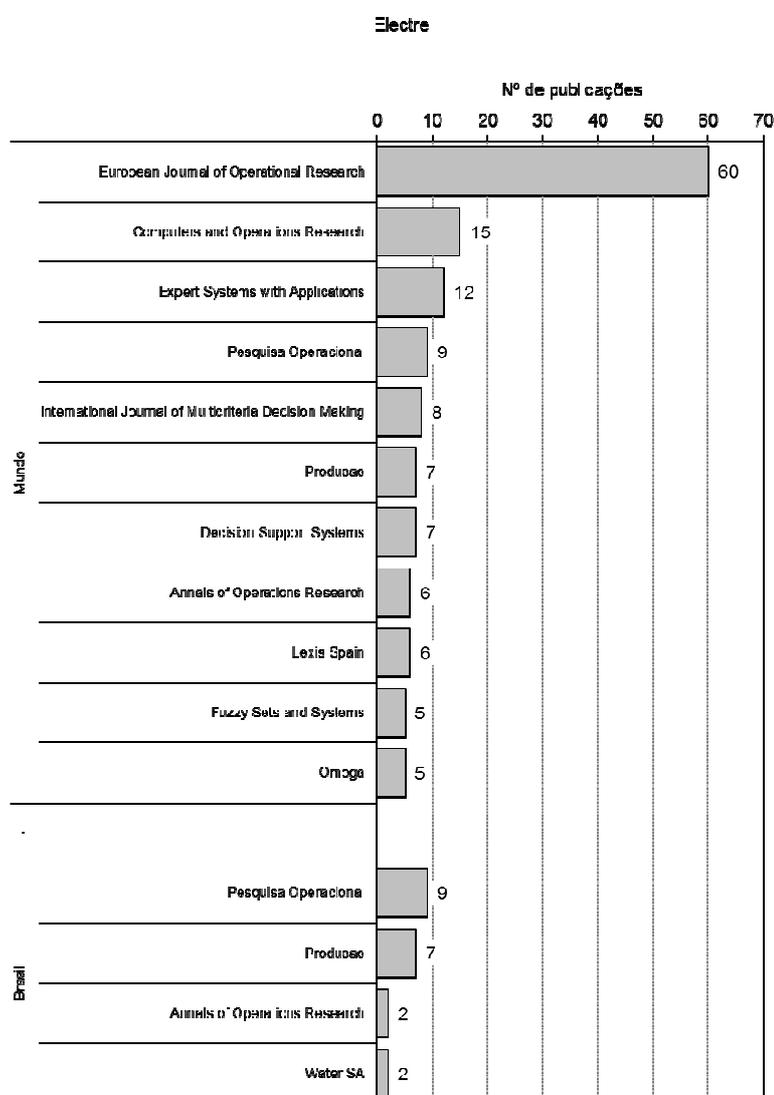
**Gráfico 7:** Distribuição de publicações por autor utilizando o método Electre  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Observa-se no Gráfico 8 uma análise percentual relacionada às áreas de estudo que possuem a maior quantidade de publicações que abordam o método ELECTRE. Mundialmente, percebe-se que as áreas de maior destaque são as áreas de Engenharia com 32,2% e Ciências da decisão com 30%. Já no Brasil, a área de Ciências da decisão é a que mais publica com 37,5%, seguida pela área de Engenharia com 30%.



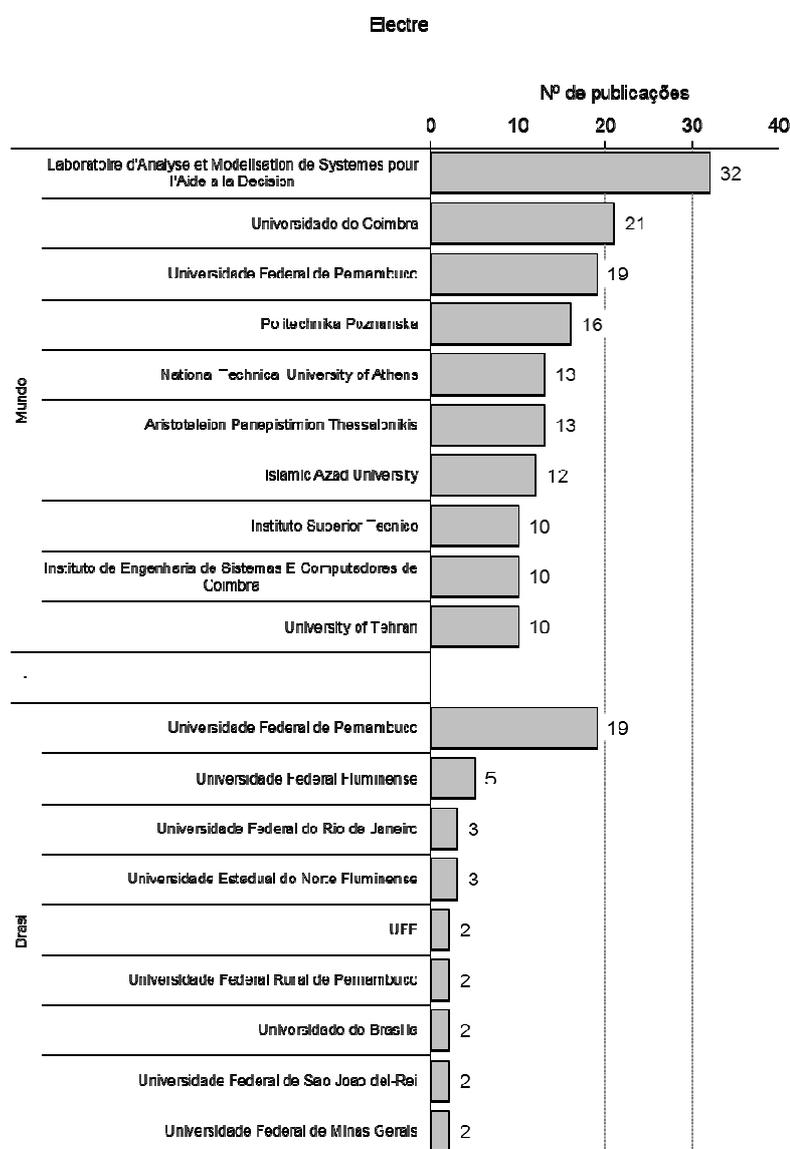
**Gráfico 8:** Análise das publicações por área de estudo utilizando o método Electre  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

No que se refere à distribuição dos artigos por fonte de publicação, pode-se observar no gráfico 9 que os periódicos que possuem o maior número de publicações sobre o método no mundo são o European Journal of Operational Research, Computer and Operations Research e Expert Systems with Applications, com 60, 25 e 12 publicações respectivamente, sendo que o primeiro periódico é o que mais se destaca na quantidade de publicações. No Brasil, os periódicos que apresentam a maior quantidade de publicações sobre o método são Pesquisa Operacional e Produção, com nove e sete publicações respectivamente.



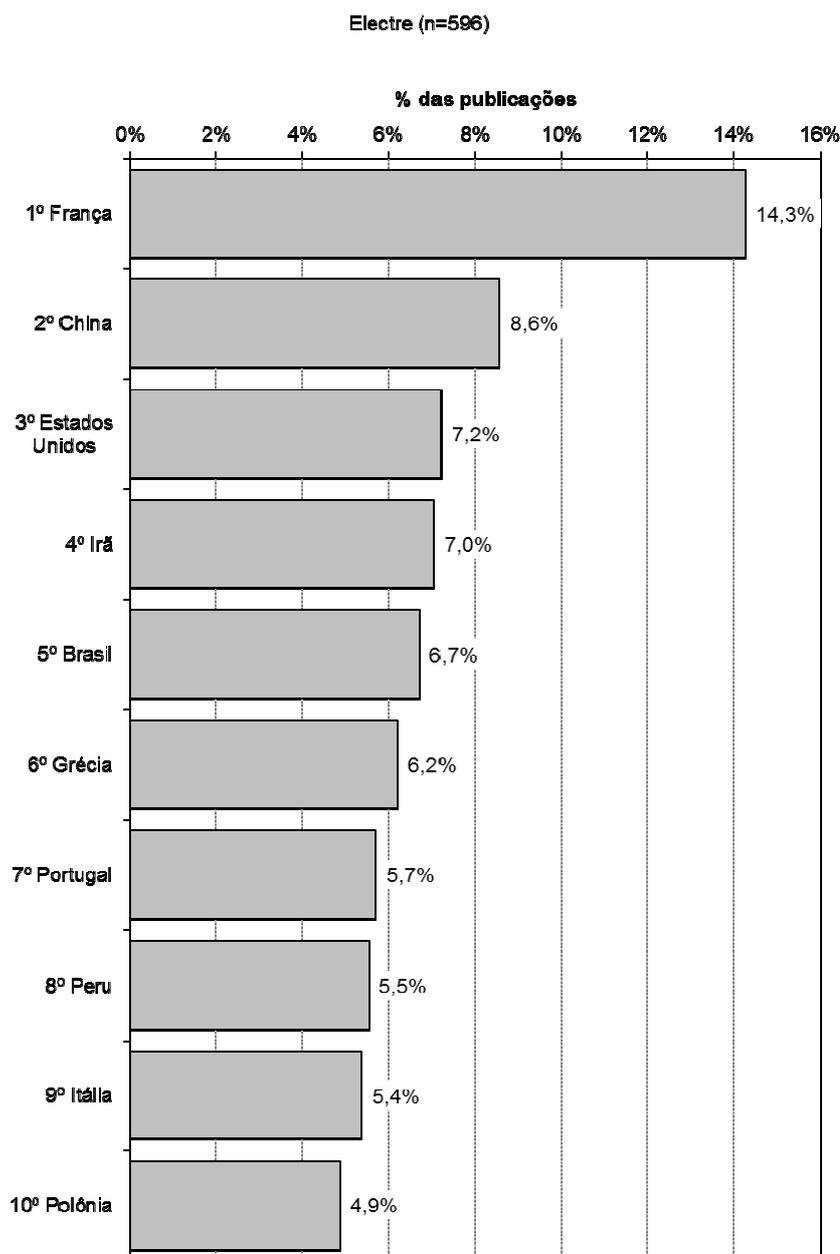
**Gráfico 9.** Análise das publicações por periódico utilizando o método Electre  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Conforme pode ser observado no gráfico 10, em relação às instituições de ensino que, mundialmente, possuem a maior quantidade de publicações sobre o método estão Laboratoire d'Analyse et Modelisation de Systemes pour l' Aide a la Decision, Universidade de Coimbra e Universidade Federal de Pernambuco, com 32, 21 e 19 artigos respectivamente. No Brasil, a Universidade Federal de Pernambuco destaca-se das demais, sendo responsável pelo maior número de publicações sobre o método também com 19 artigos, seguida pela Universidade Federal Fluminense com cinco publicações.



**Gráfico 10:** Análise das publicações por instituição de ensino utilizando o método Electre  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

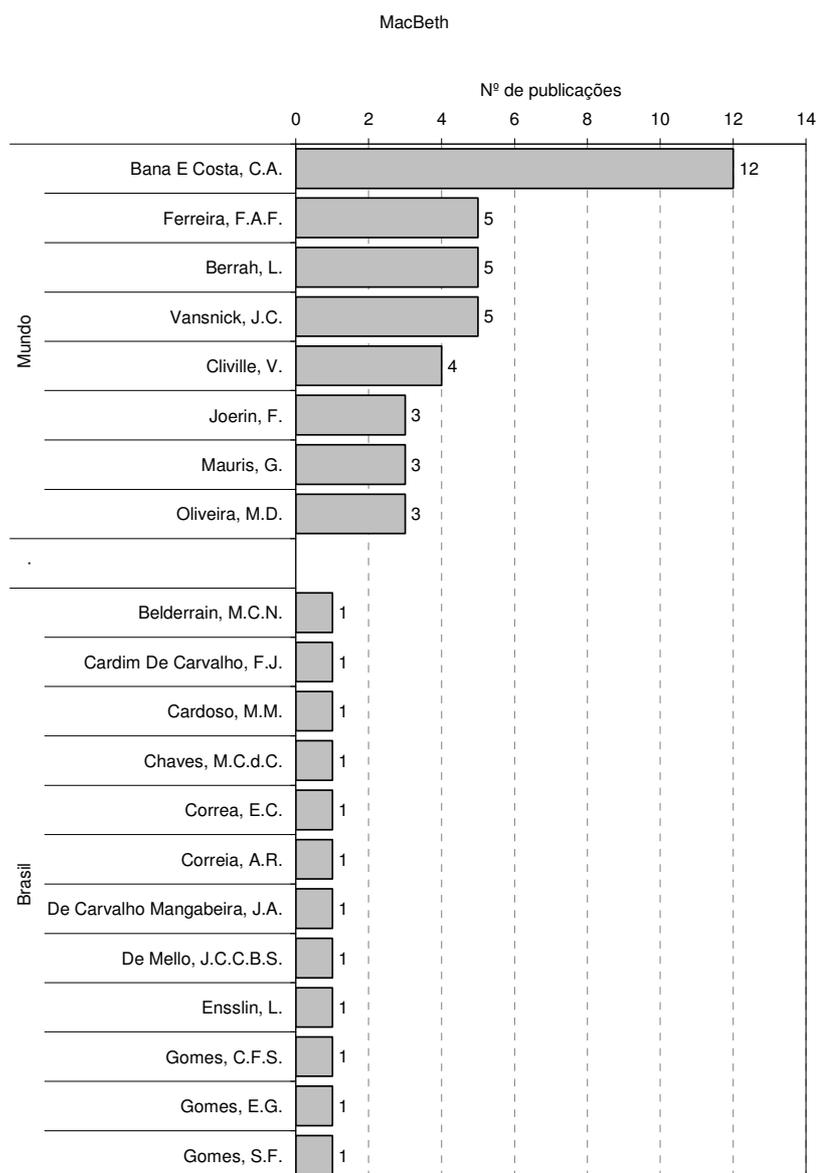
O Gráfico 11 permite verificar o percentual da quantidade de publicações por país. Percebe-se que a França é responsável por 14,3% das publicações relacionadas ao método, seguida pela China com 8,6% e dos Estados Unidos com 7,2%. O Brasil ocupa a 5ª posição no ranking dos países que publicaram, com 6,7% das publicações.



**Gráfico 11:** Análise das publicações por país utilizando o método Electre  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

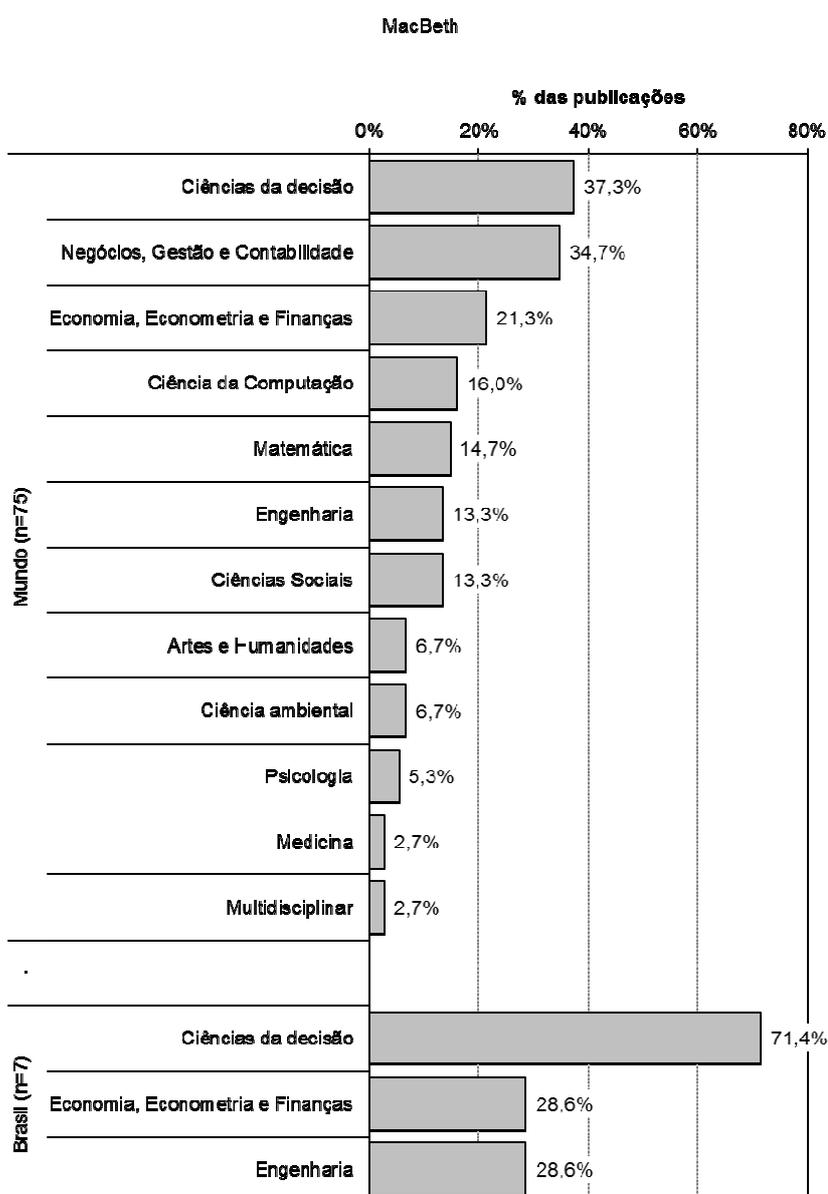
### 3.3.1.3. Estatísticas dos artigos pesquisados do método MacBeth

De acordo com o gráfico 12, Carlos António Bana e Costa foi o autor com o maior número de publicações sobre o método Macbeth no mundo, sendo autor de doze produções científicas. No Brasil a quantidade de autores que abordaram o método foi significativa, no entanto todos os autores apresentaram apenas uma publicação.



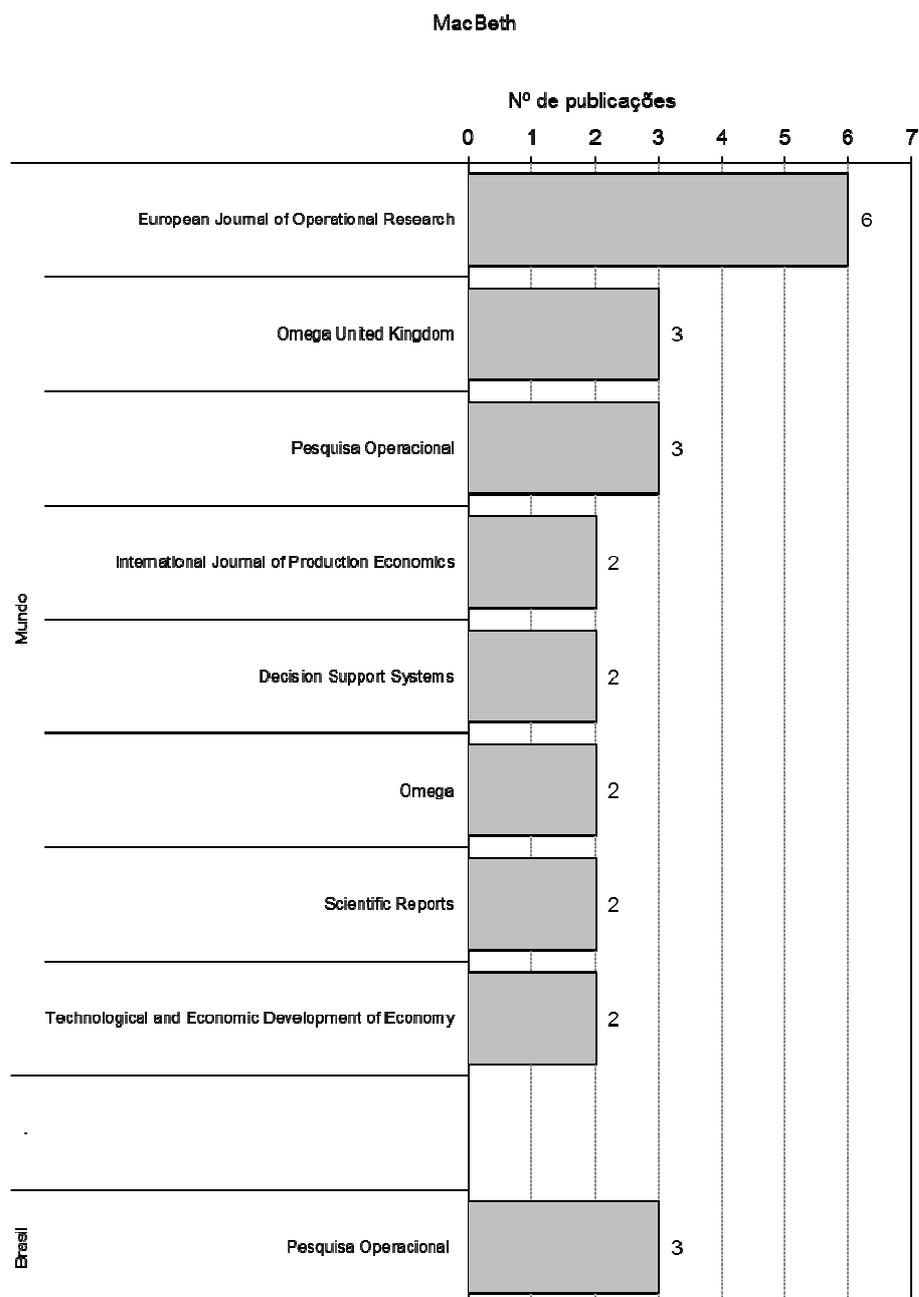
**Gráfico 12.** Análise das publicações por autor utilizando o método Macbeth  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Em relação às áreas de estudo que mais se destacaram com publicações sobre o método em questão no mundo, no gráfico 13 observa-se que a área de Ciências da decisão é responsável por 37,3% das publicações, seguida pela área de Negócios, Gestão e Contabilidade com 34,7% e pela área de Economia, Econometria e Finanças com 21,3% das publicações. No Brasil, a área de Ciências da decisão é a de maior destaque, sendo responsável por 71,4% das publicações.



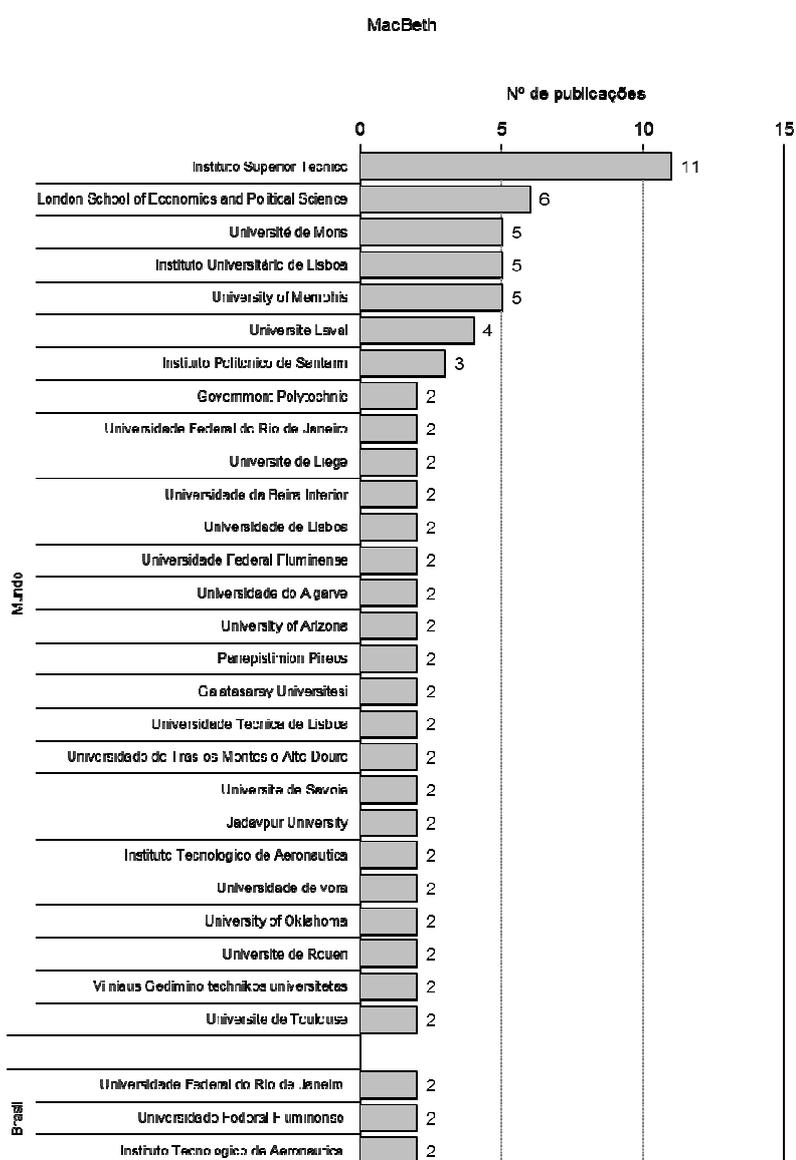
**Gráfico 13:** Análise das publicações por área de estudo utilizando o método Macbeth  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Verifica-se no gráfico 14 que os periódicos que mais publicaram no mundo foram European Journal of Operational Research, com seis publicações, Omega United Kingdom e Pesquisa Operacional, ambos com três publicações. E no Brasil, a Pesquisa Operacional representou o único periódico com publicações relacionadas ao método.



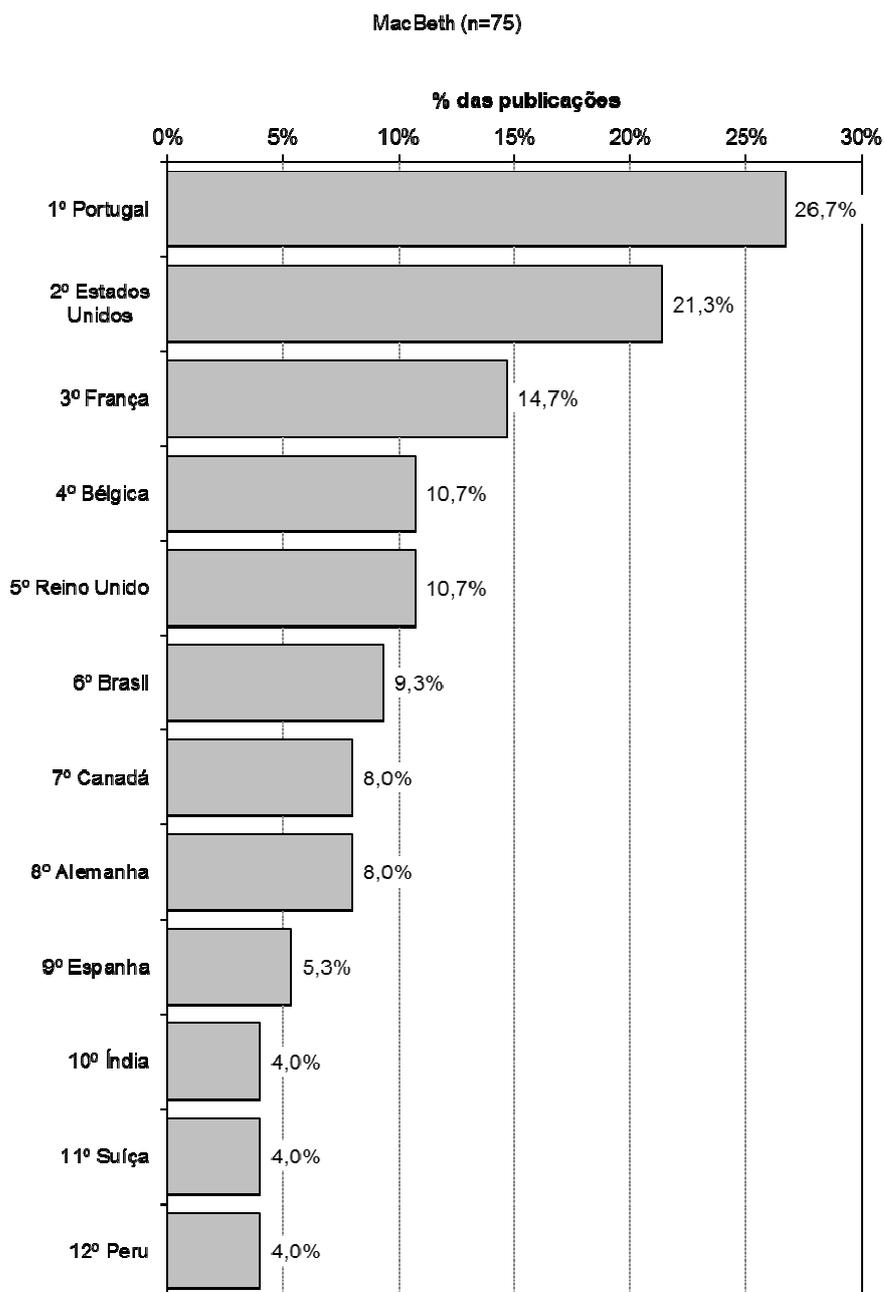
**Gráfico 14:** Análise das publicações por periódico utilizando o método Macbeth  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

No gráfico 15 está a análise das instituições de ensino com publicações relacionadas ao método. É importante ressaltar que no mundo existe uma quantidade de instituições relevante, com destaque para o Instituto Superior Tecnico e London School of Economics and Political Science com, respectivamente, 11 e 6 publicações. Sendo que o Brasil é representado por três instituições sendo, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal Fluminense e Instituto Tecnológico da Aeronáutica, todas com duas publicações.



**Gráfico 15:** Análise das publicações por instituições de ensino utilizando o método Macbeth  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

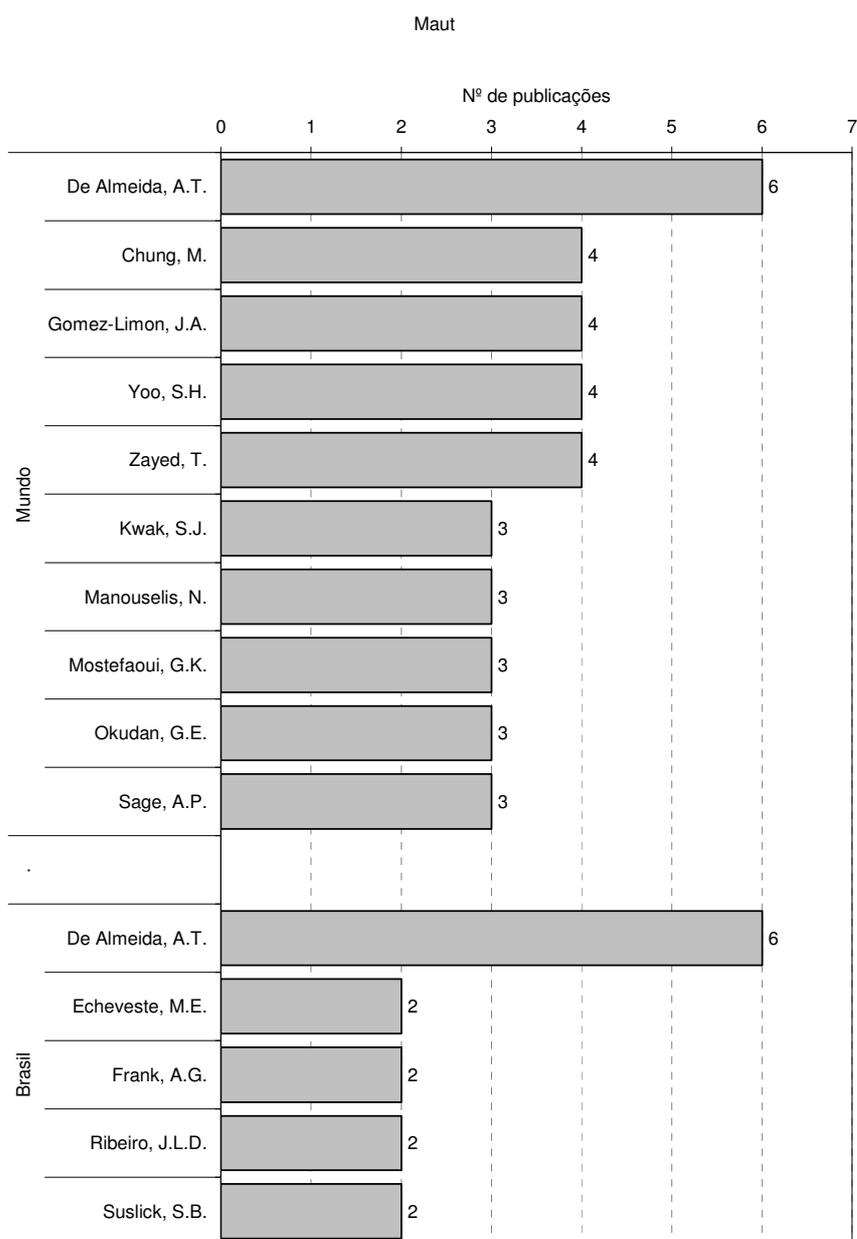
Conforme o gráfico 16, que permite a análise das publicações por país, Portugal possui 26,7% das publicações relacionadas ao método, os Estados Unidos possui 21,3% e a França possui 14,7%, sendo estes, os países com o maior percentual de publicações. O Brasil ocupa a 6ª posição no ranking dos países que publicaram, com 9,3%.



**Gráfico 16:** Análise das publicações por país utilizando o método Macbeth  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

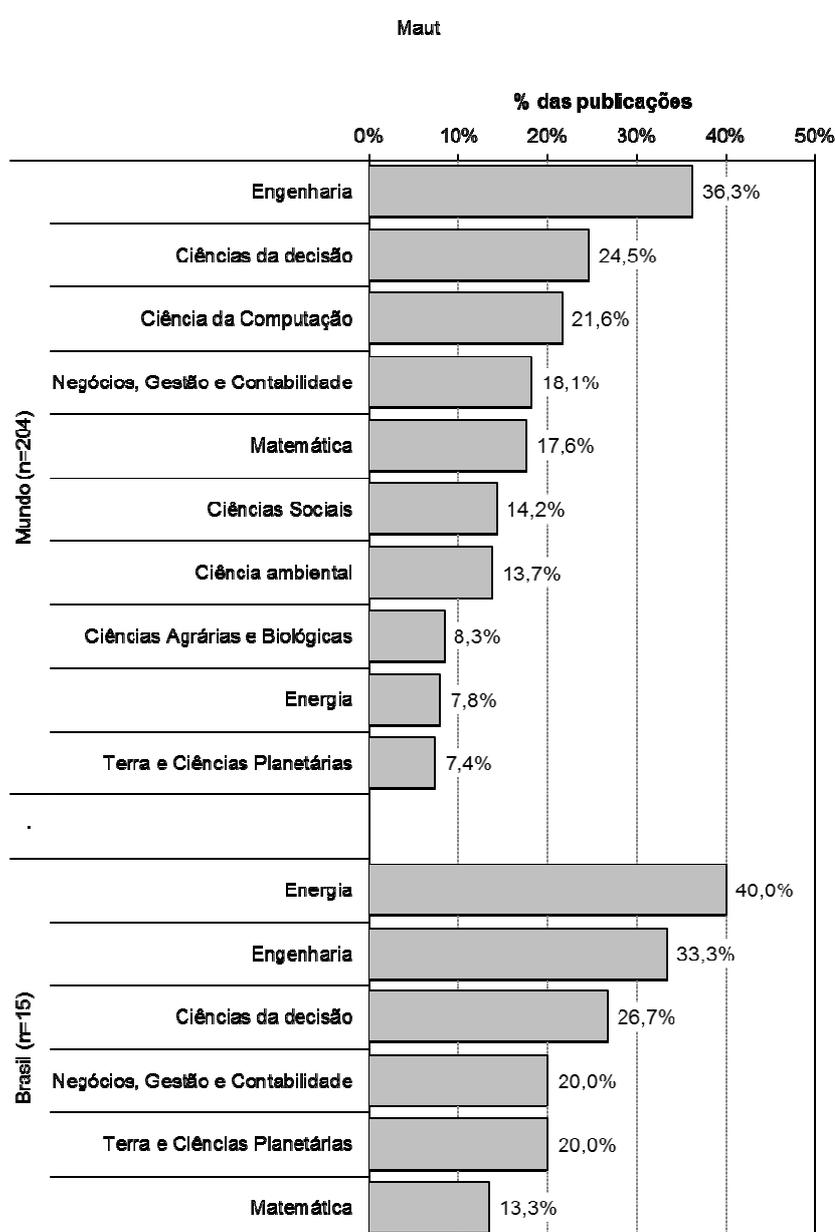
### 3.3.1.4. Estatísticas dos artigos pesquisados do método Maut

No que se refere à distribuição dos registros quanto à autoria dos artigos sobre o método Maut, no gráfico 17 verifica-se que Adiel Teixeira de Almeida é o autor que se destaca dos demais, sendo responsável por seis publicações tanto no mundo como no Brasil.



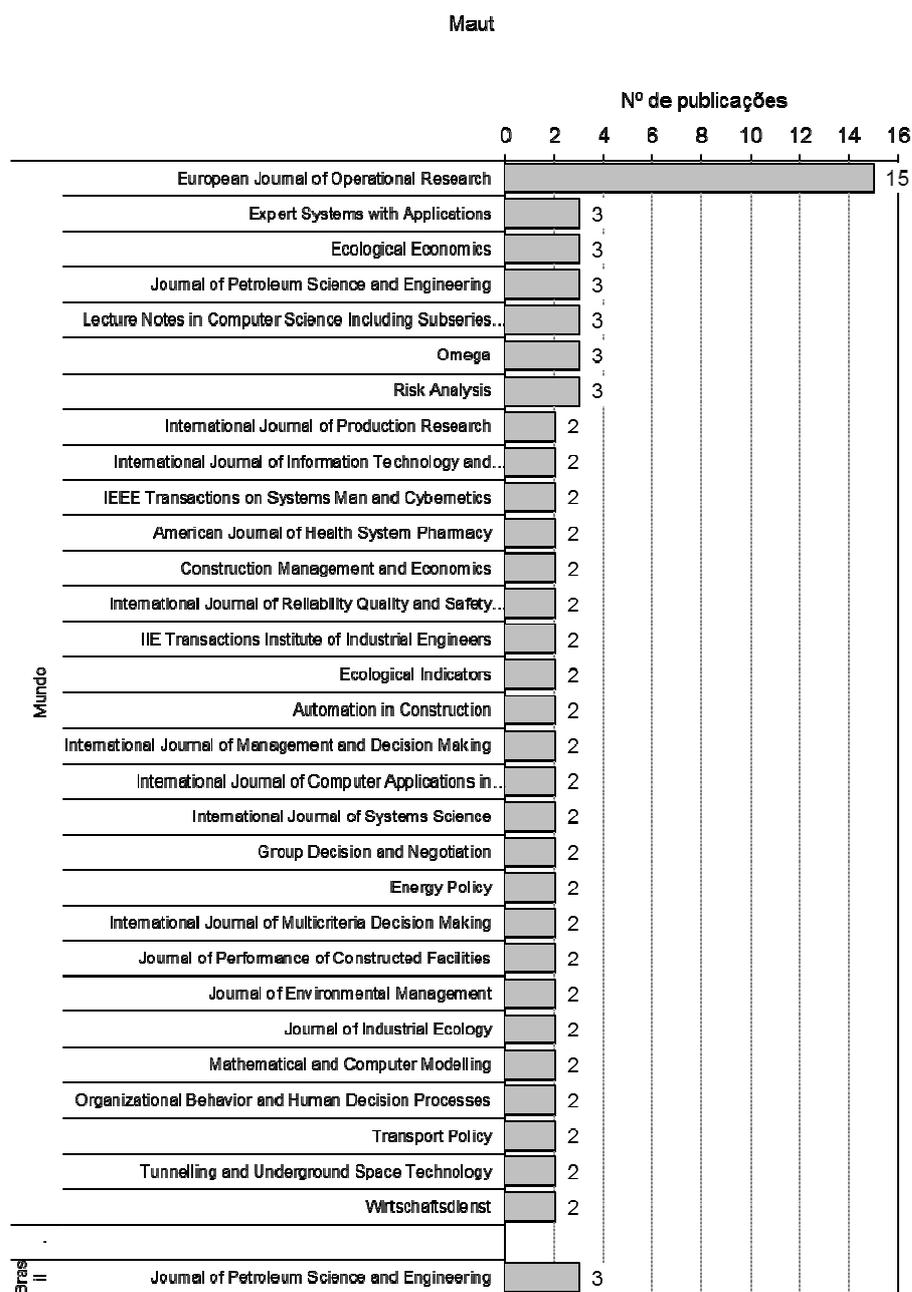
**Gráfico 17:** Análise das publicações por autor utilizando o método Maut  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

De acordo com o gráfico 18 que apresenta uma análise percentual em relação às áreas de estudo que mais publicaram artigos sobre o método Maut, grande parte dos artigos publicados no mundo pertencem à área de Engenharia com 36,3%, seguida pela área das Ciências da decisão com 24,5% e pela Ciência da Computação com 21,6%. No Brasil, as áreas que mais se destacaram na publicação de artigos relacionados ao método foram às áreas de Energia, com 40%, a área de Engenharia aparece com 33,3% e por fim, as Ciências da decisão com 26,7%.



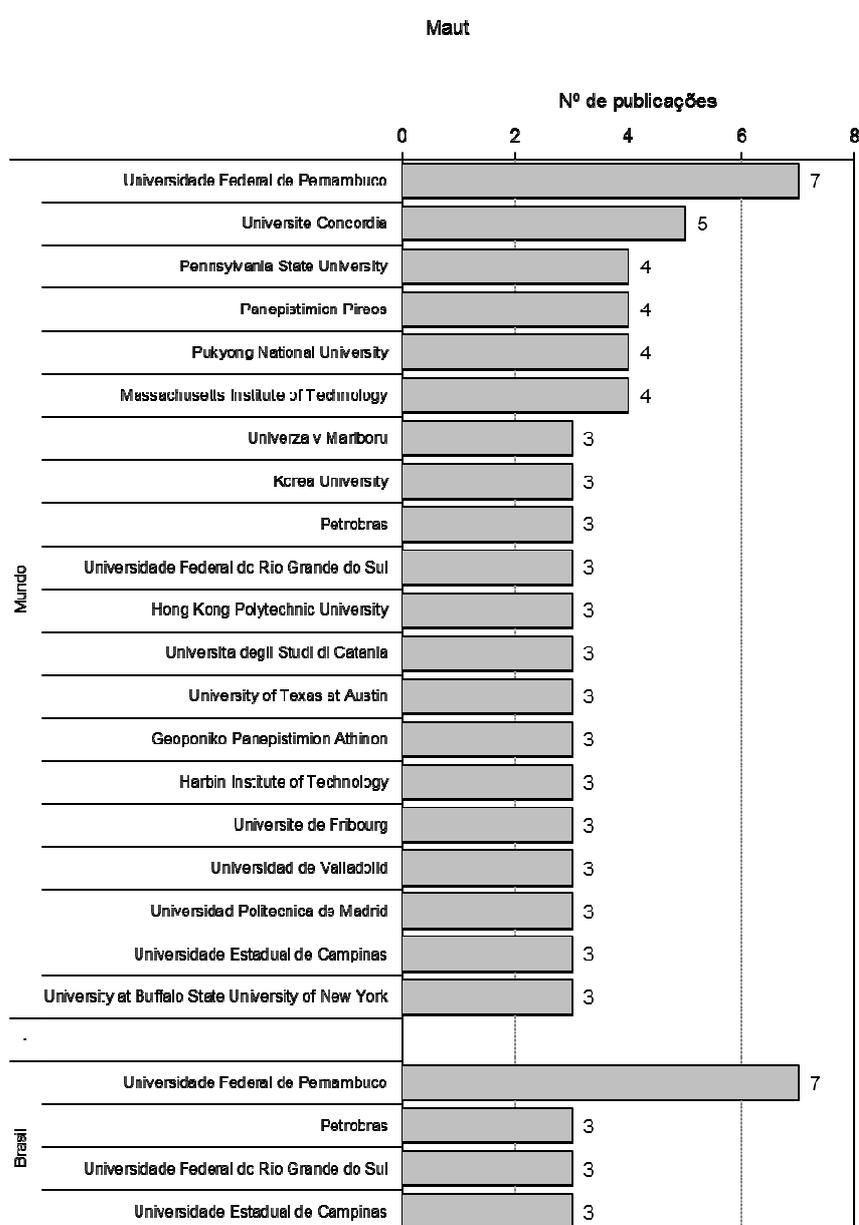
**Gráfico 18:** Análise das publicações por área de estudo utilizando o método Maut  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

No gráfico 19 verifica-se os periódicos que mais publicaram artigo sobre o método Maut. Mundialmente, o periódico com maior número de publicações é o European Journal of Operational Research, com 15 publicações. Vale ressaltar que a quantidade de periódicos que publicaram artigos foi significativa. No Brasil, apenas o periódico Journal of Petroleum Science and Engineering teve publicações relacionadas ao método, com três artigos.



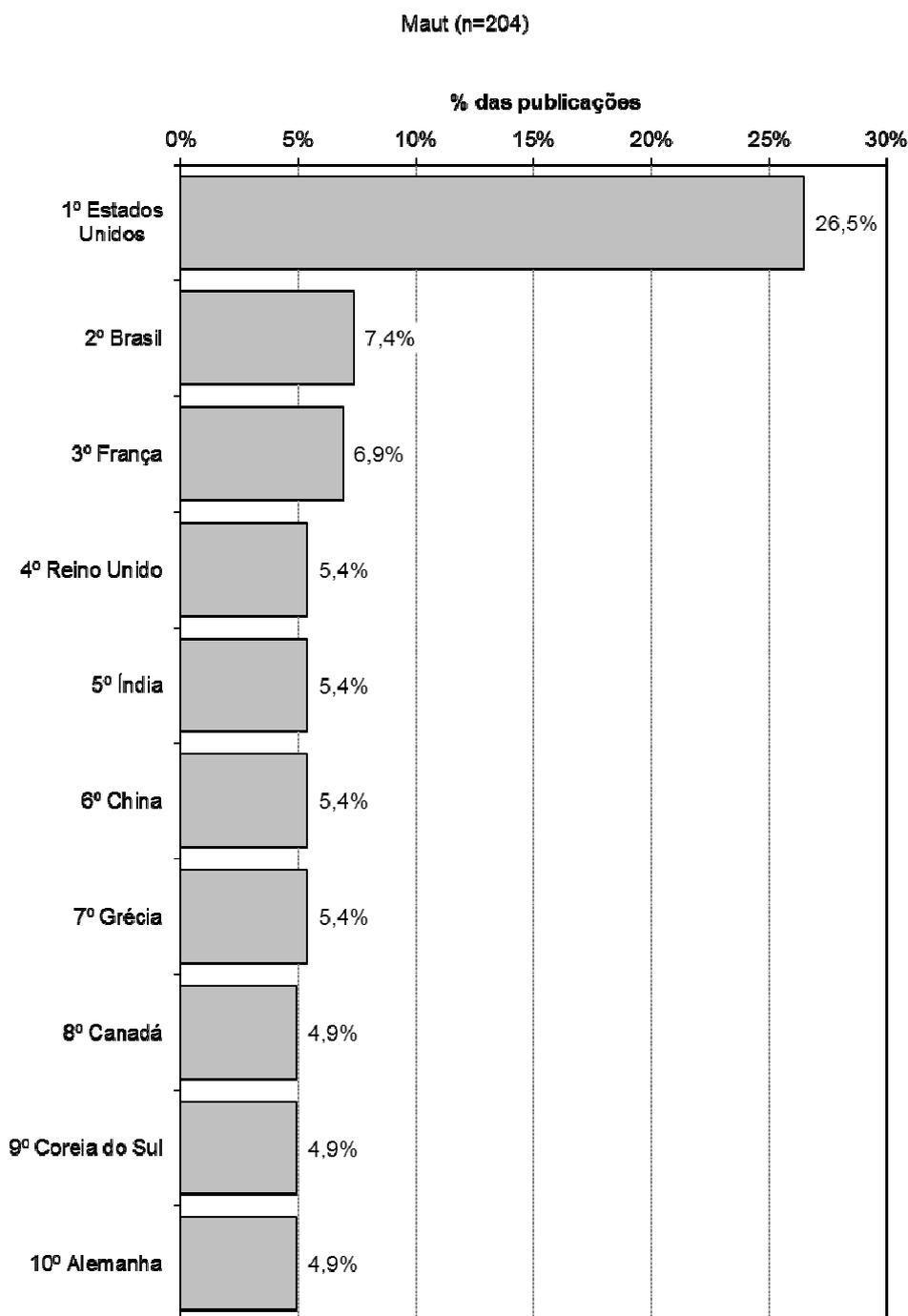
**Gráfico 19:** Análise das publicações por periódico utilizando o método Maut  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Observa-se no Gráfico 20 que em relação às instituições de ensino que possuem publicações sobre o método no mundo destacam-se a Universidade Federal de Pernambuco e a Universite Concordia com, respectivamente, sete e cinco publicações. É importante ressaltar que a quantidade de periódicos com artigos relacionados ao método foi considerável. No Brasil, a Universidade Federal de Pernambuco também se destaca das demais, possuindo sete publicações, sendo referencial no mundo e no Brasil.



**Gráfico 20:** Análise das publicações por instituição de ensino utilizando o método Maut  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

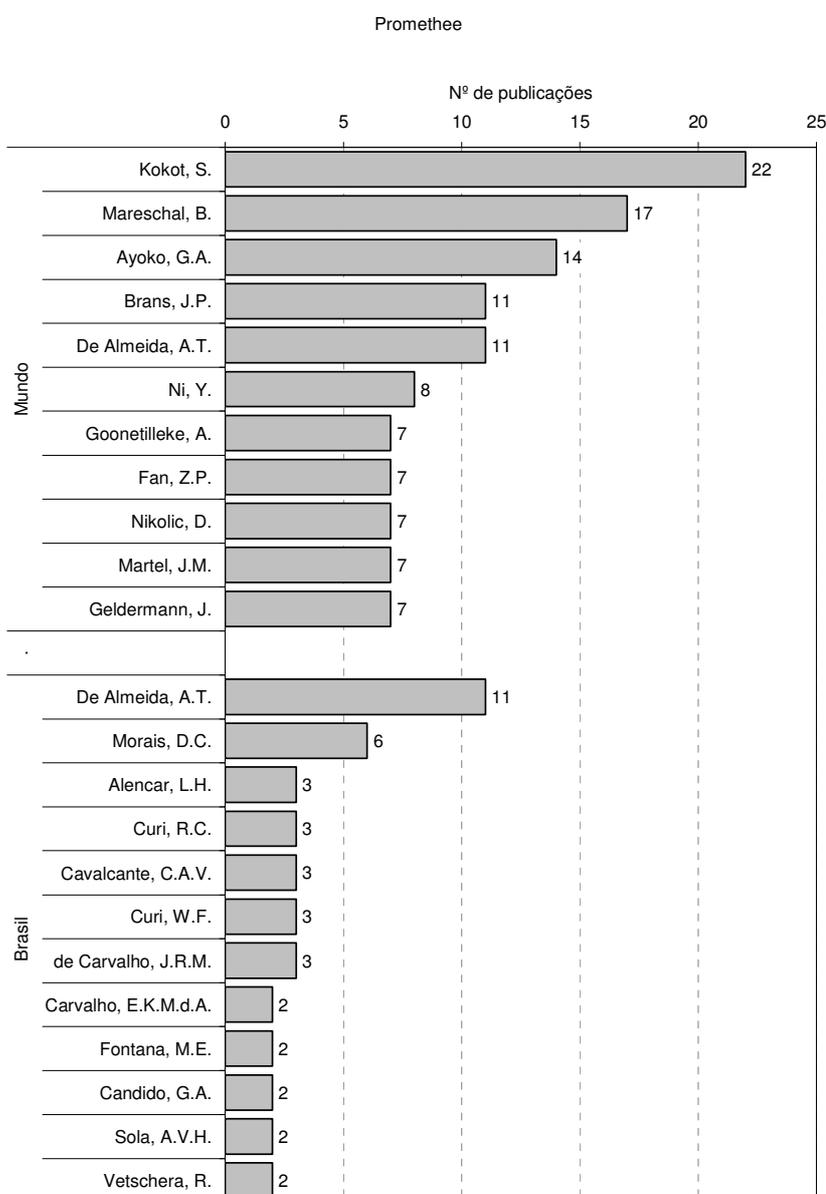
Em relação à análise percentual das publicações de acordo com o país, o gráfico 21 permite identificar que os Estados Unidos é responsável por 26,5% das publicações, o segundo país com maior número de publicações é o Brasil 7,4%, seguido pela França com 6,9%.



**Gráfico 21:** Análise das publicações por país utilizando o método Maut  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

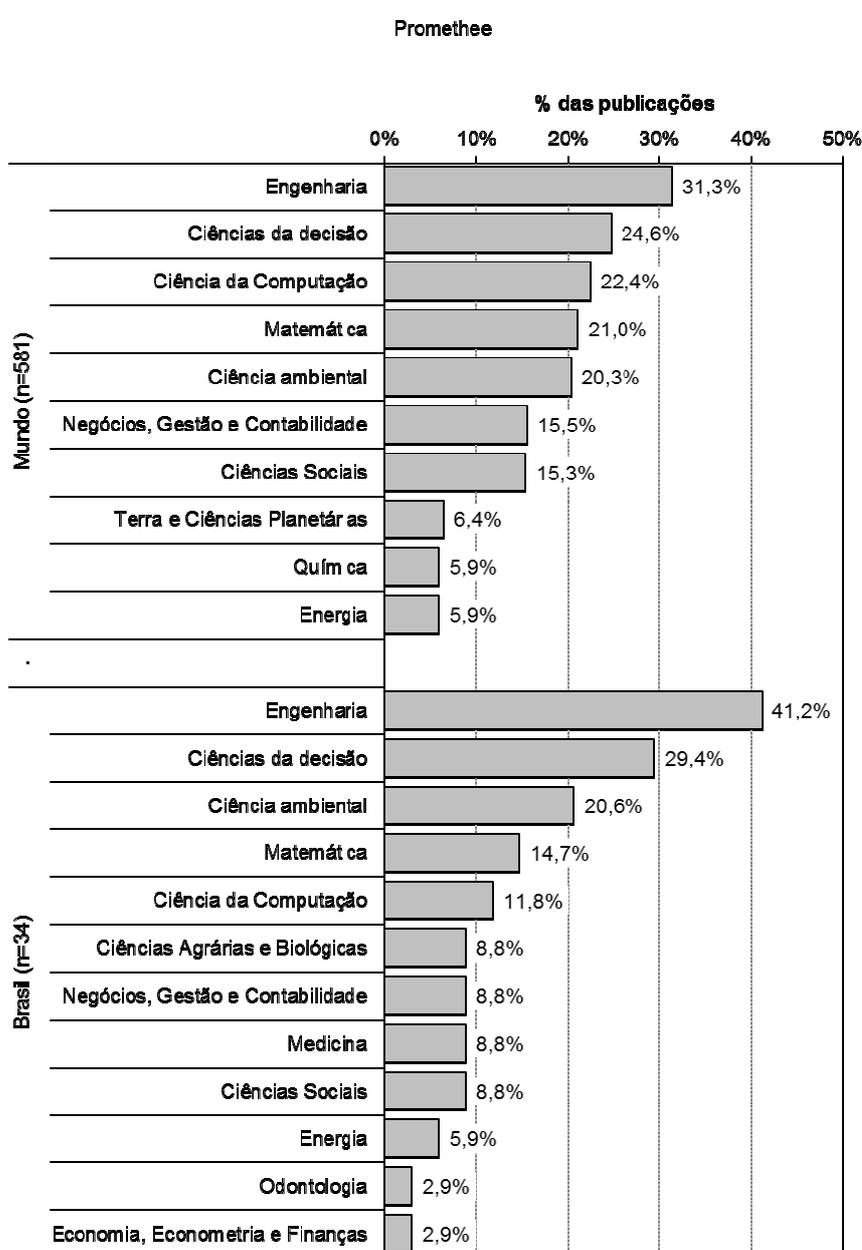
### 3.3.1.5. Estatísticas dos artigos pesquisados do método Promethee

De acordo com o gráfico 22, Serge Kokot foi o autor que mais publicou artigos sobre o método Promethee no mundo, sendo responsável por 22 publicações. Outros autores também apresentam quantidades expressivas de publicações. No Brasil, o autor de maior destaque na publicação de artigos relacionados ao método é Adiel Teixeira de Almeida, com onze publicações.



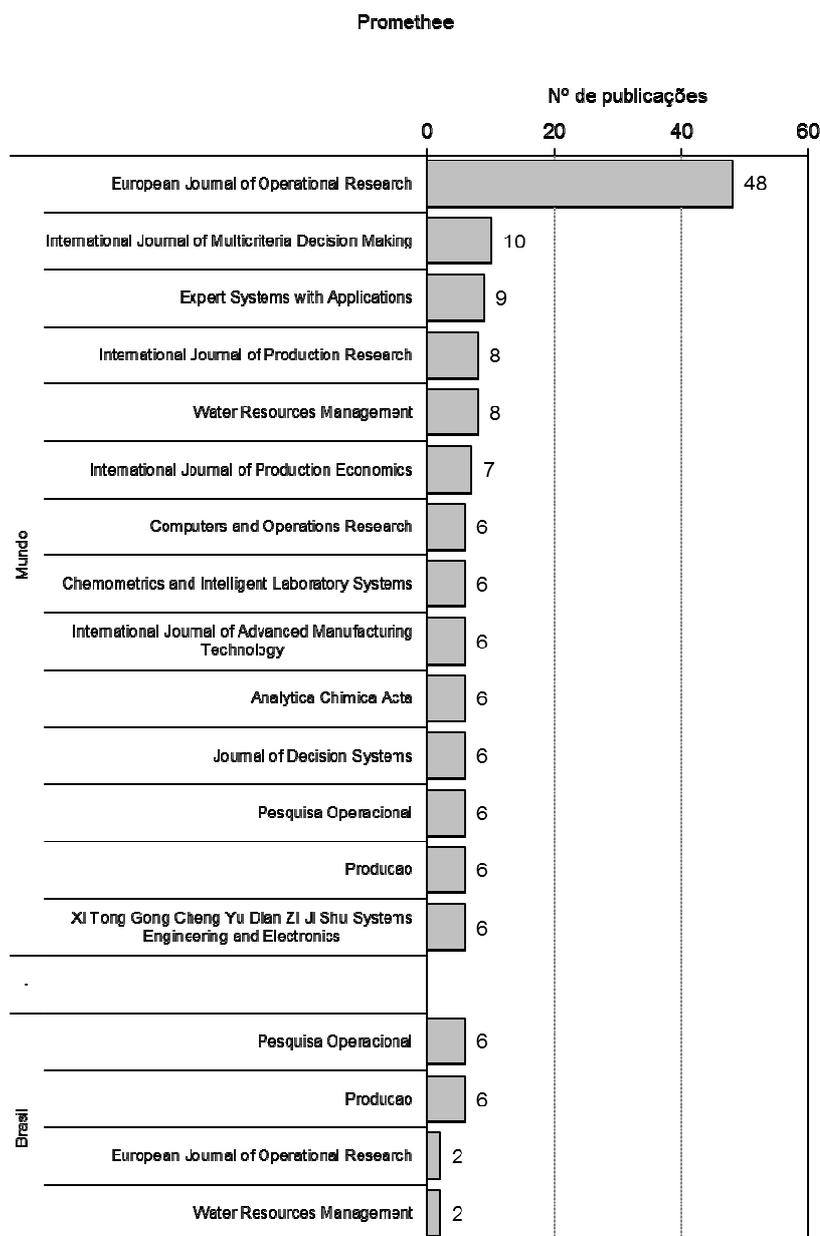
**Gráfico 22:** Análise das publicações por autor utilizando o método Promethee  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Uma análise percentual em relação às áreas de estudo de maior destaque na publicação de artigos relacionadas ao método está presente no gráfico 23. Observam-se três áreas que se sobressaíram em publicações no mundo, que são a Engenharia com 31,3%, Ciências da decisão com 24,6% e Ciência da Computação com 22,4%. No Brasil, a área da Engenharia também se destaca com 41,2%, seguida também pelas Ciências da decisão com 29,4% e pela Ciência Ambiental 20,6%.



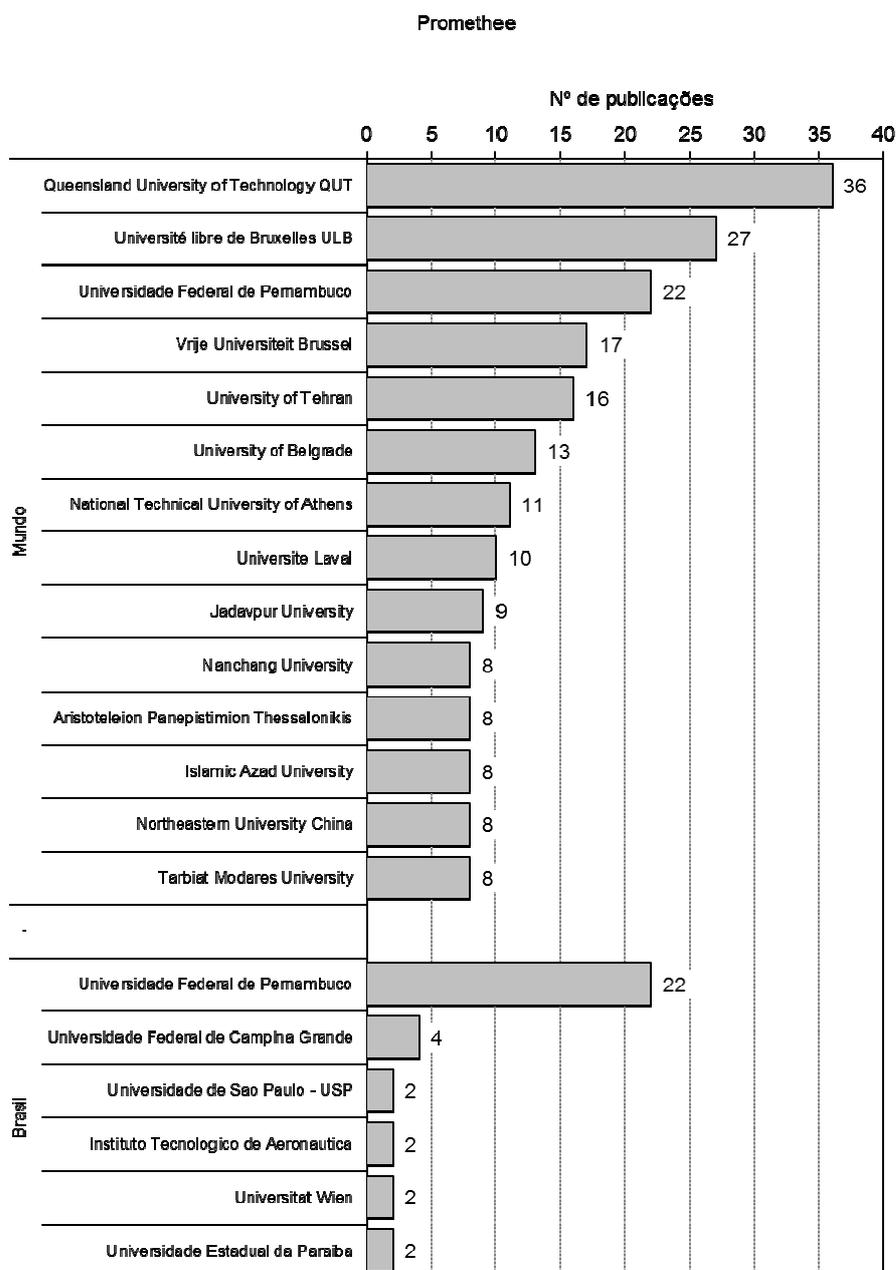
**Gráfico 23:** Análise das publicações por áreas de estudo utilizando o método Promethee  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

O gráfico 24 permite uma análise dos periódicos que mais publicaram no mundo artigos relacionados ao método, a European Journal of Operational Research aparece como referência em publicações, com quarenta e oito artigos. Verifica-se também uma quantidade significativa de periódicos. No Brasil, a Pesquisa Operacional e a Produção, ambas com seis publicações, destacaram-se entre os periódicos.



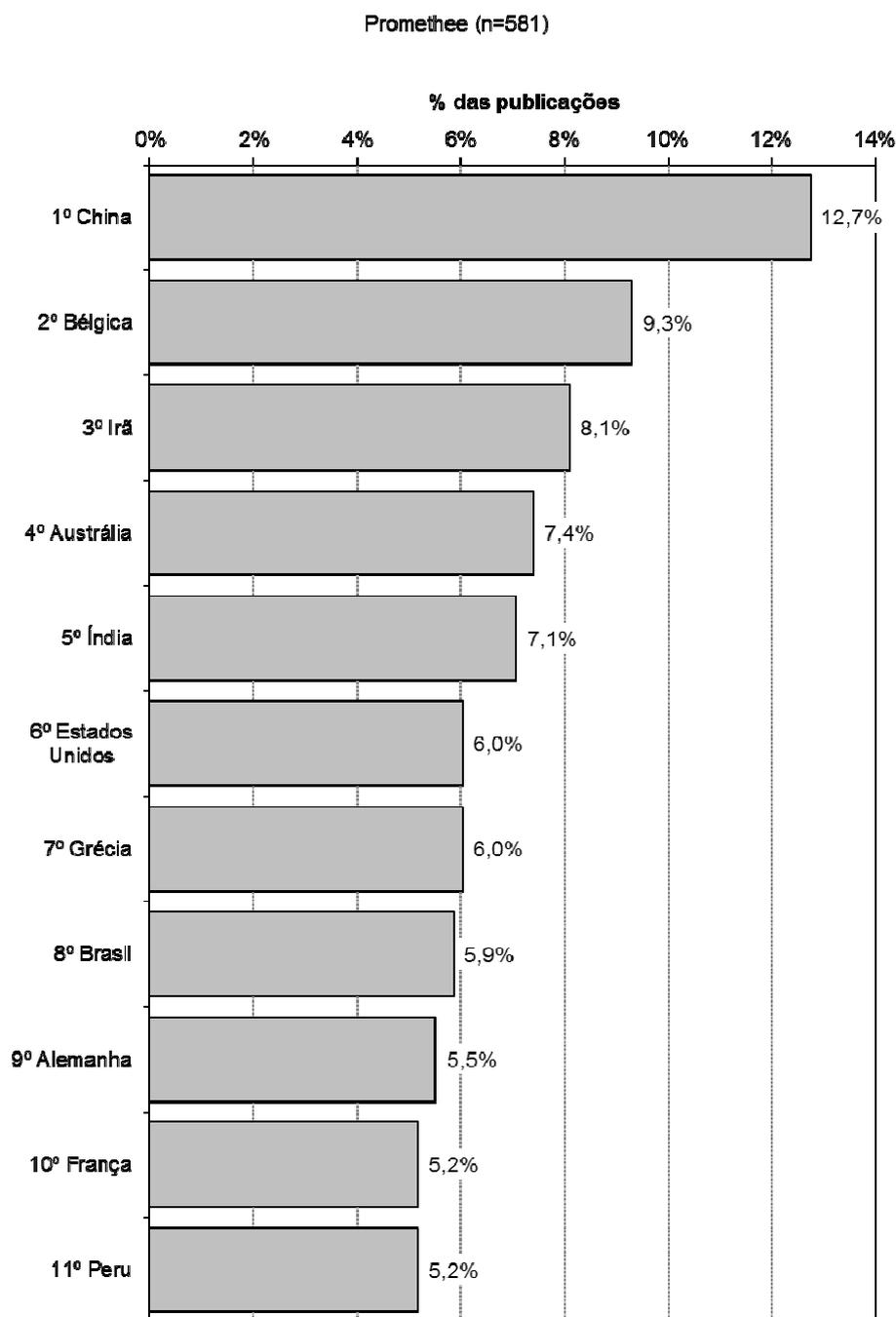
**Gráfico 24:** Análise das publicações por periódico utilizando o método Promethee  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

O Gráfico 25, que oferece uma análise das instituições que mais se destacaram em publicações relacionadas ao método, percebe-se que a Queensland University of Technology QUT, a Université libre de Bruxelles ULB e a Universidade Federal de Pernambuco destacaram-se das demais mundialmente, com 36, 27 e 22 artigos, respectivamente. No Brasil, a Universidade Federal de Pernambuco destaca-se das demais também com 22 artigos.



**Gráfico 25:** Análise das publicações por instituição de ensino utilizando o método Promethee  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

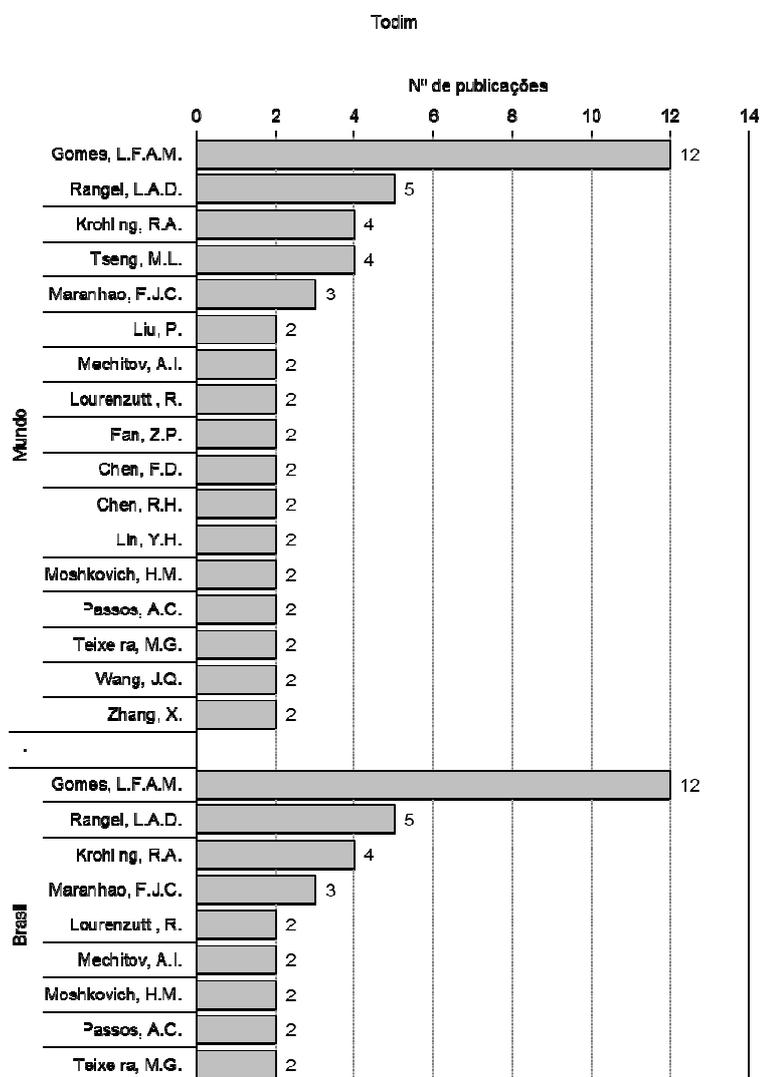
No que diz respeito à distribuição das publicações de acordo o país, no gráfico 26 verifica-se que os três países que possuem a maior quantidade de artigos publicados são a China com 12,7%, a Bélgica com 9,3% e o Irã com 8,1%. O Brasil ocupa a 8ª posição no ranking das publicações.



**Gráfico 26:** Análise das publicações por país utilizando o método Promethee  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

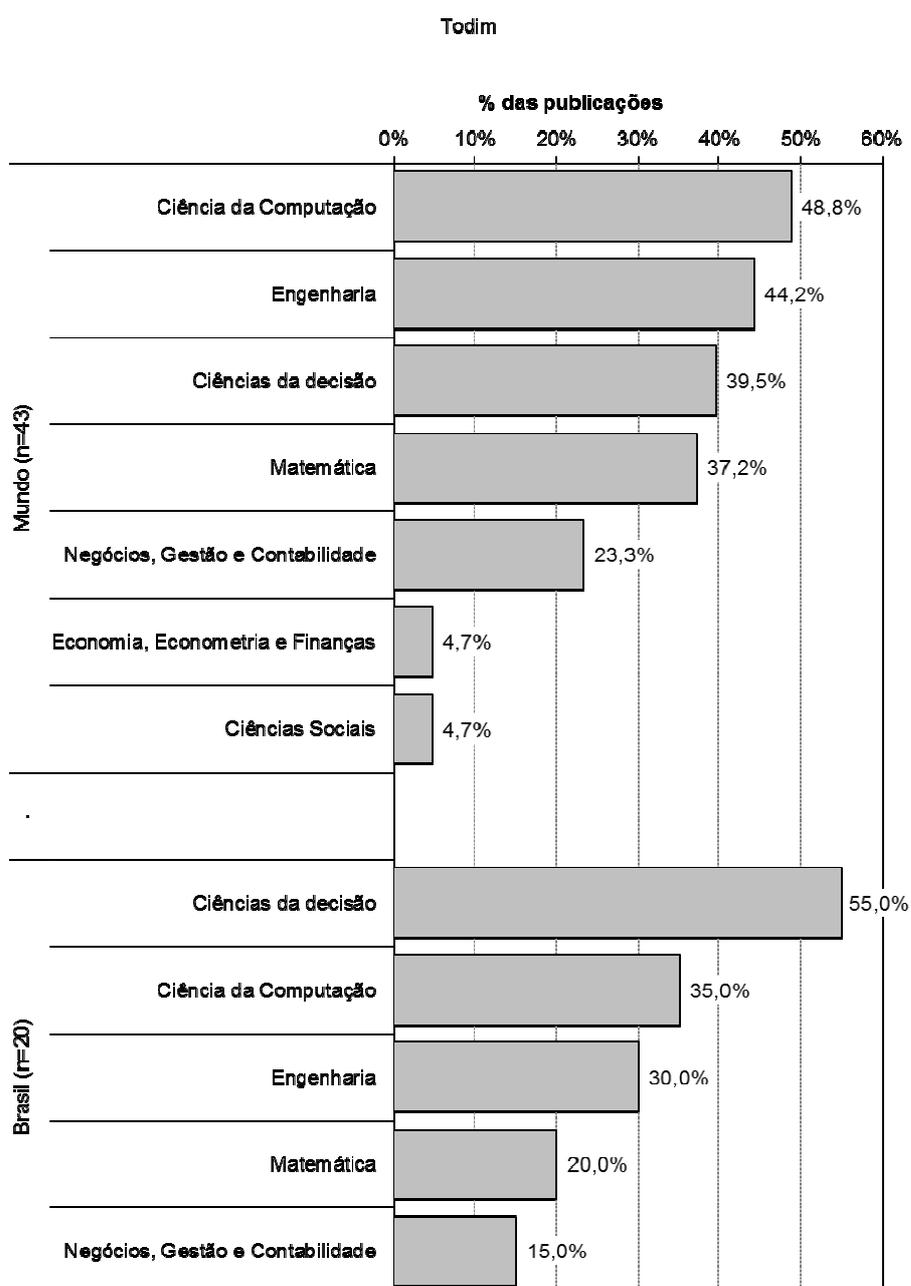
### 3.3.1.6. Estatísticas dos artigos pesquisados do método Todim

De acordo com o gráfico 27, que apresenta a análise dos registros quanto à autoria das publicações, Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes foi o autor com a maior quantidade de artigos publicados sobre o método Todim no mundo e também no Brasil, com doze publicações, destacando-se dos demais que representam uma quantidade expressiva de autores, no entanto, com quantidades menores de publicações.



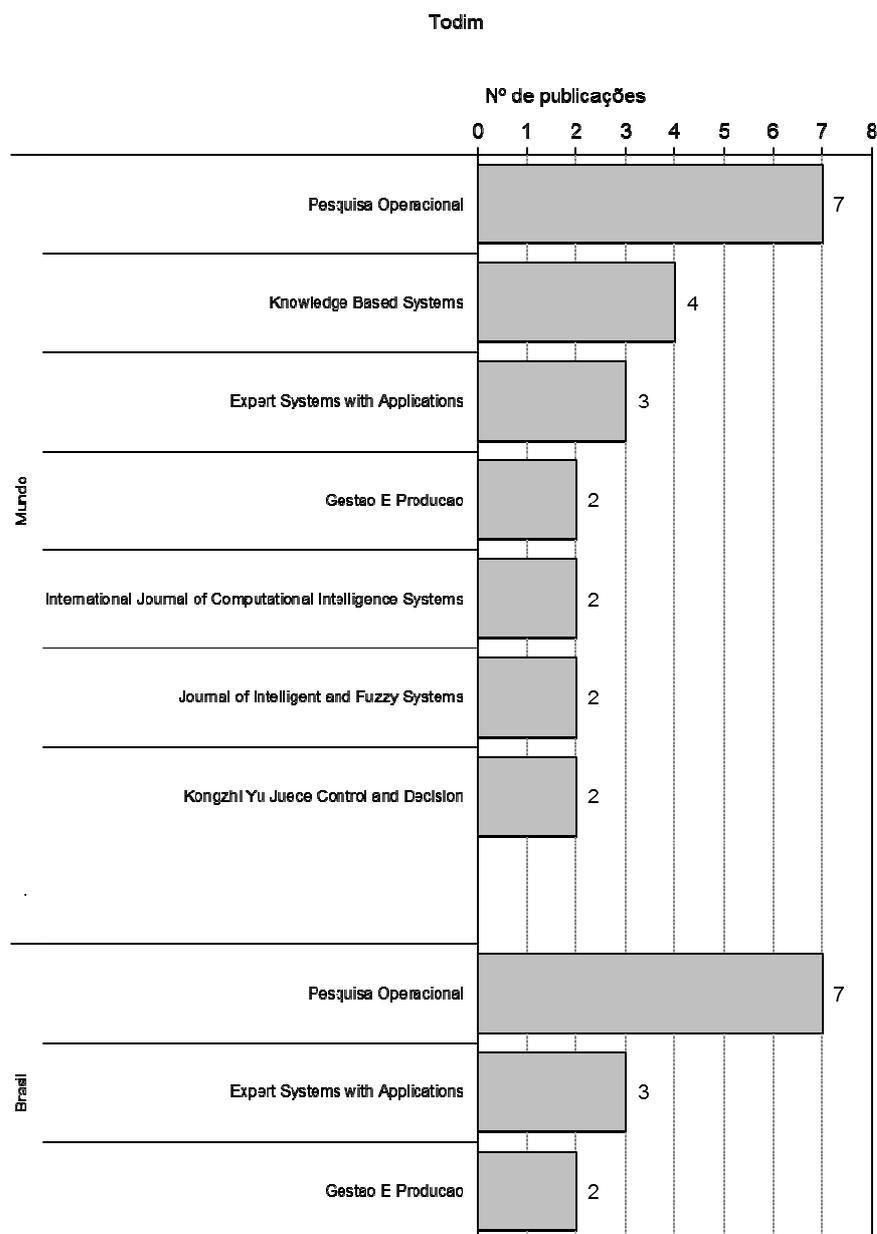
**Gráfico 27:** Análise das publicações por autor utilizando o método Todim  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

O Gráfico 28 permite observar as áreas de estudo que mais se destacaram em publicações sobre o método, a Ciência da Computação com 48,8%, a Engenharia com 44,2% e a Ciências da decisão com 39,5%, são as principais no mundo. No Brasil, essas três áreas também são as que mais publicam, no entanto, Ciências da decisão aparece em primeiro com 55%, Ciência da Computação com 35% e Engenharia com 30%.



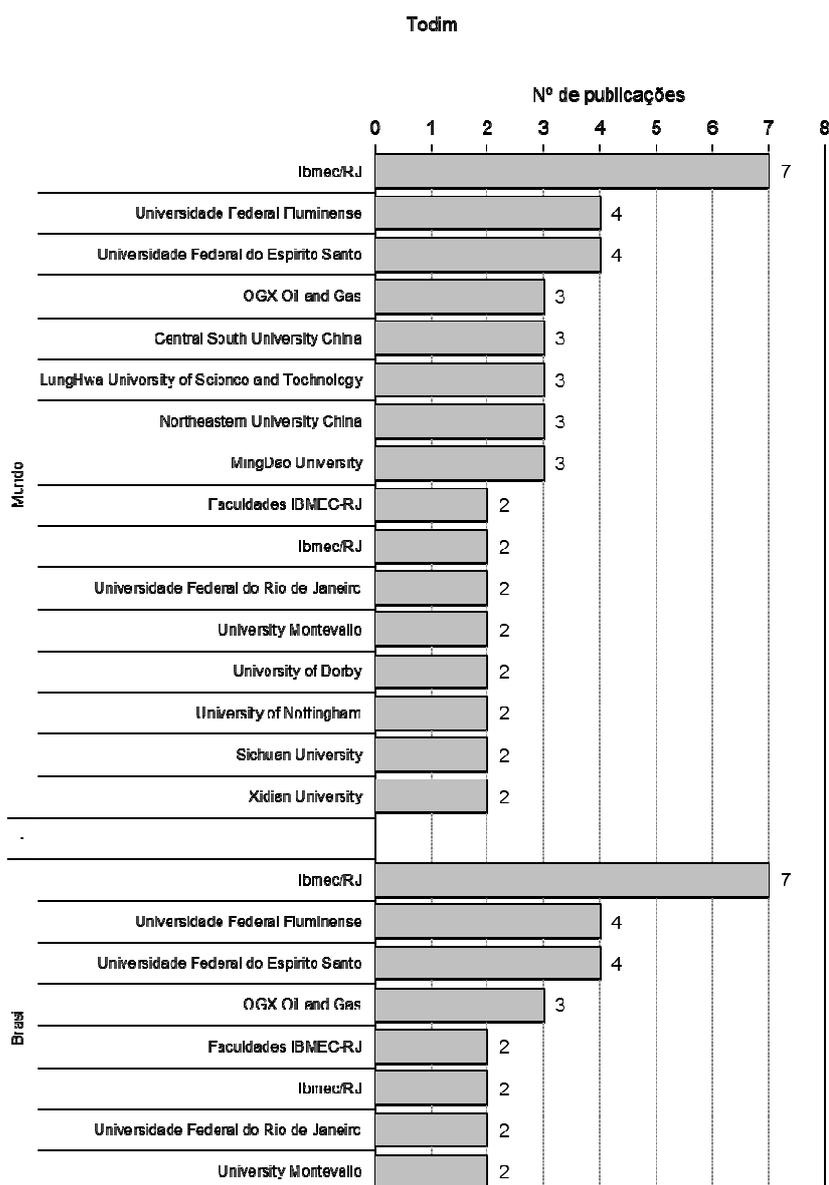
**Gráfico 28:** Análise das publicações por área de estudo utilizando o método Todim  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Para a análise dos periódicos com o maior número de publicações sobre o método, o gráfico 29 permite observar que a Pesquisa Operacional, com sete publicações, é o periódico com a maior quantidade de artigos publicados no mundo e no Brasil. A Knowledge Based Systems e a Expert Systems with Applications possuem quatro e três publicações respectivamente. E no Brasil aparece também a Expert Systems with Applications, também com três publicações.



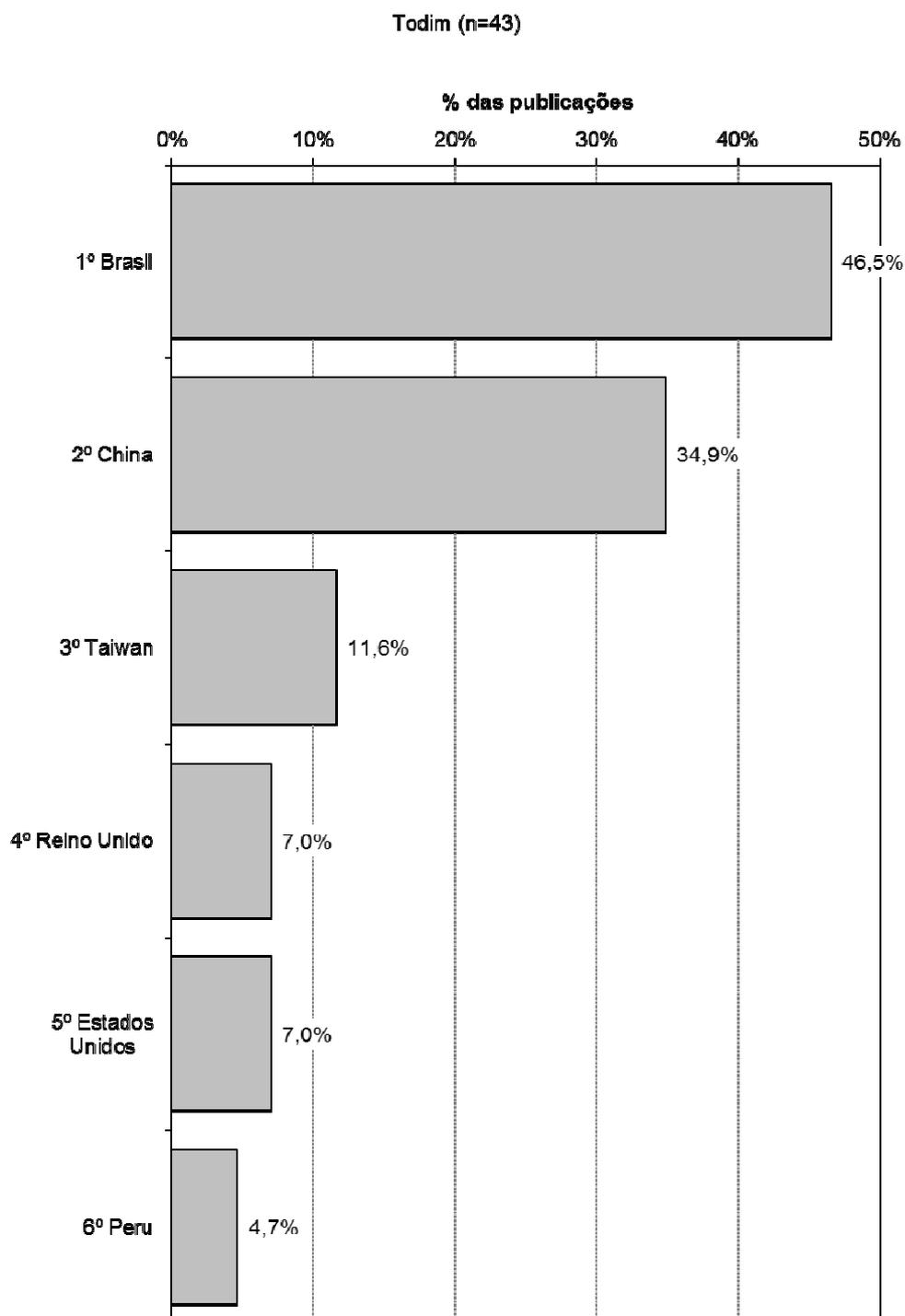
**Gráfico 29:** Análise das publicações por periódico utilizando o método Todim  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Em relação à análise das instituições de ensino que mais se destacaram em publicações de artigos sobre o método, no gráfico 30 verifica-se que o Ibmec/RJ, a Universidade Federal Fluminense e a Universidade Federal do Espírito Santo, com respectivamente, sete, quatro e quatro publicações são as que mais se destacam no mundo e no Brasil.



**Gráfico 30:** Análise das publicações por instituições de ensino utilizando o método Todim  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

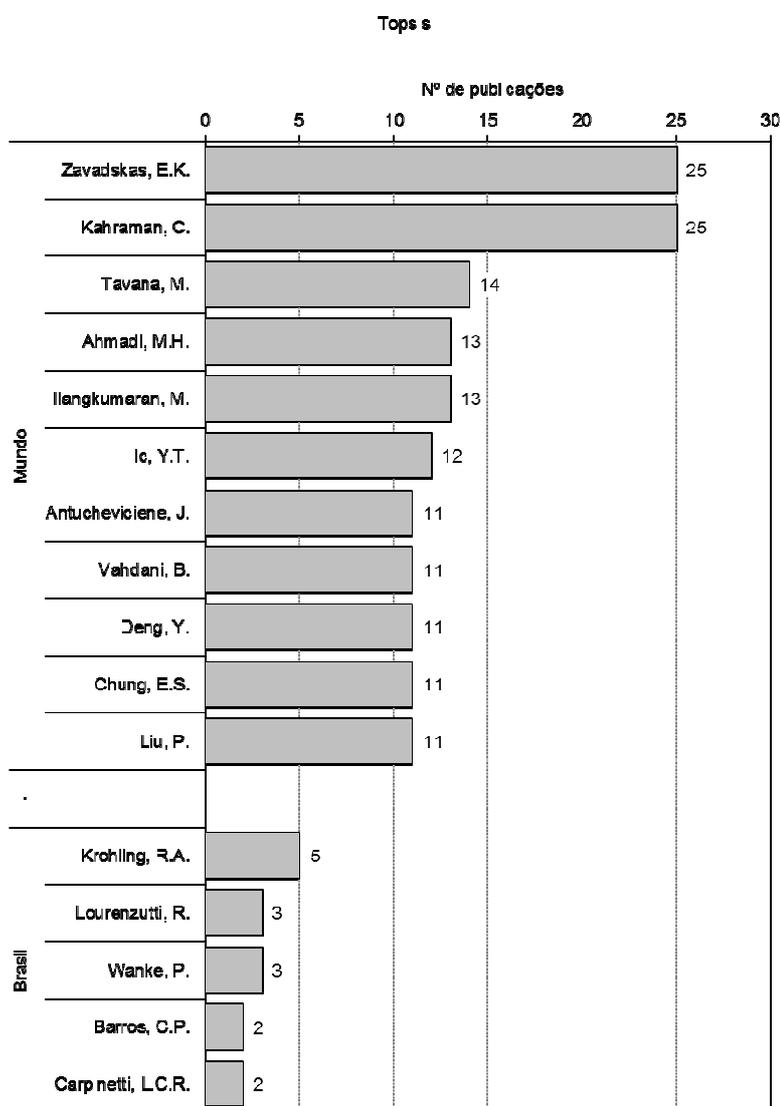
O Gráfico 31 fornece a análise das publicações por país, verifica-se que o Brasil lidera as publicações de artigos sobre o método Todim no mundo com 46,5%, seguido pela China com 34,9% das publicações e de Taiwan com 11,6%.



**Gráfico 31:** Análise das publicações por país utilizando o método Todim  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

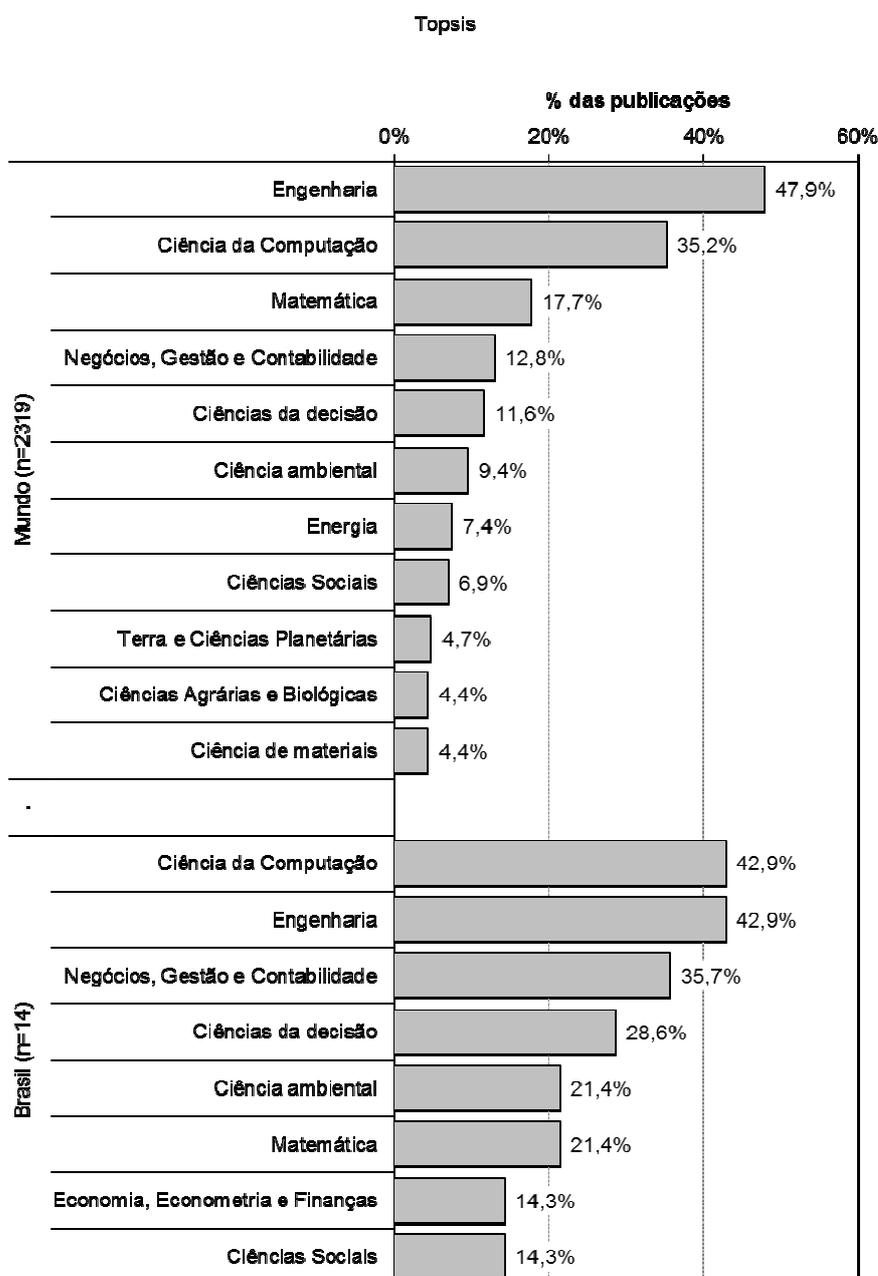
### 3.3.1.7. Estatísticas dos artigos pesquisados do método Topsis

No gráfico 32 encontra-se a distribuição dos artigos publicados quanto à autoria, permite verificar que Edmundas Kazimieras Zavadskas e Cengiz Kahraman são os autores com a maior quantidade de artigos publicados sobre o método Topsis no mundo, sendo 25 publicações. No Brasil, Renato Krohling com cinco artigos, é o autor que mais se destaca na publicação de artigos relacionados ao método.



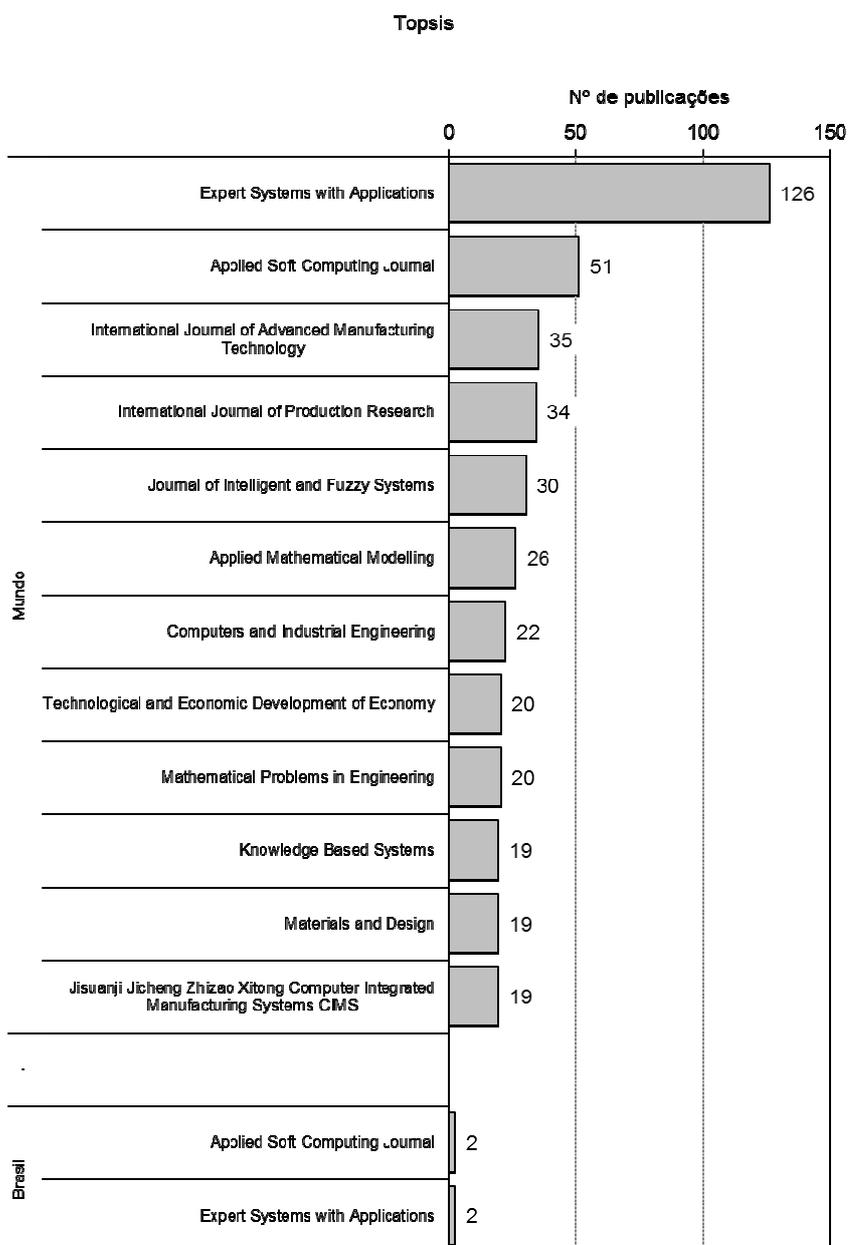
**Gráfico 32:** Análise das publicações por autor utilizando o método Topsis  
Fonte: Elaborada pelo autor (92016).

No que diz respeito à distribuição percentual por área de estudo dos artigos que abordaram o método Topsis, com a figura 33 permite observar que a maior parte das publicações do mundo está nas áreas de Engenharia com 47,9% e Ciência da Computação com 35,2% dos artigos publicados. No Brasil, as duas áreas também aparecem como as que possuem o maior percentual das publicações, ambas com 42,9%.



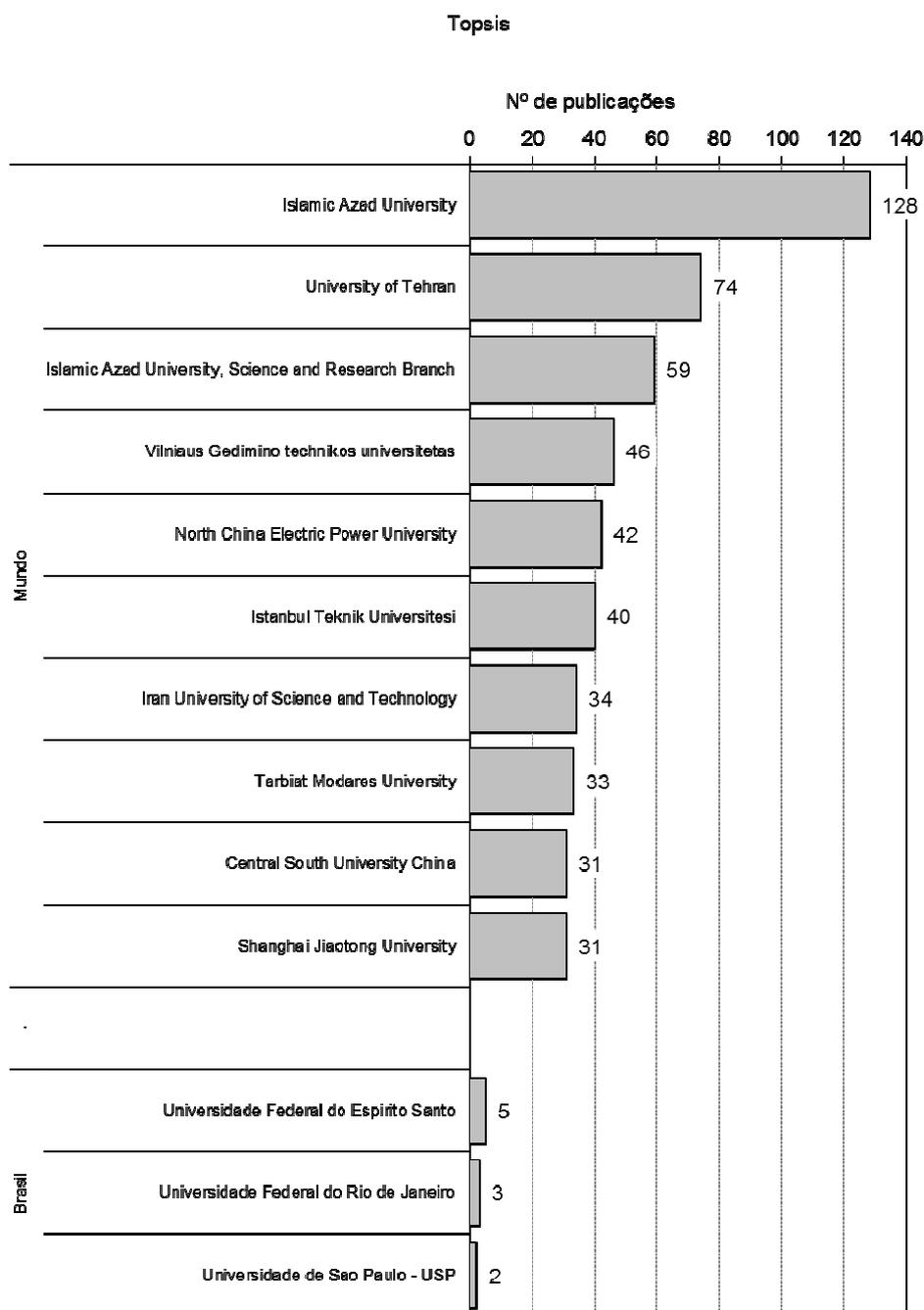
**Gráfico 33:** Análise das publicações por área de estudo utilizando o método Topsis  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Gráfico 34 verifica-se que dentre os periódicos que tiveram publicações sobre o método Topsis no mundo pode-se destacar dos demais a Expert Systems with Applications com 126 artigos, seguida pela Applied Soft Computing Journal com 51. Juntos estes dois periódicos forneceram uma quantidade relevante de publicações. No Brasil, os mesmos periódicos aparecem como os que mais publicaram ambos com dois artigos.



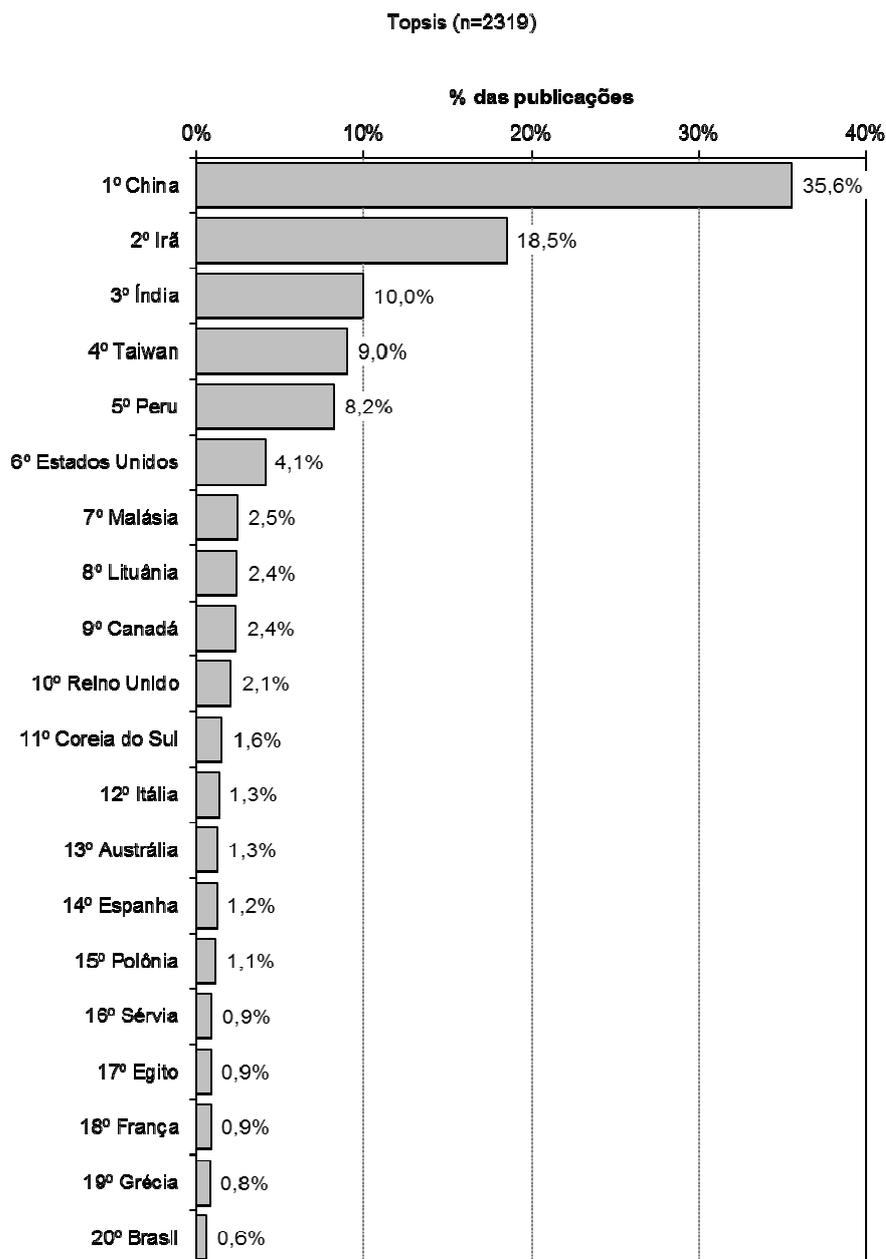
**Gráfico 34:** Análise das publicações por periódico utilizando o método Topsis  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

O gráfico 35, que possui uma análise da distribuição dos artigos que abordaram o método Topsis por instituições de ensino, permite verificar que a Islamic Azad University é referência em publicações no mundo, com 128 artigos. No Brasil, a Universidade Federal do Espírito Santo possui a maior quantidade de publicações com cinco artigos.



**Gráfico 35:** Análise das publicações por instituições de ensino utilizando o método Topsis  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

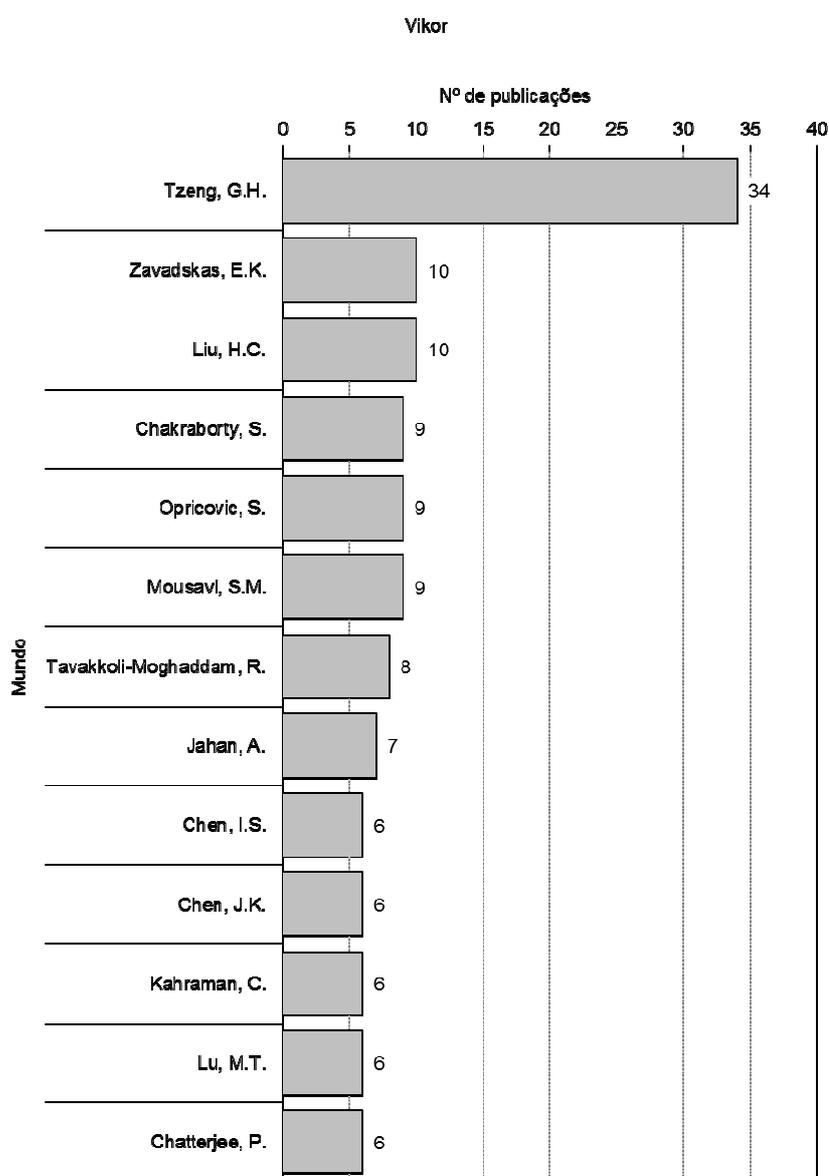
Percebe-se uma distribuição percentual dos artigos por país no gráfico 36. Observa-se que a China destaca-se dos demais países com 35,6% dos artigos publicados, seguida pelo Irã com 18,5% e pela Índia com 10%. É importante ressaltar que a quantidade de países publicaram artigos sobre o método foi significativa.



**Gráfico 36:** Análise das publicações por país utilizando o método Topsis  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

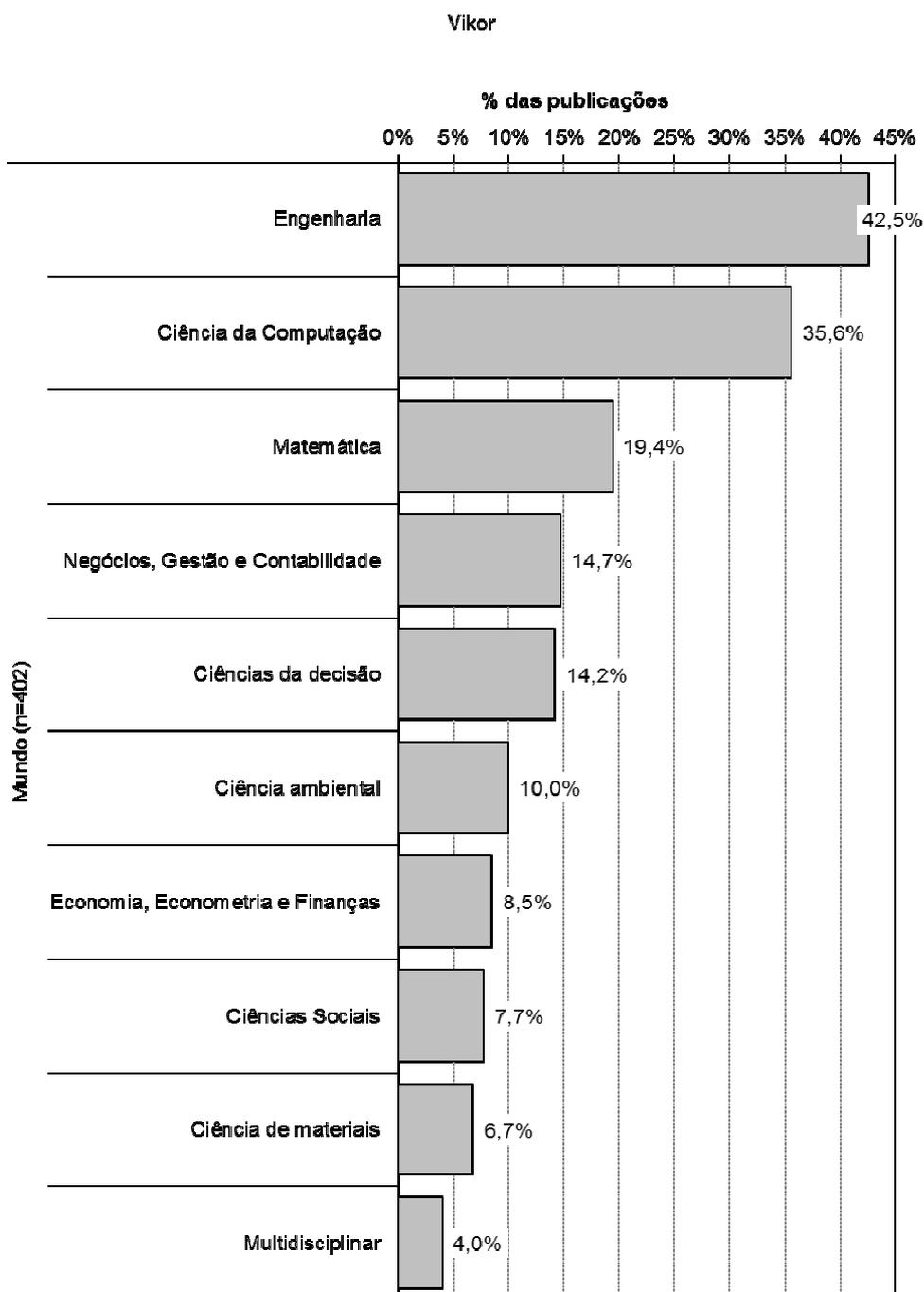
### 3.3.1.8. Estatísticas dos artigos pesquisados do método VIKOR

De acordo com o gráfico 37, que fornece a distribuição dos artigos quanto à autoria, Gwo-Hshiung Tzeng foi o autor com a maior quantidade de publicações sobre o método Vikor no mundo, com trinta e quatro artigos. Não foram encontrados registros de autores brasileiros que publicaram artigos relacionados ao método Vikor na base de dados Scopus.



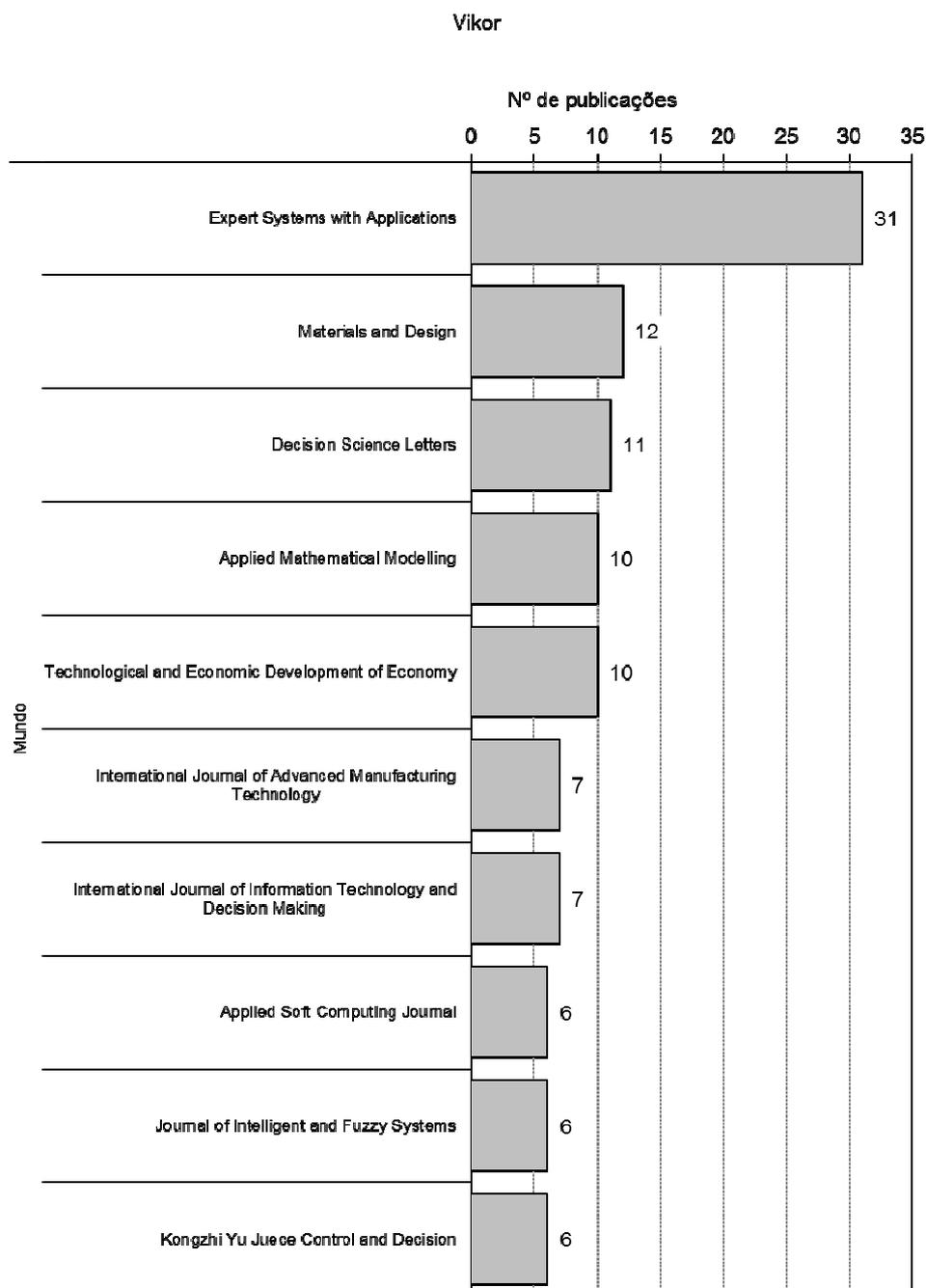
**Gráfico 37:** Análise das publicações por autor utilizando o método VIKOR  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Conforme o gráfico 38, que apresenta a distribuição dos artigos que abordaram o método Vikor por as áreas de estudos, observa-se que as áreas que mais se destacaram no mundo em publicações de artigos são: a Engenharia com 42,5%, a Ciência da Computação com 35,6% e a Matemática com 19,4%.



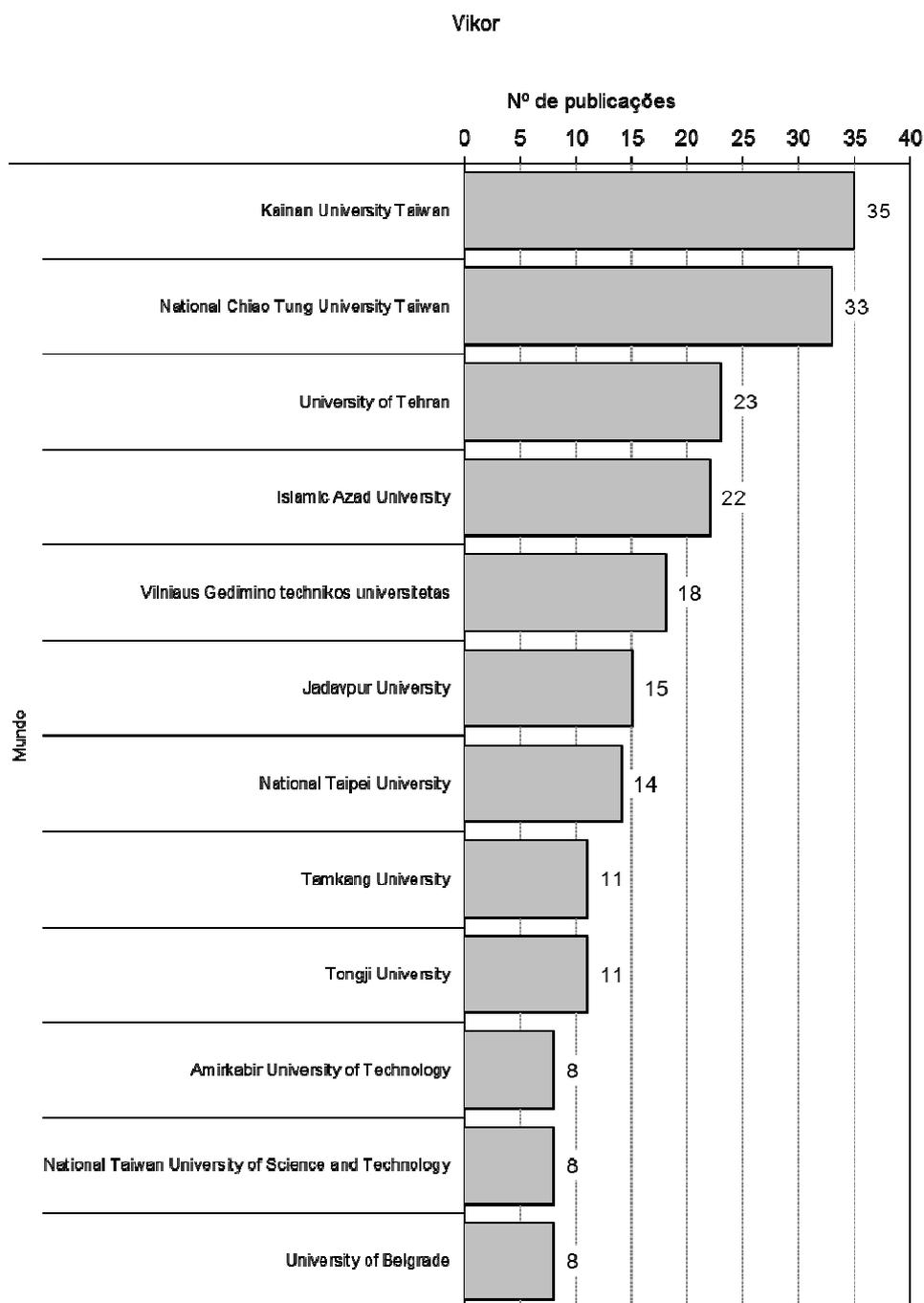
**Gráfico 38:** Análise das publicações por áreas de estudo utilizando o método VIKOR  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

No gráfico 39, que fornece uma análise das publicações por instituições de ensino, verifica-se que as instituições de maior destaque no mundo com publicações relacionadas ao método Vikor são Expert Systems with Applications, a Materials and Design e a Decision Science Letters, com 31, 12 e 11 publicações respectivamente.



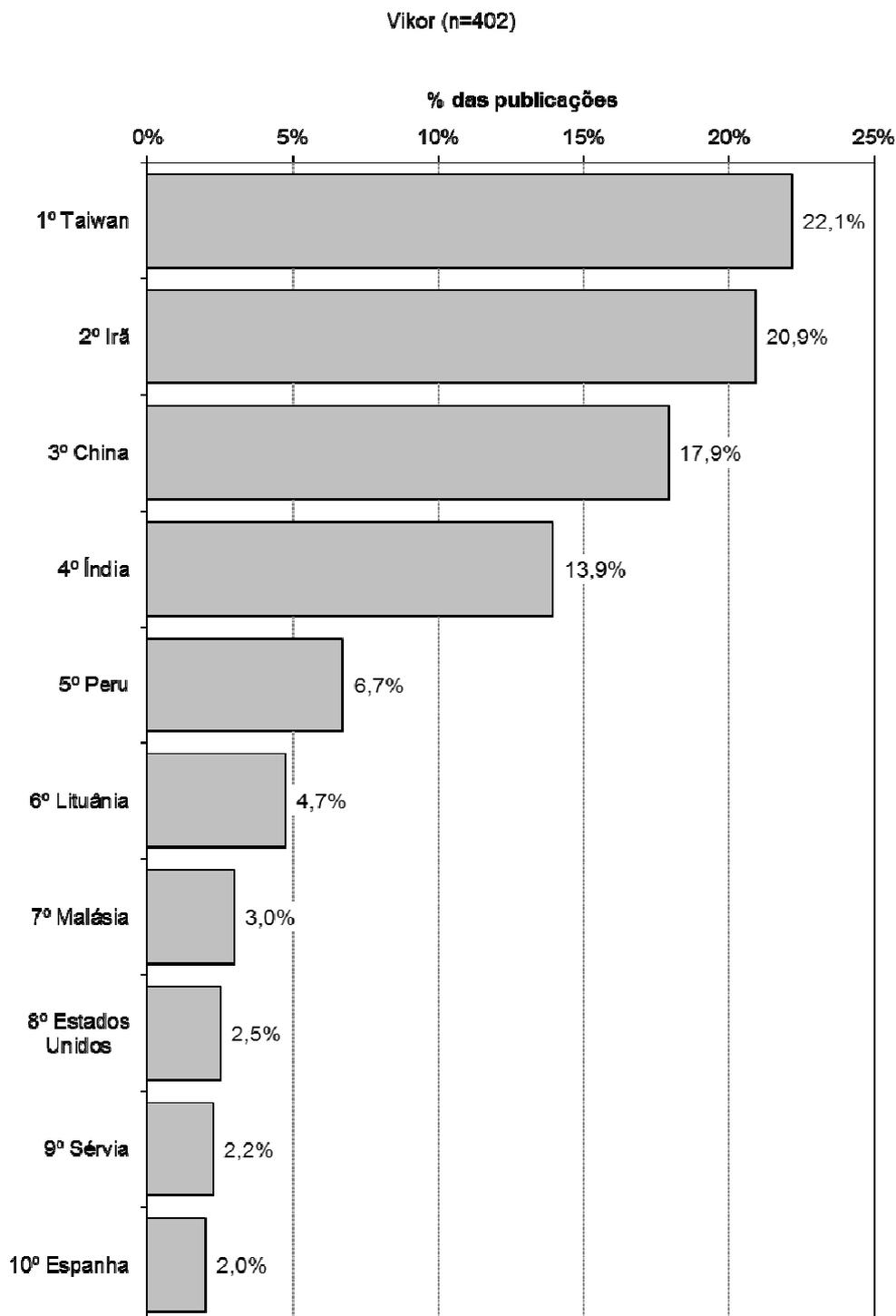
**Gráfico 39:** Análise das publicações por periódicos utilizando o método VIKOR  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Em relação, a análise das instituições de ensino que publicaram artigos sobre o método Vikor, verifica-se por meio do gráfico 40, que a Kainan University Taiwan, a National Chiao Tung University Taiwan e a University of Tehran, com 35, 33 e 23 publicações respectivamente, são as que mais se destacam no mundo.



**Gráfico 40:** Análise das publicações por instituições de ensino utilizando o método VIKOR  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

No gráfico 41, que apresenta uma análise das publicações por país, observa-se que o Taiwan é o país com o maior percentual de publicações, com 22,1%, seguido pelo Irã com 20,9% e pela China com 17,9%.



**Gráfico 41:** Análise das publicações por país utilizando o método VIKOR  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

### 3.3.2. Taxa de crescimento das publicações para cada um dos métodos MCDM

A tabela 4, que apresenta a taxa de crescimento anual de publicações dos métodos MCDM através de uma regressão exponencial, permite verificar que o método Vikor apresentou o maior aumento na quantidade de artigos publicados no período compreendido entre os anos de 2006 e 2015, com 49%. O método Todim aparece em segundo, com uma taxa de crescimento anual de 37,3%, seguido pelo método Topsis que aparece com uma taxa de 29,7%. E o método AHP apresenta a menor taxa de crescimento, com 13,8%.

**Tabela 4:** Taxa de crescimento anual de publicações dos métodos MCDM

Método	Regressão	R <sup>2</sup>	P	Taxa de crescimento anual
AHP	$\log Y = - 858,3 + 260,7 \log X$	92,6%	<0,001	13,8%
Electre	$\log Y = - 902,9 + 273,8 \log X$	89,7%	<0,001	14,6%
Promethee	$\log Y = - 1057 + 320,4 \log X$	87,7%	<0,001	17,3%
Todim	$\log Y = - 2107 + 638,0 \log X$	76,2%	0,001	37,3%
Macbeth	$\log Y = - 1521 + 460,6 \log X$	75,1%	0,001	25,7%
Topsis	$\log Y = - 1726 + 523,3 \log X$	95,2%	<0,001	29,7%
Maut	$\log Y = - 80,3 + 24,65 \log X$	0,0%	0,626	–
VIKOR	$\log Y = - 2649 + 802,5 \log$	88,0%	<0,001	49,0%

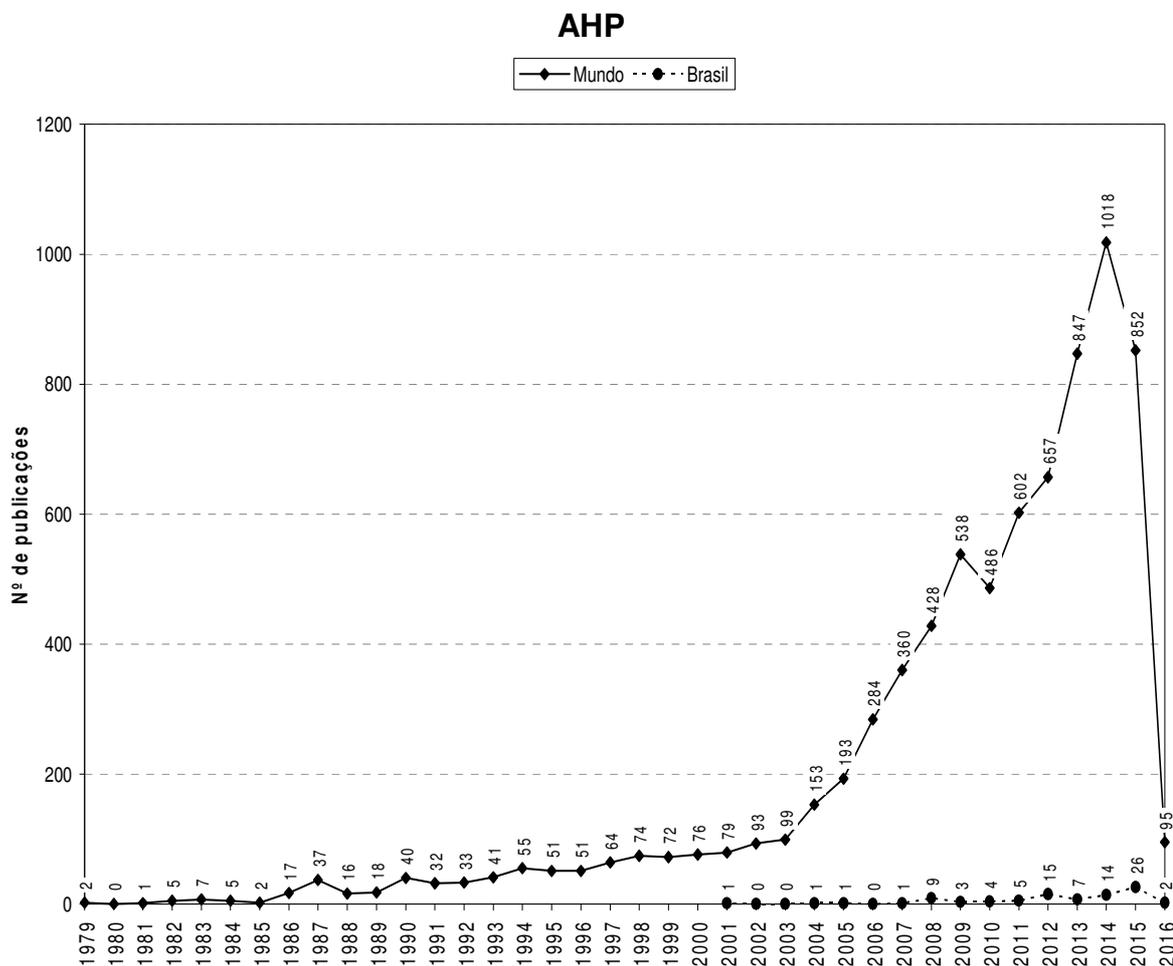
\*2006 a 2015

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

É de extrema importância salientar que todas as figuras de taxa de crescimento anual de publicações apresentadas nesta seção apresentam uma curva decrescente no ano de 2016, pois a pesquisa foi realizada no início do ano de 2016 e sendo assim o gráfico não apresenta a quantidade total de artigos publicados no ano em que foi realizada.

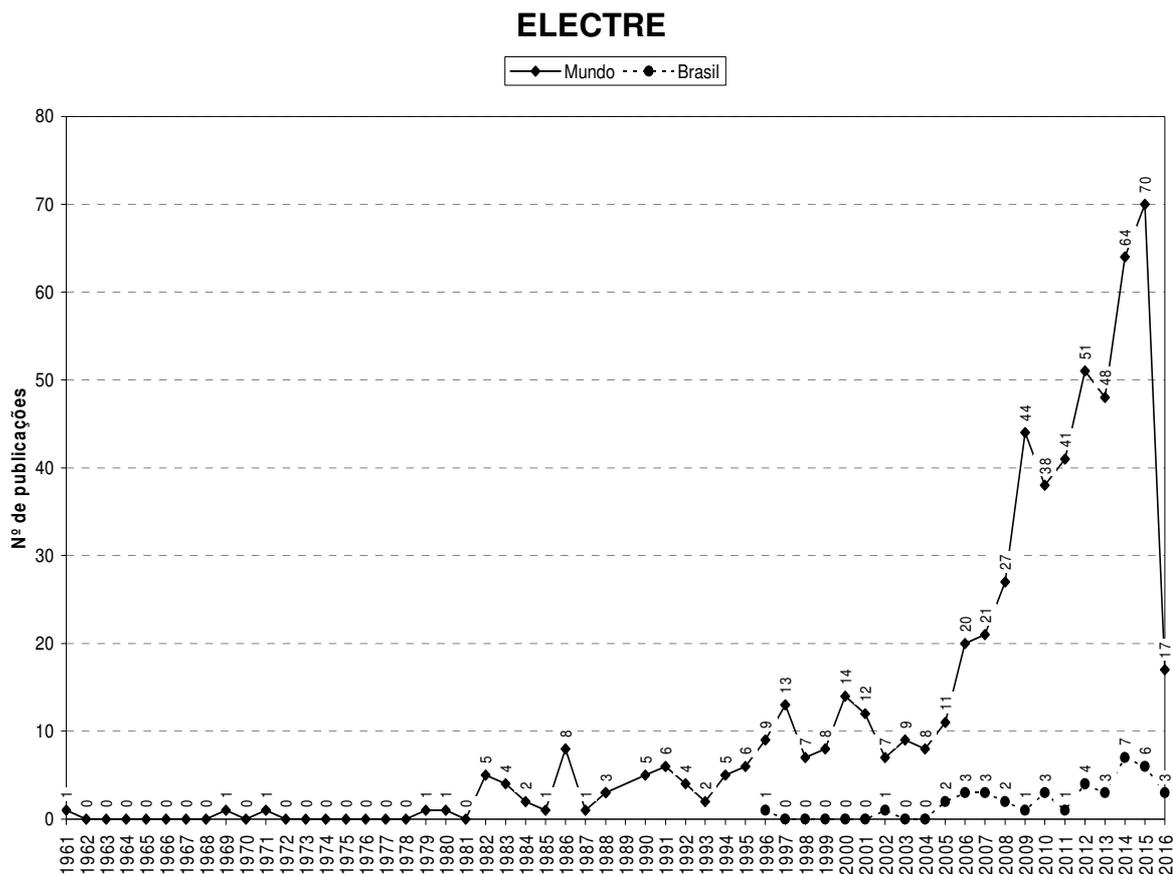
O gráfico 42 fornece os dados quantitativos da produção científica dos artigos relacionados ao método AHP no mundo e no Brasil agrupado por ano de publicação. Pode-se observar que os primeiros artigos encontrados sobre o método no mundo foram entre os anos de 1979 a 1986. Houve um aumento considerável na quantidade de publicações entre os anos de 2001 e 2014, a partir do ano de 2014 ocorreu uma diminuição na quantidade de publicações. No Brasil, o início das

publicações deu-se no ano de 2001 sendo que a maior incidência de publicações deu-se no ano de 2015.



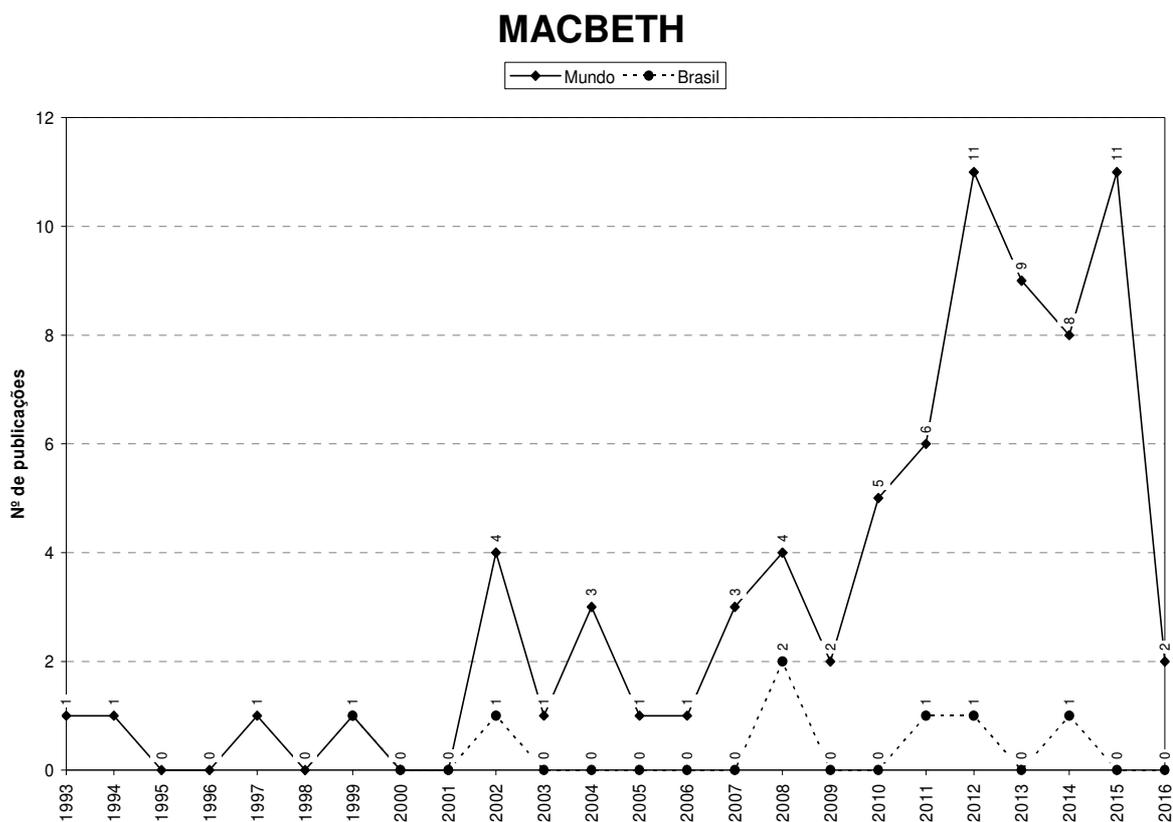
**Gráfico 42:** Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método AHP  
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Verifica-se por meio do gráfico 43, que fornece os dados quantitativos da produção científica dos artigos relacionados ao método Electre, que a primeira publicação do método no mundo ocorreu no ano de 1961. Durante os anos de 1962 a 1968 não houve publicações do método, sendo que o aumento significativo das publicações ocorreu entre os anos de 2005 e 2015. No Brasil, o início das publicações ocorreu no ano de 1996, tendo seu ápice no ano de 2014.



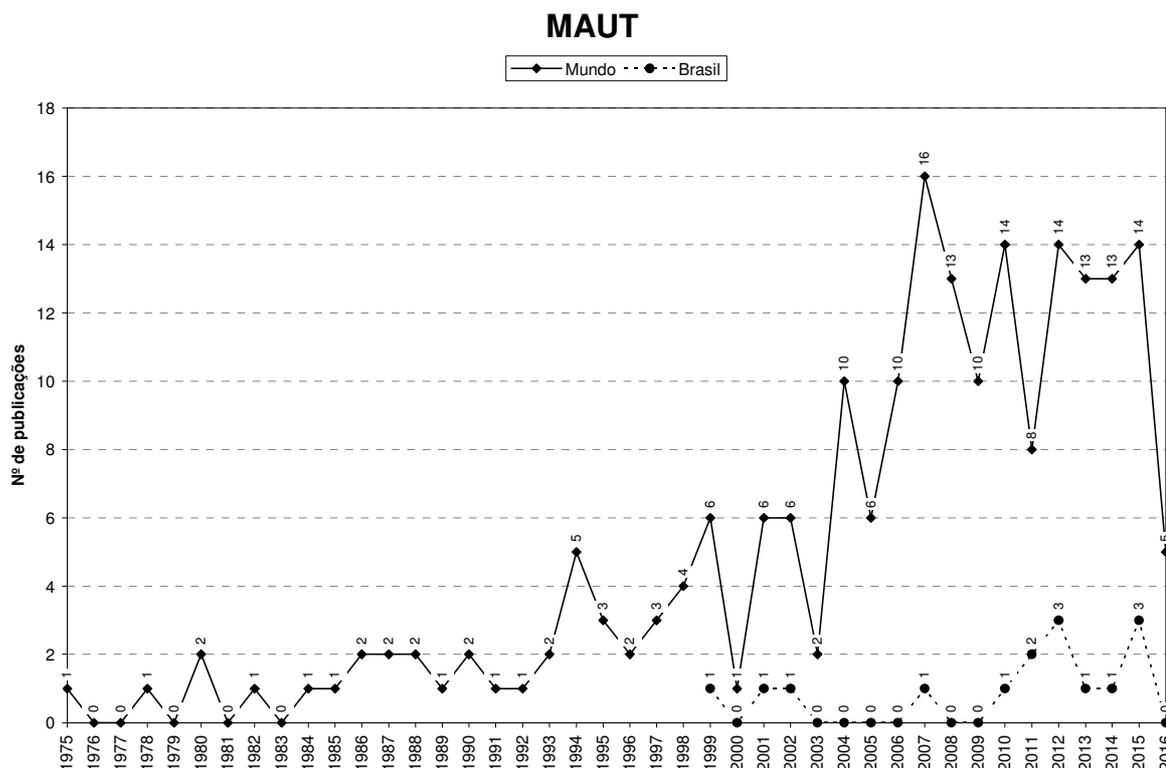
**Gráfico 43:** Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método ELECTRE  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Observam-se no gráfico 44, os dados quantitativos da produção científica dos artigos relacionados ao método Macbeth por ano de publicação. Os primeiros artigos encontrados sobre o método no mundo foram entre os anos de 1993 a 1999, o aumento na quantidade de publicações ocorreu entre 2010 e 2012. No Brasil, a primeira publicação ocorreu no ano de 2002, o ano de 2008 obteve a maior quantidade de publicações e no último ano não há registros de publicações.



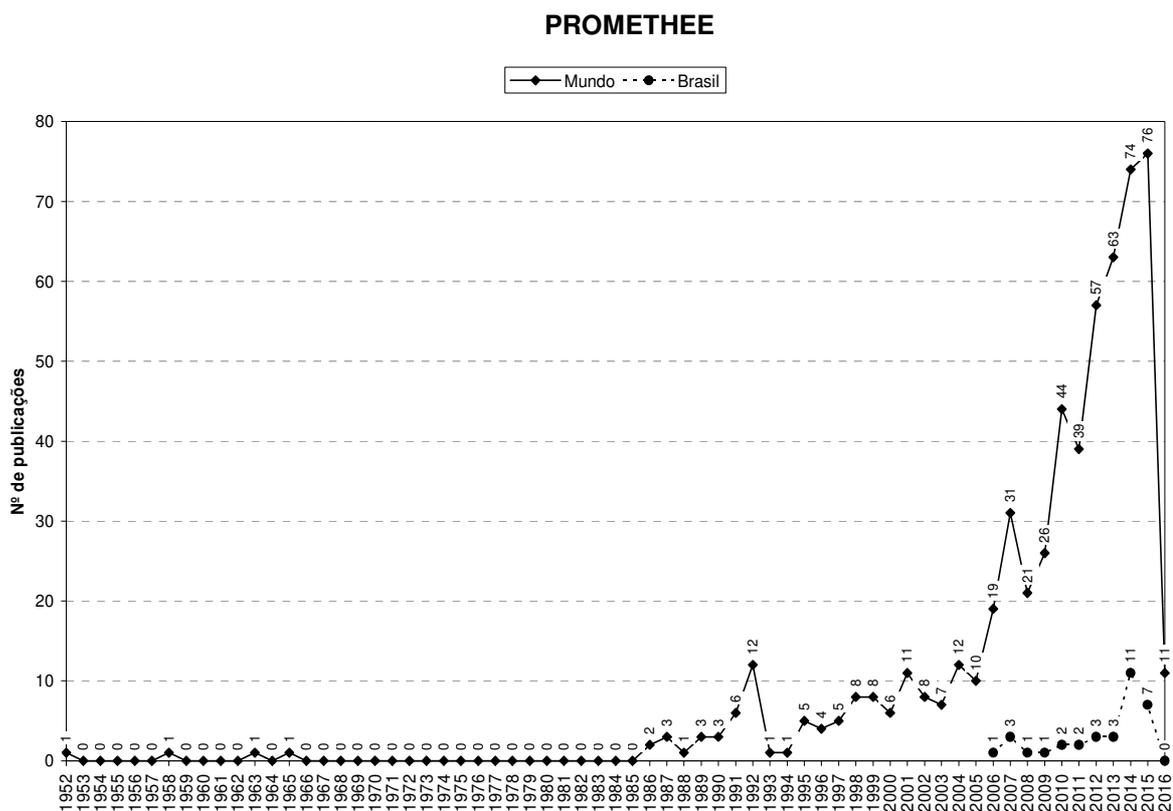
**Gráfico 44:** Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método MACBETH  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Em relação aos dados quantitativos da produção científica dos artigos relacionados ao método Maut por ano de publicação, o gráfico 45 permite constatar que os primeiros artigos publicados no mundo foram entre os anos de 1975 e 1980. A partir de 2005 deu-se o aumento na quantidade de publicações relacionadas ao método, registrando a maior quantidade no ano de 2007. Já no Brasil, as publicações tiveram início entre os anos 1999 a 2002, registrando a maior quantidade de publicações no ano de 2012.



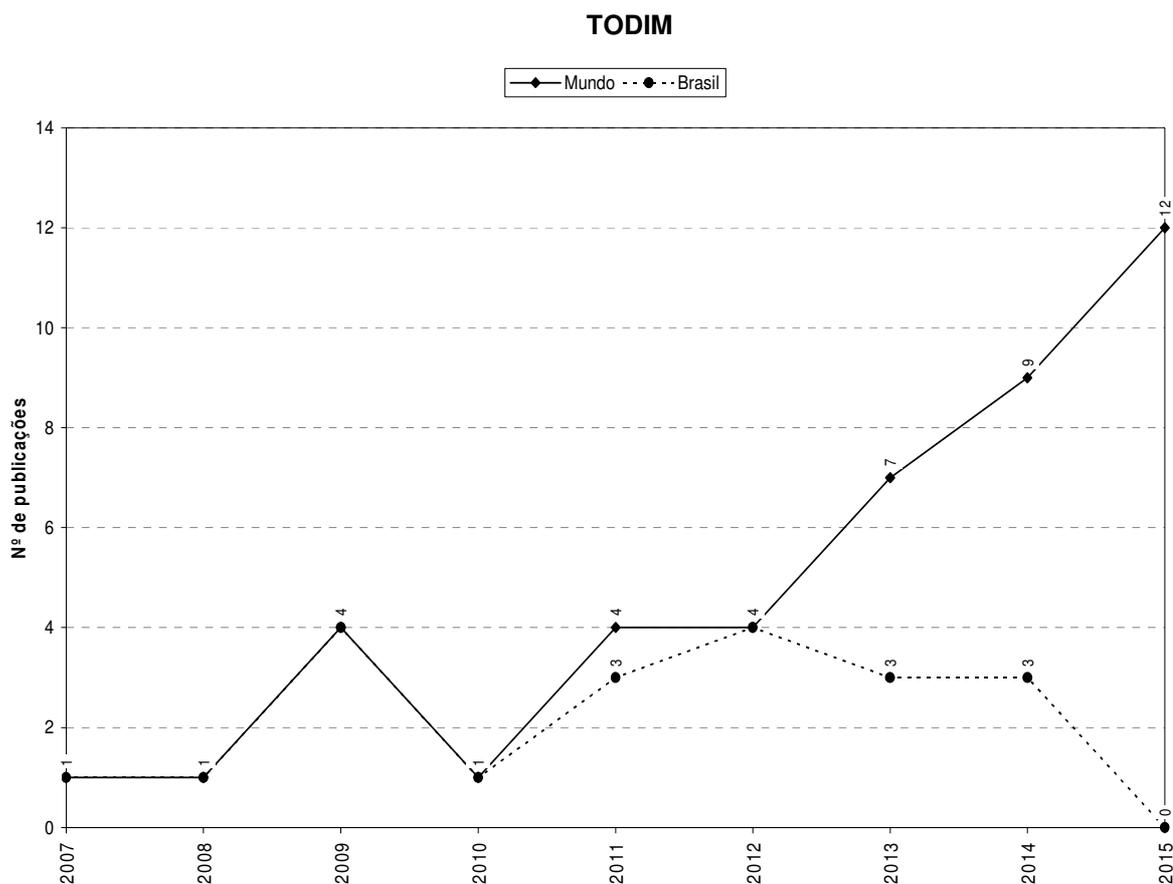
**Gráfico 45:** Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método MAUT  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

No que diz respeito à análise dos dados quantitativos da produção científica dos artigos relacionados ao método Promethee por ano de publicação, no gráfico 46 verifica-se que a primeira publicação no mundo aconteceu no ano de 1952, no entanto durante os anos de 1966 a 1985 não há registros de publicação. A partir de 2011 cresce a frequência de publicações por ano, sendo que em 2015 houve um ápice de artigos publicados. No Brasil, o primeiro registro de publicação deu-se no ano de 2006 e o ano de 2014 obteve o maior número de registro.



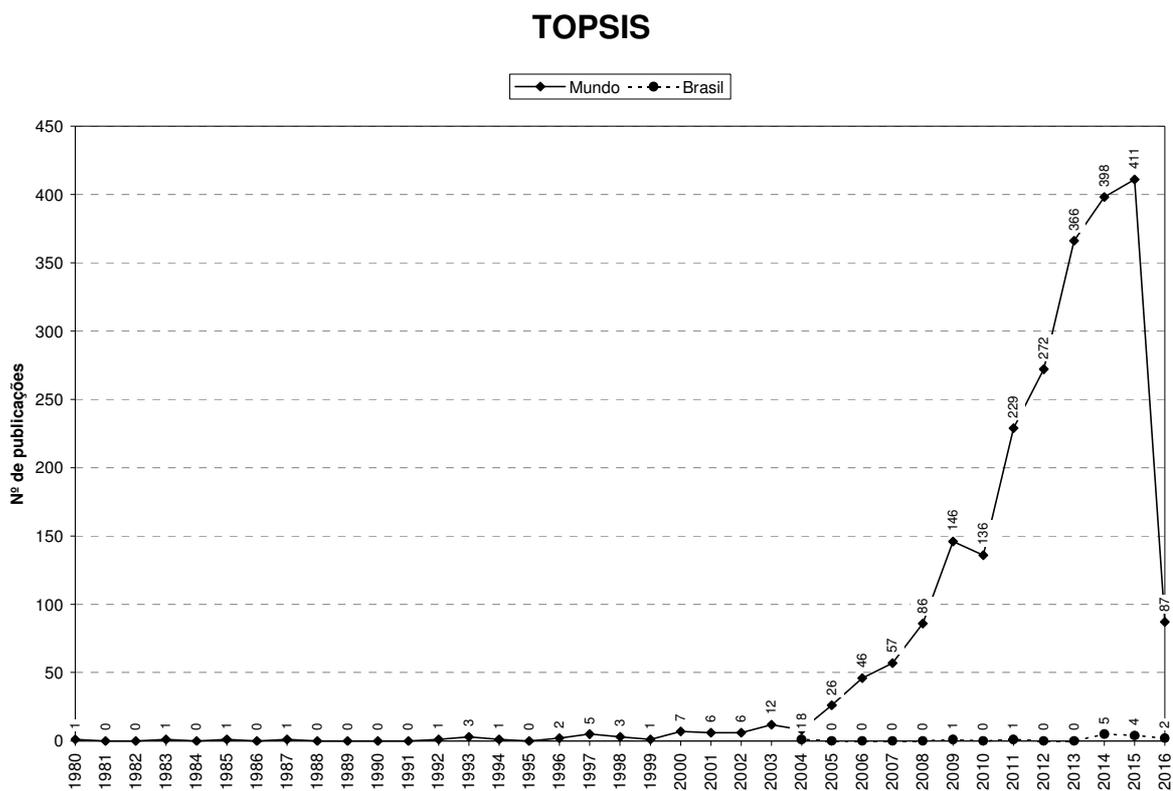
**Gráfico 46:** Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método Promethee  
 Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 47 fornece os dados quantitativos da produção científica dos artigos relacionado ao método Todim agrupados por ano de publicação. Observa-se o primeiro registro de publicação no mundo aconteceu no ano de 2007, a crescimento na quantidade de publicação aconteceu entre os anos de 2010 e 2015. No Brasil, a primeira publicação do método ocorreu no ano de 2010 sendo que o crescimento na quantidade de publicações manteve-se apenas até o ano de 2012.



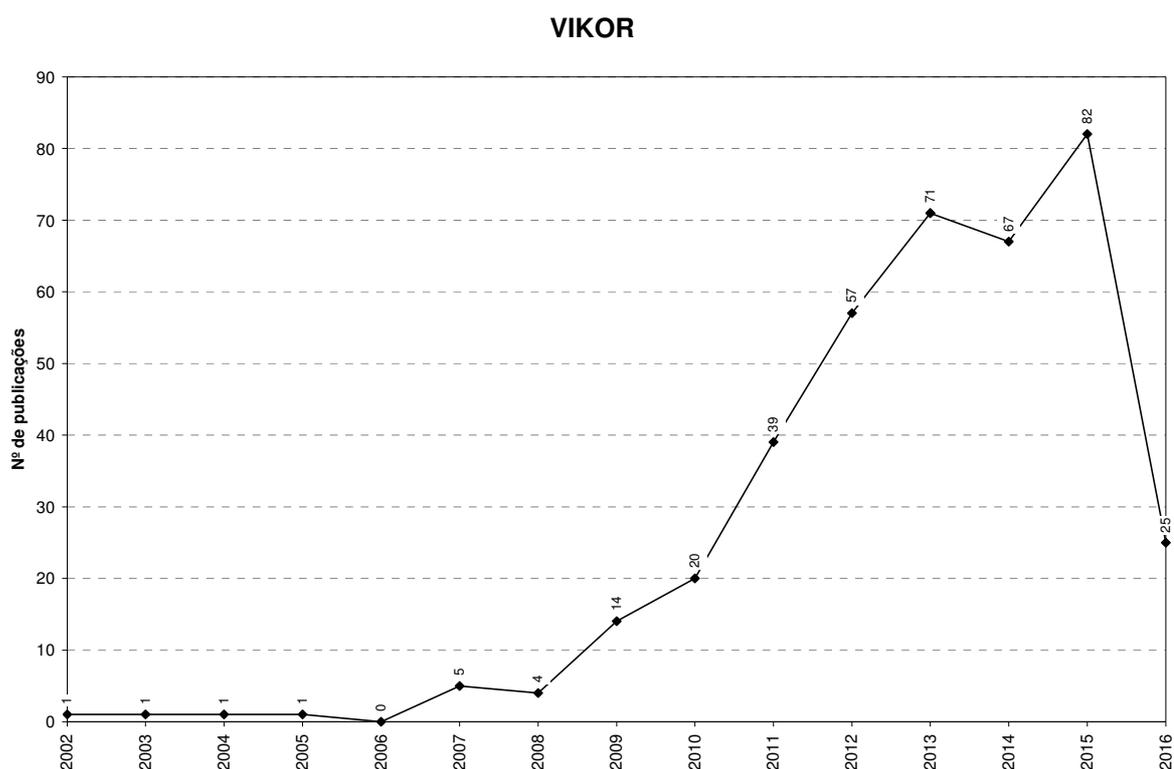
**Gráfico 47:** Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método TODIM  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Em relação aos dados quantitativos da produção científica dos artigos relacionados ao método Topsis por ano de publicação, o gráfico 48 permite verificar que a primeira publicação do método no mundo ocorreu no ano de 1980. O período que compreendeu a maior quantidade de publicações foi entre 2004 e 2015, tendo seu ápice neste último ano. No Brasil, a primeira publicação ocorreu em 2004, alcançando a maior quantidade de publicações em 2014.



**Gráfico 48:** Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método TOPSIS  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Observa-se no gráfico 49, que fornece os dados quantitativos da produção científica relacionado ao método Vikor por ano de publicação, que a primeira publicação no mundo ocorreu no ano de 2002, sendo que o ápice de artigos publicados ocorreu no ano de 2015 e que no ano de 2006 não houve registro de publicação. Não há registro de publicações no Brasil na base de dados Scopus.



**Gráfico 49.** Taxa de crescimento anual de publicações utilizando o método VIKOR  
 Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

### 3.3.3. Análise dos artigos no mundo e no Brasil por ano de publicação

Nesta seção é apresentada a análise dos 48 artigos selecionados através de uma breve descrição de cada um deles (Quadros 1,2,3,4 e 5). Da análise bibliométrica dos artigos selecionados resultaram 3 aspectos avaliados: reconhecimento pelo número de citações, os artigos mais recentes e os mais antigos. O objetivo principal desta análise é fornecer uma visão da evolução a respeito dos estudos sobre os métodos pesquisados. A síntese dos artigos é apresentada para cada um dos métodos, sendo que foram considerados os autores que mais publicaram no mundo e no Brasil.

MÉTODOS	REFERÊNCIAS
AHP	CARLI, P.C. de et al. Identification and prioritization of critical success factors in a digital factory implementation: [Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital]. <b>Produção</b> , São Paulo, v. 20, n. 4, p. 549-564, out. 2010.
	DONG, Qingxing; SAATY, Thomas L. An analytic hierarchy process model of group consensus. <b>J. Syst. Sci. Syst. Eng.</b> , [s.l.], v. 23, n. 3, p. 362-374, 28 ago. 2014. Springer Science + Business Media. <a href="http://dx.doi.org/10.1007/s11518-014-5247-8">http://dx.doi.org/10.1007/s11518-014-5247-8</a> .
	GONZÁLEZ, Frank Medel; SALOMON, Valério A.P.; ÁVILA, Lourdes García. Multi-criteria sustainability performance measurement: an application in Cuba. <b>Ijbsr</b> , [s.l.], v. 9, n. 4, p. 394-411, 2015. Inderscience Publishers. <a href="http://dx.doi.org/10.1504/ijbsr.2015.072586">http://dx.doi.org/10.1504/ijbsr.2015.072586</a>
	SAATY, T.I. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. <b>Revista de La Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales - Serie A: Matematicas</b> . [s.i.], p. 251-318. 2008.
	SAATY, Thomas L. Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process. <b>European Journal of Operational Research</b> , [s.l.], v. 74, n. 3, p. 426-447, maio 1994. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(94)90222-4">http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(94)90222-4</a> .
	SAATY, Thomas L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. <b>European Journal of Operational Research</b> , [s.l.], v. 48, n. 1, p. 9-26, set. 1990. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-i">http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-i</a>
	SAATY, Thomas L. The Modern Science of Multicriteria Decision Making and Its Practical Applications: The AHP/ANP Approach. <b>Operations Research</b> , [s.l.], v. 61, n. 5, p. 1101-1118, out. 2013. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). <a href="http://dx.doi.org/10.1287/opre.2013.1197">http://dx.doi.org/10.1287/opre.2013.1197</a> .
	SAATY, Thomas L.. The U.S.-OPEC energy conflict the payoff matrix by the Analytic Hierarchy Process. <b>International Journal of Game Theory</b> , [s.l.], v. 8, n. 4, p. 225-234, dez. 1979. Springer Science + Business Media. <a href="http://dx.doi.org/10.1007/bf01766708">http://dx.doi.org/10.1007/bf01766708</a> .
	SAATY, Thomas L.; SHANG, Jennifer S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based mutli-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. <b>European Journal of Operational Research</b> , [s.l.], v. 214, n. 3, p. 703-715, nov. 2011. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.05.019">http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.05.019</a> .
	SAATY, Thomas L.; VARGAS, Luis G. Hierarchical analysis of behavior in competition: Prediction in chess. <b>Syst. Res.</b> , [s.l.], v. 25, n. 3, p. 180-191, 1980. Wiley-Blackwell. <a href="http://dx.doi.org/10.1002/bs.3830250303">http://dx.doi.org/10.1002/bs.3830250303</a> .
	SALGADO, Eduardo G.; SALOMON, Valerio A.P.; MELLO, Carlos H.P. Analytic hierarchy prioritization of new product development activities for electronics manufacturing. <b>International Journal of Production Research</b> , [s.l.], v. 50, n. 17, p. 4860-4866, set. 2012. Informa UK Limited. <a href="http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2012.657972">http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2012.657972</a> .
	WIND, Yoram; SAATY, Thomas L. MARKETING APPLICATIONS OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS. <b>Management Science</b> . [s.i.], p. 641-658. jul. 1980

**Quadro 1.** Artigos que formam o portfólio de artigos para compor o referencial teórico sobre os métodos MCDM (1)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Métodos	REFERÊNCIAS
Electre	BARATA, José et al. Multi-Criteria Indicator for Sustainability Rating in Suppliers of the Oil and Gas Industries in Brazil. <b>Sustainability</b> , [s.l.], v. 6, n. 3, p. 1107-1128, 27 fev. 2014. MDPI AG. <a href="http://dx.doi.org/10.3390/su6031107">http://dx.doi.org/10.3390/su6031107</a>
	BOTTERO, M. et al. Dealing with a multiple criteria environmental problem with interaction effects between criteria through an extension of the Electre III method. <b>European Journal of Operational Research</b> , [s.l.], v. 245, n. 3, p. 837-850, set. 2015. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.005">http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.005</a> .
	COSTA, H.G. ELECTRE TRI applied to costumers satisfaction evaluation: [ELECTRE TRI aplicado a avaliação da satisfação de consumidores]. <b>Produção</b> , [s.i.], v. 17, n. 2, p. 230-245, maio 2007.
	ROY, B.; HUGONNARD, J.C. Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by a multicriteria method. <b>Transportation Research Part A: General</b> , [s.l.], v. 16, n. 4, p. 301-312, jul. 1982. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/0191-2607(82)90057-7">http://dx.doi.org/10.1016/0191-2607(82)90057-7</a>
	ROY, Bernard et al. The outranking approach and the foundations of electre methods. <b>Theory and Decision</b> , [s.l.], v. 31, n. 1, p. 49-73, jul. 1991. Springer Science + Business Media. <a href="http://dx.doi.org/10.1007/bf00134132">http://dx.doi.org/10.1007/bf00134132</a> .
	SANT', Annibal Parracho et al. CPP-TRI: a sorting method based on the probabilistic composition of preferences. <b>International Journal of Information And Decision Sciences</b> , [s.l.], v. 7, n. 3, p. 193-212, 2015. Inderscience Publishers. <a href="http://dx.doi.org/10.1504/ijids.2015.071372">http://dx.doi.org/10.1504/ijids.2015.071372</a> .
Macbeth	COSTA, C. A. Bana e. MACBETH — An interactive path towards the construction of cardinal value functions. <b>International Transactions In Operational Research</b> , [s.l.], v. 1, n. 4, p. 489-500, out. 1994. Wiley-Blackwell. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/0969-6016(94)90010-8">http://dx.doi.org/10.1016/0969-6016(94)90010-8</a> .
	COSTA, C.A. Bana e et al. Decision Support Systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. <b>European Journal of Operational Research</b> , [s.i.], v. 133, n. 2, p. 315-335, mar. 1999.
	FASOLO, Barbara; COSTA, Carlos A. Bana e. Tailoring value elicitation to decision makers' numeracy and fluency: Expressing value judgments in numbers or words. <b>Omega</b> , [s.l.], v. 44, p. 83-90, abr. 2014. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.006">http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.006</a> .
Maut	ALENCAR, Marcelo H.; ALMEIDA, Adiel T. de. A Multicriteria Decision Model for Assessment of Failure Consequences in the RCM Approach. <b>Mathematical Problems In Engineering</b> , [s.l.], v. 2015, p. 1-10, 2015. Hindawi Publishing Corporation. <a href="http://dx.doi.org/10.1155/2015/729865">http://dx.doi.org/10.1155/2015/729865</a> .
	ALMEIDA, A. T. de. Multicriteria modelling for a repair contract problem based on utility and the ELECTRE I method. <b>Ima Journal of Management Mathematics</b> , [s.l.], v. 13, n. 1, p. 9-37, 1 jan. 2002. Oxford University Press (OUP). <a href="http://dx.doi.org/10.1093/imaman/13.1.29">http://dx.doi.org/10.1093/imaman/13.1.29</a> .
	BAENA, M.D. Guerrero; GÓMEZ-LÍMON, J.A.; CARDOZO, J.V. Fruet. Are multi-criteria decision making techniques useful for solving corporate finance problems? A bibliometric analysis. <b>Revista de Metodos Cuantitativos Para La Economia y La Empresa</b> , [s.i.], v. 17, n. 1, p. 60-79, jan. 2014.
	GARCEZ, T. V.; ALMEIDA, A. T. de. Multidimensional Risk Assessment of Manhole Events as a Decision Tool for Ranking the Vaults of an Underground Electricity Distribution System. <b>IEEE Transactions On Power Delivery</b> , [s.l.], v. 29, n. 2, p. 624-632, abr. 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <a href="http://dx.doi.org/10.1109/tpwrd.2013.2273083">http://dx.doi.org/10.1109/tpwrd.2013.2273083</a> .
	GOMEZLIMON, J. Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. <b>Agricultural Economics</b> , [s.l.], v. 31, n. 1, p. 47-66, Jul. 2004. Wiley-Blackwell. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.agecon.2003.02.001">http://dx.doi.org/10.1016/j.agecon.2003.02.001</a> .
LOPES, Yuri Gama; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Assessment of synergies for selecting a project portfolio in the petroleum industry based on a multi-attribute utility function. <b>Journal of Petroleum Science and Engineering</b> , [s.l.], v. 126, p. 131-140, fev. 2015. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.petrol.2014.12.012">http://dx.doi.org/10.1016/j.petrol.2014.12.012</a> .	

**Quadro 2.** Artigos que formam o portfólio de artigos para compor o referencial teórico sobre os métodos MCDM (2)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

MÉTODOS	REFERÊNCIAS
Promethee	GU, Yao; NI, Yongnian; KOKOT, Serge. Solid Phase Excitation–Emission Fluorescence Method for the Classification of Complex Substances: Cortex Phellodendri and Other Traditional Chinese Medicines as Examples. <b>J. Phys. Chem. A</b> , [s.l.], v. 116, n. 36, p. 8949-8958, 13 set. 2012. American Chemical Society (ACS). <a href="http://dx.doi.org/10.1021/jp306051w">http://dx.doi.org/10.1021/jp306051w</a> .
	KOKOT, S. et al. Microwave digestion: an analysis of procedures. <b>Analytic Chimica Acta</b> , [s.l.], v. 259, n. 2, p. 267-279, abr. 1992. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/0003-2670(92)85376-h">http://dx.doi.org/10.1016/0003-2670(92)85376-h</a> .
	MORAIS, D.C. et al. PROMETHEE-ROC model for assessing the readiness of technology for generating energy. <b>Mathematical Problems In Engineering</b> , 2015.
	MORAIS, D.C.; ALMEIDA, A.T. de. Group decision-making for leakage management strategy of water network. <b>Resources, Conservation and Recycling</b> , [s.l.], v. 52, n. 2, p. 441-459, dez. 2007.
	MORAIS, D.c.; ALMEIDA, A.t.. Group decision model to manage water losses: [Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água]. <b>Pesquisa Operacional: Pesquisa Operacional</b> , [s.l.], v. 26, n. 3, p. 567-584, set. 2006.
	NI, Y.a et al. Spectrophotometric determination of metal ions in electroplating solutions in the presence of EDTA with the aid of multivariate calibration and artificial neural networks. <b>Analytica Chimica Acta</b> , [s.l.], v. 463, n. 2, p. 305-316, 22 jul. 2002.
Todim	GOMES, Luiz F. A. M.. Comparing two methods for multicriteria ranking of urban transportation system alternatives. <b>Journal of Advanced Transportation</b> , [s.l.], v. 23, n. 2-3, p. 217-219, jun. 1989. Wiley-Blackwell. <a href="http://dx.doi.org/10.1002/atr.5670230210">http://dx.doi.org/10.1002/atr.5670230210</a> .
	GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro; RANGEL, Luís Alberto Duncan. An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties. <b>European Journal of Operational Research</b> , [s.l.], v. 193, n. 1, p. 204-211, fev. 2009. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.10.046">http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.10.046</a> .
	PEREIRA, Javier; GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; PAREDES, Fernando. Robustness analysis in a TODIM-based multicriteria evaluation model of rental properties. <b>Technological and Economic Development of Economy</b> , [s.l.], v. 19, n. 1, p. 176-190, 19 dez. 2013. Vilnius Gediminas Technical University. <a href="http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2014.880753">http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2014.880753</a> .
	RANGEL, Luís Alberto Duncan; GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro. Determinação do valor de referência do aluguel de imóveis residenciais empregando o Método TODIM. <b>Pesquisa Operacional</b> , [s.l.], v. 27, n. 2, p. 357-372, ago. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <a href="http://dx.doi.org/10.1590/s0101-74382007000200009">http://dx.doi.org/10.1590/s0101-74382007000200009</a> .
Topsis	GHORABAE, Mehdi Keshavarz et al. Multi-Criteria Inventory Classification Using a New Method of Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS). <b>Informatica</b> , [s.l.], v. 26, n. 3, p. 435-451, 15 set. 2015. Vilnius University Press. <a href="http://dx.doi.org/10.15388/informatica.2015.57">http://dx.doi.org/10.15388/informatica.2015.57</a> .
	KROHLING, Renato A.; CAMPANHARO, Vinicius C. Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea. <b>Expert Systems With Applications</b> , [s.l.], v. 38, n. 4, p. 4190-4197, abr. 2011. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.081">http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.081</a> .
	KROHLING, Renato A.; LOURENZUTTI, Rodolfo; CAMPOS, Mauro. Ranking and comparing evolutionary algorithms with Hellinger-TOPSIS. <b>Applied Soft Computing</b> , [s.l.], v. 37, p. 217-226, dez. 2015. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2015.08.012">http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2015.08.012</a> .
	SCHNEIDER, E.R.F.A.; KROHLING, R.A. A hybrid approach using TOPSIS, Differential Evolution, and Tabu Search to find multiple solutions of constrained non-linear integer optimization problems. <b>Knowledge-based Systems</b> , [s.l.], v. 62, n. 1, p. 47-56, maio 2014.

**Quadro 3.** Artigos que formam o portfólio de artigos para compor o referencial teórico sobre os métodos MCDM (3)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

MÉTODOS	REFERÊNCIAS
Topsis	TUPENAITE, Laura et al. Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation. <b>Journal of Civil Engineering and Management</b> , [s.l.], v. 16, n. 2, p. 257-266, jan. 2010. Vilnius Gediminas Technical University. <a href="http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2010.30">http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2010.30</a> .
	ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras; ANTUCHEVICIENE, Jurgita. Development of an indicator model and ranking of sustainable revitalization alternatives of derelict property: a Lithuanian case study. <b>Sustainable Development</b> , [s.l.], v. 14, n. 5, p. 287-299, 2006. Wiley-Blackwell. <a href="http://dx.doi.org/10.1002/sd.285">http://dx.doi.org/10.1002/sd.285</a> .
	ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras; TURSKIS, Zenonas; TAMOŁAITIENE, Jolanta. Risk assessment of construction projects. <b>Journal of Civil Engineering and Management</b> , [s.l.], v. 16, n. 1, p. 33-46, jan. 2010. Vilnius Gediminas Technical University. <a href="http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2010.03">http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2010.03</a> .
Vikor	HU, Kuang-hua et al. Improving Corporate Governance Effects on an Enterprise Crisis Based on a New Hybrid DEMATEL with the MADM Model. <b>Journal of Testing and Evaluation</b> , [s.l.], v. 43, n. 6, p. 1395-1412, 10 out. 2014. ASTM International. <a href="http://dx.doi.org/10.1520/jte20140094">http://dx.doi.org/10.1520/jte20140094</a> .
	OPRICOVIC, S.; TZENG, G. H.. Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. <b>Computer-aided Civil and Infrastructure Engineering</b> , [s.i.], v. 17, n. 3, p. 211-220, maio 2002.
	OPRICOVIC, Serafim; TZENG, Gwo-hshiung. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. <b>European Journal of Operational Research</b> , [s.l.], v. 156, n. 2, p. 445-455, jul. 2004. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/s0377-2217(03)00020-1">http://dx.doi.org/10.1016/s0377-2217(03)00020-1</a> .
	OPRICOVIC, Serafim; TZENG, Gwo-hshiung. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. <b>European Journal of Operational Research</b> , [s.l.], v. 178, n. 2, p. 514-529, abr. 2007. Elsevier BV. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.01.020">http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.01.020</a> .

**Quadro 5.** Artigos que formam o portfólio de artigos para compor o referencial teórico sobre os métodos MCDM (5).

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

### 3.3.3.1. Análise dos artigos do método AHP

#### 3.3.3.1.1: Artigo publicado em 1990

Saaty (1990) teve como objetivo em seu trabalho apresentar um documento para servir como uma introdução ao Analytic Hierarchy Process – uma abordagem de tomada de decisão multicritério em que os fatores são organizados em uma estrutura hierárquica. Foram resumidos os princípios e a filosofia da teoria, dando informações gerais sobre o tipo de medição utilizados, suas propriedades e aplicações.

### 3.3.3.1.2: Artigo publicado em 1994

Saaty (1994) forneceu uma discussão detalhada com referências sobre os fundamentos do Analytic Hierarchy Process e em particular da medição relativa. Os pontos discutidos foram agrupados nas seguintes categorias: Estrutura no AHP – Hierarquias e Redes, Escalas de Medida, Julgamentos, Consistência e o Auto vetor, Síntese e Normativa vs. Descritiva. O documento também incluiu uma discussão sobre a patente e uma série de citações de hierarquia de reversões atribuídas a uma variedade de fatores que vão desde intransitividade ao procedimento invariância, que são pensados para ser inexplicável pela Teoria da Utilidade com o seu princípio subjacente para sempre preservar a hierarquia. O autor mostra que quando existe uma sinergia devido ao número de elementos do AHP pode ser utilizada tanto para preservar uma vez quando deseja preservá-la e permitir que ele se inverta, quando se deseja inverter.

### 3.3.3.1.3: Artigo publicado em 2008

Saaty (2008) cita a afirmação do grande matemático Henri Lebes de que fazer comparações diretas de objetos em relação a um imóvel é um processo matemático fundamental para derivar medidas, medindo objetos ao utilizar uma primeira escala conhecida e então comparando as medições de trabalho para as propriedades para as escalas de medida existente. O artigo propõe que as comparações diretas são necessárias para estabelecer medidas para propriedades intangíveis que não possuem escalas de medida. De acordo com o que foi apresentado, o valor derivado para cada elemento depende dos outros que são comparados com ele. Foi demonstrado como as escalas relativas podem ser obtidas fazendo comparações de pares através da utilização de julgamentos numéricos de uma escala absoluta de números. Tais medidas, quando utilizadas para representar as comparações podem ser relacionadas e combinadas para definir uma escala cardinal de números absolutos que é mais forte do que a escala de razão. Elas são necessárias quando fatores intangíveis devem ser somados e multiplicados entre si e com fatores tangíveis. Para derivar e sintetizar escalas relativas de forma sistemática, os fatores dispostos numa forma hierárquica ou estrutura de redes foram medidos de acordo

com os critérios representados dentro destas estruturas. O processo de fazer comparações para derivar escalas de medição foi ilustrado em dois tipos de decisões práticas da vida real, o confronto nuclear do Irã com o Ocidente na década do estudo e a construção de um parque da Disney em Hong Kong em 2005.

#### 3.3.3.1.4: Artigo publicado em 2014

Segundo Dong e Saaty (2014), na tomada de decisão em grupo, é necessário certo grau de consenso para a obtenção de um resultado significativo e válido. O artigo propunha um modelo de obtenção de consenso para um grupo usando o Analytic Hierachy Process (AHP). Foi oferecido suporte às pessoas para melhorar o seu nível de consenso de grupo por meio de uma atualização de seus julgamentos. No modelo proposto, um moderador sugere ao tomador de decisão mais discordante para atualizar seu julgamento em cada etapa. O modelo de obtenção de consenso proposto permitia aos tomadores de decisão aceitar ou rejeitar a sugestão do moderador. Tal modelo assegura que a atualização do julgamento é eficaz e a solução final será de consistência aceitável. Por fim, um exemplo numérico foi dado para ilustrar a validade do modelo alcançado de consenso proposto.

#### 3.3.3.1.5: Artigo publicado em 2013

Saaty (2013) apresenta um resumo da parte matemática discreta do seu trabalho, o Analytic Hierarchy Process (AHP) e sua generalização à dependência e *feedback*, o Analytic Network Process (ANP), para medir fatores tangíveis e intangíveis, especialmente quando aplicado à tomada de decisão. O autor explica que os fatores da decisão são organizados em estruturas hierárquicas ou de rede e os julgamentos são feitos pelo tomador de decisão, ou por um perito, sobre o elemento dominante para cada par em relação a uma propriedade comum. De simples julgamentos sobre dois elementos de cada vez com respeito a uma propriedade comum, vetores prioritários são obtidos os quais são combinados ao longo de toda estrutura para dar o melhor resultado para uma decisão. Os julgamentos podem ser inconsistentes, e não há uma maneira matemática para medir inconsistência para que os julgamentos periféricos possam ser revistos pelo

decisor de uma forma aceitável ou uma decisão pode ser adiada até que a informação mais consistente seja obtida. Em aplicações práticas utilizando estruturas hierárquicas ou de rede, as decisões são muitas vezes analisadas em partes separadas para os seus benefícios, oportunidades, custos e riscos, e os resultados são então combinados de forma adequada em uma síntese global dessas prioridades. A matemática foi generalizada na literatura para o Processo de Rede Neural (PNN), o caso contínuo para modelar como o cérebro sintetiza sinais. O autor afirma ter havido uma grande diversidade de aplicações ao longo dos últimos 30 a 40 anos. Por fim, uma breve menção é feita de outros métodos de tomada de decisão e como AHP / ANP pode ser comparado a eles.

#### 3.3.3.1.6: Artigo publicado em 2011

Saaty (2011) abordou em seu trabalho uma estrutura baseada em Analytic Hierarchy Process inovadora, desenvolvido para capturar a relação entre os vários níveis de atividades contribuídas por pessoas para a sociedade. Conforme explicitados pelo autor objetos físicos têm extensão generalizada e graus de importância que muitas vezes diferem por várias ordens de magnitude. Da mesma maneira, os pensamentos e os critérios mentais ocorrem em entidades amplamente heterogêneas que têm de ser classificados e organizados em grupos homogêneos de alguns elementos em cada grupo, permitindo avaliar as relações entre eles com precisão, desde o menor até o maior. Através de uma estrutura para fatores com transição harmoniosa que é possível derivar prioridades confiáveis de julgamentos especializados. O modelo proposto permitia a tomada de decisões e alocação de recursos de forma detalhada. O arranjo e a avaliação de alternativas diferem de um critério para outro, o que aumenta a complexidade da empresa quando as alternativas são heterogêneas. Conclui-se que a abordagem coerente para estruturar decisões complexas com o Analytic Hierachy Process possibilita transcender a complexidade de lidar de uma forma científica com o problema de ordens generalizadas de magnitude de critérios e alternativas em uma decisão complexa.

#### 3.3.3.1.7: Artigo publicado em 1980

No trabalho proposto por Wind e Saaty (1980) é apresentada uma revisão de várias aplicações do Analytic Hierachy Process (AHP) de marketing. É dada uma breve descrição do processo. Apresenta-se também a discussão de uma série de aplicações ilustrativas do AHP que abrangem as seguintes áreas: as decisões de portfólio de uma empresa cuja gestão está preocupada com a determinação do portfólio alvo desejado e alocação de recursos entre seus componentes; a determinação dos caminhos para o desenvolvimento de novos produtos e geração e avaliação de estratégias de marketing mix. São realçadas várias sugestões para pesquisas adicionais sobre o AHP e suas aplicações de marketing.

#### 3.3.3.1.8: Artigo publicado em 1980

Saaty e Vargas (1980) utilizaram o processo de análise hierárquica para combinar características técnicas e comportamentais dos jogadores de xadrez e prever o resultado de um jogo de campeonato. O método também se aplica à tomada de decisão em sistemas vivos em nível de grupo. A abordagem foi lida com as entradas (Know – how dos jogadores) de um sistema (o tabuleiro de xadrez e seu ambiente circundante psicológico), a transformação da entrada no sistema através do jogo real, e com suas saídas (resultado da partida). A tarefa principal foi avaliar a qualidade da entrada derivando um índice relativo de poder dos jogadores através da identificação dos fatores relevantes, cuja totalidade pudesse determinar o resultado. O resultado da análise foi uma estimativa do número total de jogos que dois jogadores iriam jogar, juntamente com os números de jogos ganhos por cada jogador. Por fim, foi analisada a sensibilidade dos resultados às mudanças nas expectativas dos concorrentes.

#### 3.3.3.1.9: Artigo publicado em 1979

Saaty (1979) estudou em seu trabalho o conflito de petróleo dos EUA e da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) e calculou a matriz de

compensação para cada um dos dois jogadores usando o Analytic Hierarchy Process primeiramente pela avaliação das estratégias de cada jogador de acordo com os seus méritos intrínsecos e, em seguida, de acordo com seus pontos fortes quando considerados contra cada uma das estratégias do adversário. Os dois resultados foram compostos para derivar a matriz pay-off. Em seguida, foram identificados retornos de equilíbrio possibilitando discutir as estratégias.

#### 3.3.3.1.10: Artigo publicado em 2012

Salgado, Salomon e Mello (2012) propuseram conceituar o desenvolvimento de novos produtos (NPD) como sendo um processo gerencial realizado por muitas atividades. O trabalho desenvolvido por eles teve como objetivo apresentar a aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) para priorizar as atividades de NPD para empresas de fabricação de produtos eletrônicos. A modelagem matemática foi o método de pesquisa adotado. O estudo foi realizado num pólo de eletrônica localizada na região sudeste do Brasil. Por este motivo, 10 das 42 atividades de um modelo NPD foram sugeridas a ser excluído para as empresas de eletrônicos. Tais atividades têm menos de 0,5% prioridade geral. Os resultados da aplicação AHP foram recebidos por especialista de empresas NPD.

#### 3.3.3.1.11: Artigo publicado em 2015

Conforme González, Salomon e Ávila (2015) a sustentabilidade tornou-se um grande desafio a ser resolvido em organizações de todos os setores. Tornou-se essencial demonstrar o compromisso das organizações, incluindo as questões ambientais e sociais em processos de gestão e decisões. O objetivo do trabalho foi apresentar um modelo de rede para medir o desempenho de sustentabilidade empresarial e sua aplicação prática. O modelo foi desenvolvido utilizando a combinação de diferentes ferramentas de gestão como Balanced Scorecard, sistemas de medição de desempenho e matriz estratégica de alinhamento sustentável. Processo de rede analítica e análise hierárquica como métodos multicritério foram combinados no modelo. A aplicação em quatro empresas de médio porte localizadas em Cuba permitiu identificar problemas e oportunidades

críticas para a melhoria na relação com o desempenho de sustentabilidade. Concluiu-se que apesar das limitações reconhecidas no modelo, pode ser uma ferramenta útil para as organizações.

#### 3.3.3.1.12: Artigo publicado em 2010

Para Carli et al. (2010) a fábrica digital é um conceito que melhora a colaboração entre os processos de desenvolvimento de produto. Apesar dos benefícios trazidos por esse conceito podem ocorrer falhas na sua implementação. O objetivo do trabalho foi apresentar os fatores críticos de sucesso na implementação de um projeto de fábrica digital em uma empresa brasileira. Tais fatores foram identificados por um estudo exploratório sobre a implementação de Enterprise Resource Planning e Product Lifecycle Management entre outros sistemas. Seguindo esta identificação, os fatores foram priorizados usando o método Delphi e o Processo de Análise Hierárquica; essa avaliação foi realizada por profissionais de empresas que implementam projetos Fábrica Digital, no Brasil e no exterior. Foram identificados nove fatores. As cinco prioridades principais foram: Suporte contínuo e compromisso da gestão de topo; reengenharia de negócios abrangente; parceiros qualificados e experientes; participação e compromisso de usuários; e papel apropriado do Gerente de Projeto.

#### 3.3.3.2. *Análise dos artigos do método Electre*

##### 3.3.3.2.1 Artigo publicado em 1991

Roy et al. (1991) descreve na primeira parte do seu trabalho, as principais características de problemas do mundo real para o qual a abordagem de classificação superior é apropriada e foi apresentado o conceito de relações de classificação superior. A segunda parte é dedicada a ideias e conceitos básicos utilizados para a construção de relações de sobreclassificação. A definição de tais relações de classificação superior é dada para os principais métodos Electre na parte 3. A parte final do trabalho é dedicada a algumas considerações práticas.

### 3.3.3.2.2 Artigo publicado em 2015

O ponto de partida do trabalho de Bottero et al. (2015) foi um pedido feito por um tomador de decisão. Foram comparados cinco projetos alternativos para a requalificação de uma pedreira abandonada. O trabalho feito não era para ajudar na tomada de decisão, como tal, mas sim para uma comparação de diferentes projetos. Em particular, eles estavam interessados no ranking dos projetos considerados com base em seis critérios diferentes. Uma extensão do método Electre III com interações entre pares de critérios foi aplicada na pesquisa. Foi formado um grupo de foco de especialistas (em avaliação econômica, engenharia ambiental e ecologia da paisagem) para estar no comando do processo conducente à atribuição de valores numéricos para os pesos e coeficientes de interação. Os autores relataram a forma como o processo evoluiu e sobre as dificuldades que encontraram na obtenção de conjuntos consensuais de valores. Tendo em conta estas dificuldades, foram considerados outros conjuntos de pesos e coeficientes de interação. O objetivo deles era também estudar o impacto sobre a classificação final do fato de que estes valores numéricos, designados para os parâmetros, não eram perfeitamente definida. Isto permitiu a eles formularem conclusões sólidas que foram apresentadas aos membros do grupo de foco.

### 3.3.3.2.3 Artigo publicado em 1982

O trabalho de Roy e Hugonnard (1982) trata de um problema de programação, ou seja, a elaboração de um ranking de 12 projetos de extensão de linhas suburbanas no sistema de metrô de Paris. Foi concebido para este propósito um método específico multicritério, Electre IV. Com base nos conceitos de “pseudo-critério” e de “classificação superior”, que leva a um ranking parcial final estabelecido sem qualquer tipo de ponderação dos critérios. Depois de uma declaração do problema, o documento descreve os princípios e as três etapas do método. Uma discussão final sobre os resultados foi feita, estabelecendo sua validade, em tal caso, bem como para diversas outras aplicações.

#### 3.3.3.2.4 Artigo publicado em 2007

Conforme Costa (2007), abordagens usuais para identificar as percepções de clientes sobre o serviço são baseadas em avaliações subjetivas sob vários critérios. Geralmente, uma função de agregação com base no método da média ponderada é usada para resolver este tipo de problema, a despeito dos problemas compensatórios que ela causa. O trabalho em questão explora a aplicação de um método baseado em MCDM, a fim de resolver este problema. Uma abordagem original para os parâmetros estimados P e Q em ELECTRE TRI é inserido na construção de modelos, incorporando robustez à proposta. Além disso, observa-se uma abordagem original para análises de incomparabilidade. Por fim, uma aplicação da proposta é experimentada em uma loja de doces para avaliar a satisfação do consumidor.

#### 3.3.3.2.5 Artigo publicado em 2015

Sant et al. (2015) desenvolveram em seu trabalho uma abordagem para a classificação com base na randomização da decisão tricotômica sobre classificar uma alternativa como superior, inferior ou indiferente a um determinado número de perfis. As alternativas a serem classificadas e os perfis representativos são determinados por performances sob vários critérios. A alternativa é atribuída à categoria para a qual a probabilidade de ser acima e abaixo de tal categoria está mais próxima uma da outra. Um desenvolvimento anterior neste fluxo é ELECTRE TRI-NC. Resultados de aplicação da nova abordagem foram comparados com os obtidos em um pedido anterior de ELECTRE TRI-NC. Uma segunda análise explorou o novo método, quando aplicado a uma situação em que avaliações vêm de um grupo de pessoas, em vez de apenas um avaliador. A robustez da abordagem também foi testada comparando as classificações das regras benevolentes e exigentes. Os resultados da aplicação das regras diferentes foram semelhantes.

### 3.3.3.2.6. Artigo publicado em 2014

Segundo Barata et al. (2014), a necessidade de avaliação da sustentabilidade está crescendo rapidamente juntamente com a expansão da civilização. Da mesma forma, a melhoria da adequação da cadeia de suprimentos é uma necessidade que surgiu na indústria do petróleo, especialmente no que é responsável pela maior parte das emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera. A modelagem deste tipo de problema aborda vários critérios de avaliação. O artigo propõe uma abordagem original de múltiplos critérios baseada na classificação do grau de sustentabilidade organizacional. A proposta foi aplicada para avaliar um conjunto representativo de empresas, que são fornecedores da indústria de petróleo brasileira. A coleta de dados foi apoiada por um questionário. Os resultados comprovaram que as empresas estudadas ainda não atingiram um nível avançado de maturidade no contexto da sustentabilidade. Em uma visão abrangente de sustentabilidade baseado em Triplo Bottom Line (TBL), essas empresas encontravam-se na fase inicial ou em fase de implementação das práticas de sustentabilidade.

### 3.3.3.3. *Análise dos artigos do método Macbeth*

#### 3.3.3.3.1. Artigo publicado em 1994

De acordo com Costa (1994), a aplicação de modelos e técnicas de medição cardinal de valores clássicos geralmente requer uma pessoa (D) para responder a perguntas muito difíceis. A abordagem MACBETH que foi apresentada no artigo propõe um procedimento de questionamento simples para 'dirigir' a quantificação interativa de valores através de julgamentos verbais pareados de diferenças de atratividade entre elementos valiosos de um conjunto A. Tecnicamente, MACBETH usa uma cadeia de quatro programas lineares para a atribuição de números aos elementos do conjunto A, com base nos julgamentos qualitativos expressos por D e revelar possíveis fontes de incoerência. Na prática, esta informação foi usada como base para discussão e aprendizagem. MACBETH significa medição de atratividade por uma técnica de avaliação com base em categorias.

### 3.3.3.3.2. Artigo publicado em 2014

Segundo Fasolo e Costa (2014), em configurações organizacionais, avaliação de opções exige aos gestores expressar juízos de valor em inúmeros critérios. A pesquisa realizada investigou a influência da numeracia dos decisores (capacidade de utilizar princípios numéricos apropriados) e fluência (capacidade de expressar-se em palavras) em sua experiência subjetiva do valor de elicitación como apoiada por duas diferentes técnicas: classificação direta e MACBETH. O primeiro pede julgamento de valores a ser expresso numericamente, este último não numericamente. Os resultados do experimento realizado indicaram que as duas técnicas não são psicologicamente equivalentes: os tomadores de decisão com valores expressos com maior numeracia mais facilmente analisados quando assistidas pela técnica numérica ao passo que os tomadores de decisão com maior fluência encontraram o valor de elicitación mais fácil com a técnica não-numérica. Estes resultados evidenciaram a importância de adaptar valor de elicitación de numeracia e fluência dos decisores. Implicações para cientistas e analistas de decisão foram discutidas.

### 3.3.3.3.3. Artigo publicado em 1999

Costa et al. (1999) descreveram uma aplicação real de Análise de Decisão Multicritérios (MCDA), em que vários Sistemas de Apoio à Decisão (DSSS) foram harmoniosamente integrados no processo de aprendizagem interativa de abordar a situação problemática de estratégia complexa enfrentada pela indústria têxtil de Santa Catarina, no sul do Brasil. Os autores sentiram que duas conclusões importantes poderiam ser retiradas de sua utilização conjunta dos Gráficos de COPE, MACBETH, VISA e EQUITY na construção de um modelo de valores:

(1) Fornecimento de apoio à decisão é muito mais do que apenas a aplicação de uma ferramenta técnica para "resolver" um problema de decisão bem definida, ele é, pelo menos era no caso deles, uma atividade complexa (mas emocionante) de alguém (o facilitador), que com o apoio de instrumentos metodológicos e técnicos

adequados, progressivamente tentou lançar luz sobre um processo de tomada de decisão inicialmente mal estruturado;

(2) Sob uma atitude construtiva em apoio à decisão, DSSs tornaram-se instrumentos eficazes para ajudar os facilitadores a ajudarem os atores de decisão, tanto na estruturação e avaliação das fases do processo, e na criação de novas oportunidades de decisão. Em particular, a interação homem-máquina visual contribuiu grandemente para a aprendizagem dos atores sobre seu problemas e valores. Além disso, a sensibilidade visualmente atraente de análise aumentou a confiança no problema-proprietários nas recomendações elaboradas a partir do modelo.

#### *3.3.3.4. Análise dos artigos do método Maut*

##### *3.3.3.4.1. Artigo publicado em 2004*

Segundo Gomezlimon (2004) a política de água Europeia, tal como estabelecido na Diretiva do Quadro da Água (WFD), exige a todos os estados membros da UE implementar a tarifação volumétrica da água a taxas que aproximadamente cubram os custos totais da prestação de serviços de água. O objetivo do trabalho foi desenvolver uma metodologia que permitisse analisar, em diferentes tipos de exploração em uma área irrigável, o impacto diferenciado da política de preço da água para irrigação. Para este efeito, foram utilizados Teoria da Utilidade Multi-Atributo (MAUT) e modelos de programação matemática. A metodologia foi implementada em uma área representativa no Vale do Douro na Espanha. Os resultados mostraram a utilidade da análise diferencial na avaliação do impacto de uma política de tarifação da água. A análise permitiu observar diferenças significativas na evolução dos rendimentos agrícolas, bem como a recuperação de custos por parte do Estado, a demanda por emprego agrícola e o consumo de agroquímicos resultantes do aumento dos preços da água de irrigação em vários grupos de agricultores dentro de uma dada área irrigada.

#### 3.3.3.4.2. Artigo publicado em 2015

Alencar e Almeida (2015) propuseram um modelo de decisão multicritério com base em MAUT (Teoria da Utilidade Multiatributo) incorporado em uma abordagem RCM (Manutenção Centrada na Confiabilidade) a fim de proporcionar uma melhor avaliação das consequências de falhas, permitindo um planejamento de manutenção mais eficaz. O modelo proposto no estudo aproveitou a avaliação e também reestruturou grupos de consequência estabelecidos em uma abordagem RCM para cinco novas dimensões. Como resultado, os índices de utilidade geral foram calculados para cada modo de falha analisados. A partir dos valores obtidos, a classificação das alternativas foi estabelecida. As preferências dos tomadores de decisão foram levadas em conta para que o resultado final para cada modo de falha incorporasse aspectos subjetivos baseados nas percepções e comportamento do tomador de decisão.

#### 3.3.3.4.3. Artigo publicado em 2014

Baena, Gómezlímon e Cardozo (2014) tiveram como principal objetivo em seu trabalho realizar uma análise bibliométrica da pesquisa internacional sobre a aplicação de técnicas de tomada de decisão de múltiplos critérios (MCDM) para questões de finanças corporativas durante o período de 1980 a 2012. O estudo afirmou que processos de tomada de decisão financeira corporativa (seleção de investimentos e fontes de financiamento) estão se tornando cada vez mais complexo por causa do número crescente de critérios conflitantes que precisam ser considerados. Foram compiladas, classificadas e analisadas um total de 347 publicações do banco de dados Scopus. Os resultados obtidos confirmaram: um aumento na importância de MCDM em finanças corporativas; a relevância de técnicas MCDM em processos de orçamento de capital (investimento em ativos fixos) e na avaliação do desempenho econômico-financeiro das empresas; e que as técnicas baseadas na teoria de utilidade de múltiplos atributos (MAUT) são as mais populares nas situações de tomada de decisão complexa devido ao fato de serem muito simples de implementar.

#### 3.3.3.4.4. Artigo publicado em 2002

Almeida (2002) utilizou um modelo de decisão multicritério para analisar um problema no qual cada alternativa para um contrato de reparação implica um tempo de resposta específico e custo relacionado. O tempo de resposta está associado com o compromisso do tempo de reparação com base no contrato. Um tomador de decisão escolhe a melhor alternativa levando em conta o desempenho do sistema e o custo do contrato. O modelo de decisão proposto permitiu ao tomador de decisão quantificar as consequências de uma ação tendo em conta dois critérios básicos: o custo do contrato e o desempenho do sistema. Foram construídos dois modelos de decisão diferentes para dar suporte aos tomadores de decisão. Tais modelos de decisão basearam-se em diferentes abordagens multicritério. O primeiro baseou-se na teoria da utilidade multiatributo (MAUT). O modelo apresentado no estudo baseou-se no método ELECTRE I combinado com funções de utilidade. Por fim, o estudo apresentou os principais aspectos teóricos relacionados com ambas as abordagens e implicações práticas relacionadas ao modelo de construção, sendo que uma aplicação numérica foi apresentada para ilustrar a utilização do modelo de decisão.

#### 3.3.3.4.5. Artigo publicado em 2014

Garcez e Almeida (2014) apresentaram uma avaliação multidimensional dos riscos de cofres subterrâneos, gerando uma ferramenta de decisão, que classifica os cofres em uma hierarquia de risco. O estudo aponta a ocorrência de vários acidentes em sistema de distribuição de energia elétrica subterrânea ainda que o mesmo seja considerado mais seguro do que um sistema de sobrecarga e afirma que avaliar o risco de centenas ou milhares de câmaras subterrâneas é uma tarefa difícil. Além disso, dada a grande variabilidade em ambientes externos e internos e, portanto a existência de uma gama de possíveis consequências quando ocorre um acidente, fez-se necessária uma abordagem para a avaliação de riscos sob uma visão multidimensional. Além do mais, em termos de tomada de decisão, a agregação de preferências do decisor em modelagem, por métodos de tomada de decisão multicritérios, é mais completa, abrangente e, em particular, inclui considerar os

desejos do tomador de decisão. Foi usada para alcançar este ranking a teoria da utilidade multiatributo. Uma aplicação foi gerada para demonstrar a aplicabilidade do modelo, sob os seguintes aspectos de consequências: aqueles que são humanos, financeiros e operacionais; e interrupções do tráfego de veículos do local. A utilização da informação decorrente da análise das diferenças entre os riscos permitiu ao tomador de decisão fazer uma análise aprofundada da gama de possibilidades sobre quais alternativas podem ser escolhidas de forma a implementar ações preventivas.

#### 3.3.3.4.6 Artigo publicado em 2015

De acordo com Lopes e Almeida (2015), a indústria de petróleo e gás se envolve em atividades de risco: empresas nesta linha de negócios são rotineiramente confrontadas com situações de tomada de decisão sob risco e incerteza. O trabalho desenvolvido centrou-se na avaliação de projetos de exploração e produção (E & P) que se encontravam em fase de desenvolvimento. Foram considerados três aspectos fundamentais na seleção de projetos que visavam desenvolver a produção de petróleo e gás: a natureza estocástica e multiobjectivo do contexto de decisão, uma avaliação de um projeto de sinergia e a influência que estes aspectos têm sobre a estrutura de preferência do tomador de decisão. O objetivo do trabalho foi apresentar um modelo de decisão multiatributo para ajudar na seleção de projeto de petróleo e gás, a fim de atribuir-lhes um portfólio adequado. Um modelo de decisão multiatributo foi proposto para ajudar na seleção dos projetos e uma aplicação numérica foi conduzida. Questões relacionadas com a avaliação da incerteza e considerando múltiplos objetivos foram abordadas no âmbito das estruturas axiomáticas de MAUT (teoria de utilidade multiatributo). A avaliação das sinergias entre os projetos foi particularizada no contexto de seleção de uma carteira de projetos de E & P e, além disso, foram discutidas as consequências destas considerações sinérgicas em valores ou modelos de decisão baseados na utilidade. Por fim, uma aplicação numérica foi estabelecida, a fim de visualizar e discutir os passos do modelo, bem como para demonstrar e discutir sua utilidade e algumas questões práticas que podem surgir.

### 3.3.3.5 . *Análise dos artigos do método Promethee*

#### 3.3.3.5.1. Artigo publicado em 2002

Ni et al. (2002) analisaram os íons metálicos como Co (II), Ni (II), Cu (II), Fe (III) e Cr (III) que estão normalmente presentes nos banhos de eletrodeposição em altas concentrações simultaneamente através de um método espectrofotométrico modificado pela inclusão da solução de etilenodiaminotraacetato (EDTA) como um reagente cromogênio. A previsão das concentrações de íons metálicos foi facilitada pela utilização de um desenho matriz ortogonal para construir um conjunto de dados de calibração que consiste em espectros de absorção na gama no intervalo de 370-760nm a partir das misturas de solução contendo íons de metal. Por meio deste conjunto de dados, modelos de calibração foram construídos com base em 10 métodos quimiométricos diferentes, tais como mínimos quadrados clássicos (CLS), principal componente de regressão (PCR), por mínimos quadrados parciais (PLS), redes neurais artificiais (RNA) e outros. Estes foram testados com o uso de um conjunto de dados de validação construído a partir de soluções sintéticas dos cinco íons metálicos. O desempenho analítico desses métodos quimiométricos foi caracterizado por erros relativos de previsão e recuperações (%). Com base nos resultados obtidos, os métodos computacionais foram classificados de acordo com os seus desempenhos usando o processo de tomada de decisão multicritério de preferência no método de organização de classificação para enriquecimento da avaliação (PROMETHEE) e análise geométrica para a ajuda interativa (GAIA). Os modelos PLS e PCR aplicados à matriz de dados espectrais que o utilizado como primeiro derivado de pré-tratamento foram os métodos preferidos. Eles foram aplicados para análise de resultados de alguma amostras industriais típicos pelo método espectrofotométrico descrito\_EDTA juntamente com RNA-radial função de base (RBF) e PLS. De acordo com o estudo realizado DPLS e DPCR e os quimiométricos métodos ANN-RBF tiveram particularmente, um bom desempenho, especialmente quando comparados com alguns valores alvos fornecidos pela indústria.

### 3.3.3.5.2. Artigo publicado em 2012

Conforme Gu, Ni e Kokot (2012), um novo método de fluorescência simples e direta para análise de substâncias complexas e seus potenciais substitutos tem sido pesquisado e desenvolvido. Emissão e excitação envolvidos em medições (EEM) de fluorescência espectros de pó, complexos ervas medicinais, Cortex Phellodendri Chinensis (CPC) e o semelhante Cortex Phellodendri amurensis (CPA); estas substâncias foram comparadas e discriminadas uma das outras e as amostras potencialmente contaminadas. Diferentes métodos quimiométricos foram aplicados para a resolução do espectro complexo, e os espectros de excitação foram encontrados para ser o mais informativo; apenas o método PROMETHEE rank-ordenação foi capaz de classificar as amostras com ingredientes simples (CPA, CPC, CM) ou com misturas binárias (CPA/ CPC, CPA/ CM, CPC/ CM). Curiosamente, foi essencial utilizar a análise geométrica para a ajuda interativa (GAIA) para exibir uma compreensão completa dos resultados de classificação. No entanto, estes dois métodos, como os outros modelos quimiométricos, não foram capazes de classificar matrizes espectrais compostas de dados de amostras de gradientes individuais e misturas binárias; isto sugeriu que os espectros de excitação das diferentes amostras foram muito semelhantes. Entretanto, os resultados mostraram que o método é útil para a classificação de amostras de somente único e gradiente e, separadamente, as suas misturas binárias; ele também pode ser aplicado para o trabalho de classificação semelhante com outras substâncias complexas.

### 3.3.3.5.3. Artigo publicado em 1992

No trabalho de Kokot et al. (1992) foram utilizados Análise de Componentes Principais (PCA) e métodos de tomada de decisão multicritério, PROMETHEE E GAIA, para selecionar um método de digestão de micro-ondas adequado para análise de metais em amostras de solo. Quando a matriz de resíduos derivados do Cu, Pb, Co, Mn e Zn e análises de 18 diferentes digestões do SEM NBS 2704 foi submetido ao PCA e ranking PROMETHEE, dois métodos preferidos foram isolados. A classificação PROMETHEE em conjunto com as configurações do forno de

microondas e composição de ácido digestiva foi utilizada como variáveis. A matriz de dados correspondente foi submetida à análise PROMETHEE juntamente com a técnica de visualização, GAIA. O procedimento ilustrou a relação entre as diferentes variáveis e a performance de métodos práticos que conduziram à seleção do método de digestão mais adequado.

#### 3.3.3.5.4. Artigo publicado em 2007

Para Morais e Almeida (2007) os problemas de vazamento são complexos e exigem ações provenientes de diferentes aspectos da gestão da rede de água. A manutenção inadequada tem consequências graves, tanto financeiras como ambientais. O trabalho propôs um modelo de grupo de tomada de decisão com base no método PROMETHEE V visando apontar uma estratégia de fuga, que leva em consideração os pontos de vista de quatro partes interessadas, a seleção de opções viáveis, e considerando o orçamento disponível como restrição. Sendo assim, a estratégia foi a combinação de opções que fossem de forma eficiente atender a critérios técnicos, socioeconômicos e ambientais de forma a alcançar o desenvolvimento sustentável.

#### 3.3.3.5.5. Artigo publicado em 2015

Morais et al. (2015) propuseram um modelo de decisão multicritério para priorização de tecnologias que são críticas para a geração de energia no setor da energia. O trabalho lida com o contexto de informações imprecisas sobre a importância dos critérios; em seguida, foi realizada uma integração de pesos substitutos com o método PROMETHEE, com o intuito de ser abordado no contexto. Para o autor, neste tipo de problema de decisão estratégica, a forma como lidar com informações imprecisas é sempre um desafio. O uso de pesos substitutos apresentou uma contribuição significativa e pôde facilitar a atribuição de pesos em um problema de classificação de decisão, que exige ao tomador de decisão ordenar os critérios por sua importância para o problema de decisão. Sendo assim, para essa situação de avaliar a prontidão da tecnologia para a geração de energia em que o DM é capaz e se sente confortável para ordenar todos os critérios por sua

importância relativa, a abordagem proposta de pesos substitutos no método PROMETHEE II, o modelo PROMETHEE-ROC, demonstrou ser uma abordagem adequada.

#### 3.3.3.5.6. Artigo publicado em 2006

Conforme Morais e Almeida (2006), o planejamento das ações em sistemas de abastecimento, especialmente relacionados com a redução de perdas e desperdício de água, geralmente envolvem grupos ou instituições com diferentes objetivos, responsabilidades e interesses. Tal planejamento, também inclui várias alternativas para minimizar o problema, principalmente em termos de custo e desempenho, fazendo a seleção das alternativas uma tarefa complexa, requerendo uma metodologia específica para o tratamento de conflitos. Com o intuito de contribuir para resolver este problema, o estudo em questão apresentou uma abordagem multicritério com base no método PROMETHEE, propondo um modelo para o grupo de tomada de decisão. Por meio de um experimento ilustrativo, o emprego desta abordagem foi investigado com quatro decisores, representando aspectos financeiros, técnicos, ambientais e sociais. O estudo contribuiu para que as pessoas responsáveis pela divisão de saneamento tivessem uma inclinação diferente do processo de decisão, em relação à ação a ser desenvolvida, para melhor eficiência da manutenção e operação e gestão das perdas.

#### 3.3.3.6. *Análise dos artigos do método Todim*

##### 3.3.3.6.1 Artigo publicado em 2009

O trabalho de Gomes e Rangel (2009) apresentou um estudo de avaliação de imóveis residenciais realizadas em conjunto com agentes imobiliários na cidade de Volta Redonda, Brasil. O estudo teve como objetivo definir um valor de referência para as vendas dessas propriedades utilizando o método de Auxílio Multicritério a Decisão Todim. Ao aplicar o método para a ordenação de propriedades com diferentes características, foi obtida uma classificação de todas as propriedades e,

como resultado disso, diversas faixas de valores de aluguel para as propriedades em análise. O estudo foi complementado por uma análise da sensibilidade dos resultados numéricos obtidos.

#### 3.3.3.6.2. Artigo publicado em 2013

Pereira, Gomes e Paredes (2013) propuseram um novo quadro de análise de robustez, onde a robustez de uma solução em um processo de auxílio a decisão é medida como a distância do que como solução para um resultado esperado, escolhido pelo analista auxiliar de decisão. O quadro é explicado pela aplicação do método de auxílio multicritério a decisão Todim para o problema de predizer faixas de aluguel de imóveis em uma cidade chilena. Portanto, a preocupação da robustez concentra-se em alterações no peso dos critérios, bem como das taxas de troca, como eles são definidos no método. Duas principais contribuições são introduzidas: uma medida de robustez local, definida em termos de uma distância entre a classificação; e uma medida global robustez, como uma adaptação da regra minimax de pesos para selecionar uma solução robusta global, ou seja, um ranking produzido pelo Todim.

#### 3.3.3.6.3. Artigo publicado em 1989

Gomes (1989) mostra uma comparação numérica de TODIM e ELECTRE II, dois métodos alternativo para classificação multicritério de projetos. Graus obtidos a partir de ambos os métodos são comparados a um nível de significância de 0,01. Os resultados sugeriram uma vantagem prática de TODIM sobre ELECTRE II.

#### 3.3.3.6.4. Artigo publicado em 2007

Segundo Rangel e Gomes (2007) definir valores de referência de aluguel para unidades habitacionais residências normalmente é realizada sob critérios múltiplos e conflitantes. O artigo mostrou como o método de auxílio multicritério a decisão TODIM pode ser de uma ajuda significativa. Um estudo de caso foi realizado na

cidade de Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. O método TODIM permite consideração quantitativa, bem como critérios de avaliação qualitativos e baseia-se em Teoria Perspectiva. A fim de obter uma adesão máxima dos valores de referência de aluguel aos valores de mercado, algumas unidades habitacionais que tinha acabado de ser alugadas foram levadas em conta no estudo. A aplicação do método TODIM produziu a ordenação de todas essas unidades habitacionais e, em seguida, levaram à identificação de faixas de aluguel. Uma análise de sensibilidade complementou o estudo, fornecendo informações úteis sobre os resultados numéricos que foram obtidos.

### *3.3.3.7. Análise dos artigos do método Topsis*

#### *3.3.3.7.1. Artigo publicado em 2010*

O trabalho de Zavadskas, Turskis e Tamolaitiene (2010) apresentou a avaliação dos riscos dos projetos de construção. A avaliação baseou-se nos métodos de tomada de decisão multiatributos. Os atributos de avaliação de risco foram selecionados levando em conta os interesses e objetivos das partes interessadas, bem como fatores que têm influência sobre a eficiência do processo de construção e valor imobiliário. Ranking de objetos e determinação da sua otimização foram estabelecidos através da aplicação do cinza TOPSIS e COPRAS-G, métodos com valores determinados de atributos em intervalos. Um fundo e uma descrição do modelo proposto foram fornecidos e as principais conclusões foram apresentadas.

#### *3.3.3.7.2. Artigo publicado em 2010*

Conforme Tupenaite et al. (2010), o ambiente construído não é construído no espaço vazio. Ele refere-se a feitos humanos, espaços onde eles vivem e trabalham e que são afetados por vários micro, médios e fatores de nível macro. Para este efeito, as decisões de renovação devem ser consideradas evitando uma abordagem estreita para os únicos projetos de renovação dos edifícios. A renovação da

construção e do ambiente humano deve ser considerada em vez disso e a abordagem holística utilizada. A partir desta perspectiva, os problemas de renovação de construção geralmente envolvem um complexo processo de tomada de decisão no qual vários requisitos e condições têm de ser levados em consideração ao mesmo tempo. O trabalho descreveu o conceito da análise integrada de construção e renovação do ambiente humano como um todo, bem como apresentou a avaliação de múltiplos critérios de alternativas do projeto de reforma do patrimônio cultural da Bulgária. Os métodos de avaliação de múltiplos critérios conhecidos SAW, TOPSIS E COPRAS e o método recentemente desenvolvido EAR foram usados para este fim. Como resultado, o melhor projeto de atribuição foi selecionado.

#### 3.3.3.7.3. Artigo publicado em 2015

Ghorabae et al. (2015) afirmam que uma maneira eficaz para gerenciar e controlar um grande número de itens de estoque ou unidades de manutenção de estoque (SKUs) é a classificação de inventário. A análise ABC tradicional, que com base em apenas um único critério é comumente usado para classificação de SKUs. No entanto, de acordo com os autores devemos considerar a classificação de inventário como um problema multicritério na prática. No estudo, um novo método de avaliação com base na Distância de Solução Média (EDAS) foi introduzido para a classificação de inventário de problemas multicritérios (MCIC). No método proposto para o estudo foram usadas distâncias positivas e negativas da solução média das alternativas de avaliações (SKUs). Para representar o desempenho do método proposto em problemas MCIC, foi usado um exemplo comum com 47 SKUs. Uma comparação dos resultados do método proposto com alguns métodos existentes mostrou um bom desempenho dele na classificação ABC. O estudo mostrou que o método proposto também pode ser utilizado para problemas de tomada de decisão multicritério (MCDM). Uma análise comparativa também foi feita para mostrar a validade e a estabilidade do método em problemas MCDM. O método proposto foi comparado com os métodos VIKOR, TOPSIS, SAW e COPRAS usando um exemplo. Sete conjuntos de critérios de pesos e coeficiente de correlação de Spearman foram utilizados para esta análise. Os resultados do estudo mostraram

que o método proposto era estável em diferentes pesos e também compatível com os outros métodos.

#### 3.3.3.7.4. Artigo publicado em 2006

Zavadskas e Antucheviciene (2006) tratam do problema da reconstrução de edifícios abandonados e locais abandonados como uma questão complexa que inclui aspectos ambientais, sociais e econômicos. O objetivo da pesquisa deles foi sugerir um modelo para determinar a revitalização racional de bens imóveis abandonados a partir da perspectiva do desenvolvimento sustentável. Ao levar em consideração a incerteza de um problema, foram propostos cálculos com o uso da versão difusa do método TOPSIS. Foi desenvolvido um modelo para determinar as prioridades de revitalização de prédios abandonados baseado em um estudo de caso de construções rurais abandonados na Lituânia. Foi definido um conjunto de indicadores e usado para realizar a análise multicritério de alternativas de revitalização de prédios abandonados. Com base nos resultados dos cálculos foram preparadas as recomendações científicas para a revitalização racional dos edifícios e seus sites.

#### 3.3.3.7.5. Artigo publicado em 2011

Em seu trabalho Krohling e Campanharo (2011) asseguram que a seleção das melhores respostas de combate a derramamento de óleo no mar, quando várias alternativas têm de ser avaliadas com diferentes pesos para cada critério consiste em um problema de decisão multicritério (MCDM). O trabalho descreveu, em primeiro lugar, a técnica para a Ordem de Preferência por Similaridade com Solução Ideal (TOPSIS). Em Segundo lugar, foi apresentada sua expansão conhecida como TOPSIS fuzzy para lidar com dados incertos. Em seguida com base em TOPSIS fuzzy foi proposto um TOPSIS fuzzy para a tomada de decisão em grupo, o qual foi aplicado para avaliar as classificações de alternativas de resposta a um derramamento de óleo simulado. O estudo de caso foi realizado por um dos maiores reservatórios de petróleo brasileiro. Os resultados obtidos mostraram a viabilidade

do quadro TOPSIS fuzzy para descobrir as melhores respostas de combate no caso de acidentes com derramamento de óleo no mar.

#### 3.3.3.7.6. Artigo publicado em 2015

Krohling, Lourenzutti e Campos (2015) propuseram um método alternativo baseado na técnica de Ordem de Preferência por Similaridade com Solução Ideal (TOPSIS) para apoiar as comparações de desempenho. De acordo com os autores quando vários algoritmos são aplicados a vários benchmarks como é comum em computação evolucionária, uma questão típica aparece, sobre como podemos classificar os algoritmos? É uma prática comum na computação evolutiva para executar os algoritmos várias vezes e, em seguida o valor médio e o desvio é calculado. A fim de comparar o desempenho de algoritmos é muito comum o uso de testes de hipóteses estatísticas. No caso em estudo, as alternativas foram os algoritmos e os critérios foram os pontos de referência. Durante o estudo percebendo que o TOPSIS padrão não foi capaz de lidar com a natureza estocástica de algoritmos evolutivos, foi aplicado o Hellinger-TOPSIS, que usa a distância Hellinger para comparações de algoritmos. Os estudos de casos foram usados para ilustrar o método para algoritmos evolutivos, mas a abordagem é geral. Os resultados mostraram a viabilidade do Hellinger-TOPSIS para descobrir o ranking dos algoritmos sob avaliação.

#### 3.3.3.7.7. Artigo publicado em 2014

Schneider e Krohling (2014) apresentaram em seu trabalho um novo método para encontrar várias soluções para problemas de otimização de inteiros não-linear multimodais. Em primeiro lugar, foi lançado um problema de otimização biobjetivo, anteriormente ao problema de otimização restrito, onde as restrições foram inseridas como outra função objetivo. Em seguida, foi desenvolvido um novo método para resolver os problemas de otimização multiobjectivo baseado na técnica de Ordem de Preferência por Similaridade com Solução Ideal (TOPSIS), considerando que o problema multiobjectivo foi convertido em problemas-objetivos individuais. Foi utilizado um algoritmo com otimizador denominado algoritmo de Evolução Diferencial

(DE) em suas três versões (Standard DE, DEbest e DEGL). Os resultados experimentais obtidos pelo estudo mostraram a eficácia do método proposto.

### *3.3.3.8. Análise dos artigos do método Vikor*

#### *3.3.3.8.1. Artigo publicado em 2004*

De acordo com o que foi exposto por Opricovic e Tzeng (2004), os métodos de tomada de decisão múltiplos critérios Vikor e TOPSIS são baseados em uma função de agregação que representa “proximidade com o ideal”, que se originou no método de programação por compromisso. Em Vikor normalização linear e em TOPSIS vetor de normalização é usado para eliminar as unidades de funções critério. O método Vikor de classificação de compromisso determina uma solução de compromisso, proporcionando o máximo de “utilidade grupo” para a “maioria” e um mínimo de um arrependimento individual para o “oponente”. O método TOPSIS determina uma solução com a distância a partir da solução-negativa ideal, mas não considera a importância relativa destas distâncias. O trabalho apresentou uma análise comparativa dos dois métodos com um exemplo numérico, mostrando suas semelhanças e diferenças.

#### *3.3.3.8.2. Artigo publicado em 2007*

No estudo de Opricovic e Tzeng (2007) o método Vikor foi ampliado com uma análise de estabilidade para determinar o intervalo de estabilidade de peso e com a análise de trade-offs. O método Vikor ampliado foi comparado com três métodos de tomada de decisão multicritério: TOPSIS, PROMETHEE e ELECTRE. Conforme descrito no trabalho o método Vikor foi desenvolvido para resolver problemas MCDM com (unidades diferentes) em conflito e critérios não mensuráveis, assumindo que o comprometimento é aceitável para resolução de conflitos, o tomador de decisão quer uma solução que seja mais próxima da ideal, e as alternativas são avaliadas de acordo com todos os critérios estabelecidos. O método centrou-se na classificação selecionando a partir de um conjunto de alternativas na presença de critérios

conflitantes, e sobrepondo solução de compromisso (um ou mais). Foi apresentado um exemplo numérico que ilustrou uma aplicação do método Vikor, e os resultados obtidos por todos os quatro métodos considerados foram comparados.

#### 3.3.3.8.3. Artigo publicado em 2014

Hu et al. (2014) desenvolveram um trabalho que tinha como objetivo a criação de um novo modelo de melhoria de crise empresarial para o governo das sociedades com base no modelo MADM híbrido combinado com uma técnica DEMATEL para construir um mapa de relações de rede influente (INRM) e encontrar os pesos do DANP em critérios a partir da matriz de parentesco influentes, para avaliar e integrar o desempenho dos critérios e das lacunas. O estudo também analisou uma maneira de reduzir as lacunas para avaliar a decisão para melhorar os efeitos de governança corporativa com base em INRM. O método forneceu aos decisores uma maneira de formular estratégias de melhoria. Os resultados obtidos mostraram que a diferença média global de governança é de 0,501 (sinalizando uma crise na escala de 0 a 1). Com o intuito de remediar o problema apresentado, lacunas muito maiores foram necessárias para melhoria em cada critério. Os resultados obtidos demonstraram que o atual sistema de governança corporativa indústria financeira de Taiwan encontrava-se muito fraco e precisa ser fortalecido, de reengenharia e ser transformado.

#### 3.3.3.8.4. Artigo publicado em 2002

No trabalho de Opricovic e Tzeng (2002) foi desenvolvido um modelo multicritério para analisar as estratégias de planejamento para reduzir os futuros sociais e econômicos na área com perigo potencial natural. O processo de decisão multicritério desenvolvido consistiu em gerar alternativas, que estabeleceram os critérios, na avaliação dos pesos dos critérios e aplicação do método de compromisso no ranking (Vikor). As alternativas foram os cenários de mitigação de feitos de perigo sustentável, gerados na forma de planos de reconstrução abrangente, incluindo a reabilitação de áreas urbanas e infraestruturas, uso da terra multiuso e restrições na construção em áreas de risco. Os planos tiveram de ser

avaliados de acordo com os critérios que representavam a segurança pública, a sustentabilidade, o ambiente social, ambiente natural, a economia, a cultura e a política. De acordo com o que foi descrito no trabalho o modelo multicritério pode tratar todos os efeitos conflitantes e relevantes e os impactos em suas unidades representativas. A avaliação de alternativas foi implicada com a imprecisão (ou incerteza) dos critérios estabelecidos, e o modelo multicritério fuzzy foi desenvolvido para lidar com a informação (não quantificáveis ou linguística) ou incompleto “qualitativa”. Por fim, a aplicação do modelo foi ilustrada com o problema de reconstrução pós-terremoto em Taiwan, incluindo a restauração.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 4.1. CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma pesquisa sistemática sobre a produção científica publicada em periódicos no mundo e no Brasil no âmbito do Auxílio Multicritério à Decisão. Para alcançar o objetivo principal, primeiramente, foi realizada uma revisão sistemática da literatura para cada um dos métodos de auxílio multicritério à decisão de forma a fornecer as características que permitem analisar a empregabilidade de cada um dos métodos de acordo com o processo de tomada de decisão. A revisão de literatura permitiu verificar as particularidades de cada método que permitem torná-los ideais para solução de determinados problemas que envolvam decisões multicritérios.

O mapeamento da produção científica foi realizado exclusivamente, na base de dados Scopus e permitiu a obtenção de 48 artigos relacionados aos métodos em estudo e que foram selecionados e analisados criteriosamente. Tal análise permitiu constatar que os métodos MCDM podem ser utilizados nas mais diversas situações para resolução de problemas que envolvem um processo de tomada de decisão multicritério.

Em meio aos fatos e tendências observadas, destacam-se os que serão descritos a seguir:

(I). O método AHP é o que apresenta a maior quantidade de artigos publicados no mundo, inclusive no Brasil, com 7483 artigos. Além disso, o autor que possui a maior quantidade de publicações é Thomas L. Saaty que é o inventor do método;

(II). As áreas de estudo que mais se destacaram na publicação de métodos AHP são as áreas de Engenharia e de Ciência da Computação;

(III). Os periódicos que mais tiveram artigos publicados são os que estão relacionados ao método AHP sendo eles: European Journal of Operational Research e Expert Systems with Applications;

(IV). As instituições de ensino que mais se destacaram em publicações sobre os métodos MCDM em estudo foram a Islamic Azad University, com 128 publicações sobre o método Topsis e a University of Tehran com 91 publicações sobre o método AHP;

(V). A China está em primeiro lugar na quantidade de publicações sobre métodos MCDM, com 39,1% das publicações sobre o método AHP;

A análise da taxa de crescimento anual permitiu verificar que o método AHP é o que possui a maior relevância na quantidade de registros de publicações de métodos MCDM e que os métodos Vikor e Todim são os que apresentam as maiores taxas de crescimento anual nos últimos anos. Além disso, verifica-se que o método Todim é o mais recente dentre os métodos em estudo, tendo sua primeira publicação no ano 2007 e vem mantendo um crescimento ascendente nos últimos anos e o método Vikor é o segundo mais recente, tendo sua primeira publicação em 2002. Entretanto, o método mais antigo é o método Promethee que teve sua primeira publicação em 1952.

Por fim, pode-se concluir que um mapeamento mais detalhado de cada método de auxílio multicritério à decisão é muito útil tanto no ambiente acadêmico quanto no ambiente empresarial. O estudo dos métodos e a análise bibliométrica realizada permitiram verificar a aplicação de cada um deles, facilitando a escolha do método a ser utilizado nas diversas situações que envolvem a necessidade de tomada de decisão.

#### 4.2. TRABALHOS FUTUROS

Com base na pesquisa desenvolvida, na elaboração da metodologia proposta e na experiência obtida durante sua aplicação é proposto que para desenvolvimento futuro sejam realizadas pesquisas para análise bibliométrica de publicações referentes a este tema de pesquisa em outras bases. Além disso, sugere-se a continuidade desta linha de pesquisa, tanto verticalmente, abrangendo mais métodos, quanto horizontalmente, através de um estudo comparativo entre eles podendo classificá-los de acordo com os critérios abordados ou até mesmos adotar outros critérios também relevantes.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Lucijane Monteiro de et al. Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 257-262, jan; 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n2/v4n2a21.pdf>>. Acesso em: 12 out 2016.

ALMEIDA, Adiel Teixeira de; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas. Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método Promethee. **Gestão e Produção**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 201-214, ago. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v9n2/a07v09n2.pdf>>. Acesso em: 12 out 2016.

COSTA, Carlos A. Bana e. O método MACBETH e aplicação no Brasil. **Engevista**, Lisboa, v. 15, n. 1, p. 3-27, abr. 2013. Disponível em: <[www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/download/484/217](http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/download/484/217)>. Acesso em: 12 out 2016.

COSTA, Helder Gomes. Introdução ao Método de Análise Hierárquica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO EM PESQUISA OPERACIONAL, 36, 2004, 23-26 nov; São João Del Rei – MG. **Anais...** São João del Rei-MG: SBPO, 2005. p. 1 – 122. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

\_\_\_\_\_; MOTTA, Slavson Silveira; GUTIERREZ, Ruben Huamanchumo. Avaliação da produção docente: abordagem multicritério pelo método Electre II. In: XXVI ENEGEP, 26, 2006, 09-11 out, Fortaleza CE. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2007. p.1-9. Disponível em: <[www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Boletim\\_Abepro\\_n%20.pdf](http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Boletim_Abepro_n%20.pdf)>. Acesso em: 13 ago 2016.

GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M. e CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Thomson Learning, 2004.

GONÇALVES, Raimundo Wilson; PINHEIRO, Plácido Rogério; FREITAS, Marcos Airon de Souza. Métodos multicritérios como auxílio à tomada de decisão na bacia hidrográfica do rio Curu - Estado do Ceará. **Researchgate**, Ceará, v. 1, n. 1, p. 1-21, jan. 2003. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/242225632\\_METODOS\\_MULTICRITERIOS\\_COMO\\_AUXILIO\\_A\\_TOMADA\\_DE\\_DECISAO\\_NA\\_BACIA\\_HIDROGRAFICA\\_D\\_O\\_RIO\\_CURU\\_-\\_ESTADO\\_DO\\_CEARA](https://www.researchgate.net/publication/242225632_METODOS_MULTICRITERIOS_COMO_AUXILIO_A_TOMADA_DE_DECISAO_NA_BACIA_HIDROGRAFICA_D_O_RIO_CURU_-_ESTADO_DO_CEARA)>. Acesso em: 13 ago 2016.

GUEDES, Vânia L.S.; BORSCHIVER, Suzana. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 6., 2005, 14-17 jun; Salvador-BA. **Anais...** Rio de Janeiro: CIFORM, 2006. p. 1 - 18. Disponível em: <[http://www.cinform-antiores.ufba.br/vi\\_anais/](http://www.cinform-antiores.ufba.br/vi_anais/)>. Acesso em: 20 maio 2016.

GUGLIELMETTI, Fernando Ribeiro; MARINS, Fernando Augusto Silva; SALOMON, Valério Antonio Pamplona. Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, 2003, 21-24 out; Ouro Preto-MG. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2004. p. 955 - 960. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR0602\\_0237.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0602_0237.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2016.

HELLER, Pedro Gasparini Barbosa; VON SPERLING, Marcos; HELLER, Léo. Desempenho tecnológico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em quatro municípios de Minas Gerais: uma análise comparativa. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Recife, v. 14, n. 1, p. 109-118, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n1/v14n1a12.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2016.

Hwang, C. L.; Yoon, K. S. **Multiple attribute decision making methods and applications**. New York: Springer – Verlag, 1981.

JANNUZZI, Paulo de Martino; MIRANDA, Wilmer Lázaro de; SILVA, Daniela Santos Gomes da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Informática Pública**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 69-87, jan; 2009. Disponível em: <[http://www.ip.pbh.gov.br/ANO11\\_N1\\_PDF/analise\\_multicriterio\\_e\\_tomada\\_de\\_decisao\\_em\\_Politiclas\\_Publicas.pdf](http://www.ip.pbh.gov.br/ANO11_N1_PDF/analise_multicriterio_e_tomada_de_decisao_em_Politiclas_Publicas.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2016.

KAVESKI, I. D. S. **Grau de relacionamento entre indicadores de mercado de capitais, os indicadores econômico-financeiro e o retorno da ação, nas empresas brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis)- Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, 2013. Disponível em: <

[http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/FURB\\_9301f6eaf1dd8d8d5ecc4b3ae4baa69a](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/FURB_9301f6eaf1dd8d8d5ecc4b3ae4baa69a).  
Acesso em: 22 maio 2016.

KEENEY, R.L., Raiffa, H. **Decision with multiple objectives**: preferences and value trade-offs. New York.-USA: John Wiley and Sons, 1976.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 41, 2009, 1-4 set; Porto Seguro -BA. **Anais...** São Paulo: SBPO, 2010. p. 1978 - 1988. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de; GOMES, Eliane Gonçalves; LINS, Marcos Pereira Estellita. Análise Multicritério da presença da Universidade Federal Fluminense com o uso do Método Macbeth. **Produção**, São Paulo, p. 53-67, abr. 2002. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

NEVES, R. B.; PEREIRA, V.; COSTA, H. G. Auxílio multicritério a decisão aplicado ao planejamento e gestão na indústria de petróleo e gás. **Produção**, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v11n2/v11n2a04.pdf>>. Acesso em: nov. 2016.

NI, Y et al. Application of high performance liquid chromatography for the profiling of complex chemical mixtures with the aid of chemometrics. **Talanta**, v. 72, n. 4, p. 1533-1539. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2007.02.003>>. Acesso em: 15 jun 2015.

OPRICOVIC, S. **Multicriteria optimization of civil engineering systems**. Belgrade: Faculty of Civil Engineering, 1998.

PINTO JUNIOR, Roberto Paulo da Silva; MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de. Identificação da melhor escolha de funcionário para realização de inspeção em estatais do setor elétrico. **Produção**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 135-143, mar. 2013 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132012005000041>>. Acesso em: 13 maio 2016.

PURCELL, Deborah E. et al. A chemometrics investigation of sugarcane plant properties based on the molecular composition of epicuticular wax. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 76, n. 2, p. 135-147, abr. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemolab.2004.10.004>>. Acesso em: 12 maio 2016.

RANGEL, Luís Alberto Duncan. Determinação do valor de referência do aluguel de imóveis residenciais empregando o método Todim. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 357-372, ago. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v27n2/a09v27n2.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

SAATY, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p.83-98, 2008. Disponível em: <<http://www.rafikulislam.com/uploads/resourses/197245512559a37aadea6d.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.

\_\_\_\_\_. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill International, 1980

SALGADO, Eduardo G.; SALOMON, Valerio A.p.; MELLO, Carlos H.p.. Analytic hierarchy prioritization of new product development activities for electronics manufacturing. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 17, p. 4860-4866, set. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2012.657972>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

SALOMON, Valério P.; MONTEVECHI, José Arnaldo B.; PAMPLONA, Edson O. Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19, 1999. 07-10 set, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2000. p. 1 – 17. Disponível em: <<http://www.iepg.unifei.edu.br/edson/download/Artahp99.pdf>>. 13 nov. 2016.

SHIH, Hsu-shih. Incremental analysis for MCDM with an application to group TOPSIS. **European Journal of Operational Research**, v. 186, n. 2, p. 720-734, abr. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.02.012>>. Acesso em: 13 ago 2016.

SHIH, Hsu-shih; SHYUR, Huan-jyh; LEE, E. Stanley. An extension of TOPSIS for group decision making. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 45, n. 7-8, p. 801-813, abr. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mcm.2006.03.023>>. Acesso em: 12 set. 2016.

SILVA, Márcia Regina da; HAYASHI, Carlos Roberto Massao; HAYASHI, Maria Cristina Piumbato Innocentini. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **INCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 1, p. 110-129, jan. 2011. . Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/incid/article/view/42337>>. Acesso em: 12 set. 2016.

SILVA, Renato Teixeira da; BRANDALISE, Nilson; CARNEIRO, Christian Augusto Guimarães Vargas. Utilizando o método todim para avaliar as melhores empresas para trabalhar. **Journal of Management and Production**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 6 abr. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14807/ijmp.v2i1.25>>. Acesso em: 20 maio 2016.

ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras; TURSKIS, Zenonas; TAMOŁAITIENE, Jolanta. Risk assessment of construction projects. **Journal of Civil Engineering and Management**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 33-46, jan. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2010.03>>. Acesso em: 12 maio 2016.