



APLICAÇÃO DA TÉCNICA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU): UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA PRODUÇÃO ACADÊMICA INTERNACIONAL

APPLICATION OF THE DATA ENVIRONMENTAL ANALYSIS IN THE MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTE (RSU): A SYSTEMATIC REVIEW OF INTERNATIONAL ACADEMIC PRODUCTION

Marta Chaves Vasconcelos, Universidade Federal do Paraná, Brasil, martacvasconcelos@hotmail.com

Resumo

As pesquisas sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) e a técnica análise envoltória de dados (DEA) ainda são incipientes no Brasil. Dessa forma, torna-se relevante estudar a junção dessas temáticas que vem recebendo destaque nos últimos anos na academia. Este estudo apresenta a contribuição do que foi produzido sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos e a técnica análise envoltória de dados para o desenvolvimento do conhecimento da área, apontando espaços para discussões em pesquisa futuras. Esta técnica é utilizada para mensurar a eficiência, para tanto destaca-se a importância de mensuração da eficiência na área pública. Para alcançar tal objetivo foi realizado o levantamento e a investigação da produção acadêmica internacional. Por meio de um conjunto de questões definidas ex-ante foi possível identificar os principais grupos categóricos de autores da área, universidades/institutos de pesquisa, principais periódicos, países que pertencem universidades/institutos de pesquisa, além de identificar e analisar os principais objetivos, conceitos, técnicas e as contribuições dos artigos científicos selecionados. Por meio deste estudo foi possível constatar a presença de alguns temas emergentes e oportunidades para novas pesquisas, dentre eles estão: a eficiência de incineradores e a avaliação da eficiência da gestão dos RSU.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, Eficiência, Incinerador.

Abstract

Research on the management of urban solid waste (RSU) and the technique data envelopment analysis (DEA) are still incipient in Brazil. In this way, it becomes relevant to study the combination of these themes that has been receiving prominence in recent years in the academy. This study presents the contribution of what has been produced on the management of urban solid waste and the technique data envelopment analysis for the development of knowledge of the area, pointing out spaces for future research discussions. This technique is used to measure efficiency, to highlight the importance of measuring efficiency in the public area. To achieve this goal, the survey and research of international academic production was carried out. Through a set of ex-ante questions, it was possible to identify the main categorical groups of authors in the area, universities / research institutes, main journals, countries belonging to universities / research institutes, and to identify and analyze the main objectives, concepts, techniques and contributions of selected scientific articles. Through this study it was possible to verify the presence of some emerging themes and opportunities for new research, among them are: the efficiency of incinerators and the evaluation of efficiency of management solid waste.

Keywords: Management urban solid waste, efficiency, incinerator.



1. INTRODUÇÃO

Nas sociedades modernas o consumismo tem aumentado nos últimos anos. Este consumo gera desperdício que precisa ser tratado de forma responsável, eficiente e eficaz. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) (2016), a geração de resíduos mundial deve ter um aumento de 1,3 bilhão de toneladas para 2,2 bilhões de toneladas até o ano de 2025. Para os especialistas da entidade, a gestão dos resíduos e o descarte correto de materiais tornam-se cada dia mais imprescindíveis para que o mundo caminhe para um desenvolvimento sustentável.

Devido ao crescimento populacional e econômico a taxa de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) continua crescendo, portanto os tomadores de decisão estão enfrentando problemas de insuficiência das capacidades das instalações disponíveis para demanda de disposição de RSU (Daí, Li & Huang, 2012). Algumas pesquisas têm sido desenvolvidas para analisar a eficiência da gestão de RSU em países e municípios. Assim sendo, os esforços de pesquisas para medir a eficiência do setor público têm focado no desenvolvimento de metodologias empiricamente para avaliar a eficiência das unidades produtivas. Contudo, foi no final da década de 1970 que o método proposto por Charnes et. al (1978) - *Data Envelopment Analysis* (DEA) ofereceu novas possibilidades que foi muito além de todas as expectativas iniciais. O setor público foi a força motriz desse crescimento ilimitado: tornou-se um foco de interesse e impulso metodológico de desenvolvimento. A possibilidade de analisar empiricamente a eficiência na esfera pública e até que ponto as ineficiências poderiam ser detectadas e corrigidas, tornou-se uma abordagem amplamente adotada (López, Enguix & Ibañes, 2011).

A gestão de RSU é um dos principais problemas que afetam a qualidade ambiental e o desenvolvimento sustentável das cidades. Uma gestão eficaz supõe uma contribuição para a saúde pública, sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico. Isso justifica a necessidade de realizar pesquisas na área em questão que revelam várias facetas de interesse científico. Esta pesquisa tem como objetivo responder a seguinte pergunta: quais as principais contribuições dos estudos que envolvem os resíduos sólidos urbanos e análise envoltória de dados no contexto internacional? O propósito é a realização de uma revisão sistemática, considerando a relevância de sua contribuição para o desenvolvimento do conhecimento científico, tendo em vista a crescente busca de esclarecimentos a respeito das temáticas.

Esta pesquisa contribui para a literatura sobre a gestão de RSU com uma exploração e conceitualização, apresentando como a técnica DEA tem sido utilizada para mensurar a eficiência e de que forma os municípios e países podem ser mais eficientes na gestão de RSU. Portanto, além de mapear o campo estudado, podem ser esboçadas novas propostas de estudos originais e que possam trazer contribuições teóricas e práticas relevantes no campo em questão. Este trabalho está organizado em 5 seções. Inicia-se com essa introdução. Segue-se com a revisão de literatura sobre geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e a técnica análise envoltória de dados (DEA). Por seguinte apresenta-se a metodologia de pesquisa. Na sequência são apresentados os resultados e por fim as considerações finais.



2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta revisão de literatura explana-se a Geração de Resíduos Sólidos e a Técnica Análise Envoltória de Dados.

2.1 A Geração de Resíduos Sólidos Urbanos

Ao longo dos anos houve um aumento na quantidade dos resíduos gerados, em decorrência do aumento da população e conseqüentemente do aumento do consumo. A gestão dos RSU é muito importante, todo o processo de destinação final deve ser minuciosamente planejado de forma eficiente, desde a coleta, armazenamento até a destinação final. Os RSU têm levado a graves problemas ambientais. Os municípios estão imersos em um processo complicado, conseqüentemente várias alternativas foram criadas para melhor gestão dos RSU, tais como: adaptação dos serviços de coleta, exigências de reciclagem e utilização dos resíduos gerados (López, Enguix & Ibañez, 2011).

No setor público há dificuldades para mensurar a eficiência, entretanto tal feito é de extrema importância para melhor gestão, assim é possível avaliar a gestão e propor sugestões de melhorias. Ao longo dos anos houve esforços para o desenvolvimento de metodologias empíricas para avaliar a eficiência pública, no final da década de 1970 foi proposta por Charnes a DEA, essa ofereceu novas possibilidades de analisar empiricamente a eficiência no setor público, além de ofertar supostamente alternativas para cortes e realocação de recursos públicos (López, Enguix & Ibañez, 2011).

2.2 A técnica Análise Envoltória de Dados

A análise envoltória de dados (DEA) modela a produtividade de uma determinada unidade tomadora de decisão (DMU) utilizando ao mesmo tempo relações ponderadas baseadas em uma quantidade de outputs por dado conjunto de inputs (Sarkis, 2000). A partir de variáveis que caracterizam insumos e variáveis que caracterizam produtos (relacionadas a cada DMU), o DEA resulta em uma escala de medida de eficiência. Essa escala associa cada DMU a um valor entre 0 e 1; o valor de eficiência de uma DMU específica depende da quantidade de insumos e produtos não apenas da própria DMU, mas também de todas as outras sob análise. Mais especificamente, constrói-se uma fronteira não paramétrica das DMUs que possuem eficiência ótima (índice 1) a partir de um conjunto de DMUs, permitindo uma medida de eficiência comparativa entre elas (Hu, Qi & Yang, 2012).

A DMU que produz menores quantidades de produtos, comparada com outra que possui a mesma quantidade de recursos, porém que produz mais, será considerada ineficiente. Dessa forma, a DMU que gera os mesmos níveis de produtos e que consome mais recursos que outra, também será designada como ineficiente (Marinho, 2003). A aplicação do DEA produz um indicador que varia de 0 a 1 sendo que, quanto mais próximo a 1, mais eficiente é considerada a DMU e, scores iguais à 1 indicam eficiência.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção descreve as etapas no desenvolvimento desta pesquisa. Trata-se de uma pesquisa com a abordagem de natureza qualitativa. Do ponto de vista dos objetivos pode ser caracterizada como descritiva. Para alcançar o objetivo estabelecido no presente estudo, foi



adotada a técnica de revisão sistemática de literatura. Esse tipo de investigação integra as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada (Sampaio & Mancini, 2007). Dessa forma, é mapeado um determinado campo de estudo em relação à teoria, metodologia e resultados obtidos em determinado momento. Pode-se observar na Figura 1 as etapas para realizar uma revisão sistemática de literatura.

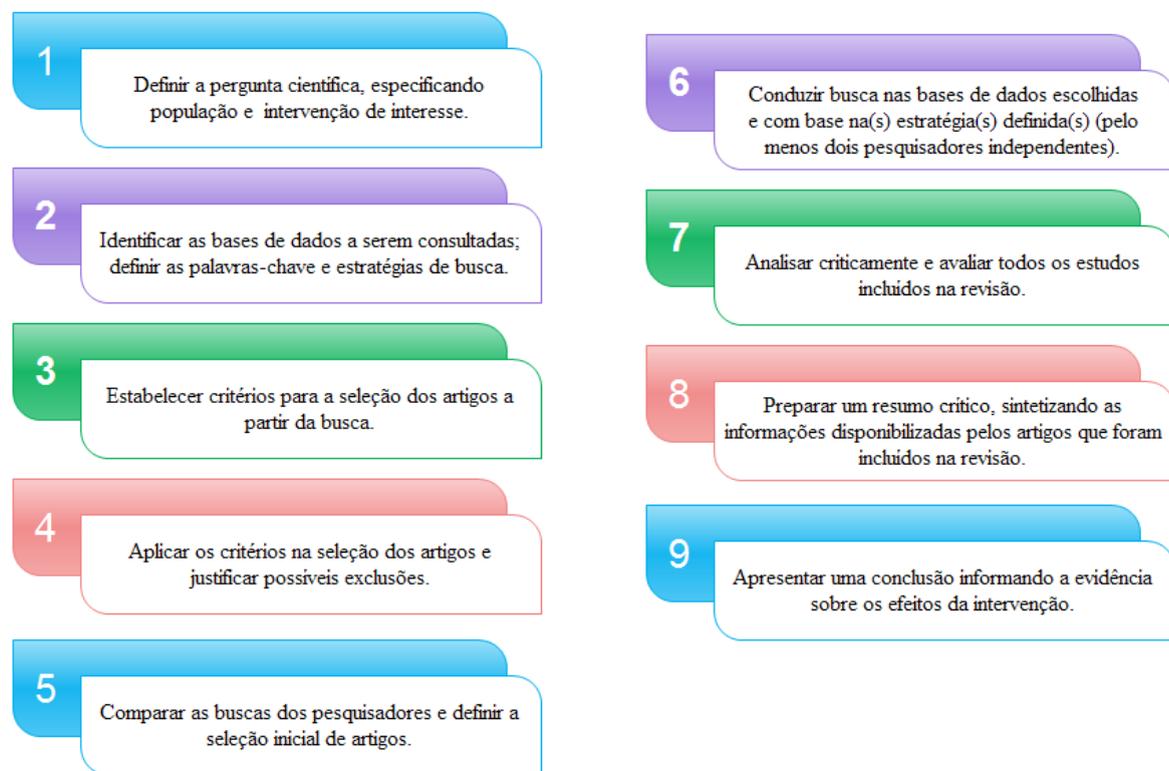


Figura 1- Planejando das etapas do processo de revisão sistemática
Fonte: Adaptado de Sampaio e Mancini (2007).

A pergunta que orienta este estudo é: quais as principais contribuições dos estudos que envolvem os resíduos sólidos urbanos e análise envoltória de dados no contexto internacional? Para tanto, é fundamental que seja investigado o fluxo de informação entre os pesquisadores. A coleta e análise de dados seguiram as seguintes etapas:

1. Definiu-se as expressões a serem utilizadas nos mecanismos de busca. Os termos foram: “*urban solid waste AND data envelopment analysis*”; “*municipal solid waste AND data envelopment analysis*”; “*household waste AND data envelopment analysis*” e “*solid waste management AND data envelopment analysis*” essas foram pesquisadas nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos. A estratégia de busca adotada foi “AND”, dessa forma buscou-se os dois termos sempre juntos. Cabe destacar que optou-se por três combinações de palavras-



chave (sinônimos para o termo) na tentativa de identificar maior quantidade de artigos que abordam o tema.

No Quadro 1, pode-se observar a similaridade semânticas dos termos selecionados para busca. O índice varia de 0 – 1, sendo 1 o valor mais elevado de similaridade. Essa similaridade foi calculada com base *Stanford WebBase*.

Termos de busca	<i>urban waste data envelopment analysis</i>	<i>solid waste AND data envelopment analysis</i>	<i>municipal waste AND envelopment analysis</i>	<i>solid waste data</i>	<i>household waste AND envelopment analysis</i>	<i>waste data</i>	<i>solid waste management AND data envelopment analysis</i>
<i>urban waste data envelopment analysis</i>	1,00	0,8847	0,8125	0,8493			
<i>municipal waste data envelopment analysis</i>	0,8847	1,00	0,7973	0,8638			
<i>household waste AND envelopment analysis</i>	0,8125	0,7973	1,00	0,7799			
<i>solid waste management AND data envelopment analysis</i>	0,8493	0,8638	0,7799	1,00			

Quadro 1 – Similaridade semântica dos termos de busca
Fonte: Criado pelos autores, 2017.

2. Iniciou-se a procura nas seguintes bases de dados: *Scopus e Web of Science*. As mesmas foram escolhidas em virtude da multidisciplinaridade de trabalhos e referências, sendo todas internacionais. Os filtros foram os seguintes: Período: todos os anos. A escolha em não delimitar uma série temporal das publicações nas bases de dados, tem como justificativa levantar as principais publicações que abordam o tema em análise. Dessa forma, foi possível identificar os primeiros estudos e os principais pesquisadores do tema. Tipo de documentos: artigos científicos. Idioma: inglês. Classificação dos periódicos na lista do *Scimago*: apenas os periódicos classificados como A1. Classificação dos periódicos na lista do *Scimago*: apenas os periódicos classificados no primeiro quartil (Q1), ou seja, os 25% mais citados. Os critérios anteriormente definidos foram estabelecidos em todas as bases de dados utilizadas.

3. Por fim, foi realizada a análise dos resultados e apontadas as principais contribuições. Assim, foram indexados 33 artigos que apresentaram resultados satisfatórios quanto aos filtros utilizados. Posteriormente, removeram-se os artigos duplicados, consequentemente restaram 21 artigos. Após a leitura dos resumos e palavras-chave dos artigos, foram selecionados 16 do total encontrado, pois melhor atenderam aos critérios especificados.



Pode-se observar na Figura 2 o processo dos determinantes adotados para realizar a revisão sistemática de literatura neste estudo.

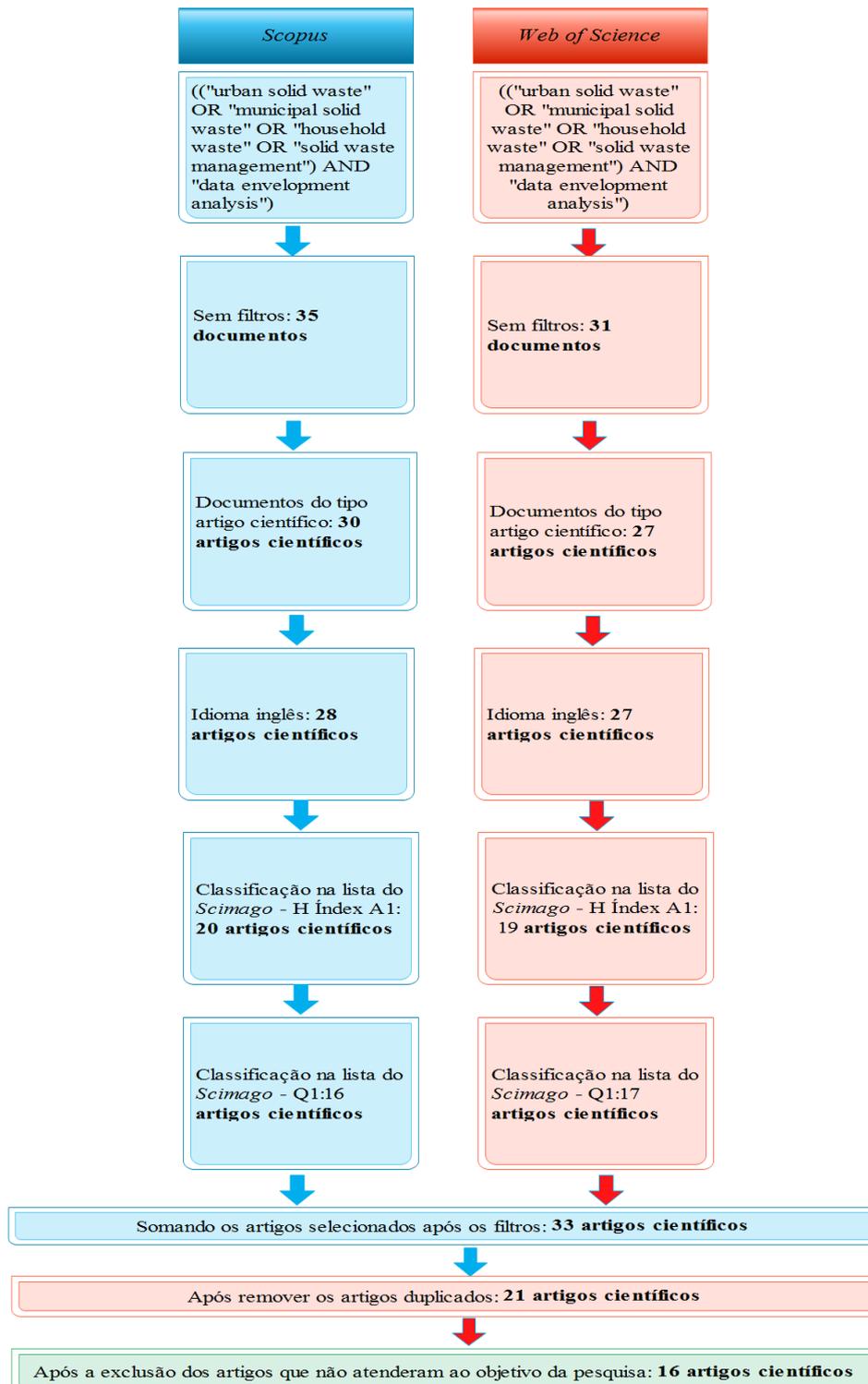




Figura 2 - Processo dos determinantes da revisão sistemática de literatura.
Fonte: criado pelos autores, 2017.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados da pesquisa, os quais estão divididos em 2 partes, sendo elas, análise bibliométrica e análise sistêmica.

4.1 Análise Bibliométrica

No presente estudo foram indexados 16 artigos científicos que apresentaram resultados positivos para a filtragem adotada. O detalhamento dos trabalhos apresentados e analisados a cada ano nas bases observadas no estudo é apresentado no Quadro 2.

Título do artigo científico	Autores	Ano de publicação	Periódico	Número de Citações
An evaluation of technical efficiency and managerial correlates of solid waste management by Welsh SMEs using parametric and non-parametric techniques	JJ Cordeiro; J Sarkis; D Vazquez-Brust; L Frater e J Dijkshoorn	2012	Journal of the Operational Research Society	06
Assessing the power generation, pollution control, and overall efficiencies of municipal solid waste incinerators in Taiwan	Dong-Shang Chang e Fu-Chiang Yang	2011	Energy Policy	15
Comparative analysis of DEA as a discrete alternative multiple criteria decision tool	Joseph Sarkis	2000	European Journal of Operational Research	204
Determinants of efficiency in the provision of municipal street-cleaning and refuse collection services	Bernardino Benito-López; María del Rocío Moreno-Enguix e José Solana-Ibañez	2011	Waste Management	29
Environmental performance evaluation of large-scale municipal solid waste incinerators using data envelopment analysis	Ho-Wen Chen; Ni-Bin Chang; Jeng-Chung Chen e Shu-Ju Tsai	2010	Waste Management	30
Evaluating the efficiency of municipalities in collecting and processing municipal solid waste: A shared input DEA-model	Nicky Rogge e Simon De Jaeger	2012	Waste Management	37
Explaining efficiency in municipal services providers	Bernardino Benito; José Solana e María-Rocío Moreno	2014	Journal of Productivity Analysis	12
Incorporating the learning effect into data envelopment analysis to	Dong-Shang Chang; Wenrong Liu e Li-Ting Yeh	2013	European Journal of	



measure MSW recycling performance			Operational Research	04
Performance assessment for municipal solid waste collection in Taiwan	You-Ti Huang; Tze-Chin Pan e Jehng-Jung Kao	2011	Journal of Environmental Management	37
Performance measurement for incineration plants using multi-activity network data envelopment analysis: The case of Taiwan	Po-Chi Chen; Ching-Cheng Chang; Ming-Miin Yu e Shih-Hsun Hsu	2012	Journal of Environmental Management	26
Regulatory structures and operational environment in the Portuguese waste sector	Pedro Simões; Kristof De Witte e Rui Cunha Marques	2010	Waste Management	38
Solid waste facilities location using of analytical network process and data envelopment analysis approaches	M.R. Khadivi e S.M.T. Fatemi Ghomi	2012	Waste Management	40
The effect of organizational learning on the dynamic recycling performance of Taiwan's municipal solid waste (MSW) system	Li-Ting Yeh; Dong-Shang Chang e Wenrong Liu	2016	Clean Technologies and Environmental Policy	01
The Market Structure of Urban Solid Waste Services: How Different Models Lead to Different Results	Pedro Simões; Pedro Carvalho e Rui Cunha Marques	2013	Local Government Studies	09
The privatization effect of MSW incineration services by using data envelopment analysis	Yi-Tui Chen e Chung-Chiang Chen	2012	Waste Management	15
Wasteful waste-reducing policies? The impact of waste reduction policy instruments on collection and processing costs of municipal solid waste	Simon De Jaeger; Johan Eyckmans; Nicky Rogge e Tom Van Puyenbroeck	2011	Waste Management	39

Quadro 2 – Total de artigos publicados por ano de publicação

Fonte: criado pelos autores, 2017.

Em relação às bases de dados, observa-se no Gráfico 1 que 81% dos artigos estão indexados em ambas as bases *Scopus e Web of Science*, 13% somente na *Scopus* e outros 6% somente na *Web of Science*.

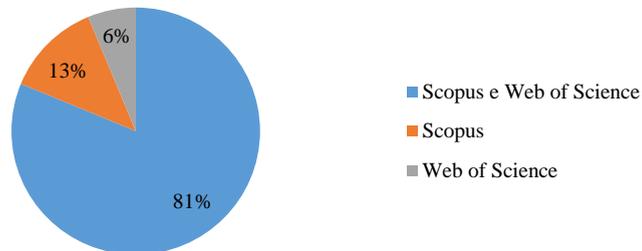


Gráfico 1 – Artigos científicos por base de dados
Fonte: criado pelos autores, 2017.

Após a revisão e análise dos artigos, as publicações nos periódicos foram divididas por ano, sendo possível perceber que, houve maiores quantidades de trabalhos publicados sobre a temática nos anos 2011 e 2012, nos demais anos a produção foi semelhantes (Gráfico 2).

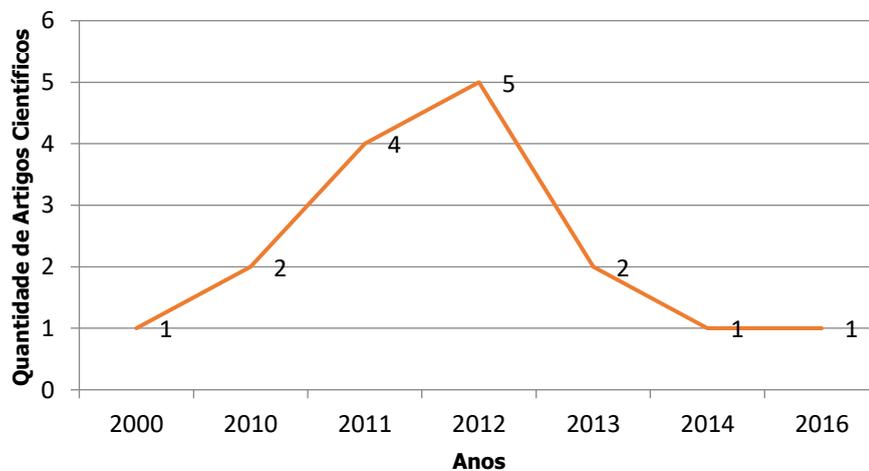


Gráfico 2 – Quantidade de publicações por ano
Fonte: criado pelos autores, 2017.

Foram identificados os periódicos que publicaram estudos referenciando o tema em questão. Pode-se observar no Gráfico 3, que o Periódico *Waste Management* se destacou em número de artigos publicados, com 7 artigos.

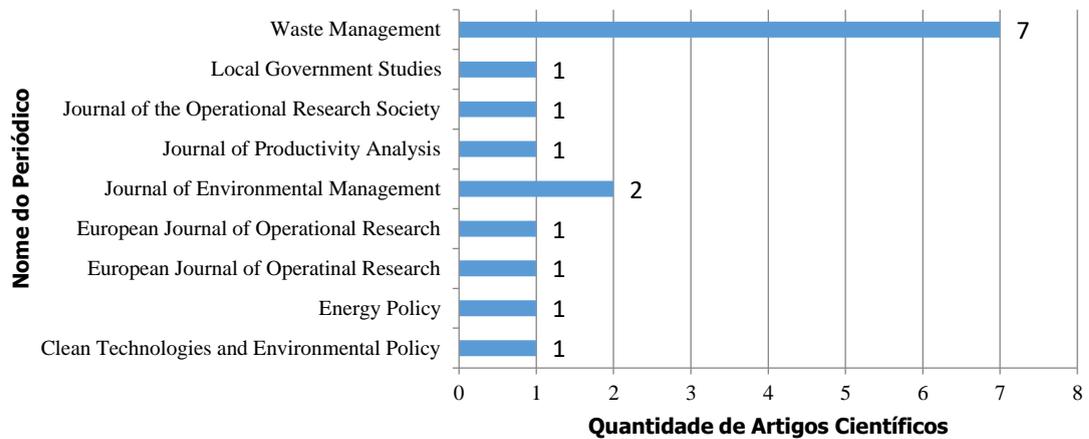


Gráfico 3 – Quantidade de publicações por periódico
Fonte: criado pelos autores, 2017.

Analisando os artigos pelo número de autores, identificou-se uma predominância de três autores por artigo 44%, seguido por dois autores 25%, e depois quatro autores 19% e por fim um autor e cinco autores com 6% cada.

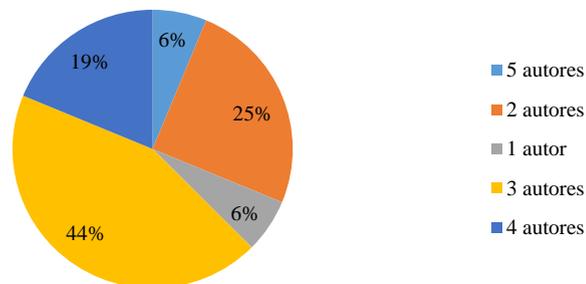


Gráfico 4 – Quantidade de autores por artigo científico
Fonte: criado pelos autores, 2017.

Observa-se, no Gráfico 5, o país de vínculo institucional dos autores e co-autores, no qual se destacaram Taiwan, com 43,00% e a Bélgica, com 7,00%.

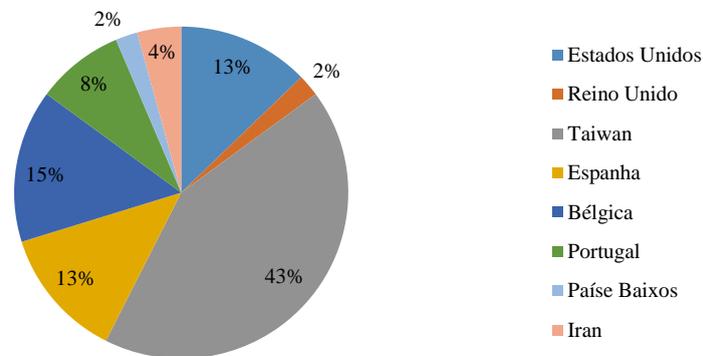


Gráfico 5 – País de vínculo institucional dos autores e co-autores
Fonte: criado pelos autores, 2017.

4.2 Principais Contribuições dos Estudos

Os artigos científicos selecionados foram divididos conforme o foco com que tratavam o tema “Análise Envoltória de Dados” e “Resíduos Sólidos Urbanos”. As linhas temáticas foram determinadas pela análise de conteúdo agrupado em cada artigo e pelo critério de semelhança temática conjunta por área para o estabelecimento das categorias de análise. Conforme a Tabela 1, as linhas temáticas são: avaliação da eficiência dos incineradores e avaliação da eficiência da gestão dos RSU.

Linha Temática	Quantidade de artigos científicos
Avaliação da eficiência dos incineradores	4
Avaliação da eficiência da gestão dos RSU	12

Tabela 1 – Classificação dos artigos por linha temática
Fonte: Criado pelos autores, 2017.

- **Avaliação da eficiência dos incineradores** - os artigos que compõe esta categoria estão voltados essencialmente, para a avaliação da eficiência dos incinerados. Os estudos avaliam até que ponto é válida a criação de um incinerador, pois esse auxilia na destinação final dos RSU, mas prejudica o meio ambiente com a emissão de poluentes. Os autores questionam até que ponto é válido o custo, eficácia e eficiência operacional dos incineradores (CHANG & YANG, 2011; Chen et al, 2012).

Há estudos que avaliam a eficiência de produção dos incineradores e a diminuição da poluição. Pois, há países em que há muitos incineradores, assim, a questão do espaço no qual esse é instalado é um problema, além de levar em consideração a população que reside próximo a esse (Chen et al, 2012). Outro estudo avalia a gestão dos incineradores. Se esses são geridos



por empresas públicas ou privadas, e se tal fato impacta na eficiência do mesmo (Chen & Chen, 2012).

- **Avaliação da eficiência da gestão dos RSU** - os artigos que compõe esta categoria estão voltados essencialmente, para a avaliação da eficiência da gestão dos RSU. Alguns estudos avaliam quais os fatores que influenciam na eficiência da gestão dos RSU. Sendo alguns desses: renda, densidade população, se a cidade é turística (López, Enguix & Ibañes, 2011). Também há estudos que avaliam se o partido político do governante tem impacto na eficiência. Os estudos comparam a eficiência da gestão de vários municípios de um mesmo país (López, Enguix & Ibañes, 2011).

Há estudos que avaliam como que as políticas desenvolvidas pelos governos impactam na eficiência da gestão dos RSU, assim são realizados estudos com dados em painel (De Jaeger et al, 2011; Chang, Liu & Yeh, 2013).

Portanto, observa-se que o tema em análise é relevante e ainda está sendo estudado na academia. Assim sendo, foram identificadas algumas sugestões de trabalhos futuros em cada trabalho analisado. Foi sugerido analisar a influencia dos partidos políticos na gestão dos RSU. E também foi sugerido analisar a gestão dos RSU em um maior período de tempo, ou seja, avaliar a evolução da gestão dos RSU ao longo dos anos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta os resultados de um mapeamento e análise das publicações das bases científicas *Scopus e Web of Science*, que associam a “Técnica Análise Envoltória de Dados” e “Resíduos Sólidos Urbanos”. Os resultados incluem a análise de 16 artigos publicados principalmente no periódico *Waste Management*, o tema tem sido estudado principalmente por pesquisadores vinculados as instituições localizadas em Taiwan e na Bélgica. Nota-se que a maior parte dos artigos científicos analisados possuem três autores. Os estudos foram divididos nos seguintes eixos temáticos: Avaliação da eficiência dos incineradores e Avaliação da eficiência da gestão dos RSU.

Este estudo contribui para demonstrar a importância de se estudar essas duas temáticas em conjunto, visto que a produção de RSU tem aumentado constantemente. Este estudo contribui para que outros pesquisadores tenham uma base mais minuciosa e precisa na direção de estudos dessas temáticas. Observou-se que foram encontrados vários estudos nos últimos anos, destaca-se a questão dos incinerados é algo preocupante, tendo em vista que algumas regiões não é possível de comportá-los e o seu custo de operação e manutenção é elevado. Também foi observado que a própria gestão dos RSU podendo ser gerida pela gestão privada ou pública em muitos casos deixa a desejar, pois não atua de forma eficiente.

Portanto, a presente pesquisa disponibiliza importantes informações para a realização de futuras pesquisas sobre a temática, contribuindo para que estudiosos iniciem ou aprofundem as suas pesquisas sobre o assunto, partindo dos artigos apresentados e os periódicos que se destacam nestas temáticas.



REFERÊNCIAS

- Benito, B., Solana, J., & Moreno, M. R. (2014). Explaining efficiency in municipal services providers. *Journal of Productivity Analysis*, 42(3), 225-239.
- Benito-López, B., del Rocio Moreno-Enguix, M., & Solana-Ibañez, J. (2011). Determinants of efficiency in the provision of municipal street-cleaning and refuse collection services. *Waste Management*, 31(6), 1099-1108.
- Cordeiro, J. J., Sarkis, J., Vazquez-Brust, D., Frater, L., & Dijkshoorn, J. (2012). An evaluation of technical efficiency and managerial correlates of solid waste management by Welsh SMEs using parametric and non-parametric techniques. *Journal of the Operational Research Society*, 63(5), 653-664.
- Chang, D. S., Liu, W., & Yeh, L. T. (2013). Incorporating the learning effect into data envelopment analysis to measure MSW recycling performance. *European Journal of Operational Research*, 229(2), 496-504.
- Chang, D. S., & Yang, F. C. (2011). Assessing the power generation, pollution control, and overall efficiencies of municipal solid waste incinerators in Taiwan. *Energy policy*, 39(2), 651-663.
- Chen, H. W., Chang, N. B., Chen, J. C., & Tsai, S. J. (2010). Environmental performance evaluation of large-scale municipal solid waste incinerators using data envelopment analysis. *Waste Management*, 30(7), 1371-1381.
- Chen, P. C., Chang, C. C., Yu, M. M., & Hsu, S. H. (2012). Performance measurement for incineration plants using multi-activity network data envelopment analysis: The case of Taiwan. *Journal of environmental management*, 93(1), 95-103.
- Chen, Y. T., & Chen, C. C. (2012). The privatization effect of MSW incineration services by using data envelopment analysis. *Waste management*, 32(3), 595-602.
- Dai, C., Li, Y. P., & Huang, G. H. (2012). An interval-parameter chance-constrained dynamic programming approach for capacity planning under uncertainty. *Resources, Conservation and Recycling*, 62, 37-50.
- De Jaeger, S., Eyckmans, J., Rogge, N., & Van Puyenbroeck, T. (2011). Wasteful waste-reducing policies? The impact of waste reduction policy instruments on collection and processing costs of municipal solid waste. *Waste Management*, 31(7), 1429-1440.
- Hu, H. H., Qi, Q., & Yang, C. H. (2012). Analysis of hospital technical efficiency in China: Effect of health insurance reform. *China Economic Review*, 23(4), 865-877.
- Huang, Y. T., Pan, T. C., & Kao, J. J. (2011). Performance assessment for municipal solid waste collection in Taiwan. *Journal of environmental management*, 92(4), 1277-1283.
- Khadivi, M. R., & Ghomi, S. F. (2012). Solid waste facilities location using of analytical network process and data envelopment analysis approaches. *Waste management*, 32(6), 1258-1265.
- Marinho, A. (2003). Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. *Revista brasileira de economia*, 57(3), 515-534.



- Rogge, N., & De Jaeger, S. (2012). Evaluating the efficiency of municipalities in collecting and processing municipal solid waste: A shared input DEA-model. *Waste management*, 32(10), 1968-1978.
- Sarkis, J. (2000). A comparative analysis of DEA as a discrete alternative multiple criteria decision tool. *European journal of operational research*, 123(3), 543-557.
- RF, S. (2007). Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista brasileira de fisioterapia*, 11(1), 83-89.
- Simões, P., Carvalho, P., & Marques, R. C. (2012). Market structure of urban solid waste. Different models, different results. *Càtedra Pasqual Maragall d'Economia i Territori–Documents de treball*, WP 2X/2012.
- Simões, P., De Witte, K., & Marques, R. C. (2010). Regulatory structures and operational environment in the Portuguese waste sector. *Waste management*, 30(6), 1130-1137.
- United Nation Environment Programme. (2016). Publications. Disponível em: <http://www.unep.org/>. Acessado em; 15 de dez.
- Yeh, L. T., Chang, D. S., & Liu, W. (2016). The effect of organizational learning on the dynamic recycling performance of Taiwan's municipal solid waste (MSW) system. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(5), 1535-1550.