

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS COM AUXÍLIO DO MÉTODO *SYSTEM DYNAMICS*: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Augusto Cesar Hernandez Pinha (Universidade Federal de São Carlos)

augustocesar@ufscar.br

Juliana Keiko Sagawa (Universidade Federal de São Carlos)

juliana@dep.ufscar.br

Resumo

A gestão eficiente dos resíduos sólidos é um dos objetivos da administração pública, principalmente diante da obrigação de se atender a legislação vigente desde 2010, com a promulgação da Lei 12.305. Sendo assim, os gestores devem ter disponibilidade de ferramentas que os auxiliem na tomada de decisão e que lhes permitam realizar projeções, preferencialmente em longo prazo, de modo a atender essa necessidade. Uma dessas ferramentas é a modelagem e simulação. Esse trabalho tem por objetivo apresentar um levantamento dos trabalhos que trataram da gestão de resíduos sólidos por meio de modelagem e simulação com o método *System Dynamics* publicados no período de 2005 a 2017. Para isso foi realizada uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), por ser um método de maior rigor científico e possibilitar o alcance de resultados abrangentes. Foram encontrados 22 trabalhos com as características mencionadas, sendo a maioria do continente asiático. Entretanto, poucos consideram o aspecto financeiro detalhadamente e o tipo de resíduo gerado pela população. Apesar da importância do tema, poucos trabalhos foram desenvolvidos no Brasil, o que indica a necessidade de mais pesquisas para contribuir com a literatura e auxiliar os gestores públicos na tomada de decisão quanto as políticas referentes a gestão adequada dos resíduos sólidos.

Palavras-Chaves: Revisão Bibliográfica Sistemática; Gestão de Resíduos Sólidos; System Dynamics

1. Introdução

O aumento do consumo por parte da população intensifica as práticas de extração de matérias-primas, bem como o conseqüente descarte de resíduos. Com isso, tem-se a devastação incontrolada dos recursos naturais e a contaminação da atmosfera, das águas e dos solos com os resíduos oriundos da produção de bens e seu consumo (FONSECA, 2015).

Sendo este o cenário em que o mundo se encontra, é necessária a instituição de políticas e a adoção de práticas de gestão dos resíduos sólidos e diminuir a geração, seja em âmbito global ou regional.

No Brasil, o tema foi discutido por mais de duas décadas e, em 2 de agosto de 2010, foi promulgada a Lei 12.305, denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe sobre os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações relativas à gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos em território brasileiro (BRASIL, 2010). A referida lei define gestão integrada de tais resíduos como “o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010) e tem como objetivo o enfrentamento aos variados problemas decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

Para efeitos de entendimento, a PNRS define resíduos sólidos como todo “material, substância objeto ou bem descartados resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido” (BRASIL, 2010). Também se enquadra, nessa definição, os gases contidos em recipientes e os líquidos que não possam ser despejados em redes de coleta de esgoto ou corpos d’água.

A PNRS objetiva, nessa ordem de prioridade, a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, cujo objetivo é estabelecer que os resíduos sólidos sejam reutilizados, reciclados, recuperados ou utilizados na compostagem ou no aproveitamento energético, e que os rejeitos sejam descartados de modo a se observar normas específicas que evitem danos ou riscos à saúde pública e à segurança, bem como a se minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Modelos de simulação são ferramentas relevantes para a análise dos cenários que possam auxiliar os gestores responsáveis pela tomada de decisão e implantação de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), uma das exigências do PNRS. Uma abordagem apropriada a este contexto é a de *System Dynamics* (SD).

Tal método foi desenvolvido na década de 1950 por Jay Forrester, do Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), e lida com interações de larga escala, podendo ser usado em sistemas complexos e dinâmicos. Segundo Forrester (1961), as vantagens desse método são permitir a

realimentação do resultado do sistema, ou seja, o acúmulo do efeito obtido e a análise do comportamento do sistema ao longo do tempo de maneira a possibilitar a percepção das consequências das decisões tomadas.

O objetivo deste trabalho é o de traçar, por meio de revisão bibliográfica sistemática (RBS), um panorama das pesquisas realizadas nos últimos anos que trazem modelos de SD aplicados à gestão de resíduos sólidos. Busca-se identificar as contribuições dos trabalhos publicados e a forma como a modelagem foi realizada a fim de verificar como esses modelos poderiam auxiliar a PNRS ou apontar lacunas de pesquisa e oportunidades de melhoria nos modelos já desenvolvidos.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 é descrito o método de pesquisa referente a revisão bibliográfica sistemática, na seção 3 são apresentadas 3 análises: uma bibliométrica, em que são apresentados os passos para aceite ou descarte dos trabalhos obtidos das bases, bem como alguns números referentes aos trabalhos aceitos; uma referente às características dos trabalhos aceitos; e, por fim, uma em que são apresentados os resultados obtidos com a leitura dos trabalhos e os pontos convergentes percebidos. Na seção 4 as conclusões obtidas com esse trabalho

2. Método de pesquisa

Para a coleta dos artigos dentro do escopo da RBS foram utilizadas as bases de dados *Engineering Village*, *Science Direct*, *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*, e foram adotadas as seguintes palavras-chave: “*solid waste management*” AND “*System Dynamics*”.

Omitiram-se as palavras “*municipal*” ou “*urban*” com o objetivo de verificar trabalhos que não eram restritos a uma cidade, mas sim a uma região mais ampla. Os artigos pesquisados deveriam possuir no título, no resumo ou no decorrer do texto as palavras chaves mencionadas.

Os filtros adotados para a revisão sistemática foram idioma (português, inglês e espanhol) e ano de publicação (artigos publicados no período de 2005 a 2017). Esse período foi adotado, pois se pretendeu estabelecer o estado da arte antes da promulgação do PNRS, em 2010. Com isso, foram analisados os trabalhos de 13 anos.

Após verificação dos resultados, filtraram-se também apenas aqueles que estavam disponíveis em texto completo. Os artigos foram gerenciados por meio do software StArt (*State of the Art*

through Systematic Review), versão 3.0.3 BETA, desenvolvido na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

3. Resultados da análise das publicações

3.1. Análise Bibliométrica

Foram obtidos 634 artigos, sendo 73 (11% do total) duplicados. Dentre os restantes, após a leitura do título, do resumo e das palavras-chave, 501 (79%) foram rejeitados, restando 60 artigos que necessitaram de uma leitura mais completa para verificar se realmente não tratavam de *System Dynamics* ou de gestão de resíduos sólidos, já que apenas com a leitura do título ou do resumo não era possível inferir. Dos 60 artigos, apenas 22 foram aceitos; houve, portanto, um total de 612 artigos rejeitados.

Os motivos de rejeição dos documentos, tanto na primeira quanto na segunda fase, foram os seguintes:

- a) Não era artigo ou capítulo de livro: documentos tais como abstracts ou resumo estendido de conferência, sem muitas informações para analisar o conteúdo;
- b) Não tratava diretamente de resíduos sólidos, apenas trazia o termo em algum ponto do artigo;
- c) Não tratava de SD em sua essência: trabalhos que utilizavam outras abordagens, inclusive de geração de cenários;
- d) Tratava de outros tipos de resíduos, sendo os seguintes:
 - Demolição e construção;
 - Líquidos, tais como óleo, combustíveis, ou efluentes (tratamento de esgoto);
 - Industriais, tais como indústria química, por exemplo;
 - Hospitalares e similares ou de cuidados de saúde “*healthcare*”;
 - Elétricos e eletrônicos (WEEE), tais como bateria, computadores e outros;
 - Resíduos de agricultura, tais como embalagens de fertilizantes ou aqueles oriundos da atividade.
- e) Apresentava como tema principal a gestão ambiental ou sustentabilidade: a gestão de resíduos era um pilar, mas não era tratado com enfoque primário. Tratava-se, por exemplo, de logística reversa e ciclo de vida;

- f) Tratava da geração de energia a partir de resíduos sólidos, sem considerar o tratamento do resíduo em si.
- g) Estava escrito em idioma diferente do inglês, português ou espanhol.

Os 22 artigos foram analisados e extraiu-se o ano de publicação, a revista ou periódico em que foi publicado e a cidade ou região na qual se desenvolveu e aplicou o modelo de SD, de modo a auxiliar na tomada de decisão daquele espaço. Um dos trabalhos analisados era capítulo de livro e foi escrito pelo autor de um dos artigos que também foi selecionado nesta revisão sistemática. Pelo seu conteúdo mais amplo e por ter acrescentado outras informações, devido ao espaço de tempo que houve entre as duas publicações, manteve-se o capítulo.

O Quadro 1 apresenta a região e o país ao qual se refere, quando for o caso, adotada pelos autores que desenvolveram modelos de SD para a gestão de resíduos sólidos,

Quadro 1 - Regiões abordadas nos trabalhos

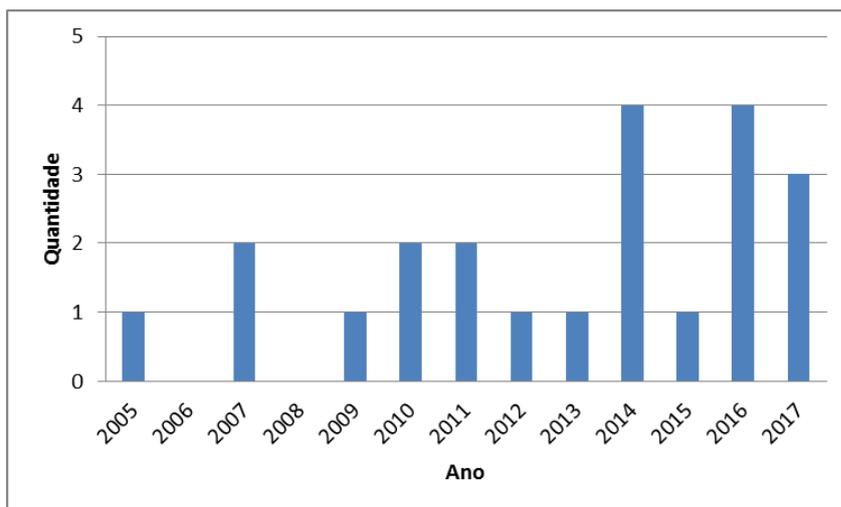
Região	País
Acaia	Grécia Ocidental
Baltimore/Maryland	EUA
Bandung	Indonésia
Bangkok	Tailândia
Cingapura	-
Dar es Salaam	Tanzânia
Delhi	Índia
Dhaka	Bangladesh
Flandres	Bélgica
Kampala	Uganda
Kinshasa	Congo
Kisumu	Quênia
Malásia	-
Medellín	Colômbia
Município do Rio Grande do Sul	Brasil
Nablus	Cisjordânia
Newark/Nova Jérsei	EUA
Ohio	EUA
San Antonio/Texas	EUA
Suíça	-

Fonte: Elaborado pelos autores

Ressalta-se que os trabalhos publicados referentes ao Brasil foram desenvolvidos a partir da realidade de um município do Rio Grande do Sul, não citado nos trabalhos. O autor principal (Simonetto) publicou três artigos com diferentes contribuições e parcerias sobre essa região.

O Gráfico 1 apresenta a quantidade de trabalhos publicados no período considerado na revisão de literatura.

Gráfico 1 - Quantidade de publicações por ano



Fonte: Elaborado pelos autores

Percebe-se que nos anos de 2014 e 2016 se teve a maior quantidade de publicações de trabalhos referentes a gestão de resíduos sólidos utilizando o método SD. Além disso, no ano de 2014, dos quatro trabalhos publicados, três são do mesmo autor, como mencionado anteriormente, (SIMONETTO et al., 2014, SIMONETTO, 2014, SIMONETTO; LÖBLER, 2014), único autor brasileiro a tratar do tema e abordagem delimitados neste artigo.

Na Tabela 1 são apresentadas as cinco palavras-chave que apareceram com mais frequência, dentre os 22 artigos, no campo de palavras-chave propriamente dito.

Tabela 1 - Palavras-chave mais encontradas

<i>Keyword</i>	Percentual
<i>System Dynamics</i>	36,36%
<i>Solid Waste Management</i>	22,73%
<i>Recycling</i>	13,64%
<i>Solid Waste</i>	13,64%
<i>Waste Management</i>	13,64%

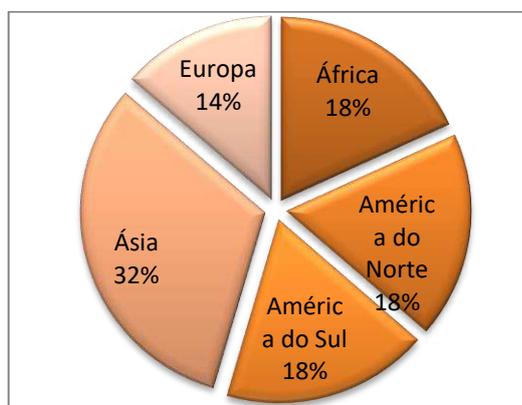
Fonte: Elaborado pelos autores

O termo que mais apareceu no campo de palavra-chave nos trabalhos foi *System Dynamics*, em 36,36% dos trabalhos, ou seja, 8 trabalhos, seguido por “*Solid Waste Management*” em 5 dos 22 trabalhos, ambas utilizadas para a busca de artigos nas bases.

O

Gráfico 2 apresenta os trabalhos aceitos na RBS com base no continente onde foram desenvolvidos os modelos de SD. Nota-se que foram publicados mais trabalhos referentes ao continente asiático, com 32% do total.

Gráfico 2 - Trabalhos publicados por continente



Fonte: Elaborado pelos autores

3.2. Análise sistemática dos trabalhos publicados

Em geral, o conjunto de trabalhos revisados se propunha a alcançar um ou mais objetivos listados a seguir:

- a) Prever a quantidade gerada e a destinação de resíduos sólidos (Sufian; Bala (2007); Kollikkathara et al. (2010); Cimren et al. (2010); Bala (2012); Rahayu et al. (2013); Simonetto et al. (2014); Simonetto (2014); Simonetto; Löbner (2014), Al-Khatib et al. (2015); Vivekananda; Nema (2014); Zulkipli et al. (2016); Giannis et al. (2017));
- b) Prever a composição do resíduo coletado (Vivekananda; Nema (2014); Al-Khatib et al. (2015); Giannis et al. (2017));
- c) Avaliar comportamento e hábitos da população acerca da geração, coleta e tratamento do resíduo (Ulli-Beer et al. (2007); Inghels; Dullaert (2011); Oyoo et al. (2011); Simonetto et al. (2014); Simonetto (2014); Simonetto; Löbner (2014); Sukholthaman; Sharp (2016); Guo et al. (2016));
- d) Entender o problema da gestão de resíduos, propor políticas públicas e avaliar cenários simulados (Dyson; Chang (2005), Sufian; Bala (2007); Adamides et al. (2009);

- Cimren et al. (2010); Inghels; Dullaert (2011); Oyoo et al. (2011); Bala (2012); Rahayu et al. (2013); Simonetto et al. (2014); Simonetto (2014); Simonetto; Löbler (2014); Al-Khatib et al (2015), Guo et al. (2016); Sukholthaman; Sharp (2016); Giannis et al. (2017); Gutberlet et al. (2017); Kubanza; Simatele (2017));
- e) Estimar a utilização de aterro sanitário (ADAMIDES et al. (2009); Kollikkathara et al. (2010); Cimren et al. (2010); Simonetto et al. (2014); Simonetto (2014); Simonetto; Löbler (2014); Giannis et al. (2017));
 - f) Avaliar questões financeiras do processo (Ulli-Beer et al. (2007); Sufian; Bala (2007); Adamides et al. (2009); Al-Khatib et al (2015), CIMREN et al. (2010); Kollikkathara et al. (2010); Bala (2012); Rahayu et al. (2013); Sukholthaman; Sharp (2016); Giannis et al. (2017));
 - g) Avaliar a possibilidade de geração de emprego (Cimren et al. (2010); Vélez; Mora (2016)).

Em alguns trabalhos foram utilizadas outras ferramentas e soluções em conjunto com o método de System Dynamics. Alguns deles foram:

- a) Modelo conceitual da gestão de resíduos (Inghels; Dullaert (2011); Gutberlet et al. (2017));
- b) Ferramentas estatísticas (Dyson; Chang (2005); Kollikkathara et al. (2010); Vivekananda; Nema (2014));
- c) Ferramentas de geoposicionamento (Adamides et al. (2009));
- d) Estudo social, ambiental e econômico (Rahayu et al. (2013); Vélez; Mora (2016); Guo et al. (2016); Giannis et al. (2017));

3.3. Considerações feitas pelos autores acerca de Gestão de Resíduos Sólidos e *System Dynamics*

Com os trabalhos selecionados foi possível obter alguns resultados que contribuem para estabelecer o estado da arte e apresentar a efetividade do método para estudo do tema pesquisado, além de se definir alguns passos a serem adotados para desenvolvimento de um modelo de gestão de resíduos sólidos.

Para Rahayu et al. (2013) e Guo et al. (2016), o desenvolvimento de um modelo de SD para prever a geração dos resíduos sólidos de uma região é um importante passo para realizar a gestão desses resíduos. É uma abordagem que permite ao gestor trabalhar com as variáveis e

obter cenários a partir das estratégias definidas, e observar a mudança de comportamento do sistema, que pode influenciar positivamente ou frustrar a implantação dessas intervenções.

Além disso, a modelagem de SD é possível de ser realizada para tratar de gestão de resíduos sólidos devido ao fato de esse ser considerado um sistema complexo, tendo em vista que as variáveis envolvidas estão inter-relacionadas e seus valores sofrem variação em um período de tempo (INGHELS, DULLAERT, 2011; AL-KHATIB et al., 2015). Um modelo de SD auxilia a conceituar e analisar racionalmente a estrutura, as interações e o comportamento de sistemas e subsistemas complexos, permitindo a exploração e avaliação dos impactos das variáveis presentes no modelo de maneira mais compreensiva e sofisticada (KOLLIKATHARA et al.,2010; AL-KHATIB et al., 2015).

Outra vantagem do método é a disponibilização de ferramentas de suporte que são muito úteis para se compreender e modelar o comportamento do processo considerando todas as variáveis envolvidas, permitindo lidar com as respostas do sistema com atrasos e interações lineares e não lineares das variáveis em todos os processos e atores envolvidos na gestão de resíduos (INGHELS; DULLAERT, 2010; SUKHOLTHAMAN; SHARP, 2015). Esse sistema envolve interações sofisticadas e múltiplas respostas associadas à população, aos efeitos no meio ambiente e aos padrões de desenvolvimento da economia e de tecnologias para o tratamento do lixo (KOLLIKATHARA et al.,2010; GIANNIS et al., 2016).

Para Cimren et al. (2010), SD responde de maneira apropriada à necessidade de um método para avaliar políticas, pois integra dados empíricos, relacionamento causal, julgamentos subjetivos e modelos matemáticos detalhados.

De acordo com Oyoo et al. (2010), um modelo dinâmico é uma alternativa apropriada para explorar projeções futuras de produção de resíduos urbanos e para avaliar cenários plausíveis de gestão de resíduos para um sistema complexo.

Beigl et al. (2008) definem um conjunto de pontos que devem ser observados para se desenvolver um modelo para gestão de resíduos sólidos, de modo a informar ao gestor a quantidade de resíduos e suas características. Para isso, deve-se definir, a princípio, a região que servirá de base para o modelo, os tipos e/ou quais resíduos receberão maior atenção na elaboração do modelo, se for o caso, e as variáveis independentes que formarão as hipóteses..

GUO et al. (2016) acrescentam que ações de outros atores, como por exemplo a “atitude do vizinho”, bem como benefícios monetários podem influenciar na decisão e no perfil do

indivíduo em como lidar com o resíduo gerado, além de fatores contextuais, como existência de locais adequados para descarte, políticas regionais etc.

Em conjunto com o crescimento da população, também devem ser considerados fatores tais como desenvolvimento da economia, tamanho das famílias, mudanças de emprego e políticas de reciclagem (DYSON; CHANG, 2005). Ainda de acordo com os autores, um modelo que estime corretamente ou se aproxime da realidade da região considerada pode ser útil para se avançar na prática da gestão de resíduos sólidos.

A previsão da quantidade de resíduos sólidos é menos complexa do que aquela referente à previsão da composição do lixo (VIVEKANANDA; NEMA, 2014). Por conta disso, é comum se utilizar a modelagem com SD em conjunto com outra ferramenta, tais como modelagens estatísticas, para auxiliar nessa previsão.

Também de acordo com os autores, a técnica de modelagem de SD para gestão de resíduos sólidos não é custosa para os cofres públicos e utiliza valores genéricos para as taxas de geração e de outras variáveis do sistema, de modo a proporcionar uma visão geral do problema, considerando o volume gerado pela população, bem como os tipos de resíduos que compõem o lixo.

4. Conclusão

A partir da revisão sistemática da literatura considerando um período de tempo de 13 anos (2005 a 2017), percebeu-se que poucos trabalhos realizaram a simulação da gestão de resíduos utilizando o método de *System Dynamics*.

Segundo os autores, a modelagem e simulação de cenários, com o método de SD, é eficiente devido ao fato da realimentação do sistema e da possibilidade de se analisar os resultados obtidos em cada parcela do tempo, bem como analisar os diferentes panoramas obtidos ao se alterar variáveis com a proposição de políticas de gestão.

Além disso, sendo o sistema desenvolvido próximo à realidade da região abordada e utilizando-se taxas de crescimento bem estimadas, é possível avaliar se a prática é positiva ou negativa, sem impactar os cofres públicos.

Entretanto, no que se refere ao cenário brasileiro, percebe-se que existem poucos trabalhos desenvolvidos considerando tais particularidades, mas é possível complementar os modelos encontrados na literatura e adaptá-los para que possam ser utilizados a fim de desenvolver um

modelo que responda à necessidade dos gestores e atenda o demandado pela legislação vigente.

Dessa forma, para trabalhos futuros sugere-se o desenvolvimento de um modelo que se aproxime ainda mais da realidade brasileira, de modo a atender o disposto no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, e prever a geração e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos gerados. Diversas características e variáveis dos modelos encontrados podem contribuir na formulação desse novo modelo, alinhado ao contexto nacional, ou, a partir das características regionais brasileiras, aprofundar os modelos existentes.

REFERÊNCIAS

ADAMIDES, E. D.; MITROPOULOS, P.; GIANNIKOS, I.; MITROPOULOS I. **A multi-methodological approach to the development of a regional solid waste management system.** Journal of the Operational Research Society. 60 ed. 2008. p. 758 - 770.

AL-KHATIB, I. A.; ELEYAN, D.; GARFIELD, J. **A System Dynamics model to predict municipal waste generation and management costs in developing areas.** Journal of solid waste technology and management. Vol. 41, n. 2. 2015. p. 109 - 120.

BALA, B. K. Modelling of Solid Waste Management Systems. In: UQAILI, M. A.; HARIJAN, K. (Org.). **Energy, Environment and Sustainable Development.** Springer Wien. New York. 2012. p. 265 - 289.

BEIGL, P., LEBERSORGER, S., SALHOFER, S. **Modelling municipal solid waste generation: a review.** Waste Management. 28, 2008. p. 200 - 214.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 26 out. 2016.

CIMREN, E.; BASSI, A.; FIKSEL, J. **T21-Ohio, a System Dynamics approach to policy assessment for sustainable development: a waste to profit case study.** Sustainability. 2 ed. 2010. p. 2814-2832.

DYSON, B., CHANG, N. B. **Forecasting municipal solid waste generation in a fast growing urban region with System Dynamics modeling.** Waste Management. 25 ed, 2005. p. 669 - 679.

FONSECA, S. A. **Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: mito ou realidade?** Guaju - Revista Brasileira de Desenvolvimento territorial sustentável, v.1, n. 1, 2015. p. 106 - 122.

FORRESTER, J. W.. **Industrial Dynamics.** Cambridge, Massachussets: M.I.T. Press, 1st Edition. 1961. 464 p.

GIANNIS, A.; CHEN, M.; YIN, K.; TONG, H.; VEKSHA, A. **Application of System Dynamics modeling for evaluation of different recycling scenarios in Singapore.** J Mater Cycles Waste Management. 19 ed. 2017. p. 1177 - 1185.

GUO, H.; HOBBS, B. F.; LASATER, M. E.; PARKER C. L.; WINCH, P. J. **System Dynamics-based evaluation of interventions to promote appropriate waste disposal behaviors in low-income urban areas: A Baltimore case study.** Waste Management, v. 56. 2016. 547 - 560.

GUTBERLET, J.; KAIN, J.; NYAKINYA, B.; OLOKO, M.; ZAPATA, P.; CAMPOS, M. J. Z. **Bridging Weak Links of Solid Waste Management in Informal Settlements.** Journal of Environment & Development. 26 ed. 2016. p. 106 - 131.

INGHELIS, D.; DULLAERT, W. **An analysis of household waste management policy using System Dynamics modeling.** Waste Management & Research 29. 2010. p. 351 - 370.

KOLLIKATHARA N., FENG H., YU D. **A system dynamic modeling approach for evaluating municipal solid waste generation, landfill capacity and related cost management issues.** Waste Management. 30 ed. 2010. p. 2194 - 2203.

KUBANZA, N. S.; SIMATELE; D. **Sustainable solid waste management in sub-Saharan African cities: application of system thinking and system dynamic as methodological imperatives in Kinshasa, the Democratic Republic of Congo.** Local Environment, The International Journal of Justice and Sustainability. 2017.

OYOO, R.; LEEMANS, R.; MOL, A. P. J. **Future Projections of Urban Waste Flows and their Impacts in African Metropolis Cities.** International Journal of Environmental Research. 5 ed. 2011. p. 705- 724.

RAHAYU, N.; ARAI, T.; YUDOKO G.; MORIMOTO, H. **System Dynamics models for planning long-term integrated municipal solid waste management in Bandung city.** WIT Transactions on Ecology and The Environment. 179 ed. The Sustainable City VIII. Vol. 2. 2013. p. 1153 - 1168

SIMONETTO, E. S. **Simulation computer to evaluate scenarios of solid waste – an approach using System Dynamics.** Int. J. Environment and Sustainable Development, Vol. 13, n. 4, 2014. p. 339 - 353.

SIMONETTO, E. S.; LÖBLER, M. L.. **Simulação baseada em System Dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos.** Production, v. 24, 2014. p. 212-224.

SIMONETTO, E. S.; RODRIGUES, G. O.; DALMOLIN, L. C.; MODRO; N. R. **O uso da dinâmica de sistemas para avaliação de cenários da reciclagem de resíduos sólidos urbanos.** Revista GEINTEC, v.4, n. 2, 2014. p. 910 - 924.

SUFIAN, M. A., BALA, B. K. **Modeling of urban solid waste management system: the case of Dhaka city.** Waste Manage. 27 ed. 2007. p. 858 - 868.

SUKHOLTHAMAN, P. SHARP, A. **A System Dynamics model to evaluate effects of source separation of municipal solid waste management: A case of Bangkok, Thailand.** Waste Management, 52 ed. 2016. p. 50 – 61.

ULLI-BEER, S.; ANDERSEN, D. F.; RICHARDSON, G. P. **Financing a competitive recycling initiative in Switzerland.** Ecological Economics, 62 ed. 2007. p. 727 - 739.

VÉLEZ, S. L. P.; MORA, N. E. **System Dynamics model for the municipal solid waste management system in the metropolitan area of Medellín, Colombia.** International Journal of Environment and Waste Management, Vol. 18, N. 2, p.161 - 180.

VIVEKANANDA, B.; NEMA, A. K. **Forecasting of solid waste quantity and composition: a multilinear regression and System Dynamics approach.** Int. J. Environment and Waste Management, Vol. 13, nº 2, 2014. p. 179 - 198.

ZULKIPLI, F.; NOPIAH, Z. M.; BASRI, N. E. A.; KIE, C. J. **Stock flow diagram analysis on solid waste management in Malaysia.** The 4th International Conference on Quantitative Sciences and Its Applications (ICOQSIA 2016). 2016.