

ESTUDO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM SANTA CRUZ DO SUL, BRASIL

Adan William da Silva Trentin¹

Adéli Beatriz Braun¹

Adriane Lawisch Rodríguez²

Diosnel Antônio Rodríguez Lopes²

RESUMO

A implementação de estratégias de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) parte da etapa de estudo das características dos resíduos. O conhecimento dessas características permite a identificação das melhores ações, seja visando a redução da geração dos resíduos ou para coleta destes, além da viabilização da implantação de tecnologias para o tratamento e para a disposição dessas matérias. O presente trabalho objetiva a obtenção de informações relativas à composição gravimétrica dos RSU gerados no município de Santa Cruz do Sul, município brasileiro de médio porte, buscando apresentar subsídios para a tomada de decisões no que diz respeito ao gerenciamento dos RSU. Para tal, foi realizada a caracterização dos RSU gerados no município. As amostras de resíduos coletadas foram encaminhadas para separação de seus componentes por meio da técnica de quarteamento, segundo a ABNT nº. 10.007/2004. Observou-se que os materiais passíveis de reciclagem representam 28,44%, a fração orgânica corresponde a 41,65%, e os rejeitos somam 29,91% da massa de resíduos sólidos gerados e coletados. A realização do estudo permitiu constatar o alto potencial de aproveitamento dos RSU gerados, bem como a importância da adoção de políticas públicas que visem à separação dos resíduos na fonte, implementação de coleta seletiva e triagem dos resíduos passíveis de reciclagem, além do aproveitamento dos resíduos compostáveis.

Palavras-chave: Características Físicas; Gerenciamento de Resíduos Sólidos; Gravimetria; Resíduo Sólido Urbano.

ABSTRACT

Study of gravimetric composition of municipal solid waste in Santa Cruz do Sul, Brazil. The implementation of solid waste management strategies starts from the study stage of waste characteristics. The knowledge of these characteristics allows the identification of the best actions, be they to reduce the generation of waste or to collect them, besides the viability of the implantation of technologies for treatment and disposal of the same. The present work aims to obtain information on the gravimetric composition of municipal solid waste generated in the municipality of Santa Cruz do Sul, a medium-sized Brazilian municipality, aiming to present subsidies for decision making regarding the management of urban solid waste. It was observed that the materials recyclable represent 28.44%, the organic fraction corresponds to 41.65% and the wastes add up to 29.91% of the solid waste mass generated and collected. The study made it possible to verify the high potential of urban solid waste generated, as well as the importance of adopting public policies aimed at the separation of waste at source, implementation of selective collection and sorting of

¹ PPG em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo – UPF, Passo Fundo, RS, Brasil. E-mail para correspondência: adan_trentin@hotmail.com

² Depto. de Engenharias, Arquitetura e Ciências Agrárias, PPG em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.

recyclable waste, besides the use of compostable waste.

Keywords: Physical Characteristics; Solid Waste Management; Gravimetry; Urban Solid Waste

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico, a expansão industrial, o acelerado processo de urbanização e o crescimento populacional vêm modificando o espaço geográfico brasileiro de forma considerável. Esses fatores acarretam, direta ou indiretamente, o aumento da geração de resíduos sólidos. Assim, encontrar novas soluções e alternativas para o tratamento e a destinação final, ambientalmente adequados, é um desafio da atual sociedade, podendo ser de grande importância para a concepção da sustentabilidade (Frésca et al., 1991; Caibre et al., 2016).

O meio ambiente sofre impactos e é degradado durante a produção de bens tecnológicos, por meio da extração de recursos naturais, bem como durante o descarte de produtos cujo uso não é mais possível, o que acaba gerando outra ação de impacto sobre o meio ambiente. Todo produto ou bem de consumo que é ou foi fabricado ou construído, um dia, será descartado, tornando-se resíduo ou rejeito e necessitando ter um fim ambientalmente adequado (Trentin, 2015).

Dentre os vários tipos de resíduos, destacam-se os resíduos sólidos urbanos (RSU). Os RSU englobam os rejeitos domiciliares – os originários de atividades domésticas em residências urbanas, e os rejeitos de limpeza urbana – os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza pública (Brasil, 2010).

Os RSU necessitam ser gerenciados de forma adequada, de modo a evitar problemas sociais, ambientais e de saúde pública. As desastrosas consequências decorrentes de um manejo incorreto dos resíduos são suficientes para alertar o interesse público sobre a necessidade da adoção de políticas públicas que busquem reverter esse quadro. O gerenciamento dos RSU está entre as atividades do saneamento ambiental municipal, cujo objetivo principal é propiciar a melhoria ou a manutenção da saúde da população, isto é, seu bem-estar físico, social e mental (Castilhos Jr., 2003).

Para Tchobanoglous et al. (2002), o gerenciamento dos RSU é um processo complexo que envolve um conhecimento multidisciplinar das tecnologias existentes para controle de geração, acondicionamento, coleta, transferência, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos. Todo o processo deve estar de acordo com a legislação existente, com os recursos financeiros disponíveis e com os aspectos de proteção ao meio ambiente e à saúde pública.

Qualquer estratégia de gerenciamento dos resíduos sólidos deve ser iniciada através de um estudo para se conhecer as suas características, principalmente a massa de resíduos gerada (diariamente, por exemplo) e sua composição gravimétrica. Para se obter essas informações, procede-se o estudo denominado caracterização física dos resíduos. Esse estudo mostra-se como importante ferramenta para a gestão dos RSU, uma vez que permite a identificação das melhores ações e a viabilização da implantação de tecnologias para o tratamento e a disposição desse material, com foco na sustentabilidade ambiental para o desenvolvimento socioeconômico municipal (Massukado, 2004; Zeng et al., 2005; Kumar e Goel, 2009; Souza e Guadagnin, 2009; Becker Jr., 2012; Yaman et al., 2013; FEAM, 2019).

A composição dos resíduos depende de uma série de fatores, sendo que, em um mesmo município

ou país, inúmeras alterações podem ser detectadas. Fatores como hábitos sociais, padrões de vida, localização geográfica, clima e estação do ano devem ser levados em consideração. Os resíduos sólidos municipais são de natureza heterogênea e podem ser derivados de vários tipos de atividades (Oyeola e Babatunde, 2008).

Os dados quantitativos de RSU estão relacionados diretamente com o porte do município, de acordo com informações disponibilizadas pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza, ou seja, quanto maior a população, maior a geração per capita. Entretanto, isto não se configura como uma regra, mas, sim, como uma tendência, uma vez que há a ocorrência de pequenos municípios com grande geração per capita e vice-versa (Abrelpe, 2013). Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo da composição gravimétrica dos RSU gerados no município de Santa Cruz do Sul-RS, a fim de auxiliar na tomada de decisão em relação ao gerenciamento dos RSU.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado no município de Santa Cruz do Sul, situado na região Centro-Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A coleta de dados e informações sobre o município foi realizada por meio de uma pesquisa sistemática, com obtenção de dados junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Administração Pública de Santa Cruz do Sul e Cooperativa de Catadores e Recicladores de Santa Cruz do Sul.

A média da geração per capita de resíduos sólidos é função da quantidade de resíduos coletados em uma cidade dividida pela população beneficiada por esses serviços (Campos, 2012). Sendo assim, para o cálculo da geração per capita diária dos resíduos sólidos domésticos, inicialmente se determinou a quantidade de RSU coletado diariamente. Conforme mostrado na equação 1, o valor equivalente à coleta diária de resíduos sólidos domésticos foi dividido pelo número de habitantes do município, a fim de obter-se a informação da quantidade diária de resíduo doméstico que cada habitante produz.

$$Geração_{PC} = \frac{Geração(kg/dia)}{N^{\circ} hab.} \quad (1)$$

Assim, $Geração_{PC}$ representa a geração *per capita* de resíduos; e $N^{\circ} hab.$ é o número de habitantes do município.

Para a realização da caracterização dos resíduos sólidos urbanos (RSU), foram coletadas amostras, que, posteriormente, foram encaminhadas para separação de seus componentes. Adotou-se a técnica do quartamento (ABNT n.º. 10.007/2004) para realização da atividade prática (conforme Figura 1).

O processo contou com amostragens compostas, sendo que foram realizadas amostragens em duplicata de cada itinerário, em dias diferentes, contemplando todas as rotas de coleta dos resíduos. Os caminhões, provenientes de diferentes bairros, realizaram a disposição temporária dos RSU em local previamente autorizado pela Prefeitura do município, iniciando-se assim os processos de amostragem, com auxílio de máquina pá carregadeira e ferramentas manuais. Essas amostras, provenientes de diferentes

bairros, foram misturadas de forma a obter um resíduo homogêneo. Após essa etapa, as amostras homogêneas foram divididas em quatro partes aparentemente iguais (etapa do quarteamento) e selecionaram-se duas partes opostas em diagonal, que foram novamente homogêneas. As duas partes restantes foram descartadas. Na amostra resultante, foi aplicado o mesmo processo de quarteamento, obtendo-se uma amostra de aproximadamente 1,00 m³ de resíduos. Na figura 2, são apresentadas as etapas envolvidas no processo da análise gravimétrica dos RSU, conforme descritas anteriormente.

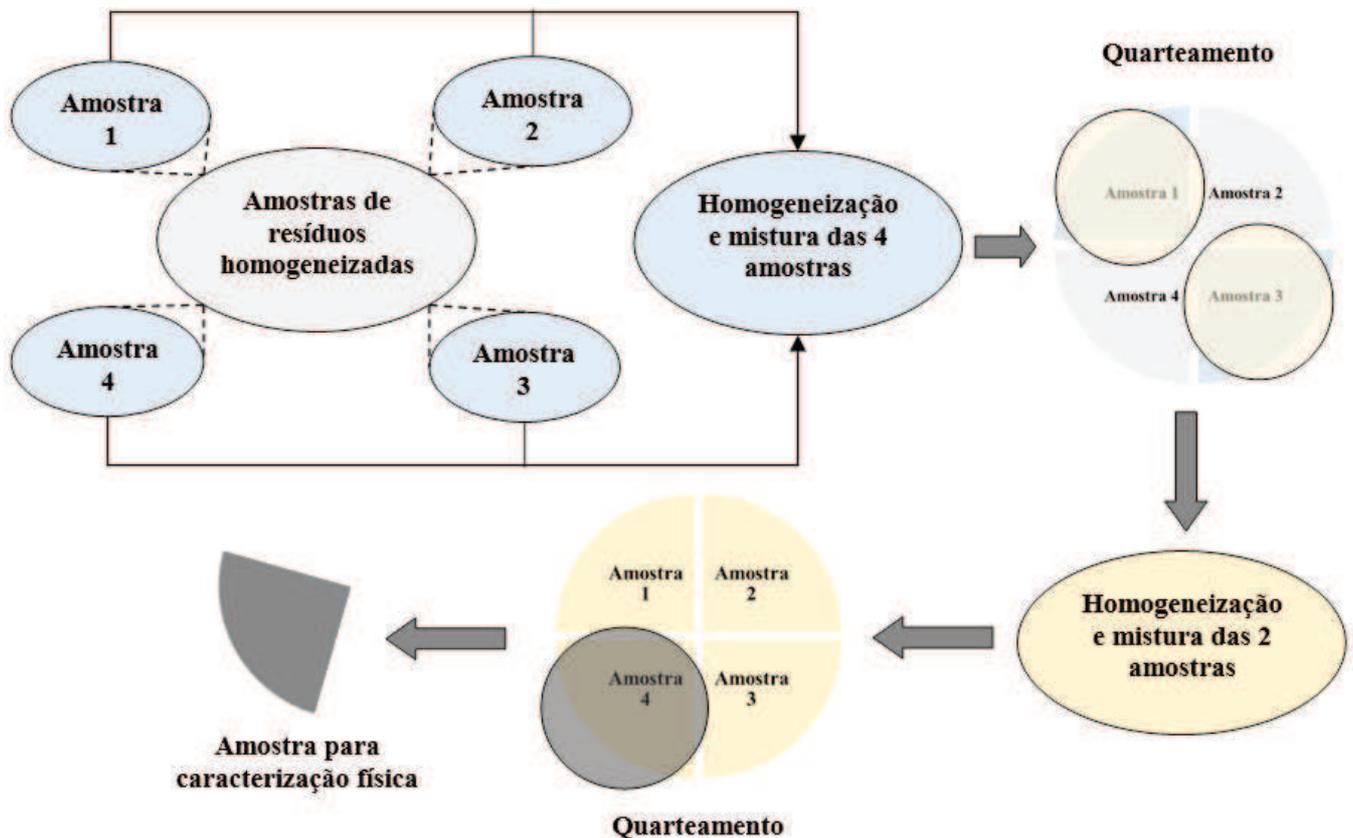


Figura 1. Esquematização da técnica de quarteamento.

Foi realizada a separação manual dos componentes, dividindo-os em seis grupos: Papel/Papelão; Plástico (plástico duro e plástico mole); Metal (ferroso e não-ferroso); Vidro; Matéria orgânica; e Rejeito. Esses materiais foram acondicionados em bombonas plásticas de 200 litros e pesados de forma individual, permitindo assim o cálculo das porcentagens individuais de cada grupo de resíduos a fim de obter a composição gravimétrica.

As atividades foram realizadas em duas etapas, contemplando épocas distintas do ano, sendo a primeira nos meses de março e abril de 2014, ou seja, término da estação do verão e início do outono. A segunda etapa foi realizada no mês de agosto, contemplando a estação do inverno. Nas duas etapas, as atividades foram repetidas em cinco dias diferentes de forma a contemplar todos os itinerários de coleta realizados pelos caminhões.



Figura 2. Etapas envolvidas no processo de estudo da composição gravimétrica dos RSU.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O atual sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) de Santa Cruz do Sul é composto pelas etapas de acondicionamento dos resíduos pela população, coleta, triagem dos resíduos passíveis de recicláveis e destinação dos rejeitos para o Aterro Sanitário de Minas do Leão, localizado no município de Minas do Leão – RS.

Segundo o IBGE (2010), o município de Santa Cruz do Sul possui uma área total de 794,49 km², está localizado na latitude 29° 43' 04" sul e longitude 52° 25' 33" oeste e conta com uma população residente de 118.374 habitantes e 34.816 domicílios, espalhados por 36 bairros e área rural, o que representa uma média de 3,44 habitantes/domicílios e uma densidade demográfica de 161,4 hab./km². Atualmente 100% dos domicílios são atendidos pela coleta convencional, e 09 dos 36 bairros existentes no município, possuem, além da coleta convencional, o advento da coleta seletiva. A área rural conta somente com coleta dos resíduos secos, ou seja, somente os passíveis de reciclagem.

As etapas de coleta convencional e destinação final dos RSU são realizadas por empresa terceirizada, contratada através de licitação realizada pela Prefeitura Municipal. Essa empresa é responsável pela coleta dos RSU gerados na área urbana e área rural do município, totalizando cerca 81,8 t/dia.

A geração per capita de RSU no município, calculada utilizando a equação 1, é de 0,69 kg/hab./dia. Segundo dados apresentados pelo Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (PERS-RS), o município de Santa Cruz do Sul enquadra-se como município de médio porte, com população entre 50.001 e 300.000 habitantes. No entanto, a geração per capita observada no município mostrou-se abaixo do valor apresentado no PERS-RS, no qual considera de 0,8 kg/hab./dia para a geração per capita para municípios desse porte (Rio Grande do Sul, 2014).

Em relação à composição gravimétrica dos RSU, o estudo permitiu identificar que a matéria orgânica possui a maior parcela da massa de resíduos gerados (41,65%). Os resíduos considerados passíveis de reciclagem (papel, plástico, metal e vidro) representam 28,44% dos resíduos, e o restante (29,91%) são compostos por rejeitos. Neste estudo, foram considerados como rejeitos: resíduos perigosos, resíduos eletroeletrônicos, resíduos de trapos/têxteis/couro, resíduo sanitário/fraldas, embalagens multicamadas e resíduos de madeira. Entretanto, embora esses materiais tenham sido considerados como rejeitos, somente uma análise individual sobre cada um poderá realmente definir se é passível de reciclagem ou não. Os objetivos propostos nesta pesquisa não incluíram esse tipo de análise. A figura 3 demonstra os valores obtidos para a composição gravimétrica dos RSU.

O PERS-RS apresenta a composição gravimétrica de RSU para o Rio Grande do Sul (Tabela 1), no qual percentuais de geração de matéria orgânica, material seco reciclável e rejeito, para municípios com diferentes faixas populacionais são expostos. Analisando os dados de composição gravimétrica do município de Santa Cruz do Sul, é possível perceber que os valores são diferentes da estimativa exposta no PERS-RS para municípios com faixa populacional entre 50.001 a 300.000 habitantes. Contudo, há uma mesma tendência em relação à quantidade de matéria orgânica se sobressair na massa de resíduos gerados, seguido de materiais passíveis de reciclagem e rejeito.

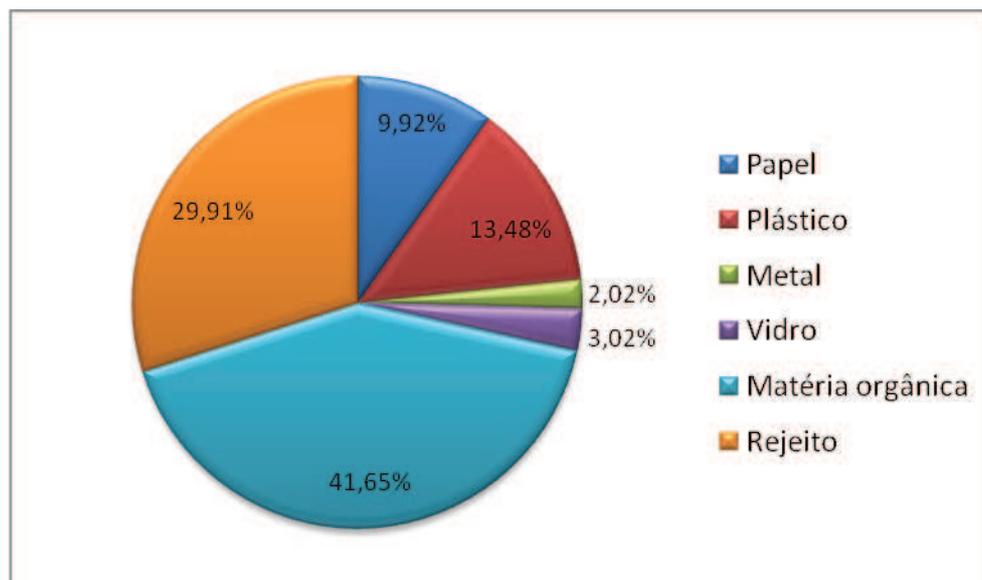


Figura 3. Composição gravimétrica dos RSU no município de Santa Cruz do Sul.

Tabela 1. Composição dos RSU no Estado do Rio Grande do Sul. (adaptado de Rio Grande do Sul, 2014).

Faixa populacional (hab.)	Composição de RSU		
	Matéria orgânica	Material seco reciclável	Rejeito
Até 50.000	65%	20%	15%
De 50.001 a 300.000	60%	25%	15%
Mais de 300.000	55%	30%	15%

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização dos (RSU) gerados e coletados e a determinação da composição gravimétrica dos resíduos são cruciais para a estruturação e execução de programas de gerenciamento de resíduos sólidos.

Como resultado da análise realizada, verificou-se que os recicláveis constituem 28,44% do total de RSU. Uma maior separação dos resíduos na fonte iria favorecer a elevação do percentual de materiais passíveis de reciclagem, o que, juntamente com um acréscimo do número de bairros atendidos pela coleta seletiva, permitiria uma diminuição da massa de rejeitos, a qual se encontra na taxa de 29,91%, e dos custos relativos à destinação final.

O valor encontrado de matéria orgânica (41,65%) evidencia o potencial para implementação de aproveitamento desse material por meio da compostagem. Novamente, uma maior separação dos resíduos diretamente na fonte traria um acréscimo na quantidade de material passível de ser encaminhado para a compostagem.

A realização desse estudo permitiu constatar o alto potencial de aproveitamento dos RSU gerados, uma vez que aproximadamente 72% desses rejeitos apresentam potencial de reaproveitamento. Diante desse percentual, fica evidente a necessidade de políticas públicas voltadas para a maximização do gerenciamento dos RSU, levando em conta a separação dos resíduos na fonte, bem como a introdução de coleta seletiva e a etapa de triagem dos resíduos passíveis de reciclagem e compostáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul e à Cooperativa de Catadores e Recicladores de Santa Cruz do Sul pelo apoio e auxílio nas atividades realizadas, bem como à CAPES pelo fornecimento de bolsa, a qual possibilitou a dedicação exclusiva à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004. NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 25p.
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2013. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 114p.
- BECKER JR., A. M. 2012. **Análise do ciclo de vida (ACV) no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte, na região sul do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 117p.
- BRASIL. Lei N. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 08 fev. 2017.
- CAIBRE, D. I. et al. 2016. Análise da viabilidade do processo de pirólise para tratamento de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso aplicado a uma cidade de médio porte. **Revista de Ciências Ambientais – RCA**, 10(2):67-88.
- CASTILHOS JR., A. B. (Coord.). 2003. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 288p.

- FERLA, F. 2016. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos Avaliando o Potencial Compostagem e Reciclagem no Município de Garibaldi/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 94p.
- FRÉSCA, F. R. C. et al. 2008. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de São Carlos-SP. **SABESP - Revista DAE**, 178:48-57.
- FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2019. **Cartilha de orientações: estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: FEAM. Disponível em: <<http://www.feam.br>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2017.
- KUMAR, N. K.; GOEL, S. 2009. Characterization of Municipal Solid Waste (MSW) and a proposed management plan for Kharagpur, West Bengal, India. **Resources, Conservation and Recycling**, 53:166-174.
- MASSUKADO, L. M. 2004. **Sistema de apoio à decisão: avaliando cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 272p.
- OYEOLA, O. T.; BABATUNDE, A. I. 2008. Characterization of domestic and market solid wastes at source in Lagos metropolis, Lagos, Nigeria. **African Journal of Environmental Science and Technology**, 3(12):430–437.
- REZENDE, J. H. et al. 2013. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Engenharia Ambiental e Sanitária**, 18(01):1-8.
- RIO GRANDE DO SUL. 2014. **PERS-RS Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (2015-2034)**. Disponível em: <http://www.pers.rs.gov.br/>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- SIQUEIRA, H. E. et al. 2016. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Nova Ponte (MG). **SABESP - Revista DAE**, 64:39-52.
- SOUZA, G. C.; GUADAGNIN, M. R. 2009. Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos domiciliares: o método de quarteamento na definição da composição gravimétrica em Cocal do Sul-SC. In: ANAIS DO 3º SEMINÁRIO REGIONAL SUL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2009, Caxias do Sul. p. 1-12.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F.; WILLIAMS, M. E. 2002. Introduction. In: G. Tchobanoglous; F. Kreith (Ed.). **Handbook of solid waste management**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 834p.
- TRENTIN, A. W. S. 2015. **Diagnóstico e avaliação do ciclo de vida do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Santa Cruz do Sul-RS**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Santa Cruz do Sul, 114p.
- YAMAN, C. et al. 2013. Characterization of municipal solid waste in Istanbul, Turkey. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, 32(3):734-739.
- ZENG, Y. et al. 2005. Characterization of solid waste disposed at Columbia Sanitary Landfill in Missouri. **Waste Management and Research**, 23:62-71.