

Caracterização de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte - estudo de caso no município de Monteiro Lobato/SP

Urban solid waste characterization in small municipalities. Case study in Monteiro Lobato / SP

- **Data de entrada:**
02/03/2020
- **Data de aprovação:**
04/01/2021

Denise Cristina Rodrigues Vieira^{1*} | Fabiana Alves Fiore¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.035>

ORCID ID

Vieira DCR  <https://orcid.org/0000-0002-3014-5564>

Fiore FA  <https://orcid.org/0000-0002-2430-8240>

Resumo

Em vista do elevado percentual de municípios de pequeno porte no Brasil, em especial na região da bacia do rio Paraíba do Sul, onde correspondem a 68% do total, a presente pesquisa propõe metodologia simplificada para a caracterização de resíduos sólidos urbanos (RSU). A pesquisa aplicada foi subsidiada pela identificação de requisitos aplicáveis ao território, por meio de *survey* envolvendo os representantes legais dos municípios inseridos na bacia, e apresenta um estudo de caso no município de Monteiro Lobato. Nesta pesquisa foi possível obter os requisitos aplicáveis para a caracterização de RSU em municípios de pequeno porte e verificar a inexistência de correlação entre os fatores socioeconômicos na geração e a composição dos RSU gerados em porções distintas de municípios de pequeno porte. Também se evidenciou haver diferença nos resultados de caracterização de RSU quando a amostragem é realizada em porções distintas do território ou em pontos de destinação final.

Palavras-chave: Caracterização de RSU. Metodologia de caracterização. Resíduos sólidos urbanos. Monteiro Lobato.

Abstract

Given the high percentage of small municipalities in Brazil, especially in the Paraíba do Sul river basin region where they account for 68% of the total, this research proposes a simplified methodology for the characterization of urban solid waste (MSW). The applied research was supported by the identification of requirements applicable to the territory, through a survey involving the legal representatives of the municipalities inserted in the basin and presents a case study in the municipality of Monteiro Lobato. Through this research it was possible to obtain the applicable requirements for the characterization of MSW in small municipalities, to verify the lack of correlation between socioeconomic factors in the generation and composition of MSW generated in different portions of small municipalities. There was also evidence of difference in the characterization results of MSW when sampling is performed in different parts of the territory or in points of final destination.

Keywords: Municipal Solid Waste characterization. Characterization methodology. Urban solid waste. Monteiro Lobato.

¹ Universidade Estadual Paulista - São José dos Campos - São Paulo - Brasil.

* **Autora correspondente:** denisecrv10@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a caracterização dos RSU é componente mínima dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). A elaboração desses planos é uma exigência legal da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) para todos os municípios brasileiros e condição para o acesso dos municípios a recursos vinculados a União, para fins de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Ainda que escassos e não equiparáveis, existem estudos e metodologias de caracterização que subsidiam ações de gestão dos RSU no país. Dentre eles está a proposição publicada pelo Instituto Brasileiro de Apoio aos Municípios (IBAM, 2001), que trata da composição gravimétrica de amostras do RSU aportadas ao local de destino; e algumas adaptações da NBR 10.007/2004, norteadora da caracterização de resíduos homogêneos. Em estudo realizado na região de Campinas (SP), evidenciou-se que menos de 50% dos municípios que elaboraram seus PMGIRS apresentou a metodologia adotada para tal fim e, para os que o fizeram, essas foram as referências adotadas. Segundo os autores, essa metodologia se aproxima do método estabelecido pela *American Society for Testing and Materials* – ASTM (2003) (RUTKOWSKI, OLIVEIRA e FIORE, 2016).

Também se destaca, no país, a cartilha de orientações para a realização de estudo gravimétrico, elaborada pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais, que aborda as etapas de caracterização dos RSU. Essa metodologia, que visa orientar as administrações municipais daquele Estado, diferencia as amostras dos RSU a serem analisadas de acordo com a classificação social dos bairros de onde se coletam as amostras (FEAM, 2019; MENEZES, 2016). O uso de diretrizes semelhantes também foi verificado na região de Campinas e os autores identificaram semelhanças com o método *Mbande* (2003), do

South African Institution of Civil Engineering (RUTKOWSKI, OLIVEIRA e FIORE, 2016).

No contexto internacional vigoram outras metodologias, tais como a Metodologia da Direção de Serviços da Qualidade do Ambiente de Portugal, uma adaptação do Documento Técnico nº 1 da Direção Geral da Qualidade do Ambiente (DGQA, 1989), que estabelece parâmetros específicos de caracterização, tais como: a classificação dos RSU em 11 classes, o preparo das amostras por meio do quarteamento e a amostragem por peso. A metodologia pressupõe a amostragem e a triagem manual relacionada à coleta dos RSU, em zonas de uso e ocupação diferenciadas em: rurais; urbanas; residenciais; comerciais; com pequenas unidades industriais e outras zonas com significado no município. O documento aborda a temática de maneira prática e visual, por meio da esquematização das etapas de caracterização dos RSU proposta.

Também é uma referência importante, o método D 5231 da Sociedade Americana de Ensaio e Materiais (ASTM, 2003), padronizado para a determinação da composição de RSU não processados, por meio da separação manual dos RSU por tipo de material, com o objetivo de: analisar sua composição; avaliar potencial de redução na produção do resíduo; avaliar potenciais de reciclagem; analisar relação da geração de RSU com variáveis sazonais e geográficas; verificar a diferença entre resíduos comerciais e residenciais; e aplicar os dados em programas de reciclagem. O método estabelece uma lista de 26 componentes a serem separados na caracterização, com nível de precisão e confiança para cada material.

Vale também evidenciar a metodologia *Solid Waste Analysis Tool* (SWATOOL, 2004) para a caracterização dos RSU, pois essa leva em consideração as influências temporais na produção e na composição dos resíduos. Pertinente à sazonalidade, a metodologia determina que a análise

anual dos resíduos seja realizada baseada em um mínimo de três, idealmente quatro, campanhas de triagem sazonais. Visto que os resultados da análise dos resíduos tendem a ser similares para a Primavera e Outono, uma destas pode não ser considerada. A metodologia também subdivide as áreas para coleta dos RSU de acordo com suas estruturas residenciais e localização, nos seguintes grupos: áreas suburbanas; áreas interiores de cidades; moradias e prédios.

A caracterização dos RSU, no Brasil, é reconhecidamente importante como subsídio do planejamento das atividades de gestão e gerenciamento (BRASIL, 2010). De acordo com a FE-AM (2019), a caracterização dos RSU é norteadora de estratégias locais e regionais de políticas públicas concernentes à gestão dos RSU, pois permite a projeção da geração desses resíduos, bem como o dimensionamento de: equipamentos, infraestrutura e pessoal, para a realização das atividades de manejo dos RSU e orienta a destinação adequada desses resíduos. Além disso, por meio do entendimento da composição e da geração dos RSU, é possível elaborar novas técnicas de beneficiamento dos resíduos e implementar a coleta seletiva com maior viabilidade técnica e econômica.

A PNRS estabelece que os PMGIRS para municípios de pequeno porte, com menos de 20.000 habitantes, podem possuir conteúdo simplificado, desde que esses municípios não sejam: integrantes de áreas de especial interesse turístico; inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional; e cujo território abranja, total ou parcialmente, Unidades de Conservação. No entanto, mesmo nesses casos, o diagnóstico deve conter: fonte geradora, volume, massa e composição dos resíduos (IBGE, 2010; BRASIL, 2010; MMA, 2012).

De acordo com dados do IBGE (2019), 68,2% dos municípios brasileiros possuem população abai-

xo de 20 mil habitantes. Esse número expressa a necessidade da elaboração de uma metodologia de caracterização de RSU que contemple a realidades desses municípios.

Em decorrência da inexistência de metodologia padronizada, em nível nacional, foi realizado o levantamento de requisitos regionais para a proposição de metodologia de caracterização dos RSU, para os municípios inseridos na bacia do rio Paraíba do Sul (Vieira & Fiore, 2019). A pesquisa identificou também a necessidade de simplificação das atividades de caracterização para os municípios de pequeno porte, já que esses representam 68% dos 184 municípios inseridos no território e, em geral, dispõe de recursos limitados para tal fim.

Em vista disso, o presente trabalho tem como objetivo principal a proposição de metodologia simplificada para caracterização de RSU nos municípios do território em estudo, com a realização de estudo de caso no município de Monteiro Lobato. Assim, essa pesquisa respondeu também às seguintes questões: Quais são os requisitos identificados como aplicáveis para a caracterização de RSU em municípios de pequeno porte? Os fatores socioeconômicos influenciam na geração de RSU, em municípios de pequeno porte? Os resultados da caracterização em porções distintas do território (consideradas as questões socioeconômicas) diferem daqueles obtidos por meio de amostras em pontos de destinação final?

2 METODOLOGIA

Este trabalho é fruto de uma pesquisa aplicada pois essa, segundo Gerhardt & Silveira (2009), objetiva aplicar os conhecimentos adquiridos na prática a fim de solucionar determinado problema. Trata-se também uma pesquisa descritiva, que apresenta os fenômenos decorrentes de um estudo de caso: a aplicação da metodologia de

caracterização dos RSU no município de Monteiro Lobato (TRIVIÑOS, 1987). As etapas da pesquisa são descritas na Fig. 1.

Os requisitos da metodologia em questão foram construídos e validados por meio de questioná-

rio *survey* envolvendo os representantes legais das prefeituras e secretarias dos municípios inseridos na bacia do rio Paraíba do Sul. Para a construção dessa pesquisa foi realizada a sistematização das respostas oriundas apenas dos municípios de pequeno porte.

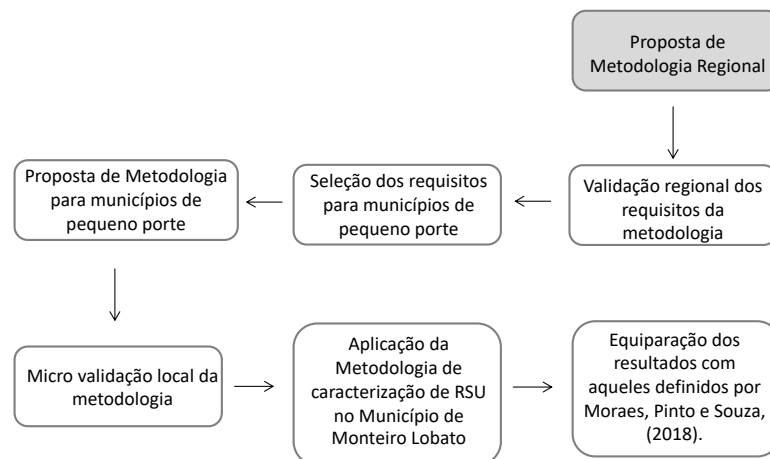


Figura 1 - Fluxo das etapas do presente trabalho.

A microvalidação local da metodologia consistiu em entrevista do tipo focalizada, conforme descrita por Júnior (2011) e Yin (2010), junto aos gestores públicos do município de Monteiro Lobato. A partir desta entrevista, também foi possível identificar os recursos disponíveis no município e planejar os locais, data e horários em que seriam realizadas as coletas de amostras dos resíduos para aplicação da metodologia.

Os critérios adotados para a seleção dos dias de coleta das amostras foram: disponibilidade de funcionários públicos que auxiliariam no processo de coleta e caracterização dos RSU; dias que contemplassem diferentes tipos de coleta pública dos RSU municipais e dias compatíveis em semanas diferentes. O critério de seleção dos locais de coleta das amostras foram as características socioeconômicas de cada bairro, conforme proposto por VINUTO (2014). A identificação dos bairros foi realizada por meio de entrevista se-

miestrurada com gestores públicos locais, uma vez que o IBGE não apresenta setores censitários nem divisão socioeconômica por bairro bem definidos para o município em estudo.

Para a aplicação da metodologia de caracterização proposta coletaram-se as amostras de RSU em quatro dias distintos: duas terças (dias de coleta de RSU comuns) e duas quartas-feiras (dias de coleta de RSU recicláveis) nos bairros: Jardim Alvorada, Souza e São Benedito que foram classificados como de melhor condição socioeconômica, classe média e baixíssima condição socioeconômica, respectivamente. Essa classificação socioeconômica também é mencionada por GOMES (2008).

A coleta das amostras dos resíduos para caracterização foi realizada com o auxílio de veículo fornecido pelo poder público; percorreram-se os bairros coletando, das lixeiras públicas de cada bairro selecionado para a metodologia, um volu-

me de aproximadamente 800L de resíduos sólidos urbanos acondicionados. Todos os resíduos coletados foram devidamente identificados e dispostos sob uma lona, em local seco e coberto, para que não houvesse contato com o solo exposto.

Após serem coletados, os resíduos foram dispostos em lona para homogeneização e quarteramento consecutivos, até ser obtida uma amostra com volume de aproximadamente 200L. As etapas desse processo se assemelham àquelas propostas pelo Método ASTM D 5231 (1992); pela DGQA (1989) e FEAM (2019). Cada uma das amostras selecionadas foi acondicionada temporariamente em tambor de 200L e pesada em balança mecânica com capacidade de 180kg (erro +/- 2g). Para tanto, conforme sugerido por ASTM (2003); DGQA (1989) e FEAM (2019), preencheu-se o tambor sem deixar transbordar, sem comprimir os resíduos e com agitação para que os espaços vazios fossem ocupados. O peso do tambor vazio foi desconsiderado nos valores das pesagens (tara).

Cada uma das amostras foi disposta individualmente sob uma lona seca. Elas foram devidamente identificadas, de maneira homogênea e com espaçamentos entre os resíduos para facilitar o manuseio (DGQA, 1989). Posteriormente iniciou-se o processo de triagem dos resíduos, por meio da separação manual das diferentes classes de resíduos propostas na metodologia em questão. A triagem foi realizada com o auxílio de quatro pessoas já capacitadas para tal fim.

Posterior ao processo de triagem, pesou-se, com o auxílio de um dinamômetro, cada classe de resíduo e anotaram-se os dados gerados. Os dados do peso de cada classe de resíduo e das amostras totais, bem como o volume do tambor de amostragem, foram subsídios para o cálculo de três dos parâmetros físicos sugeridos na metodologia proposta, sendo eles: composição gravimé-

trica, peso específico e geração per capita. Esses parâmetros também participam de diversas outras metodologias de caracterização de RSU, tais como: ASTM (2003); CE (2004); DGQA, (1989) e FEAM (2019).

Para as análises químicas, coletaram-se as amostras de resíduos em dias distintos, um de coleta comum e outro de coleta seletiva. Para a determinação do Teor de umidade, foram adotados os procedimentos especificados na NBR 6457 (ABNT, 1986). O pH do extrato lixiviado foi obtido considerando-se os procedimentos estabelecidos pela NBR 10.005 (ABNT, 2004) e as proposições de Falcão (2005). Para a medição do Teor de Matéria Orgânica, realizou-se o método da determinação por titulação (método volumétrico), referido por Cantarella et al., (2001).

Por fim, os resultados da presente metodologia foram equiparados àqueles relatados por Moraes, Pinto e Souza (2018) em seu trabalho de caracterização realizado para o município de Monteiro Lobato, denominado: Caracterização gravimétrica de resíduos sólidos urbanos em municípios com até 5000 habitantes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 35 municípios respondentes ao questionário de proposição/validação de requisitos para a elaboração de metodologia de caracterização de RSU na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (Vieira & Fiore, 2019), 19 classificam-se como municípios de pequeno porte (com menos de 20 mil habitantes) e, dentre eles, 16% pertencem ao estado do Rio de Janeiro; 68% ao estado de Minas Gerais e 16% ao estado de São Paulo (Fig. 2). Essas respostas foram sistematizadas e avaliadas, e suas informações foram adotadas para a proposição metodológica apresentada no presente trabalho.

Municípios de pequeno porte respondentes ao questionário

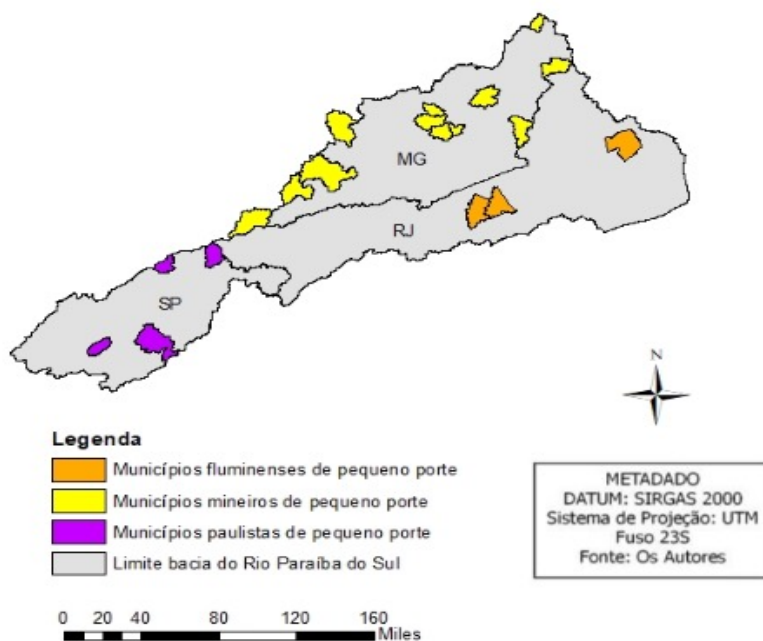


Figura 2 - Municípios de pequeno porte participantes da microvalidação.

A Fig. 3 apresenta a percepção dos municípios de pequeno porte em relação à possível existência de correlação entre os fatores territoriais e a geração e composição dos RSU em seus territórios. É possível verificar que dentre os fatores

com alta correlação percebida estão: a cultura e os hábitos de vida locais (81%); os eventos festivos e culturais (78%); os fatores socioeconômicos (69%); e os diferentes tipos de coleta de RSU (62%).

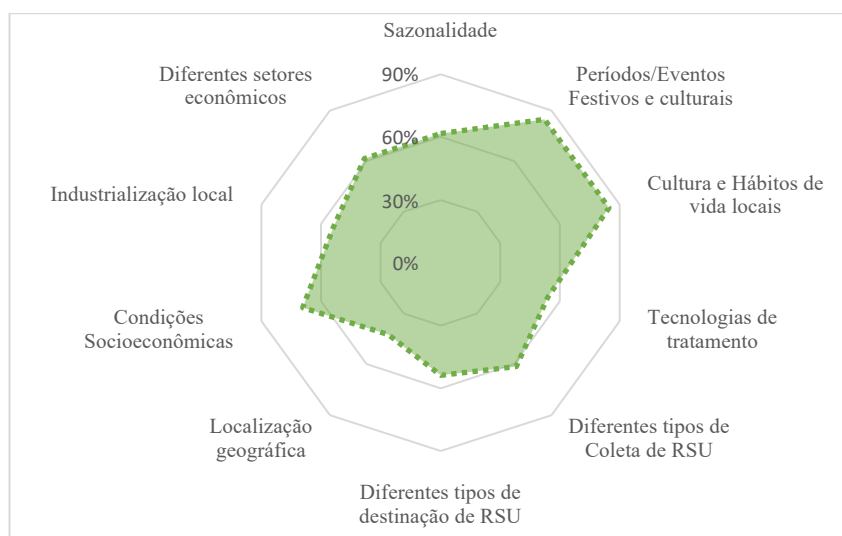


Figura 3 - Porcentagem de municípios que consideram alto o grau de importância dos fatores com a geração de RSU.

As variáveis para compor os procedimentos de caracterização dos RSU, que obtiveram os maiores percentuais de aceitação pelos muni-

cípios de pequeno porte do território estudado, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis do processo de caracterização de RSU, eleitas pelos municípios de pequeno porte da região.

Variável	Escolha dos municípios	Porcentagem dos municípios que fizeram esta escolha	Referência
Triagem dos RSU	Manual	69%	DGQA, 1989.
Períodos a serem considerados em uma campanha	Períodos típicos excepcionais (eventos comemorativos, culturais e religiosos, etc.)	62%	CE, 2004.
Divisão em unidades territoriais	Porções determinadas em função das condições socioeconômicas	62%	FEAM, 2019; SWA-TOOL, 2004.
Tipo de preparação da amostra para triagem	Quarteamento	46%	ABNT NBR 10007:2004
Período de tempo de seleção de amostras	5 ou 7 dias	46%	D 5231, 1992. ASTM
Frequência de repetição das campanhas	A cada 1 ano	46%	CARVALHO, 2005.
Tamanho das unidades de amostragem	1. Por volume de 1m ³ 2. Peso fixo de 100Kg	35% cada um	SWA2004. -TOOL,
Nível de amostragem	Lixeiras externas	42%	ASTM D 5231, 1992.
Ponto de amostragem	1. Contêiner 2. Sacos ou similares	27% cada um	ABNT NBR 10007:2004

Consideradas as variáveis do processo de caracterização de RSU, eleitas pelos municípios de pequeno porte da região em estudo (Tabela 1), foi proposta uma metodologia simplificada de caracterização de RSU, contendo as seguintes atividades:

1. Identificação das diferentes unidades territoriais, em funções de suas condições socioeconômicas;
2. Eleição de uma unidade territorial, para cada diferente condição socioeconômica identificada;
3. Campanha de amostragem contemplando, no mínimo, um dia de análise para cada um dos diferentes tipos de serviços de coleta municipal dos RSU. Ex.: coleta comum e seletiva;
4. Coleta de amostras de RSU não compactadas, de forma aleatória, diretamente em lixeiras das unidades selecionadas, acondicionadas em sacos plásticos;
5. Volume de RSU coletado em cada unidade territorial igual a 800L;

6. Dupla homogeneização e quarteamento manual, com descarte das amostras vis-à-vis, para obtenção de amostra de 200L para ser triada;

7. Triagem manual dos resíduos em, no mínimo 14 classes, a saber: RCC; Tetrapak; plásticos; resíduos perigosos; REE; materiais de higiene; isopor; metais; orgânicos; RSS; vidros; tecidos, papel e outros materiais.

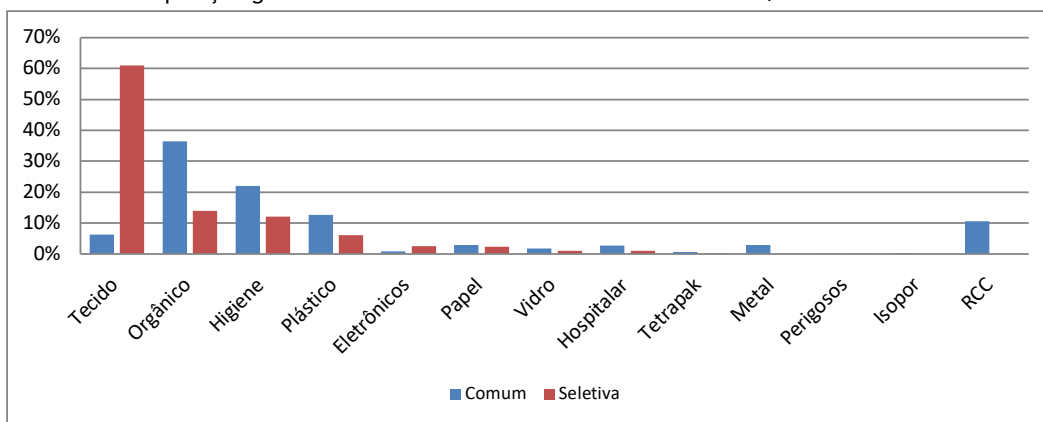
8. Análise dos seguintes parâmetros físico-químicos: composição gravimétrica, geração per capita, peso específico, teor de umidade, pH e teor de matéria orgânica.

Especificamente para a determinação da geração per capita dos RSU, sugere-se que se obtenham dados da quantidade de RSU que chega dos veículos de serviço de coleta municipal ao local de destinação final e que se divida o valor dessa quantidade diária pelo número total de habitantes do município, obtendo-se então a geração *per capita* diária.

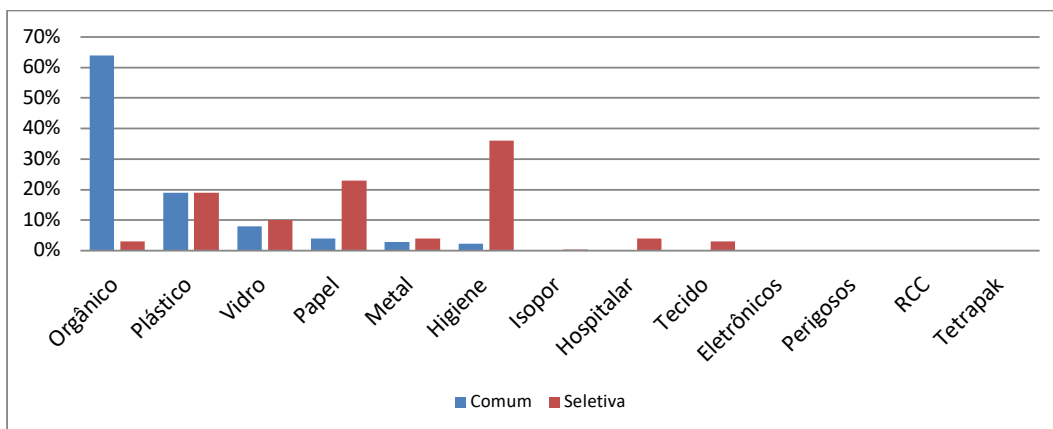
3.1 Caracterização de RSU no município de Monteiro Lobato

A Fig. 4 (a,b e c) apresenta a composição gravimétrica dos RSU em cada um dos bairros avaliados nesse estudo.

4a - Composição gravimétrica dos RSU de coleta comum e seletiva, bairro São Benedito.



4b - Composição gravimétrica dos RSU de coleta comum e seletiva, bairro Souza.



4c - Composição gravimétrica dos RSU de coleta comum e seletiva, bairro Jd. Alvorada.

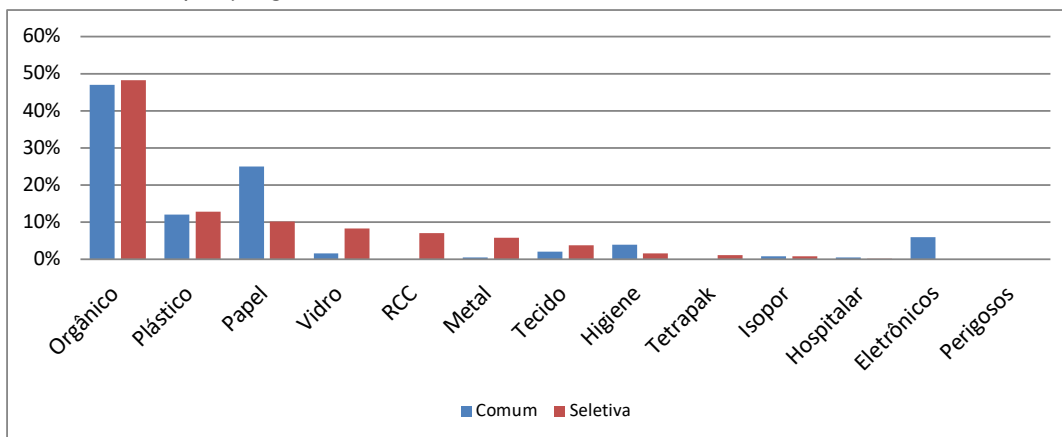


Figura 4 - Composição gravimétrica dos RSU coletados em bairros do município de Monteiro Lobato.

Nenhum dos bairros estudados apresentou inexistência de material orgânico nas amostras coletadas em dias de serviço de coleta seletiva ou de material reciclável seco nas amostras coletadas nos dias de serviço de coleta de RSU comum. Isso demonstra que, a despeito da realização da coleta seletiva, há que se invitar esforços na educação da população para que ocorra a devida segregação na fonte geradora.

Em todos os casos amostrais, os principais componentes do material orgânico eram: cascas de frutas e legumes e alimentos cozidos. Os plásticos eram, em sua maioria, embalagens de alimentos e produtos de limpeza. Os papéis eram papelões. Os resíduos de higiene pessoal eram, em sua maioria, papel higiênico usado. Os tecidos eram roupas e sapatos. Os resíduos eletrônicos eram fones de ouvido, relógio, etc. Os perigosos eram pilhas, lâmpadas e baterias. Os isopores eram recipientes de alimentos e as caixas Tetrapak acondicionadoras de líquidos alimentícios.

Os elevados percentuais de resíduos orgânicos observados em todos os bairros evidenciam a necessidade de reversão do material no território, uma vez que esse resíduo vem sendo encaminhado para aterramento. É possível observar também que os bairros com melhores condições

socioeconômicas apresentaram maior percentual de material orgânico em suas composições e que a correta segregação dos RSU não está associada ao padrão socioeconômico do local de sua geração.

A alta quantidade de tecido encontrada na amostra coletada em dia de coleta seletiva, no bairro São Benedito (Fig. 4b) deve-se, possivelmente, ao fato de o bairro receber, esporadicamente, doativos de roupas, provenientes de outras regiões do município. Essas roupas são descartadas em grandes quantidades, quando não são aceitas pelas famílias do bairro em questão ou em função da pequena vida útil restante das peças.

A geração *per capita* foi determinada, no presente trabalho, por meio da série histórica mensal de geração dos RSU do município apresentada por Moraes, Souza e Pinto (2018) referente aos anos de 2014 e 2017. Dessa série, verifica-se que a produção média mensal de RSU no município é de 65,31 toneladas, o que significa um valor de geração *per capita* de 0,48 kg de RSU por habitante por dia.

Os valores dos pesos específicos dos RSU amostrados estão mostradas na Fig. 5.

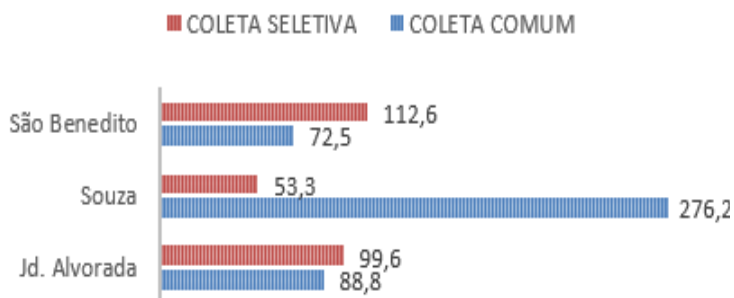


Figura 5 - Peso específico dos RSU dos bairros selecionados.

De acordo com CEMPRE (2018), caso seja necessário adotar um valor estimado para o peso es-

pecífico dos RSU, sem que se realize um plano de amostragem, esse valor deve estar em torno de

250 a 300 kg/m³. Para o IBAM (2001), o peso específico padrão para resíduos sólidos domésticos é de até 230 kg/m³. Rezende et al. (2013) realizaram a medição do peso específico referente aos bairros Jardins América e Ameriquinha no município de Jaú (SP) para o ano de 2010 e obtiveram um valor médio de 136,2 kg/m³. Um estudo realizado por Rocha & Aguiar (2012) mostrou que dos 9 municípios estudados pelo autor, 8 apresentavam valor de peso específico variando entre de 171,46 a 216,07 kg/m³ e todos eles também possuíam população abaixo de 20 mil habitantes.

Os pesos específicos encontrados nos três bairros avaliados no município de Monteiro Lobato (Fig. 5) em dias de coleta seletiva apresentam valores abaixo dos encontrados pelos autores acima. Esse resultado é esperado pois, enquanto os autores anteriormente citados realizaram a determinação dos parâmetros físicos com base na mistura total de resíduos, a presente metodologia apresenta, para este caso, os pesos específicos para resíduos provenientes de coleta de resíduos recicláveis, que tendem a apresentar valor de peso específico inferior ao de resíduos comuns.

O peso específico oriundo da coleta de RSU comum referente ao bairro Souza, em Monteiro Lobato, apresentou o maior valor de peso específico, que pode ser explicado pela elevada quantidade de matéria orgânica proveniente, principalmente, de resíduos agrícolas. Os demais valores de peso específico referentes a São Benedito e Jardim Alvorada, apresentaram-se consideravelmente abaixo dos valores encontrados pelos autores previamente citados, fato este que se deve possivelmente à alta quantidade de materiais recicláveis e de higiene encontrados nas amostras de RSU provenientes de coleta comum.

Ao realizar a comparação dos pesos específicos médios (coleta comum + seletiva) dos RSU dos três bairros de Monteiro Lobato (Tabela 2) sob a

perspectiva de Condições Socioeconômica, observa-se que não existe um padrão de diferença, pois os bairros São Benedito (padrão rural e de baixa condição socioeconômica) e Jardim Alvorada (padrão urbano e alto padrão socioeconômico), embora possuam distinções de uso e condição socioeconômica, apresentam pesos específicos similares.

Tabela 2 - Peso específico médio dos RSU para os bairros estudados

Média Peso Específico	São Benedito	Souza	Jardim Alvorada
(coleta comum + Seletiva) (kg/m ³)	92,55	164,75	94,2

O valor destoante do peso específico do bairro Souza deve-se possivelmente à variação nos padrões de geração dos RSU devido à existência de casas de veraneio, o que ocasiona flutuação na população local.

Os valores calculados do Teor de umidade, pH e Teor de matéria orgânica das amostras de RSU coletadas em diferentes dias de serviço de coleta estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Teor de umidade, pH e Teor de matéria orgânica para os diferentes tipos de coleta

Coleta	Teor de Umidade (%)	pH	Teor de matéria orgânica (g Kg ⁻¹)
Comum	37	6.75	86.3
Seletiva	53	6.26	92.5

Segundo o IBAM (2001), estima-se que o teor de umidade em RSU varie em torno de 40 a 60% e o pH situe-se entre 5 a 7. Para um bom processo de compostagem, CEMPRE (2018) menciona que o teor de umidade dos resíduos de coleta comum deve estar entre 40 e 60% e o pH entre 6 e 5,4. Ainda segundo o CEMPRE (2018), para que seja possível sua reciclagem, os papéis devem possuir teor de umidade variando, no máximo entre 10 e 15%. Além disso, o autor mostra que resíduos

oriundos de atividades de maternidade (como fraldas) possuem teor de umidade de aproximadamente 59,3%. Com relação ao Teor de Matéria Orgânica, não foi possível encontrar, na literatura, dados referentes à medição desse parâmetro especificamente para resíduos sólidos urbanos.

Da Tabela 3 pode-se perceber que o teor de umidade dos resíduos provenientes da coleta comum é inferior ao referenciado pelo IBAM (2001) para o processo de compostagem (CEMPRE, 2018), fato que pode estar associado à mistura inadequada dos resíduos orgânicos e recicláveis. Essa mistura também fez com que os resíduos de coleta seletiva possuíssem teor de umidade acima da permitida para a reciclagem de papéis, por exemplo.

Embora o teor de umidade dos resíduos oriundos das amostras coletadas em dia de coleta de RSU comum esteja abaixo daquele observado em dias de coleta seletiva, verificou-se alta umidade, não só pela presença de material orgânico, mas também devido à ocorrência de chuvas na semana em que a coleta foi realizada.

O pH das amostras (Tabela 3) não difere consideravelmente para os RSU de coleta seletiva e comum, e ambos estão fora dos padrões referidos pelo CEMPRE (2018) para adequado processo de compostagem. Com relação ao Teor de Matéria Orgânica, nota-se da Tabela 3 que os resíduos de coleta seletiva possuem maior quantidade deste parâmetro, o que possivelmente deve estar associado à presença de materiais de higiene pessoal e material orgânico misturado a esses resíduos.

3.2 Comparação de resultados gerados por diferentes metodologias de caracterização de RSU

Moraes, Pinto e Souza (2018) apresentaram em seu trabalho a caracterização gravimétrica dos RSU do município de Monteiro Lobato, também diferenciando as amostras em: coletadas em dias

de serviço de coleta comum e reciclável. No entanto, não fizeram a diferenciação das amostras por bairro nem as relacionaram com as condições socioeconômicas do município. Os autores apresentaram também a série histórica de destinação mensal de RSU entre os anos de 2014 e 2017.

Para a medição da composição gravimétrica dos RSU, os autores classificaram os resíduos nos tipos: isopor, madeira, materiais higiênicos, material orgânico, metais mistos, papel + papelão, plástico duro, plástico fino, pneu, tecido, vidro e outros. Além disso, realizaram a medição do peso específico dos RSU para as amostras diferenciadas em coleta comum e seletiva.

Devido ao fato de Moraes, Pinto e Souza (2018) terem realizado a amostragem dos resíduos por meio dos caminhões do serviço de coleta, foi possível que realizassem também o cálculo de geração *per capita* do RSU para o município. Após a determinação da composição gravimétrica dos RSU do município, os autores também inferiram, assim como o presente trabalho, que a segregação dos RSU no município ocorre de forma incorreta ao verificarem a presença de materiais recicláveis junto aos materiais orgânicos e de materiais orgânicos e de higiene pessoal junto aos resíduos dispostos para coleta seletiva.

De modo complementar ao trabalho de Moraes, Pinto e Souza (2018), o presente trabalho incluiu parâmetros químicos (pH e teor de matéria orgânica) e físicos (teor de umidade) não presentes no artigo do autor em questão. Além disso, outra diferença entre os trabalhos está na metodologia da caracterização; enquanto no presente trabalho as amostras foram coletadas em carro de pequeno porte e seu quarteamento realizado com o auxílio de uma pá, as amostras apresentadas por Moraes, Pinto e Souza (2018) foram obtidas no local de destinação dos RSU coletados pelo serviço local e seu quarteamento realizado com auxílio de trator, devido à maior quantidade de resíduos.

A Fig. 6 evidencia que as amostras de RSU oriundas de coleta comum, em ambos os estudos, não apresentam composição gravi-

métrica semelhantes, sendo que o valor mais divergente se encontra na quantidade de matéria orgânica.

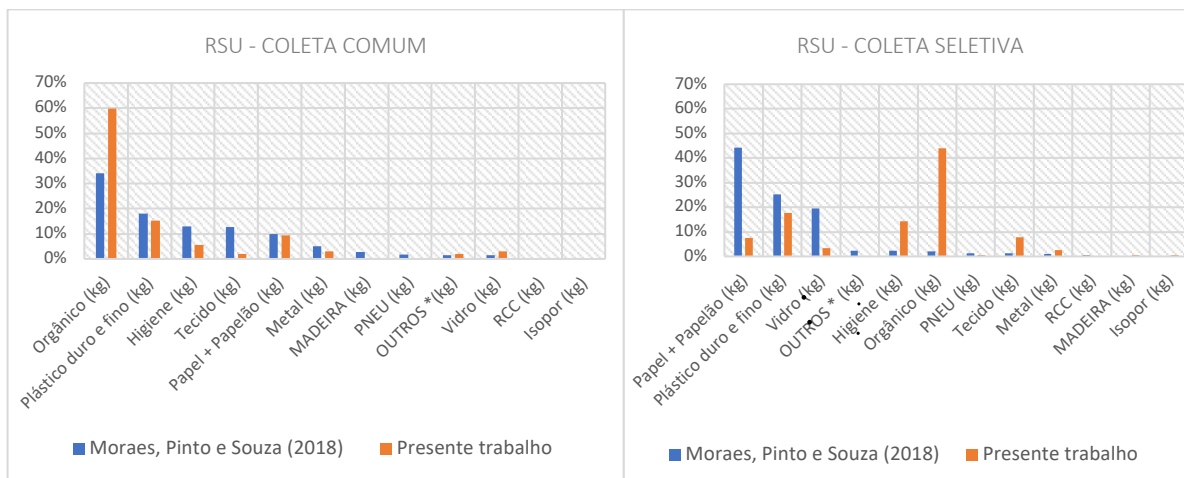


Figura 6 - Comparação da composição gravimétrica dos RSU determinado por Moraes, Pinto e Souza (2018) e o presente trabalho.

Com relação às amostras de RSU de coleta seletiva, verifica-se da Fig. 6 que os padrões de composição dos RSU estudados por Moraes, Pinto e Souza (2018) e o presente trabalho são divergentes em grande parte das classes de RSU. Essa diferença decorre possivelmente do fato de que os autores realizaram a amostragem diretamente dos veículos públicos de coleta dos RSU, abrangendo um maior campo amostral.

Ao se compararem os valores de peso específico das amostras analisadas por Moraes, Pinto e Souza (2018) e o presente trabalho (Tabela 4), nota-se que, em ambos os casos, os RSU apresentam padrão condizente com o esperado, em que o peso específico dos RSU de coleta comum é maior que o de coleta seletiva devido à maior presença de material orgânico.

Tabela 4 - Comparação de peso específico dos RSU determinado por Moraes, Pinto e Souza (2018) e o presente trabalho.

	Coleta Comum	Coleta Seletiva
Moraes, Pinto e Souza (2018)	138,15	69
Presente trabalho	114,44	96,85

4 CONCLUSÕES

Os requisitos identificados como relevantes pelos gestores públicos do território em estudo foram capazes de subsidiar uma proposição de atividades de caracterização de RSU que poderão ser adotadas como diretriz metodológica para a região e demais municípios de pequeno porte do país. Por meio do estudo de caso, foi possível verificar que a proposta de metodologia simplificada ora apresentada é exequível

e os recursos associados à sua condução já estão, em sua maioria, disponíveis nos territórios municipais.

Não foram percebidos, no estudo de caso, dados que evidenciem a existência de correlação entre os fatores socioeconômicos e a composição dos RSU para municípios de pequeno porte. No entanto, consideradas as evidências obtidas por outras pesquisas e a realização de uma única campanha de amostragem, sugere-se a manutenção das atividades, conforme proposto. Além disso, para que se obtenham amostras com alta representatividade de cada bairro estudado, sugere-se que as mesmas sejam coletadas em lixeiras que atendam exclusivamente a esses bairros, e que seu uso por moradores de outras regiões seja mínimo.

Entende-se que os resultados da caracterização em porções distintas do território (consideradas as questões socioeconômicas) diferem daqueles obtidos por meio de amostras em pontos de destinação final, pois as amostras de porções distintas do território possuem características específicas com menor probabilidade de flutuação em campanhas futuras. Também é possível concluir que, para que o processo de caracterização dos RSU seja realizado de maneira adequada, faz-se necessário que as amostras de resíduos a serem analisadas sejam devidamente acondicionadas para que não reajam com o meio externo e sofram alteração na sua composição físico-química.

O estudo de caso evidenciou que no município de Monteiro Lobato ocorre a segregação inadequada dos RSU nos domicílios. Considerados os requisitos legais vigentes e os custos associados à coleta diferenciada já realizada no território, é mister inferir que esforços públicos precisam ser convidados para que haja a educação ambiental dos municípios voltada aos resíduos sólidos.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapesp pelo apoio concedido à pesquisa (Processo Fapesp n.º 2017/26098-8).

Agradecemos ao apoio institucional da AGEVAP e à Engenheira Amanda Lima do DEA/ICT Unesp.

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

7 REFERÊNCIAS

- ASTM INTERNATIONAL. Sociedade Americana de Testes e Materiais Internacional. Método de teste padrão para determinação da composição de resíduos sólidos municipais não processados - D 5231/92. **Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste**. Reaprovado em 2003. Disponível em: <<http://dl.mozh.org/uploads/141642738205921.pdf>> Acesso em Outubro de 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Moderna, 2004. 21 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12980: **Coleta, Varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Classificação de Resíduos**.
- BRASIL. Lei Federal no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.
- BUSSAB, W.; BOLFARINE, H. **Elementos de amostragem**, São Paulo: Edgar Blucher, 2005. ISBN: 9788521203674.
- CANTARELLA, H; QUAGGIO, J. A.; RAIJ B. van. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. cap. 9, p.173-180. ISBN 85-85564-05-9.
- CARVALHO, E. M. F. D. B. **Metodologias para a quantificação e caracterização física dos resíduos sólidos urbanos**. Tese (Mestrado em Engenharia Sanitária). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente. Lisboa, 2005.

- CE. COMISSÃO EUROPEIA. Metodologia para Análise de Resíduos Sólidos. **Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool)**. Elaborado pelo Consórcio SWA-Tool. Austria, 2004. Disponível em <<https://www.wien.gv.at/meu/fdb/pdf/swa-tool-759-ma48.pdf>> Acesso em Outubro de 2017.
- COELHO, J. P.; TOCCHETTO, R. L.; JUNIOR, E. L. M. Centrais de triagem de resíduos (CTR): uma solução para o gerenciamento em municípios de pequeno porte. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM**, Santa Maria Revista Monografias Ambientais - REMOA e-ISSN 2236 1308 - V. 14, N. 2 (2014): Março, p. 3019 – 3025. <https://doi.org/10.5902/2236130810930>
- DGQA (1989). **Documento Técnico nº1 – Resíduos Sólidos Urbanos - Quantificação e caracterização. Metodologia. Direção-Geral da Qualidade do Ambiente**. Lisboa. DRA. Direção Regional do Ambiente. Campanha de Quantificação e Caracterização de Resíduos Sólidos Urbanos. Região Autónoma de Açores. Disponível em: <<http://www.azores.gov.pt/NR/rdonlyres/D72E8A2B-5DBF-4BFE-8D35-BBF4CD596243/3641/CampanhadeQuantifica%C3%A7%C3%A3oCaracteriza%C3%A7%C3%A3odeRSU.pdf>> Acesso em Outubro de 2017.
- EMPLASA. **Relatório de Caracterização das Unidades de Informações Territorializadas – UITs Município de Monteiro Lobato**.
- FALCÃO, A. A. **Análise química de resíduos sólidos para estudos agroambientais**. Campinas, SP: [s.n.], 2005.
- FEAM. F981c Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Cartilha de orientações: estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2019. Disponível em: < http://www.caxambu.mg.gov.br/v2/wp-content/uploads/2019/06/2-CARTILHA-ESTUDO-GRAVIMETRICO_Revisao-Feam_240420191.pdf> Acesso em dezembro de 2017.
- FREITAS, H; OLIVEIRA, M; SACCOL, A. Z; MOSCAROLA, J. Método de Pesquisa Survey. **Revista de Administração**, São Paulo v.35, n.3, p.105-112, julho/setembro, 2000.
- FREITAS, W. R.S.; JABBOUR, C. J. C. Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões. **Estudo & debate**, Lajeado, v. 18, n. 2, p. 07-22, 2011.
- GERHARD, T. T; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil– UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. ISBN 978-85-386-0071-8.
- GOMES, A. A. Estudo de caso. Planejamento e Métodos. Nuances: estudos sobre Educação. **Revista Planejamento e Método**. Presidente Prudente, SP, ano XIV, v. 15, n. 16, p. 215-221, jan./dez. 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Manual Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC**. Municípios que declararam possuir Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2013.
- JÚNIOR, A, F, B.; JÚNIOR, N, F. **A utilização da técnica da entrevista em trabalhos científicos**. Evidência, Araxá, v. 7, n. 7, p. 237-250, 2011.
- MENEZES, R. O. **Análise estatística da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos do município de Juiz de Fora - Minas Gerais com base no perfil socioeconômico**. Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista. 2016.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. 2018. Municípios que possuem PMGIRS. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-dapolitica-de-residuos/planos-municipais-de-gest%C3%A3o-integrada-deres%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em Agosto de 2019.
- NETO, H. C. A; MARQUES, C. C.; PAULO, G. C.A; GONÇALVES, W. P.; MAIA, R.; BARBOSA, A. E. Caracterização de resíduos sólidos orgânicos produzidos no restaurante universitário de uma instituição pública (estudo de caso). In: XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2007. **Anais...**
- OLIVEIRA, M. C. B. R. **Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no Brasil**. UFRJ/ COPPE. Rio de Janeiro, 2012.
- ROCHA, I. L; AGUIAR, M. I. Análise comparativa de estudos sobre a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos gerados em diferentes municípios brasileiros. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, Tocantins, 2012. **Anais...**
- RUTKOWSKI, E. W; OLIVEIRA, J.F.D; F.A. FIORE. Resíduos Sólidos Municipais:Métodos de Análise de Composição Gravimétrica Estudo de Caso: GAEMA Campinas, São Paulo, Brasil. In: Congresso Interamericano da AIDIS. Cartagena, Colômbia, 2016. **Anais...**
- SOUZA, G. C. C.; ARAÚJO, W. E. L. **Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares do município de Caçu-GO Gaudencya**. Artigo apresentado à Faculdade de Engenharia Ambiental, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro (a) Ambiental, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, UniRV, 2014.

SOUZA, G. C.; GUADAGNIN, M. R. Caracterização Quantitativa e Qualitativa dos Resíduos Sólidos Domiciliares: O Método de Quarteamento na Definição da Composição Gravimétrica em Cocal do Sul-Sc. In: 3º Seminário Regional Sul de Resíduos Sólidos. Rio Grande do Sul, 2009. **Anais...**

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987. ISBN: 85-224-0273-6

UNESP/AGEVAP. **Questionário dirigido ao secretariado da Prefeitura Municipal de Monteiro Lobato(2017)**. Acervo de pesquisa UNESP/AGEVAP. São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

VILHENA, A (coord.) **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado** – 4. ed. – São Paulo (SP): CEMPRE, 2018. 316 p. : il. ; 11.264 kbytes.

VINUTO, J. **A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto**. Temáticas, Campinas, 22, (44): 203-220, ago/dez. 2014

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YIN. **Resenha livre de YIN**, Robert K. Porto Alegre: Bookman, 2005.