

III-679 - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SECOS RECICLÁVEIS: INFLUÊNCIA DAS MODALIDADES DE EXECUÇÃO DA COLETA SELETIVA

Renato Meira de Sousa Dutra⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental (UFES) e de Segurança do Trabalho (FACAM). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES/UFES).

Stephanie Cabalini Zucoloto Magalhães⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental (UFES) e de Segurança do Trabalho (UFES). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES/UFES).

Luciana Harue Yamane⁽¹⁾

Bióloga (UFES). Mestre em Engenharia Ambiental (PPGEA/UFES). Doutora em Engenharia Metalúrgica (USP).

Renato Ribeiro Siman⁽¹⁾

Engenheiro Químico (UFRRJ). Mestrado e Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento (USP). Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental (UFES).

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Gestão do Saneamento Ambiental, Salas 20 e 21, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória-ES, CEP: 29.075-910, Brasil - Tel: (27) 3335-2168 - e-mail: lagesa@ufes.br.

RESUMO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) trouxe a obrigatoriedade da implementação da coleta seletiva municipal, que pode ser implementada por diversas modalidades: pontos de entrega voluntária (PEVs), porta a porta, fontes particulares ou estas associadas entre si. A escolha da modalidade influencia diretamente no índice de recuperação dos resíduos secos e o conhecimento das características específicas dos resíduos sólidos de cada município pode indicar a conformação ótima como o sistema municipal. Assim, este artigo buscou analisar a influência das modalidades de coleta seletiva nos municípios do Estado do Espírito Santo no que tange à eficiência e o custo do serviço, avaliando também o efeito dessa modalidade na composição gravimétrica dos resíduos secos recicláveis coletados, de forma a servir de ferramenta de apoio à decisão na implementação do sistema de coleta seletiva municipal. Para tanto foram realizadas entrevistas com gestores de organizações de catadores de materiais recicláveis (OCMR) e com gestores municipais. Além disso, foram realizadas campanhas de campo para determinação da composição gravimétrica dos resíduos recicláveis em cada uma das OCMR ativas no Estado. Os resultados indicam que nos 55 municípios estudados a modalidade mista foi que apresentou a maior representatividade (58,5%), seguido pela modalidade porta a porta (16,0%), PEV (13,4%) e por último a particular (12,1%). As OCMRs registraram a maior participação (61,8%) na execução da coleta seletiva, não seguindo o padrão do país. O custo do serviço de coleta seletiva foi 2,5 vezes maior que o serviço de coleta convencional, quando executada pelas OCMRs e 4,4 vezes maior quando realizada por empresas terceirizadas. A composição gravimétrica dos resíduos secos coletados no ano de 2017 foi representada pelo grupo papéis e tetrapark com maior participação (54%), seguido por plásticos (17%), rejeitos (10%), vidros (9%), outros (7%) e metal (3%).

PALAVRAS-CHAVE: Coleta Seletiva, Composição Gravimétrica, Resíduos Secos Recicláveis, modalidade de execução, sistema de coleta seletiva municipal.

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é um marco no que se refere ao gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil e contém diretrizes importantes no que diz respeito à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, planos de coleta seletiva, a obrigatoriedade da implementação da coleta seletiva municipal, a priorização na contratação e inserção das organizações de catadores de materiais recicláveis de baixa renda na cadeia da reciclagem.

Para o ano de 2018, a cobertura do serviço de coleta seletiva nos municípios brasileiros foi de 22% (CEMPRE, 2019), 38,1% (BRASIL, 2019) e 73,1% (ABRELPE, 2019). Conke e Nascimento (2018) discorrem que essa diferença considerável entre os dados divulgados pode levar a uma visão distorcida da realidade, que influenciam negativamente nas decisões tomadas pelos gestores municipais.

A coleta seletiva pode ser implementada por diversas modalidades: pontos de entrega voluntária (PEVs), porta a porta, fontes particulares ou estas associadas entre si. Bianchini, Pellegrini e Saccani (2011) destacaram que a escolha da modalidade de coleta seletiva influencia diretamente no índice de recuperação dos resíduos secos e recomendaram que a modalidade seja escolhida após realização de um planejamento e da definição de quais os tipos e a qualidade dos materiais que devem ser segregados na fonte.

As características dos resíduos sólidos variam por diversos fatores como econômicos, sociais, culturais, climáticos, dentre outros, que configuram distintas composições gravimétricas para uma mesma região, estado ou país (KHAN, KUMAR e SAMADDER, 2016; BERTANZA, ZILIAN e MENONI, 2018). Dessa forma, o conhecimento das características específicas dos resíduos sólidos de cada município pode indicar a conformação ótima do gerenciamento integrado de resíduos sólidos, por meio do qual pode-se construir ferramentas, como indicadores que servirão de suporte para acompanhar a evolução dos programas implantados (BESEN e FRACALANZA, 2016).

Para medir o desempenho operacional, alguns indicadores utilizados são valores per capita de coleta convencional e de coleta seletiva, índices de rejeitos, perfil dos contribuintes, índices de desvio de aterro sanitário, dentre outros.

Neste contexto, o presente artigo fornece ferramentas de apoio à decisão que podem ser utilizadas pelos gestores a partir de uma análise dos programas municipais de coleta seletiva existentes no estado do Espírito Santo, Brasil.

OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo analisar a influência das modalidades de coleta seletiva nos municípios do Espírito Santo no que tange à eficiência e o custo do serviço, avaliando também o efeito dessa modalidade na composição gravimétrica dos resíduos secos recicláveis coletados, de forma a servir de ferramenta de apoio à decisão na implementação do sistema de coleta seletiva municipal.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no estado do Espírito Santo e os dados de composição gravimétrica foram coletados por meio de pesquisa de campo realizada pelo Instituto Sindimicro-ES e fornecidos ao Lagesa/Ufes em cumprimento ao Termo de Cooperação Técnica nº 10/2017 entre a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e o Instituto Sindimicro-ES. Durante a execução do projeto no ano de 2017, existiam 77 (setenta e sete) OCMR no Estado. Somente os municípios de Águia Branca, São Roque do Canaã, Fundão, Santa Leopoldina, Alfredo Chaves, Vagem Alta, Divino de São Lourenço e Apiacá não possuíam OCMR à época.

IDENTIFICAÇÃO DA MODALIDADE DE COLETA SELETIVA

Para a identificação das modalidades de coleta seletiva executadas nos municípios pesquisados no ano de 2017 foram realizadas entrevistas aos gestores das OCMR em funcionamento (através de ligações telefônicas) e de 60 (sessenta) prefeituras (através de envio de e-mails) entre os meses de março e abril do ano de 2019.

Além das informações quanto à modalidade adotada por cada município, também foram registradas as rotas de coleta seletiva, a frequência do serviço por dia e por semana, delimitados os bairros que possuem cobertura de coleta seletiva por modalidade, a média de caminhões que chegavam nas OCMRs e identificados pela modalidade de coleta. Todas as informações foram compiladas em planilha excel e foram utilizadas no cálculo do indicador de quantidade de resíduos que chegam às OCMRs semanalmente e partir deste quantitativo, adotado como referência na pesquisa, foram realizadas as projeções para a geração de resíduos por semana, mês e ano.

Nesta etapa foi possível identificar que 5 (cinco) OCMR que se encontravam ativas no período de execução da pesquisa recebiam, à época da pesquisa, resíduos provenientes da coleta convencional do município. Os municípios que se enquadravam nesta situação foram excluídos da pesquisa uma vez que estamos tratando apenas dos resíduos provenientes de coleta seletiva, sendo estes: Laranja da Terra, Ecoporanga, Mucurici, Ponto Belo e Ibatiba. Portanto, a pesquisa foi realizada com base nos dados de 55 OCMRs que se encontravam ativas e que não recebiam os resíduos secos recicláveis misturados aos provenientes da coleta convencional.

Foram consideradas sete possibilidades de modalidade de execução da coleta seletiva municipal, a saber: PEV; porta a porta; particular; PEV + porta a porta; PEV + particular; porta a porta + particular; e PEV + porta a porta + particular. Para alguns dados da pesquisa, a ocorrência de mais de uma modalidade na execução do serviço de coleta seletiva pelo município foi classificada como “MISTO”.

IDENTIFICAÇÃO DA COBERTURA DA COLETA SELETIVA

A realização do cálculo do índice de cobertura de coleta seletiva por município do Estado, exigia que fossem associados os dados de população em cada rua atendida pela coleta seletiva.

Dessa forma, foram utilizados dados de número de economias ativas por rua e bairro, fornecidos pelas concessionárias de energia que atuam no Estado. As informações do número de economias ativas em cada logradouro do Estado, no ano de 2017, foram solicitadas por meio de ofícios e e-mails às concessionárias de energia: EDP Espírito Santo Distribuição de Energia S/A e Empresa Luz e Força Santa Maria S/A.

Utilizou-se a média de habitantes por domicílio ativo para cada município do Estado do Espírito Santo, que detalha os “domicílios particulares ocupados, moradores em domicílios particulares ocupados e média de moradores em domicílios particulares ocupados”, com base no Censo 2010, divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2019a). Com essas informações foi possível estimar a cobertura de coleta seletiva por habitante em todo o Estado do Espírito Santo. Além disso, foram realizadas análises do indicador de cobertura por faixa populacional. Para o cálculo desse indicador, foram utilizadas as classes de tamanho de população dos municípios do Estado do Espírito Santo indicadas pelo IBGE (IBGE, 2019b). As faixas utilizadas foram as seguintes:

- Faixa 1: até 5000;
- Faixa 2: de 5001 até 10000;
- Faixa 3: de 10001 até 20000;
- Faixa 4: de 20 001 até 50 000;
- Faixa 5: de 50 001 até 100 000;
- Faixa 6: de 100 001 até 500 000;
- Faixa 7: mais que 500000.

IDENTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DOS SERVIÇOS DE COLETA SELETIVA

Para o levantamento dos custos referentes ao serviço de coletas municipais de resíduos sólidos (seletiva e convencional), primeiro foram selecionados os municípios que declaravam possuir contrato de coleta seletiva no ano de 2017, sendo estes: Água Doce do Norte, Alegre, Alto Rio Novo, Anchieta, Aracruz, Brejetuba, Colatina, Conceição de Castelo, Domingos Martins, Dolores do Rio Preto, Ecoporanga, Guaçuá, Guarapari, Ibatuba, Ibitirama, Iconha, Irupi, Itaguaçu, Itarana, Iuna, Jerônimo Monteiro, Laranja da Terra, Mantena, Maratáizes, Marilândia, Mimoso do Sul, Montanha, Mucurici, Pinheiros, Ponto Belo, Presidente Kennedy, Santa Maria de Jetibá, Santa Teresa, São Domingos do Norte, São Gabriel da Palha, Serra, Viana, Vila Pavão, Vila Velha.

Foi utilizada a fonte BRASIL (2019) para obter informações quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos municipais no ano de 2017. Cabe destacar que a pesquisa nacional realizada anualmente pelo SNIS e se utiliza de indicadores, em seu caderno metodológico podem ser consultadas as fórmulas utilizadas, sendo a pesquisa realizada por meio de formulários online preenchidos pelas prefeituras. No entanto, a partir do ano de 2018, esse caderno sofreu algumas modificações e foram retirados alguns indicadores que expressavam o custo unitário dos serviços realizados pelas prefeituras. Dessa forma, entendendo que esses indicadores seriam importantes nesta etapa do trabalho, optou-se por utilizar os dados da referida pesquisa para o ano de 2017, que é o ano de referência dos dados de composição gravimétrica.

Os valores dos boletins de medição que não se referiam ao ano de 2017 foram corrigidos para o mesmo ano com base no Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) que é o índice oficial do Governo Federal para medição das metas inflacionárias, utilizando-se o sistema de correção de valores do Banco Central do Brasil (BCB) disponível em seu site, a saber: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>.

Os dados foram planilhados utilizando o software Excel. A partir dessa consulta, foram verificados os custos das etapas de gerenciamento de resíduos (coleta, transporte, transbordo, disposição final) para as diversas modalidades de coleta seletiva observando o ente que realiza o serviço (público, privado e por OCMR).

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SECOS RECICLÁVEIS COLETADOS NO ESPÍRITO SANTO

Foram realizadas no mínimo 03 (três) campanhas de determinação de composições gravimétricas diferentes em cada uma das 65 (sessenta e cinco) OCMR ativas no Estado. A equipe do projeto era composta por 09 analistas ambientais, com formações desde curso técnico à bacharéis em engenharia e biologia.

Nesta etapa do projeto, tomou-se como base a NBR 10.007/2004 e os procedimentos propostos pela Companhia de Saneamento Ambiental (CETESB) para a determinação da composição gravimétrica. Quando não foi possível caracterizar todo o conteúdo do material descarregado pelo caminhão, a amostra inicial a ser quarteada era proporcional à 20% daquela contida no caminhão, utilizando como unidade volumétrica os bags utilizados para armazenar e transportar os resíduos durante a coleta. Foram utilizadas balanças e baldes para aferir o peso (kg) e o volume (L) para cada subgrupo de materiais que eram segregados do quarteamento da pilha de resíduos secos que chegavam nas OCMR.

As determinações das composições gravimétricas foram realizadas in loco por uma equipe de técnicos habilitados em períodos e/ou dias distintos, o intuito era que fossem abrangidas variadas modalidades de coleta seletiva e diferentes rotas, com diferentes origens. As amostragens em campo foram realizadas durante os meses de maio e junho do ano de 2017.

A partir da realização das campanhas em campo, foram geradas as planilhas com informações contendo o peso, o volume e a porcentagem em peso do total para cada plano de amostragem (origem dos resíduos). Os resíduos secos recicláveis amostrados foram segregados em 6 grupos (papel e tetrapak, plástico, metal, vidro, rejeitos e outros) e esses divididos em subgrupos.

Com a estratégia empregada foram registradas 165 (cento e sessenta e cinco) campanhas de determinação de composições gravimétricas nas 55 (sessenta e cinco) OCMRs que se encontravam ativas no ano de 2017, organizadas por modalidade de coleta seletiva e por municípios do Espírito Santo que foram utilizadas nesta pesquisa.

Importante destacar que os municípios de Vitória, Vila Velha, Cariacica, Serra e São Mateus possuem mais de uma OCMR. Para este trabalho, foram consideradas todas as composições gravimétricas realizadas nas OCMRs, mesmo quando o município possuía mais uma, agregando na soma dos pesos de resíduos secos coletados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AVALIAÇÃO DAS FORMAS DE EXECUÇÃO, COBERTURAS E CUSTO DA COLETA SELETIVA NO ESPÍRITO SANTO

A avaliação das coberturas de coleta seletiva realizadas por cada um dos 55 (70,5% do total) municípios capixabas no Espírito Santo participantes da pesquisa será descrita neste tópico, que representaram, juntos, 55% do total da população do Espírito Santo em 2017. A pesquisa constatou que no ano de 2017 a maior parte dos municípios do Estado do Espírito Santo realizaram a coleta seletiva utilizando-se da modalidade porta a porta + particular (Figura 1).

O Espírito Santo segue a tendência nacional, de acordo com Cempre (2018), a modalidade “porta a porta” foi a que obteve a maior adesão pelos municípios brasileiros, representando 80% dos municípios que participaram da pesquisa, considerando também aqueles que declararam mais de uma modalidade para a execução do serviço para o ano de 2018.

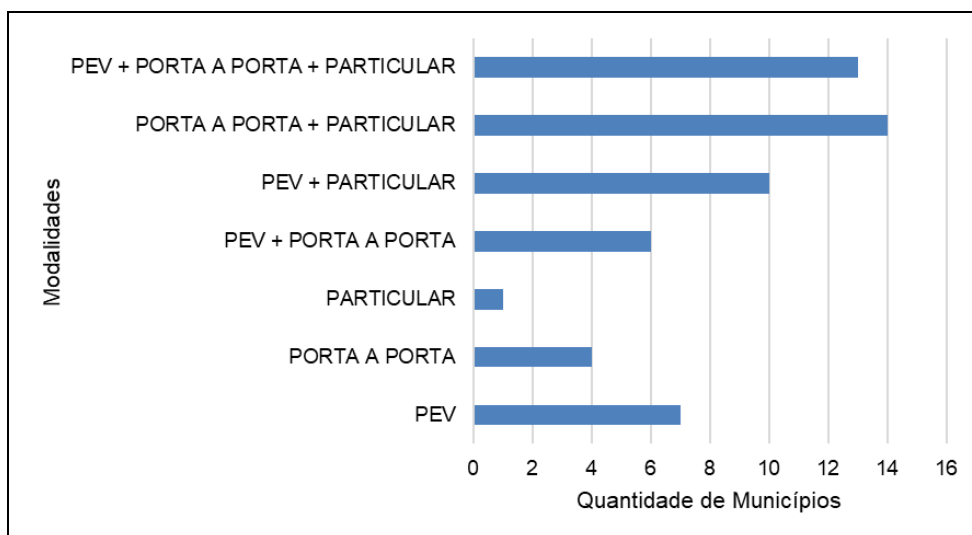
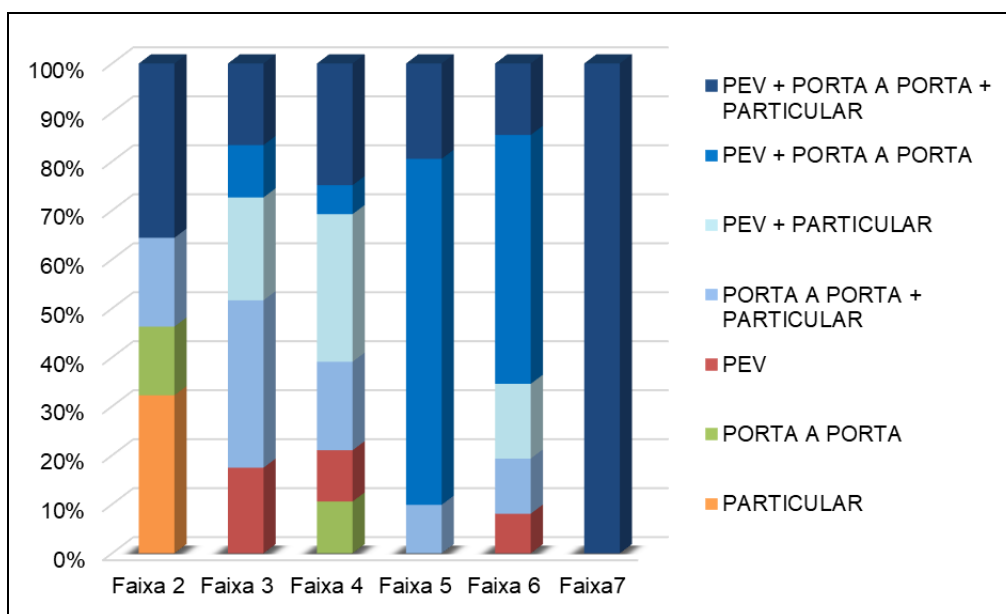


Figura 1 – Modalidades de Coleta seletiva executadas pelos municípios capixabas no ano de 2017.

As modalidades de coleta seletiva também podem ser analisadas em relação à população atendida. A Figura 2 mostra em termos percentuais qual a representação das modalidades, agrupadas por faixa populacional, a partir dos dados de população atendida nos municípios que as compõe.



Faixa 1: até 5000 hab.; Faixa 2: de 5001 até 10000 hab.; Faixa 3: de 10001 até 20000 hab.; Faixa 4: de 20 001 até 50 000 hab.; Faixa 5: de 50 001 até 100 000 hab.; Faixa 6: de 100 001 até 500 000 hab.; Faixa 7: mais que 500000 hab.

Figura 2 - Representatividade das modalidades de coleta seletiva em relação à população atendida, para cada faixa populacional.

Como pode ser visto na Figura 2, existe também uma predominância nos municípios capixabas pela execução da coleta seletiva utilizando-se mais de um tipo de modalidade, observado em todas as faixas populacionais. Analisando o comportamento do gráfico foi possível concluir que as modalidades porta a porta + particular e PEV são observadas como única modalidade de coleta seletiva nos municípios com menores faixas populacionais. A modalidade PEV apareceu como alternativa não associada às demais na faixa 6, em menor representatividade que as modalidades mistas, mas pode estar associada ao fato de essa modalidade possuir menor custo operacional em municípios com densidade populacional, confirmada pela pesquisa de Bringhenti et al. (2004). Cempre (2018) afirmou que os programas de coleta seletiva que se utilizam de combinação de modalidades, possuem maior adesão pela população.

Além de identificar quais foram os tipos de modalidades adotadas pelos municípios capixabas em 2017, também pôde ser verificado quais destas modalidades apresentaram maior representatividade no que se refere a kg de resíduos secos coletados e que chegaram às OCMR. A Figura 3 mostra como se deu essa coleta de resíduos secos no Espírito Santo em 2017.

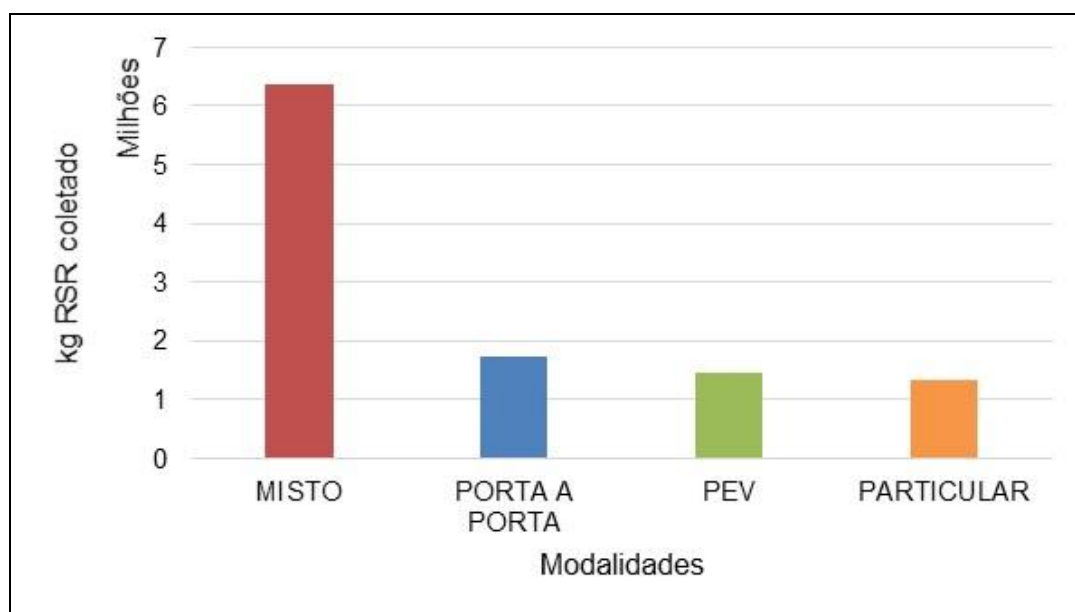


Figura 3 - Panorama da coleta de resíduos secos recicláveis (RSR) por modalidade em 2017 no Espírito Santo.

Como pode ser visto na Figura 3, a modalidade misto apresentou a maior representatividade em kg de resíduos secos coletados (58,5%, 6379,9 t/ano), seguido pela porta a porta (16,0%, 1743,1 t/ano), PEV (13,4%, 1459,3 t/ano) e por último particular (12,1%, 1325,3 t/ano).

A Figura 4 mostra quais os tipos e os arranjos de modalidades de coleta seletiva que são praticados por cada município participante da pesquisa.

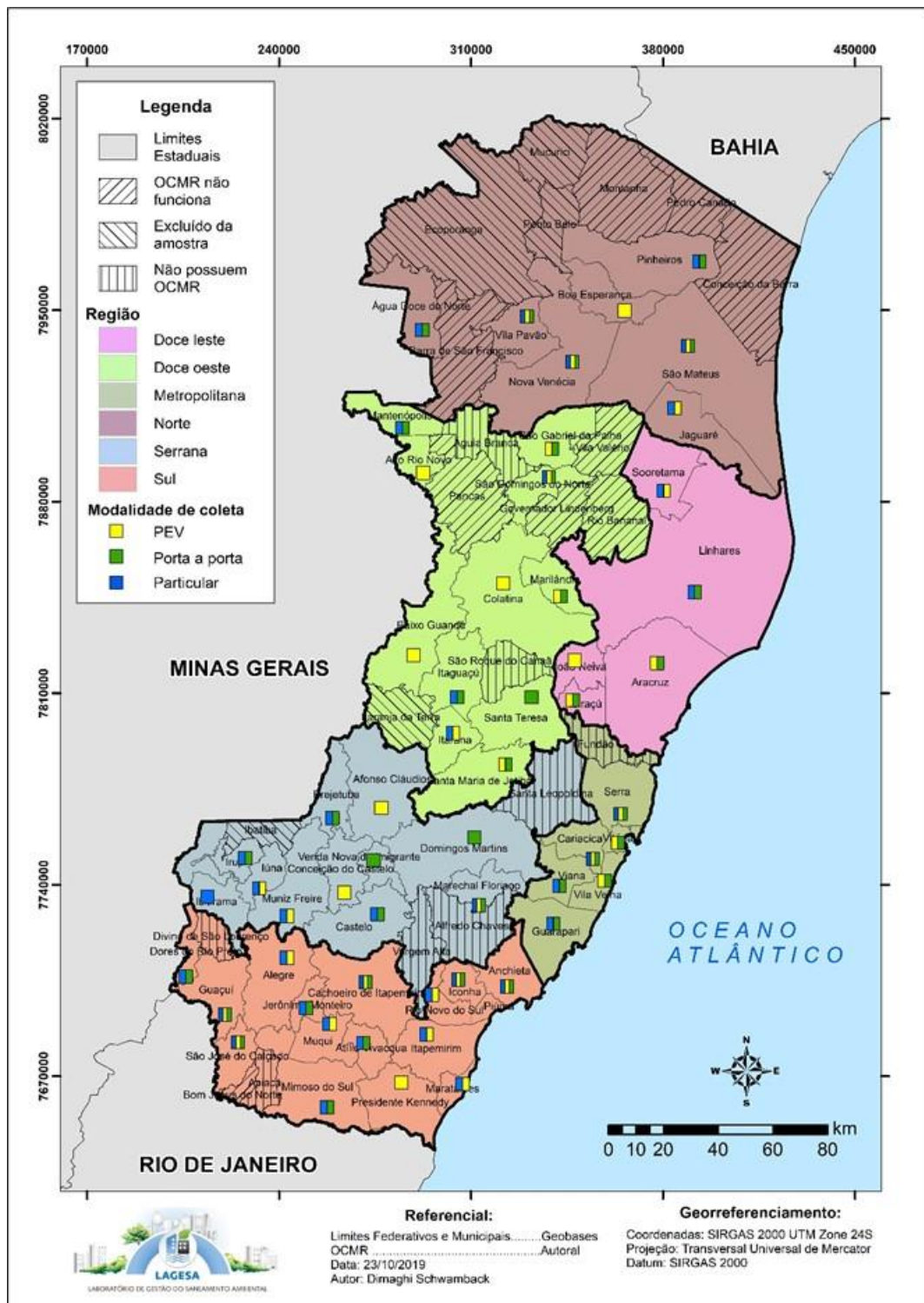


Figura 4 - Modalidade de coleta seletiva praticada pelos municípios capixabas no ano de 2017.

As contribuições das modalidades em porcentagem de resíduo seco coletado por grupo de resíduos, segue apresentada na Figura 5.

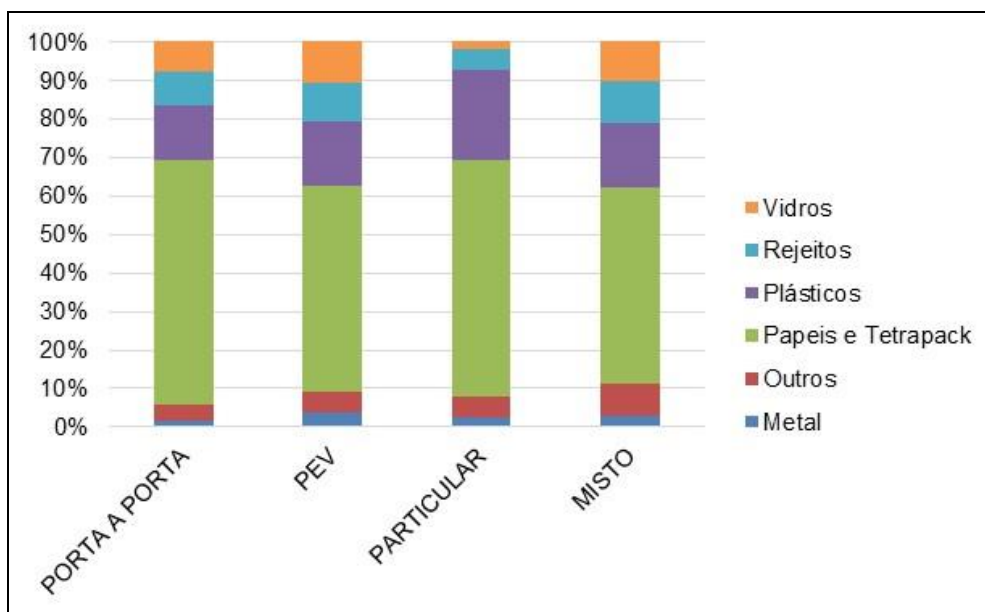


Figura 5 - Quantidade de resíduos secos coletados por grupos e distribuídos por região do Espírito Santo.

No que tange à representatividade dos grupos de resíduos por modalidade, observou-se que para os grupos papel e tetrapak e plásticos, os quais são esperados em maior quantidade, pode-se destacar em contribuição as modalidades porta a porta e particular respectivamente. Dessa forma, pode-se concluir que estas modalidades são as que mais contribuem em peso com estes grupos de resíduos, indicando que existe maior homogeneidade nestas modalidades quando comparadas com as demais.

Outra análise realizada pela pesquisa foi o comportamento das amostras de resíduos em relação a sua origem, evidenciada pela modalidade de coleta. Foi realizada a segregação das composições gravimétricas por modalidade. Para esta análise foram excluídas as amostras em que existiam a combinação de modalidades de fontes particular com PEV e porta a porta, ou seja, a modalidade “misto”.

Os resultados mostraram que o grupo de rejeitos apresentou maior valor médio em kg para a fonte domiciliar do que para a particular. A partir desse resultado pode-se inferir que a fonte particular é composta por resíduos com maior qualidade e menor contaminação quando comparada com as modalidades domiciliares. Observa-se que a composição dos rejeitos é mais homogênea para a fonte particular. Bertanza, Ziliani e Menoni (2018) concordaram com esse resultado e afirmaram que as fontes particulares, usuários não-domésticos contribuíram com maiores quantidades de resíduos. Campos (2013) e Parreira (2010) completaram afirmando que os resíduos provenientes de fontes particulares (como comércio, indústrias) são caracterizados por serem mais homogêneos e apresentarem menores índices de rejeitos.

Outra análise que pode ser feita quando se observa os possíveis arranjos de modalidade de coleta seletiva, é a quantidade de rejeitos provenientes destes. A Figura 6 mostra a quantidade de rejeitos que foi coletada juntamente dos resíduos secos recicláveis, via coleta seletiva, no ano de 2017.

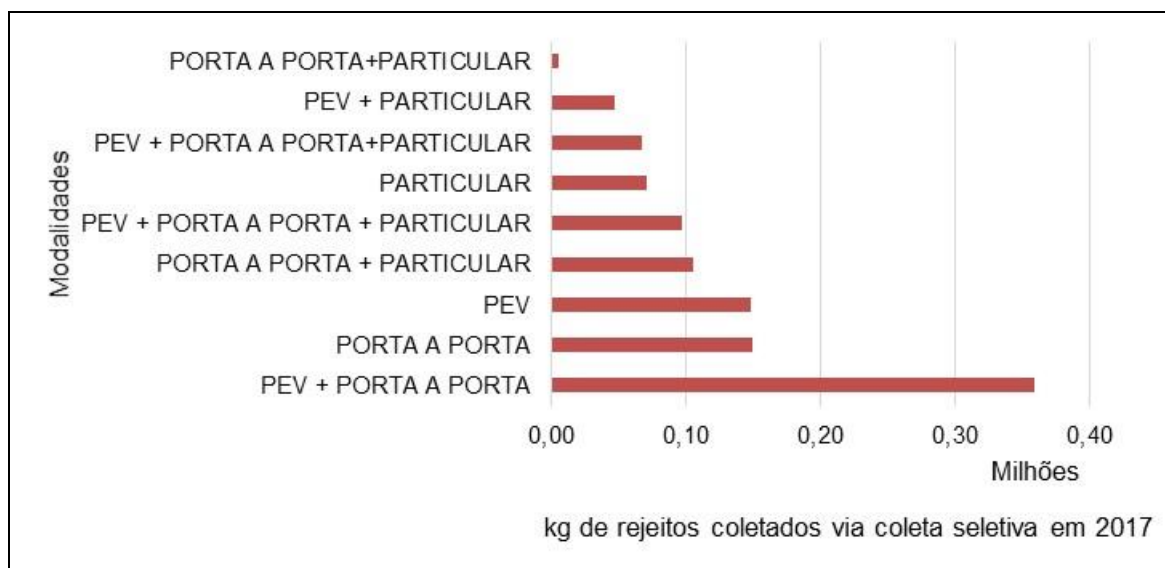
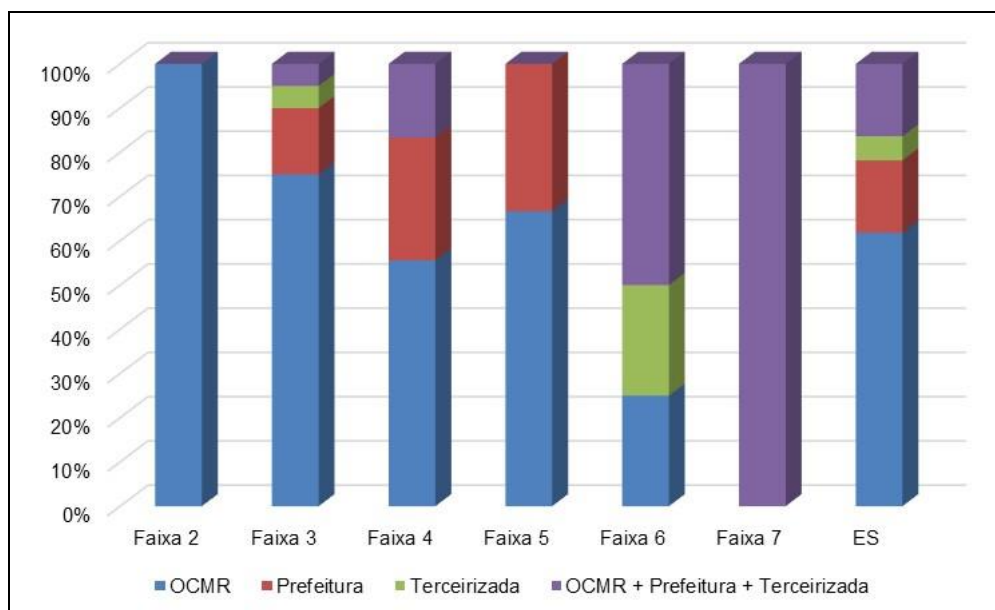


Figura 6 - Contribuição em kg de rejeitos por arranjo de modalidade de coleta seletiva no ano de 2017.

Analisando a Figura 6, percebe-se que a modalidade “PEV + porta a porta” foi a que mais contribuiu com a geração de rejeitos com 34% do total, seguida da “porta a porta” e “PEV” com 14% cada. Quando analisadas as modalidades separadamente, ou seja, sem que elas estejam arranjadas entre si, constata-se que a modalidade “particular” foi a que menos contribuiu em quantidade de rejeitos. Campos (2013) constatou em sua pesquisa que os índices de rejeitos provenientes dos resíduos de grandes geradores são consideravelmente menores do que os de RSU.

Parreira, Oliveira e Lima (2009), Varella (2011) e Campos (2013) afirmaram que a qualidade da separação na fonte garante maiores eficiências na etapa de triagem e diminuem o índice de rejeito. Parreira, oliveira e Lima (2009) destacaram em sua pesquisa que o material de coleta seletiva que possui origem domiciliar apresenta maior quantidade de rejeito do que aqueles provenientes de grandes geradores (comércio, indústria, escolas, shoppings, dentre outros). De acordo com Varella (2011), a municipalidade deve conhecer e analisar o seu índice de rejeito, porque a partir dele, podem ser apontados caminhos de melhorias para o sistema como um todo.

No que tange ao gerenciamento do serviço de coleta seletiva municipal a pesquisa mostrou, para o Espírito Santo, que as OCMR registraram a maior participação (61,8%) na execução da coleta seletiva (Figura 7).



Faixa 1: até 5000 hab.; Faixa 2: de 5001 até 10000 hab.; Faixa 3: de 10001 até 20000 hab.; Faixa 4: de 20 001 até 50 000 hab.; Faixa 5: de 50 001 até 100 000 hab.; Faixa 6: de 100 001 até 500 000 hab.; Faixa 7: mais que 500000 hab.

Figura 7 - Responsável pela execução do serviço de coleta seletiva no ES.

Além disso, foi possível perceber que existe uma predominância na execução do serviço por OCMR nos municípios do ES com menores faixas populacionais, diminuindo com o aumento destas. Memon (2010) destaca que muitos dos problemas encontrados no gerenciamento dos resíduos a nível municipal, principalmente os de pequeno e médio porte, se devem a falta de funcionários capacitados, a utilização inadequada dos recursos financeiros, utilização de equipamentos ultrapassados ou danificados.

Os dados do Espírito Santo se contrapõem à realidade do país em 2017, no qual as empresas terceirizadas representaram 46,7% na execução do serviço de coleta seletiva municipal, e em segundo lugar as OCMR com (35,9%) (BRASIL, 2019). No entanto, embora esta seja a realidade apresentada pelos municípios capixabas, de acordo com Andrade e Ferreira (2011) a participação da iniciativa privada na execução desse serviço, que de maneira geral, vem aumentando.

A participação expressiva das OCMR na execução da coleta seletiva no Espírito Santo está ligada às pressões realizadas pelo MPES com a realização dos TACs em 2013, a ação da SEDURB juntamente com a AMUNES que exigiram dos municípios a elaboração dos PMGIRS e o apoio dado às OCMR por meio da ADERES nos anos de 2016 e 2017. Este fato diferencia o ES dos demais estados do país.

Para Ichinose, Yamamoto e Yoshida (2013) os programas de coleta seletiva que possuem maior participação privada na etapa de coleta são os mais eficientes em termos de volume de coleta de resíduos domiciliares. Bohm et al. (2010) corroboram e observaram que os programas municipais de reciclagem que contratam empresas privadas de coleta ao invés de utilizarem funcionários públicos e que utilizam sistema de coleta por tipo de material em pontos específicos ao invés de coleta mecanizada nas calçadas, apresentam custos menores.

Na pesquisa, foram identificados quais municípios possuíam contratos para realização de qualquer dos serviços referentes às etapas de gerenciamento de resíduos sólidos (coleta, transporte, destinação, disposição final, dentre outros). Das respostas obtidas, 89% declaram possuir contratos, 9% não possuíam e 2% não responderam. Dos 55 municípios avaliados, 35 disseram possuir contratos diretos com OCMR, referentes ao serviço de coleta seletiva municipal (coleta, triagem, destinação, venda, educação ambiental).

A partir dos dados divulgados por BRASIL (2019), foi possível observar o valor pago pelos municípios capixabas pelo serviço de coleta seletiva e coleta convencional. A Tabela 1 mostra que o valor médio encontrado para o ES na execução destes serviços.

Tabela 1 – Valor médio pago pela coleta seletiva e pela coleta convencional por t de resíduos (BRASIL, 2019).

Serviço	Coleta Seletiva por OCMR	Coleta Seletiva por empresa terceirizada	Coleta Convencional
R\$/t	491,74	885,94	200,11
N	11	5	12
Desvio Padrão	350,128	125,01	83,03
Erro Padrão	105,57	55,91	23,96

Analisando os valores apresentados na Tabela 1, foi identificado que o valor pago pelo serviço de coleta seletiva foi maior que para o serviço de coleta convencional, sendo 2,5 vezes maior quando executada pelas OCMR e 4,4 vezes maior quando realizada por empresas terceirizadas. Portanto, o preço médio pago pelos municípios capixabas pelo serviço de coleta seletiva para empresas terceirizadas foi 1,8 vezes maior que o mesmo serviço executado por OCMR. Neste contexto, Varella (2011) enfatiza que quando esses serviços de coleta seletiva são realizados pelas OCMR, o custo da coleta seletiva diminui quando comparados aos valores pagos às empresas terceirizadas e quando é executado pela própria prefeitura.

O valor encontrado de proporcionalidade entre o serviço de coleta seletiva e o convencional pela pesquisa é menor que o valor apresentado por Cempre (2018) de 4,1 vez maior, no mesmo ano. Varella (2011) destacou ainda que os custos com o serviço de coleta seletiva variam de acordo com fatores como região, operador do sistema (público ou privado), relevo, dentre outros, não encontrando uniformidade.

COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA E EFICIÊNCIA DE COLETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS SECOS RECICLÁVEIS NO ESPÍRITO SANTO

Foi realizada uma projeção da quantidade de resíduos secos coletados no ano de 2017, pelos municípios capixabas, a partir dos dados de composição gravimétrica, frequência de coleta por semana, rota e quantidade de caminhões que chegam às OCMR.

No que se refere ao acumulado total em kg de resíduos secos coletados ao ano de 2017, a composição gravimétrica do Estado do Espírito Santo foi representada com maior contribuição pelo grupo papéis e tetrapak (54%), seguido por plásticos (17%), rejeitos (10%), vidros (9%), outros (7%) e metal (3%), conforme mostra a Figura 8.

Os grupos de resíduos papel e tetrapak e plástico obtiveram as maiores contribuições percentuais na composição gravimétrica da pesquisa, seguindo o padrão obtido por Cempre (2019), que fez o estudo da composição gravimétrica média dos programas de coleta seletiva do Brasil. No entanto, o valor de rejeitos para a composição da pesquisa foi menor (10%) do que o apresentado pela fonte citada (26%). Estes números mostram que existe maior qualidade na separação dos resíduos secos no ES do que nos demais estados do país.

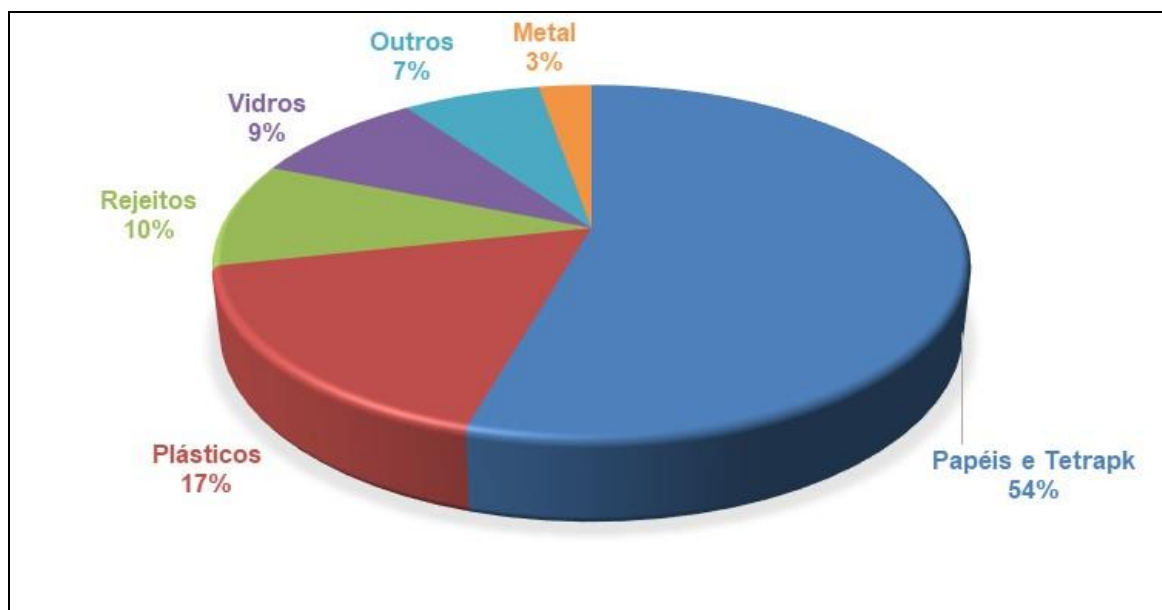


Figura 8 – Composição gravimétrica dos grupos de resíduos secos coletados em 2017 no ES.

A Tabela 2 mostra os valores médios em kg encontrados para as amostras obtidas nas composições gravimétricas para cada grupo de resíduos estudados.

Tabela 2 - Médias e desvio padrão encontrados para as amostras dos grupos de resíduos a partir da composição gravimétrica dos resíduos secos.

Parâmetros Estatísticos	Papel e Tetrapak	Metal	Plástico	Vidro	Rejeitos	Outros
Média (kg resíduos coletados/ano)	3950,90	394,54	583,73	5228,53	5565,73	2455,98
Desvio padrão	13054,38	1,85	1760,45	14265,43	10864,63	14,023
Número de amostras	1504	752	3196	188	188	315

Percebe-se que quanto ao valor médio em kg de resíduos coletados/ano, o grupo rejeitos obteve o maior valor médio (5565,73 kg), seguido do grupo vidro (5228,53 kg), e depois pelo grupo papéis e tetrapak (3950,9 kg). Embora esses valores não tragam muita expressão em termos quantitativos, pois variam bastante em relação a densidade de cada material estudado, são fatores relevantes e importantes de serem observados nas etapas de planejamento e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Nas etapas de coleta e transporte, as quais oneraram o valor total pago no gerenciamento dos resíduos sólidos, estas podem inviabilizar ou dificultar o aumento da massa recuperada de resíduos secos pelos programas de coleta seletiva municipais.

O indicador “massa de resíduos secos coletados” é um importante norteador de programas de coleta seletiva pois indica a participação da população nos programas de coleta seletiva municipais. Esse indicador é monitorado pelos panoramas de resíduos sólidos que são publicados anualmente com dados de todas as regiões brasileiras e são utilizados como ferramenta de apoio a gestão tanto na implantação de novos programas quanto no acompanhamento daqueles que já estão implementados.

Comparando o indicador calculado para o ES com aqueles divulgados pela pesquisa nacional, percebe-se que o valor médio do indicador calculado, considerando a população total, é maior do que o valor médio encontrado para a Região Sudeste e menor que o valor médio do indicador para o país. No entanto, quando se utiliza a população atendida, o valor do indicador aumenta quase que o dobro, apresentando um valor médio maior do que aqueles divulgados por Brasil (2019) para o mesmo ano.

Com base nos resultados comentados anteriormente, é possível inferir que o indicador que se utiliza da projeção populacional total dos municípios para determinado ano, não evidencia a realidade dos estados,

regiões e do próprio país uma vez que não é conhecida a rota de coleta seletiva e nem quantos habitante são atendidos em cada rua por bairro. Dessa forma, o valor do indicador divulgado nas pesquisas pode estar subestimado já que está sendo considera toda a população para chegar no valor do indicador. Conke e Nascimento (2018) ressaltaram preocupação com as pesquisas brasileiras no contexto dos resíduos sólidos, identificaram que existem valores com discrepância muito grande entre as fontes de pesquisa, o que pode levar a uma percepção distorcida da realidade.

Foi realizada a análise de desvio de resíduos sólidos comparando a média de resíduos sólidos coletados no ES em 2017, para aqueles municípios participantes da pesquisa e que participaram da pesquisa nacional do Snis, com a média de resíduos secos coletados. Os resultados são apresentados na Tabela 3, na qual os municípios foram agrupados por faixa populacional.

Tabela 3 - Desvio de resíduos secos recicláveis por faixa populacional no ano de 2017 no ES.

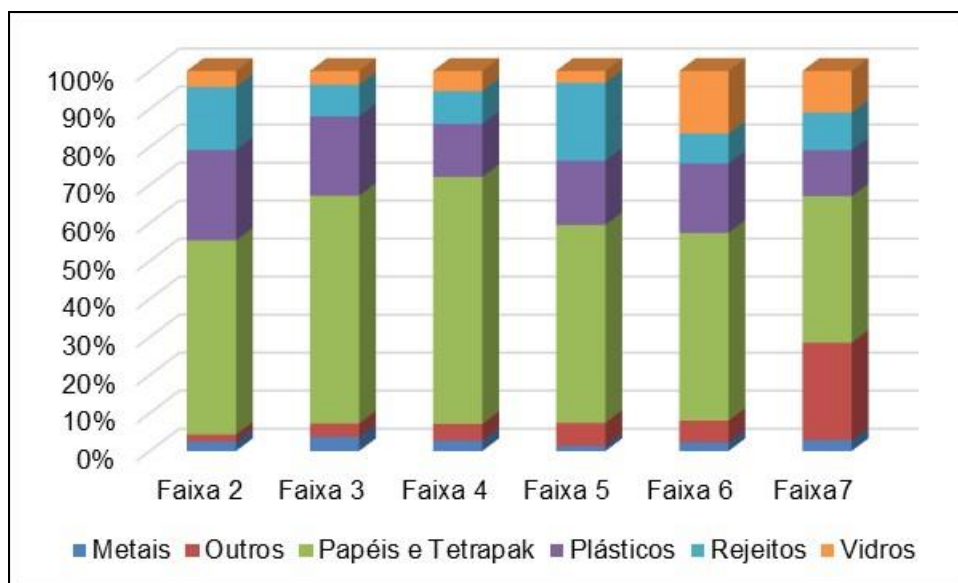
Faixa Populacional	Média t resíduos sólidos coletados 2017	Média t resíduos secos recicláveis coletados 2017	% desvio de resíduos secos recicláveis
2	694,7	147,0	21%
3	2881,32	95,8	3%
4	10052,1	167,0	2%
5	24151,8	178,9	1%
6	80666,9	425,9	1%
7	126572,7	1307,4	1%

Faixa 1: até 5000 hab.; Faixa 2: de 5001 até 10000 hab.; Faixa 3: de 10001 até 20000 hab.; Faixa 4: de 20 001 até 50 000 hab.; Faixa 5: de 50 001 até 100 000 hab.; Faixa 6: de 100 001 até 500 000 hab.; Faixa 7: mais que 500000 hab.

A partir dos resultados mostrados na Tabela 3, foi possível identificar que a porcentagem de desvio de materiais secos recicláveis diminui drasticamente com o aumento da faixa populacional, confirmando os dados apresentados por Brasil (2019).

Outra análise foi realizada com dados de resíduos secos coletados no ES, com os valores médios de resíduos coletados no ano de 2017, considerando todos os grupos e modalidades, separados pelas faixas populacionais dos municípios que os geraram. De uma forma geral, os dados mostraram que os menores valores médios de kg de resíduos secos gerados no ES no ano de 2017, encontram-se atrelados aos municípios com menores faixas populacionais e os maiores valores médios para os municípios das maiores faixas. No entanto, cabe destacar que a faixa 5 foi a que predominantemente apresentou os menores valores médios para todos os grupos de resíduos, exceto para os grupos outros. Já as faixas 4 e 6 apresentaram os maiores valores médios em kg de resíduos secos coletados em 2017.

Conclui-se que, embora existam outros fatores que interferem na quantidade de resíduos recolhidos, os municípios com menores faixas populacionais contribuem menos com os programas de coleta seletiva quando comparados aos municípios maiores. A Figura 9 mostra graficamente as composições gravimétricas dos resíduos coletados secos no ano de 2017, por faixa populacional, nos municípios do ES a partir do valor médio em kg.



Faixa 1: até 5000 hab.; Faixa 2: de 5001 até 10000 hab.; Faixa 3: de 10001 até 20000 hab.; Faixa 4: de 20 001 até 50 000 hab.; Faixa 5: de 50 001 até 100 000 hab.; Faixa 6: de 100 001 até 500 000 hab.; Faixa 7: mais que 500000 hab.

Figura 9 - Composição gravimétrica dos resíduos secos coletados no ES por faixa populacional.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A realização da pesquisa permitiu entender a operacionalidade dos programas de coleta seletiva municipais no Espírito Santo, adotando como referência a modalidade de execução do serviço. A partir dos dados utilizados, foi possível produzir índices e indicadores de coleta seletiva municipais para o Estado do Espírito Santo que podem servir como referência para aqueles municípios que ainda não possuem um programa implantado ou apontar caminhos para melhoria daqueles já possuem e estão em atividade.

A contribuição municipal em kg de resíduos secos coletados via coleta seletiva permitiu mostrar quais as modalidades de coleta apresentaram maior representatividade. Os resultados mostraram que no ES a modalidade misto foi que apresentou a maior participação (58,5%), seguido pela modalidade porta a porta (16,0%), PEV (13,4%) e por último particular (12,1%).

No Estado do Espírito Santo a coleta seletiva municipal atendeu o total de 1.971.890 habitantes, considerando o recorte da pesquisa para os 55 municípios estudados, que corresponde a uma cobertura de 55% da população capixaba, para o ano de 2017. Esses números mostraram que a realidade do ES é favorável uma vez que apresentou cobertura de coleta seletiva maior que aquela apontada para a região sudeste (44,2%) por Brasil (2019) para o mesmo ano.

Quanto ao gerenciamento do serviço de coleta seletiva municipal, foi constatado pela pesquisa que no Espírito Santo, as OCMR registraram a maior participação (61,8%) na execução da coleta seletiva, não seguindo o padrão do país. Além disso, foi possível perceber que existe uma predominância na execução do serviço por OCMR nos municípios do ES com menores faixas populacionais, diminuindo com o aumento destas. Credita-se que os esforços e ações do MPES juntamente com as secretarias estaduais tiveram uma contribuição significativa nesses resultados.

No que diz respeito ao custo do serviço de coleta seletiva no ES, este apresentou valor 2,5 vezes maior que o serviço de coleta convencional, quando executada pelas OCMR e 4,4 vezes maior quando realizada por empresas terceirizadas.

A composição gravimétrica dos resíduos secos coletados no ES no ano de 2017 foi representada pelo grupo papeis e tetrapak com maior participação (54%), seguido por plásticos (17%), rejeitos (10%), vidros (9%), outros (7%) e metal (3%). A composição gravimétrica do ES segue a tendência encontrada para o país indicando uma preferência do papel e tetrapak nos programas de coleta seletiva municipal.

Ainda, foi constatado na pesquisa que o índice desvio de resíduos secos recicláveis, que se referem aos rejeitos da coleta seletiva, diminui drasticamente com o aumento da faixa populacional. Portanto, os municípios mais populosos viabilizam e gerenciam melhor os resíduos secos coletados do que aqueles com menores faixas populacionais, em termos de rejeitos.

Como recomendação para futuras pesquisas nesta área, pode ser considerada a possibilidade de realizar mais de uma campanha de composição gravimétrica no ano para tentar representar a sazonalidade na geração de resíduos. Recomenda-se também que seja feita uma relação dos dados de composição gravimétrica e do peso dos resíduos secos coletados com renda per capita dos municípios e fatores inerentes à cultura de cada região do Estado afim de que os comportamentos quanto a geração de resíduos possa ser vinculada a outros fatores que influenciam nesta geração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil -2018/2019. São Paulo: ABRELPE, 2019. Cempre (2018),
2. ADERES. Relatório de Composição Gravimétrica das Organizações de Catadores de Materiais Recicláveis do Espírito Santo. 2017.
3. ANDRADE, R. M., FERREIRA, J. A. A Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil Frente às Questões da Globalização. REDE – Revista Eletrônica do Prodepa, Fortaleza, v. 6, n.1, p. 7-22, 2011.
4. BERTANZA, G.; ZILIANI, E.; MENONI, L. Techno-economic performance indicators of municipal solid waste collection strategies. Waste Management, v. 74, p. 86-97, 2018. BESEN, G. R.; FRACALANZA, A. P. Challenges for the Sustainable Management of Municipal Solid Waste in Brazil. DISP-The Planning Review, v. 52, n. 2, p. 45-52, 2016.
5. BIANCHINI, A.; PELLEGRINI, M.; SACCANI, C. Material and energy recovery in integrated waste management system—an Italian case study on the quality of MSW data. Waste Management, v. 31, n. 9-10, p. 2066-2073, 2011.
6. BOHM, R. A; FOLZ, D. H, KINNAMAN, T. C.; PODOLSKY, M. J. The costs of municipal waste and recycling programs. Resources, Conservation and Recycling, v. 54, n. 11, p. 864-871, 2010.
7. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 03 ago. 2010.
8. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017 (versão republicada). Brasília, 2019.
9. BRINGHENTI, J. R. Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública – Saúde Ambiental. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.
10. CAMPOS, L. S. Processo de triagem dos materiais recicláveis e qualidade: alinhando a estratégia de manufatura às exigências do mercado. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
11. CEMPRE. Cempre Review 2019. Disponível em: <<http://cempre.org.br/upload/CEMPRE-Review2019.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2019.
12. CEMPRE. Ciclossoft 2018. Disponível em: <<http://cempre.org.br/ciclossoft/id/9>>. Acesso em: 30 mar. 2019.
13. CONKE, L. S.; DO NASCIMENTO, E. P. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 10, n. 1, 2018.
14. IBGE. Banco de Tabelas Estatísticas. Tabela 156 - Domicílios particulares ocupados, moradores em domicílios particulares ocupados e média de moradores - em domicílios particulares ocupados. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/156>>. Acesso em: 06 mar. 2019a.
15. IBGE. População. Unidades da Federação e classes de tamanho da população dos municípios (habitantes). Disponível em:<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indicadores_sociais_municipais/tabela1d.shtm>. Acesso em: 09 mar. 2019. 2019b.

16. ICHINOSE, Daisuke; YAMAMOTO, Masashi; YOSHIDA, Yuichiro. Productive efficiency of public and private solid waste logistics and its implications for waste management policy. *IATSS Research*, v. 36, n. 2, p. 98-105, 2013.
17. KHAN, D.; KUMAR, A.; SAMADDER, S. R. Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management*, v. 49, p. 15-25, 2016.
18. MEMON, M. A. Integrated solid waste management based on the 3R approach. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 12, n. 1, p. 30-40, 2010.
19. PARREIRA, G. Coleta seletiva Solidária: Agregando valor pela integração da cadeia de reciclagem. 2010. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
20. PARREIRA, G. F.; OLIVEIRA, F. G. de; LIMA, F. P. A. O gargalo da reciclagem: determinantes sistêmicos da triagem de materiais recicláveis. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, Bahia, 2009
21. VARELLA, C. V. S. Revirando o lixo: possibilidades e limites da reciclagem como alternativa de tratamento dos resíduos sólidos. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.