

III-076 – CARACTERIZAÇÃO E LEVANTAMENTO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM UM INSTITUTO FEDERAL DE ENSINO DE MINAS GERAIS.

Carmem Eliza Aparecida de Oliveira Malta ⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Igor Henrique Santos Gomes ⁽²⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Arthur Couto Neves ⁽³⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Daniel Brianezi ⁽⁴⁾

Engenheiro Florestal, mestre e doutor em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor efetivo do Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental (DCTA) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Gisele Vidal Vimieiro ⁽⁵⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Especialista em Educação Ambiental pela Faculdade SENAC Minas, mestre e doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG, Professora efetiva do Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental (DCTA) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Endereço: Av. Amazonas, 5253 – Nova Suíça – Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP: 30421-169 - País – Brasil. Tel: +55 (31) 3319-7120 - e-mail: carmem.eliza@hotmail.com.

RESUMO

A geração exacerbada de resíduos em decorrência do crescimento populacional, da intensificação da urbanização, do aumento do consumismo e da redução do tempo de vida útil dos produtos está entre os maiores problemas ambientais da atualidade no país, uma vez que, quando gerenciados e dispostos de forma incorreta, representam uma ameaça à saúde pública e ao meio ambiente. Partindo dessa premissa, essa pesquisa teve como objetivo identificar e caracterizar os resíduos sólidos gerados em uma instituição federal de ensino de Minas Gerais. Sabendo-se que uma das principais fontes de emissões dos Gases Efeito Estufa (GEE) é decorrente da degradação dos resíduos sólidos urbanos, estimaram-se as emissões GEE oriundas da geração desses resíduos quando encaminhados para aterros sanitários. A caracterização consistiu na realização da composição gravimétrica, quantificando os resíduos de acordo com sua tipologia, o que resultou em 49,4% de resíduos orgânicos, 9,7% papel, 14% plástico, 2,4% metal, 19,9% rejeito e 4,6% outros. Esses resíduos, ao serem aterrados emitiram aproximadamente 0,233 tCH₄, o equivalente a 5,826 tCO₂. Os resultados permitem orientar as escolhas de alternativas técnicas, estratégicas e operacionais para atividades relacionadas à coleta, transporte, tratamento e disposição dos resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, GEE, Instituição de ensino.

INTRODUÇÃO

A produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem se tornado uma das grandes problemáticas da sociedade contemporânea. Diversos aspectos contribuem para a questão, como a intensificação da urbanização, o aumento do consumismo, a longevidade da população, a redução do tempo de vida útil dos produtos, a obsolescência programada dos produtos eletrônicos, a ampliação do uso de embalagens, entre outros. Dessa forma, os problemas associados à geração excessiva e à disposição final adequada dos RSU representam um grande desafio (JACOBI e BESEN, 2011; BARROS, 2012; HOORNWEG e THOMAS, 2012).

Segundo Siqueira e Moraes (2009), se mal gerenciados, os RSU apresentam potencial para provocar danos à saúde pública, ao meio ambiente pela contaminação dos solos, de águas superficiais e subterrâneas além da

diminuição da qualidade do ar, podendo assim implicar em diversos aspectos sociais, econômicos e administrativos. Na busca por soluções para as questões que envolvem os RSU, torna-se fundamental um adequado gerenciamento desses (SANTOS, 2007; BRASIL, 2010; KAZA, 2018). Este gerenciamento deve abordar, dentre outros aspectos, a redução da geração de resíduos, sua reutilização, a reciclagem e demais técnicas, como a compostagem, que fornece uma nova utilidade à fração orgânica dos resíduos sólidos (SANTOS, 2007).

No Brasil, em 2018, foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos, sendo que a destinação adequada em aterros sanitários recebeu apenas 60% dos resíduos sólidos coletados e o restante foi despejado em locais inadequados como em lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2019). Esses resíduos quando entram em processo de decomposição, propiciam impactos ambientais sobre a saúde e qualidade de vida da população local. Além disso, esses resíduos ao serem aterrados, são uma das principais fontes de emissão desses gases, especialmente, o Dióxido de Carbono (CO_2) e o Metano (CH_4), decorrente do processo de decomposição da matéria orgânica (GOUVEIA, 2012).

De acordo com Maciel (2003), existem vários fatores que potencializam a emissão desses poluentes, como o pH, a umidade do local de armazenamento, temperatura e variabilidade dos resíduos são alguns desses fatores. Os aterros sanitários apresentam alternativas para reduzir a emissão desses poluentes, uma vez que dispõe de drenos para a coleta e queima de gases, alternativa usada para minimizar os impactos negativos, além de gerar produtos úteis na produção de energia limpa, enquanto os locais inadequados para descarte, não possuem nenhum meio de controle dessas emissões (LIBÂNIO, 2002).

Tais desafios são discutidos em ambientes universitários, não somente por serem geradores deste tipo de resíduos, mas também pela responsabilidade de capacitar novos profissionais que vão lidar com o tema futuramente. Desta maneira, estes ambientes acadêmicos poderiam tornar-se modelo de gestão de resíduos, uma vez que oferecem oportunidades para promover um bom gerenciamento de resíduos através do envolvimento dos alunos. (FURIAM & GUNTER, 2006).

Dessa forma, conhecer os resíduos gerados em uma instituição é a etapa inicial de qualquer processo de gerenciamento. Assim, torna-se essencial a caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos, visto que, através dessa atividade, pode-se estimar a quantidade total de resíduos gerados e determinar os constituintes dos resíduos sólidos e seus respectivos percentuais em relação ao peso total da amostra dos resíduos. (ABNT, 2004). Esses resultados permitem orientar as escolhas de alternativas técnicas, estratégicas e operacionais para atividades relacionadas à coleta, transporte, tratamento e disposição dos resíduos sólidos.

OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo identificar e caracterizar os resíduos sólidos gerados em um instituto federal de ensino de Minas Gerais, além de estimar as emissões Gases de Efeito Estufa decorrentes da geração desses resíduos quando encaminhados para aterros sanitários.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo foi um instituto federal de Minas Gerais, localizado em Belo Horizonte. A instituição oferta cursos do ensino técnico e graduação, apresentando cerca de 4.250 alunos e 601 servidores. O instituto contém uma estrutura formada por salas de aula, biblioteca, laboratórios, prédio administrativo, complexo esportivo, restaurante universitário, além de conter empreendimentos terceirizados na instituição, como lanchonete, agências bancárias, papelaria e gráfica.

Quantificação e caracterização dos resíduos sólidos

Foram estabelecidas duas etapas para a caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos gerados. Para a caracterização quantitativa, foram realizadas 12 pesagens, no período de 25 de março de 2019 a 06 de abril de 2019. Todos os resíduos gerados em salas de aula, corredores, biblioteca, nos setores administrativos, banheiros, empreendimentos, áreas de convivência, na lanchonete universitária e nos laboratórios, foram pesados em cada dia letivo da semana (segunda a sábado), destacando-se que não foram considerados os resíduos do restaurante

universitário, uma vez que esses resíduos são pesados pelos próprios funcionários do restaurante. No estudo, as pesagens foram realizadas após a última coleta na instituição, no turno da noite, utilizando-se uma balança digital de plataforma monocélula, modelo BK-100IC1. Para essa atividade, estabeleceu-se trios, de modo que um dos membros pudesse pesar, o outro anotasse os resultados e o terceiro auxiliasse no procedimento, sendo utilizados Equipamentos de Proteção Individual (EPI), jalecos e luvas, além do uso de calças compridas e sapatos fechados. Essa medida visou resguardar a integridade física dos voluntários contra possíveis vetores de doenças. Os dados coletados foram tabulados e processados utilizando o software Excel®.

Como os resíduos gerados no restaurante universitário são armazenados separadamente, estes não foram contemplados na pesagem supracitada. Os resíduos orgânicos gerados no restaurante universitário, tanto os resíduos gerados pelo preparo dos alimentos quanto da sobra dos pratos, são pesados pelos funcionários do restaurante. Logo, foi solicitado aos funcionários o quantitativo dos resíduos pesados nos mesmos dias das pesagens realizadas com os demais resíduos. Dessa maneira, para se obter o quantitativo total, somou-se o quantitativo informado e o quantitativo medido nas pesagens.

A segunda etapa consistiu na caracterização qualitativa, utilizando-se a técnica do quarteamento, estabelecido pela norma ABNT NBR 10.007 (2004), a qual descreve a metodologia para determinação da composição gravimétrica. Esse método resume-se na divisão de uma amostra pré homogeneizada em quatro partes iguais, sendo que duas partes diametralmente opostas são descartadas, e as restantes passam novamente pelo processo de homogeneização e quarteamento, até obter um volume desejado. Após definida a amostra, é realizada uma segregação dos resíduos por fração, estes são pesados e, por fim, calculadas suas respectivas porcentagens em massa (ABNT, 2004).

No período de 06 de abril de 2019 a 12 de abril de 2019, os resíduos comuns supracitados na primeira etapa, excluindo os resíduos de banheiro e do restaurante universitário, após coletados, foram armazenados, e no dia 13 de abril de 2019 foi realizada a composição gravimétrica. Para o desenvolvimento da amostragem, inicialmente os recipientes, sacos plásticos, foram pesados individualmente, em seguida foram rompidos e as pilhas de resíduos homogeneizadas, como demonstrado na Figura 1.

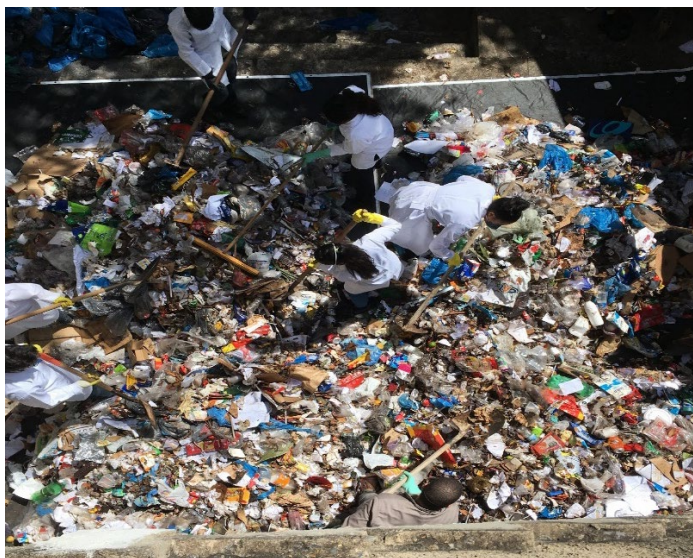


Figura 1: Processo de homogeneização e segregação dos resíduos.

A etapa seguinte ao quarteamento consistiu na segregação e classificação por fração de resíduo (Figura 2). Para facilitar o processo de classificação, os resíduos foram agrupados em seis categorias, sendo elas: (i) papel (branco, papelão, jornais e misto); (ii) plásticos (pet, branco e misto); (iii) metais (ferrosos e não ferrosos); (iv) matéria orgânica putrescível e (v) rejeitos (resíduos sólidos, onde todas as possibilidades de reaproveitamento ou reciclagem foram esgotadas e não apresentam condições para reinserção na cadeia produtiva) e (iv) outros (tecidos, couros, borracha ou resíduos incomuns para uma instituição de ensino).

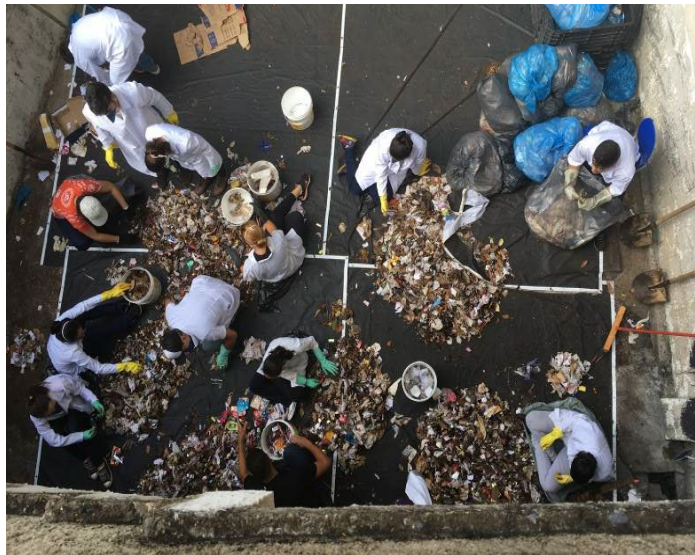


Figura 2: Processo de segregação manual dos resíduos.

Para pesagem das frações da amostra foram utilizados baldes, pesados antes da atividade, determinando-se a massa de cada um dos seis baldes, permitindo, desta maneira desconsiderá-la durante a compilação dos dados. Cada componente foi separado e colocado em baldes e pesados separadamente. Então, dividiu-se a massa de cada categoria pela massa total da amostra, obtendo-se assim, a gravimetria em porcentagem.

A realização da composição gravimétrica teve duração de aproximadamente 8 horas, sendo 4 horas para todo o processo de amostragem e o restante para a segregação e organização do local. As atividades foram executadas por 40 pessoas, sendo elas integrantes da Liga Universitária Sustentar, equipe formada por alunos da instituição, em sua maioria graduandos de Engenharia Ambiental e Sanitária e outros colaboradores. Nessa etapa, também foi obrigatório o uso de EPIs e vestimentas apropriadas, igualmente à primeira. Concomitante a isso, houve o uso de enxadas, que serviram para otimizar o processo de amostragem.

Para estimar a geração de resíduos anual, foram considerados os dias letivos presentes no calendário escolar da instituição. Assim, com base na média de resíduos gerada por dia obtida, multiplicou-se pelos 200 dias letivos.

Cálculo da emissão de GEE

Para a estimativa da emissão de gases de efeito estufa gerada pelos RSU, utilizou-se como base a metodologia do IPCC – Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) e considerou-se que todos os resíduos gerados na instituição estudada são destinados à Central de Tratamento de Resíduos Macaúbas (aterro sanitário), situada no município de Sabará, região metropolitana de Belo Horizonte. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) indica metodologias para estimativa de emissões e remoções de GEE, em três níveis detalhamentos, à medida que o nível aumenta, aumenta a demanda de dados e detalhamento de informações, conduzindo a uma maior precisão nos cálculos de emissão. O nível 1 é o método mais básico, utilizado quando não há um histórico de dados, o 2 é o método intermediário, o qual exige uma boa qualidade de dados sobre a disposição atual e anterior dos resíduos de cada país. O 3 é o nível mais complexo e requer informações ainda mais detalhadas que o anterior, os parâmetros principais devem incluir a meia-vida e potencial de geração de metano ou de carbono orgânico degradável nos resíduos e a fração de carbono orgânico dissolvido. Para essa pesquisa adotou-se o nível 2, por apontar a emissão desses gases ao longo dos anos.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a utilização desta metodologia exige informações a respeito da quantidade de resíduos, composição gravimétrica e gestão do aterro o qual receberá esses resíduos.

Assim, para determinação do potencial de produção de CH₄, foram utilizadas as equações a seguir:

$$Q_{(t)} = \sum_{(x)} \{ [(A \times k \times MSW_T(x) \times MSW_F(x) \times L_0(x)) \times e^{-k(1-x)}] - R(t) \} \times (1 - OX) \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

$Q_{(t)}$ = Quantidade de metano gerado no ano t [tCH_4 /ano]

t = Ano do inventário [ano]

x = Anos para os quais os dados foram considerados

A = Fator de normalização para a soma [adimensional]

k = Constante de decaimento [ano^{-1}]

$MSW_T(x)$ = Quantidade total de RSU gerado no ano x [t]

$MSW_F(x)$ = Fração de RSU destinado ao aterro no ano x [t]

$L_o(x)$ = Potencial de geração de metano do resíduo [tCH_4 /tRSU]

R = Recuperação do metano [tCH_4 /ano]

OX = Fator de oxidação [adimensional]

O fator de normalização de soma (A) é definido pela seguinte fórmula:

$$A = (1 - e^{-k}) \div k \quad \text{equação (2)}$$

Cálculo da fração de carbono orgânico no lixo:

$$DOC_{(x)} = (0,40 \times A) + (0,24 \times B) + (0,15 \times C) + (0,43 \times D) + (0,39 \times E) \quad \text{equação (3)}$$

Sabendo que:

$DOC_{(x)}$ = Fração de carbono orgânico degradável no lixo.

A = Fração do resíduo correspondente a papéis e papelões

B = Fração do resíduo proveniente de têxteis

C = Fração do resíduo correspondente a resíduos alimentares

D = Fração do resíduo correspondente à madeira

E = Fração do resíduo correspondente à borracha e couro

Cálculo do potencial de geração de metano do resíduo:

$$L_o(x) = MCF_{(x)} * DOC_{(x)} * DOC_{(f)} * F * 16/12 \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

L_o : Potencial de geração de metano resultante do resíduo (CH_4 /tRSU);

$MCF_{(x)}$: Fator de correção do metano referente ao gerenciamento do local de disposição = 1 (aterro bem gerenciado).

$DOC_{(x)}$: Fração de carbono degradável (tC /tRSU);

$DOC_{(f)}$: Fração de DOC dissolvida (tC /tRSU);

F : Fração de CH_4 no biogás - 50% default (IPCC, 2006, Vol.3, pg. 15).

16/12: Conversão de carbono (C) para metano (CH_4) (tCH_4 /tC);

Para a estimativa da quantidade de CO_2 equivalente emitido no ano foi utilizada a equação seguinte:

$$CO_2 \text{ EQUIVALENTE} = Q_{(t)} \times GWP_{CH_4} \quad \text{equação (5)}$$

Sendo que:

$CO_2 \text{ EQUIVALENTE}$ = Emissão equivalentes de gás CO_2 [tCO_2EQ /ano]

$CH_4 \text{ EMITIDO}$ = Emissão de gás CH_4 [tCH_4 /ano]

GWP_{CH_4} = Potencial de aquecimento global do metano [adimensional]

De acordo com o guia do IPCC (2006), a fração de carbono orgânico degradável que se decompõe (DOC_f) é uma estimativa da fração de carbono que é degradada e liberada pelo local de disposição final dos resíduos e o valor padrão recomendado para DOC_f é 0,5, sob a suposição de que a degradação no local de disposição final é anaeróbico.

O guia ainda padroniza o Fator de Correção de Metano (MCF), de acordo com o local de disposição final dos resíduos, sendo que para aterros sanitários o valor $MCF = 1$, Local não gerenciado com profundidade igual ou

superior a 5 metros=0,8; Local não gerenciado com profundidade inferior a 5 metros= 0,4 e Aterros desconhecidos MCF= 0,6.

A constante de geração de metano (K) está relacionado a quantidade oxidada do Carbono Orgânico Degradável do resíduo aterrado. Para determinar essa constante é exigido informações dos resíduos, condições climáticas da região de disposição final dos resíduos, assim como a temperatura média anual, a precipitação média anual e o potencial de evapotranspiração. A partir disso, para aplicação da metodologia do IPCC (2006), foi necessário coletar informações a respeito da população atendida, do clima e precipitação do local de disposição final dos resíduos.

Genta (2017) cita que, de acordo com o guia IPCC, as emissões que são provenientes da disposição final em aterros sanitários são maiores nos primeiros anos e declinam gradualmente ao longo do tempo, isso acontece em decorrência do consumo do carbono orgânico degradável pelas bactérias.

RESULTADOS

Quantificação e caracterização dos resíduos sólidos

Identificou-se uma grande variação na geração de resíduos na instituição (Tabela 1). Essa variação pode estar relacionada a oscilação da circulação dos alunos, devido à distribuição heterogênea de aulas ao longo dos dias da semana e nos turnos do dia. Além disso, aos sábados a quantidade de resíduos é bem pequena em consequência de não haver o funcionamento do restaurante universitário e pelo quadro reduzido de aulas. Em média, a geração de resíduos por dia foi de 218,92 Kg. Considerando o período letivo de 2019, estabelecido 200 dias, pode se estimar a partir da média diária uma geração total de 43.784 kg no ano.

Tabela 1: Resultado da coleta de dados por meio do formulário (Kg).

DATAS	PESAGEM	DATAS	PESAGEM
25/03/19	248,62	01/04/19	339,58
26/03/19	267,96	02/04/19	178,8
27/03/19	213,24	03/04/19	205,72
28/03/19	292,18	04/04/19	338,62
29/03/19	221,4	05/04/19	261,72
30/03/19	31,04	06/04/19	28,08
TOTAL DA SEMANA	1274,44	TOTAL DA SEMANA	1352,52

A análise gravimétrica dos resíduos sólidos gerados na instituição mostrou que os resíduos orgânicos apresentaram o maior percentual, 49,4%, em relação às demais categorias. Esse resultado pressupõe ser relacionado à presença do restaurante universitário e da lanchonete, empreendimento terceirizado instalado no campus.

Os componentes com potencial para a reciclagem, como papel, plástico e metal, somados constituem um percentual de aproximadamente 26% do total de resíduos sólidos gerados, ou, seja, 225,03 Kg. De maneira geral, grande parte dos resíduos é passível de reciclagem, e essa atividade reduz o consumo de recursos naturais, poupa energia e água, que seriam necessários para produção de um novo material. Os orgânicos podem ser compostados, reintegrando-se aos ciclos naturais e servindo como adubo para a agricultura. Além dos benefícios citados, ao serem reciclados e compostados, esses resíduos reduzem a quantidade que seria aterrada, aumentando a vida útil dos aterros e preservando o meio ambiente (BARROS, 2012).

Destaca-se que o percentual de rejeitos (19,9%) é um reflexo da não segregação dos resíduos, os quais, quando em contato numa lixeira, degradam-se, gerando a impossibilidade de separação. De antemão, é sabido que o campus no qual foi realizado a composição gravimétrica apresenta o sistema de lixeiras nomeadas em recicláveis e não recicláveis, porém nenhuma segregação é realizada (Figura 3).

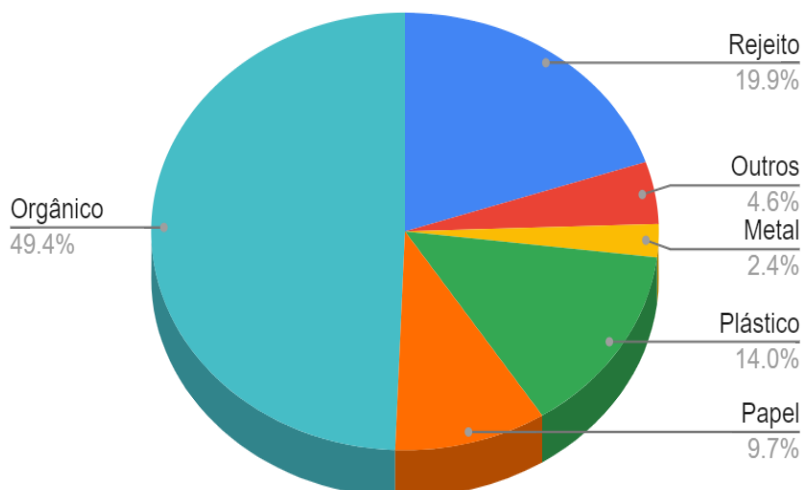


Figura 3 - Composição Gravimétrica dos resíduos gerados na instituição.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) desenvolveu, em 2016, o “Plano de Logística Sustentável da UTFPR” e os resultados obtidos se assemelham a essa pesquisa. A universidade apresenta uma estrutura semelhante à estudada neste trabalho e os resíduos gerados seguem o mesmo padrão. A maior parcela da composição é formada pelos resíduos alimentares, representando 64,88% do total. Os resíduos recicláveis somam 14,3% e o restante (20,84%) são rejeitos. No plano desenvolvido pela UTFPR, foi proposto aplicar adesivos nas lixeiras, com a finalidade de auxiliar no processo de separação correta dos resíduos secos e úmidos, a fim de reduzir o percentual de rejeito.

Finkler et al. (2014) realizaram uma pesquisa na Universidade de Caxias do Sul e, em seus resultados, os rejeitos (soma dos não recicláveis e os resíduos sanitários) representaram o maior percentual em relação aos demais resíduos, sendo 37,29%, seguidos pelos resíduos orgânicos 34,64%. Percebe-se que o índice de rejeitos foi mais elevado em decorrência de considerarem os resíduos sanitários para realizar a caracterização, esse resíduo foi desconsiderado na presente pesquisa.

Emissão de GEE pelos resíduos sólidos urbanos na Instituição

Todos os resíduos coletados na instituição estudada são destinados à Central de Tratamento de Resíduos Macaúbas (CTR Macaúbas), um aterro sanitário localizado no município de Sabará-MG, região metropolitana de Belo Horizonte. De acordo com a CTR Macaúbas, o aterro é responsável por atender os municípios de Belo Horizonte, Sabará, Caeté, Nova Lima, Ibirité e Pedro Leopoldo, aproximadamente cinco milhões de pessoas. De acordo com Genta (2017), a partir dos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura média anual de Sabará é em média 21,5°C e a precipitação média anual é superior a 1000 mm, caracterizado por um clima tropical úmido.

Sabendo que os resíduos são destinados ao aterro sanitário, o qual é bem gerenciado, e considerando o padrão do guia do IPCC (2006), o valor adotado para Fator de correção do metano (MCF) é 1,0.

Para determinação da constante de decaimento (k), foi levado em consideração a composição variada dos resíduos e o clima da região de disposição final, conforme o default do IPCC (2006) o valor de k foi definido igual a 0,17. O guia sugere ainda que para aterros que atendem população superior a 1.000.000 de habitantes, o valor do fator de oxidação corresponda a 0,1, sabendo que a população atendida por esse aterro é superior, o fator de oxidação utilizado neste trabalho é 0,1.

De acordo com Otto e Lopes (2017), as diferentes frações de resíduos apresentam conteúdo desigual de Carbono Orgânico Degradável (DOC), os resíduos alimentares são os principais responsáveis pelas emissões de CH₄, e a forma como são depositados nos aterros sanitários influenciam na quantidade de emissão. Para o cálculo do DOC, foram utilizadas as porcentagens encontradas na composição gravimétrica, tendo como resultado 0,1129 tC/tRSU.

Com o resultado do DOC presente nos resíduos sólidos, foram desenvolvidos os cálculos de geração de metano (Lo). Para efeito deste cálculo, utilizou-se como DOC dissolvida 0,5, valor sugerido pelo guia do IPCC (2006) e para Fração de CH₄ no biogás utilizou-se 0,5. O fator de geração de metano encontrado igual a 0,0376.

Para estimar a quantidade de metano emitido no ano deve-se levar em consideração a quantidade de metano que foi recuperado pelo aterro sanitário. Devido a dificuldade de dados referente à recuperação do metano no aterro sanitário de Macaúbas, por medida conservadora, adotou-se que o aterro não faz a recuperação do gás metano. Consequente, foi realizada uma relação entre o total de resíduos recebidos anualmente pelo aterro com a quantidade de resíduos destinados exclusivamente pela instituição. No ano de 2019 a instituição destinou ao aterro sanitário um total de 44,733 toneladas de resíduos,

Por fim, aplicou-se a Equação 1 da metodologia do guia do IPCC (2006), a fim de estimar a quantidade de metano gerado no ano de 2019 em razão dos resíduos gerados na instituição, obteve-se uma quantidade de 0,233 tCH₄, o equivalente a 5,826 tCO₂.

Yabushita (2003) estimou a emissão de GEE para os resíduos descartados da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFP), sua pesquisa demonstrou que, para 16.728,4Kg de resíduos, tendo em sua composição, resíduos orgânicos (31%), papéis (36%) e resíduos inertes (33%), obteve-se 0,124 tCH₄, e 2,365 tCO₂. Com base nisso, constata-se que a quantidade de CH₄ e CO₂ estimada na UTFP é proporcional à estimativa realizada para este escopo.

CONCLUSÕES

A pesquisa desenvolvida permitiu um maior entendimento da dinâmica dos resíduos sólidos urbanos gerados na instituição, quantidades produzidas e os percentuais dos resíduos. Informações pouco consolidadas, por falta de histórico de dados do gerenciamento de resíduos na instituição.

Por meio da caracterização quantitativa e qualitativa, verificou-se que grande parte dos resíduos são passíveis de reciclagem ou compostagem. O maior problema está relacionado a falta de um plano de gerenciamento dos resíduos, assim como a falta de conscientização da comunidade acadêmica. Dessa forma, constatou-se a necessidade de discutir esses assuntos em instituições de ensino, uma vez que podem desenvolver oportunidades para promover um bom gerenciamento de resíduos a partir do envolvimento dos alunos.

Diante desse cenário, recomenda-se a continuidade desse estudo, com a finalidade de quantificar e caracterizar os resíduos nos diferentes períodos do ano e ao longo do tempo, servindo como base para a implantação de projetos de gestão de resíduos. Além disso, a continuidade do trabalho pode fornecer um cenário mais amplo para um diagnóstico das estimativas de emissão de gases de efeito estufa, e assim auxiliar na mitigação dos impactos negativos decorrentes do descarte de resíduos sólidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), pelo apoio financeiro acerca da participação Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental em Recife/PE, aos membros da Liga Universitária Sustentar, por todo apoio e ajuda na coleta e compilação de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos Sólidos no Brasil** – 2018-2019.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.007: **Amostragem de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
3. BARROS R. T. V. **Elementos de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, (2012), 424 p.
4. BOGNER, J. et. al. Waste Management. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.

5. BRASIL. Lei n. 12.305 de 02 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. Brasília. **Diário Oficial da União**.
6. BRASIL. **Resolução CONAMA nº 275**, de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos.
7. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Emissões de Gases de Efeito Estufa no Tratamento e Disposição dos Resíduos**. São Paulo: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010.
8. FIGUEIREDO, P. J. M. **A sociedade do lixo: os resíduos a questão energética e a crise ambiental**. 2. ed. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 1995.
9. FINKLER, Nicolas Reinaldo; PANNIZON, Tiago; SCHNEIDER, Vania Elisabete. **Avaliação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos comuns gerados na Universidade de Caxias do Sul – RS e comparação com outras instituições de ensino superior**. 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014.
10. FURIAM, Sandra Maria; GÜNTHER, Wanda Risso. **Avaliação da educação ambiental no gerenciamento dos resíduos sólidos no campus da Universidade Estadual de Feira de Santana**. Revista Sitientibus, v. 35, p. 7-27, 2006.
11. GENTA, A. F. **Avaliação do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos e Levantamento das Emissões de Gases de Efeito Estufa Gerados no Aeroporto Internacional Tancredo Neves**. 2018. 95 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte- MG, 2018.
12. GOUVEIA, Nelson. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciênc. saúde coletiva, 2012, vol.17, n.6, pp.1503-1510.
13. GOMES, P. C. G. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da PUC – Rio**. 2009. 75 p. Monografia. Curso de Especialização em Engenharia Urbana e Ambiental. Pontifícia Universidade Católica – RJ, Rio de Janeiro, 2009
14. HOORNWEG, Daniel; THOMAS, Laura, **What a waster: solid A Global Review of Solid Waste Management**. Washington: World Bank, Urban Development Sector Unit. 2012.
15. JACOBI, P.R, BESEN, G.R **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados**, São Paulo, v. 25, n. 71, (2011) pp.135-158.
16. JUCÁ MACIEL, Felipe. **Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE..** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2003.
17. KASTRUP, Luiz Felipe de Camargo; BERNARDI JÚNIOR, Paulo; GÜNTHER, Wanda Maria Risso. **Geração de energia limpa através da reforma de gás metano de aterros sanitários**. Anais.. Buenos Aires: Arte y Letras, 2005.
18. KAZA S, YAO L, BHADA-TATA P & VAN WOERDEN F (2018). **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. World Bank Publications.
19. LIBÂNIO, P. A. C. **Avaliação da eficiência e aplicabilidade de um sistema integrado de tratamento de resíduos sólidos urbanos e de chorume**. Belo Horizonte, 2002
20. SANTOS, H. M. **Educação ambiental por meio da compostagem dos resíduos sólidos orgânicos em escolas públicas de Araguari – MG**. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.
21. SIQUEIRA, Mônica Maria; MORAES, Maria Silvia. **Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 14, n. 6, p. 2115-2122, 2009.
22. TRINDADE, Naianne Almeida Dias. **Consciência Ambiental: Coleta Seletiva e Reciclagem no Ambiente Escolar**. *Enciclopédia Biosfera*, Itapetinga-BA, p. 15, 2 maio 2011.
23. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Plano de Logística Sustentável da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR**. Curitiba, 2016.
24. YABUSHITA, E. E. R. **Inventário e proposta de gerenciamento de gases de efeito estufa (GEE) na UTFPR: estudo de caso do Campus Campo Mourão**. Campo Mourão, 53p, 20 Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.