



## ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DO REFEITÓRIO DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.5.22.I-019>

**Manuella Faustina de Castro Pimenta (\*), Fernanda Miranda Cardoso, Nayara Pires Figueiredo, Rafaella Gelape de Abreu, Valéria Cristina Palmeira Zago**

\* Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, email: manuellafastina@gmail.com

### RESUMO

As instituições de ensino são importantes geradoras de resíduos sólidos urbanos devido às atividades desenvolvidas em seu âmbito, atendendo um grande público diariamente. Alguns setores, como o restaurante estudantil e a lanchonete, são os que mais geram resíduos em frequência e quantidade. Esses resíduos produzem emissões de gases causadores do efeito estufa, devido à decomposição da matéria orgânica. Dessa forma, torna-se relevante a avaliação da geração e efeitos desses gases. Para tanto, utilizando o aplicativo Waste Reduction Model, (WARM), da United States Environmental Protection Agency (USEPA), o presente estudo estimou a geração de GEEs e os equivalentes energéticos dos resíduos orgânicos produzidos no refeitório estudantil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, campus I, através da pesagem dos resíduos produzidos durante uma semana. Foi considerado dois cenários para análise da emissão dos gases de efeito estufa, sendo o primeiro aquele utilizado pela instituição, em que todos os resíduos são destinados para aterros sanitários e; outro no qual os resíduos são destinados à compostagem e biodigestores, métodos alternativos de tratamento dos resíduos orgânicos. Comparando os dois cenários de destinação dos resíduos orgânicos, observou-se que o cenário na qual todos os resíduos foram para o aterro sanitário emitiram sete vezes mais CO<sub>2</sub>eq, em relação ao cenário da destinação dos resíduos orgânicos para a compostagem e biodigestão. Já a energia recuperada na destinação dos resíduos para os métodos alternativos foi quatorze vezes maior, quando comparado ao gerado pelos resíduos encaminhados ao aterro sanitário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emissão, Matéria Orgânica, Restaurante Estudantil.

### ABSTRACT

Educational institutions are important generators of urban solid waste due to the activities developed within their scope, serving a large audience daily. Some sectors, such as the student restaurant and cafeteria, are the ones that generate the most waste in frequency and quantity. These residues produce greenhouse gas emissions due to the decomposition of organic matter. Thus, the assessment of the generation and effects of these gases becomes relevant. Therefore, using the Waste Reduction Model (WARM) application from the United States Environmental Protection Agency (USEPA), the present study estimated the generation of GHGs and the energy equivalents of organic waste produced in the student's restaurant of the Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, campus I, by weighing the waste produced during a week. Two scenarios were considered for the analysis of the emission of greenhouse gases, the first being the one used by the institution, in which all waste is sent to sanitary landfills and; another in which the waste is destined for composting and biodigesters, alternative methods of treating organic waste. Comparing the two scenarios of disposal of organic waste, it was observed that the scenario in which all waste went to the sanitary landfill emitted seven times more CO<sub>2</sub>eq, in relation to the scenario of disposal of organic waste for composting and biodigestion. The energy recovered in the disposal of waste for alternative methods was fourteen times greater, when compared to that generated when the waste is sent to the sanitary landfill.

**KEY WORDS:** Gas Emissions, Organic Matter, Student Restaurant



### INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (GRU) é um grande desafio para a sociedade, graças ao aumento do consumo e, conseqüente crescimento exponencial dos materiais que, convenientemente, são denominamos “lixo”. Além disso, a falta de conscientização generalizada tem dificultado a implementação das políticas públicas que buscam promover a adequação ambiental da gestão dos GRU. No Brasil, a destinação adequada dos resíduos sólidos tem avançado a passos lentos, na qual destaca-se o descarte e disposição final inadequada, como um dos principais problemas ambientais e sanitários do mundo (BARROS, 2012; GONÇALVES et al., 2013). Segundo dados da Abrelpe (2022), as áreas de disposição inadequada, incluindo lixões e aterros controlados, que ainda estão em operação e receberam quase 40% do total de resíduos coletados em 2021, o que representa cerca de 30.277.390 toneladas.

Alguns dos impactos socioambientais acarretados pela geração de resíduos sólidos são a proliferação de vetores de doenças; o aumento da concentração de gases provenientes da decomposição da matéria orgânica presente no lixo, contribuindo para o aquecimento do planeta; a contaminação do ar por substâncias tóxicas, que acarretam doenças respiratórias; dentre outros (HOORNWEG e BHADA-TATA, 2012; GODECKE et al., 2012).

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), a disposição final ambientalmente correta é considerada como a distribuição de rejeitos em aterros sanitários operacionalmente adequados, de modo a minimizar os impactos ambientais. Contudo, os aterros sanitários representam uma importante fonte de gases de efeito estufa no país com a emissão, em sua maior parte de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), quando estes não são tratados (EPA, 2019).

Um dos princípios da PNRS é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Sendo as instituições de ensino, especialmente as universidades, institutos federais e CEFETs, grandes geradoras dos resíduos sólidos urbanos (RSU), que devem tomar à frente na adoção de boas práticas na gestão dos seus resíduos sólidos. Infelizmente, a maioria ainda está longe do cumprimento de suas obrigações. Alguns setores que mais geram resíduos dentro destas instituições são os restaurantes estudantis e lanchonetes. Segundo Peruchin et al. (2013), o resultado dos materiais gerados nestes locais assemelha-se com os resíduos sólidos domiciliares (RDO) por se constituir em maior parte de matéria orgânica, materiais recicláveis e rejeitos.

Um estudo sobre o impacto do desperdício de alimentos na emissão de gases de efeito estufa mostrou que, em apenas uma semana, foram gerados um total de 810 kg de resíduos orgânicos, em um dos refeitórios de uma instituição pública de ensino. Essas instituições também produzem resíduos oriundos de podas de árvores e gramados em grandes volumes. Infelizmente, todo esse resíduo é encaminhado para a disposição final em aterro sanitário, o que contribui para o aumento dos impactos negativos ao meio ambiente e em custo financeiro (ZAGO et al., 2015).

Conforme Ferreira et al. (2011), com a constante oferta de vagas para novos estudantes nas instituições de ensino público, a geração dos resíduos produzidos tende a acompanhar esta crescente. Procurando evitar uma maior contaminação do ambiente com os gases resultantes da decomposição de tais resíduos, bem como pela otimização do uso de aterros sanitários, tais instituições precisam adotar medidas para o correto gerenciamento e disposição final da matéria orgânica. Como exemplo pode-se citar a utilização da compostagem e a biodigestão.

Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a compostagem é a tecnologia ambientalmente adequada para a destinação final da fração orgânica dos resíduos. A compostagem é um processo de decomposição aeróbica controlada e de estabilização da matéria orgânica, em condições que permitem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas (VALENTE et al., 2009). Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA (2015), as emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEEs) resultantes da compostagem e da digestão anaeróbica são muito menores quando comparada as geradas pela disposição dos resíduos orgânicos em aterros. Isto se deve, em grande parte, por evitar as emissões de gás metano.

### OBJETIVOS

Estimar a emissão de gases de efeito estufa produzidos pelos resíduos orgânicos do refeitório de uma instituição federal de ensino.



### METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em um restaurante estudantil, que funciona constantemente de segunda-feira a sexta-feira, oferecendo duas refeições – almoço e jantar. Salienta-se que as amostras foram obtidas das refeições ofertadas no jantar, entre os dias 6 e 10 de maio de 2019.

Os resíduos do local, classificados como orgânicos, foram subdivididos em três frações, buscando verificar os possíveis destinos adequados cabíveis a estes, são eles:

1. Resto ingesto - aquele composto pelo resto dos pratos dos alunos e servidores que consomem no local;
2. Resto da cozinha - composto por alimentos crus gerados no preparo dos alimentos e;
3. Resto das vasilhas do refeitório - composto pelos alimentos que restam no final do dia, e representam o desperdício da empresa.

Após as refeições, os resíduos foram coletados e pesados separadamente (Figura 1).



**Figura 1: Coleta e pesagem dos resíduos, após as refeições no restaurante universitário. Fonte: Autoras do Trabalho, 2019.**

Para estimar as emissões de GEE em diferentes cenários de gerenciamento de RSU, utilizou-se o modelo de redução de resíduos Waste Reduction Model (WARM©), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América. A ferramenta WARM© tem como objetivo principal o apoio à tomada de decisão através da comparação das implicações no ciclo de vida dos GEE e na energia resultantes de diferentes práticas de gestão de resíduos sólidos, tais como redução na fonte, reciclagem, disposição em aterro sanitário, combustão, digestão anaeróbia e compostagem. Ao comparar um cenário de linha de base a cenários alternativos, portanto, o WARM© permite estimar as alterações de emissões de GEE e o uso de energia ao longo do ciclo de vida de diversos materiais (EPA, 2019).

Foi considerado dois cenários para análise da emissão dos gases de efeito estufa, sendo o primeiro o praticado pela instituição, onde todos os resíduos são destinados para aterros sanitários e; outro cenário, no qual os resíduos ingestos e restos das vasilhas são utilizados em biodigestores e o resto da cozinha proveniente da preparação é utilizado para a compostagem. Ademais, ressalta-se que foi considerada uma distância média de 23 km entre a instituição de ensino e o aterro sanitário de Macaúbas, localizado no município de Sabará.

Após preencher os dados de massa dos resíduos nos diferentes cenários e adequação das especificidades com informações sobre aterro e condições climáticas, foi feita a análise dos resultados comparando a emissão de dióxido de carbono equivalente e a energia recuperada.

**RESULTADOS**

Na semana analisada, o restaurante estudantil serviu arroz, feijão, carne ou opção vegetariana, acompanhamento, quatro opções de salada e sobremesa, em todas as refeições. Como resultado estimou-se que, apenas no período noturno, foram descartados cerca de 170 kg de resíduos orgânicos (Tabela 1).

**Tabela 1: Quantificação dos resíduos orgânicos gerados no restaurante universitário**  
Fonte: Autoras do Trabalho, 2022.

|                  | Segunda | Terça | Quarta | Quinta  | Sexta   |
|------------------|---------|-------|--------|---------|---------|
| Resto ingesto    | 15 kg   | 13 kg | 12 kg  | 24 kg   | 35 kg   |
| Resto da vasilha | 5 kg    | 12 kg | 11 kg  | 17,5 kg | 4,5 kg  |
| Resto de preparo | 21 kg   | 0 kg* | 0 kg*  | 0 kg*   | 0 kg*   |
| Total            | 41 kg   | 25 kg | 23 kg  | 42,5 kg | 39,5 kg |

\*De terça a sexta não houve resto de preparo das refeições, tendo em vista que os cozinheiros fazem o pré-preparo das refeições no período diurno e apenas quando todos os alimentos são consumidos durante o almoço, há necessidade de fazer mais preparações.

Comparando os dois cenários de destinação dos resíduos orgânicos, observou-se que o cenário na qual todos os resíduos foram para o aterro sanitário, estimou-se que um total de 0,07 t.CO<sub>2</sub>eq é liberado para a atmosfera. Por outro lado, no cenário em que há a destinação ambientalmente correta (compostagem e biodigestão), a taxa de emissão de GEE foi cerca de sete vezes menor, ou seja, 0,01 t.CO<sub>2</sub>eq.

Ademais, com relação a energia recuperada a partir da destinação dos resíduos a tais alternativas ambientalmente adequadas, estimou-se um total igual 211 MJ. Por outro lado, quando este mesmo quantitativo foi encaminhado para o aterro sanitário, estimou-se uma recuperação de 10,55 MJ de energia. A Tabela 2 ilustra tais estimativas para um período anual, ou seja, 52 semanas.

**Tabela 2: Parâmetros analisados para os cenários testados referentes a destinação dos resíduos orgânicos do restaurante universitário.**

Fonte: Fonte: Autoras do Trabalho, 2022 & EPA, 2022.

| Envio para aterro sanitário                        | Valores | Destinação ambientalmente correta                         | Valores  |
|--|---------|---|----------|
| Massa destinada para aterro (t.ano <sup>-1</sup> ) | 8,84    | Massa destinada para compostagem (t.ano <sup>-1</sup> )   | 1,13     |
|  |         | Massa destinado para biodigestores (t.ano <sup>-1</sup> ) | 7,71     |
| Emissões de GEEs (t.CO <sub>2</sub> eq)            | 3,56    | Emissões de GEEs (t.CO <sub>2</sub> eq)                   | 0,72     |
| Energia recuperada (MJ)                            | 611,93  | Energia recuperada (MJ)                                   | 11099,19 |

Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o estado de Minas Gerais emite 6.835.026 toneladas de CO<sub>2</sub>eq. ano<sup>-1</sup> e deste total, 54% são resultantes da destinação dos resíduos. Em um estudo sobre a comparação de diferentes cenários para a gestão de RSU em Varginha-MG, o cenário com ênfase na reciclagem obteve os maiores ganhos energéticos e remoção de emissões de GEE, enquanto o aterro sanitário apresenta o pior comportamento em relação à economia de energia e emissão de GEE (SOUZA et al., 2019). Um outro estudo considerou as emissões apresentadas nos inventários do município de São Paulo para se calcular as emissões de GEEs decorrentes da etapa de coleta, transporte e disposição final em aterro sanitário dos resíduos domiciliares da coleta indiferenciada. Verificou-se também que se desde 2010, a matéria orgânica do resíduo domiciliar não tivesse sido aterrada, mas sim sendo encaminhada para o tratamento biológico, haveria uma redução significativa na emissão de GEE superior a 2.000 GgCO<sub>2</sub>-eq (CICCOTTI; FREIRE, 2021).



A Política Nacional de Mudanças do Clima, (PNMC), Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, ressalta a importância de metas na redução de emissão para o setor de resíduos, destacando medidas de incentivo, como o investimento em aterros sanitários e a implantação de sistemas de recuperação de metano e de compostagem, para apoio no cumprimento do objetivo.

### CONCLUSÕES

Podemos perceber que a destinação dos resíduos orgânicos para a compostagem e biodigestores possibilitam maior energia recuperada e menores níveis de emissão de dióxido de carbono equivalentes, sendo uma opção efetiva nos âmbitos ambientais e econômicos, comparado ao encaminhamento para os aterros sanitários.

Assim sendo, baseado nos estudos científicos, as instituições de ensino por possuem um caráter de disseminação desses conhecimentos em seus conteúdos acadêmicos, precisam efetivar na prática a inserção dos mesmos, realizando portanto, a sua responsabilidade social frente às questões ambientais.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. ABRELPE, 54 p. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/> Acesso em: 01 abr 2022
2. BARROS, R. T. V. **Elementos de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424 p
3. BRASIL. **Lei Federal nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos. Dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluído os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. 2010.
4. CICCOTTI, L.; FREIRE, R. S. Avaliação das emissões de gases de efeito estufa decorrentes da gestão de resíduos domiciliares da coleta indiferenciada no município de São Paulo. **Revista Brasileira De Meio Ambiente & Sustentabilidade**, 1(1), 125–153, 2021. Disponível em: <https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/13> Acesso em: 13 abr 2022
5. EPA. **Versions of the Waste Reduction Model (WARM)**. USA, 20 fev. 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/warm/versions-waste-reduction-model-warm#WARM%20Tool%20V14>. Acesso em: 18 mar. 2022.
6. EPA. **Greenhouse Gas Equivalencies Calculator**. 2014. Disponível em: <http://www.epa.gov/cleanenergy/energyresources/>. Acesso: 27 mar. 2022.
7. FERREIRA, F. T. N. et al. O conhecimento sobre resíduos sólidos das funcionárias de serviços gerais de uma universidade do município de Curitiba. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 2. 2011. Anais. Londrina: UNOPAR, 2011.
8. GODECKE, M. V. et al. O CONSUMISMO E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria - RS, v. 8, n. 8, p. 1700- 1712, dez./dez. 2012. Disponível em: <http://web-resol.org/textos/6380-33840-2-pb-2.pdf>&gt;. Acesso em: 01 abr. 2022.
9. GONÇALVES, M. A. et al. A destinação final dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de sucesso. **Future Studies Research Journal**, São Paulo, 5 (1), 96-129. 2013.
10. HOORNWEG, D.; THOMAS, L. **What a waste: solid A Global Review of Solid Waste Management**. World Bank, Urban Development Sector Unit, 2012.
11. PERUCHIN, B. et al. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM RESTAURANTE ESCOLA. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p. 13-23, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/3627/2543>&gt;. Acesso em: 11 abr. 2019.



12. SOUZA, A. R. et al. Análise do potencial de aproveitamento energético de biogás de aterro e simulação de emissões de gases do efeito estufa em diferentes cenários de gestão de resíduos sólidos urbanos em Varginha (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 887-896, 2019.
13. VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 224, p. 59-85, 2009.
14. ZAGO, V.C.P., DUARTE, F.A.P., VICTORIANO, J.T., LOPES, L.F.J. **Impacto do desperdício de alimentos sobre a emissão de gases de efeito estufa: Estudo de caso do refeitório do CEFET-MG – Campus I**. IN: Links 2015 : os elos entre os consumos de água, energia e alimentos, no contexto das estratégias de mitigação das mudanças climáticas / organização José Baltazar Salgueirinho, Osório de Andrade Guerra ... [et al.]. - Palhoça : Ed. Unisul, 2016. 312 p.