

## **Economia Circular Aplicada ao Manejo dos Resíduos Sólidos Dispostos no Aterro Sanitário do Município de Vassouras: análise energética**

Maria Eduarda Gomes de Castilho<sup>1</sup>

Frederico Novaes da Fraga<sup>2</sup>

Irenilda Reinalda Barreto de Rangel Moreira Cavalcanti<sup>3</sup>

Sandro Pereira Ribeiro<sup>4</sup>

Cristiane de Souza Siqueira Pereira<sup>5</sup>

Ana Carolina Cellular Massone<sup>6</sup>

### **Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos**

#### *Resumo*

O século XX trouxe novas perspectivas e necessidades em relação ao meio ambiente. Nesse sentido, diversas ações de cunho sustentável vêm sendo aplicadas a fim de reverter o ciclo linear do consumo, em que se tem fabricação – utilização – fim de vida – descarte. Esse descarte normalmente se dá em aterros sanitários, gerando impacto ambiental. A Economia Circular, por sua vez, busca uma abordagem nova em relação à sustentabilidade: os rejeitos de um processo de produção são utilizados em outros processos como matéria prima, criando um ciclo fechado. A gestão de resíduos sólidos, urbanos ou industriais e a busca por novas fontes de energia e combustíveis alternativos vem sendo estudadas há anos, com tecnologias cada vez mais novas e propostas sustentáveis. A recuperação energética a partir do lixo se dá por entender que um processo de incineração gerará calor suficiente para atender a demanda de uma usina termoeletrica. O objetivo deste trabalho é analisar os resíduos despejados no aterro sanitário do município de Vassouras, no interior do estado do Rio de Janeiro, buscando caracterizar qual o seu potencial energético visando a implementação de uma usina termoeletrica. A metodologia envolveu a coleta e análise quantitativa, qualitativa e energética de dados sobre os resíduos, utilizando o cálculo do poder calorífico inferior (PCI). Conclui-se, a partir dessa análise, que foi possível estimar o potencial energético dos resíduos, quantificado em  $8,91 \pm 1,801$  MJ/kg.

Palavras-chaves: Recuperação Energética; Gestão de resíduos sólidos; Potencial Calorífico Inferior; Composição Gravimétrica; Incineração.

<sup>1</sup>Aluna do Mestrado Profissional em Ciências ambientais, Universidade de Vassouras, mariaeduarda\_castilho@hotmail.com.

<sup>2</sup>Aluno do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, Universidade de Vassouras, fredericoyfraga@gmail.com.

<sup>3</sup>Prof. Dr. Universidade de Vassouras, Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, irenilda.cavalcanti@universidadedevassouras.edu.br.

<sup>4</sup>Prof. Dr. Universidade de Vassouras, Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, sandropribeiro@yahoo.com.br.

<sup>5</sup>Prof. Dr. Universidade de Vassouras, Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, cristiane.pereira@universidadedevassouras.edu.br

<sup>6</sup>Prof. Dr. Universidade de Vassouras, Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, anacellular1@yahoo.com



## INTRODUÇÃO

O século XX trouxe novas perspectivas e necessidades em relação ao meio ambiente (BOTKIN; KELLER, 2011; FRAGA et al., 2020). Nesse sentido, diversas ações de cunho sustentável — leia-se: cujo impacto momentâneo não negue o acesso a determinado recurso às gerações futuras (BOTKIN; KELLER, 2011) — são estudadas e empreendidas, envolvam a gestão de resíduos urbanos ou industriais ou a busca por fontes de energia e combustíveis alternativos (CASTILHO et al., 2020). Enquanto a ideia de sustentabilidade está mais relacionada à redução de impactos ambientais e à desaceleração do consumo e consequente esgotamento de recursos, a Economia Circular busca uma abordagem nova: os excedentes de um processo são utilizados noutros, criando um ciclo fechado (LEITÃO, 2015; SICA et al., 2018). A recuperação energética se coaduna a essa proposta por entender que, nos resíduos de processos, há uma quantidade energética passível de ser reaproveitada (HOLMGREN; HENNING, 2004) .

O objetivo deste trabalho é analisar os resíduos despejados no aterro sanitário do município de Vassouras, no interior do estado do Rio de Janeiro, buscando caracterizar qual o seu potencial energético visando a implementação de uma usina termoelétrica.

## METODOLOGIA

O estudo consistiu em três etapas: a coleta dos dados referentes aos resíduos, posteriormente a análise quantitativa e qualitativa da composição gravimétrica desses resíduos, e, por fim, a análise energética a partir do cálculo do poder Calorífica Inferior, utilizando a equação 1 proposta por Khan e Abu-Ghararah (1991) e empregada por Silva *et al.* (2014), em que  $PCI$  é o poder calorífico inferior,  $P_{fo}$  é a porcentagem de massa do material orgânico,  $P_a$  de papel e papelão, e  $P_{pl}$  o do plástico.

$$PCI = 23(P_{fo} + 3,6P_a) + 160P_{pl} \quad (\text{Eq. 1})$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram coletados junto à prefeitura de Vassouras, que realizou a amostragem dos despejos do aterro no dia 4 de julho de 2018 e disponibilizou os dados em seu Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (VASSOURAS, 2018). A literatura provê alguns parâmetros que podem ser utilizados para estimar qual o potencial energético oferecido por esses materiais, visto que essa composição é fundamental no projeto de iais de incineradores. O cálculo desse potencial é fundamental a iniciativas de recuperação energética, visto que são necessários para subsidiar projetos de sistemas de incineração que os utilizarão como combustível.

Embora havendo alternativas diversas, a incineração é um dos processos de recuperação mais comuns, visto que gerará calor suficiente para atender a demanda de uma usina termelétrica (HOLMGREN; HENNING, 2004; SILVA et al., 2014). Para tal, é fundamental que a composição dos resíduos seja conhecida. O Quadro 1 apresenta a composição gravimétrica dos resíduos segundo os dados de 2018.

Quadro 1 – Gravimetria dos Resíduos Sólidos de Vassouras, RJ. Fonte: Adaptado de Vassouras (2018).

Resíduos Sólidos					
Urbanos			Rurais		
Tipologia	Massa (kg)	Percentual Amostra/Massa	Tipologia	Massa (kg)	Percentual Amostra/Massa
Matéria Orgânica	15	53,57	Matéria Orgânica	20	53,33
Papel/Papelão	1	3,57	Papel/Papelão	1,4	3,73
Plástico	5	17,85	Plástico	4,1	10,93
Vidro	0,5	1,78	Vidro	0,3	0,8
Metais Diversos	1	3,57	Metais Diversos	0,6	1,6
Madeira	-	-	Madeira	-	-
Tetrapack	1	3,57	Tetrapack	0,6	1,6
Rejeitos	4,5	16,07	Rejeitos	10,5	28

Dois tipos de resíduos ocupam mais de setenta por cento da composição: matéria orgânica e plástico. Nesse cenário, são os mais propícios a se destacarem na alimentação



de um processo de recuperação energética. A pesquisa empreendida por Silva *et al.* (2014) visou determinar o potencial energético de resíduos sólidos por meio do seu *poder calorífico inferior*(PCI). Dentre os equacionamentos disponíveis para o cálculo, a maioria está baseada ora na composição química dos resíduos, ora em seus índices de umidade, quando não nos dois. O primeiro percalço pode ser transpassado com o auxílio de uma composição química típica oferecida por estes autores, o que não se pode dizer do segundo: os índices de umidade são específicos de cada amostragem, não havendo uma estimativa padrão na literatura. Como os dados disponíveis sobre o município de Vassouras não mencionam a caracterização da umidade, coube apenas a adoção, neste momento, do cálculo desenvolvido por Khan e Abu-Ghararah (1991), que prescinde do teor de umidade. Conhecendo as porcentagens dos resíduos urbanos e rurais, é possível inseri-los na equação 1, obtendo-se os resultados expressos no Quadro 2, os quais forneceram uma estimativa de  $8,91 \pm 1,801$  MJ/kg.

Quadro 2 – valores de PCI calculados. Fonte: Os Autores, 2021.

Modelo de cálculo de PCI (KHAN; ABU-GHARARAH, 1991)					
Índices	$P_{fo}$	$P_a$	$P_{pl}$	PCI (Btu/lb)	PCI (MJ/kg)
Urbano	53,37	3,57	17,85	4379,106	10,19
Rural	53,33	3,73	10,93	3284,234	7,64
Média	53,35	3,65	14,39	3831,67	8,91
Desvio Padrão	0,028	0,113	4,893	774,191	1,801

Conforme apontado por Talyan *et al.*(2007), quaisquer valores acima de 5,1 MJ/kg atestam a viabilidade energética da recuperação dos resíduos, de modo que, mesmo considerando o valor mínimo de 7,109 MJ/kg, tendo em conta o desvio padrão para menos, há potencial para o reaproveitamento dos resíduos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a quantidade e a qualidade de resíduos produzida, bem como a metodologia utilizada para a estimativa, conclui-se que a utilização dos resíduos municipais considerados para um processo de recuperação energética apresenta potencialidade de reaproveitamento. Neste trabalho para cerca de 71% dos despejos do aterro estimou-se em

8,91 ± 1,801 MJ/kg, o seu potencial energético, o que, segundo os parâmetros da literatura, é um quantitativo viável para subsidiar um processo de incineração.

## REFERÊNCIAS

BOTKIN, D.; KELLER, E. **Ciência Ambiental - Terra, um Planeta Vivo**. 7ª edição ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CASTILHO, M. E. G. DE et al. Breves Considerações sobre o Uso de Biomassa da Cana-de-Açúcar como Fonte de Energia Elétrica. In: CARVALHO, C. V. DE A. et al. (Eds.). **Ebook do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais**. Vassouras: Editora da Universidade de Vassouras, 2020. p. 292–319.

FRAGA, F. N. DA et al. Memória sobre o Sistema da Natureza, em que se considera a possibilidade da utilização de dados populacionais de entomofauna como indicador do estado de conservação do ambiente por meio de métodos estatísticos. In: CARVALHO, C. V. DE A. et al. (Eds.). **Ebook do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais**. Vassouras: Editora da Universidade de Vassouras, 2020. p. 545–594.

HOLMGREN, K.; HENNING, D. Comparison between material and energy recovery of municipal waste from an energy perspective: A study of two Swedish municipalities. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 43, n. 1, p. 51–73, 1 dez. 2004.

KHAN, M. Z. A.; ABU-GHARARAH, Z. H. New Approach for Estimating Energy Content of Municipal Solid Waste. **Journal of Environmental Engineering**, v. 117, n. 3, p. 376–380, 1 maio 1991.

LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, v. 1, n. 2, p. 150–171, 2015.

SICA, D. et al. Management of end-of-life photovoltaic panels as a step towards a circular economy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2934–2945, fev. 2018.

SILVA, E. R. DA et al. Estimativa do Potencial de Conversão Energética de Resíduos Sólidos Urbanos Através do Processo de Incineração. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 18, p. 06.09-06.16, 2014.

TALYAN, V. et al. Quantification of methane emission from municipal solid waste disposal in Delhi. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, n. 3, p. 240–259, 1 maio 2007.

VASSOURAS. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Vassouras/RJ**. Vassouras: Prefeitura Municipal de Vassouras, 2018.