



ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO ATERRO SANITÁRIO CONSÓRCIO SERRA SÃO MIGUEL – IBIRAMA/SC

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.XII-008>

Letícia Lange*, Aline Pricila Jählig, Tiago Rogerio Vitor Akaboci, Flávio José Simioni

*Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC - leticialangee@gmail.com

RESUMO

O crescente aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) tem se tornado um grande desafio para os municípios brasileiros. No cenário estudado, a disposição final destes resíduos, sem nenhum tratamento prévio, provoca inúmeros problemas ambientais, sociais e também econômicos, visto que ocorre o desperdício de matéria-prima e de energia contida nesses resíduos. Existem várias maneiras de reaproveitamentos desta energia, como as tecnologias térmicas: incineração e gaseificação. Além disso, alternativas como reaproveitamento do biogás gerado em aterros sanitários e da digestão anaeróbia também são formas de tratamento para utilização da matéria-prima e redução de impactos ambientais. Neste estudo foi avaliado o potencial energético dos RSU do Aterro Sanitário Consórcio Intermunicipal Serra São Miguel, localizado no município de Ibirama/SC. As variáveis analisadas foram a composição gravimétrica, teor de umidade e o poder calorífico inferior. A composição gravimétrica apresentou valores de 24,2% para matéria orgânica e cerca de 49% para materiais recicláveis. O maior valor de teor de umidade encontrado foi para a matéria orgânica com cerca de 72,5%, resultado semelhante ao de outros trabalhos discutidos. Os maiores valores levantados do poder calorífico foram para o plástico e o papel/papelão, com 7,923 kWh/kg e 2,825 kWh/kg, respectivamente. A partir desses resultados estimou-se o poder de recuperação energética de cada tecnologia mencionada em diferentes cenários. No cenário estudado (0% reciclagem), a gaseificação obteve o melhor resultado, a energia recuperada é de aproximadamente 29,34 MWh/dia, no qual abasteceria 4.366 residências. Considerando o cenário ideal, de 100% de reciclagem, a energia recuperada seria de 8,27 MWh/dia, que abasteceria cerca de 1.231 residências (28% do total de residências do município de Ibirama, aproximadamente).

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo sólido, Poder calorífico, Tratamento térmico, Recuperação energética.

ABSTRACT

The increase in municipal solid waste (MSW) production has become a big challenge for the Brazilian municipalities. In the studied scenario, the final disposal of these wastes, without any treatment, causes numerous environmental, social and economic problems, as the waste of raw material and energy contained in these wastes. There are several ways to reuse this energy, such as thermal technologies: incineration and gasification. In addition, alternatives such as landfill biogas reuse and anaerobic digestion are also ways of treating raw materials and reducing environmental impacts. This study assessed the energy recovery potential of the MSW from the Serra São Miguel Intermunicipal Consortium Sanitary Landfill, located in the municipality of Ibirama/SC. Gravimetric composition, moisture content and lower calorific value from the MSW were analyzed. The waste composition presented values of 24.2% for organic matter and about 49% for recycling materials. The highest moisture content value found was for organic matter with about 72.5%, a result similar to other studies discussed. The highest values of calorific value were for plastic and paper/cardboard, with 7.923 kWh/kg and 2.825 kWh/kg, respectively. From this result, the energy recovery potential of each technology mentioned in different scenarios was estimated. In the studied scenario (applying 0% recycling), gasification obtained the best result, the recovered energy is approximately 29.34 MWh/day, which would supply electricity to 4,366 households. Considering the ideal scenario, which 100% could be recycled, the energy recovered would be 8.27 MWh/day, which would supply electricity to 1,231 households (28% of the total households in the municipality of Ibirama).

KEY WORDS: Solid Waste, Calorific power, Thermal treatment, Energy recovery.

INTRODUÇÃO

Alguns fatores como desenvolvimento econômico, urbanização, crescimento populacional, revolução tecnológica, estilo de vida da população contribuem inevitavelmente com o aumento na produção de resíduos sólidos urbanos (RSU), principalmente em grandes centros urbanos (FERREIRA; ANJOS, 2001). Segundo dados da Associação Brasileira de



Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2018), a geração anual de resíduos sólidos no Brasil foi estimada em 78,4 milhões de toneladas para o ano de 2017. Entretanto, somente 71,6 milhões de toneladas foram coletados, o que resulta num valor de aproximadamente 7 milhões de resíduos que não foram coletados, e como consequência uma destinação imprópria.

Diante disso, visando a promoção da saúde e a preservação do meio ambiente, o manejo adequado dos resíduos sólidos é uma importante estratégia. A Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi um marco no saneamento básico do país em relação aos resíduos sólidos. Nela, são apresentados instrumentos e diretrizes importantes para permitir o avanço e reverter a situação dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrente do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Aliado a isso, os RSU, que são transformações dos recursos naturais podem ser utilizados como uma fonte de energia. Em termos energéticos, os RSU apresentam em sua composição: (i) biomassa, decorrente de produtos vegetais ou animais; (ii) materiais combustíveis que não são de biomassa, como plásticos e outros materiais sintéticos feitos de petróleo; e (iii) materiais não-combustíveis, tais como vidros e materiais. Assim há a possibilidade de reaproveitamento e de abastecimento de energia proveniente dos RSU, como forma de um processo sustentável, além de produzirem menores impactos ambientais quando comparado a utilização de energia não renovável (GOMES, 2014).

As tecnologias para aproveitamento energético de resíduos podem ser classificadas em bioquímicas e térmicas. No primeiro caso, faz-se uso de rotas biológicas para conversão da fração orgânica dos resíduos para a produção de metano. As alternativas de aproveitamento por meio da rota biológica podem ser divididas em (a) digestão anaeróbia e (b) compostagem (VAISH et al., 2017.) O processo de digestão anaeróbia ocorre em digestores anaeróbios e também em aterros sanitários, uma vez que os RSU são dispostos e desta maneira ocorre a estabilização do material orgânico. Em relação à rota térmica, destacam-se a incineração, pirólise e gaseificação de resíduos.

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi estimar o potencial energético dos RSU do Aterro Sanitário Consórcio Serra São Miguel localizado no município de Ibirama/SC.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Aterro Sanitário do Consórcio Intermunicipal Serra São Miguel, localizado no município de Ibirama que é situado na região do Alto Vale do Itajaí no estado de Santa Catarina. O aterro possui uma área de 31.945 m² e encontra-se na localidade de Serra São Miguel (coordenadas UTM 647452,281863 E e 7002196,88436 N). Sua operação teve início no ano de 2004 e atualmente ativo, com o fim de sua vida útil previsto para o ano de 2025. No ano de 2019, o aterro recebia resíduos de 11 municípios totalizando aproximadamente 40 toneladas de resíduos diariamente.

A metodologia está dividida em três etapas: análise da composição gravimétrica dos resíduos; determinação do teor de umidade e cálculo do potencial de recuperação energético para algumas alternativas de tecnologias térmicas, como, gaseificação e incineração, considerando cenários de reciclagem de alguns materiais. Além disso, também foi calculado o potencial de recuperação energético do reaproveitamento do biogás gerado no aterro sanitário e da digestão anaeróbia.

Análise da composição gravimétrica

A análise da composição gravimétrica dos RSU baseou-se no método de quarteamento (SOARES, 2011; CEMPRE, 2018) como mostra a Figura 1.

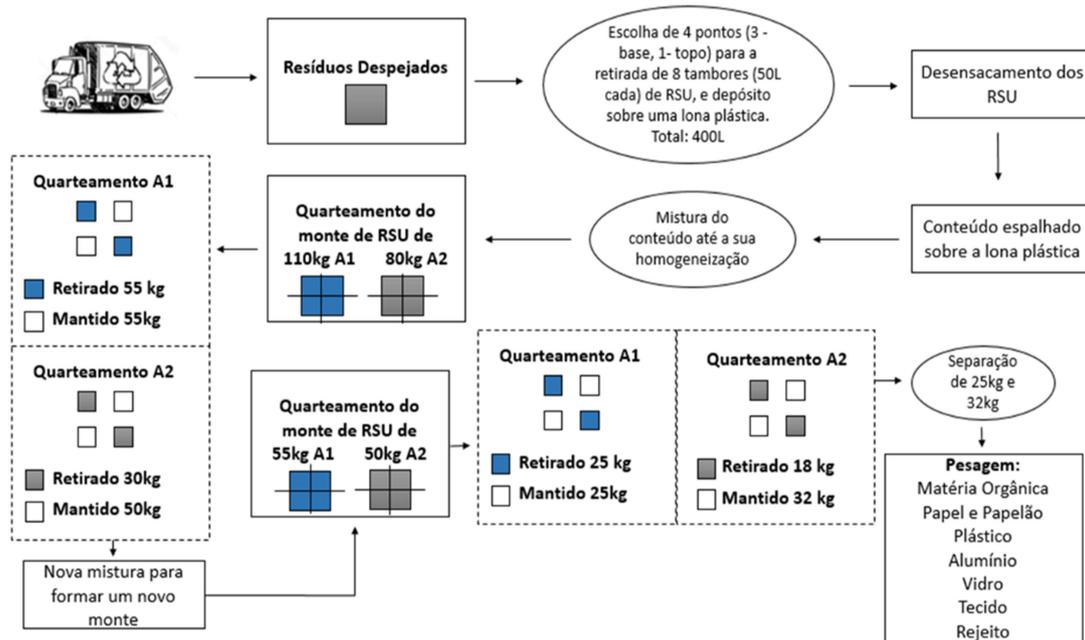
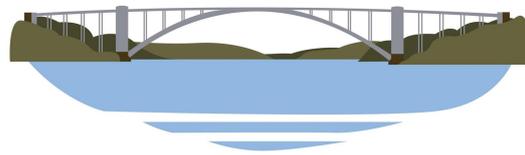


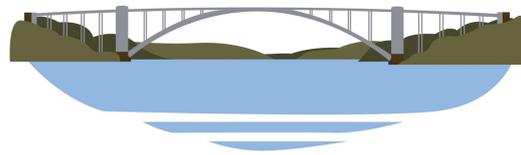
Figura 1: Metodologia utilizada para o procedimento de quarteamento. Fonte: Adaptado de Soares, 2011.

Primeiro, o caminhão descarregou os resíduos na frente de trabalho do aterro sanitário, e posteriormente foram coletadas 8 amostras de 50 litros cada (contentor), em diferentes pontos da pilha de RSU, sendo que esse processo foi realizado duas vezes em dias diferentes. Com auxílio dos contentores, os resíduos foram coletados e pesados, após esse procedimento foram encaminhados e depositados sobre uma lona plástica no interior de um quadrado construído com dimensões de 2,00 m x 2,00 m, com objetivo de execução do processo de homogeneização e quarteamento. Para que a amostra se tornasse homogênea, os sacos plásticos foram rasgados manualmente e os resíduos espalhados e misturados sobre a lona plástica conforme NBR 10.007 (ABNT, 2004).

Em seguida, realizou-se o procedimento de quarteamento (Figura 2) que, consiste na segregação total dos resíduos sólidos, com cerca de 190 kg (110 kg na primeira amostragem e 80 kg na segunda). Posteriormente, descartaram-se duas partes opostas, e as outras duas restantes foram novamente homogeneizadas, assim como o quarteamento, até obter uma amostra com volume final desejado, a primeira amostragem ficou com aproximadamente 25 kg e a segunda amostragem com cerca de 32 kg de RSU.



Figura 2: Procedimento de quarteamento para amostragem dos RSU. Fonte: autores, 2019.



Após a execução do quarteamento e da homogeneização, os resíduos foram segregados e colocados em sacos plásticos para a realização da pesagem de cada tipo de material. Os materiais foram segregados e pesados nas seguintes frações: papel e papelão, plástico, matéria orgânica, vidro, alumínio, tecidos e rejeitos, como mostra a Figura 3. Posteriormente, realizou-se a percentagem do material coletado. Depois da pesagem, realizou-se o cálculo da percentagem sobre o peso total resultando na percentagem de cada material coletado.



Figura 3: Frações de RSU de acordo com o tipo e material. Fonte: Autores, 2019.

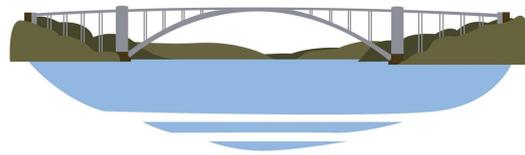
Teor de umidade dos resíduos

Para a determinação do teor de umidade, uma porção de amostras de RSU separadas em frações, foram transferidas para bandejas e pesadas em uma balança de precisão e em seguida, encaminhadas para a estufa. Para a determinação do teor de umidade, utilizou-se as frações de resíduos (descritas anteriormente) em triplicada para melhor precisão. As amostras foram mantidas a temperatura de aproximadamente 80°C e o tempo de secagem foi de 48 horas, e posteriormente pesadas.

Em mecânica de resíduos os valores de umidade podem ultrapassar 100% o que dificulta na análise de resultados. Por essa razão, em mecânica dos resíduos e fluxo de líquidos, o teor de umidade é definido sob base úmida (IZZO, 2008; SOARES, 2011). Portanto, o teor de umidade das amostras foi calculado por meio da equação de teor de umidade em base úmida ($Wb_{úmida}$) que, relaciona o peso em base úmida (P_{bu}) e peso final (P_f) (peso do resíduo seco em estufa a 80°C), como mostra a Equação 1.

$$\%Wb_{úmida} = \frac{P_{bu} - P_f}{P_{bu}} * 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Os componentes analisados para a obtenção do teor de umidade foram: matéria orgânica, tecido, papel/papelão e plástico. Os componentes metal e vidro não foram avaliados devido à baixa retenção de água por esses tipos de materiais, que como consequência os teores de umidade chegam a 0% dependendo de seu estado (SOARES, 2011). O rejeito não foi avaliado pela falta do componente pois, as análises foram realizadas com os materiais da segunda amostragem, no qual não havia rejeito.



Potencial de recuperação energético

Para encontrar o potencial de recuperação energético dos RSU é necessário conhecer o poder calorífico dos mesmos. Os valores do poder calorífico superior, das diferentes frações de resíduos, foram obtidos por meio de dados disponíveis em literatura (SCHUELER, 2009; SOARES, 2011; GOMES, 2014). O poder calorífico inferior em kcal/kg (PCI), foi calculado conforme metodologia de Loo e Koppejan (2008), utilizando o poder calorífico superior a 0% de umidade a amostra, em kcal/kg (PCS_{0%}), como mostra a Equação 2.

$$PCI = PCS_{0\%} - 1.356,52 \quad \text{Equação (2)}$$

O potencial de recuperação energético foi calculado através de modelos matemáticos, para cada tecnologia: incineração, gaseificação, gás de aterro sanitário e digestão anaeróbia, conforme Alzate, Restrepo-Cuestas e Jaramillo-Duque (2019).

- Incineração: a Equação 3 apresenta as expressões para calcular a quantidade de eletricidade que pode ser obtida no processo de incineração:

$$PRE (i) = \eta * M * PCI \quad \text{Equação (3)}$$

Em que: PRE (i) é o potencial de recuperação energético da incineração (MWh/dia), M é a massa total de resíduos sólidos secos (t/dia), PCI é o poder calorífico inferior dos resíduos (kWh/kg) e η é a eficiência do processo em que adotou-se o valor de 18%.

- Gaseificação: a Equação 4 inclui as expressões para calcular a quantidade de eletricidade que pode ser obtido por meio da gaseificação:

$$PRE (g) = G * \eta * PCI \quad \text{Equação (4)}$$

Em que: PRE (g) é o potencial de recuperação energética da gaseificação (MWh/dia); G – Número de toneladas processadas por dia (t/dia); PCI – Poder calorífico inferior dos resíduos (kWh/kg); η – Eficiência do processo no qual, adotou-se um valor 23%.

- Gás de aterro sanitário: depende da estimativa do gás gerado no aterro sanitário para calcular seu potencial energético (Equação 5)

$$PRE (as) = PCI_{\text{biogás}} * Q_{CH_4} * \gamma * \eta \quad \text{Equação (5)}$$

Em que: PRE (as) – Potencial de recuperação energética do gás de aterro sanitário (MWh/dia); PCI (biogás) – Poder calorífico inferior do biogás (kWh/m³); Q_{CH₄} – Quantidade de gás gerado durante um ano (m³/ano); γ - Eficiência do sistema de recuperação do biogás (adotou-se 80%); η – Eficiência do processo (adotou-se 33%).

- Digestão Anaeróbia: explora a fração orgânica dos RSU, cujo potencial de produção de eletricidade é calculado usando a Equação 6:

$$PRE (da) = P * R_{AC} * f * MO * Q * \eta \quad \text{Equação (6)}$$

Em que: PRE (da) é o potencial de recuperação energética da digestão anaeróbia (MWh/dia); P é o número de habitantes (hab); R_{AC} é a produção anual de resíduos per capita (t/hab.dia); F é a fração orgânica do resíduo sólido (%); MO é a geração de metano por tonelada de fração orgânica de resíduos sólidos (Nm³/t); Q é o poder calorífico inferior do biogás devido ao metano (MJ/m³); η é a eficiência do processo onde, adotou-se o valor de 26%.

Para complementar o potencial de recuperação energética, foram definidos no total 5 cenários, sendo 4 cenários de porcentagens de reciclagem de frações como: plástico, papel/papelão, alumínio e vidro e o cenário de fração orgânica (unicamente), para as tecnologias de aproveitamento do gás do aterro sanitário e digestão anaeróbia. Os cenários 1, 2, 3 e 4 representam 0%, 25%, 50% e 100%, respectivamente, do percentual de reciclagem, como mostra a Tabela 1.



Tabela 1. Cenários propostos para análise do potencial de recuperação energética. Fonte: Autores, 2019.

Cenário	Porcentagem de Reciclagem (%)	Quantidade de toneladas processadas (ton/dia)
1	0	40,00
2	25	35,09
3	50	30,18
4	100	20,36
Fração Matéria Orgânica	-	9,68

RESULTADOS

As informações das amostras coletadas estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2: Informações das amostras de resíduos coletadas. Fonte: Autores, 2019.

Amostra	Data da coleta	Volume coletado (m ³)	Massa da amostra coletada (kg)	Massa da amostra após o quarteamento (kg)
01	12/09/2019	0,40	110	25
02	24/09/2019	0,40	80	32
Total			190	57

Análise da composição gravimétrica e teor de umidade dos resíduos

Os resultados da composição gravimétrica foram: papel/papelão - 18,8%; plástico - 22,2%; matéria orgânica - 24,2%; rejeito - 19,3%; alumínio - 2,2; vidro - 5,9% e tecido - 7,4% (Figura 4). A maior parte dos resíduos sólidos enviados ao aterro sanitário é composta por matéria orgânica (24,2%). Os materiais passíveis de reciclagem compõem cerca de 49% e são apenas dispostos no aterro sanitário, sendo o plástico o componente mais expressivo compondo 22,2% do total.

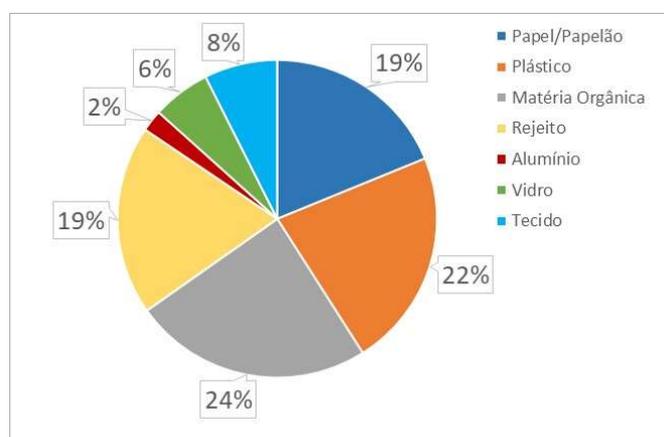


Figura 4: Composição gravimétrica dos RSU do Aterro Sanitário Consórcio Intermunicipal Serra São Miguel – Ibirama/SC. Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

O percentual de resíduos têxteis compõe 7,4% da composição gravimétrica, pressupõe-se que este percentual é devido a alta concentração de empresas têxteis no Alo Vale do Itajaí (28,54%), uma economia com grande destaque no estado de Santa Catarina (LEONORA, 2019). Vale reforçar que os resíduos têxteis são suscetíveis à logística reversa, o que contribui para a diminuição da disposição desses resíduos em aterros sanitários (NASCIMENTO et al., 2016).

O teor de umidade encontrado para cada componente foi de 72,6% para matéria orgânica, 54,5% para tecido, 17,04% para papel/papelão 7,43% para plástico. É possível observar que a componente matéria orgânica possui o maior teor de umidade (72,6%), seguido de tecido (54,5%), papel/papelão (17,04%) e plástico (7,3%).



Potencial de recuperação energética

Para as tecnologias de incineração e gaseificação foram analisados os cenários 1, 2, 3 e 4, visto que as tecnologias de aproveitamento de gás do aterro sanitário e digestão anaeróbia utilizam apenas frações orgânicas presentes nos resíduos sólidos. Os resultados do potencial de recuperação de energia de cada tecnologia estão representados na Figura 5.

Analisando os cenários é possível perceber que, conforme a implantação da reciclagem aumenta, o potencial de recuperação de energia diminui, tanto para gaseificação como para incineração. A tecnologia de gaseificação sobressalta-se na recuperação de energia quando comparado a incineração, devido a porcentagem de eficiência de cada processo.

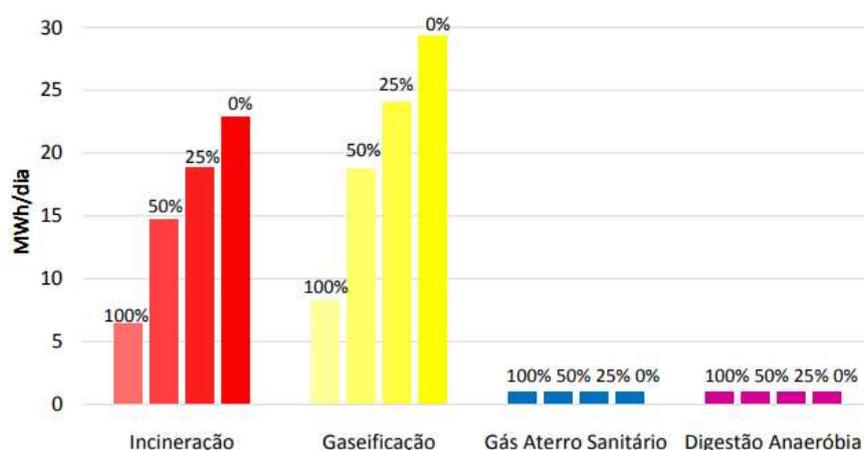


Figura 5: Potencial de recuperação de energia entre alternativas em diferentes cenários. Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Observa-se que para o ano de 2019, quando o aterro sanitário recebia 40 toneladas por dia, a estimativa para um ano é de 29,34 MWh/dia de energia recuperada pelo processo de gaseificação e 22,96 MWh/dia através da incineração. O aproveitamento do gás de aterro sanitário e a digestão anaeróbia produzem menos eletricidade, pois processam uma quantidade menor de resíduos do que as alternativas térmicas, com cerca de 1,01 MWh/dia e 0,99 MWh/dia, respectivamente.

No Brasil, a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a PNRS (BRASIL, 2010), no âmbito da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, há uma seguinte ordem de prevalência, na qual, a implantação da reciclagem com 100% de eficiência seja considerada. Mesmo nesse cenário, em que 100% dos materiais recicláveis sejam destinados à reciclagem, é possível obter cerca de 6,47 MWh/dia e 8,27 MWh/dia para as tecnologias de incineração e gaseificação, respectivamente. Psomopoulos, Bourka e Themelis (2009) e Gomes (2014) também constataram que mesmo com o aumento da reciclagem ainda é possível o uso das tecnologias para recuperação de energia.

Os autores Psomopoulos, Bourka e Themelis (2009), nos Estados Unidos, destacam que mesmo nos lugares onde são utilizadas tecnologias de tratamento térmico, como a incineração, por exemplo, apresentaram um aumento de cerca de 18% nas taxas de reciclagem.

Também foi realizado uma estimativa de abastecimento energético para os cenários 1, 2, 3 e 4, considerando uma residência composta por 4 pessoas e com um consumo médio de 201,7 kWh por mês (EPE, 2017). O cenário 1 em que não há reciclagem, por exemplo, é possível fornecer energia elétrica para 4.366 residências com a tecnologia de gaseificação e para 3.414 com a tecnologia de incineração. Se alcançar o percentual de reciclagem de 100%, ainda assim a tecnologia de gaseificação poderia abastecer cerca de 28% das residências do município de Ibirama/SC, cerca de 1.231 residências.

Ainda que a recuperação energética seja menor que as tecnologias de tratamento térmico, com o aproveitamento do gás de aterro sanitário e a digestão anaeróbia (cerca de 1,01 MWh/dia e 0,99 MWh/dia, respectivamente), também seria possível abastecer cerca de 151 e 148 residências.



CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste estudo possibilitou uma análise do potencial de energia que pode ser encontrado nos RSU destinados ao Aterro Sanitário Consórcio Serra São Miguel do município de Ibirama/SC, assim como de que forma esse potencial energético pode ser empregado na geração de energia. Ainda, o estudo identificou que a disposição final em aterros sanitários, há desperdício de alguns materiais que poderiam ser reaproveitados com a reciclagem ou destinados ao tratamento térmico, de acordo com a ordem de prioridade de gestão de resíduos sólidos da PNRS.

A maior parte dos RSU do Aterro Sanitário do Consórcio Intermunicipal Serra São Miguel localizado no município de Ibirama – SC, é composta por materiais passíveis de reciclagem, com aproximadamente 49%, e cerca de 24,2% é matéria orgânica, o restante (26,8%) pode ser considerado como rejeito.

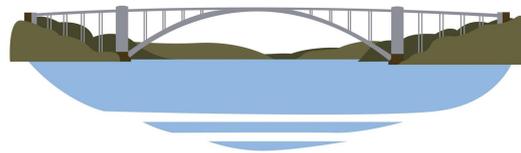
Os maiores valores de poder calorífico inferior, em relação as frações de resíduos sólidos analisados, foram dos materiais plástico, com 7,923 kWh/kg e papel/papelão, com 2,825 kWh/kg. Entre as tecnologias analisadas, a que proporcionou maior potencial de recuperação de energia foi a gaseificação, com 29,34 MWh/dia.

No ano de 2019, o cenário estudado no aterro sanitário, mostrou que a energia disponível para a técnica de gaseificação possibilitaria o abastecimento de energia para todo o município de Ibirama. Com a implantação da reciclagem, considerando 100% de eficiência, a possibilidade de abastecimento energético era de 28% das residências do município.

Nesse sentido, a utilização dos resíduos sólidos urbanos como fonte de energia renovável permite que o tratamento do mesmo seja realizado de forma sustentável. Ainda, o reaproveitamento da energia recuperada no abastecimento elétrico das residências no município, por exemplo, indica uma viabilidade técnica e ambiental favorável às novas tecnologias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alzate, S.; Restrepo-Cuestas, B.; Jaramillo-Duque, Á. Municipal Solid Waste as a Source of Electric Power Generation in Colombia: A Techno-Economic Evaluation under Different Scenarios. **Resources**. Basileia, p. 1-16, 2019.
2. Associação de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2017. ABRELPE. São Paulo, 2018
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007**: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
4. Brasil. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e dá outras providências. Brasília, DF: DOU, 2010.
5. CEMPRE. **Lixo Municipal**: manual de gerenciamento integrado. 4. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 374 p.
6. Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 no ano base 2016**. Brasília: Grupojam Mídia Integrada Eireli - Me, 2017. 232 p.
7. Ferreira J. A.; Anjos L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Caderno de Saúde Pública**, v. 17, p. 689-696, 2001.
8. Gomes, S. **Potencial energético dos resíduos sólidos domiciliares do município de Ponta Grossa, PR, Brasil**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2014.
9. Izzo, R. L. S. **Comportamento de Resíduos Sólidos Inertizados em Barreira Capilar**. 2008. 226 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
10. Leonora, A. **No setor têxtil, Santa Catarina cresce mais do que São Paulo**. 2019. Disponível em: <https://noticiasinfoco.com.br/no-setor-textil-santa-catarina-cresce-mais-do-que-sao-paulo/>. Acesso em: 30 outubro 2019.
11. Loo, S.V.; Koppejan, J. **The handbook of biomass combustion & co-firing**. 1a. ed. Sterling: Earthscan, 465p. 2008.
12. Nascimento, A. F.; Garcia, B. B. G.; Salles, C. A.; Belo, E. R.; Haro, T. R. de; Takara, T. A.; Isabela, G. A influência dos produtos têxteis transformados pelo processo de logística reversa sobre a atitude de compra do consumidor. **Economia e Gestão**, Belo Horizonte, v. 16, n. 42, p.195-217, 2016.
13. Psomopoulos, C. S.; Bourka, A.; Themelis, N. J. Waste to energy: a review of the status and benefits in USA. **Waste Management**, v. 29, p. 1718-1724, 2009.
14. Schueler, A. S., Mahler, C. F., Menezes, R., et al. Valorização dos resíduos sólidos urbanos como energia em cidades brasileiras. In: **III Congresso Interamericano de Resíduos Sólidos de AIDIS**, Buenos Aires, maio, 2009.



15. Soares, E. L. S. F. **Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos.** 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.