

7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

ANÁLISE DE IMPACTOS ECONÔMICO E AMBIENTAL DA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – ESTUDO DE CASO DOS MUNICÍPIOS DE MARACAJÁ/SC E TURVO/SC

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.IV-002>

Ioly Machado Vieira, Elaine Virmond (*)

* Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá - Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde, Departamento de Energia e Sustentabilidade, Núcleo de Desenvolvimento de Processos de Produção de Energia (NUDAPE), elaine.virmond@ufsc.br

RESUMO

Dados de geração e tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foram coletados em centros de triagem de dois municípios do extremo sul catarinense, Maracajá/SC e Turvo/SC e foram analisados junto com informações registradas nos Planos Municipais de Gestão de Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e de dados declarados ao SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) a fim de identificar os principais fatores que influenciaram a gestão de resíduos ao longo dos últimos anos. Os municípios destinam seus rejeitos em aterro sanitário da região dotado de tecnologia de recuperação de biogás para fins energéticos. Os custos relacionados ao transporte e à destinação final de RSU, as emissões de CO₂ e a geração de energia foram estimados para o ano de 2020 utilizando-se a ferramenta de simulação de cenários WARM (*Waste Reduction Model*) para quatro cenários: 1 (cenário base), taxa de reciclagem foi de 0%; 2, taxa de reciclagem média atual de 10%; 3, taxa de reciclagem de 25%; 4, taxa de reciclagem de 50%. Foram consideradas também a presença ou não de sistema de recuperação de biogás de aterro. O aumento da taxa de reciclagem somado à recuperação energética do biogás de aterro foi o cenário com melhor desempenho para redução gradativa das emissões de CO₂. Em relação à energia, o desempenho do aumento da taxa de reciclagem sem recuperação para energia demonstra desempenho próximo ao sistema que considera a recuperação de biogás de aterro, portanto, o consumo de energia pode ser reduzido apenas melhorando a taxa de reciclagem. Os custos de gestão de resíduos aumentaram em todos os casos. Porém, os dados econômicos devem ser melhor analisados já que a ferramenta possui limitações e não considera a venda de materiais recicláveis.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de RSU, WARM, recuperação energética, emissões evitadas.

ABSTRACT

Data on the generation and treatment of Municipal Solid Waste (MSW) was collected from sorting centers in two municipalities in the extreme south of Santa Catarina, Maracajá/SC and Turvo/SC, and was analyzed together with information recorded in the Municipal Integrated Solid Waste Management Plans (PMGIRS) and data declared to SNIS (National Sanitation Information System) in order to identify the main factors that have influenced waste management over the last few years. The municipalities dispose of their waste in a landfill in the region equipped with biogas recovery technology for energy purposes. Costs related to transportation and final disposal of MSW, CO₂ emissions and energy generation were estimated for 2020 using the WARM (*Waste Reduction Model*) scenario simulation tool for four scenarios: 1 (base scenario), recycling rate was 0%; 2, current average recycling rate of 10%; 3, recycling rate of 25%; 4, recycling rate of 50%. The presence or absence of a landfill biogas recovery system was also taken into account. An increase in the recycling rate plus energy recovery from landfill biogas was the scenario with the best performance in terms of gradually reducing CO₂ emissions. Regarding energy, the performance of increasing the recycling rate without recovery for energy shows performance close to the system that considers landfill biogas recovery, so energy consumption can be reduced just by improving the recycling rate. Waste management costs increased in all cases. However, the economic data should be better analyzed since the tool has limitations and does not consider the sale of recyclable materials.

KEY WORDS: *MSW management, WARM, energy recovery, avoided emissions.*

ATENÇÃO: A área que está sombreada (em amarelo) é a que poderá ser livremente editada pelo autor do trabalho. Isto é feito para proteger o cabeçalho e o rodapé de eventuais deformações. Posteriormente, a Comissão Organizadora retirará este sombreado e transformará o texto em arquivo PDF.

INTRODUÇÃO

A geração de RSU no país apresenta uma curva ascendente e tem registrado aumento tanto nas quantidades totais, quanto nos valores per capita. Um cidadão urbano em um país emergente ou em desenvolvimento gera entre 100 kg e 400 kg de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por ano (BRASIL, 2016).

As razões dessa grande faixa na quantidade gerada são os diferentes níveis de desenvolvimento econômico e consumo, que definem a quantidade e a composição dos resíduos gerados. Algumas estatísticas se baseiam no total estimado de resíduos gerados *per capita*, incluindo todos os materiais recicláveis. Outras só consideram os resíduos geridos pelos órgãos competentes locais e, portanto, excluem materiais valiosos coletados e segregados na fonte pelo setor informal, por exemplo. Na maioria dos países em desenvolvimento, os resíduos orgânicos com alto teor de umidade compõem a fração mais significativa do fluxo formal de resíduos e devem ser tratados de forma separada. Em cidades com elevada atividade de construção e sem segregação de resíduos de construção e demolição, os RSU ainda contêm uma fração significativa de material inerte (BRASIL, 2016).

Com a promulgação da Constituição Federal do Brasil, em 1988, o saneamento básico passou a ser um direito assegurado a todos, e os municípios tornaram-se detentores da titularidade dos serviços. A Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, define saneamento básico como o conjunto dos serviços, da infraestrutura e das instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais (GRISA e CAPANEMA, 2018). A Figura 1 ilustra esse conjunto.

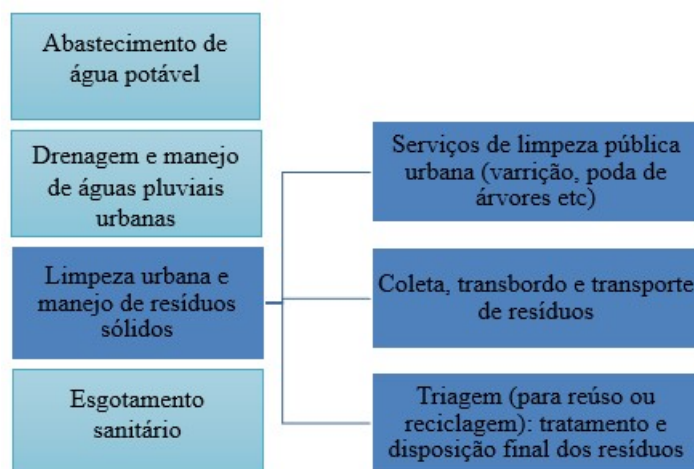


Figura 1: Caracterização do saneamento básico. Fonte: Adaptado de Grisa e Capanema (2018).

A Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010) abrange todas as classes de resíduos sólidos e estabelece um conceito moderno e avançado de gestão de resíduos, com instrumentos que preveem a hierarquização das atividades e prioridade em prevenção e redução na geração de resíduos, tal como representado na Figura 2.

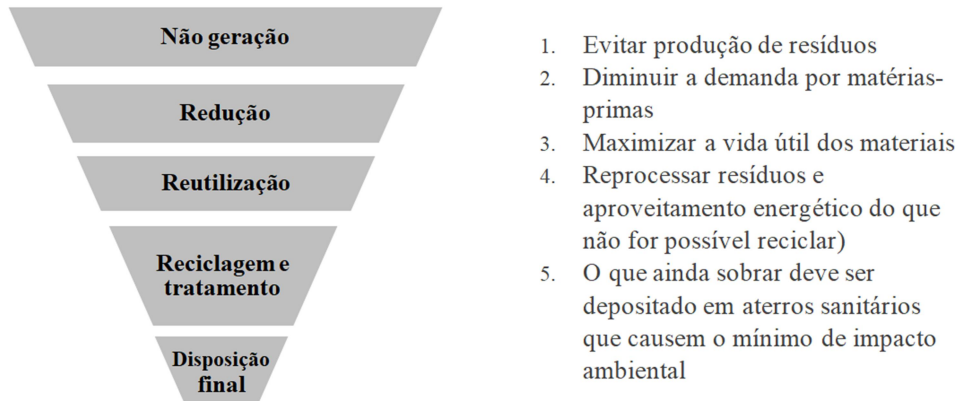


Figura 2: Ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Fonte: Adaptado de Grisa e Capanema (2018).

O objetivo da PNRS é que o mínimo possível de resíduos sólidos seja encaminhado para aterro sanitário, fazendo com que a maior fração possível de resíduos seja recuperada e possa ser utilizada para fins energéticos, enquanto o aterro recebe uma fração mínima contendo apenas rejeitos. A prática de coleta seletiva pode ocorrer de forma pontual, bem como em todo o território de uma região.

Nos últimos anos, em todo o mundo, os benefícios ambientais associados à prática de reciclagem vêm ganhando importância, uma vez que se pode evitar uma série de externalidades negativas inerentes ao processo produtivo. A prática da reciclagem permite melhoria da qualidade ambiental urbana por meio da redução de pressão sobre os ecossistemas naturais ao substituir matérias-primas virgens por materiais reciclados, ao mesmo tempo que possibilita redução do consumo de energia e de emissões atmosféricas (SILVA e CAPANEMA, 2019).

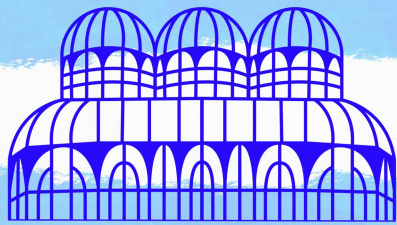
As emissões de GEE em aterros sanitários ocorrem de forma difusa, sendo recorrentes neste tipo de empreendimento e inevitáveis, caso haja o depósito de material orgânico – situação atual no país. O emprego de tecnologias para tratamento desta fração, evitando sua disposição, resulta em redução efetiva de emissões de metano e dióxido de carbono, na medida em que a degradação da matéria orgânica ocorre em ambiente fechado, gerando biogás, que passa a ser utilizado energeticamente e não mais emitido para a atmosfera (BRASIL, 2016).

Atualmente, os custos de coleta, transporte e destinação do RSU ficam a cargo dos municípios. A logística de coleta e transporte para disposição configura-se como uma etapa crítica da gestão urbana de resíduos sólidos, e resulta em externalidades negativas que podem ser evitadas por meio da adoção de iniciativas integradas de gestão e tratamento. Portanto, como benefícios adicionais de uma iniciativa de gestão integrada de resíduos visando à redução dos materiais destinados ao aterramento, podem-se mencionar externalidades positivas incluindo a redução na demanda de frota para transporte dos rejeitos até a disposição final, com menor impacto na mobilidade urbana devido ao menor tráfego de caminhões nas áreas urbanas (BRASIL, 2016).

Ferramentas de avaliação de ciclo de vida (ACV) são técnicas que permitem criar cenários onde o fluxo de materiais e energia são avaliados em todos os processos da gestão dos resíduos (ENGELMANN, 2021). A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, do inglês *United States Environmental Protection Agency*) desenvolveu um inventário otimizado de ciclo de vida, chamado de WARM (do inglês *Waste Reduction Model*) para ajudar os gestores públicos a modelar cenários e calcular os impactos. O modelo foi projetado para comparar estratégias de linha de base com abordagens alternativas, e foi utilizado por permitir ajustar e propor melhorias na quantidade de resíduos triados nos centros de triagem, e dessa forma, buscar aumentar suas taxas de reciclagem.

OBJETIVOS

Este trabalho analisou os custos de transporte e destinação final de resíduos sólidos urbanos (RSU) e os impactos ambientais de dois municípios do extremo sul catarinense, Maracajá/SC e Turvo/SC. Foram analisados oito cenários, em termos de custos relacionados ao transporte e destinação final de RSU, as emissões de CO₂ e geração de energia tomando-se como referência dados do ano 2020.



METODOLOGIA

Objeto de estudo

Os municípios de Maracajá/SC e Turvo/SC selecionados neste trabalho estão compreendidos em uma rota de coleta e destinação de RSU da região sul do país que atende as seguintes cidades catarinenses: Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Criciúma, Ermo, Forquilha, Içara, Jacinto Machado, Maracajá, Meleiro, Morro Grande, Praia Grande, Sangão, Santa Rosa do Sul, São João do Sul, Sombrio, Turvo e Timbé do Sul. Além desses, os seguintes municípios do estado do Rio Grande do Sul também estão compreendidos nessa rota: Torres, Três Cachoeiras e Dom Pedro de Alcântara (Figura 1).

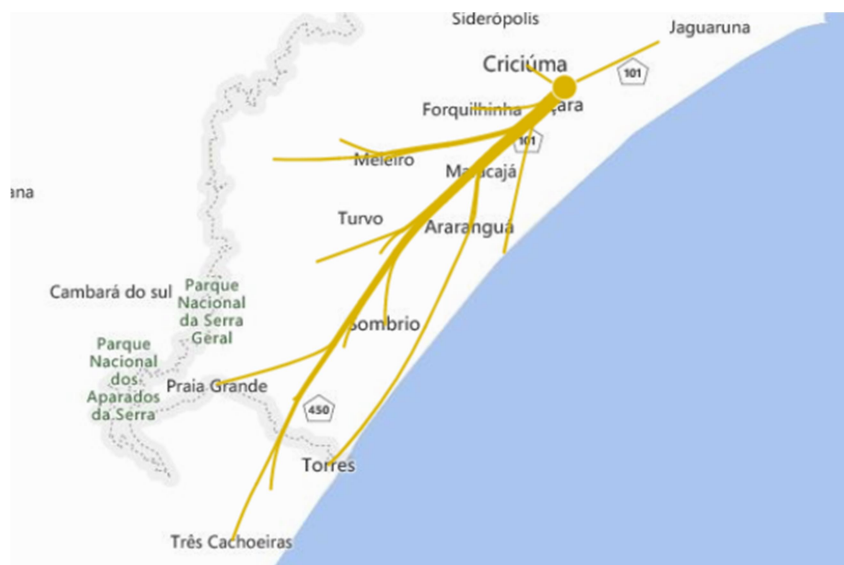


Figura 1: Fluxo de resíduos para unidade de processamento de Içara/SC. Fonte: Autor do Trabalho.

Os RSU coletados nessa rota são destinados a uma unidade de processamento (aterro sanitário e industrial - Classes IIA e IIB) localizada em Içara/SC, habilitado e ambientalmente licenciado para receber os resíduos classificados como classe IIA – não perigosos e não inertes e classe IIB – não perigosos e inertes de acordo com a NBR 10.004/2004. Essa unidade de processamento não dispõe, atualmente, de licença ambiental para triagem de RSU, sendo todo o montante recebido diretamente aterrado (RAC SANEAMENTO, 2021).

Para identificar os impactos econômicos e ambientais do transporte e dessa forma de destinação nos municípios de Maracajá/SC e Turvo/SC, analisou-se dados de quantificação e caracterização do RSU fornecidos pelos diretores da Secretaria de Meio Ambiente de cada uma das prefeituras, coletados em visita aos CT, e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Maracajá/SC está localizado possui área geográfica de 63,4 km², em altitude de 12 m do nível do mar. Distante 205 km da capital, Florianópolis/SC, o IDH médio do município passou de 0,627 em 2000 para 0,768 em 2010, com taxa de crescimento de 22,49% (MARACAJÁ, 2021).

A gestão de RSU no município é de responsabilidade da Prefeitura de Maracajá/SC, que a faz por intermédio de sua Secretaria de Meio Ambiente e Turismo, conforme o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Maracajá de 2014 (MARACAJÁ, 2014). O Centro de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos Acendino José Capela – CTM (Figura 2) foi inaugurado em 12/05/2016 e conta com 746,47 m².

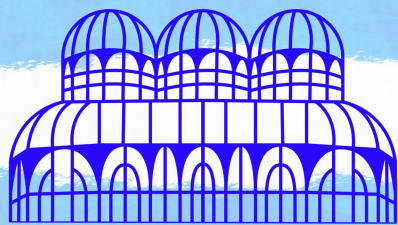


Figura 2: CTM: (a) pavilhão de triagem; (b) resíduos de materiais triados e armazenados a céu aberto; (c) esteira de triagem e sacos para separação; (d) resíduos triados armazenados no pavilhão. Fonte: Autor do Trabalho.

A composição gravimétrica dos resíduos de Maracajá, referente ao Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) do mês de novembro de 2014 do município indicou 37,39% de orgânicos, 32,22% de rejeitos, 6,48% de metais, 4,59% de papel, 11,33% de plástico, 2,15% de vidro, 2,24% de outras embalagens recicláveis e 3,55% de outros materiais. Atualmente, os resíduos são coletados com um único caminhão do tipo basculante da prefeitura, que direciona os resíduos até o CTM, aonde são descarregados para os funcionários locais separarem os materiais que possuem aproveitamento. O aterro sanitário localizado em Içara/SC, atualmente recebe todos os rejeitos da etapa de triagem, e está localizado a 14 km de Maracajá/SC. O CTM conta com 9 servidores, onde 8 funcionários trabalham na separação dos resíduos, que ficam dispostos na esteira, onde todos os materiais são removidos das sacolas manualmente.

O município de Turvo/SC, distante 251 km de Florianópolis/SC, conta com 13.080 habitantes em um território de 235,104 km², conforme o censo IBGE 2020. Em 18 de dezembro de 2016, foi aprovado o PMGIRS de Turvo/SC, Lei nº 2.294/16 (TURVO, 2016). O CT de Turvo – CTT (Figura 3) está localizado em um terreno da Prefeitura de Turvo, que também fornece incentivos e se responsabiliza por despesas fixas do local como água, luz e equipamentos de segurança para trabalhadores do local, sem vínculo empregatício.

Atualmente, o CT Turvo recebe em média 7.000 kg/dia de resíduos. O espaço conta com 6 colaboradores na separação dos mesmos, associados da Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Turvo. Os resíduos não segregados são coletados na cidade com dois caminhões do tipo compactadores fornecidos pela prefeitura, e descarregados no CT na forma misturada. Algumas empresas da região levam os resíduos segregados até o local, porém, resíduos de residências chegam misturados em sua maioria. Conforme o PMGIRS de Turvo, o município apresentou 2.140 t/ano de resíduos coletados em 2013 e a composição gravimétrica na amostragem realizada indicou: 63,18% de orgânicos, 11,95% de rejeitos, 1,00% de metais, 3,64% de papel, 13,47% de plástico, 1,53% de vidro, 5,23% de outros materiais. Atualmente, no CTT, os colaboradores e coletadores da Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Turvo/SC fazem a separação de forma manual por categorias sendo elas plástico, metal, papel, vidro e eletroeletrônicos, e suas demais variações.

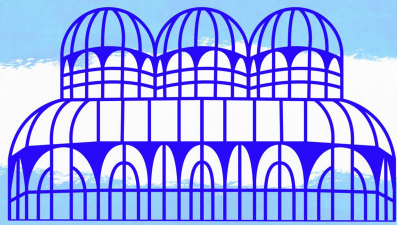


Figura 3: CTT: (a) pavilhão; (b) local onde os resíduos são dispostos; (c) mesa de triagem manual e separação; (d) pavilhão para armazenamento dos resíduos triados. Fonte: Autor do Trabalho.

Os rejeitos são atualmente destinados para o aterro sanitário localizado em Içara/SC, distante 46 km de Turvo/SC. O município conta com o programa SE-PA-RE, iniciado em 2019, que incentiva a troca de materiais recicláveis por produtos na Feira da Agricultura Familiar, organizada pela prefeitura (TURVO, 2021).

Modelagem de dados pelo WARM

Para analisar e determinar o impacto de diferentes estratégias de gestão de resíduos em Maracajá/SC e Turvo/SC, utilizou-se o modelo WARM – *Waste Reduction Model* - Versão 15, desenvolvido pela USEPA. Os cenários avaliados neste estudo foram baseados na composição gravimétrica dos RSU de cada município e no fluxo de resíduos relativos ao ano 2020. Foram propostos quatro cenários com diferentes taxas de reciclagem em ambos os CT: Cenário 1 (cenário base), reciclagem de 0%; Cenário 2, reciclagem média atual de 10% (determinada a partir dos dados coletados nos centros de triagem); Cenário 3, reciclagem de 25%; Cenário 4, reciclagem de 50%. Para cada cenário e município, foram considerados a presença e a ausência de sistema de recuperação de biogás de aterro, totalizando oito cenários. Nesses cenários, foram avaliados os parâmetros de toneladas métricas de CO_{2e}, energia em kJ, horas de trabalho, salários e impostos. As condições de umidade e a taxa de decaimento (k) na produção de biogás pelo aterro sanitário são definidas pela ferramenta a partir do clima da região na qual o aterro está inserido (USEPA, 2020). O valor atribuído a k foi de 0,04, para clima subtropical com verões quentes, considerado moderado (PANDOLFO, 2002). As distâncias informadas consideraram o trajeto de ida e volta ao aterro.

RESULTADOS

Gestão dos RSU de Maracajá/SC e Turvo/SC

O total de resíduos triados somados aos resíduos rejeitados em 2020 foi de 1.204,24 t/ano de RSU em Maracajá (116,95 t reciclados e 90,28% destinados ao aterro) e 2.240,7 t/ano de RSU em Turvo (213,6 t reciclados e 90,46% aterrados). A despesa do CT Maracajá com locação de um container, transporte e disposição dos rejeitos até o aterro sanitário de Içara/SC foi de R\$137,00 por tonelada, totalizando R\$148.958,73. No período de 2017 a 2020, o CT Maracajá manteve a quantidade de rejeitos encaminhada ao aterro sanitário praticamente constante, mas os custos de transporte e disposição por tonelada aumentaram gradativamente. Tal aumento causou elevação nas despesas totais com gerenciamento de RSU no município, sendo que não houve incremento na quantidade de materiais reciclados. Esse comportamento não concorda com a PNRS, a qual estabelece a necessidade de metas de redução na quantidade de resíduos gerados e aumento da reciclagem serem



estabelecidas e executadas a partir da sua implementação. O CTT registrou um valor de R\$217,00 por tonelada em 2020 para transporte e disposição no aterro sanitário de Içara/SC, ou seja, R\$440.759,55 de gastos. A distância entre o CT Turvo até o aterro de Içara/SC é de 46 km, logo, isso resulta em 96 km ida e volta para transporte de RSU. Maracajá/SC e Turvo/SC informaram cobertura de coleta de 100% da população ao SNIS (BRASIL, 2019). Esses dados foram utilizados nas análises de impactos econômicos e ambientais utilizando-se a ferramenta WARM.

Simulação pelo WARM

Foi realizada uma análise para identificar principais ganhos e perdas com a escolha da tecnologia de tratamento do biogás gerado no aterro sanitário. Sabe-se que no aterro de Içara/SC ocorre a captação e conversão do biogás em energia elétrica para abastecimento próprio. Logo, foram comparadas duas formas de gestão para a mistura de resíduos em relação a emissões de CO₂ equivalente (CO_{2e}) e consumo energético (i) sem recuperação do biogás de aterro e (ii) com recuperação energética do biogás de aterro.

Os resultados evidenciaram que a implementação de tratamento do biogás do aterro (recuperação para geração de energia) reduz as emissões de MtCO_{2e}, e além disso, para ambos os municípios, no cenário com recuperação de energia, o valor em kJ representado abaixo da linha zero do gráfico indica produção de energia no processo, ou seja, economia no consumo de energia. Logo, a existência de um sistema de recuperação de biogás de aterro para fins energéticos se mostra relevante, pois o mesmo apresenta aproximadamente a emissão de 170 t métricas de CO₂ com a recuperação de biogás contra emissão de aproximadamente 1.540 t métricas de CO_{2e} caso não houvesse a recuperação do biogás relativo ao montante de RSU de Maracajá/SC aterrado. Do mesmo modo, se os resíduos de Turvo/SC forem direcionados para um aterro sanitário com recuperação energética do biogás, aproximadamente 314 t métricas de CO₂ são emitidos, caso contrário, seriam emitidas 2.860 t métricas de CO_{2e} na ausência da recuperação energética do biogás de aterro.

Com relação à energia estimada, em Maracajá/SC, sem o sistema de recuperação de biogás do aterro, seriam consumidos 441,4 kJ. Com a recuperação energética do biogás de aterro, estima-se que é possível gerar 9,6 kJ. Para Turvo/SC, sem recuperação o sistema consome 822 kJ, e com recuperação energética do biogás, seriam gerados aproximadamente 18 kJ, pouco mais que Maracajá/SC tendo em vista que Turvo/SC tem maior quantidade de resíduos. Com isso, observa-se que, quanto maior a quantidade de resíduos aterrada sem qualquer tipo de tecnologia de recuperação do biogás, pior o desempenho em termos de emissões de CO_{2e} e energético. No entanto, o desempenho ambiental e energético dos cenários de aterro melhora à medida que o biogás é coletado e utilizado para a geração de energia (ENGELMANN, 2021). Além disso, é importante destacar que os resultados ambientais gerados pelo WARM se concentram nas mudanças climáticas geradas pelo tratamento dos RSU, sem considerar outros impactos ambientais (BURNLEY, 2014; SOUZA et al., 2019).

A simulação mais próxima da realidade atual dos CTs (Cenário 2), apresentou emissões evitadas de 596,05 MtCO_{2e} em Maracajá/SC e 1.095,9 MtCO_{2e} em Turvo/SC. Em comparação com o Cenário 1 (reciclagem de 0%), a reciclagem de 25% de resíduos (Cenário 3) somada à recuperação energética do biogás de aterro reduz as emissões de CO_{2e} em mais de 75%. Em relação ao uso de energia, a reciclagem de 25% dos resíduos recicláveis (Cenário 3) geraria economia de aproximadamente 5.000 kJ para Maracajá/SC, e de quase 9.000 kJ para Turvo/SC. Engelman (2021) e Moreira et al. (2017), por meio do WARM, analisaram cenários que indicaram que o aumento na taxa de reciclagem diminuiu gradualmente as emissões de CO_{2e} e o consumo de energia uma vez que se evitou o processamento de materiais virgens, mesmo comportamento observado nas simulações deste estudo.

CONCLUSÕES

O aumento da geração de resíduos é um problema que se agrava cada vez mais ao longo dos anos em âmbito nacional, e essa problemática é responsabilidade dos gestores públicos e de toda a sociedade. Para os centros de triagem em estudo, apenas o aumento da taxa de reciclagem dos RSU se mostrou eficiente para reduzir os impactos ambientais relacionados a emissões de CO_{2e}, e quando associada a um sistema de recuperação energética do biogás de aterro, as emissões evitadas de GEE podem ser ainda maiores. Porém, dados atualizados e mais detalhados de geração e tratamento de RSU devem ser obtidos e os dados econômicos devem ser melhor analisados já que a ferramenta possui limitações e não considera as vendas de materiais recicláveis. O estabelecimento de um consórcio intermunicipal pode ser uma alternativa para a gestão atual desses CT e municípios vizinhos, oportunizando a busca conjunta de apoios e benefícios em termos de qualidade técnica e ambiental para a destinação mais adequada e sustentável de resíduos sólidos da região.



AGRADECIMENTO

Este trabalho recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC (Termo de Outorga Nº: 2021TR1505).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>, Acesso: 13 de abril 2021.
2. Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. Viabilidade econômica de projetos de valorização integrada de RSU com produção de biogás / Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH* (GIZ); autores, Luis Felipe de D. B. Colturato ... [et al.]. – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. 124 p. : il. – (Aproveitamento energético de biogás de resíduos sólidos urbanos; 2).
3. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 244 p.
4. BURNLEY, S. Waste management technologies. In: BURNLEY, S. (Ed.). Solid Wastes Management. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2014. p. 16–100.
5. ENGELMANN, P. M., APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE XANGRI-LÁ. Escola politécnica. Programa de pós-graduação em engenharia e tecnologia de materiais. Tese de doutorado em engenharia e tecnologia de materiais. 267 p. PUC RS, Porto Alegre, 2021.
6. GRISA, D. C.; CAPANEMA, L.X.L.; Resíduos sólidos urbanos - Visão 2035. BNDES, p. 415-438. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16284/1/PRCapLiv214209_residuos%20solidos_compl_P.pdf> . Acesso: 11 de abril de 2021.
7. MARACAJÁ, 2014. PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/SC/MARACAJA/ANEXO-lei-ordinaria-1071-2016-170208.pdf>>
8. PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2002.
9. SOUZA, A. R. de 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, n. 5, p. 887–896, 2019.
10. TURVO, 2014. PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Santa Catarina, 2014, 102 p.
11. TURVO, Lei Nº 2.294/16, de 28 de Dezembro de 2016. Disponível em: <<https://www.camaraturvo.sc.gov.br/proposicoes/Leis-ordinarias/0/1/0/48>>. Acesso: 15 de abril de 2021.
12. US EPA – United States Environmental Protection Agency. Office of Resource Conservation and Recovery. Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM). Washington DC: EPA, 2020.