

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO CONTEXTO DA ECONOMIA CIRCULAR

Data de aceite: 02/12/2023

Samuel Rodrigues Castro

Thais de Souza Miranda

Vanessa Romário de Paula

RESUMO: A crescente produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) devido ao crescimento populacional demanda uma gestão consciente para evitar impactos ambientais e na saúde pública. O modelo linear de produção, presente desde a industrialização, contribui para a geração excessiva de resíduos e dissipação de energia. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil estabelece prioridades, visando a redução de impactos e promoção de uma economia mais sustentável. Contudo, a maioria dos resíduos ainda é destinada a aterros sanitários, gerando poluição e limitando o espaço disponível. A economia circular surge como solução, reestruturando o modelo produtivo para reintegrar materiais, minimizando a deposição no ambiente. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta crucial para avaliar os impactos ambientais e contribuir para uma gestão

mais sustentável dos RSU. A integração da ACV na economia circular promove a eficiência no uso de recursos e a redução de impactos ambientais. No entanto, o engajamento ativo da comunidade, empresas e governos é essencial para o sucesso dessa transição.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; reciclagem; indicadores ambientais.

ABSTRACT: The increasing production of Municipal Solid Waste (MSW) due to population growth demands conscious management to avoid environmental and public health impacts. The linear production model, present since industrialization, contributes to excessive waste generation and energy dissipation. The National Solid Waste Policy (PNRS) in Brazil establishes priorities aimed at reducing impacts and promoting a more sustainable economy. However, the majority of waste is still directed to landfills, generating pollution and limiting available space. Circular economy emerges as a solution, restructuring the production model to reintegrate materials, minimizing deposition in the environment. Life Cycle Assessment (LCA) is a crucial tool to assess environmental impacts and contribute to more sustainable MSW

management. The integration of LCA into the circular economy promotes resource efficiency and reduces environmental impacts. However, active engagement from the community, businesses, and governments is essential for the success of this transition.

KEYWORDS: Sustainability; recycling; environmental indicators.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem como uma de suas consequências o aumento na produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), o que requer atenção devido aos possíveis impactos ambientais e na saúde humana, causados, principalmente, pela má gestão e gerenciamento dos resíduos.

O modelo de produção linear, presente desde a industrialização, envolve a extração de matéria-prima, produção de bens, consumo e descarte, resultando na geração de resíduos e na dissipação de energia. Este modelo pressupõe a contínua diminuição dos recursos naturais e se caracteriza pelo descarte rápido dos bens, contribuindo para o aumento da geração de resíduos (FOSTER; ROBERTO; IGARI, 2016).

No Brasil, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305/2010, estabeleceu um marco regulatório para a gestão dos resíduos sólidos. Na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, deve seguir a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010), isto significa minimizar o desperdício e maximizar a eficiência dos recursos, promovendo uma economia mais sustentável e consciente.

No entanto, a maioria dos resíduos produzidos diariamente é encaminhada para aterros sanitários, seguida por reciclagem, incineração, despejo em lixões e compostagem. Essas opções de destinação têm impactos ambientais significativos. O aterramento, método mais antigo, está se tornando mais limitado devido à falta de espaço, especialmente perto de áreas urbanas densamente povoadas. Além disso, gera poluição significativa do solo e da água devido à produção de chorume e à falta de tratamento adequado.

Dado que as opções de destinação atuais não conseguem resolver de maneira satisfatória os problemas ambientais associados aos resíduos sólidos, é crucial encontrar alternativas que considerem o problema de forma sistêmica e abranjam o modelo produtivo como um todo. A Economia Circular é uma solução que busca reestruturar o modelo produtivo, promovendo a reintegração dos materiais no ciclo produtivo para minimizar a deposição no ambiente e, conseqüentemente, prevenir a ocorrência de impactos ambientais adversos. Dessa forma, a economia circular, centrada na minimização de desperdícios e na maximização da reciclagem, emerge como um paradigma essencial para lidar com esse problema.

Para operacionalizar a sustentabilidade e auxiliar os gestores públicos em suas tomadas de decisão, uma abordagem eficaz é a utilização de indicadores. A Avaliação do

Ciclo de Vida (ACV) representa uma ferramenta que possibilita a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a um produto ou atividade ao longo de todo o seu ciclo de vida (ABNT, 2014). Dessa forma, a ACV tem o potencial de oferecer resultados embasados cientificamente para uma gestão mais sustentável dos RSU.

Portanto, a integração da avaliação do ciclo de vida dos RSU na Economia Circular oferece uma abordagem sistêmica para otimizar a gestão dos resíduos, promovendo a eficiência no uso de recursos e a redução de impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é demonstrar como a ACV dos RSU pode identificar oportunidades de otimização na gestão de resíduos, promovendo a eficiência na utilização de recursos e a redução de impactos ambientais. Essa análise visa embasar estratégias que fortaleçam a transição para uma economia circular, maximizando a reutilização, reciclagem e minimizando o descarte inadequado de resíduos.

2. METODOLOGIA

A metodologia compreende uma abordagem sistêmica para investigar a aplicação da ACV nos RSU em contexto de economia circular. Realizou-se um levantamento bibliográfico de três estudos brasileiros, com foco em estudos na análise de ACV aplicados à gestão de RSU. A integração dos princípios da economia circular é avaliada em detalhes, envolvendo estratégias como redução, reutilização, reciclagem e outras práticas que promovem a circularidade dos materiais.

3. RESULTADOS

A PNRS impulsiona a transição de uma economia linear para uma circular, onde os resíduos são vistos como recursos a serem reintegrados no ciclo produtivo. Nesse contexto, a ACV desempenha um papel crucial ao destacar oportunidades de aprimoramento em termos de reutilização, reciclagem e valorização de resíduos ao analisar a trajetória completa de um produto. Essa abordagem contribui significativamente para sugerir alternativas que reduzam a extração de recursos naturais, minimizem a geração de resíduos e fomentem a utilização mais eficiente dos recursos disponíveis.

O emprego da ACV em sistemas de tratamento e destinação de RSU teve seus primeiros registros na década de 1990. Desde então, esta ferramenta tem sido amplamente adotada por diversos pesquisadores para analisar e contrastar tecnologias e cenários diversos dentro desses sistemas. Essa prática tem se revelado fundamental na identificação das áreas primordiais que demandam aprimoramentos (HENRIQUEZ, 2016).

Em pesquisa realizada por Laurent *et al.* (2014) destacou que a aplicação da ACV tem sido predominantemente focada em países desenvolvidos, apontando para uma lacuna significativa na compreensão de questões ambientais específicas relacionadas à gestão

de resíduos em nações em desenvolvimento. Esta constatação ressalta a importância crucial de estudos que abordem a ACV dos RSU em países em desenvolvimento, visando a promoção de práticas mais sustentáveis e adaptadas a essas realidades.

No estudo de Henriquez (2016) foi analisada a geração de RSU do Consórcio Intermunicipal dos Municípios da Microrregião do Alto Sapucaí (CIMASAS), que contempla 11 municípios brasileiros, comparando seis cenários diferentes. Os resultados destacam que o cenário que representa o sistema integrado de tratamento dos RSU, demonstrou os impactos ambientais mais reduzidos, obtendo os melhores desempenhos em todas as categorias de impacto avaliadas. Neste cenário, além da geração de energia, foram registrados impactos ambientais minimizados, juntamente com a produção de produtos adicionais como o biofertilizante e materiais recicláveis, os quais podem ser comercializados como matérias-primas, demonstrando um alinhamento notável com os princípios da economia circular.

Mersoni (2016) realizou uma ACV para o manejo de resíduos no município de Garibaldi (RS), analisando seis cenários distintos. Os resultados evidenciaram que os cenários que incorporaram tecnologias associadas demonstraram o mais eficaz desempenho ambiental. A prática de reciclagem emergiu como o principal recurso para mitigar os impactos ambientais, enquanto as fases de separação e coleta seletiva se mostraram cruciais para otimizar os processos.

A aplicação destas prioridades para a economia circular é fundamental. A economia circular busca minimizar o desperdício e maximizar a eficiência dos recursos, alinhando-se diretamente com os princípios da PNRS. Ao priorizar a não geração de resíduos e promover a reutilização e reciclagem de materiais, a economia circular contribui para a redução da demanda por novos recursos naturais, além de reduzir os impactos ambientais associados à produção e disposição de resíduos.

A transição para uma economia circular também implica em repensar os modelos de negócio, incentivando práticas de produção mais sustentáveis, como a concepção de produtos de maior durabilidade e a implementação de sistemas de logística reversa. Isso promove a eficiência na utilização dos recursos e a minimização dos resíduos gerados ao longo do ciclo de vida dos produtos.

O estudo conduzido por Oliveira (2019) examinou seis diferentes cenários para o gerenciamento de RSU no Distrito Federal. Estes cenários abordaram variações na coleta (convencional e seletiva), na recuperação de materiais (compostagem e reciclagem), e na utilização do biogás do aterro sanitário para geração de energia. Em todos os cenários, identificou-se o aterro sanitário como a fase de maior contribuição para o potencial de aquecimento global, principalmente devido às emissões de biogás não capturado. Nos cenários que incorporaram alternativas de destinação de resíduos, observou-se uma redução nas emissões associadas a esse impacto. Adicionalmente, a prática de reciclagem demonstrou ser o método de tratamento com o maior benefício ambiental.

Dessa forma, os resultados da ACV revelaram que a implementação de práticas da economia circular na gestão de resíduos sólidos urbanos pode resultar em significativas reduções de impacto ambiental. A coleta seletiva e a reciclagem demonstraram ser as estratégias mais eficazes na redução da pegada de carbono e na conservação de recursos naturais.

Além disso, a longo prazo a adoção de práticas de economia circular na gestão de resíduos pode gerar benefícios econômicos substanciais, especialmente através da criação de empregos na indústria de reciclagem e da redução dos custos associados à disposição final em aterros sanitários.

A análise comparativa dos resultados obtidos em cada estudo permite identificar tendências e padrões quanto aos benefícios da aplicação da ACV na promoção da economia circular na gestão de RSU, englobando aspectos ambientais e econômicos.

4. CONCLUSÃO

Os estudos abordados sobre a ACV dos RSU oferecem uma perspectiva valiosa sobre a gestão sustentável de resíduos. Ao analisar diferentes cenários e tecnologias, foi possível identificar práticas que minimizam os impactos ambientais, destacando a reciclagem como uma estratégia crucial. Além disso, a investigação evidenciou a relevância do aproveitamento energético e da redução das emissões de gases poluentes no contexto dos aterros sanitários. Esses estudos não apenas fornecem orientações práticas para a gestão de resíduos, mas também enfatizam a importância da transição para uma economia circular, na qual os resíduos são considerados recursos valiosos. A integração da ACV na economia circular promove não apenas a eficiência no uso de recursos, mas também impulsiona a inovação e a criação de oportunidades econômicas sustentáveis. Portanto, esses estudos desempenham um papel fundamental ao fornecer um embasamento científico sólido para a tomada de decisões e a implementação de práticas mais sustentáveis na gestão de resíduos, contribuindo significativamente para a construção de um futuro mais resiliente e equitativo.

No entanto, é fundamental ressaltar que o sucesso dessa transição para práticas mais sustentáveis depende do envolvimento ativo da comunidade, das empresas e dos órgãos governamentais. A colaboração e a participação de todos esses atores são essenciais para efetivar as mudanças necessárias e promover um sistema de gestão de resíduos mais eficiente e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR ISO 14.040: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. **Lei nº 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.

FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. In: XVIII ENGEMA, 2016, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo, 2016.

HENRIQUEZ, A. I. M. **Análise de ciclo de vida (ACV) de sistemas integrados de tratamento de resíduos sólidos urbanos para cidades de médio porte.** Orientador: Prof. Dr. Jose Carlos Escobar Palacio. 2016. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.

LAURENT, A. et al. Review of LCA studies of solid waste management systems—Part I: Lessons learned and perspectives. **Waste management**, v. 34, n. 3, p. 573-588, 2014.

MERSONI, C. **Avaliação do ciclo de vida como técnica de apoio à decisão no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Garibaldi/RS.** Orientador: Prof. Dr. Geraldo Antônio Reichert. 2015. 152 p. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais) - Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade de Caixias do Sul, Caixias do Sul, 2015.

OLIVEIRA, A. L. A. R. **Avaliação do ciclo de vida aplicada na gestão dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso do Distrito Federal.** Orientador: Prof. Dr. Armando de Azevedo Caldeira Pires. 2019. 96 p. Dissertação (Mestre em Ciências Mecânicas) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.