



ECONOMIA CIRCULAR COMO INSTRUMENTO PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS : UMA BREVE ANÁLISE UTILIZANDO DINÂMICA DE SISTEMAS

EMMANUELLE SOARES DE CARVALHO FREITAS

RESUMO

A população mundial cresce de forma exponencial, o que pode ser interpretado como aumento de crescimento econômico por meio da necessidade de consumo, que seguindo os padrões atuais dos sistemas produtivos, representam um considerável aumento nas quantidades de resíduos sólidos gerados. Assim, a economia circular que compreende a recuperação de materiais a partir de fontes secundárias, pode representar uma solução para a gestão dos resíduos sólidos por meio de sistemas circulares que possam reinserir esses recursos em novos ciclos produtivos ao invés de serem descartados de forma inadequado quando chegam ao seu fim de vida útil. Como base metodológica para identificar os importantes fatores que possam facilitar a gestão desses resíduos, o presente estudo propõe a aplicação dos conceitos da economia circular como ferramenta para compreensão e análise da gestão de resíduos sólidos utilizando o modelo de loop causal da dinâmica de sistemas por meio do *software* Vensim PLE que permite uma visão panorâmica completa das variáveis selecionadas, assim como visualização da circularidade da cadeia reversa dos resíduos sólidos. Os resultados obtidos por meio do modelo conceitual e causal da dinâmica de sistemas indicam que a utilização desses resíduos sólidos como insumo produtivo, sendo reintegrado em novos ciclos produtivos, recuperando valor de materiais que seriam descartados inadequadamente por estarem sem utilidade, podem representar um conjunto de boas práticas, contribuindo para a sustentabilidade deste processo, promovendo a consolidação da economia circular no Brasil e a conscientização da população acerca da importância da destinação adequada dos rejeitos, dessa forma, corroborando para a mitigação de efeitos nocivos ao meio ambiente que o descarte inadequado desses resíduos podem trazer.

Palavras-chave: Economia Circular; Resíduos Sólidos; Dinâmica de Sistemas, Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional atrelado ao ritmo imposto pelo consumo, exigem soluções que estejam associadas ao compromisso de sustentabilidade do país, impulsionando a necessidade de ações que abordem uma perspectiva conjunta de inovação e sustentabilidade em todos os setores produtivos. A crescente geração de resíduos de sólidos, que devido ao consumo e às rápidas inovações de mercado perdem seu valor e tornam-se rapidamente obsoletos com um ciclo de vida reduzido.

Desta forma, a interatividade entre os sistemas produtivos e econômicos para atender a demanda desta sociedade que cresce de forma acelerada, explora de forma exaustiva os recursos naturais, ocasionando diversas consequências ambientais, demonstrando a

necessidade da adoção de novos modelos de negócios que possam garantir a sustentabilidade nas práticas de produção e consumo.

Assim, a economia circular (EC) pode contribuir para a transformação de resíduos em insumos produtivos. A EC pode possibilitar a reinserção destes resíduos dentro de novas cadeias produtivas, verificando as possíveis mitigações de impactos negativos que esses resíduos trazem ao meio ambiente e saúde humana em decorrência da inadequada destinação (WEETMAN, 2019).

Verifica-se, portanto, a inevitabilidade da transição de uma economia que apresenta um modelo tradicional (linear) seguindo um determinado padrão “*produce-use-dispose*”, que se baseia no uso de fontes não renováveis e finitas, com descarte de forma inapropriada para uma economia circular, que por sua vez pressupõe sistemas regenerativos, restaurativos e circulares (EMF, 2013) (Tabela 1).

Tabela 1: Modelo tradicional (Linear) x Modelo Restaurativo (Circular)

	MODELO LINEAR	MODELO CIRCULAR
RESÍDUOS SÓLIDOS	Exploração	Coleta
		Separação
	Extração	Destinação ambientalmente correta
	Produção	Reciclagem
	Comercialização	Reuse
	Consumo	Mercado secundário

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Alguns países desenvolveram legislações e normas específicas para o gerenciamento de resíduos sólidos dentre os quais se destacam: o Brasil, com a Lei nº 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define, em seu artigo 7º, a ordem de prioridade na gestão dos resíduos sólidos no país da seguinte forma: não geração, redução, reaproveitamento, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos, bem como a disposição de resíduos. Com base nesse entendimento, todos os processos de tomada de decisão relacionados à gestão de resíduos sólidos no país devem ser priorizados (BRASIL, 2010). Vale ressaltar que o desenvolvimento de propostas que atendam aos requisitos legais é fundamental para consolidar as práticas relacionadas à EC.

Há um amplo esforço envolvendo diversos setores, uma cooperação dos setores formais e informais para tentar minimizar os impactos negativos que o descarte inadequado desse tipo resíduo pode causar ao meio ambiente e à saúde humana. Assim, a transformação de um resíduo após o seu fim de vida útil representa uma valorização desta matéria-prima, através da utilização noutros processos.

A utilização de um novo modelo econômico pautado na economia circular, que faz uso de tecnologias baseadas na reinserção dos resíduos e produtos pós-consumo na cadeia produtiva, visando ampliar as oportunidades e perspectivas na cadeia de produção, permitindo

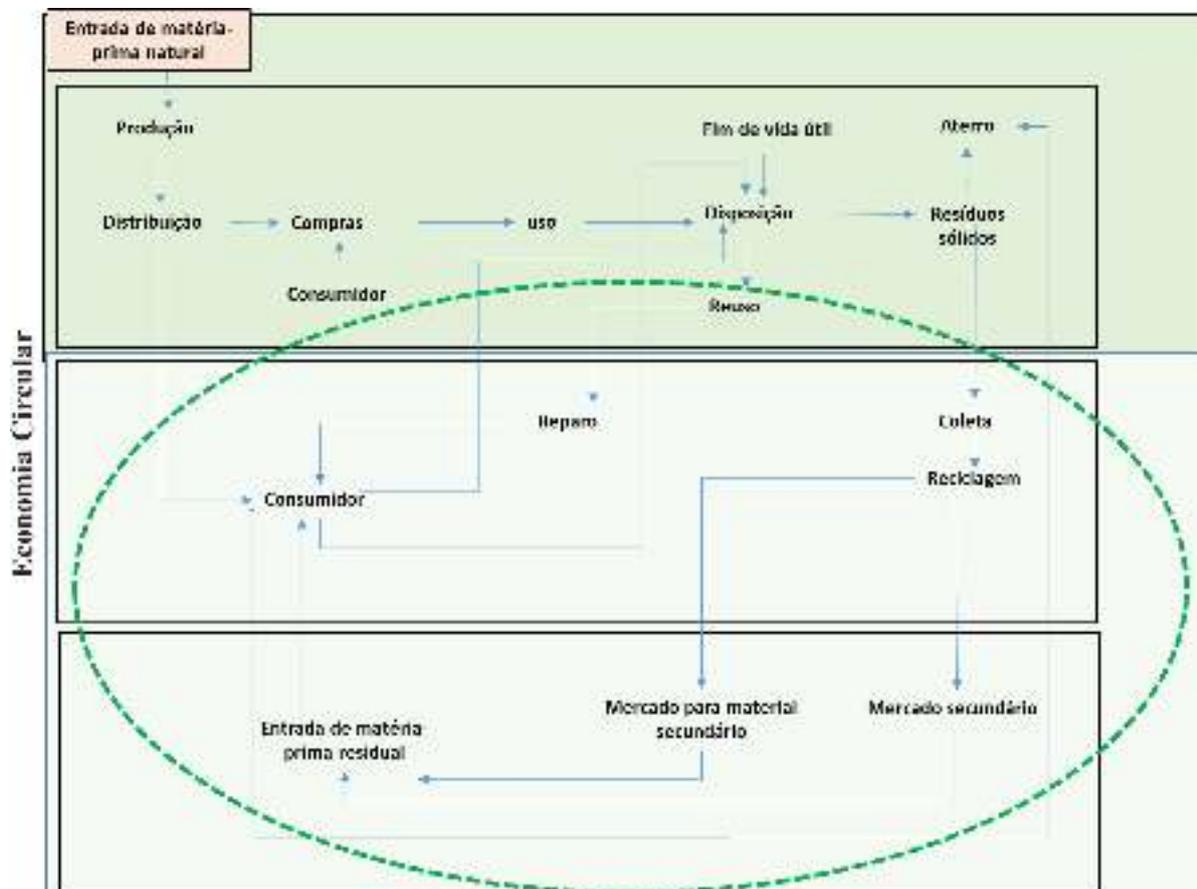
que o resíduo de um processo se torne matéria-prima de outro, maximizando e priorizando o uso e aproveitamento de recursos de fontes secundárias, evitando o uso de recursos naturais. Desta forma, contribuindo para soluções que estejam associadas ao compromisso de sustentabilidade do país, impulsionando a necessidade de ações que abordem uma perspectiva conjunta de inovação e sustentabilidade.

Assim, o presente artigo apresenta uma avaliação da economia circular como instrumento para a gestão dos resíduos sólidos, por meio de um modelo estruturado e causal de dinâmica de sistemas, apresentando uma possível solução para a circularidade dos recursos, coordenando sistemas de produção e consumo em circuitos fechados.

2 METODOLOGIA

Este resumo expandido qualitativo buscou, de forma exploratória e descritiva, aplicada a contribuir por meio da economia circular para a gestão dos resíduos sólidos, com análise de dados secundários e aplicada em relação a proposição de um modelo de sistema de ciclo fechado, consolidando aspectos relacionados a gestão de resíduos sólidos como insumo produtivo, por meio da utilização de um modelo integrativo baseado nos conceitos da economia circular. Desta forma, torna-se possível analisar o beneficiamento de novos mercados, por meio da sinergia entre as indústrias e do compartilhamento dos produtos, realizando um intercâmbio de materiais para serem usados como insumos produtivos, estruturando um ciclo fechado de produção. De posse das informações apresentadas e analisadas até aqui foi possível a concepção do Sistema de Economia Circular (SEC) para a gestão adequado dos resíduos sólidos, reinseridos como matéria- prima e promovendo o beneficiamento de outras indústrias a partir da reutilização desses resíduos (Figura 1).

Figura 1: Sistema de Economia Circular (SEC) para a gestão dos resíduos sólidos



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Como proposta metodológica foi utilizada a Dinâmica de sistemas (DS) para a análise de dois dos fatores que exercem influência sobre a gestão de resíduos sólidos. Para isto, foi necessário identificar algumas variáveis através dos seguintes passos:

- (1) estudo exploratório e descritivo, elaborado a partir de informações relevantes sobre o estudo;
- (2) construção de um modelo de loop causal (ciclo fechado) que represente a situação a ser estudada, utilizando o *software* VENISM PLE.

O modelo conceitual de DS, estabelece uma ligação entre as variáveis que serão analisadas e qualquer alteração em uma dessas variáveis afeta uma ou mais variáveis, através de seus fluxos de forma dinâmica. Dentro do SD, existem processos de feedback, onde cada ação produz uma reação no sistema, alterando o estado deste sistema (STERMAN *et al.*, 2015).

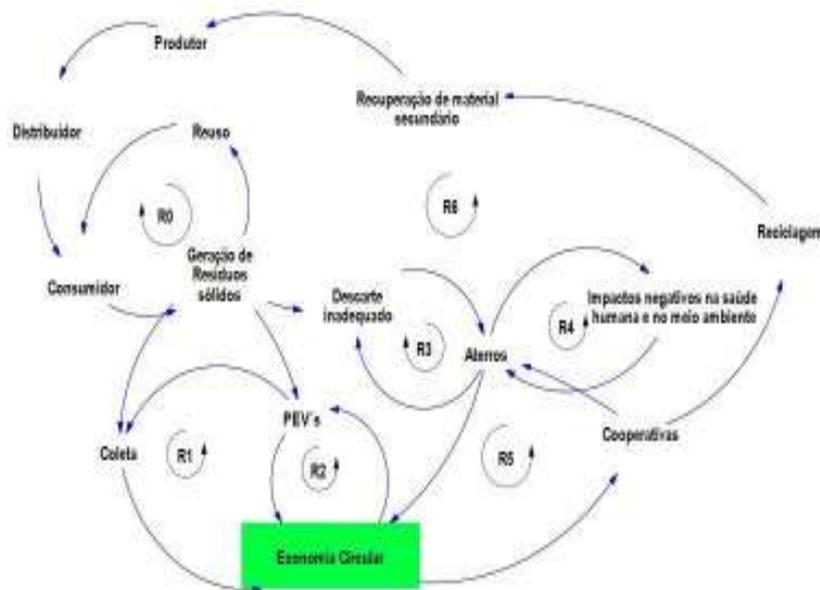
DS permite analisar cadeias de eventos circulares (loops) por meio de diferentes tipos de diagramas e a partir dele é possível expressar graficamente um sistema, por meio do uso de *software*, possibilitando a visualização do comportamento e dinâmica das relações de um sistema e suas variáveis. A escolha da dinâmica de sistemas como parte da metodologia deste estudo se deu pela possibilidade de analisar a dinâmica de funcionamento dos elos que envolvem a cadeia da gestão de resíduos sólidos por meio de análises qualitativas (através do diagrama de causa e efeito) sob a ótica dos princípios da economia circular.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inserção de matérias-primas secundárias, como solução alternativa para a os resíduos sólidos, pode ser parte importante da futura conjuntura do desenvolvimento sustentável em âmbito nacional. Baseado nos dados dos fatores estudados, foi possível verificar que a econômica circular pode apresentar benefícios ambientais imensuráveis, visto que pode corroborar para a gestão adequada dos resíduos sólidos e minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto.

Em Relação ao modelo desenvolvido e as variáveis apresentadas, estas proporcionam diversas interpretações, contudo, para análise foram apresentadas no modelo de loop causal, as variáveis que apresentam maior relevância com o objetivo deste artigo (Figura 2).

Figura 2: Diagrama de loop causal dos fatores que exercem influência sobre a gestão de resíduos sólidos.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Os fatores mencionados no diagrama de causal, representam um ponto importante no embasamento para a proposta de gestão dos resíduos sólidos. A longo prazo, as variáveis em verde podem representar uma peça importante no desafio para a consolidação deste modelo circular, uma vez que a adoção desse modelo, representa uma solução alternativa para os desafios ambientais e econômicos na tentativa de evitar o desequilíbrio e degradação ambiental relacionado ao impacto que o descarte deste resíduo traz ao meio ambiente e possivelmente pode evitar a dependência de matérias-primas naturais.

Assim como as variáveis em azul que está vinculado a valorização de um recurso secundário, diversificando os insumos disponíveis para comercialização/consumo, sendo cada vez mais capaz de atender a demanda da sociedade. Por fim, é importante ressaltar que este artigo teve foco em fornecer informações interessantes sobre a eficácia da economia circular para a gestão de resíduos sólidos, mas não esgotou todas as possíveis outras variáveis que possam integrar esse sistema, para isto precisariam ser avaliadas outras categorias, entre outros fatores.

4 CONCLUSÃO

Devido as preocupação com práticas sustentáveis, a circularidade em resíduos sólidos é uma área emergente de consideração e a análise qualitativa dos fatores que exercem alguma influência sobre a gestão desses resíduos, mostra que sob a luz das dimensões econômica e ambiental, a utilização da economia circular como instrumento para a gestão adequada dos resíduos sólidos, está completamente associado as metas da ONU para 2030 (ODS), demonstrando ser contrário a um desenvolvimento econômico desenfreado como se as fontes de recursos naturais fossem inesgotáveis e que prioriza a valorização e conservação do meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010 b. EMF - Ellen Macarthur Foundation. **Towards the circular economy: Opportunities for the consumer goods sector.** Ellen MacArthur Foundation, 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS-ONU. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em www.nacoesunidas.org. Acessado em Abril de 2023.

STERMAN, J. D. *et al.*, **System dynamics perspectives and modeling opportunities for research in operations management**. Journal of Operations Management, 2015.

WEETMAN, C. **Economia circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. São Paulo: 2019.