






GESTÃO DE COPRODUTOS E ECONOMIA CIRCULAR: GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DO PÓ DE ACIARIA ELÉTRICA

CO-PRODUCT MANAGEMENT AND CIRCULAR ECONOMY: GENERATION AND DISPOSAL OF ELECTRIC ARC FURNACE DUST

Valderlânia Lavínia de Melo Belarmino*  E-mail: valderlanialavinia@hotmail.com
Matheus Vinicius Barbosa da Silva*  E-mail: mvenicios02@gmail.com
Isabela Maria da Silva*  E-mail: isabela.engenharia25@gmail.com
Rebeca Lemos Ferreira Vasconcelos*  E-mail: rebecalemos_eng.pesca@hotmail.com
Mario Mardone da Silva*  E-mail: mario.mardone@grupounibra.com

*Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA), Recife, PE, Brasil.

Resumo: A sustentabilidade tem se tornado cada vez mais evidente tanto nas empresas quanto no mercado. A preocupação com o meio ambiente e a qualidade de vida está levando as empresas, especialmente as siderúrgicas, a buscar algumas alternativas para a reutilização e recuperação dos resíduos gerados em seus processos de produção. O objetivo geral deste estudo foi evidenciar a importância da gestão de coprodutos e da economia circular na geração e na destinação do pó de aciaria elétrica (PAE). De modo específico, buscou-se descrever como funciona o fluxo da gestão e da geração do coproduto, além de mostrar a importância da utilização das ferramentas aplicadas à melhoria da gestão do resíduo. Foi realizada uma pesquisa exploratória quanto aos objetivos que tem como ponto focal explorar possibilidades e cenários que ainda não foram descobertos, classificando-se como pesquisa básica quanto a natureza que tem como objetivo principal o avanço do conhecimento científico, sem nenhuma preocupação com a aplicabilidade imediata dos resultados a serem colhidos. Aplicado para a coleta de dados foi utilizado a pesquisa bibliográfica. Foi possível concluir através do estudo que todas as indústrias necessitam de resultados positivos, principalmente quando nos referimos a geração de resíduos e o descarte ambientalmente correto, ou até mesmo a destinação dos resíduos gerados como possível substituição de matérias primas, ou seja, o seu retorno a um processo produtivo. Vale ressaltar que a apresentação do modelo de Economia Circular mostrou-se válido e benéfico para a indústria siderúrgica, devido às vantagens de reintegrar os resíduos ao processo ou enviá-los como matéria-prima para outro tipo de indústria. Essa forma de consumo resultará em ganhos para a sociedade como um todo.

Palavras-chave: Economia circular. Coprodutos. Pó de aciaria. Aciaria elétrica.

Abstract: Sustainability has become increasingly evident in both companies and the market. Concern for the environment and quality of life is leading companies, especially steelmakers, to look for alternatives for reusing and recovering the waste generated in their production processes. The general aim of this study was to highlight the importance of co-product management and the circular economy in the generation and disposal of electric steel mill dust (EAP). Specifically, the aim was to describe how the flow of management and generation of co-products works, as well as to show the importance of using the tools applied to improving waste management. This was an exploratory study in terms of its objectives, which focus on exploring possibilities and scenarios that have not yet been discovered, and a basic study in terms of its nature, whose main objective is to advance scientific knowledge, without

any concern for the immediate applicability of the results to be obtained. Bibliographical research was used to collect the data. It was possible to conclude through the study that all industries need positive results, especially when we refer to the generation of waste and environmentally correct disposal, or even the destination of the waste generated as a possible substitute for raw materials, that is, its return to a production process. It is worth noting that the presentation of the Circular Economy model proved to be valid and beneficial for the steel industry, due to the advantages of reintegrating waste into the process or sending it as raw material to another type of industry. This form of consumption will result in gains for society as a whole.

Keywords: Circular economy. Co-products. Steel mill dust. Electric steel mill. Steel industry.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade tem se tornado cada vez mais evidente tanto nas empresas quanto no mercado. A preocupação com o meio ambiente e a qualidade de vida está levando as empresas, especialmente as siderúrgicas, a buscar algumas alternativas para a reutilização e recuperação dos resíduos gerados em seus processos de produção. Foi a partir da segunda metade da década de 1970 que surgiu um debate mais intenso sobre a degradação do meio ambiente relacionada ao aumento dos padrões de consumo, e ao crescimento da produção industrial (Jabbour; Santos, 2007).

É de grande importância não só no setor ambiental, mas também socioeconômico a gestão de coprodutos no ramo siderúrgico (Peña-Alfaro, 2010). As indústrias siderúrgicas são grandes geradoras de resíduos característicos dos seus processos (Carbonaro, 2016). Buscando uma alternativa ambientalmente correta para reutilizar ou descartar esses resíduos, dentre eles destaca-se o pó de aciaria elétrica. As siderúrgicas comercializam os coprodutos como matérias primas para outros setores do meio industrial e encontram maneiras de reutilizá-los em seu próprio processo produtivo (Carbonaro, 2016).

O pó de aciaria elétrica é um coproduto oriundo da fabricação do aço, que é uma liga de ferro e carbono contendo pequenas quantidades de elementos como silício, manganês, fósforo e enxofre e ainda através desse método, é empregado um sopro de ar para oxidar os elementos do ferro-gusa para então formar o aço (Costa; Escorsim; Costa, 2007). Atualmente no mercado o pó de aciaria é comercializado como matéria-prima em substituição ao zinco na fabricação de ligas metálicas.

Atualmente, conforme Araújo (1997) citado por Costa, Escorsim, Costa (2007), ele afirma que atualmente existem duas rotas básicas para a produção do aço, sendo que no Brasil os Fornos a Oxigênio (BOF) correspondem a aproximadamente 80% do

ação bruto produzido. Esse tipo de produção gera impactos ambientais, devido a extração de grandes quantidades de matéria prima o que ocasiona na elevada geração de resíduos.

O pó de aciaria elétrica (PAE) é um resíduo sólido perigoso Classe I, que demanda um grande investimento por parte das organizações. Conforme publicado no site Radar Industrial a destinação para aterros desse coproduto custa cerca de US\$100,00 a tonelada, sendo assim são gastos mensalmente aproximadamente US\$130.000,00 por mês. Devido aos altos valores com a destinação para aterros e visando a diminuição do impacto ambiental é necessário por parte das empresas uma revisão do ciclo de vida do produto.

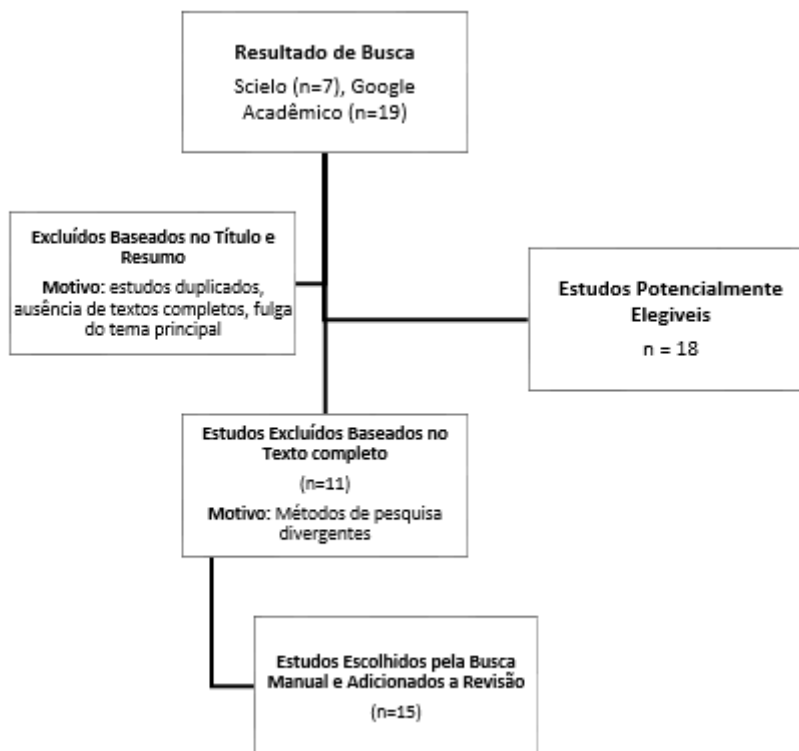
Dessa forma a produção nas siderurgias geram impactos ambientais, promovendo por parte das empresas a necessidade de desenvolvimento de ações e projetos sustentáveis. Assim a Economia Circular propõe o fechamento dos processos produtivos lineares, com a reinserção dos resíduos no ciclo produtivo, minimizando a disposição no ambiente e a extração de matéria prima (Foster; Roberto; Igari, 2016).

O presente estudo tem como foco principal responder a seguinte problemática: como a gestão de coprodutos em conjunto com a economia circular pode contribuir em relação ao processo de geração e a destinação do pó de aciaria elétrica, para minimizar o possível envio do coproduto para aterros?

2 METODOLOGIA

Este estudo apresentado conta com a abordagem qualitativa e teve como foco uma pesquisa bibliográfica sobre a Gestão e a Geração do Coproduto de Pó de Aciaria e a Aplicabilidade da Economia Circular sob a reutilização e destinação deste material.

Figura 7 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Criado pelo autor.

Este trabalho teve como finalidade a realização de um estudo com o objetivo de compreender a gestão de coprodutos e a aplicabilidade da Economia Circular sobre a geração e a destinação do Pó de Aciaria Elétrica. A classificação da pesquisa quanto aos seus objetivos, se divide em dois grandes grupos: básica quanto à natureza e exploratória quanto aos objetivos.

A pesquisa descritiva tem o objetivo de descrever as características de um fenômeno, e utiliza técnicas padronizadas de coleta de dados, através de livros, revistas e trabalhos acadêmicos. No caso dessa pesquisa foram consultados e lidos 26 artigos, dos quais apenas 15 foram realmente aproveitados e utilizados, artigos esses datados entre os anos de 1982 a 2022, devido à complexidade do assunto.

Entre os critérios para seleção dos artigos foram usadas as seguintes palavras-chave: economia circular, coprodutos, pó de aciaria, aciaria elétrica e siderurgia em arte nacionais e internacionais através da plataforma do Google Acadêmico para obter embasamento teórico e também para ser analisado ao longo dessa pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as indústrias necessitam de resultados positivos, principalmente quando nos referimos a geração de resíduos e o descarte ambientalmente correto, ou até mesmo a destinação dos resíduos gerados como possível substituição de matérias primas, ou seja, o seu retorno a um processo produtivo. As empresas necessitam dos ganhos ambientais e econômicos com ênfase em uma sociedade educada ambientalmente e saudável.

No Quadro 1 apresentam-se as principais informações dos artigos selecionados, que foram responsáveis pela elucidação dos resultados.

Quadro 1 - Informações dos artigos selecionados

| RESÍDUOS GERADOS PELAS SIDERÚRGICAS | AUTORES |
|-------------------------------------|-------------------|
| Pó de aciaria | RAMOS, 2013 |
| | FERREIRA, 2016 |
| Escória granulada de alto forno | PAGIO et al, 2022 |
| Escória de alto forno resfriada | |
| Terra do shredder | |

Fonte: Autor (2023).

Conforme visto no Quadro 1 e após analisar os artigos selecionados pode-se notar que, nesses trabalhos as oportunidades para aproveitamento e reutilização dos resíduos gerados pelas siderúrgicas são importantes para a sustentabilidade na indústria produtora de aço, principalmente naquelas com fornos elétricos e alto fornos. A comercialização e emprego desses resíduos em diversos segmentos industriais têm levado as siderúrgicas a uma nova ideologia sobre a questão do gerenciamento desses co-produtos, onde a geração de receita através da sua reciclagem, substituindo parte das matérias-primas até então aplicadas nos próprios processos têm contribuído bastante para a expansão dessa prática, enfatizando a preocupação das empresas com o desenvolvimento sustentável da sociedade.

Conforme observa-se no Quadro 2, através dos artigos selecionados foi possível analisar a influência da economia circular na gestão de resíduos não somente para se eximir dos parâmetros exigidos pela legislação, mas principalmente visando a reinserção desses resíduos em ciclos produtivos e sua disposição ambientalmente correta.

Quadro 2 - Informações dos artigos selecionados

| ECONOMIA CIRCULAR E GESTÃO DE COPRODUTOS | AUTORES |
|---|------------------------------|
| Gestão de resíduos | COSTA, ESCORSIM, COSTA, 2007 |
| Geração de receita através da reciclagem | |
| Economia Circular | LEITÃO, 2015 |
| Reinserção no ciclo produtivo | FOSTER, ROBERTO, IGARI, 2016 |
| Gestão de resíduos | AZEVEDO, 2015 |
| Comercialização dos coprodutos | CARBONARO, 2016 |
| Redução da geração de resíduos | ARAUJO, 2002 |
| Sustentabilidade nas empresas brasileiras | DYLLICK E HOCKERTS, 2002 |
| Economia circular nas empresas | STAHEL, 1982 |

Fonte: O próprio autor (2023).

A implementação da economia circular vem trazendo impactos positivos em termos econômicos, ambientais e sociais. Ao analisar os instrumentos de implantação dessas ferramentas, previstos na Lei de Resíduos Sólidos e no decreto que a regulamenta, pode-se notar que ainda deverão ser instituídos alguns mecanismos para torná-los eficazes, e a eficácia é a qualidade daquilo que se consegue atingir com os resultados planejados.

Conforme observado por Carbonaro (2016), ao analisar que, com a comercialização dos coprodutos, a siderurgia além de não ter o custo para dispor esse material corretamente, ainda possui um faturamento até maior do que 3,1% de sua receita total, constata-se a importância dessa gestão comercial e sua contribuição para redução de custos e faturamento da empresa.

Quadro 3 - Informações dos artigos selecionados

| VENDA, DESCARTE E DESTINAÇÃO DE COPRODUTOS | AUTORES |
|---|-----------------|
| Comercialização dos coprodutos | CARBONARO, 2016 |
| Caracterização do pó de aciaria elétrica | RAMOS, 2013 |
| Viabilidade de processos de aproveitamento | |
| Racionalização dos processos através da diminuição do impacto ambiental | ARAUJO, 2002 |
| Diminuição de energia na produção do aço | MILESI, 2015 |

Fonte: O próprio autor (2023).

Conforme analisado no Quadro 3, foi possível observar que nesses estudos a análise de comercialização dos coprodutos além de não gerar custos para as siderúrgicas, pode potencialmente elevar a receita das empresas e fixar o seu compromisso ambiental e socioeconômico.

Conforme foi observado por Araújo (2022), pode-se verificar bem as possibilidades de se reduzir, na fonte, os resíduos gerados, medida que possibilita às empresas de vários setores aumentarem sua competitividade através da racionalização dos processos e consequentemente a redução do impacto ambiental.

3.1 Co-processamento de pó de aciaria elétrica na fabricação de ligas ZAMAK (ZAMAC)

O uso do pó de aciaria elétrica (PAE) no processo de fabricação das ligas ZAMAK é uma atividade que consiste em incorporar o pó, comumente considerado um resíduo da indústria siderúrgica, como matéria-prima na produção das ligas de Zamak. Zamak é uma liga de zinco, alumínio, magnésio e cobre utilizada na fundição de peças metálicas. A fabricação das ligas Zamak é uma prática sustentável e economicamente benéfica, pois permite reintegrar um subproduto industrial em um novo ciclo de produção. Isso contribui para o uso eficiente de recursos, redução de resíduos e preservação de matérias-primas, além de promover a sustentabilidade e conformidade ambiental.

3.2 Reciclagem do pó de aciaria elétrica como matéria-prima na fabricação de materiais cerâmicos argilosos (cerâmica vermelha) e reutilização do coproduto na fabricação de fritas cerâmicas

A inclusão do pó de aciaria elétrica (PAE) na fabricação de cerâmica vermelha é uma abordagem favorável para o meio ambiente que pode trazer benefícios tanto para a indústria cerâmica quanto para o meio ambiente. O pó de aciaria elétrica é um subproduto da produção de aço que é composto por partículas finas contendo ferro e outros elementos. O pó de aciaria elétrica geralmente contém óxidos metálicos, incluindo o ferro, que podem ser úteis na produção de cerâmica vermelha, uma vez que esses óxidos podem contribuir para a cor desejada. A reutilização do PAE pode reduzir os custos de matérias-primas para a indústria cerâmica, tornando o processo de fabricação mais eficiente em termos de gastos. Para reutilizar o pó de aciaria elétrica, geralmente é combinado com outras matérias-primas cerâmicas, como argilas, em proporções adequadas.

Esse pó pode ser acrescentado à mistura de argila durante o processo de preparação da pasta cerâmica. Ademais, o reuso do PAE na produção de cerâmica vermelha contribui para a sustentabilidade, uma vez que minimiza o desperdício de resíduos provenientes da indústria siderúrgica e a necessidade de extrair matérias-primas naturais.

Em resumo, utilizar o pó resultante da aciaria elétrica na fabricação de cerâmica vermelha pode ser uma prática ambientalmente consciente e economicamente

vantajosa, desde que seja realizada com cautela e em conformidade com as regulamentações, assegurando a qualidade final do produto cerâmico. Estudos e pesquisas são fundamentais para determinar as melhores abordagens para a incorporação desse material na produção cerâmica.

A estratégia de utilizar o PAE na fabricação de fritas cerâmicas revela-se promissora ao setor cerâmico, pois traz benefícios tanto para a economia quanto para o meio ambiente. As fritas cerâmicas são revestimentos especiais aplicados em produtos cerâmicos para aprimorar suas características, como cor, brilho e resistência ao desgaste. Para garantir os resultados desejados, é indispensável a realização de testes em laboratório, a fim de determinar a proporção ideal do pó de aciaria elétrica a ser empregado, bem como avaliar seus impactos nas cores e nas propriedades das fritas cerâmicas. Além disso, essa prática apresenta um sentido de responsabilidade ambiental, pois reduz significativamente o desperdício de resíduos gerados pela siderurgia e diminui a necessidade de utilização de matérias-primas naturais.

3.3 Retorno do pó de aciaria elétrica ao processo produtivo

A reintrodução do PAE no ciclo de produção é uma prática vantajosa tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental na indústria. Essa técnica envolve utilizar novamente o material reciclado durante o processo produtivo. Antes de incorporar o PAE novamente, é necessário analisá-lo e prepará-lo de acordo com as especificações necessárias, como classificar o material e remover impurezas, se houver. São realizados testes de qualidade antes da reintrodução para garantir que o pó de aciaria elétrica não cause impactos negativos nas propriedades do produto final, incluindo avaliações de resistência, durabilidade, aparência e outras características relevantes.

No processo de produção, é imprescindível manter um controle rigoroso para garantir que o PAE seja reintegrado nas quantidades e condições corretas. Dessa forma, é assegurada a consistência e a qualidade dos produtos finais. A reintegração do PAE permite economizar matérias-primas naturais, resultando em redução dos custos de produção e contribuindo para a sustentabilidade ao minimizar a exploração de recursos naturais. Além disso, essa prática reduz a quantidade de resíduos gerados pela indústria, minimizando o impacto ambiental ao reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários ou incineração.

3.4 Funcionamento da gestão de coprodutos quanto a armazenagem e destinação do pó de aciaria elétrica

É de extrema importância que o pó de aciaria elétrica (PAE) seja identificado e separado de outros materiais, a fim de evitar qualquer tipo de contaminação. O armazenamento desse material deve ser feito em áreas cobertas, para protegê-lo da chuva e evitar umidade, além de reduzir a exposição ao sol.

Utilizar recipientes apropriados, como tambores ou contêineres hermeticamente fechados, é necessário para reduzir o risco de vazamentos e preservar a qualidade do coproduto. É também essencial manter registros detalhados sobre a quantidade e as condições do PAE armazenado, visando um controle preciso.

Doar resíduos em aterros de Categoria 1 pode ser uma maneira eficiente de prolongar a vida útil desses locais de descarte. Os aterros de Categoria 1 são projetados para receber resíduos perigosos e não perigosos de forma segura e controlada, priorizando a preservação do meio ambiente. É essencial garantir que o Plano de Aceitação de Resíduos (PAR) seja adequado para ser depositado nos aterros de Categoria 1, ou seja, que não represente riscos significativos para o ambiente ou a saúde pública. É necessário consultar as leis e regulamentações locais e nacionais para garantir que a doação de resíduos esteja em conformidade com as normas aplicáveis. O pó de aciaria elétrica precisa ser devidamente caracterizado e classificado antes de ser doado, assegurando que o aterro possa recebê-lo e gerenciá-lo de acordo com sua capacidade e restrições. Após a doação, o aterro deve realizar um monitoramento constante dos resíduos para garantir que não causarão problemas ambientais ou riscos à saúde a longo prazo.

3.5 Importância da economia circular na destinação do pó de aciaria elétrica

A economia circular tem como objetivo minimizar o desperdício e incentivar a reutilização de recursos. No contexto da economia circular, o resíduo industrial conhecido como pó de aciaria elétrica (PAE) é considerado um recurso valioso, que pode ser reutilizado, transformado ou reciclado em novos produtos ou processos.

Além de reduzir os impactos ambientais, a destinação inadequada de resíduos industriais, como o PAE, pode causar problemas significativos ao meio ambiente.

A economia circular busca mitigar esses impactos ao reutilizar o material, evitando a necessidade de extrair novas matérias-primas e reduzindo a quantidade de resíduos depositados em aterros. A reutilização do PAE também contribui para a economia de recursos naturais, como minérios e minerais, que seriam utilizados como alternativas na produção de aço ou outros produtos cerâmicos. Dessa forma, a economia circular colabora para a preservação de recursos escassos e valiosos.

A economia circular se harmoniza com normas ambientais que fomentam a diminuição dos detritos e a sustentabilidade. Ao adotar práticas de economia circular, as empresas têm a possibilidade de se conformar a tais regulamentações e, ainda, serem reconhecidas como uma abordagem responsável e sustentável, aprimorando a imagem corporativa e atraindo consumidores que prezam pela responsabilidade social e a sustentabilidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria siderúrgica sempre foi reconhecida por sua importância no desenvolvimento econômico das nações, pois oferece os materiais necessários para a infraestrutura, suprimindo as indústrias da construção, da produção de bens e do consumo. Além disso, esse setor se destaca por contribuir de forma significativa para o Produto Interno Bruto e a geração de empregos. A demanda por produtos siderúrgicos é mais elevada durante períodos de crescimento econômico, nos quais os esforços para implementar a infraestrutura econômica e expandir os setores industriais se intensificam.

Nesse estudo, podemos concluir que as oportunidades para aproveitar o PAE são essenciais para garantir a sustentabilidade na indústria do aço, principalmente nas fábricas que possuem aciarias elétricas. A pesquisa nos permitiu analisar os processos existentes e considerar informações válidas. É importante ressaltar que não é viável generalizar os métodos, uma vez que a composição varia de acordo com as especificidades de cada indústria (como matéria-prima, tipo de forno, aço produzido, entre outros).

Isso nos leva a concluir que apenas estudando a amostra do resíduo será possível obter resultados específicos para PAEs com uma certa ampliação. Acreditamos que através das análises laboratoriais como os que utilizam equipamentos como o espectrômetro é possível detectar claramente o alto teor de

zinco, assim como as porcentagens de ferro, chumbo e cloro, o que nos faz pensar no grande potencial do resíduo como fonte de zinco, além da necessidade de tratamento e beneficiamento devido à presença de metais pesados e cloretos.

Espera-se que as áreas relacionadas à siderurgia, com pouca ou média colaboração nas atividades de Vendas Especiais, tenham conhecimento sobre a importância da comercialização dos subprodutos. Dessa maneira, podem-se dedicar mais à colaboração nessas atividades. Quanto aos setores bem avaliados, é esperado que continuem empenhados em obter melhores resultados nos processos.

Ao analisar a comercialização dos subprodutos, percebe-se que além de evitar o custo de descarte correto desses materiais, a siderurgia ainda gera uma receita um pouco maior que sua receita total. Isso evidencia a importância da gestão comercial e sua contribuição na redução de custos e no aumento da receita da empresa. No entanto, ainda é possível tomar algumas ações para melhorar o desempenho e o potencial de geração de receita desse setor.

Com base na conclusão de que o estudo do PAE é uma possível fonte de zinco, a análise dos processos de aproveitamento se concentra naqueles que recuperam esse elemento e agregam valor ao resíduo. A primeira sugestão, é claro, é utilizar o material nos processos de fabricação de ligas ZAMAK, bem como reintroduzir esse material no ciclo de produção. Outra sugestão, mais adequada à situação atual do mercado, é o co-processamento dessa amostra na forma de adições em argilas vermelhas, no entanto, é necessário pesquisar e garantir que ocorra imobilização e que o material permaneça inerte aos metais pesados durante todo o processo.

A apresentação do modelo de Economia Circular mostrou-se válido e benéfico para a indústria siderúrgica, devido às vantagens de reintegrar os resíduos ao processo ou enviá-los como matéria-prima para outro tipo de indústria. Essa forma de consumo resultará em ganhos para toda a sociedade. Além dos benefícios de economia de recursos, eficiência energética e vantagem competitiva, no longo prazo, esse modelo é o que o planeta precisa para preservação e bem-estar da sociedade.

Isso envolve a mudança de hábitos de consumo, assim como a gestão e a reciclagem de resíduos. Ao considerar os conceitos de outras inovações, percebe-se que qualquer tipo de inovação deve gerar ganhos para a empresa, como lucratividade, aumento das vendas, redução de custos, diversificação de mercado, ampliação do

portfólio de produtos e maior competitividade. No entanto, é possível unir a inovação à redução de resíduos e à minimização dos impactos ambientais.

Considerando a vasta quantidade de recursos bibliográficos, das experiências já conhecidas e do conhecimento adquirido durante a produção deste trabalho, chega-se à conclusão de que apenas a exploração e o aprimoramento das práticas das diferentes possibilidades poderão resultar em conclusões precisas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Alexandre Feller de et al. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa**: estudo em uma empresa do setor de construção civil. 2002. Acesso em: 12 set. 2024.

AZEVEDO, Juliana Laboissière. A economia circular aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11., 2015, Anais [...]. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.exemplo.br>. Acesso em: 15 set. 2024.

BÁNKUTI, Sandra Mara Schiavi; BÁNKUTI, Ferenc Istvan. Gestão ambiental e estratégia empresarial: um estudo em uma empresa de cosméticos no Brasil. **Gestão & Produção**, v. 21, p. 171-184, 2014. Acesso em: 20 set. 2024.

CARBONARO, Fernanda Amaral et al. **Gestão de coprodutos do aço**: um caso da siderurgia nacional. 2016. Acesso em: 25 set. 2024.

COSTA, Verlaine Lia; ESCORSIM, Sérgio; COSTA, Deneive Leonor. **Processo produtivo e produção de aço**: a inserção do Grupo Gerdau S.A. no cenário mundial. 2007. Acesso em: 26 set. 2024.

DYLLICK, Thomas; HOCKERTS, Kai. Além do business case para a sustentabilidade corporativa. **Estratégia empresarial e meio ambiente**, v. 11, n. 2, p. 130-141, 2002. Acesso em: 10 ago. 2024.

FERREIRA, Felipe Buboltz. **Obtenção de pelotas autorredutoras com poeira de aciaria elétrica para uso em fornos elétricos a arco**. 2016. Acesso em: 12 ago. 2024.

FOSTER, Allan; ROBERTO, Samanta Souza; IGARI, Alexandre Toshiro. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 2016, São Paulo. Anais [...]. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.exemplo.br>. Acesso em: 15 out. 2024.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. Marketing para o século XXI. In: KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. cap. 1, p. 1-31. Acesso em: 15 ago. 2024.

LEITÃO, Alexandra. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o século XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, v. 1, n. 2, p. 149-171, 2015. Disponível em: <https://www.exemplo.br>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MARTINS, Nuno Ornelas. **O renascimento da economia política em Cambridge**. London: Routledge, 2013. Acesso em: 18 ago. 2024.

Biografia dos Autores

Valderlânia Lavínia de Melo Belarmino

Bacharelado em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA.

Matheus Vinicius Barbosa da Silva

Bacharelado em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão da Qualidade e Melhoria Contínua pela Universidade Estácio de Sá.

Isabela Maria da Silva

Bacharelado em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. Pós-Graduação Lato Sensu em Product Management pelo Centro Universitário União das Américas Descomplica.

Rebeca Lemos Ferreira Vasconcelos

Bacharelado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/SEDE) Licenciada em Ciências Agrícolas e Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/SEDE) Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura PPG-RPA - UFRPE/SEDE.

Mario Mardone da Silva

Licenciatura em matemática pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção PPGEF - UFPE/ CAA e Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares (PROTEN - UFPE).



Artigo recebido em: 07/05/2024 e aceito para publicação em: 17/01/2025

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v25i4.5274>