

A GESTÃO DE RESÍDUOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS SOB A ÓTICA DA ECONOMIA CIRCULAR

Alice Fernandes Pinto

E-mail: alice.pinto.adm@gmail.com

Universidade da Amazônia

Ana Lidia Ferreira de Sousa

E-mail: analidiasousa18@gmail.com

Universidade Federal do Pará

Marcia Athayde Moreira

E-mail: athayde.marcia@gmail.com

Universidade da Amazônia/ Universidade Federal do Pará

Cyntia Meireles Martins

E-mail: cyntiamei@hotmail.com

Universidade da Amazônia/ Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a literatura nacional e internacional acerca do aproveitamento dos resíduos sólidos de manganês, em busca de evidências de circularidade desses subprodutos, tomando como base analítica a economia circular. Metodologicamente, este trabalho foi elaborado a partir de revisão bibliográfica de artigos nacionais e internacionais presentes na base Periódicos Capes, realizada por meio de filtros, tendo sido selecionados para esta pesquisa os 10 artigos mais relevantes que tratam dos temas de interesse da pesquisa. Os resultados evidenciaram estudos que enfocam aspectos técnicos acerca do reaproveitamento dos resíduos do manganês, tendo sido encontrado apenas um estudo sob a ótica da economia circular. Assim, de forma geral, denota-se a necessidade de estudos acerca da economia circular do resíduo de manganês no Brasil, os quais visem maior compreensão acerca do modelo na indústria de mineração. Dessa forma, sugere-se para pesquisas futuras, investigações acerca da utilização dos resíduos de manganês em suas várias possibilidades, dentro de um escopo maior que o técnico, avaliando conjuntamente seus efeitos sociais e no meio ambiente sob a ótica da economia circular, de forma a contribuir ainda mais para a gestão eficaz desses resíduos.

Palavras-Chave: resíduos sólidos; minério de manganês; economia circular.

Eixo Temático 1: Governança, Gestão Socioambiental e cooperação de redes interorganizacionais.

1. INTRODUÇÃO

São inegáveis os impactos socioambientais resultantes das atividades da mineração, principalmente, no que tange ao acúmulo de resíduos, que decorrem da extração de minérios ou do seu beneficiamento, surgindo a necessidade de uma destinação ambientalmente correta a esses resíduos. Simultaneamente, a gestão de resíduos minerais tem conquistado cada vez mais espaço no âmbito industrial, pois, envolve uma série de ações e práticas capazes de contribuir para minimização de impactos ambientais e, também, para a geração de oportunidades de negócios.

Dentro desse parâmetro, dentre os diversos resíduos oriundos da atividade mineral, destaca-se o minério de manganês. O manganês ocupa um papel importante no país por ser um minério de recurso natural, destacando sua essencialidade na produção de ferro, ligas e aço, no qual a produção brasileira tem se mantido em segundo lugar no *ranking* mundial desde o ano de 2001, o que reflete na geração de resultados positivos para a economia brasileira (DIAS; CAXITO, 2018). Sendo assim, o manganês destaca-se como importante bem mineral, do qual a demanda vem crescendo nos últimos anos estimulado pela indústria de aço, um dos principais produtos comercializados globalmente (DIAS; CAXITO, 2018).

O manganês é um mineral pertencente à família do ferro sendo um metal de cor prata cinzenta, duro e quebradiço. Segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (2016), o manganês está entre os elementos mais abundantes da crosta terrestre. Além disso, sua grande província mineral se localiza no estado do Pará na Serra dos Carajás, sendo detentor da produção de 2,05 milhões de toneladas, o que correspondeu a 72,9% de toda a produção de concentrado de manganês do país em 2016. Assim, destaca-se como maior fornecedor do minério de manganês do país (DNPM, 2016).

Para fins de aplicação, classifica-se o minério entre metalúrgico e não metalúrgico. Para a indústria são destinados, aproximadamente, 85% da produção nacional de minério metalúrgico, sendo, o restante (15%), destinado a indústria de pilhas e indústrias químicas (BRASIL, 2011). Para fins não metalúrgicos, destaca-se a utilização do manganês na fabricação de fertilizantes, reagentes químicos, tintas, cerâmicas, entres outros. Ressalta-se que o manganês possui grande utilidade como nutriente de solos. Além disso, quando assume a forma de sulfato de manganês é aplicado como elemento nutriente e introduzido por pulverização nas plantas (REIS, 2010).

De acordo com Rodrigues *et al.* (2014), os resíduos de mineração são destinados para indústrias não-metalúrgicas, que após o processo de beneficiamento do minério, podem ser reutilizados na confecção de pilhas e baterias, assim como, na produção de oxidantes para corantes, aromatizantes, além de possuir grande utilidade na agricultura, na produção de fungicidas e na fabricação de fertilizantes.

Por outro lado, enquanto a extração desse minério tem sido realizada em larga escala, este fator tem cada vez mais destinado espaço para o acúmulo de resíduos, ressaltando a necessidade da realização de gestão ambiental efetiva que envolva o adequado gerenciamento dos resíduos. Nesse contexto, tendo em vista a pluralidade e benefícios do referido minério, busca-se alternativas de destinação aos resíduos, posto que seu acúmulo gera uma série de impactos socioambientais.

Vale destacar que a Lei 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos que estabelece normas e diretrizes relativas à gestão e ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Para Maia *et al.* (2014), a PNRS apresenta uma nova proposta de gerir os resíduos sólidos, isto é, destacam que a Lei representa a inovação por envolver mecanismos como planos de gestão, logística reversa e a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis, tendo em vista que no âmbito legislativo nunca tinha se dado significativa importância à problemática dos resíduos. Complementando o raciocínio anterior, Lavnitck, Baum e Becegato (2018), ressaltam que a PNRS iguala a situação do Brasil em relação aos países desenvolvidos.

Por seu turno, faz-se necessário estabelecer práticas que visem o reuso dos resíduos decorrentes do beneficiamento do minério de manganês, e que podem ser enquadrados em um sistema eficaz de gestão de

resíduos, como previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010). Nestes termos, cabe notar o potencial de estudo por meio da temática da economia circular, o qual visa que os materiais passem a ser utilizados em mais de um ciclo (por meio de reciclagem, reuso ou recuperação de recursos “secundários”) maximizando seu valor e utilidade, contribuindo para diminuição dos resíduos e, a geração de benefícios socioeconômico e ambientais, considerando que não há apropriação dos recursos naturais primários (HOUSE OF COMMONS, 2014).

Em relação ao objeto desse estudo, diante do contexto econômico, socioambiental e legal no qual está inserido o minério de manganês, cabe destacar a importância da introdução do conceito de economia circular. Embora recente, incorpora adequadamente a problemática, pois, viabiliza que produtos e serviços circulem de modo eficiente, isto é, elimina os desperdícios, na qual possibilita que os materiais técnicos sejam realocados na produção e os materiais biológicos possam retornar para cadeia de alimentos e a agricultura (AZEVEDO, 2015). Para Murray, Skene e Haynes (2017), a economia circular é uma das mais significativas escolas de pensamento em desenvolvimento sustentável, a qual prevê a restauração de qualquer dano causado na aquisição de recursos, minimizando a geração de desperdícios ao longo do processo produtivo e durante o período de vida desse produto.

Logo surge a seguinte questão de pesquisa: ***de que forma ocorre a economia circular dos resíduos de minério de manganês?*** Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a literatura nacional e internacional acerca do aproveitamento dos resíduos sólidos de manganês, em busca de evidências de circularidade desses resíduos por meio da abordagem da economia circular.

Justifica-se esta pesquisa pela importância relativa do minério de manganês na economia (MDIC, 2018), conseqüentemente, refletindo na grande geração de resíduos e a necessidade acerca da correta destinação aos resíduos. Por se tratar de uma discussão inicial, a problemática abre espaço para novas investigações na área.

2. ECONOMIA CIRCULAR

Embora o termo Economia Circular (EC) ser considerado atual, o seu conceito surge na década de 1970, com a ruptura do modelo econômico linear (AZEVEDO, 2015), cujo *design* produtivo decorre de extrair, transformar e descartar. Por outro lado, a característica principal da economia circular é a inovação (AZEVEDO, 2015), já que, conforme Bonciu (2014), a diferença fundamental entre a EC e a economia linear consiste no fato que na primeira, produtos, serviços e processos industriais são projetados e concebidos de forma regenerativa e restauradora desde o *design*, permitindo um ciclo de vida mais longo e a possibilidade de serem reparados, atualizados ou restaurados.

De acordo com Abdalla e Sampaio (2018), a economia circular não se preocupa apenas com a minimização dos descartes de produtos, mas oferece alternativas que tornam possível a diminuição da extração de recursos naturais, que são destinadas às matérias-primas utilizados nos processos produtivos fabris.

Seguindo a linha de raciocínio, esse modelo inovador visa especificamente o aproveitamento e reaproveitamento de produtos industrializados, desde sua concepção e até mesmo após sua reutilização, a qual se denomina como ciclo de vida útil (ABDALLA; SAMPAIO, 2018).

Para Leitão (2015), o conceito circular da economia foi alargado às questões ambientais, nas quais a ideia está centrada na utilização do excedente físico do processo produtivo e consumo e subprodutos gerados, o que antes era resíduo agora poderá dar origem a um novo produto. Ainda de acordo com a autora, esse modelo apresenta novas oportunidades de negócios para enfrentar com êxito um mercado cada vez mais competitivo. Na visão de Urbinati, Chiaroni e Chiesa (2017), no âmbito industrial da Economia Circular, o objetivo está em alcançar um produto de alto valor agregado, minimizando a produção de resíduos. Para isso, as empresas devem centrar seus esforços na garantia de uma prática efetiva em relação ao reuso dos produtos.

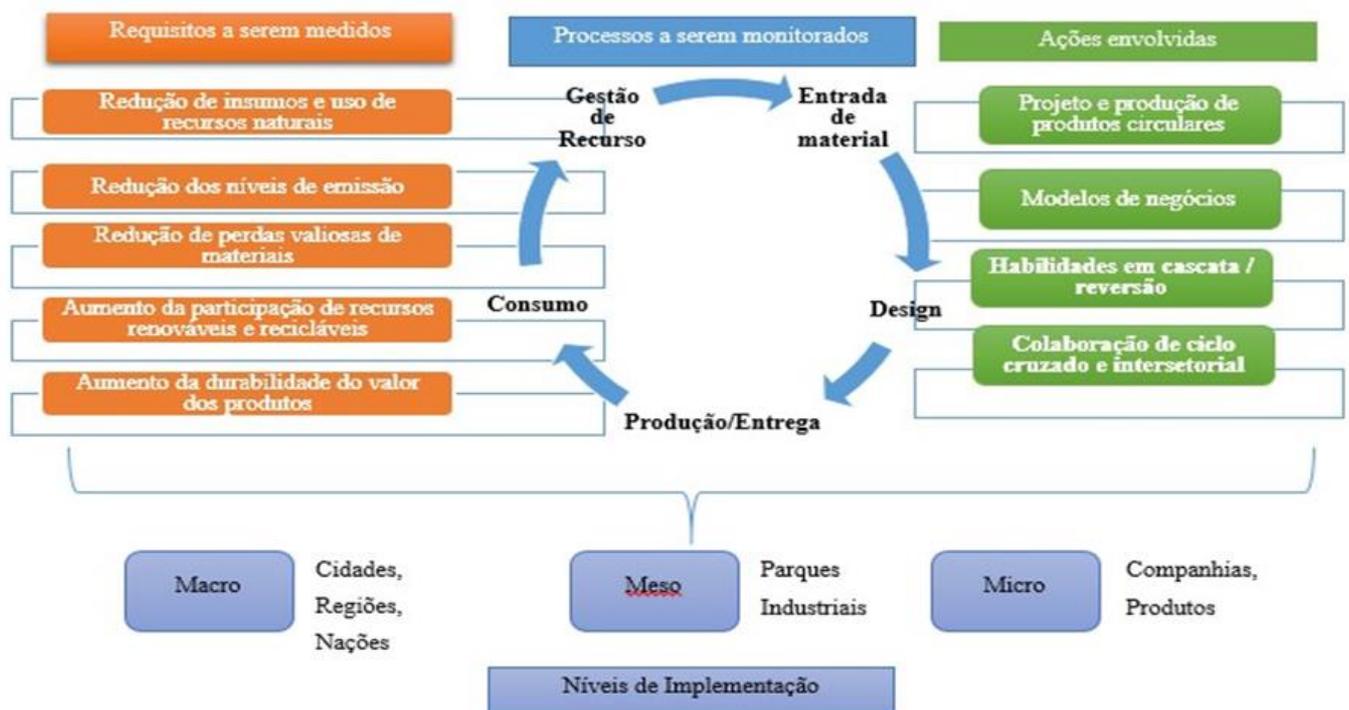
Conforme Borschiver e Tavares (2018), a economia circular se apresenta como um modelo alternativo de sustentabilidade que visa manter o fluxo de recursos e produtos em sua maior utilidade, apresentando uma abordagem mais integrada em relação aos resíduos que possam ser transformados em novos recursos. Diante disto, no modelo circular, os resíduos tornam-se recursos a serem recuperados por intermédio da reciclagem e reutilização (SEHNEM; PEREIRA, 2019; GREGSON *et al.*, 2015).

Dentro desse contexto, Korhonen, Honkasalo e Seppälä (2018) discorrem em seus estudos sobre dois objetivos da economia circular:

- O objetivo ambiental, que é a redução do consumo de materiais primários e os insumos de energia, pela aplicação de ciclos de materiais e cascatas de energia baseadas em renováveis, que reflete na limitação do fluxo de produção a um nível em que a natureza suporte; e,
- O objetivo econômico, que é a redução de matéria-prima do processo de produção e custos de energia, além da implementação de uma gestão de resíduos.

Corroborando com a discussão, Elia, Gnoni e Tornese (2017) propõem uma estrutura de quatro níveis que correspondem aos processos a serem monitorados para auxiliar à medida da adoção do paradigma da economia circular que são: os processos a serem monitorados; as ações envolvidas; os requisitos a serem medidos e; os níveis de implantação do paradigma da economia circular. A estrutura é apresentada esquematicamente na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura adoção da economia circular



Fonte: Adaptado de Elia, Gnoni e Tornese (2017).

Analisando a partir da proposta de Elia, Gnoni e Tornese (2017), a partir do objeto desse estudo, cabe ressaltar que no tocante da indústria de mineração, observa-se que já existem práticas dentro da cadeia produtiva da mineração para otimizar seus processos e, que talvez, alguns experimentos do setor mineral já podem estar relacionados ao modelo circular (DUTHIE; LINS, 2017).

3. METODOLOGIA

Metodologicamente, este trabalho foi elaborado a partir de revisão bibliográfica de artigos nacionais e internacionais presentes na base Periódicos Capes, realizada por meio de filtros, abrangendo a teoria da economia circular, resíduos de minério de manganês, e enfim, reaproveitamento dos resíduos de minério de manganês, abordando seus benefícios, características e importância de reuso. Foram selecionados para esta pesquisa os 10 artigos mais relevantes que tratam dos temas de interesse da pesquisa no período entre 2008 e 2019.

As palavras-chaves utilizadas foram “economia circular” e suas correspondentes em inglês “circular economy”; “resíduos de manganês” e “manganese waste”; “reuso dos resíduos de manganês” e “reuse of manganese waste”. Foram critérios de exclusão artigos publicados antes de 2008 e os que estão concentrados na área técnica.

Ao realizar a busca foram encontrados um total de 34 artigos. Após a leitura dos artigos, notou-se que grande parte não atendiam os critérios deste estudo, assim, priorizou-se os 10 artigos que mais cumpriram com o propósito da pesquisa, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da busca e seleção de artigos relevantes

Base de Dados	Artigos Totais	Artigos Aceitos
Periódicos Capes	34	10

Fonte: Elaborado pelas autoras.

4. REAPROVEITAMENTO DO MINÉRIO DE MANGANÊS

A produção dos minerais apresenta, em relação as etapas do processo produtivo, a preparação da área, extração, beneficiamento e comercialização do minério. No que tange a extração, a retirada é feita a céu aberto, sendo extraído o mineral que contém algum teor economicamente favorável. Após esse processo, o minério é encaminhado para o beneficiamento, que consiste na preparação dos minerais de forma granulométrica por métodos físicos ou químicos sem alterar a composição química destes. Como consequência desta etapa, são gerados grandes volumes de resíduos, que após a produção ficam dispostos em pilhas, por empilhamento a seco ou em barragens (BRASIL, 2015).

O minério de manganês possui a capacidade de ser altamente oxidante utilizado na forma de sais complexos nas reações de oxirredução. Sua utilização em produtos químicos é um novo uso em desenvolvimento, também aplicado na fabricação de produtos farmacêuticos. Além disso, o manganês pode ser utilizado como substituto do chumbo na adição à gasolina, pois, o minério é solúvel na gasolina, óleo e álcool etílico, geralmente substituindo o chumbo, assim, contribuindo para minimização de danos ao meio ambiente (REIS, 2010).

Estudos de Lima, Vasconcelos e Silva (2008) acerca do reaproveitamento de resíduos de mineração, que em seus experimentos utilizaram a flotação para concentração de resíduos realizando o descarte com granulometria inferior a 0,106mm, obtiveram recuperação metalúrgica do minério de até 63%. Enquanto Rodrigues et al. (2014), investigaram os efeitos do manganês na produção de cerâmica argilosa tendo como objetivo a avaliação do nível de incorporação ao referido minério sem prejuízo das propriedades dos produtos. Com isso, a partir de corpos de provas contendo variadas quantidades de rejeito resultou-se que os resíduos melhoram as propriedades do material, aumentando a resistência das peças mecânicas (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Outro estudo utilizando cerâmica, consistiu na constatação da possibilidade de aplicação do resíduo de manganês como matéria prima de cerâmicas vermelhas para blocos de vedação, a qual resultou em um aumento na resistência à flexão na cerâmica de referência. Além disso, utilizando uma outra abordagem, sendo a diminuição da temperatura de queima para produção cerâmica resultou ainda em um aumento na

resistência. Portanto, como resultado final obteve-se que a adição de resíduos de manganês ao processo de produção da cerâmica vermelha é viável do ponto de vista técnico (CASTRO, 2011).

Ainda em relação a resistência, Nascimento (2015) em seus estudos com tijolo de solo cimento analisou as propriedades e durabilidade do referido material com a adição de resíduo de manganês. Os resultados obtidos evidenciaram que mínimas quantidades de material se desprendem do tijolo, a qual denotou-se certa resistência satisfatória e mínimas chances de liberação do mineral ao meio ambiente.

Em relação ao uso do resíduo de manganês na produção de concreto, Salguero *et al.* (2014) estudaram a aplicação do resíduo da Península Ibérica utilizando-o em forma de pó como substitutivo por parte do agregado miúdo. Dessa forma, os testes experimentais evidenciaram a viabilidade da aplicação do material quanto à resistência a compressão. Seguindo a mesma linha de estudo Yang *et al.* (2014), investigaram a aplicação do resíduo de manganês eletrolítico para produção de concreto de cimento de enxofre, nas quais foram exploradas as propriedades mecânicas, microestrutura e durabilidade. Sendo assim, resultaram-se em novas amostras de concreto com alta resistência e excelente durabilidade ambiental.

Em estudo mais recente, Duthie e Lins (2017) citam práticas realizadas pela mineração que se enquadram dentro da perspectiva da economia circular, que são duas:

- Exploração ou prospecção mineral, a qual propõem aumentar a efetividade dessa atividade pré-mineração com a quantificação de outros minerais de interesse econômico; e,
- Lavra mineral por intermédio do aproveitamento do ponto de vista econômico dos estéreis de lavra e beneficiamento de minérios através do reaproveitamento dos rejeitos finais em outras atividades produtivas.

Nesse sentido, observou-se que os estudos acerca da incorporação da economia circular aos resíduos da mineração, o que inclui os resíduos de manganês, ainda são iniciais e existe grande espaço para mais investigações a fim de obter novas constatações, notadamente no setor mineral.

No que tange os estudos internacionais selecionados acerca do reuso do manganês, observou-se que as pesquisas presentes na literatura internacional também se concentram na área técnica, a qual surge a necessidade de uma série de conhecimentos específicos para a realização da análise. Assim, elaborou-se um quadro apresentando os estudos encontrados na literatura internacional, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Artigos Literatura Internacional

AUTOR	TÍTULO DO ARTIGO	OBJETIVO	RESULTADOS
Chandra, Amritphale e Pal (2011)	Recuperação de manganês a partir de recursos secundários: O processo verde para redução carbotérmica e lixiviação de resíduos perigosos de manganês	Desenvolver um processo de tratamento carbotérmico utilizando óleo de baixa densidade (LDO) seguido por lixiviação de ácido sulfúrico, afim de recuperar o teor de manganês da lama anódica.	Cerca 95% do manganês disponível na lama ânodo é recuperado.
Kovács <i>et al.</i> (2017)	Estudo Exalação de Resíduo Argila Manganês e Usabilidade Na Produção de Tijolos	Neste estudo, as características da argila manganês é tratada termicamente para a produção de tijolo.	À luz dos resultados, a reutilização de argila de manganês como aditivo de tijolo é possível, sem quaisquer restrições.

(Continua)

Quadro 1 - Artigos Literatura Internacional

(Continuação)

AUTOR	TÍTULO DO ARTIGO	OBJETIVO	RESULTADOS
Peng <i>et al.</i> (2018)	Recuperação de Ferro e Manganésio a partir de Ferro-Manganês por Rolamento Resíduos de Torrefacção de Várias Etapas e a Separação Magnética	Recuperação do ferro e manganésio a partir de resíduos de altos de manganês que contêm ferro de manganês em resíduos de manganês.	Este estudo demonstra que a combinação de torrefacção e a separação magnética fornece um processo promissor para a recuperação do ferro e manganésio a partir de resíduos.
Yu <i>et al.</i> (2019)	Uma nova abordagem para a recuperação de manganês no local de águas residuais.	O presente estudo proporciona uma técnica sustentável para resolver os problemas de tratamento de efluentes industriais contendo metais pesados.	Verificou-se que o podem ser reciclados dentro deste sistema.
Lv <i>et al.</i> (2019)	Comportamentos biolixiviação de silício e metal em resíduo de manganês electrolítico utilizando bactérias silicato	Investigar os efeitos de origem bacteriana sobre a ativação de silício e fixação de metais pesados no Resíduo Eletrolítico de Manganês.	O método não só fornece fonte de silício para o solo, mas também pode realizar a recuperação de EMR.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Um ponto que chama atenção é que, tanto no âmbito nacional quanto internacional está sendo discutido, pela literatura recente, formas de reaproveitamento de Manganês. No entanto, os estudos são limitados a uma análise técnica, sem apresentar uma discussão acerca das questões ambientais ou mesmo dentro da ótica da economia circular.

Reforça-se então a ideia que, acerca do reaproveitamento do manganês, os estudos ainda são limitados aos aspectos técnico, tanto na literatura internacional quanto da literatura nacional, onde apenas um trabalho foi encontrado, o de Duthie e Lins (2017) que se aproximava de uma discussão da recuperação do manganês sob a ótica da economia circular.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a literatura nacional e internacional acerca do aproveitamento dos resíduos sólidos de manganês, em busca de evidências de sua análise sob a ótica da economia circular. Nesse sentido, foi possível observar que a discussão acerca da economia circular no âmbito do minério de manganês ainda encontra muito espaço para novas pesquisas, dada a quantidade limitada de estudos encontrados.

No que diz respeito aos estudos que enfocam aspectos técnicos acerca do reaproveitamento dos resíduos, constatou-se variadas pesquisas em relação ao reuso do manganês na produção de concreto, tijolos, e principalmente, de cerâmicas, assim, resultando em materiais com excelente resistência. Ao contrário do que esperava, não foram encontrados estudos com ênfase no reaproveitamento do resíduo de manganês na agricultura, o que proporcionaria a circularidade do resíduo no manganês, incorporando-o em outra cadeia produtiva como matéria-prima.

De forma geral, denota-se a necessidade de estudos acerca da economia circular do resíduo de manganês no Brasil, os quais visem maior compreensão acerca do modelo na indústria de mineração, e futuramente,

sua implementação na prática. Além de estudos acerca implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) voltada para o minério de manganês, observa-se que ainda falta efetividade em relação às práticas de gerenciamento de resíduos no país.

Dessa forma, sugere-se para pesquisas futuras, investigações acerca da utilização dos resíduos de manganês em suas várias possibilidades, dentro de um escopo maior que o técnico, avaliando conjuntamente seus efeitos sociais e no meio ambiente sob a ótica da economia circular, de forma a contribuir ainda mais para a gestão eficaz desses resíduos

REFERÊNCIAS

ABDALLA, F. A.; FREIRE SAMPAIO, A. C. **Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular**. 2018

AZEVEDO, J. L. A Economia Circular Aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. In: **Anais... Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. 2015.

BORSCHIVER, S.; TAVARES, A. Economia circular e o setor energético. **Boletim de Conjuntura**, n. 6, p. 8-13, 2018.

BONCIU, F. The European economy: from a linear to a circular economy historical models and concepts regarding economy and society: some past and present concerns on the not so clear and bright future of humankind, **Romanian J. Eur. Aff**, 14 (4), 2014. p. 78-91.

BRASIL. **Lei Federal Nº 12.305/2010** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União - DOU de 03/08/2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 08 jun. 2019.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. Brasília: DNPM, v. 31, 125 p., 2011.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. Brasília: DNPM, v. 35, 135 p., 2015.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. Brasília: DNPM, v. 31, 135 p., 2016.

CASTRO, C. G. **Estudo do aproveitamento de rejeitos do beneficiamento do Manganês pela indústria cerâmica**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da rede Temática. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2011.

CHANDRA, N.; AMRITPHALE, S. S.; PAL, D. Manganese recovery from secondary resources: A green process for carbothermal reduction and leaching of manganese bearing hazardous waste. **Journal of hazardous materials**, v. 186, n. 1, p. 293-299, 2011.

DIAS, T. G.; CAXITO, F. **MANGANÊS**. Disponível em: <<http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Manganes.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2019.

DUTHIE, A. C.; LINS, F. A. F. A economia circular e o papel da mineração. 2017.

ELIA, V.; GNONI, M. G.; TORNESE, F. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2741-2751, 2017.

- GONÇALVES, E.; SERFATY, A. **Perfil analítico do manganês**. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1976.
- GREGSON, N. et al. Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. **Economy and Society**, v. 44, n. 2, p. 218-243, 2015.
- HOUSE OF COMMONS. **Growing a circular economy: Ending the throwaway society**. HC-214. Londres: House of Commons/ Environmental Audit Committee, 2014.
- IBRAM. **A INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO E A PROMOÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA DO BRASILEIRO**. Disponível em: < <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005649.pdf>> Acesso em: 08. Jun. 2019.
- IBRAM. **GESTÃO E MANEJO DE Rejeitos da Mineração**. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>> Acesso em: 08 jun. 2019.
- LAVNITCKI, L.; BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A. POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS: ABORDAGEM DA PROBLEMÁTICA NO BRASIL E A SITUAÇÃO NA REGIÃO SUL. **AMBIENTE & EDUCAÇÃO-Revista de Educação Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 379-401, 2018.
- LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, v. 1, n. 2, 2015.
- LIMA, R. M. F.; VASCONCELOS, J. A.; SILVA, G. R.. Flotação aniônica de rejeito de minério de manganês. Rem: Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, vol.61, n.3, p.337-342, set. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-4672008000300012&>> Acesso em: 12 jun. 2010.
- LV, Y. et al. Bioleaching behaviors of silicon and metals in electrolytic manganese residue using silicate bacteria. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 901-909, 2019.
- KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological economics**, v. 143, p. 37-46, 2018.
- KOVÁCS, *et al.* Radon exhalation study of manganese clay residue and usability in brick production. **Journal of environmental radioactivity**, v. 168, p. 15-20, 2017.
- MAIA, H. J. L. et al. Política Nacional de resíduos sólidos: um marco na legislação ambiental brasileira. **Revista Questões Contemporâneas**. Rio de Janeiro, Vol. 13, No. 1, 2014.
- MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017.
- NASCIMENTO, A. C. S. **Tijolo Solo Cimento com Adição de Rejeito de Manganês do Sudeste Paraense**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. Belém, 2015.
- PENG, Ning et al. Recovery of iron and manganese from iron-bearing manganese residues by multi-step roasting and magnetic separation. **Minerals Engineering**, v. 126, p. 177-183, 2018.
- REIS, E. L. **Caracterização e Tratamento de alguns Minérios de Manganês Utilizados para a produção de Ferro-Ligas, com Ênfase no comportamento do As, Pb, Cd, Hg e Zn**. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2010.
- DUTHIE, A. C.; LINS, F. A. F. A economia circular e o papel da mineração. 2017.

RODRIGUES, L. dos S. et al. **Avaliação tecnológica de cerâmicas tradicionais incorporadas com rejeito do minério de manganês.** Rem: Cerâmica, São Paulo, vol.60, n.356, p.580-585, dez. 2014. Disponível em:

<<<http://www.scielo.br/pdf/ce/v60n356/v60n356a18.pdf>>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

SALGUERO, F. et al. **Recycling of manganese gangue materials from waste- dumps in the Iberian Pyrite Belt – Application as filler for concrete production.** *Construction and Building Materials* 54, p. 363 – 368, 2014.

SEHNEM, S.; PEREIRA, S. C. F. Rumo à Economia Circular: Sinergia Existente entre as Definições Conceituais Correlatas e Apropriação para a Literatura Brasileira. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*, v. 18, n. 1, p. 35-62, 2019.

SILVA, A. P. M.; VIANA, J. P.; CAVALCANTE, A. L. B. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas.** Disponível em: <

[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%
c3%b3stico_2012.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%c3%b3stico_2012.pdf)> Acesso em: 11 jun. 2019.

URBINATI, A.; CHIARONI, D.; CHIESA, V. Towards a new taxonomy of circular economy business models. *Journal of Cleaner Production*, v. 168, p. 487-498, 2017.

YU, Chen et al. A novel approach for recovery of manganese from on-site manganese-bearing wastewater. *Journal of Cleaner Production*, v. 227, p. 675-682, 2019.