

O uso de rejeitos de minério de ferro como matéria-prima alternativa na produção de tijolos de cimento

The use of iron mining waste as an alternative raw material in the production of cement bricks

Afonso de Oliveira Costa¹

Dara da Costa Bernardo²

Davi Araújo Quaresma Lemos³

Nathan Dos Santos Silva⁴

332

Resumo: As crescentes preocupações ambientais relacionadas à mineração levaram a numerosos estudos sobre a viabilidade de reutilizar materiais residuais da mineração. Este artigo discute como o uso de resíduos de mineração na produção de tijolos de cimento pode criar uma fonte sustentável de matérias-primas para a indústria da construção. Embora os tijolos de cimento sejam um material de construção popular, seu processo de produção pode ter efeitos prejudiciais ao meio ambiente devido às grandes quantidades de matérias-primas extraídas de locais de mineração. O uso de resíduos de mineração como uma alternativa de matéria-prima na produção de tijolos de cimento não apenas reduz o desperdício, mas também apresenta uma oportunidade de reduzir as emissões de carbono e o impacto ambiental. Apesar dos benefícios potenciais do uso de resíduos de mineração na construção, há preocupações em relação ao impacto desses materiais nos ecossistemas e nas comunidades locais. As operações de mineração frequentemente impactam negativamente fontes de água próximas, a qualidade do solo e os níveis de poluição do ar. Além disso, depender exclusivamente de resíduos de mineração como fonte de matérias-primas pode não ser viável a longo prazo devido à disponibilidade limitada e à qualidade variável de materiais de diferentes minas. Este artigo destaca a natureza inovadora dessa estratégia, que tem o potencial de revolucionar a indústria da construção promovendo metodologias sustentáveis e reduzindo o desperdício. No entanto, enfatiza a importância de não comprometer a degradação ambiental ou o bem-estar das comunidades afetadas. O artigo cita o exemplo do pequeno estado de Goa, na Índia, onde está se tornando cada vez mais difícil encontrar espaço para descartar as enormes quantidades de resíduos gerados pela indústria da mineração, e mostra problemas semelhantes enfrentados pelo Brasil.

¹ Bacharel em Engenharia Civil. Email:acostaptu@hotmail.com

² Bacharel em Engenharia Civil. Email:daracosta95@icloud.com

³ Possui graduação em Física pela Universidade de Brasília (2011), graduação em Programa Especial de Formação de Docente pela Faculdade do Noroeste de Minas (2017) e mestrado em Geociências Aplicadas pela Universidade de Brasília (2013). Atualmente é professor da educação técnica e tecnológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. E-mail: davi.lemos@ifg.edu.br

⁴ Bacharel em Engenharia Civil. Email:nathamsantossilva31@gmail.com

Recebido em 01/04/2023

Aprovado em 01/05 /2023

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



Palavras Chave: resíduos de mineração, tijolos de cimento, sustentabilidade

Abstract: The growing environmental concerns related to mining have led to numerous studies on the feasibility of reusing mining waste materials. This article discusses how the use of mining wastes in the production of cement bricks can create a sustainable source of raw materials for the construction industry. Although cement bricks are a popular construction material, their production process can have harmful effects on the environment due to the large amounts of raw materials extracted from mining sites. The use of mining wastes as an alternative raw material in cement brick production not only reduces waste but also presents an opportunity to reduce carbon emissions and environmental impact. Despite the potential benefits of using mining wastes in construction, there are concerns regarding their impact on ecosystems and local communities. Mining operations often negatively impact nearby water sources, soil quality, and air pollution levels. Additionally, relying solely on mining wastes as a source of raw materials may not be viable in the long term due to limited availability and variable quality of materials from different mines. This article highlights the innovative nature of this strategy, which has the potential to revolutionize the construction industry by promoting sustainable methodologies and reducing waste. However, it emphasizes the importance of not compromising environmental degradation or compromising the well-being of affected communities. The article cites the example of the small state of Goa, India, where it is becoming increasingly difficult to find space to dispose of the enormous amounts of waste generated by the mining industry, and shows similar problems faced by Brazil.

333

Keywords: mining waste, cement bricks, sustainability

1. INTRODUÇÃO

As crescentes preocupações ambientais relacionadas à mineração levaram a numerosos estudos sobre a viabilidade de reutilização de materiais residuais da mineração (YELLISHETTY et al., 2008). Exemplos desses estudos incluem o desenvolvimento de blocos estruturais de baixa densidade e alta resistência a partir de resíduos da mineração (GUERRA et al., 2019); o uso de resíduos de minério na produção de cimento para tijolos rejeitados (TRC) (ESPOSITO et al., 2011); a adição de resíduos da extração de minério de ferro à argila do Rio Grande do Norte (CHAVES, 2009); a utilização e reciclagem de resíduos de concentração de minério de ferro na produção de pavimentos e cerâmicas (SILVA, 2014); a caracterização de resíduos de minério de ferro de minas da Vale (WOLFF, 2009); e a utilização de resíduos da extração de minério de ferro para a produção de cerâmicas vermelhas (NOCITI, 2011).

Os materiais de construção desempenham um papel crucial na indústria da construção. Sem esses materiais, os projetos de construção não seriam possíveis. Um dos materiais de construção mais importantes é o tijolo de cimento (Talang & Sirivithayapakorn, 2016). Os tijolos de cimento são comumente feitos misturando cimento, areia e água em um

molde. Esses tijolos são conhecidos por sua durabilidade, resistência e qualidade duradoura (Mumpembe et al., 2020).

Embora os tijolos de cimento sejam, sem dúvida, um material de construção popular, o processo de fabricação pode ter efeitos prejudiciais ao meio ambiente. Para atender à demanda de produção de cimento, os fabricantes frequentemente extraem grandes quantidades de matérias-primas de locais de mineração (Ramirez et al., 2020). No entanto, o processo de mineração muitas vezes resulta em um grande volume de materiais rejeitados que são deixados sem uso e prejudicam o meio ambiente.

Em resposta a essa preocupação crescente, pesquisadores e especialistas estão explorando formas alternativas de produzir tijolos de cimento de maneira sustentável. Uma das soluções promissoras é usar rejeitos de mineração como matéria-prima alternativa na produção de tijolos de cimento (Machado et al., 2015).

Por meio da implementação desse método, não apenas a redução de resíduos pode ser alcançada, mas também uma fonte sustentável de matérias-primas para a indústria da construção pode ser criada, contribuindo para práticas ecologicamente corretas. Além disso, a utilização de rejeitos de mineração na produção de cimento apresenta uma oportunidade para reduzir as emissões de carbono e diminuir o impacto ambiental. Inúmeros estudos acadêmicos foram realizados sobre esse assunto, demonstrando que a incorporação de rejeitos de mineração em tijolos de cimento pode aprimorar sua qualidade. A natureza inovadora dessa estratégia tem um enorme potencial para revolucionar a indústria da construção, promovendo metodologias sustentáveis e diminuindo o desperdício.

Apesar dos potenciais benefícios do uso de rejeitos de mineração na construção, existem preocupações com relação ao impacto nos ecossistemas e nas comunidades locais. As operações de mineração frequentemente têm impactos negativos nas fontes de água próximas, na qualidade do solo e nos níveis de poluição do ar. A extração desses materiais também pode perturbar os habitats da vida selvagem e levar ao desmatamento. Além disso, depender exclusivamente de rejeitos de mineração como fonte de matéria-prima para a indústria da construção pode não ser viável a longo prazo devido à disponibilidade limitada e qualidade variada de materiais de diferentes minas. Embora a redução de resíduos seja importante, ela não deve ser realizada a custo da degradação ambiental ou comprometimento do bem-estar das comunidades afetadas.

Para fornecer uma base para este artigo, pode-se citar o problema enfrentado pelo pequeno estado de Goa (Índia), onde está se tornando cada vez mais difícil encontrar espaço

para descartar as enormes quantidades de resíduos gerados pela indústria da mineração. Infelizmente, o Brasil também enfrenta problemas semelhantes. Como mostrado na Figura 1.1, houve um aumento significativo na produção mineral brasileira na segunda década do século XXI, o que consequentemente aumentou a quantidade de resíduos gerados e descartados no meio ambiente. Nesse contexto, o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias mais competitivas torna-se crucial para tornar esses materiais residuais úteis como matérias-primas nos mercados nacional e internacional (BRAGA et al., 2011).

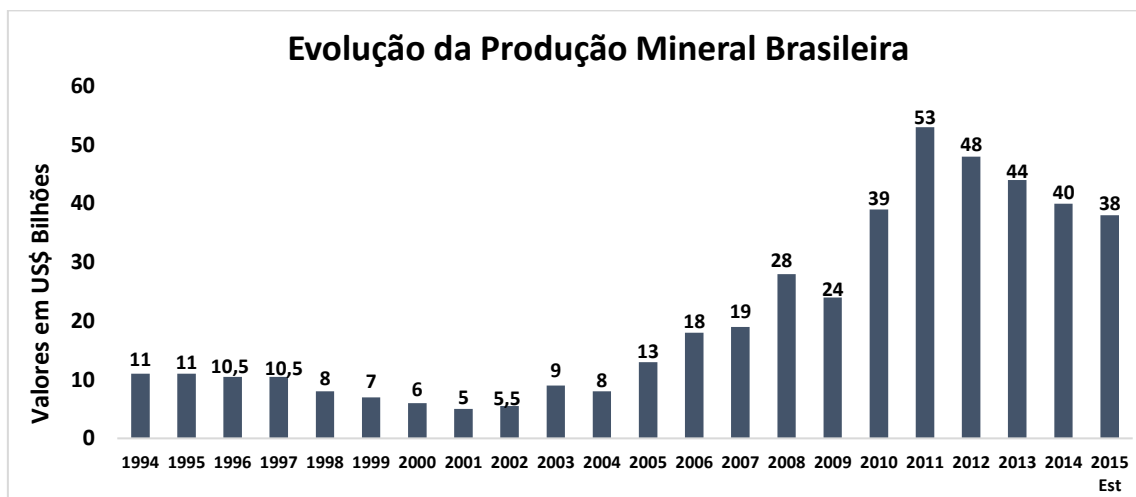


Figura 1. 1 - Exportações brasileiras de bens primários de ferro (Adaptado de: IBRAM, 2015).

A literatura indica que esses materiais residuais podem ser empregados na indústria cerâmica, na produção de refratários, cimento, produtos químicos, ácidos, fertilizantes e TRC. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar, por meio de uma revisão de literatura abrangente e rigorosa, o uso de resíduos gerados durante o beneficiamento de minério de ferro na produção de TRC, a fim de mitigar os impactos gerados pelas atividades de mineração e obter um material competitivo e de qualidade para aplicações na construção.

Com base nas evidências apresentadas, pode-se inferir que a utilização de rejeitos de mineração oferece numerosas vantagens para a indústria da construção. Essa abordagem não só contribui para a redução de resíduos e sustentabilidade, mas também reduz as emissões de carbono durante a produção de cimento. Além disso, estudos têm indicado que a incorporação de rejeitos de mineração em tijolos de cimento pode melhorar sua qualidade. A adoção desse método inovador tem o potencial de transformar as práticas de construção em direção a metodologias mais ecologicamente corretas, minimizando o desperdício de forma sustentável.

Este trabalho utilizou artigos científicos impressos e disponíveis em plataformas virtuais. Além dessas fontes de informação mencionadas acima, sites conceituados na área foram consultados para obter uma perspectiva global. As principais características do TRC

encontradas na literatura foram analisadas e discutidas com base nos resultados obtidos por pesquisadores na área de tratamento e reutilização de resíduos do processamento mineral.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. CIMENTO TIJOLO REJEITADO (TRC)

O TRC é um tijolo prensado composto por resíduos de minério de ferro e cimento como material aglutinante. Para monitorar as características e comportamento do TRC, Espósito et al. (2014) realizaram testes de análise granulométrica com duas amostras de resíduos (AHG - Amostra Granular Homogênea e AHF - Amostra Fina Homogênea). Posteriormente, essas amostras foram utilizadas na produção de TRC e os resultados obtidos para esses blocos são descritos na próxima seção deste artigo. A partir dos testes geotécnicos, um intervalo granulométrico do material de resíduos (variando com o diâmetro da partícula) foi delimitado, o que é ideal para a produção de TRC (Figura 2.1 e Figura 2.2).

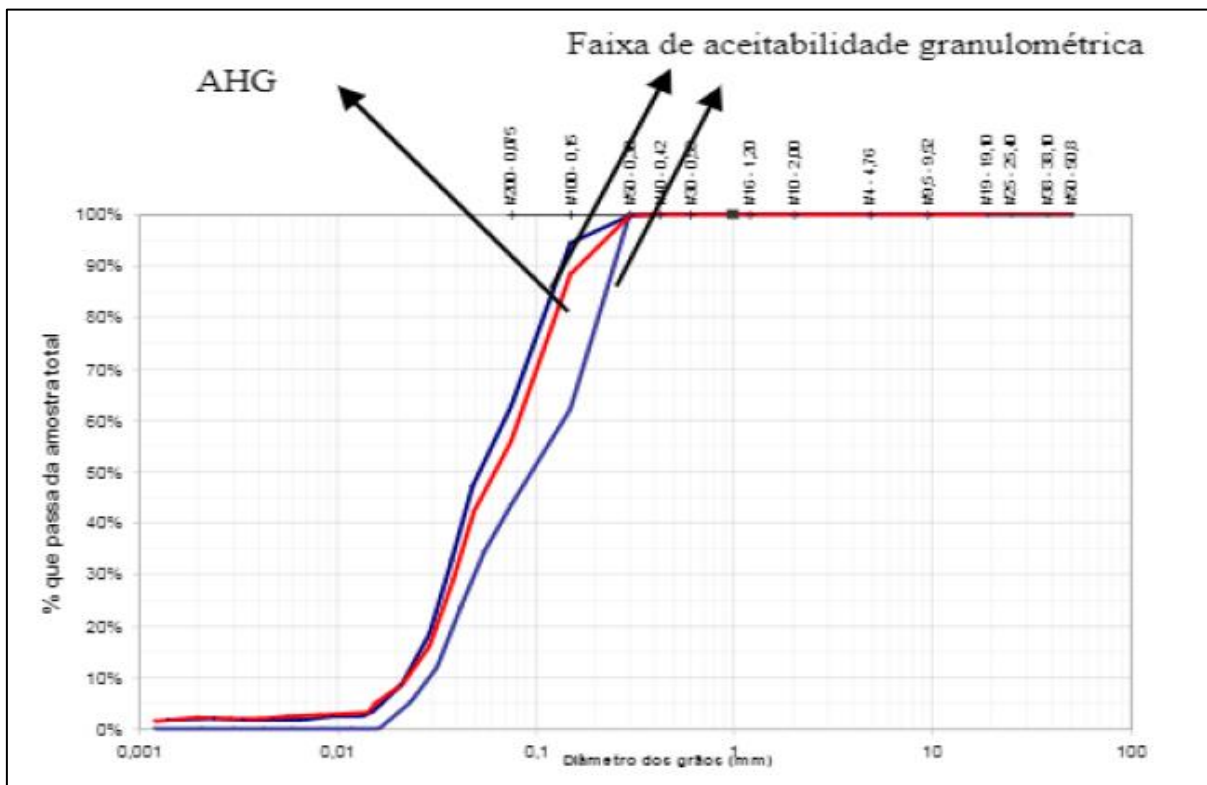


Figura 2.1 – Faixa Granulométrica: (ESPOSITO, et al. 2014)

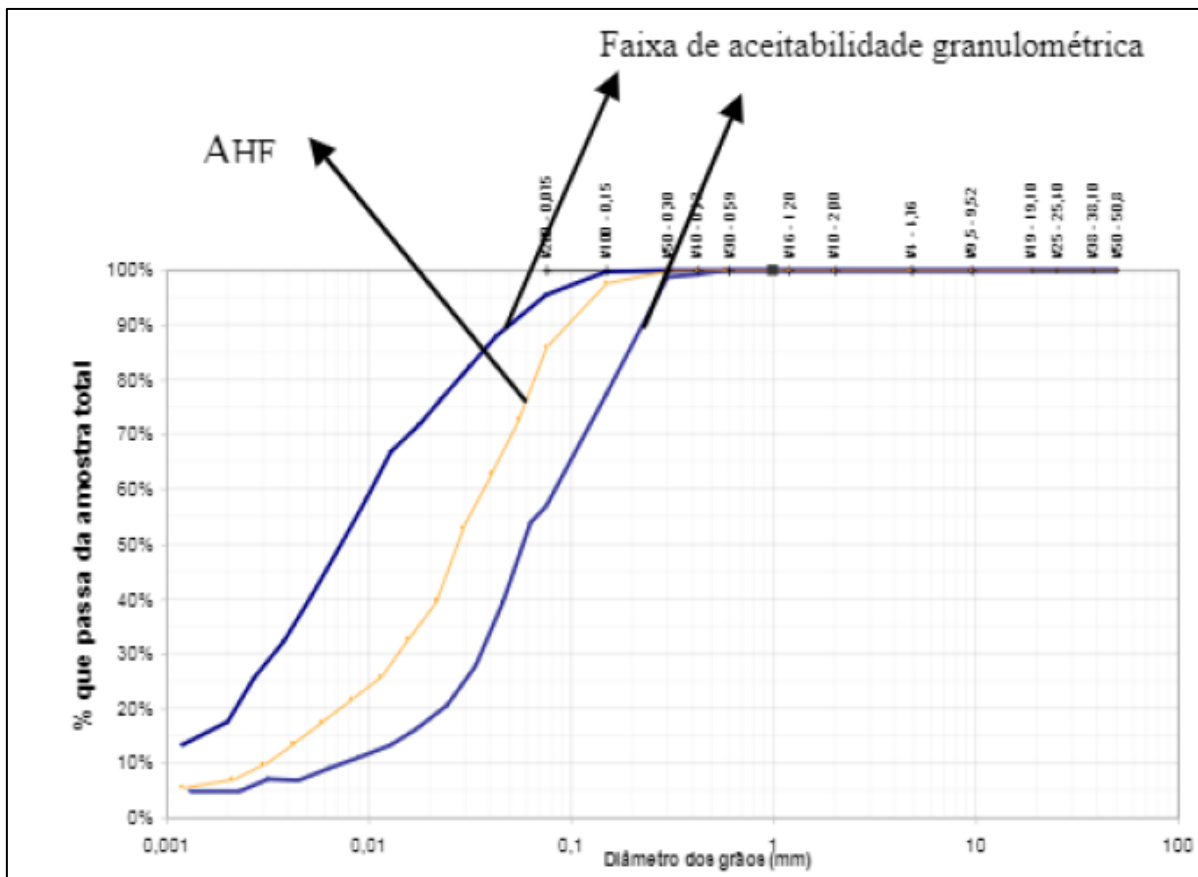


Figura 2.2 – Faixa Granulométrica: Rejeito Fino (ESPOSITO, et al., 2014)

2.2. RESULTADO

Assis et al. (2018) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a resistência à compressão de blocos de concreto reciclado (RCB). Esses blocos foram produzidos usando argila, areia e rejeitos de minério de ferro (IOT) que foram desidratados em um forno. A areia e a argila foram adquiridas por intermediários, enquanto o IOT foi fornecido por uma empresa situada na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. O IOT foi utilizado em proporções variadas (10%, 25% e 50%) para investigar o impacto da quantidade de rejeitos no comportamento do RCB. Os resultados mostrados na Figura 4 demonstraram que RCB contendo 25% de IOT exibiu a maior resistência à compressão, suportando até 10,84 MPa sem ruptura. Portanto, a partir da análise dos dados gerados pelos autores, pode-se inferir que o RCB (25% IOT) apresentou resistência à compressão superior em comparação com os tijolos convencionais, qualificando-o para uso no setor da construção. No entanto, é importante notar que todos os blocos produzidos possuíam resistência à compressão maior que 1,5 MPa, que é o

valor mínimo estipulado pela norma NBR 15270-1 para esse tipo de material (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005).

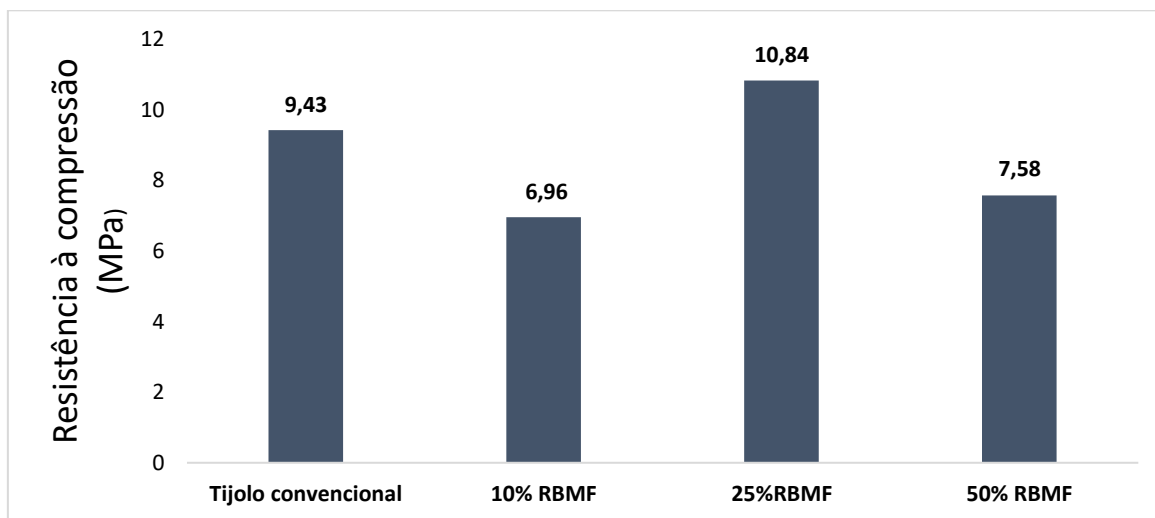


Figura 4. (Adaptado de: Assis et al., 2005).

Espósito et al. (2011), em um estudo intitulado "Estudo da viabilidade do uso de rejeitos de minério de ferro na construção civil e como material alternativo em obras geotécnicas", sugeriram que resíduos do processamento mineral, até então considerados um fardo ambiental, poderiam se transformar em um produto competitivo e empregável para a indústria da construção. Alguns anos depois, Espósito et al. (2014) realizaram uma investigação mais abrangente sobre a aplicabilidade do RCB. Esses pesquisadores realizaram testes para adquirir informações sobre resistência à compressão, durabilidade, incombustibilidade, estanqueidade à água e comportamento de retração. Além dessas avaliações, o comportamento de alvenaria utilizando tintas e vernizes, bem como testes acústicos e térmicos, também foi avaliado. Os experimentos revelaram que o RCB exibiu resistência à compressão superior aos tijolos convencionais, e o comportamento da alvenaria utilizando RCB durante os testes foi equivalente ao da alvenaria padrão, confirmando assim seu bom desempenho e indicando sua adequação para o mercado. Os dados coletados nos experimentos relativos à absorção de água, retração por secagem e durabilidade sob condições de umedecimento e secagem também foram positivos e totalmente compatíveis com as normas atuais (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 - Resultados obtidos a partir dos experimentos com o TRC

Ensaio	Resultado (valor médio)
Absorção de H ₂ O	14,97%
Redução por secagem	0,04%
Durabilidade por molhagem e secagem	Redução de massa média 0,94%

A NBR 6136 estabelece que blocos com resistência à compressão superior a 6 MPa possuem funcionalidade estrutural, e a média da resistência à compressão dos RCB obtida nos estudos realizados por Espósito et al. (2014) encontra-se dentro da faixa de 16,14 MPa (ABNT, 2014). Além disso, os resultados relacionados à transferência de calor, estanqueidade à água e incombustibilidade satisfazem completamente os padrões contemporâneos.

CONCLUSÃO

Os ensaios mecânicos realizados com o TRC revelaram que esses materiais apresentaram uma resistência mecânica cerca de cinco vezes superior quando comparados aos tijolos de alvenaria produzidos de forma convencional. Adicionalmente, apresentaram densidade adequada e resultados promissores em termos de durabilidade. Outra característica positiva está relacionada à tensão de compressão suportada, podendo alcançar até 10,84 MPa sem ruptura. Portanto, considerando-se as propriedades físicas e químicas apresentadas por esse material, conclui-se que o TRC pode ser empregado de forma eficiente na construção civil.

É importante destacar que, com a validação da proposta de utilização do TRC em grande escala, os impactos ambientais gerados pelas indústrias extrativas serão minimizados, diminuindo assim o volume das barragens de rejeitos e, conseqüentemente, reduzindo o risco de possíveis catástrofes. Dessa forma, o TRC mostrou-se ser um material ambientalmente correto e, ao mesmo tempo, aplicável no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 6136- Blocos vazados de concreto simples para alvenaria Requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, SP, 10p, 2014.

ASSIS, D., M. QUEIROGA, F. O. C. S., MENDES, J. C. Utilização de rejeito de barragem de minério de ferro na fabricação de tijolos maciços. *Ágora – A revista científica da FaSar – Ano II – nº 1*, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.

BRAGA, A. L. C.; JUNIOR, R. N. C.; PAIVA, R.S.; VALE, S. B. Estudo com comportamento da recuperação metalúrgica do cobre oxidado das minas do sossego de Canaã dos Carajás submetido à lixiviação com H₂SO₄. XXIV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Salvador: XXIV ENTMMME Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2011.

CHAVES, L. F. M. Estudo da Adição do Resíduo Proveniente da Extração de Minério de Ferro em Argilas do Rio Grande do Norte. 2009. 170 folhas. (Tese de Doutorado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2009.

ECYCLE, Tijolo de Rejeito é Opção Segura Para Evitar Rompimento de Barragem. In: ECYCLE, Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/7035-tijolo-rejeito-rompimento-de-barragem> Acesso em: 18 de outubro de 2019.

ESPOSITO, T., MANTILA, J. N. R., CARRASCO, E. V. e MOREIRA, L. E. (2011). Estudo da viabilidade do aproveitamento dos rejeitos da Samarco Mineração S.A. Na construção civil e como material alternativo em obras geotécnicas. Relatório Técnico. UFMG. 52 p

ESPÓSITO, T., MANTILLA, J. N. R., CARRASCO, E. V. M e MOREIRA, L., E. Utilização de rejeito de minério para a fabricação de Tijolos de Rejeito-Cimento – TRC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GOETÉCNICA, XVII, 2014. Goiânia (GO), 2014.

FERREIRA, Arthur. Tijolo Rejeitos Minérios – 5 Vezes Mais Resistente. In: Revista Minérios, 31, Janeiro de 2019. Disponível em: <https://mac.arq.br/tijolo-rejeitos-minerios-5-vezes-mais-resistente/>. Acesso em: 02 de julho de 2019.

GUERRA, C. P., CELASCHI, S., NAGAI, Y. E. FAHEL, A. Desenvolvimento de blocos estruturais de baixa densidade com resíduo de mineração. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 99-112, abr./jun. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000200099&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 03 jul. 2019.

IBE, P. et al. (2021) "Production of Light Weight Blocks Using Rice Husk," *International Journal of Environment and Climate Change*, p. 24-30. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2021/v11i930473>.

MACHADO, T. A. et al. (2015) "Evaluation of the Incorporation of Waste Generated from Titanium Dioxide Manufacturing in Red Ceramics," *Materials Research*, 18(1), p. 98-105. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-1439.274414>.

MUMPEMBE, M. N., LAWRENCE, M. e MICHAEL, K. (2020) "Assessment of Artisan Clay Bricks for Structural Strength, Chemical Stability and Durability," *Journal of Civil*

Construction and Environmental Engineering, 5(6), p. 178. Disponível em: <https://doi.org/10.11648/j.jccee.20200506.15>.

RAMIREZ, H. J. et al. (2020) "Use of industrial wastes for the synthesis of belite clinker," *Materiales De Construcción*, 70(339), p. 226. Disponível em: <https://doi.org/10.3989/mc.2020.14219>.

TALANG, N. P. R. e SIRIVITHAYAPAKORN, S. (2016) "Application of Life Cycle Assessment Method for Environmental Impact Assessment of Fired Brick Production Plant in Thailand," *Applied Environmental Research*, p. 15-26. Disponível em: <https://doi.org/10.35762/aer.2016.38.3.2>.

SILVA, F. L. Aproveitamento e reciclagem de resíduos da concentração de minério de ferro na produção de Paviers e cerâmica. 2014. 126 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

SILVEIRA, João Vitor, et al. O Rejeito de Minério de Ferro e suas Aplicações na Construção Civil. In: IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental . XV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental e III Forum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade, 2017.

WOLFF, A.P. Caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da vale. 2009. 90 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

YELLISHETTY, M., KARPE, V., REDDY, E.H., SUBHASH, K.N., Reuse of iron ore mineral wastes in civil engineering constructions: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, v.52, n.11, p. 1283-1289, 2008.