

Estudo da aplicação do rejeito de minério de ferro como agregado miúdo para a produção de concreto

Study of the application of iron ore tailings as a fine aggregate for the production of concrete

KHAYRON LINHARES SOUZA

UNILESTE MG

KELVIN DA SILVA BERTOLDO

UNILESTE MG

ANNA BEATRIZ DE ARAÚJO

UNILESTE MG

LUCAS PINTO DE CARVALHO

UNILESTE MG

Nota de esclarecimento:

O X SINGEP e a 10ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias 26, 27 e 28 de outubro de 2022.

Agradecimento à órgão de fomento:

Centro Universitário Católica do Leste de Minas Gerais - Unileste



ANOS
SINGEP

Estudo da aplicação do rejeito de minério de ferro como agregado miúdo para a produção de concreto

Objetivo do estudo

O objetivo deste trabalho será verificar o comportamento do concreto no estado fresco e endurecido após a substituição parcial do agregado miúdo (areia) pelo resíduo de minério de ferro, afim de verificar a possibilidade de seu uso na construção civil.

Relevância/originalidade

As empresas de minério de ferro estão em busca de uma alternativa sustentável para a destinação de seus resíduos. Um resultado promissor poderá propiciar a reutilização do resíduo de minério de ferro, ao invés de encaminhá-lo para aterros ou barragens.

Metodologia/abordagem

O trabalho se pautou em pesquisa bibliográfica, em que foram buscados na literatura exemplos de aplicação do uso do resíduo de minério de ferro. É também uma pesquisa de campo, pois foram feitos ensaios em laboratório para análise das propriedades.

Principais resultados

Quando ainda fresco o concreto, ficou menos trabalhável e com uma cor amarronzada. Após endurecido apresentou maior resistência mecânica devido ao empacotamento dos grãos, o que possibilita a sua aplicação em diversas áreas da engenharia civil, inclusive estrutural.

Contribuições teóricas/metodológicas

A contribuição teórica pode ser observada no embasamento teórico que foi apresentado no decorrer do texto, com uma tabela complementar apresentando os principais autores que abordam sobre o tema. A metodologia utilizada se baseou em dissertações e teses como referência.

Contribuições sociais/para a gestão

Foi mostrado que é possível utilizar o resíduo de minério em concretos, o que possibilita a criação de novas áreas de trabalho na reciclagem e destinação do resíduo. Essa alternativa poderá gerar economia para empresa e ampliar o espaço do pátio.

Palavras-chave: Concreto, Minério de ferro, Agregado, Resistência, Coesão

Study of the application of iron ore tailings as a fine aggregate for the production of concrete

Study purpose

The objective of this work will be to verify the behavior of the concrete in the fresco and to support the partial state of the added state (sand) by its iron ore addition additive, in order to verify the possibility of use

Relevance / originality

Iron ore companies are looking for a sustainable alternative for the disposal of their waste. A promising result could lead to the reuse of iron ore residue, instead of sending it to landfills or dams.

Methodology / approach

The work was based on bibliographic research, in which examples of application of the use of iron ore residue were searched in the literature. It is also a field research, as tests were carried out in the laboratory to analyze the properties.

Main results

When the concrete was still fresh, it became less workable and had a brownish color. After hardening, it presented greater mechanical resistance due to the packing of the grains, which allows its application in several areas of civil engineering, including structural.

Theoretical / methodological contributions

The theoretical contribution can be observed in the theoretical basis that was presented throughout the text, with a complementary table presenting the main authors that address the topic. In the methodology, a conventional but effective way to perform the tests was presented.

Social / management contributions

It was shown that it is possible to use ore waste in concrete, which makes it possible to create new work areas in the recycling and disposal of waste. This alternative can generate savings for the company and expand the patio space.

Keywords: Concrete, Iron ore, Aggregate, Resistance, Cohesion

1 INTRODUÇÃO

Há décadas os materiais como areia, brita e cimento são utilizados na essência da construção civil, principalmente para a produção do concreto. No entanto, vivemos em uma época em que há uma grande demanda por recursos naturais, onde as empresas buscam não somente o desempenho e durabilidade, mas também por uma construção inovadora e sustentável (Nascimento, 2018).

Com a possibilidade da escassez de alguns recursos naturais que compõem o concreto, é importante encontrar materiais alternativos que possam oferecer uma qualidade similar nas propriedades do concreto fresco e endurecido. Nesta perspectiva, diversos autores (Franco *et al.*, 2014; Andrade, 2014; Guerra, 2014; Nuss; Blengini, 2018; Sant’Ana Filho, 2013; Nascimento, 2018) buscaram reaproveitar o resíduo de minério de ferro na produção de um concreto que possa ser aplicado em obras da construção civil.

A quantidade cada vez maior de resíduos gerados durante a fase de exploração e extração do minério de ferro representa um problema ambiental para as mineradoras, pois exigem grandes áreas para disposição e esses locais precisam ser constantemente gerenciados. Portanto, o reaproveitamento de rejeitos da mineração pode trazer inúmeros benefícios como redução de impactos no meio ambiente, gerar novos empregos e renda, reduzir custos e melhorar a imagem das mineradoras perante os órgãos de governo e à sociedade. Isso deve ser feito a partir de estudos e metodologias adequadas para evitar erros e gastos adicionais para a empresa e assim promover o desenvolvimento sustentável (Silveira, 2015).

A destinação adequada dos resíduos que uma empresa gera é de suma importância para a preservação do meio ambiente ao seu redor e se mostram como uma boa iniciativa no âmbito econômico, socioambiental e também no científico, já que são necessárias inúmeras pesquisas e estudos para definir a melhor forma de utilizar os resíduos sem agredir o meio ambiente e de forma economicamente viável. O objetivo deste trabalho será verificar o comportamento do concreto no estado fresco e endurecido após a substituição parcial do agregado miúdo (areia) pelo resíduo de minério de ferro, afim de verificar a possibilidade de seu uso na construção civil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As reservas estimadas de Minério de Ferro no mundo são de 180 bilhões de toneladas. Somente o Brasil produz 29 bilhões de toneladas, o que coloca o país em segundo lugar no ranking em relação as reservas mundiais (IBRAM, 2012). Contudo, as empresas ainda não encontraram uma alternativa de aproveitamento eficaz de seus rejeitos (Nuss *et al.*, 2018).

Na literatura foi observado que a adição de resíduo de minério de ferro possui potencial de reaproveitamento em estruturas de concreto e materiais cerâmicos. Em alguns ensaios mecânicos o material com rejeito obteve maior resistência mecânica superior em relação aos materiais sem a adição do resíduo. Além de ser uma alternativa ambientalmente correta, a reciclagem deste resíduo no concreto poderá propiciar benefícios econômicos e técnicos para as empresas geradoras, sociedade e meio ambiente (sant'ana Filho, 2013).

Muitas empresas já tiveram iniciativas para produzir produtos a partir de resíduos que geram, como é o caso da Vale por exemplo, que criou uma areia sustentável a partir de resíduos de minério de ferro em parceria com a Universidade Federal de Itajubá (Unifei), do campus Itabira (Ximenes, 2022). Cada vez mais iniciativas com *stakeholders* são necessárias, pois proporcionam aos estudantes uma oportunidade de aprendizado para as empresas uma forma de compartilhamento de tecnologia e conhecimento, visando o surgimento novas soluções.

Franco *et al.* (2014) realizaram um estudo com a aplicação do rejeito de mineração como agregado para a produção de concreto. Os autores relataram que com os resultados obtidos os concretos com a adição de resíduo de minério de ferro podem ser adequados para a aplicação na construção civil. Na Quadro 1 pode ser observado outros trabalhos que utilizaram resíduo de minério de ferro no concreto afim de verificar suas propriedades no estado fresco e endurecido. Em todos os trabalhos os autores obtiveram um resultado promissor, no entanto, ainda são necessários estudos mais específicos sobre o tema.

Como apresentado na literatura, o resíduo de minério de ferro tem inúmeras utilidades tratando-se da construção civil. As mineradoras e outras empresas podem se beneficiar desse rejeito para uso interno ou criando uma forma de transformá-lo em agregado artificial., podendo, portanto, até mesmo transformar o rejeito em alguma fonte de renda.

Quadro 1

Trabalhos que adicionaram minério de ferro no concreto

AUTORES	PESQUISA
Franco <i>et al.</i> (2014)	Aplicação do rejeito de mineração como agregado para a produção de concreto.
Andrade (2014)	Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil
Anjos <i>et al.</i> (2002)	Utilização de Resíduos de Mineração na Construção Civil
Guerra (2014)	Caracterização e utilização de rejeito de minério de ferro pellet feed em pavimentos de blocos intertravados de concreto
Nascimento, D. W (2018)	Estudo sobre a influência da adição de resíduo de minério de ferro da barragem de fundão, Mariana - MG, como pigmento e nas propriedades do concreto de cimento Portland.
Nuss, P., Blengini (2018)	<i>Towards better monitoring of technology critical elements in Europe: Coupling of natural and anthropogenic cycles</i>
Sant'ana Filho, J. N. (2013)	Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para uso na pavimentação de rodovias e fabricação de blocos intertravados.
Santos, R.; Melo, F; Sales, D. (2018)	Argamassa para contrapiso autonivelante com adição fina de escória de cobre batida
Xavier, F. G. (2019)	Estudo do potencial tecnológico de uso de rejeito de minério de ferro em blocos para paramento de estruturas reforçadas por geossintéticos em Ouro Preto – MG

Fonte: Autores (2022)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho se baseou em pesquisa bibliográfica, em que foram buscados artigos, livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses exemplos de aplicação do uso do resíduo de minério de ferro. Se baseia também em pesquisa descritiva (esclarece sobre processo de aplicação do resíduo de minério de ferro em diversos setores da construção civil), documental (acesso de informações sobre o resíduo de minério de ferro em sites das empresas) e de campo (foram feitos ensaio dos materiais e do concreto em seu estado fresco e endurecido em laboratório).

Os materiais utilizados para a confecção do concreto foram brita 1, areia grossa, cimento CP II, água e o resíduo de minério de ferro. Os materiais de construção foram comprados em um depósito e o resíduo foi doado por uma empresa de minério de ferro, que busca uma alternativa para a reutilização do refugo.

Foi feita a análise granulométrica do agregado miúdo (areia) e do resíduo de minério de ferro conforme os parâmetros da NBR NM 248 (2003), NBR NM 26 (2001), NBR NM 27 (2001) e NBR 7211 (2005). Os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 revelaram que o módulo de finura do minério de ferro é menor do que o módulo de finura da areia, ou seja, os grãos do resíduo são menores que os grãos da areia.

Isso significa que ao se adicionar resíduo no concreto ele poderá necessitar de mais água em sua composição. Em contrapartida, poderá contribuir para o empacotamento dos grãos, o que propicia o aumento da resistência do concreto.

Tabela 1
Módulo de finura do resíduo de minério de ferro

Abertura das peneiras (mm)	Massa retida na peneira (g)	% retida na peneira (g)	% retida acumulada (g)	% passante (g)
4,75	0,0	0,0	0,0	100,00
2,36	0,030	3,65	3,65	96,35
1,18	0,030	3,65	7,30	92,70
0,6	0,100	12,20	19,50	80,50
0,3	0,300	36,60	56,10	43,90
0,15	0,360	43,90	100,00	0,00
Fundo	0,920	-	186,55	-
Módulo de finura: 1,865				

Fonte: Autores (2022)

Tabela 2
Módulo de finura da areia grossa

Abertura das peneiras (mm)	Massa retida na peneira (g)	% retida na peneira (g)	% retida acumulada (g)	% passante (g)
4,75	0,0	0	0	100,00
2,36	0,020	2,04	2,04	97,94
1,18	0,660	67,34	69,38	30,62
0,6	0,260	26,54	95,92	4,08
0,3	0,020	2,04	97,96	2,04
0,15	0,020	2,04	100,00	0,00
Fundo	0,980	-	365,30	-
Módulo de finura: 3,653				

Fonte: Autores (2022)

O traço padrão definido para a confecção do concreto foi de 1; 1,51; 1,86; 0,52 (cimento, areia, brita e água, respectivamente) e o percentual utilizado para a mistura foi de 70% de resíduo. Foram utilizados no concreto padrão 8,58 kg de cimento, 13,01 kg de areia, 16,00 kg de brita e 4,43 litros de água. No concreto com resíduo a quantidade foi de 8,58 kg de cimento, 3,90 kg de areia, 9,1 kg de resíduo de minério de ferro (substituiu a 70% da areia no traço padrão), 16,00 kg de brita e 4,43 litros de água.

Na Figura 1 podem ser observados os materiais que foram utilizados para a produção do concreto e uma bacia contendo o resíduo de minério de ferro, respectivamente



Figura 1. Materiais utilizados para produção do concreto e resíduo de minério de ferro
Fonte: Autores (2022).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Ensaio de *slump test*

O *slump test* (abatimento do concreto) é um meio eficaz de definir as características do concreto fresco momentos antes de sua aplicação. De acordo com a norma NBR 16889 (2020) e NBR 8953 (2015), o método serve para determinar a consistência, coesão e se haverá segregação ou exsudação no concreto. O concreto padrão apresentou uma altura de 160 mm e sem defeitos de segregação ou exsudação. O concreto com 70% de resíduo apresentou uma cor amarronzada, devido ao grande número de resíduo de ferro utilizado e o seu *slump test* teve 10 mm de abatimento, divergindo-se 150 mm de altura em relação ao traço padrão (ver Figura 2).



Figura 2. *Slump test* do concreto padrão e concreto com adição de resíduo, respectivamente
Fonte: Autores (2022)

Como observado, a granulometria da mistura do concreto com adição de resíduo teve uma alteração em relação ao traço padrão, pois o elevado índice de finos do resíduo levou o concreto a absorver mais água, gerando perda na plasticidade e, portanto, um concreto com menor trabalhabilidade. Adicionar esse tipo de concreto na obra aumentaria o tempo de trabalho, pois deveria gastar mais tempo com a vibração, por exemplo. Mas esse problema poderia ser amenizado com a adição de aditivos plastificantes. Conforme a NBR 8953 (2015), as aplicações típicas para esse concreto são apresentadas na Quadro 2.

Quadro 2:

Aplicações típicas para o concreto conforme seu *slump test*

Classes	Abatimento	Aplicações típicas
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais com lançamento convencional do concreto
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto
S220	≥ 220	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras

Fonte: NBR 8953: Concreto para fins estruturais (2015). Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

Na literatura (Guerra, 2014; Sant’ana Filho, 2013; Franco *et al.*, 2014) foi observado que conforme se aumenta o percentual de resíduo há uma diminuição na trabalhabilidade do concreto, isso ocorre devido a substituição da areia pelo resíduo de minério de ferro, que contém maior índice de finos. Neste caso, no trabalho em questão também se pode inferir o mesmo fato em relação a sua trabalhabilidade e fluidez.

A trabalhabilidade está relacionada com facilidade de moldar o concreto nas formas e, quanto maiores os resultados do *slump test*, maior será sua fluidez. Quanto menor o resultado do *slump test*, menor sua fluidez e maior será a necessidade de água na mistura. No entanto, a adição de água poderá reduzir significativamente a resistência do concreto. Deste modo, o ideal é se aproximar o máximo possível do ponto de equilíbrio entre a trabalhabilidade e a resistência do concreto, para assim, atender a resistência especificada em projeto e ao mesmo tempo ter uma boa produtividade e melhor preenchimento das formas.

Foram moldados quatro corpos de prova, que foram deixados em uma sala e imersos em uma câmara úmida, para que pudessem iniciar o seu processo de cura. Após um período de 24 horas os corpos de prova foram retirados do molde e novamente colocados na câmara úmida para passarem pelo seu processo de cura (NBR 5738, 2016). Na Figura 3 pode ser observado o concreto ser colocado nos moldes e após ser imerso na câmara úmida.



Figura 3. Moldagem e cura dos corpos de prova

Fonte: Autores (2022).

4.2 Ensaio de compressão axial

Por meio do ensaio de compressão axial é possível verificar a resistência do concreto após ter passado por seu período de cura. O ensaio de compressão e o *slump test* são os principais ensaios realizados em uma concreteira ou na obra. Essas análises são necessárias, pois permitem a observação de suas particularidades, facilitando a análise de risco, reconhecendo possíveis falhas futuras. Atentando-se em atender as premissas adotadas na norma NBR 5739 (2018), o grupo iniciou realizando a medição dos corpos de prova (ver Figura 4).



Fonte: Autores (2022)

Figura 4. Aferição das medidas dos corpos de prova

Os corpos de prova foram levados a uma prensa hidráulica após um período de 38 dias para a análise de resistência mecânica. O rompimento do concreto seguiu todas as premissas adotadas pela NBR 5739 (2018). Na Figura 5 é apresentado os corpos de prova cilíndricos e,

como pode ser observado, os corpos de prova com 70% de resíduo apresentaram uma coloração amarronzada, que como supracitado, ocorreu devido a presença de óxido de ferro no resíduo.



Figura 5. Corpos de prova com resíduo e sem resíduo, respectivamente
 Fonte: Autores (2022)

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de ensaio à compressão axial dos corpos de prova e na Figura 6 são apresentados os resultados em forma de gráfico. Como pode ser observado, todos os corpos de prova com resíduo tiveram resistência superior em relação ao corpo de prova sem resíduo. Resultados similares foram encontrados na literatura. Portanto, o uso de resíduo de minério de ferro pode ser uma alternativa para o aumento de resistência do concreto. Esse fato ocorre devido ao fator de empacotamento, em que partículas com diferentes tamanhos contribuem para ocupar o espaço vazio do concreto, o que resulta em um material com maior resistência.

Tabela 2

Corpo de Prova Padrão X Corpo de Prova com 70 % de resíduo

RESISTÊNCIA DOS CORPOS DE PROVA (CP)				
Corpos de Prova	CP1	CP2	CP3	CP4
Resistência Corpos de Prova Padrão (Mpa)	36,47	37,88	32,23	37,90
Resistência Corpos de Prova com Resíduo 70% (Mpa)	45,05	48,47	49,31	45,05
Diferença de Resistência (Mpa)	8,58	10,59	17,08	7,15

Fonte: Autores (2022)

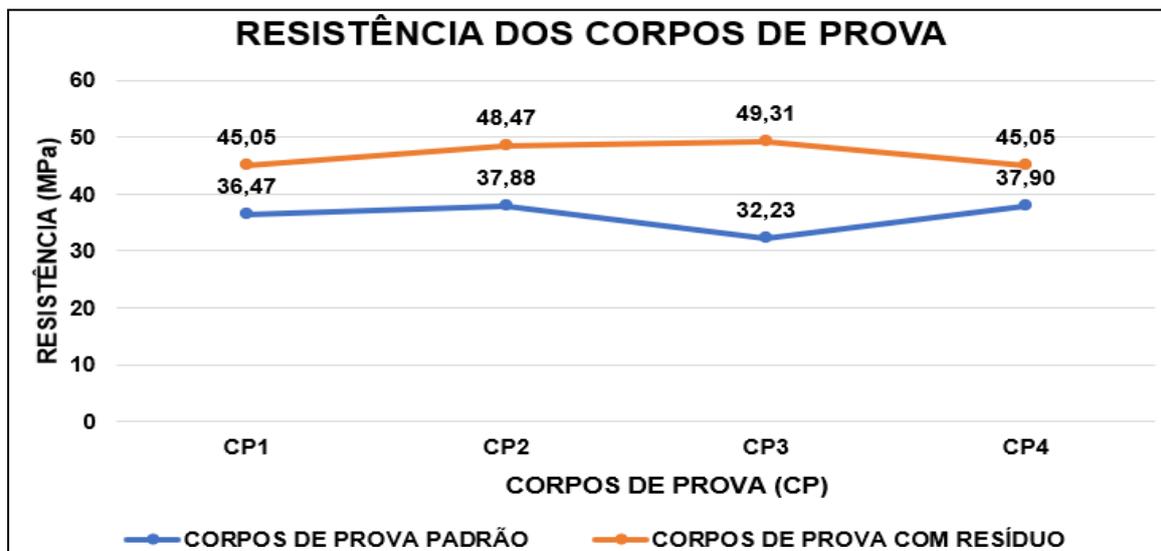


Figura 6. Corpo de Prova Padrão X Corpo de Prova com 70 % de resíduo

Fonte: Autores (2022)

Na literatura foi observado que a adição do rejeito de minério como um agregado miúdo se mostrou ser uma alternativa viável, devido ao fato de que sua aplicação no concreto acarretou melhorias na resistência mecânica. No entanto, possui menor desempenho em testes de absorção de água e de desgaste à abrasão. Apesar dos resultados promissores, nos dias de hoje a inserção de um novo material não carece apenas de análises de desempenho para sua utilização seja viabilizada também temos que analisá-lo economicamente, ecologicamente e logisticamente (Guerra, 2014; Sant’ana Filho, 2013; Franco *et al.*, 2014).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A granulometria do resíduo influenciou diretamente em todos os aspectos das propriedades do concreto. A altura do *slump test* do concreto com adição de 70% resíduo foi muito menor quando comparado ao concreto padrão, o que torna o concreto pouco trabalhável, podendo ser indicado somente para casos específicos, como exemplo sub-base de pavimentação e contrapiso. A adição de resíduos plastificantes faria com que pudesse ampliar sua aplicação para outras áreas da engenharia civil.

Devido ao fator de empacotamento, o concreto com 70% de resíduo obteve resistência mecânica superior quando comparado com o corpo de prova padrão. Esse fator demonstra que a adição de resíduo não impede que o concreto seja utilizado para fins estruturais. Mas é importante que testes complementares de durabilidade e abrasão sejam realizados.

Tanto na literatura como na presente pesquisa foi demonstrado um potencial de utilização do resíduo de minério de ferro na confecção do concreto. Contudo, o foco das pesquisas normalmente está relacionado a resistência mecânica dos materiais. É importante que se amplie os estudos para avaliar outros aspectos e aplicações do concreto. Seguem algumas indicações para pesquisas futuras:

- estudo de viabilidade socioambiental;
- análise de tração e compressão diametral;
- resistência ao cisalhamento e absorção de umidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, L. C. R. d. (2014). Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa.

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 16886 (2020). Concreto — Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro.

_____. NBR 16889 (2020). Determinação da consistência pelo método abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

_____. NBR 5738 (2016). Moldagem de corpos de prova. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

_____. NBR 5739 (2018). Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

_____. NBR 7211 (2005). Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

_____. NBR NM 248 (2003). Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

_____. NBR NM 26 (2001). Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

_____. NM 27 (2001). Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

NBR 8953 (2015). Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

Bauer, F. L. A. (2000). Materiais de Construção. Volumes 1 e 2. Rio de Janeiro: LTC.

Franco, L. C.; Santos, D. H.; Rosa, P. P. G.; Silva, G. J. B.; Peixoto, R. F. (2014) Aplicação de rejeito de mineração como agregado para a produção do concreto. Anais do 56^o Congresso Brasileiro de Concreto – IBRACON. NATAL - RN.

Guerra, A. N. L. P. (2014) Caracterização e utilização de rejeito de minério de ferro PELLET FEED em pavimentos de blocos intertravados de concreto, Belo Horizonte – MG, 2014. 127 f. Dissertação (Pós-Graduação em Construção Civil) Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. Informações e análises da economia mineral Brasileira, 2012. Recuperado de <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2020/12/ibram_4aedicao_informacoes-e-analises-da-economia-mineral-brasileira_port.pdf> em 05 de agosto de 2022.

Metha, P. K., Monteiro, P. J. M. (1994). Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo, Ed. Pini.

Nascimento, D. W. (2018). Estudo sobre a influência da adição de resíduo de minério de ferro da barragem de fundão, Mariana - MG, como pigmento e nas propriedades do concreto de cimento Portland. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, Espírito Santo.

Nuss, P., Blengini, G.A., 2018. Towards better monitoring of technology critical elements in Europe: Coupling of natural and anthropogenic cycles. Science of The Total Environment.

Sant’ana Filho, J. N. (2013). Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para uso na pavimentação de rodovias e fabricação de blocos intertravados. CEFET-MG. Belo Horizonte.

Ximenes, Naíza. (2022). Vale produz areia sustentável a partir de resíduos de minério de ferro. AECWEB. Recuperado em 05 de março de 2022 em <<https://www.aecweb.com.br/revista/noticias/vale-produz-areia-sustentavel-a-partir-de-residuos-de-minerio-de-ferro/23223>>.