



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISAS EM ADMINISTRAÇÃO
CURSO DE GESTÃO ESTRATÉGICA EM NEGÓCIOS

Laura Fernandes Costa

**UTILIZAÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO NA FORMULAÇÃO
DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**

Belo Horizonte

2021

Laura Fernandes Costa

**UTILIZAÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO NA FORMULAÇÃO
DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**

Monografia apresentada ao Centro de Programa de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica de Negócios.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Diniz Leite

Belo Horizonte

2021

Ficha catalográfica

C837u
2021

Costa, Laura Fernandes.

Utilização de rejeito de minério de ferro na formulação de tijolos ecológicos [manuscrito] / Laura Fernandes Costa. – 2021.

32 f.: il.

Orientador: João Batista Diniz Leite.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração.

Inclui bibliografia (f. 29-32).

1. Administração. 2. Minas e mineração. I. Leite, João Batista Diniz. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração. III. Título.

CDD: 658

Elaborado por Leonardo Vasconcelos Renault CRB-6/2211

Biblioteca da FACE/UFMG. – LVR/109/2021



Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Ciências Econômicas
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração
Curso de Especialização em Gestão Estratégica

ATA DA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO da Senhora LAURA FERNANDES COSTA, matrícula nº 2019706886. No dia 30/06/2021 às 20:00 horas, reuniu-se em sala virtual, a Comissão Examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, indicada pela Coordenação do Curso de Especialização em Gestão Estratégica - CEGE, para julgar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "UTILIZAÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO NA FORMULAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS", requisito para a obtenção do Título de Especialista. Abrindo a sessão, o orientador e Presidente da Comissão, Prof. João Batista Diniz Leite, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares de apresentação do TCC, passou a palavra a aluna para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, seguido das respostas da aluna. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença da aluna e do público, para avaliação do TCC, que foi considerada:

(X) APROVADO

() NÃO APROVADO

95 (NOVENTA E CINCO) pontos. Trabalhos com nota maior ou igual a 60 serão considerados aprovados.

O resultado final foi comunicado publicamente a aluna pelo orientador e Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Senhor Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 30/06/2021.

Prof. João Batista Diniz Leite
(Orientador)

Prof. Ricardo Teixeira Veiga
(CEPEAD/UFMG)



Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Ciências Econômicas
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração
Curso de Especialização em Gestão Estratégica

MODIFICAÇÃO EM TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Modificações exigidas no TCC da aluna LAURA FERNANDES COSTA, matrícula nº 2019706886.

Modificações solicitadas:

O prazo para entrega do TCC contemplando as alterações determinadas pela comissão é de no máximo 60 dias, sendo o orientador responsável pela correção final.

Prof. João Batista Diniz Leite
(Orientador)

Assinatura da aluna: LAURA FERNANDES COSTA

Atesto que as alterações exigidas () Foram Cumpridas
() Não foram cumpridas

Belo Horizonte, ____ de _____ de ____

Professor Orientador _____
Assinatura

RESUMO

As empresas de mineração vêm explorando e desenvolvendo alternativas para aproveitar os rejeitos oriundos do beneficiamento do minério de ferro. A atividade mineradora gera um alto volume de resíduos que são causadores de vários problemas ambientais no mundo, principalmente no Brasil. Sendo assim, cada vez mais se torna necessário o desenvolvimento de novas técnicas de utilização e reciclagem desses resíduos para que se minimizem os impactos gerados pela disposição dos mesmos. O objetivo desse trabalho é avaliar a incorporação do rejeito de minério de ferro de uma mineradora na formulação de tijolos solo-cimento, aliando baixo custo e sustentabilidade. Diferentes traços de solo, rejeito e cimento Portland foram avaliados para a produção de tijolos ecológicos. A metodologia da pesquisa foi qualitativa e quantitativa utilizando a abordagem do estudo de caso. Para investigação científica, utilizou-se uma pesquisa por questionário de roteiro estruturado com 85 participantes além de observação nas redes sociais. Os resultados revelaram que existe um interesse muito grande pelo tijolo ecológico e que existem grandes oportunidades para atrair mais empresas interessadas nesse setor.

Palavras-chave: Minério de ferro, tijolos, aproveitamento de rejeitos.

ABSTRACT

Mining companies have been exploring and developing alternatives to utilize the waste that comes from the iron ore processing. The mining activity generates a high volume of waste that causes several environmental problems in the world, mainly in Brazil. Therefore, it gets more and more necessary to develop new techniques of use and recycling of these residues in order to minimize the impacts generated by their disposal. The aim of this work is to evaluate the addition of iron ore waste from a mining company in the mixture of soil-cement bricks, combining low cost and sustainability. Different traces of soil, residue and Portland cement were evaluated to produce the bricks. The research methodology was qualitative and quantitative using the case study approach. For scientific investigation, a structured questionnaire survey with 85 participants was used, in addition to observation on social networks. The results revealed that there is a great interest in the ecological brick and that there are great opportunities to attract more companies interested in this sector.

Keywords: Iron ore, bricks, waste reuse.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Indústria de Mineração	10
2.1.1 Minério de Ferro	10
2.1.2 Relevância da Indústria de Minério de Ferro no Brasil	10
2.1.3 Beneficiamento do Minério de Ferro e a Geração de Rejeitos	11
2.1.4 Histórico de falhas em barragens	14
2.2 Insumos para a fabricação de tijolos ecológicos	16
2.2.1 Água	16
2.2.2 Cimento Portland	16
2.2.3 Solo	17
2.3 Tijolo Ecológico	18
2.4 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável	19
2.5 Importância da Sustentabilidade Ambiental na atualidade	20
2.6 Responsabilidade Social e Ambiental.....	21
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
3.1 Caracterização dos respondentes	23
4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	25
4.1 Discussão dos resultados.....	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A mineração está entre as principais atividades econômicas do Brasil. Sua importância se dá pela produção de riquezas minerais, e também por gerar empregos e contribuir significativamente para o desenvolvimento das regiões mineradoras. Com um dos maiores patrimônios minerais do mundo, a Balança Comercial Brasileira aponta o minério de ferro como principal produto exportado pelo país no ano de 2017 (IBRAM, 2017).

Ao mesmo tempo em que a indústria da mineração tem grande importância econômica, ela também resulta em um impacto ambiental significativo. Para se obter um minério de ferro mais concentrado e mais competitivo internacionalmente, é necessário que ele passe primeiro pelo processo de beneficiamento. Esse processo consiste em separar o material valioso do rejeito, que não apresenta interesse econômico e que normalmente é disposto em barragens (VALE,2016). Esses rejeitos causam muitos danos ao meio ambiente, o que torna importante a busca por alternativas de utilização dos mesmos, uma vez que depositá-los em barragens não é adequado e seguro, sem contar seu potencial de contaminação do solo e águas superficiais e subterrâneas, e dos elevados riscos de acidentes.

Em de 18 de Março de 2016, o Ministério Público Federal (MPF) recomendou que se o empreendedor, no período de 2016 a 2025, não reaproveitar o rejeito em outra cadeia econômica, em percentuais progressivos de 5% (ano de 2016) até 70% (ano de 2025), o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) não deve aprovar o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) de lavra de minério de ferro (RECOMENDAÇÃO N°014/2016-MPF-GAB/FT).

Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM,2017) atualmente Minas Gerais conta com 698 barragens, sendo 62,3% pertencentes à mineração. Acidentes recentes envolvendo barragens provocaram um olhar mais atento para essas estruturas e ressaltaram a necessidade de buscar formas de aproveitar esses rejeitos.

Sendo assim, a incorporação de rejeito de minério de ferro como matéria prima para materiais alternativos da construção civil pode ser uma possibilidade viável para a redução dos passivos ambientais causados pela disposição desses rejeitos em barragens.

Sem contar que seu reuso pode ser economicamente interessante para as empresas mineradoras.

Este trabalho de conclusão tem como objetivo central o estudo da incorporação de rejeito de minério de ferro na produção de tijolos solo-cimento. Se a viabilidade da produção for comprovada, será possível criar um material de menor custo, e ao mesmo tempo, promover uma maior sustentabilidade da indústria de mineração e minimizar os danos ambientais e sociais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indústria de mineração

2.1.1 Minério de Ferro

O minério de ferro é uma rocha a partir da qual é extraído o ferro (Fe), que é um metal muito utilizado pelas indústrias. O ferro é o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre, sendo superado apenas pelo oxigênio, silício e o alumínio. Geralmente ocorre em seus minérios sob a forma de óxidos minerais, tais como a hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4) ou goethita ($\alpha\text{-FeOOH}$) e também, em menores proporções, a limonita ($\text{FeO(OH).nH}_2\text{O}$) (GIRODO, 2005).

Os maiores depósitos de minério de ferro no Brasil são as formações ferríferas bandadas, denominadas itabirito, que são constituídas de hematita (Fe_2O_3) e Sílica. (QUARESMA, 2001). As formações ferríferas bandadas compreendem as maiores reservas de ferro do mundo, com teores médios do metal entre 20 e 55%. (CARVALHO, 2014).

O Quadrilátero Ferrífero (QF) é a maior província de minério do Brasil. As primeiras descobertas de minérios metálicos e pedras preciosas no local se deram nos fins do século XVII (NUNES, COSTA e SILVA, 2012). Além do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais), as principais regiões produtoras de minério de ferro no Brasil são: Província Mineral de Carajás (Pará) e a região de Corumbá (Mato Grosso do Sul).

2.1.2 Relevância da Indústria de Minério de Ferro no Brasil

A mineração do ferro representa a mais importante atividade mineral do país pelos recursos financeiros envolvidos, tendo grande participação na geração de empregos, na arrecadação de impostos e na arrecadação da compensação financeira pela exploração de recursos minerais (CFEM), assim como no comércio exterior (MUNDIAL, 2009).

De acordo com o U.S Geological Survey (USGS,2016;2017), o Brasil ocupa a posição de segundo lugar no ranking dos maiores produtores de minério de ferro. Em 2016, as reservas de minério de ferro bruto no Brasil alcançaram 23 bilhões de toneladas.

A quantidade de bens minerais exportados pelo Brasil no ano de 2016 atingiu um volume de 394 milhões de toneladas e representou US\$ 21,6 bilhões, sendo o ferro responsável por uma parcela de 62%, o que equivale a 244 milhões de toneladas exportadas e um montante de US\$ 13,4 bilhões. (IBRAM,2017).

Diante disso, fica nítida a importância do setor mineral na economia do país e do mundo, uma vez que a sua prática contribui para grande geração de empregos e aumento de renda, participando ativamente no aumento do PIB e aquecendo o mercado em âmbito geral. (GONELLA *et al.*, 2015).

2.1.3 Beneficiamento do Minério de Ferro e a Geração de Rejeitos

Um bem mineral não pode ser utilizado tal como é lavrado na mina, devendo então passar por um processo de beneficiamento. Esse processo objetiva a redução e regularização da granulometria (sem modificar a sua identidade química ou física), remoção de ganga (parte do minério sem interesse econômico) e aumento da qualidade do produto final (BOSCOV, 2008).

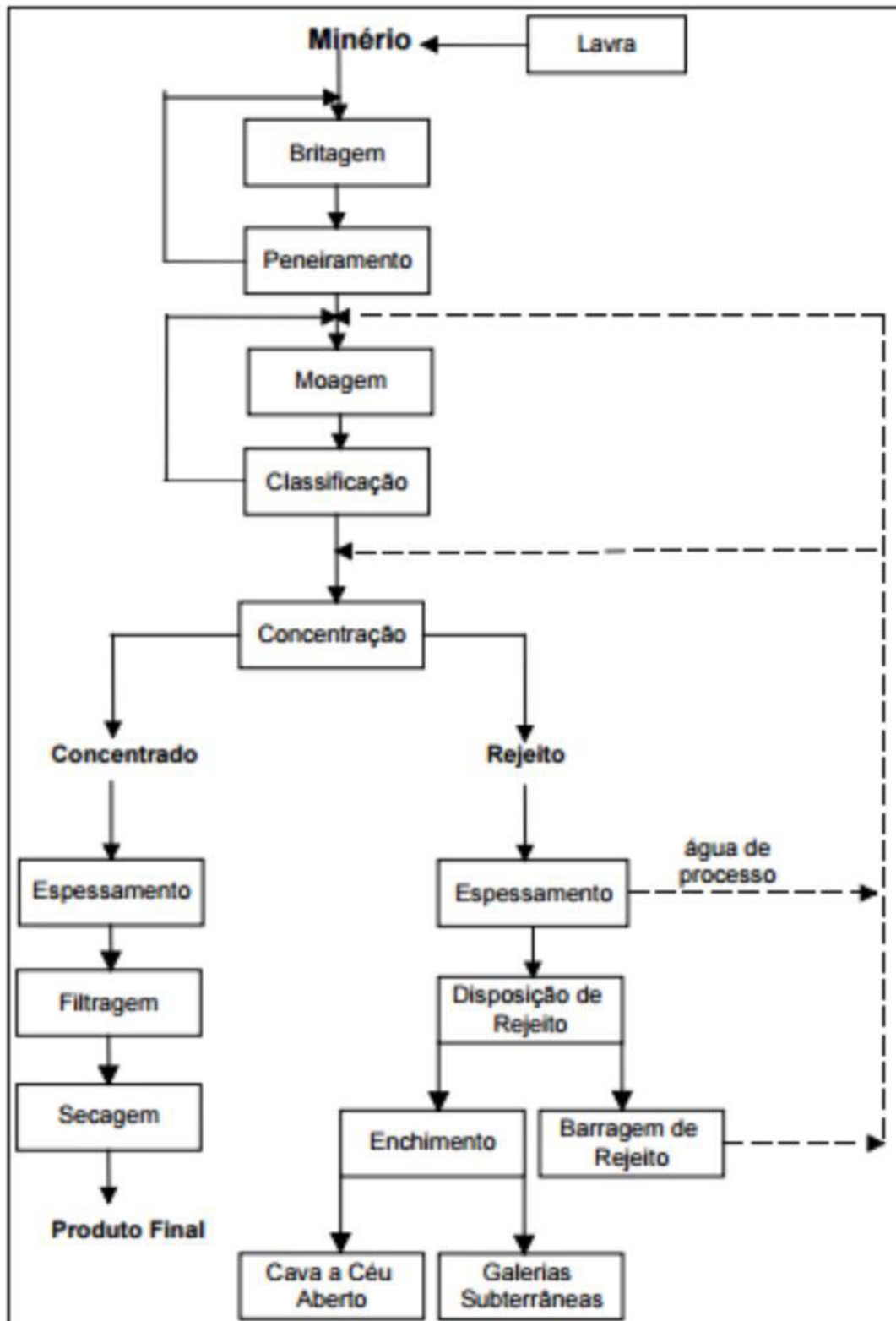
De acordo com LUZ, SAMPAIO e FRANÇA (2010), o beneficiamento de minérios segue as seguintes etapas:

- I. Cominuição (britagem e moagem), onde ocorre uma redução do tamanho das partículas;
- II. Separação por tamanho através do peneiramento e classificação (ciclonação, classificação em espiral) com o objetivo de separar as espécies minerais, obtendo-se um concentrado e um rejeito;
- III. Concentração (gravítica, eletro-magnética, eletrostática, por flotação), para remoção da maior parte da ganga (impurezas) presente no minério;
- IV. Desaguamento (espessamento e filtração);
- V. Secagem (secador rotativo, *spray dryer*, secador de leito fluidizado);
- VI. Disposição de rejeito.

A Figura 1 ilustra o fluxograma típico de tratamento de minérios, segundo a Norma Reguladora de Mineração (NRM – 18).

O minério bruto (ROM), passa pelo processo de beneficiamento, sendo a parte fina direcionada para a sinterização e a fração grossa rebitada na granulometria desejada. Após beneficiamento do minério bruto são gerados produtos granulares – lump e hematitinha - ($6,3 < \varnothing < 31,5\text{mm}$) e finos, estes últimos denominados sinter feed ($0,15 < \varnothing < 6,3\text{mm}$) e pellet feed ($\varnothing < 0,15\text{mm}$) (Guimarães, 2011).

Figura 1: Fluxograma típico da concentração de Minérios



Fonte: Luz, Sampaio e França, 2010.

Quando o aproveitamento de um bem mineral vai desde a concentração até a extração do metal, por exemplo, a primeira operação traz vantagens econômicas (e energéticas) à metalurgia, devido ao descarte de rejeito, que ocorre na etapa de concentração. (LUZ, SAMPAIO e FRANÇA, 2010).

O processo de beneficiamento gera um volume muito elevado de rejeitos, que são dispostos de forma direta sobre a superfície do terreno, em reservatórios, formando bacias de disposição conhecidas também como barragens de rejeitos (BOSCOV, 2008). No Brasil, a disposição de rejeito mais utilizada é a disposição em barragens, representando um sério risco se não forem adequadamente planejadas, operadas e mantidas (BRASIL, 2012).

Os rejeitos são consequências inevitáveis dos tratamentos a que são submetidos os minérios. Esses rejeitos causam um impacto enorme no meio ambiente. Por isso, existe uma preocupação cada vez maior nas empresas em minimizar os impactos ambientais e os custos associados aos processos de disposição e contenção desse material.

Existe uma pressão crescente para que os rejeitos resultantes do beneficiamento, ao invés de danificarem os terrenos, sejam usados para preenchimentos de minas (“back-fill”), visando à restauração das áreas mineradas, ou que sejam estudados para serem utilizados como alternativa a outros materiais (LUZ, SAMPAIO e FRANÇA, 2010).

2.1.4 Histórico de Falhas em Barragens

Grandes volumes de rejeitos minerais são dispostos em barragens. Infelizmente, ao longo dos anos têm ocorrido vários incidentes de falhas de barragens e o vazamento desastroso de rejeitos, que são muitas vezes resultado de condições meteorológicas extremas ou de desastres naturais. As principais causas de falhas são a falta de controle do balanço hídrico e de controle e consistência da construção, devido à natureza progressiva dos rejeitos de construção da barragem e a falta de compreensão das características que contribuem para a segurança das operações (HERNANDEZ et al., 2005).

No mundo, várias falhas de barragens já foram relatadas. A tabela abaixo apresenta o histórico de incidentes ocorridos com barragens desde 1972 até os dias atuais:

Tabela 1: Estatísticas de rupturas em barragens de rejeito

Ano	Barragem/ Localização	Tipos de rejeito	Vítimas
			Fatais
1972	Buffalo Creek, West Virginia, EUA	Lama de carvão	
1981	Tyrone, New Mexico, USA	Ferro	0
1985	Stava, Itália	Fluorita	269
1986	Huangmeishan, China	Ferro	19
1986	Itabirito, Minas Gerais, Brasil	Ferro	0
2000	Baia Mare, Roménia	Cianeto	0
2001	Nova Lima, Minas Gerais, Brasil	Ferro	5
2007	Taoshi, China	Ferro	254
2010	Ajka, na Hungria	Alumínio	4
2003	Rio Pomba-Cataguases, Minas Gerais, Brasil	Lignina e sódio	0
2007	Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil	Ferro	0
2014	Herculano, Minas Gerais, Brasil	Ferro	3
2015	Fundão, Minas Gerais, Brasil	Ferro	17
2017	Tonglvshan Mine, China	Cobre, ouro, prata e ferro	3

Fonte: Bezerra, 2017.

É impossível abordar esse assunto sem relatar o maior desastre ambiental da história brasileira. Em 05 de novembro de 2015, houve o rompimento da barragem do Fundão no município de Mariana, Minas Gerais, onde causou vazamento da lama de rejeito de mineração de ferro, que se espalhou pelo vale do Córrego do Fundão, transpôs a Barragem de Santarém e alcançou o distrito de Bento Rodrigues, chocando o Brasil e o mundo. A figura 2 retrata o distrito de Bento Rodrigues horas depois do acidente.

Figura 2: Distrito de Bento Rodrigues horas depois do acidente



Fonte: Veja, 2015.

Foram afetados 663 km de cursos d'água e comprometidos aproximadamente 1500 hectares de vegetação (BRASIL,2015). Com o rompimento, 43,6 milhões m³ de rejeito

foi despejado diretamente no meio ambiente, trazendo consequências ambientais, sociais, econômicas e humanas irreparáveis.

2.2 Insumos para a Fabricação de Tijolos Ecológicos

2.2.1 Água

A água interfere diretamente nas propriedades físicas e mecânicas do tijolo ecológico. O Instituto Brasileiro de Desenvolvimento de Arquitetura (IBDA) orienta que a quantidade de água que será utilizada no processo deve ser devidamente dosada, pois, se estiver em excesso, faz com que o material perca resistência e possa vir a trincar e se for adicionado uma quantidade insuficiente de água, gera uma má compactação e o solo-cimento perderá resistência mecânica (CAMPOS, 2008).

2.2.2 Cimento Portland

Cimento Portland é o nome convencionado mundialmente para o material usualmente conhecido como cimento. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, esse material é um pó fino que possui propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes que endurece se misturado em água e, depois de endurecido, mesmo que seja adicionada novamente a água ele não se decompõe mais (ABCP, 2002).

Os cimentos que poderão ser utilizados deverão atender a uma das especificações fornecidas pela tabela 2, normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Tabela 2: Cimentos que poderão ser utilizados para confecção dos tijolos ecológicos.

TIPO DE CIMENTO PORTLAND	CLASSE DE RESISTÊNCIA (MPa)	COMPOSIÇÃO (%)				NORMA BRASILEIRA
		C clínquer + gesso	Escória alto forno	Pozolana	Materiais Carbonáticos	
CP I	25; 32	100	-	-	-	NBR 5732
CP I - S	40	95-99	1-5	1-5	1-5	
CP II - E	32	56-94	6-34	-	0-10	NBR 11578
CP II - Z	32	76-94	-	6-14	0-10	
CP II - F	32 - 40	90-94	-	-	6-10	
CP III	25 - 32 - 40	25-65	35-70	-	0-5	NBR 5735
CP IV	25 - 32	45-85	-	15-50	0-5	NBR 5736
CP V - ARI		95-100	-	-	0-5	NBR 5733

Fonte Adaptada: ABCP, 2000.

2.2.3 Solo

O tijolo solo-cimento nada mais é do que uma mistura de cimento, água e solo. Porém, não se pode usar qualquer solo. O ideal é usar areia argilosa, onde a maior parcela é areia e a menor é de argila, pois a areia pura não contém argila, assim não é adequada para o solo-cimento e o solo argiloso, que contém mais argila do que areia, também não é adequado pois requer uma quantidade maior de cimento, sendo difícil de misturar e compactar. Mas este tipo de solo pode ser corrigido, basta adicionar areia (CAMPOS, 2008).

A ABCP (2004) recomenda alguns parâmetros para características do solo a ser usado na fabricação de artefatos de solo-cimento, a saber:

- Diâmetro máximo das partículas de 75 mm;
- Mínimo de 50% de material passante na peneira de abertura de 4,8 mm;
- De 15% a 100% de material passante na peneira de abertura de 0,42 mm;
- Máximo de 50% de material passante na peneira de abertura de 0,075 mm;
- Limite de liquidez menor que 40%;
- Índice de plasticidade inferior a 18%.

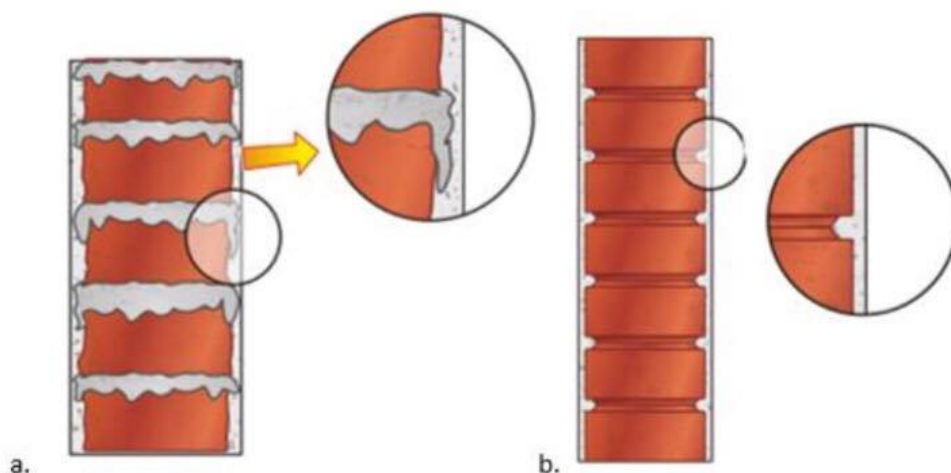
2.3 Tijolo Ecológico

O Tijolo ecológico consiste em uma mistura de solo e cimento prensada, e seu processo de fabricação não exige queima em forno à lenha, o que evita desmatamentos e não polui o ar, pois não lança resíduos tóxicos no meio ambiente. (SALA, 2006).

O uso do solo-cimento é considerado um benefício às famílias de baixa renda, que sonham em conquistar a casa própria melhorando a qualidade da moradia com efetiva redução dos custos (CORDEIRO, CONCEIÇÃO e LIMA, 2006).

A utilização de tijolos ecológicos leva algumas vantagens em relação aos tijolos convencionais. Uma vantagem que pode destacada são suas medidas e texturas regulares que proporcionam um acabamento bem definido, evitando as correções comuns no assentamento e, conseqüentemente, reduzindo o tempo da obra (ECO PRODUÇÃO, 2010). As Figuras 3a e 3b mostram uma comparação entre o revestimento de paredes com tijolo comum e com tijolo ecológico.

Figura 3: a. Revestimento de parede feita com tijolo cerâmico comum. b. Revestimento de parede feita com tijolo ecológico.



Fonte: Eco produção, 2010.

Além disso, os tijolos ecológicos são mais leves que os comuns e possuem resistência superior. Eles reduzem o peso da obra e também formam câmaras termoacústicas, controlando a temperatura interior da casa (nos dias quentes, a temperatura interna é fresca e à noite fica aquecida), além de reduzir a poluição sonora (ECO PRODUÇÃO, 2010).

Na China, o governo proibiu a fabricação do tijolo tradicional de barro em muitas cidades como forma de defender o uso de materiais de construção sustentáveis (“eco-friendly”), promovendo assim o uso de tijolos ecológicos, que seguem as políticas ecológicas corretas na China e são tidos como uma alternativa para a construção civil. (CHEN *et al.*, 2011).

2.4 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

O desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade são termos recorrentes no mundo. Segundo Barbosa (2008), desenvolvimento sustentável consiste em um aprendizado norteado por políticas públicas orientadas por um plano de desenvolvimento nacional; já sustentabilidade é o reflexo da relação entre o ser humano e o meio ambiente, sobretudo com os problemas existentes que pode deteriorar a relação entre a ecologia e o desenvolvimento econômico (FEIL, 2017).

O termo “desenvolvimento sustentável” veio à tona por meio de estudos direcionados pela Organização das Nações Unidas (ONU) sobre as mudanças climáticas, como resposta para a humanidade diante da crise social e ambiental na segunda metade do século XX. Em 1987, o conceito de desenvolvimento sustentável foi então apresentado ao mundo por meio da Comissão de Brundtland através do chamado Relatório de Brundtland que expressa o desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer as futuras gerações de satisfazerem as suas necessidades. Esse relatório apresenta o desenvolvimento sustentável como um processo de mudança, em que ao utilizar os recursos em prol de investimentos, é orientado de como deve ser seguido, de maneira harmoniosa em relação com a instituição para uma satisfação das aspirações e necessidades humanas (Barbosa,2008).

Ao se definir desenvolvimento sustentável também está se discutindo o que é sustentabilidade, pois são conceitos que estão entrelaçados, ou seja, alinhados com propósitos semelhantes, uma vez que a sustentabilidade é o objetivo do desenvolvimento sustentável.

Para Barbosa (2008), sustentabilidade baseia em encontrar meios de produção, distribuição e consumo dos recursos existentes de forma mais coesiva, economicamente eficaz e ecologicamente viável. Um dos desafios da sustentabilidade é a conscientização de que esta é um processo a ser percorrido e não algo definitivo a ser alcançado. Priorizar o desenvolvimento social e humano com capacidade de suporte ambiental, gerando cidades produtoras com atividades que podem ser acessadas por todos é uma forma de valorização do espaço incorporando os elementos naturais e sociais.

2.5 Importância da Sustentabilidade Ambiental na atualidade

Apesar de ser um assunto discutido na Europa, Estados Unidos e Japão há pelo menos seis anos, no Brasil a incorporação de práticas de sustentabilidade ambiental, inclusão social e governança começou a ganhar relevância no ano passado seja no âmbito das empresas ou entre bancos corretoras e gestoras de investimento. E, tanto no exterior como aqui, essa discussão se tornou um fenômeno de peso indiscutível.

No panorama global, estima-se que pelo menos 30 trilhões de dólares em ativos estão hoje sob gestão de fundos que apenas aplicam seus recursos em negócios e empresas com práticas sustentáveis. E nos últimos anos, esse montante vem crescendo entre investidores que optam por “investimentos responsáveis” como fator preponderante da alocação de recursos.

Segundo dados da Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (ANBIMA), no Brasil também houve um aumento significativo nos fundos de categoria sustentabilidade e governança. Em Fevereiro de 2021, o patrimônio líquido dos fundos na categoria sustentabilidade e governança foi de 1,07 bilhão de reais, quase o dobro que há um ano. A captação líquida, por sua vez, foi de 307,9 milhões de reais no primeiro bimestre de 2021, crescimento de 787% em relação ao mesmo período do ano anterior.

Essa expansão deriva principalmente do interesse e da pressão da sociedade. Atualmente, os consumidores exigem que as empresas adotem práticas sustentáveis do ponto de vista ambiental (uso de energia, disponibilização de resíduos e seleção de matérias primas de baixo impacto na natureza).

A da pandemia do coronavírus no ano passado e seus impactos gigantescos sobre as pessoas ajudaram a reforçaram essa tendência. Com isso, o que no passado se restringia a estratégias de marketing passou a ser incorporado nas estruturas mais profundas das corporações, a partir de métricas e regras estabelecidas por instituições globais como a Organização das Nações Unidas e o Fórum Fórum Econômico Mundial.

2.6 Responsabilidade Social e Ambiental

Responsabilidade social corporativa tornou-se pauta recorrente nas organizações ao longo da última década. Esse movimento se caracteriza pela retomada das questões éticas tanto no âmbito interno das organizações como no seu relacionamento com o público externo, sejam eles consumidores, clientes, fornecedores, Governo e acionistas, os chamados stakeholders. Diante de uma postura dita socialmente responsável, as organizações vêm adotando ações sociais que vão desde filantropia até parcerias com o terceiro setor, e englobam programas de voluntariado empresarial e de proteção ao meio-ambiente, além da instituição de códigos de ética que visam regulamentar a conduta de seus membros (SOARES, 2004).

Responsabilidade ambiental é uma diretriz do princípio do poluidor-pagador enunciado no Tratado que institui a Comunidade Européia e está regulada pela Resolução Legislativa do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia (Directiva 2004/35/CE3) que diz:

Deve, portanto ser o da responsabilização financeira do operador cuja atividade tenha causado danos ambientais ou a ameaça iminente de tais danos, a fim de induzir os operadores a tomarem medidas e a desenvolverem práticas por forma a reduzir os riscos de danos ambientais. (DIRECTIVA, 2004)

A responsabilidade ambiental se aplica aos danos e aos riscos de danos ambientais quando resultado de atividades profissionais, desde que seja possível estabelecer uma relação de causalidade entre o dano e a atividade em questão. Os danos ambientais são definidos como os danos diretos ou indiretos causados ao ecossistema, assim como a contaminação direta ou indireta dos solos que impliquem um risco importante para a saúde humana. (Directiva 2006/21/CE, 2006).

Todas as organizações, independente do seguimento, têm o dever de contribuir para melhorar a qualidade de vida e resguardar o meio ambiente. A Legislação Brasileira enuncia em um dos seus Capítulos, que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (CONSTITUIÇÃO FEDERAL BRASILEIRA, cap. VI, Art. 225º, 5/10/1988)

Uma das maiores expectativas da atualidade é que as organizações comecem a proteger e melhorar o meio ambiente, usando padrões fundamentados na gestão ambiental e no uso consciente de ferramentas econômicas dentro de regulamentações e normas. O novo contexto econômico espera que as organizações sejam éticas e que atuem de forma ambientalmente responsável.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho é proposto o estudo da formulação de tijolos solo-cimento com substituição parcial do solo argiloso por rejeito de minério de ferro. Os itens abaixo abordam sobre a metodologia que foi empregada para realização.

A pesquisa é caracterizada como descritiva e desenvolve metodologia qualitativa e quantitativa, utilizando como instrumentos, a observação participante e questionário de roteiro estruturado, disponibilizado via internet pela ferramenta do *Google Forms*. A partir do material coletado, foi feita uma análise da aceitação desse novo produto no mercado e de seus benefícios.

3.1 Caracterização dos respondentes

A pesquisa empírica foi realizada em Maio de 2021 e contou com 85 participantes, que responderam aos questionários disponibilizados virtualmente.

Diante do exposto, seguem as características descritivas dos respondentes na tabela 3, com o n=85 utilizando frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR):

Tabela 3: Características dos respondentes

Idade	FA	FR
18 – 25 anos	8	9,4%
25- 30 anos	17	20%
30 – 40 anos	32	37,6%
+ 40 anos	28	32,9%
Preferência a marcas e empresas que se preocupam com o meio ambiente	FA	FR
Sim	39	45,9%
Não	46	54,1%

Usaria tijolos ecológicos para construir a própria casa	FA	FR
Sim	82	96,5%
Não	3	3,5%
Sente falta de produtos ecológicos para construção civil no mercado	FA	FR
Sim	75	88,2%
Não	10	11,8%

Fonte: Dados da pesquisa,2021.

4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

O tijolo ecológico consiste em um produto completamente sustentável, com vários benefícios e capaz de agradar os clientes mais exigentes.

Se a viabilidade da produção for comprovada, será possível criar um material de menor custo, e ao mesmo tempo, promover uma maior sustentabilidade da indústria de mineração e minimizar os danos ambientais e sociais.

O mercado moderno criou uma nova geração de clientes que trazem maiores demandas e desafios. Hoje, os consumidores estão priorizando empresas que são sustentáveis, transparentes e alinhadas com seus principais valores ao tomar decisões de compra. Eles estão dispostos a pagar mais e até mudar seus hábitos de consumo, pelas marcas que acertam nisso.

4.1 Discussão dos Resultados

Considerando a triangulação entre a literatura, a observação participante e as respostas dos questionários é possível perceber que o público está mais exigente tanto com a qualidade dos produtos e serviços quanto com a procedência deles. Além disso, o maior público consumidor do país são os Millennials (Geração Y) - a geração nascida entre 1981 e 1998. Essa observação pode indicar o porquê da preferência dos nossos respondentes a marcas e empresas que se preocupam com o meio ambiente, uma vez que 57,6% dos participantes da pesquisa pertencem à geração Millennials.

Com jovens mais engajados em causas sociais e ambientais, pode ser difícil para uma empresa sobreviver nos dias atuais sem se preocupar com esses temas. Por outro lado, além de visar o lucro, grande parte dos negócios (principalmente aqueles que têm como cliente final o consumidor jovem) tem se reinventado e focado em ações que diminuem o impacto negativo de suas ações no planeta e na sociedade em que estão presentes. Isso reflete o fato de 96,5% dos respondentes terem interesse em construir a casa própria com tijolos ecológicos e também evidencia o motivo de 88,2% dos respondentes sentirem falta de produtos ecológicos para construção civil no mercado.

O consumidor evoluiu e, assim como o mercado está em constante mudança, a sua satisfação passa por um processo de adequação, uma vez que envolve algo mais que um

bom produto com características positivas ou serviço prestado. Quem compra quer ver resultados tangíveis, dados, números reais que passam a ser medidos levando em consideração os aspectos sociais, ambientais e econômicos, sendo que, especificamente no quesito social, trata do capital humano de uma empresa ou sociedade. Ou seja, nesse novo mercado, definitivamente não basta ser bom, tem que parecer ser bom e provar em todos os aspectos suas qualidades.

Essa conscientização que os jovens têm trazido à tona em forma de discussão e diálogo tem tomado maiores proporções e atingido outras gerações. A constante busca e o vasto crescimento de ofertas relacionadas a produtos considerados sustentáveis por parte das empresas e dos consumidores brasileiros apontam um novo nicho de mercado, e é uma tendência mundial.

Fatores antes vistos como menos importantes, tais como a preocupação com meio ambiente, logística reversa, tempo de decomposição, qualidade de vida e desenvolvimento regional, por exemplo, agora passam a ser prioridade para um consumidor que, acima de tudo, tem estado mais consciente dos impactos da indústria e comércio no meio ambiente e na sociedade como um todo.

A proposta do tijolo ecológico esta inserida nas novas formas de desenvolvimento econômico, sem a redução dos recursos naturais e sem danos ao meio ambiente. Sendo assim, a incorporação de rejeito de minério de ferro como matéria prima para materiais alternativos da construção civil se enquadra na perspectiva de sustentabilidade e pode ser uma possibilidade viável para a redução dos passivos ambientais causados pela disposição desses rejeitos em barragens. Sem contar que seu reuso pode ser economicamente interessante para as empresas mineradoras e vai de encontro com o resultado dessa pesquisa e com as novas tendências de mercado.

Os novos produtos precisam se diferenciar, oferecendo acesso a informações detalhadas que anteriormente eram desnecessárias, como a forma como são fabricados, a qualidade dos ingredientes, se eles são sustentáveis ou de origem ética, e em que condições.

A redução do impacto ambiental agora vai além da embalagem reciclável ou da pegada de carbono. As marcas que atuam com um propósito também devem ajudar a construir uma economia circular e sustentável para as gerações futuras. Para preservar recursos e eliminar

o desperdício no cenário atual do comércio, a sustentabilidade deve ser integrada e medida de ponta a ponta e em toda a cadeia de suprimentos para os fabricantes de bens de consumo embalados e a proposta do tijolo ecológico é justamente atender todas essas exigências do novo mercado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o estudo da utilização de rejeito de minério de ferro na formulação de tijolos solo-cimento e, além disso, uma análise da aceitação desse produto no mercado.

O maior impacto da utilização de rejeito de minério de ferro na formulação desses tijolos foi possibilitar a obtenção de produtos alternativos mais sustentáveis e com baixo custo, que são características desejáveis em alguns importantes setores da indústria da construção civil.

Conclui-se que a utilização do rejeito de minério de ferro na produção de tijolos solo ecológicos é uma rota promissora para a viabilização desse resíduo como um material alternativo para indústria da construção civil.

Além disso, este trabalho contribuiu para o desenvolvimento científico e profissional da discente, ampliando suas capacidades de desenvolvimento de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABCP –Associação Brasileira de Cimento Portland. *Dosagem das Misturas de Solo-Cimento –Normas de Dosagem e Métodos de Ensaios*. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2014/02/ET35_Solo_cimento_Normas_dosagem_metodos_ensaios.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2021.

ABCP –Associação Brasileira de Cimento Portland. *Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais*. São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/download/?search=Solo-cimento>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

ABCP–Associação Brasileira de Cimento Portland. *Guia básico de utilização do cimento Portland*. 7.ed. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2009/12/BT106_2003.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2021.

ABNT –Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6457**–Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

ANBIMA - Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais, *Consolidado histórico de fundos de investimento*. 2021. Disponível em: <https://www.anbima.com.br/pt_br/informar/estatisticas/fundos-de-investimento/fi-consolidado-historico.htm> Acesso em: 24 mai. 2021.

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 de doutorado., UFMG, Viçosa, MG, Brasil.

BARBOSA, Gisele Silva. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**, n.4, v.1, Jan./Jun, 2008.

BOSCOV, M. E. G., 2008, *Geotecnia ambiental*. 1 Ed. São Paulo – Brasil, Oficina de Textos.

BRASIL, 2012, Plano Nacional de Resíduos Sólidos. *Federal, Governo*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS_consultaspublicas.pdf> Acesso em: 29 mai. 2021.

BRASIL, 2015, *Entenda o acidente de Mariana e suas consequências para o meio ambiente*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/12/entenda-o-acidente-de-mariana-e-suas-consequencias-para-o-meio-ambiente>>. Acesso em: 29 mai. 2021.

CAMPOS, I. M. *Solo-cimento, Solução para Economia e Sustentabilidade*. Fórum Mundial da construção. IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento de Arquitetura. 2008. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

CARVALHO, P. S. L. D., SILVA, M. M. D., ROCIO, M. A. R., E MOSZKOWICZ, J., 2014, *Minério de ferro*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, (39), 197-233. NI, 2012, *Relatório da Indústria brasileira do cimento: base para a construção do desenvolvimento*. Encontro da indústria para a sustentabilidade. Confederação Nacional da Indústria. Brasília, DF.

CHEN, Y.; ZHANG, Y.; CHEN, T. et al. *Preparation of eco-friendly construction bricks from hematite tailings*. Construction and Building Materials. 2011. V. 25. 2107-2111 p. Departamento Intersindical de estatística de estudos socioeconômicos. Estudo setorial da construção 2011.

CORDEIRO, Martha Eleonora Venâncio Mignot; CONCEIÇÃO, Patrícia Marluci da; LIMA, Thiago Vicente. *A educação ambiental e o uso do solo-cimento*. 2006. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/1809-2667.20060003/50>>.

ECO PRODUÇÃO, Tijolos Ecológicos. *Tijolo Ecológico Modular – Manual Prático: Vantagens técnicas, benefícios financeiros, composição e aplicação na construção*. 2010. Disponível em: <<http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2021.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente, *Inventário Estadual de Barragens do Estado de Minas Gerais – Belo Horizonte – 2017*. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/2018/BARRAGENS/Invent%C3%A1rio_de_Barragens_2017.pdf> Acesso em: 24 mai. 2021.

FEIL, Alexandre André. SCHREIBER, Dusan. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cad. EBAPE**, v. 14, n. 3, jul./set. 2017.

GIRODO, A., 2005, *Mineração*. In: Projeto APA Sul, Estudos do Meio Físico, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/ CPRM, Belo Horizonte, MG.

GONELLA, J. D. S. L., REINAS, A. M., PARRA, J. A., e MORALES, A. G., 2015, “Mapeamento dos impactos ambientais do setor de mineração no estado de Minas Gerais”, *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, n. 11(7).

GUIMARÃES, N.C., 2011, *Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando a sua disposição em pilhas*. Dissertação de M.Sc., UFOP, Minas Gerais, Brasil.

HERNANDEZ, C. A. O., DE ARAUJO, A. C., VALADÃO, G. E. S., e AMARANTE, S. C., 2005, “Pasting characteristics of hematite/quartz systems”. *Minerals Engineering*, 18(9), pp. 935–939.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração, *Informações sobre a Economia Mineral Brasileira*, 2017. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006389.pdf>> Acesso em: 24 mai. 2021.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A., 2010, Tratamento de minérios. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT.

MPF - Ministério Público Federal, Procuradoria da República no Estado de Minas Gerais, Força Tarefa Rio Doce, Recomendação N° 014/2016-MPF-GAB/FT. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/recomendacao-dnmp>> Acesso em: 24 mai. 2021.

MUNDIAL, B., 2009. Relatório Técnico 18 – *Perfil da Mineração de Ferro*, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-MME. Disponível em: <http://www.jmendo.com.br/wpcontent/uploads/2011/08/P09_RT18_Perfil_da_Minera_xo_de_Ferro.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2021.

NUNES, M. A. D. J., COSTA, S. G., DA SILVA, R. G., 2012, *O quadrilátero ferrífero e o norte de minas gerais: análise da história e importância econômica*. Disponível em: http://unimontes.br/arquivos/2012/geografia_ixerg/eixo_politica_meio_ambiente/o_quadrilatero_ferrifero_e_o_norte_de_minas_gerais_analise_da_historia_e_import%C3%82ncia_econ%C3%94mica.pdf. Acesso em: 29 mai. 2021.

QUARESMA, L.F. - Balanço Mineral Brasileiro 2001, Elemento Ferro. DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, DF.

SALA, L. G., *Proposta de Habitação Sustentável para Estudantes Universitários*. 2006. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006.

SOARES, Gianna Maria de Paula. *RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA: POR UMA BOA CAUSA!?*. **RAE-eletrônica**, São Paulo, v. 3, jul./dez. 2004. n.2 Art.23. Disponível em: <<http://www.rae.com.br/electronica/index.cfm?FuseAction=Artigo&ID=1666&Secao=FOR.ESTCRI&Volume=3&Numero=2&Ano=2004>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY - USGS, 2018, Mineral Commodity Summaries. Disponível em: < <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf> >. Acesso em: 29 mai. 2021.

VEJA. *Vale perdeu 12,6 bilhões em valor de mercado desde o acidente da Samarco*. 2015. Disponível em: < <https://veja.abril.com.br/economia/vale-perdeu-r-126-bi-em-valor-de-mercado-desde-o-acidente-da-samarco/>>. Acesso em: 29 mai. 2021.