



Monografia

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Autora: Marina Duque Silveira

Orientadora: Professora Maria Teresa Paulino Aguiar

Coorientador: José Claudio Nogueira Vieira

Belo Horizonte

Janeiro/2015

Marina Duque Silveira

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Ênfase: Sustentabilidade da Construção Civil-Utilização de Resíduos

Orientadora: Professora Maria Teresa de Paulino Aguiar

Coorientador: José Claudio Nogueira Vieira

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2015

*A minha família, amigos e colegas pelo apoio e carinho
em meu desenvolvimento pessoal e profissional.*

AGRADECIMENTOS

Registro meus sinceros agradecimentos a todos que compartilham, direta ou indiretamente, o trilhar de mais um caminho percorrido. Primeiramente a Deus, por guiar e iluminar minha vida. Aos meus pais, Elizabeth e Márcio, pelo incentivo, ensinamentos, confiança e exemplo. A minha Grande Família, pelo afago e carinho incondicional, especialmente a minha avó Edite mestra de toda vida. As minhas amigas por compartilharem deste e todos os momentos comigo. A vocês amor imensurável.

Aos professores Maria Teresa e José Claudio pela orientação que me concederam durante este trabalho. A equipe de mestres da CECC-UFMG, demais professores e colegas de toda vida acadêmica por terem compartilhado conhecimentos e experiências fundamentais para minha vida pessoal e profissional. Também as empresas Green Metals e Minerita pela disposição para elaboração desta. Por ultimo, não menos importantes, aos meus colegas de trabalho da SEMA Brumadinho pela compreensão, apoio e ensinamentos.

A todos que incentivam, aconselham e compartilham dos meus sonhos em minha formação pessoal e profissional, Muito Obrigada!

RESUMO

A destinação de resíduos, a escassez de jazidas e a maior demanda de recursos naturais tornaram-se um problema para a sociedade. O setor de mineração destaca-se como um dos setores causadores desse problema, uma vez que no processo de beneficiamento mineral é gerada uma elevada quantia de rejeitos. Estudos para o aproveitamento destes resíduos e descobertas de novas rotas de processamento vêm se intensificando. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo denotar a possibilidade da utilização destes resíduos na construção civil visto o elevado consumo de recursos naturais e o potencial para o reaproveitamento destes como subprodutos de materiais nas edificações. São apresentados dados sobre o processo de separação do minério de ferro para a produção da areia industrial e um estudo de caso com a utilização desta areia como insumo para pré-moldados de concreto. Conclui-se que a reutilização destes resíduos é primordial para a minimização de impactos ambientais, seja pela redução do volume dos rejeitos e consequentemente das áreas de deposição, bem como pela geração de novos materiais e dedução de custos.

Palavras-Chave: rejeitos, mineração, aproveitamento de resíduos, construção civil, areia industrial, impactos ambientais.

SUMÁRIO

#	
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SIGLAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	3
3. METODOLOGIA	4
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1. Considerações gerais sobre os resíduos.....	5
4.2 A importância da construção civil como receptora de resíduos sólidos.....	8
4.3 A mineração no Brasil.....	8
4.4 Utilização de resíduos provenientes da extração de minério de ferro	12
4.4.1 O beneficiamento dos finos de minério	13
5. ESTUDO DE CASO - MINERITA.....	16
5.1 Reaproveitamento de rejeitos – Projeto Areia Industrial.....	16
5.2 Resultados.....	22
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	24
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Numero de empregos gerados pela mineração e previsão até 2030.....	9
Figura 2- Valor das exportações do setor de mineração no Brasil.....	10
Figura 3- Produção de minério de ferro 2000-2009.....	11
Figura 4- Fluxograma do processo de beneficiamento dos finos de minério.....	15
Figura 5 - Planta de beneficiamento.....	16
Figura 6 - Sistema de recuperação da água.....	16
Figura 7 - Peneira vibratória.....	17
Figura 8 – Hidrociclone	17
Figura 9 - Correia transportadora e pilha do produto extraído – areia.....	17
Figura 10 - Silos de armazenamento de areia.....	17
Figura 11 - Correias transportadoras.....	18
Figura 12 - Vista geral BLOCOITA.	18
Figura 13- Estoque de areia industrial.....	19
Figura 14- Blocos fabricados	19
Figura 15 – Piso intertravado.....	19
Figura 16- Tijolos	20
Figura 17 – Blocos coloração acimentada.....	20
Figura 18 - Pátio de caminhões Minerita.....	20
Figura 19 - Piso grama intertravado paralelepipedo	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Participação do setor mineral no PIB brasileiro.....	9
Tabela 2- Arrecadação da CFEM (2009)	11

LISTA DE SIGLAS

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

CFEM= Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais

DNPM= Departamento Nacional de Produção Mineral

FEAM= Fundação Estadual de Meio Ambiente

GLP= Gás Liquefeito de Petróleo

MME= Ministério de Minas e Energia

NBR = Norma Brasileira

PFF= *Pellet Feed*

PIB= Produto Interno Bruto

PNM= Plano Nacional de Mineração

SENAI= Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SFF= *Sinter Feed*

VPM= Volume de Produção Mineral

LISTA DE ABREVIATURAS

m = metros

mm= milímetros

Mt= Milhões de toneladas

1. INTRODUÇÃO

As atividades industriais destacam-se no cenário do desenvolvimento econômico e social, principalmente a partir da Revolução Industrial no século XVIII, com objetivo de geração de riquezas e bens de consumo por meio da utilização abundante dos recursos naturais, sem preocupar-se com a geração e destinação de rejeitos do processo produtivo.

Atualmente, com a escassez destes recursos, a reutilização dos resíduos sólidos industriais e urbanos, bem como a busca por soluções capazes de minimizar os impactos decorrentes da disposição destes resíduos no ambiente e a redução de custos envolvidos na atividade tornaram-se questões primordiais para o desenvolvimento industrial e da sociedade. Ao mesmo tempo em que os rejeitos acarretam prejuízos econômicos, sociais e ambientais, pode-se ter perspectivas quanto à redução na origem, à reciclagem, à redução de perdas a partir de pesquisas e utilização de novas tecnologias. Estas constituem uma importante metodologia da utilização de resíduos como matéria-prima alternativa para diversos setores industriais, com a geração de emprego e renda, além da preservação do meio ambiente.

A construção civil é o setor responsável por um elevado consumo de recursos naturais, por esta razão, a relevância do desenvolvimento de materiais alternativos que atendam o setor, de forma a reduzir custos e impactos ambientais e absorver os resíduos sólidos. Neste cenário destaca-se a utilização de resquícios provenientes do setor minerário, em virtude do elevado volume de produção e quantia elevada de resíduos gerados em todas as fases do processo produtivo das atividades.

Destarte, o presente trabalho apresenta um estudo de caso com a aplicação da areia industrial (resíduo proveniente do beneficiamento do minério de ferro) como matéria-prima para pré-moldados de concreto, com a manufatura de blocos, lajotas para pisos e tijolos. Bem como algumas considerações sobre a

importância do segmento da construção civil como receptor destes materiais e sobre o desenvolvimento de pesquisas, tecnologias e produtos com características aceitas no mercado.

2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

Apresentar as possibilidades de aproveitamento dos rejeitos provenientes da extração e processamento de minerais, visando à obtenção de subprodutos e matérias-primas alternativas para o setor da construção civil, é objetivo deste estudo. Justifica-se pela necessidade de se promover soluções sustentáveis e economicamente viáveis e avaliar a aplicabilidade destes resíduos de forma a possibilitar a minimização de impactos ambientais e efetivar a reutilização dos recursos naturais reduzindo seu consumo, e conseqüentemente benefícios financeiros, uma vez que proporciona um fim econômico para um material anteriormente descartado.

3. METODOLOGIA

A pesquisa sobre a aplicação de resíduos provenientes do processo de beneficiamento do minério de ferro na construção civil baseou-se na revisão bibliográfica e apresentação de um estudo de caso. Para elaboração destes contemplou-se os seguintes métodos:

- Caracterização de conceitos relativos ao tema abordado;
- Importância da reciclagem/ reutilização de resíduos e materiais em diversos setores para o desenvolvimento sustentável;
- Importância da construção civil para reutilização de resíduos;
- Levantamento de dados sobre a produção de minério de ferro no Brasil;
- Descrição do beneficiamento dos finos de minério (rejeitos) para produção da areia industrial;
- Exemplo do desenvolvimento de produtos pré-moldados a partir do reuso de rejeito mineral;
- Visita Técnica e registro fotográfico sobre o processo de beneficiamento da Green Metals - Unidade de Tratamento Mineral - Brumadinho- MG.
- Visita técnica e registro fotográfico a Mineração Itaúna - MINERITA e BLOCOITA;
- Avaliação e discussão sobre a viabilidade econômica, ambiental e de resistência dos subprodutos obtidos no mercado da construção civil.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Considerações gerais sobre os resíduos

O crescimento desenfreado das atividades industriais fez com que a poluição se alastrasse, causando significativos impactos na qualidade de vida das pessoas e principalmente no meio ambiente. Segundo Aguiar e Novaes (2002) define-se como poluição qualquer alteração química, física ou biológica que interfira no meio e no ciclo biológico natural.

O termo “resíduo” deriva-se do latim e significa resto, estes representam perdas de matérias primas e insumos e podem ser indicadores de ineficiência do processo produtivo (JACOMINO *et al*, 2002).

Nesta atividade são gerados resíduos sólidos em todo seu processo produtivo: extração, manuseio, acondicionamento, coleta, transporte e disposição final, além do sistema de tratamento das águas residuais e emissões atmosféricas. (OLIVEIRA; LANGE, 2005).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 10.004 relata a destinação, transporte e disposição final apropriadas dos resíduos e classifica-os quanto aos riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente em:

- Classe I- Perigosos
- Classe II - Não perigosos, sendo esta subdivida em II A- Não Inertes e II B - Inertes

A periculosidade de um resíduo é função de propriedades químicas, físicas e infectocontagiosas que estes possam apresentar (ABNT NBR 10.004:2004).

Assim, o conhecimento do potencial poluidor é primordial para o processo de reutilização de um resíduo.

Ainda de acordo com ABNT NBR 10.004:2004, os resíduos sólidos terrosos provenientes da extração de minerais, objeto desta pesquisa, são classificados como inertes que são definidos como:

Todo aquele resíduo quando amostrado de forma representativa e submetido a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, não tiver seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Segundo Menezes, Neves e Ferreira (2002) os principais motivos para o investimento e pesquisa e tecnologia nesta área são:

- Maior demanda por recursos naturais;
- Esgotamento das reservas de matérias-primas existentes;
- Crescente volume de resíduos sólidos e deposição inadequada destes, que oferecem riscos à saúde pública e ao meio ambiente;
- Indisponibilidade de área para descarte deste material;
- Necessidade de compensação da degradação existente e desequilíbrio entre os demais recursos naturais, demanda e custo, e;
- Incremento da eficiência do sistema produtivo e da qualidade do produto reciclado.

Destaca-se que para diversos materiais há uma diferença conceitual entre reciclagem e reutilização ou reaproveitamento de resíduos.

Reciclagem é um conjunto de técnicas para transformação aplicada a materiais, cuja finalidade é o aproveitamento de detritos e rejeitos de forma a reintroduzi-los no ciclo de produção, que podem retornar ao seu estado original ou transformando-os em produtos iguais em todas suas características (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

A reutilização consiste no reaproveitamento de um material já beneficiado para formação de novos produtos com características e propriedades físico-químicas diferentes do material original, uma vez que ocorre a degradação destas a cada processo (MANSOR et al, 2010).

A utilização de matérias primas alternativas representa uma condição para o desenvolvimento sustentável, uma vez que é inevitável a geração de resíduos.

No âmbito econômico é vista pela iniciativa privada como um mercado altamente rentável, não é um assunto novo, e vem sendo intensificada em todo mundo, principalmente nos países desenvolvidos.

Do ponto de vista ambiental é responsável pela preservação de recursos naturais, economia de energia, redução do custo no controle ambiental, aumento da durabilidade de materiais, além da geração de empregos e renda no aspecto social. Esta questão é tão importante que em alguns países uma série de resíduos não podem ser gerados, se não obrigatoriamente recuperados.

Segundo Anjos et al (2002) para execução de uma estratégia de processo de reciclagem, a metodologia inclui:

- Consolidação das informações sobre a quantidade do resíduo gerada;
- Eventuais variações e tendências deste em longo prazo;
- Custos da gestão dos resíduos são determinantes na viabilidade econômica, e;
- Recomendações para maximizar a possibilidade de competição do novo produto no mercado da construção civil.

Ressalta-se, porém, que a transformação ou incorporação de um resíduo em um produto ambientalmente seguro e competitivo no mercado é uma tarefa complexa e deve ser realizada de maneira criteriosa. O processo vem sendo pesquisado como demonstra o Estudos de Caso que será apresentado.

4.2 A importância da construção civil como receptora de resíduos sólidos

O setor de construção civil é um relevante consumidor de materiais, por trata-se de um mercado universal, é responsável pelo dispêndio de 15 a 50% dos recursos naturais extraídos (JHON, 2008).

A reutilização de resíduos com objetivo da produção de artefatos para o setor, se feita de maneira criteriosa, além de reduzir custos, permite dar um tratamento e/ou disposição final ambientalmente correto, para o que de outra forma seriam fontes de poluição. Esta, também auxilia na minimização de impactos decorrentes da extração da matéria-prima diretamente do ambiente.

Neste contexto, tornam-se necessárias condições de inovação em todas as etapas do processo construtivo:

- Criação do produto;
- Sistemas, processos, métodos e técnicas construtivas;
- Custos e;
- Resistência e durabilidade do produto.

Portanto, a incorporação de resíduos sólidos provenientes da mineração em produtos da construção civil é uma alternativa necessária para contribuição de um desenvolvimento sustentável, uma vez que diversifica a oferta de matéria-prima para produção de elementos, o que é de extrema importância em um país de levado déficit habitacional e em crescimento como o Brasil (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

4.3 A mineração no Brasil

A mineração é um importante setor econômico e social no Brasil, conforme dados do Plano Nacional de Mineração (PNM) 2030, do Ministério de Minas e Energia

(MME), é responsável em média por 4,2% do Produto Interno Bruto (PIB) nas ultimas décadas, como constatado na tabela 1.

Tabela 1- Participação do setor mineral no PIB brasileiro
 Fonte: PNM 2030, 2011

Segmento da Indústria	Anos						Taxa Média Anual de crescimento por década			
	1970	1980	1990	2000	2005	2008	70	80	90	2000
Mineração (1)	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	1,1	8%	-1%	0%	10%
Processamento (2)	5,1	5,4	4,1	2,6	3,4	3,1	8%	1%	0%	2%
Não metálicos	1,6	1,8	1,3	0,7	0,6	0,7	9%	-1%	-3%	3%
Metalurgia	3,5	3,6	2,8	1,9	2,8	2,4	8%	-1%	-1%	6%
Total (1+2)	5,9	6,4	4,7	3,2	4,2	4,2				
PIB Brasil							7,7%	2,0%	2,1%	3,2%

O setor também responde por uma geração de um milhão de empregos diretos e cerca de 20% das exportações (figuras 1 e 2)

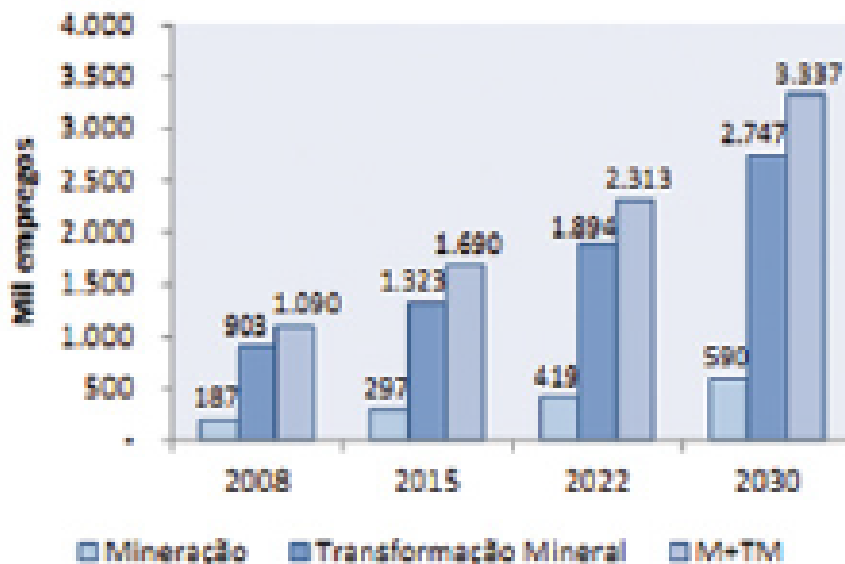


Figura 1- Numero de empregos gerados pela mineração e previsão até 2030.
 Fonte: PNM 2030, 2011

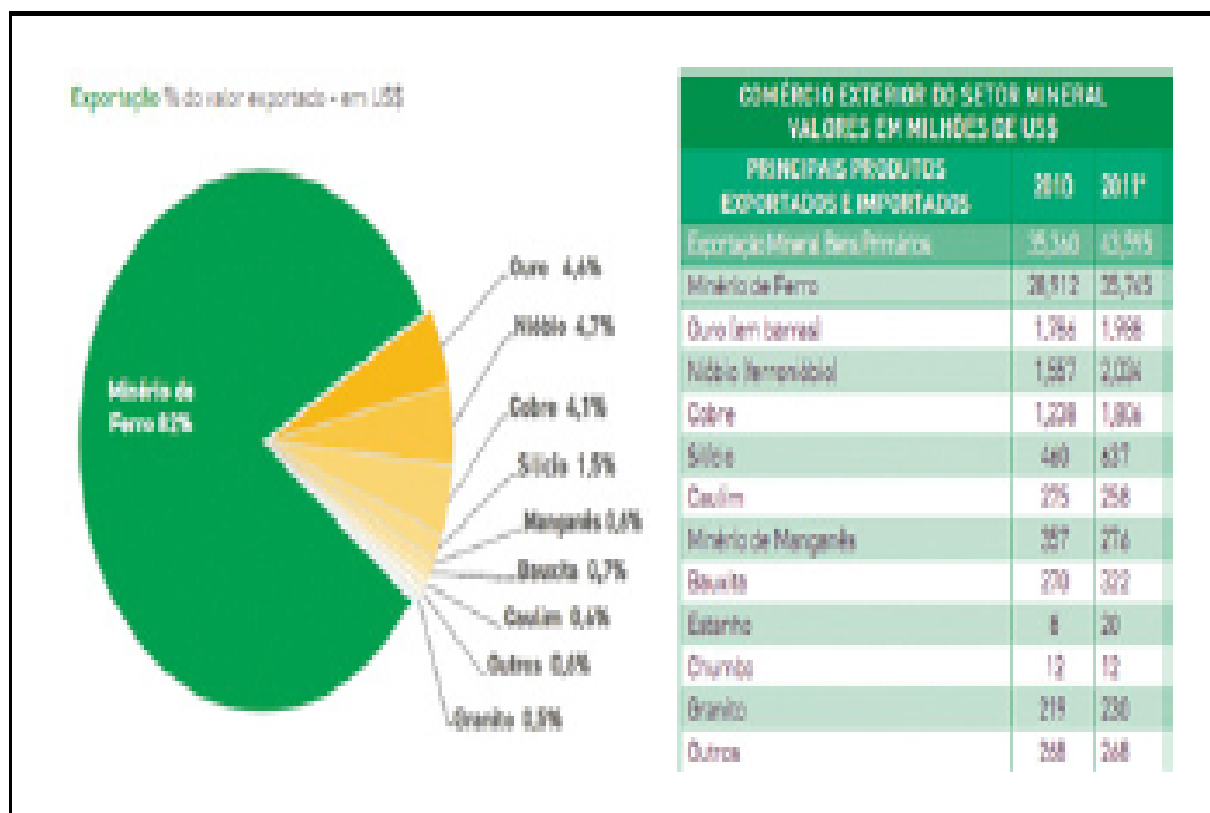


Figura 2- Valor das exportações do setor de mineração no Brasil
Fonte: PNM 2030, 2011

Como pode ser observado na figura 2, o minério de ferro destaca-se nas exportações brasileiras, sendo este responsável por 82% (em verde), sendo apenas 18% para os demais minerais (em amarelo). O Brasil é o segundo maior produtor de minério de ferro, atrás apenas da Austrália (QUARESMA, 2009). A mineração do ferro dá-se principalmente nos estados de Minas Gerais e Pará (NEVES e SILVA, 2007). Na última década a produção cresceu mais de 50%, como demonstra a figura 3.

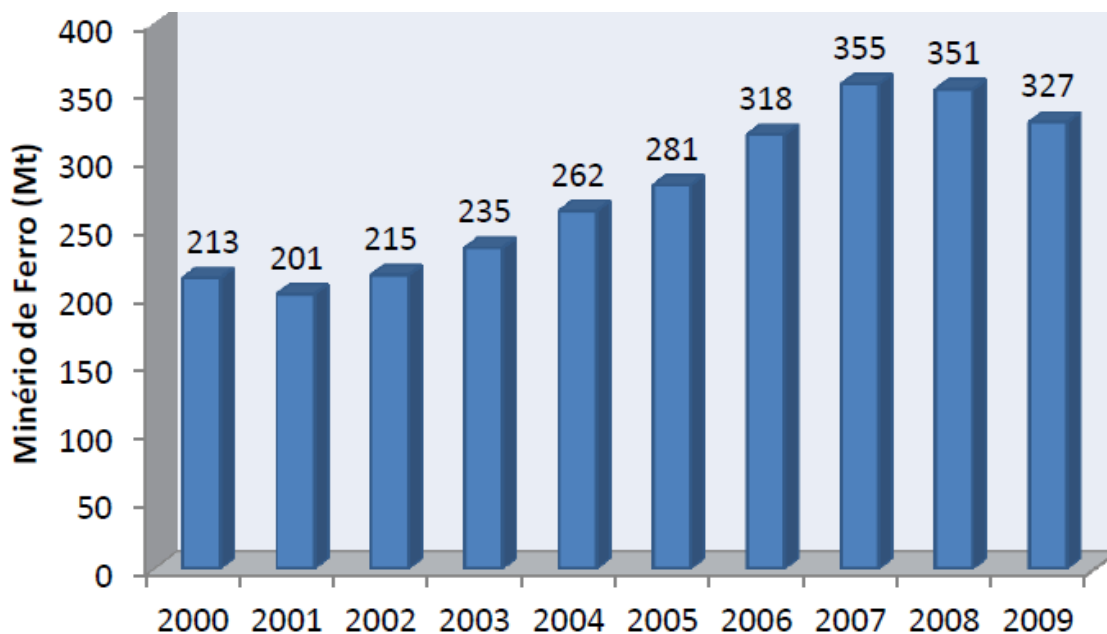


Figura 3- Produção de minério de ferro 2000-2009.

Fonte: DNPM, 2014

Segundo dados da Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais (CFEM, 2010) 58% da arrecadação em 2009 corresponde ao minério de ferro, como demonstra a tabela 2, abaixo.

Tabela 2- Arrecadação da CFEM (2009)

Fonte: DNPM (2009)

Importância	Bem mineral	Valor (R\$ milhões)	Participação (%)
1	Ferro	427	58%
2	Cobre	48,6	7%
3	Bauxita	37,4	5%
4	Ouro	33,4	4%
5	Fosfato	30,8	4%
6	Calcário	22,7	3%
7	Manganês	21,3	3%
8	Granito	16,4	2%
9	Caulim	12,1	2%
10	Areia	11,4	2%
11	Gnaisse	8,4	1%
12	Carvão	7,5	1%
13	Basalto	7,5	1%
14	Água mineral	7,0	1%
15	Amianto	6,1	1%
16	Níquel	4,1	1%
	Outras substâncias	40,0	5%
	Total	742	100%

Ressalta-se, ainda, que em 2008, 61% do Volume de Produção Mineral (VPM) foi da produção de ferro, com produção de 351 milhões de toneladas (Mt), desse montante, 120 Mt foram absorvidos pelo mercado interno, 65 Mt pela fabricação de ferro-gusa e 55 Mt para pelotização, dos quais aproximadamente 90% é exportada. De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) aproximadamente 80% do minério de ferro e pelotas produzidos destinam-se a exportação, principalmente para a siderurgia chinesa.

Destaca-se, porém, que no processo produtivo do minério de ferro aproximadamente 70% do material extraído é considerado rejeito. De acordo com dados do DNPM (2012) os rejeitos e resíduos da mineração de metais somam mais de 10 bilhões de toneladas em uma área de 660 Km² a pouca reutilização e grande estoque de rejeitos conduzem a uma série de problemas sociais, poluição ambiental e danos ecológicos.

4.4 Utilização de resíduos provenientes da extração de minério de ferro

Usualmente empreendimentos minerários são iniciados com operações de lavra para se obter o minério, o restante é considerado rejeito e são dispostos em barragens e pilhas de rejeitos

Segundo Trevizan (2013), a principal preocupação da lavra é o teor do mineral de interesse, muitas vezes mesmo com um elevado teor, este não alcança a recuperação almejada. Assim sendo, faz-se necessário a caracterização mineralógica do material lavrado e identificação dos elementos contaminantes e possíveis rotas de processamento.

Esta caracterização, concomitante à descoberta de novas tecnologias, possibilita o aproveitamento de materiais considerados rejeitos, que atualmente são

descartados em barragens ou pilhas, os finos de minério. Esta é uma das formas mais comuns de prolongar o ciclo de vida dos minerais, uma vez que preserva os principais insumos de matérias-primas utilizadas e reduz impactos associados. Além disso, esta proporciona a abertura de minas cuja lavra era considerada inviável, ambientalmente menos nociva, pois exige menor quantia de água e energia do que lavra de processamento primário (TREVIZAN, 2013).

4.4.1 O beneficiamento dos finos de minério

Um processo moderno vem sendo realizado por alguns empreendimentos para obtenção do minério de ferro a partir do beneficiamento de finos em um tratamento a seco. Esta tecnologia inovadora aplicada obtém uma taxa de aproveitamento dos resíduos superior a 70% (GREEN METALS, 2014).

Para o reaproveitamento do minério, o processo produtivo consiste basicamente nas operações de britagem, classificações granulométricas em diversos estágios, peneiramento, secagem e concentração por magnetismo, gerando produtos magnéticos e não magnéticos.

➤ Fluxograma do processo

A primeira etapa do processo para o reaproveitamento dos rejeitos de minério de ferro constitui na separação do material magnético - Sinter Feed (SFF) e Pellet Feed (PFF) - dos materiais não magnéticos - argila e areia.

Simplificadamente o processo inicia-se com a britagem do material cominuindo 100% da massa em 50mm. Posteriormente é realizado o peneiramento do material com a fração acima de 1mm (usualmente associada ao granulado), sendo integralmente britado, enviando o material peneirado para concentração magnética. O passante no peneiramento ($< \frac{1}{4}$ ") é submetido a uma secagem, uma vez que é necessária a redução da umidade para cerca de 1% para o

funcionamento eficiente dos sistemas de concentração. A secagem é realizada por meio de circuito fechado de Gás GLP ou por gás quente obtido em fornalhas após a queima de cavacos de eucalipto.

O material seco e com granulometria superior a 1mm (*underflow*), segue no circuito de concentração magnética por meio de uma correia transportadora, enquanto a parcela menor (*overflow*) é extraída pelo sistema de exaustão e coleta (filtro de mangas) evitando a fuga de material particulado.

A concentração magnética é realizada em duas etapas, a primeira em um concentrador WDRE, com campo magnético de 5.000 Gauss com teores de ferro da ordem de 65.5%, que serão descarregados diretamente na correia transportadora, o rejeito deste é encaminhado para a segunda etapa que consiste em um separador magnético de 18.000 Gauss, constituído por imãs de terras raras de alta intensidade e altíssimo gradiente, recomendado para minerais de baixo magnetismo.

Desta forma o concentrado em todas as etapas da separação magnética constitui-se em um produto magnético (ferro) e um produto não magnético que podem ser aproveitados para uso na construção civil. O fluxograma geral do processo é apresentado na figura 4.

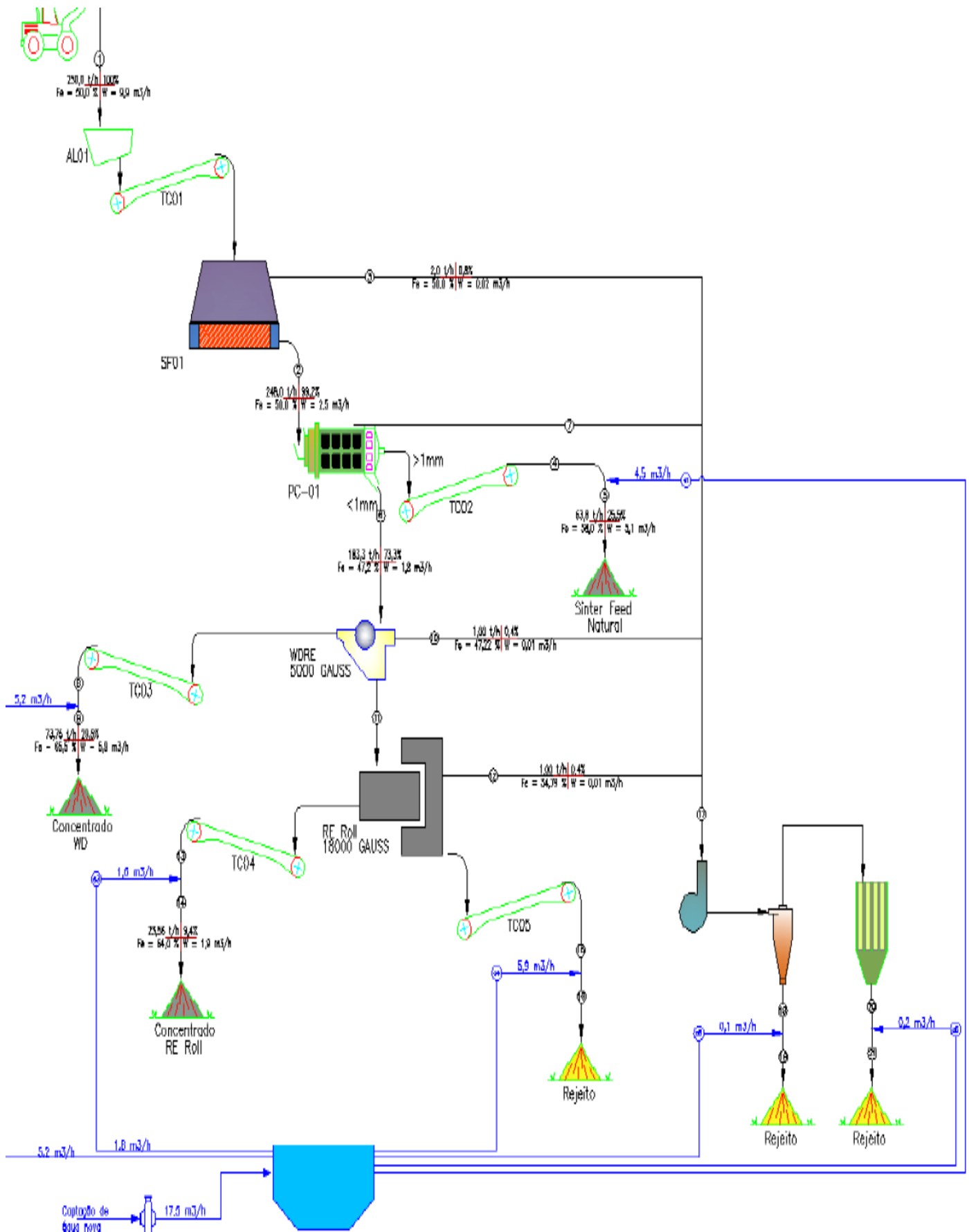


Figura 4 - Fluxograma do processo de beneficiamento dos finos de minério.
 Fonte: Green Metals (2014)

5. ESTUDO DE CASO - MINERITA

5.1 Reaproveitamento de rejeitos – Projeto Areia Industrial

Em 2007 a Minério Itaúna Ltda. - MINERITA- a partir da implantação da planta de concentração de *sínter feed* começou a recuperar seus finos de minério de ferro anteriormente dispostos irregularmente como estéril ou rejeito em barragens ou pilhas. Este processo resultou em um material com alto teor de sílica em sua composição.

Visando o aproveitamento da sílica, a empresa adaptou seu processo produtivo, de modo que esta fosse desagregada do rejeito, atingindo uma faixa granulométrica entre 0,0105mm a 6,3mm - *sínter feed* - e fosse utilizada como insumo para outros fins. As adaptações realizadas na planta de beneficiamento podem ser visualizadas nas figuras 5 a 9.



Fonte: FEAM (2014)



Fonte: FEAM (2014)



Figura 7 - Peneira vibratória

Fonte: FEAM (2014)



Figura 8 – Hidrociclone

Fonte: FEAM(2014)



Figura 9 - Correia transportadora e plha do produto extraído – areia.

Fonte: FEAM (2014)

Visto o elevado consumo de sílica principalmente pelo setor da construção civil, a MINERITA resolveu investir em pesquisas para este segmento. Em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) realizou testes quanto à resistência mecânica e a absorção de água para blocos pré-moldados em concreto confeccionados a partir da sílica obtida em seu processo produtivo.

Em 2012, após alguns ajustes relacionados ao teor de ferro residual, foram aprovados os testes supracitados, com laudo emitido pelo SENAI, inclusive o produto foi considerado de excelente qualidade para fabricação de blocos

vazados e/ou não vazados, meios fios, postes para cercamento e pisos intertravados para trânsitos leves a pesados.

Visando a comercialização dos produtos, a MINERITA implantou em seu *sítio* em Lagoa das Flores, no município de Itatiaçu, uma planta para a fabricação de peças pré- moldadas em concreto, denominada BLOCOITA. Construiu-se um galpão de 12m de altura por 20m de largura e 100m de comprimento, onde são abrigados todos os equipamentos necessários para a produção automatizada das peças, tais como: prensas, misturadores, silos e correias transportadoras, como observado nas figuras 10 a 12.



Figura 10

- Silos de armazenamento de areia.

Fonte: FEAM (2014)

Figura 11 - Correias transportadoras.

Fonte: FEAM (2014)



Figura 12 - Vista geral BLOCOITA.

Fonte: FEAM (2014)

O projeto consiste na reutilização da sílica (areia) proveniente da rota industrial da produção de *sinter-feed* da mineradora, como demonstra a figura 13 abaixo, que misturado ao cimento adquirido no mercado regional, água e outros componentes secundários, constituem os materiais necessários à produção de pré-moldados para o setor da construção civil.



Figura 13- Estoque de areia industrial
Fonte: Fotos da autora

A BLOCOITA foi fundada em 2011 e produz, em média, 3 (três) milhões de blocos de concreto por ano, o que representa apenas 20% da capacidade de produção da planta; e aproximadamente 5 milhões de peças intertravadas que podem ser utilizadas em calçadas e estacionamentos, por exemplo, como demonstra as figuras 14 a 17.



Figura 14- Blocos fabricados
Fonte: Fotos da autora



Figura 15 – Piso intertravado
Fonte: Fotos da autora



Figura 16- Tijolos
Fonte: Fotos da autora



Figura 17 – Blocos coloração acizentada
Fonte: Fotos da autora

Salienta-se ainda a importância da utilização destas peças em pisos, uma vez que possuem uma taxa de permeabilidade maior que asfalto, desta forma permite o abastecimento do lençol freático e minimiza efeitos de enchentes e processos erosivos. Tal fato, é evidenciado pela obrigatoriedade de utilização de pavimentos permeáveis em áreas descobertas de imóveis, passeios públicos, praças e loteamentos, entre outros, adotada por alguns municípios brasileiros, como Belo Horizonte (figuras 18 e 19)



Figura 18 - Pátio de caminhões Minerita
Fonte: Fotos da autora



Figura 19 - Piso grama intertravado paralelepípedo
Fonte: Fotos da autora

Segundo funcionários, o novo empreendimento foi projetado para recuperar até 85 mil toneladas de areia por ano, o que corresponde a 13% de todo rejeito lançado em barragens pela mineradora. A produção pode alcançar cerca de 5,8 milhões de blocos de concreto por ano. Ratifica-se que não há previsão da quantia para meio-fio e postes de cerca, a produção será realizada de acordo com a demanda tanto do empreendimento quanto do comércio local.

A ideia da reutilização do material provém do diretor Dilson Fonseca, acostumado a programar e executar soluções alternativas para todas as áreas de seu empreendimento minerador, particularmente para a área industrial. Ele declara:

"Aqui na empresa sempre existiu a preocupação com a preservação, desde a fundação por meu pai, no sentido de retirar o máximo que a natureza nos oferece sem, contudo agredir desnecessariamente o meio ambiente".

"Sempre fomos inclinados a promover o não desperdício, a reduzir a acumulação de descartes, a transformar recursos naturais em receita e essa areia apresentava, como mostrou posteriormente, a possibilidade de uma aplicação eficiente em outra área industrial", completa.

A BLOCOITA pretende ampliar sua oferta de produtos. É prevista a comercialização da areia industrial para o mercado regional da construção civil a preços competitivos comparados ao produto natural retirado do leito dos rios.

Além de operar a planta de fabricação de pré-moldados em ritmo normal os empreendedores estão definindo a melhor forma para embalar e transportar tais produtos, como a composição de *pallets* contendo um milheiro das peças, totalmente envoltos com filme plástico vem sendo utilizado no momento.

Devido a tal empreendedorismo, a MINERITA recebeu o prêmio Bom Exemplo 2014, iniciativa da TV Globo Minas em parceria com a Fundação Dom Cabral, a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) e do Jornal O

tempo, na categoria Meio Ambiente, foi a primeira mineradora a ter um sistema ecoeficiente reconhecido no banco de boas práticas desenvolvido pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM).

5.2 Resultados

A MINERITA vem desenvolvendo o processo de transformação do rejeito em matéria prima desde 2011, tal ação apresenta três motivos particulares: o primeiro, pelo fato da mineradora otimizar o aproveitamento dos recursos naturais; o segundo reduzir o volume depositado na barragem de rejeitos e a necessidade de áreas para construção de novas barragens e minimizar os impactos ambientais gerados pela deposição do mesmo e; o terceiro devido a iniciativa da empresa ser considerada pioneira no Brasil no tratamento de resíduos de minério de ferro, transformando-o em insumo para pré- moldados de concreto.

Cabe ressaltar que além da reutilização da areia industrial, ainda em pequena escala, mas com perspectiva de expansão, a mineradora vem realizando um programa de retomada do rejeito de minério de ferro lançado ao longo de 40 anos, período de seu processo industrial, desenvolve também um programa de reuso das águas do processo e captação das águas pluviais.

A BLOCOITA pretende ampliar sua oferta de produtos. É prevista a comercialização da areia industrial para o mercado regional da construção civil a preços competitivos comparados ao produto natural retirado do leito dos rios.

Ressalta-se, porém, que o uso final desta areia deve ser observado, a areia industrial não pode ser empregada, por exemplo, na composição de concreto para moldagem de elementos estruturais, de sustentação e rigidez da obra, uma vez que ainda precisa da certificação apropriada das entidades especializadas, o que está sendo providenciado, de acordo com o diretor geral do empreendimento.

Para as demais aplicações, como produção de reboco para revestimento de paredes, apresenta amplo grau de utilização.

Estão sendo realizadas pesquisas sobre a viabilidade do emprego desta areia na produção de colunas, vigas, manilhas e até mesmo casas a partir de estruturas inteiras pré-moldadas. Atualmente, o empreendimento também estuda um novo produto, um tijolo feito com a lama da barragem de rejeitos, que seria feito com uma mistura com cimento prensando, 100% ecológico. Entretanto, para tal ampliação é necessário, primeiro, adquirir as certificações exigidas.

Nessa postura sustentável, a MINERITA planeja, reduzir ao nível zero o acúmulo de produtos ou subprodutos em bacias, retomando todas as riquezas possíveis atualmente depositadas em duas barragens em seu *síte* em Lagoa das Flores.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base na caracterização física mineralógica dos rejeitos de minério de ferro observa-se que após a retirada ao máximo do teor do metal, adquire-se elementos não magnéticos de granulometria entre 0,0105 à 6,3 mm constituídos basicamente de sílica (areia) e outros com granulometria inferior a 0,002 mm, com característica de plasticidade semelhantes as da argila, porém com um grau de finura superior aos dos materiais convencionais utilizados comercialmente, o que possibilita uma redução no custo energético, mas que não interfere de forma significativa no grau de empacotamento das massas (após conformação).

Apesar dos resíduos de mineração ser inertes é notório os inconvenientes que podem causar, sejam eles depositados irregularmente ou corretamente.

Cabe ressaltar que o objetivo do beneficiamento dos finos de minério, como realizado pelos empreendimentos apresentados, é a extração da maior quantidade possível de ferro, uma vez que no processamento convencional, principalmente antigamente, alto teor do metal era descartado em barragens e pilhas de rejeito, não havia a preocupação com a disposição dos resíduos.

Todavia, a possibilidade de incorporação de resíduos do beneficiamento dos finos de minério de ferro demonstra-se uma alternativa viável econômica, ambiental e socialmente. Pode ser considerada uma das melhores soluções para minimizar os impactos ambientais decorrentes da disposição desse rejeito, uma vez que reduz consideravelmente o volume de resíduos, conseqüentemente a área a necessidade de áreas a serem depositados. Por haver a secagem do material, estes podem ser depositados em pilhas, ou até mesmo utilizados como material de aterro dentro do próprio empreendimento. A partir desta tecnologia, não é necessário a deposição destes em barragens de rejeitos, que é considerada pelas mineradoras e pela sociedade um dos principais impactos ambientais, visto a enorme necessidade de área, poluição visual, monitoramento constante de forma a garantir a estabilidade destas e qualidade das águas.

No processo convencional para extração de areia no leito dos rios ocorre a intervenção em Áreas de Preservação Permanente (APP), muitas vezes, a partir da supressão da vegetação em mata ciliar, além de provocar processos de alteração da qualidade e turbidez das águas.

Destaca-se ainda que em um processo de reutilização/ reciclagem possibilita a redução do consumo de energia, se comparado ao da atividade de extração do mineral "*in natura*", uma vez que não ocorre a lavra do mineral. Pela rota de beneficiamento apresentada, ou seja, todo processo produtivo à seco, não há utilização de água.

Do ponto de vista financeiro é uma solução atraente, uma vez que é uma matéria-prima alternativa, por meio da utilização da areia industrial na composição de produtos da construção civil, tais como agregado miúdo para concreto, fabricação de produtos pré-moldados como demonstrado no estudo de caso apresentado.

No entanto, para avaliação dos blocos obtidos a partir de materiais reciclados, além das características físicas do material, como resistência, granulometria, plasticidade, é de extrema importância avaliar propriedades químicas e riscos à saúde dos novos produtos.

Uma das desvantagens identificadas é o elevado custo para o processo de beneficiamento dos finos de minério, uma vez que se trata de uma tecnologia nova, ainda executada por poucos empreendimentos, fazendo com que os custos dos produtos obtidos a partir do reaproveitamento do minério também sejam altos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da construção civil, sendo umas das maiores consumidoras de recursos naturais, como argila, areia e cimento que são provenientes da extração de bens minerais é de suma importância para aproveitamento de resíduos para confecção de seus produtos. Esta prática vem se consolidando, seja atenuando os impactos ambientais gerados pelo setor ou para redução de custos.

A partir de estudos e metodologias adequadas, o aproveitamento de rejeitos da mineração contribui de maneira significativa na redução de impactos ambientais gerados por esta atividade, em alguns casos podem tornar-se subprodutos para alguns segmentos industriais, como o da construção civil, promovendo a geração de novos empregos e renda, reduzindo custos e melhoria da imagem das mineradoras junto aos órgãos governamentais e à sociedade, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento sustentável.

Pôde-se observar a relevância de destinação e reaproveitamento dos resíduos de minério de ferro, visto o expressivo volume de geração, escassez dos recursos na natureza, enorme demanda por espaços e degradação ambiental.

No entanto, ademais aos aspectos econômicos, tecnológicos e ambientais relatados, outros fatores são determinantes para o reaproveitamento de materiais descartados pela mineração. Além das características mineralógicas e físicas do material, como resistência, granulometria, plasticidade, é de extrema importância avaliar propriedades químicas e riscos à saúde dos novos produtos. Existem ainda, outros aspectos críticos como a necessidade de treinamento de mão de obra especializada, dificuldade de aquisição e custo elevado de dispositivos e tecnologias empregados e controle do registro de destinação dos produtos.

Tais tarefas visam a melhoria contínua, identificação da matéria-prima que atualmente é considerada como lixo, adensem novos processos de

reaproveitamento, gerando novos negócios, novos empregos, mais renda, menos custos e minimizem a degradação ao meio ambiente.

Diante a pesquisa realizada para conclusão desta monografia verifica-se a necessidade da questão de reutilização, reciclagem e deposição adequada dos resíduos provenientes da extração mineral ser tratada globalmente, constatou-se que estão sendo realizadas ações pontuais de gestão dos resíduos, que atualmente não são divulgados, por não serem patenteados e não há incentivo à atividade, mas que aos poucos podem propagar a conscientização de outros empreendimentos.

Salienta-se a necessidade de identificar futuras ações complementares sobre o gerenciamento e o aproveitamento destes resíduos, de forma a avaliar diversas possibilidades de reutilização do material, sistematizar e simplificar os processos, contribuir com a gestão de resíduos pelo poder público e principalmente elucidar e incentivar a utilização de materiais reciclados em projetos arquitetônicos.

Atualmente há poucos estudos neste âmbito. Cita-se, por exemplo, a utilização da argila, proveniente do processo produtivo nesta monografia descrito, na fabricação de cerâmica vermelha (tijolos, telhas e blocos cerâmicos) para a construção civil. Uma medida que pode ser adotada, por exemplo, seria a massificação da iniciativa pública em estimular a utilização destes em processos de licitação.

Em uma avaliação final, a reutilização de resíduos industriais na construção civil demonstra ser positiva em todos os aspectos, não esquecendo a necessidade de aprimorar as pesquisas e as ações conjuntas de incentivo a novos negócios a partir da reciclagem tanto pela iniciativa privada como do poder público.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Classificação de Resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

AGUIAR, M. R. M. P., NOVAES, A. C. *Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos*. Quim. Nova, v. 25, n. 6B, p.1145-1154, Mai / 2002.

ANJOS et al. *Utilização de Resíduos de Mineração na Construção Civil*. Monografia (especialização em Administração) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Administração, Bahia: 2002.78p.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030)*, Brasília: MME, 2010, 1v.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. *Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais (CFEM)*. Brasília: DNPM, 2010.

FEAM, Banco de Boas Práticas Ambientais. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: 2013. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/boas_praticas/Estudo_de_caso/minerita.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2015.

JACOMINO, V. M. F. et al. *Controle Ambiental das Indústrias de Ferro- Gusa em Altos-Fornos a Carvão Vegetal*. Belo Horizonte: Projeto Minas Ambiente, 2002. p. 181-197.

JOHN, V. M. *A construção, o meio ambiente e a reciclagem*. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a_construcao_e.htm> Acesso em: 18 nov.2014

MANSOR, M.T.C et al. *Caderno de Educação Ambiental 6- Resíduos Sólidos*. Secretaria do Meio Ambiente Resíduos Sólidos / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria de Planejamento Ambiental. São Paulo: SMA, 2010. 76p.

MENEZES, R. R., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C. *O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.

OLIVEIRA, G. A. G., LANGE, L. C. *Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Industriais na Área Mineira da Bacia Hidrográfica do Médio São Francisco*. Saneamento Ambiental Brasileiro. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2005. p. 1-13.

NEVES, C.A.R e SILVA, L.R. *Universo da Mineração Brasileira*. Ministério de Minas e Energia. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2007. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>> Acesso:08dez.2014.

REIS, Roque Luiz Godoy. *Minerita gera produtos com rejeito e reduz passivo ambiental*. Revista Brasil Mineral, nº 330, Jun. 2013, 46-48p.

NOGUEIRA, Antonio de Pádua Soubhie. Aplicações do novo §3º do art.515 do CPC. Revista do Instituto dos Advogados de São Paulo, São Paulo, v. 7, n. 13, p. 45-66, jan./jun. 2004

QUARESMA, L.F. *Perfil da Mineração de Ferro (Relatório Técnico nº18)*. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Ministério de Minas e Energia, Brasília: Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto ESTAL, 2009. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 07dez.2014

TREVIZAN, Elielton Viani. Aproveitamento de rejeitos da mineração. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Minas, Goiás: 2013. 44p.