



ESTUDO DA SEPARAÇÃO MAGNÉTICA E CICLONAGEM NA RECUPERAÇÃO DO FE METÁLICO PRESENTE NO RESÍDUO DE GRANITO¹

Eduardo Junca²
Girley Ferreira Rodrigues²
Victor Bridi Telles³
José Roberto de Oliveira⁴
Jorge Alberto Soares Tenório⁵

Resumo

Este trabalho tem por objetivo, fazer um estudo comparativo entre a separação magnética e o ciclone visando à recuperação do Ferro metálico presente no resíduo de granito procedente da etapa de desdobramento de rochas ornamentais. Inicialmente, foi realizada a caracterização do resíduo através de análise química e granulométrica. Para a realização da separação magnética foi inicialmente utilizado um separador magnético a úmido de alta intensidade, porém apenas com o campo magnético remanescente. O material magnético obtido foi encaminhado para duas outras etapas de separação onde foi utilizado um ímã de terras raras e um ímã comum. No ciclone, foi realizada apenas variações na pressão de alimentação. A análise química indicou que o resíduo possui 4,8% de Ferro metálico e caracterização granulométrica indicou que 100% do metal obtido estão abaixo de um mm. Foi constatado que o método mais eficiente é a separação magnética, onde que a pureza do metal obtido neste caso é de 93% de Ferro metálico. No caso da ciclonação, foi obtido um produto com apenas 7,2% de Fe metálico.

Palavras-chaves: Resíduo de rochas ornamentais; Separação magnética; Ciclonação.

MAGNETIC SEPARATION AND CYCLONING STUDY IN THE RECOVERY OF METALLIC IRON FROM GRANITE WASTE

Abstract

The aim of this work was to realize a comparative study between magnetic separations and cyclonic aimed the recovery of the metallic iron presents in the granite waste. Firstly, the waste characterization was performed by chemical and particle size analysis. A high intensity wet magnetic separator was used to perform the magnetic separations, however was only used the remaining magnetic field. The magnetic material obtained was submitted to another stages of separation, which was used a rare earth magnets and a ferrite magnets. Only variations in supply pressure were performed for the cyclone. Chemical analyses indicated that waste has 4.8% metallic iron, and the particle size analyses showed that 100% of obtained metal are smaller than 1 mm. Results showed that the most efficient method is the magnetic separation, which obtained a metal purity of 93% metallic iron. Using the cyclonic, a product with only 7.2% metallic iron was obtained.

Key-words: Ornamental rock waste; Magnetic separation; Cyclonic.

¹ Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Doutorando, Universidade de São Paulo (USP).

³ Mestrando, Universidade de São Paulo (USP).

⁴ Professor, Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

⁵ Professor titular, Universidade de São Paulo (USP).

1 INTRODUÇÃO

O principal resíduo gerado no processo de desdobramento de rochas ornamentais é a lama abrasiva. Esta lama quando seca, pode acarretar problemas para a população como, por exemplo, a silicose. A deposição de lama de corte de rochas pode causar danos ao solo. Com isso, conflitos com a população e com órgãos ambientais são gerados. A Figura 1 mostra um depósito de resíduo de rochas ornamentais a céu aberto.^(1,2,3)



Figura 1: Depósito de resíduo de rochas ornamentais a céu aberto.⁽²⁾

Neste trabalho, foi realizado um estudo comparativo entre dois diferentes métodos para a recuperação do Fe metálico presente na lama abrasiva gerada na etapa de desdobramentos do granito. Para isso, foi utilizado o método de separação magnética e a ciclonação.

O Fe metálico presente na lama é decorrente da granalha de aço que é adicionada ao processo para a realização do corte dos blocos em chapas nos teares. Existem dois tipos de granalhas: as esféricas e as angulares. As esféricas são responsáveis pelo rolamento das laminas durante o corte, já as granalhas angulares são as responsáveis pelo corte.⁽⁴⁾ Além das granalhas de aço, existem também as granalhas de ferro fundido. Normalmente, a granulometria das granalhas devem estar entre 0,7 mm a 1,2 mm.⁽⁵⁾ A Tabela 1 apresenta a composição típica de granalhas produzidas com aço e com ferro fundido.

O Fe metálico decorrente da granalha impede a utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na construção civil, pois podem oxidar e comprometer a resistência mecânica destes materiais. Assim, foram utilizados dois métodos para a tentativa de recuperação do Fe metálico presente na lama, que foram a separação magnética e a ciclonação.

**Tabela 1:** Composição química das granalhas de aço e de ferro fundido

Tipo de granalha	Elementos	Porcentagem
Aço	C	0,75% a 1,20%
	Si	0,40% a 1,20%
	Mn	0,60% a 1,20%
	P	0,05% máximo
	S	0,05% máximo
Ferro fundido	C	3,20% a 3,60%
	Si	1,30% a 1,80%
	Mn	0,50% a 0,80%
	P	0,2% máximo
	S	0,25% máximo

O método de separação magnética pode ser classificado em dois tipos: separação magnética a seco e separação magnética a úmido. O primeiro método é geralmente utilizado para materiais que possuem uma granulometria mais grossa enquanto a separação magnética a úmido é geralmente empregada para granulometrias menores.⁽⁶⁾ Outro parâmetro que deve ser observado antes da realização da separação magnética é a susceptibilidade magnética dos minerais. Assim, quando o mineral a ser separado apresenta alta susceptibilidade magnética, o equipamento mais indicado é o separador magnético de baixa intensidade.

Com relação ao ciclone, são geralmente utilizados em aplicações nas quais pode-se citar circuitos fechados de moagem, na deslamagem de minérios para a flotação e na remoção de partículas menores do que 10 µm em operações de lavagem.⁽⁷⁾ Alguns parâmetros devem ser controlados para que separação seja a mais eficiente possível. Esses parâmetros são: viscosidade da polpa, pressão de alimentação, diâmetro do *vortex*, densidade das partículas, tamanho das partículas e diâmetro do *apex*.⁽⁸⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, as seguintes etapas foram realizadas:

- coleta de amostras;
- caracterização do resíduo;
- preparação das amostras;
- separação magnética; e
- ciclonagem.

2.1 Coleta de Amostras

A coleta das amostras foi realizada em uma empresa do estado do Espírito Santo onde foi recolhido aproximadamente 300 kg de amostras. Essas amostras foram armazenadas em tonéis para que não ocorressem perdas e contaminações. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas à Universidade de São Paulo para a realização dos ensaios de recuperação do Fe metálico.

2.2 Caracterização do Resíduo

A caracterização do resíduo envolveu a etapa de análise química para quantificar o teor de Fe metálico presente no resíduo estudado. O método utilizado foi o volumétrico (titulométrico).

2.3 Preparação das Amostras

Antes da realização dos ensaios de recuperação do Fe metálico, foi necessário a preparação das amostras. Foi feita inicialmente a determinação da umidade do resíduo que foi realizada com um medidor de umidade por infravermelho. Após a determinação da umidade, foi realizada a pesagem e o cálculo da quantidade de água necessária para se produzir uma polpa com 30% em massa de resíduo e 70% em massa de água. Após a preparação das amostras, deu-se início aos ensaios de recuperação do Fe metálico.

2.4 Separação Magnética

Com a chegada da polpa, foi iniciada a etapa de separação magnética. Na primeira etapa, foi utilizado um separador magnético de alta intensidade onde foi utilizada uma matriz ferromagnética do tipo Jones, porém, foi utilizado apenas o campo magnético remanescente do equipamento. A Figura 2 apresenta o separador magnético utilizado nesta primeira etapa da separação magnética.



Figura 2: Separador magnético utilizado na primeira etapa do processo de separação magnética.

O produto magnético obtido com este equipamento foi levado para a segunda etapa do processo de separação magnética que envolveu a separação magnética manual utilizando um ímã de terras raras. Para finalizar a etapa de separação magnética, o material magnético obtido com o ímã de terras raras foi submetido a uma nova separação magnética manual, desta vez, utilizando um ímã comum (ímã ferrítico). Ao término desta etapa da separação magnética, o produto magnético obtido foi seco em uma chapa aquecedora e levado para a realização da análise química.

2.5 Ciclonagem

Com a polpa já preparada, esta foi transferida para a caixa de alimentação do ciclone, onde foi feita a homogeneização da polpa por um período de 10 minutos. Após a homogeneização inicial, foi iniciado o processo de recuperação do Fe metálico. Nos ensaios de ciclonagem, foi feita a variação apenas da pressão de

alimentação. Após cada ensaio, uma nova homogeneização era realizada, e então, dava-se início a um novo ensaio variando a pressão de alimentação. A figura 3 apresenta o ciclone utilizado nos ensaios.



Figura 3: Ciclone utilizado nos ensaios de recuperação.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros utilizados nos ensaios de ciclonagem.

Tabela 2: Parâmetros utilizados nos ensaios de ciclonagem

Ensaio	Diâmetro do Vortex (mm)	Diâmetro do Apex (mm)	Pressão (kPa)
1	50,8	25,4	24,5
2			14,7
3			9,8
4			4,9
5			0

Após cada ensaio, os produtos obtidos foram secos em uma capa aquecedora e foram encaminhados para a realização da análise química para quantificar o teor de Fe metálico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização do Resíduo

Foi realizada a análise química do resíduo pelo método volumétrico (titulométrico) para a quantificação do teor de Fe metálico. O resultado mostrou que o resíduo em estudo possui um teor médio de Fe metálico de 4,8%.

3.2 Separação Magnética

Na primeira etapa de separação magnética onde foi utilizado um separador magnético de alta intensidade, foi recuperado um total de 8,2% do material inicial, ou seja, 91,8% do material não foi atraído pelo equipamento. O resíduo recuperado nesta etapa, foi levado para a segunda etapa no qual envolveu a separação

magnética com um ímã de terras raras. Ao término, o material magnético obtido nesta etapa foi levada para a última etapa que envolveu a separação magnética com um ímã comum (ferrítico).

Ao final do processo de separação magnética, o material obtido apresentou uma massa total de 94,4 g, o que representou 4,5% da massa inicial do resíduo utilizado na separação magnética.

Através da análise química, foi constatada a presença de 93% de Fe metálico neste material obtido na separação.

3.3 Ciclonagem

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de ciclonagem.

Tabela 3: Resultados obtidos nos ensaios de ciclonagem.

Pressão de alimentação (kPa)	Underflow			Overflow		
	Massa(g)	%(Massa)	% Fe metálico	Massa(g)	%(Massa)	% Fe metálico
24,5	1.784,6	34,55	5,0	3.381,2	65,45	4,7
14,7	1.630,1	32,88	6,5	3.327,4	67,12	4,0
9,8	1.687,7	33,71	6,0	3.318,1	66,29	4,2
4,9	1.746,9	33,43	7,3	3.479,3	66,57	3,5
0	1.689,8	38,21	6,2	2.732,7	61,79	3,9

Comparando com o ensaio de separação magnética, o ciclone apresentou os piores resultados na recuperação de Fe metálico, uma vez que na separação magnética foi possível a obtenção de um concentrado ferroso com 93% de Fe metálico. Enquanto que no ciclone foi possível a obtenção de um produto com apenas 7,3% de Fe metálico.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados encontrados, pode-se concluir que:

- o método de separação magnética mostrou-se eficiente, uma vez que foi possível a obtenção de um produto final com 93% de Fe metálico; e
- o método de recuperação por ciclonagem mostrou-se ineficiente, uma vez que foi possível a obtenção de um produto com no máximo 7,3% de Fe metálico, ficando muito abaixo do resultado encontrado com a separação magnética.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP - Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro recebido e a USP - Universidade de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- 1 PONTES, I. F.; VIDAL, F. W. H.. Valorização de resíduos de serrarias de mármore e granito e sua aplicação na construção civil. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 5., 2005, Pernambuco. **Anais**. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. p.117-125. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-101-00.pdf> acesso em 03/03/2008.

- 2 SOUZA, J. N.; RODRIGUES, J. G.; NETO, P. N. de S.. **Utilização do Resíduo Proveniente da Serragem de Rochas Graníticas como Material de Enchimento em Concretos Asfálticos Usinados a Quente.** Disponível em: <http://www.sfiiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Artigo_Residuos_de_Serragem_de_rochas.pdf> acesso em 03/03/2008.
- 3 PONTES, I. F.; JÚNIOR, A. S.. Utilização De Resíduos De Rochas Ornamentais Nas Indústrias De Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 21., 2005, Natal. **Anais**. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. v.2 Acesso em <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-102-00.pdf>> Acesso em 05/03/2008.
- 4 COIMBRA FILHO, C. G.. **Relação entre processo de corte e qualidade de superfícies serradas de granitos ornamentais.** 2006. 168p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2006.
- 5 PONTES, I. F. **Aproveitamento de finos gerados nas serragens de mármore e granito.** 2000. 150p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- 6 SAMPAIO, J. A.; LUZ, A. B. da. Separação magnética e eletrostática. In: LUZ, A. B. da; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. da. **Tratamento de minérios.** 4. ed. Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2004. Cap. 8, p.305-335.
- 7 SAMPAIO, J. A.; OLIVEIRA, G. P.; SILVA, A. O. da. Ensaio de classificação em hidrociclone. In: SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A.. **Tratamento de minérios: práticas laboratoriais.** Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2007. Cap. 7, p.139-154.
- 8 CHAVES, A. P.; **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios.** São Paulo: Signus editora, 1996, v.1.