

Desenvolvimento de novo processo para aproveitamento integral dos rejeitos de beneficiamento de carvão mineral

Lauro Santos Norbert Costa

Bolsista do Programa de Capacitação Institucional, Metalurgia, UFRJ

José Farias de Oliveira

Orientador, Engenheiro, D. Sc.

Cláudio Schneider

Co-orientador, Engenheiro, Ph.D.

Resumo

O objetivo do trabalho é desenvolver um processo que permita o aproveitamento integral dos rejeitos de beneficiamento de carvão mineral do sul do País. No projeto estão englobadas a coleta de amostras de rejeitos do beneficiamento de carvão, a caracterização dos mesmos através de análise granulométrica, MEV e MLA, de modo a determinar a liberação da pirita. Obtido este dado, será adotada uma rota de processo otimizada, conforme a liberação ocorra em faixa granulométrica grosseira ou fina. Há a intenção de utilizar equipamentos novos, tais como moagem de rolos vertical, jigue pneumático, MGS e bio-lixiviação dos concentrados de pirita. Por estar em seu começo, não se dispõe de resultados que permitam tirar conclusões.

1. Introdução

Por muitos anos o carvão mineral vem sendo explorado no sul de nosso país. Ocorre que o beneficiamento adotado seguiu erradamente o prescrito como processamento, adotado em países do Hemisfério Norte. Sendo estes carvões de natureza diferente dos carvões goduânicos do Hemisfério Sul, tais processos nunca obtiveram resultados satisfatórios. Como carvão grau metalúrgico, o produto era recusado por seus altos teores de material inerte e enxofre. Atualmente produzem quase que exclusivamente carvão energético. Porém anos de exploração de carvão deixaram um passivo ambiental enorme em Santa Catarina. As pilhas de rejeitos de jigagem e flotação, com altos teores de sulfetos e nitratos causam a drenagem ácida de minas, que contaminam os solos e recursos hídricos. A queima de carvões, ditos lavados em termelétricas, liberam gases que, em contato com a umidade da atmosfera, causam a chuva ácida. Este estudo faz parte de um projeto do Edital MCT/CT – Mineral/VALE/ CNPq N° 12/2009 e envolve, além do CETEM, a UFRGS, a UFSC, a Carbonífera Criciúma S/A (CCSA) e o Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SIECESC). O objetivo deste trabalho é desenvolver um processo que permita o aproveitamento integral dessa massa de rejeitos de modo a dar subsídios à solução deste problema ambiental gerando produtos com valor agregado.

2. Materiais e Métodos

Para a etapa de cominuição, a meta é evitar a geração excessiva de finos, utilizando um mínimo de água, de forma a não causar problemas de descarte de lamas. Para isso será inicialmente determinado o Wi destes rejeitos, a seguir uma estratégia de caracterização para moagem em moinhos de rolo vertical com base nos ensaios no moinho HGI ("Ball and Race Mill"). As estratégias de processamento irão depender da liberação determinada pela caracterização. A fração grossa poderá ser alimentada em jig (16 a 2 mm), a fração intermediária (entre 2 e 0,5 mm) poderá ser ensaiada em equipamentos que se valem das diferenças de densidade (espirais, mesas, elutriador, "cross-flow", "multi gravity separator" - MGS, etc) As frações finas (abaixo de 0,5 mm) deverão ser flotadas para obter um concentrado de pirita e possivelmente um produto combustível. A etapa de bio-lixiviação produzirá óxidos de ferro comercializáveis.

Os estudos de flotação serão feitos inicialmente em escala de bancada para definir os principais parâmetros. Será estudada a flotação convencional com diferentes tamanhos de bolhas, uma vez que partículas finas flutam melhor com bolhas pequenas. Será estudada a flotação em coluna de três produtos. Ao final serão conduzidos ensaios de flotação contínuos, os dados sendo então processados e avaliados de forma a avaliar as melhores alternativas de flotação e outros parâmetros de projeto.

Os dados de processamento, tanto de grossos como de finos, serão alimentados como base para simulações no software MODSIM™ (Modular Simulator of Mineral Processing Plants) . Com isso se pretende definir uma rota de processamento ótima, com valorização dos produtos obtidos e rejeitos com o mínimo impacto ambiental, classificáveis como inertes - resíduos classe IIB conforme NBR 10.004 (ABNT, 2004). Se objetiva a obtenção de três produtos: Uma fração carbonosa, para geração elétrica, uma fração inerte para uso em construção civil e uma fração piritosa, para uso na indústria química.

O processamento dos concentrados de pirita utilizará bio-hidrometalurgia, que permitirá a obtenção de uma lixívia rica em ferro a partir da oxidação da pirita em sulfatos férrico, ferroso e sulfato férrico. Uma vez caracterizados os rejeitos, serão dispostos em pilhas e inoculadas as bactérias *Acthiobacillus Ferroxidans* , micro nutrientes e água para solubilização da pirita. A unidade será em escala piloto. Para a recirculação de água no leito do rejeito será utilizada uma bomba de 5 CV resistente à acidez do meio

3. Materiais e Métodos

Foi enviada ao Cetem no final de Agosto de 2010 uma amostra de 226,7 kg de rejeitos de jigagem da Carbonífera Criciúma S/A. O material chegou úmido e com granulometria inferior a 1 1/2" (38,1 mm). A amostra foi secada ao sol por 48 horas, pesada e levada para ser britada em britador ESSA, de alta frequência, ajustada sua saída para 3,50 mm. A Figura 1 ilustra a secagem dos rejeitos de jigagem ao sol.



Figura 1. Rejeitos de beneficiamento de carvão da CCSA sendo secados ao sol

A Figura 2a ilustra a britagem no britador de alta frequência ESSA, que deveria ser efetuada lentamente para não gerar finos em excesso. Os finos naturais já tinham sido separados por peneiramento. A britagem foi feita em circuito fechado com peneiramento (Figura 2b) a 3,50 mm de forma a evitar sobremoagem.



Figura 2a. Britagem feita lentamente



2b. Peneiramento em equipamento vibratório

Após o material grosseiro ter sido britado a – 3, 50 mm, foram homogeneizados os finos naturais com este material britado. Foi feita uma pilha alongada e dela retiradas alíquotas de 10,0 kg, ensacadas e guardadas. Tomou-se 4 kg de amostra e fez-se, por quarteamento, quatro amostras de 1,0 kg. Estas foram submetidas individualmente a análise granulométrica a úmido na série Tyler 2^{0,5}. Isso feito, as quatro amostras retidas em uma mesma abertura de peneira foram homogeneizadas, dispostas em pilha homogênea e dela retiradas amostras para serem analisadas. As Figuras 3a e 3b mostram, respectivamente, a homogeneização e a retirada de amostras da pilha .



Figura 3a. Homogeneização



Figura 3b. Retirada de amostras da pilha

De cada uma das quinze frações granulométricas obtidas foram separadas homogeneamente 50 g para análise imediata (C fixo, umidade, matéria volátil e cinzas), e do enxofre total nos laboratórios da SATC (SC). Outra amostra representativa (10 g) de cada fração abaixo de 0,420 mm foi enviada para análise de MEV com MLA (Mineral Liberation Analysis) nos laboratórios do CETEM, de forma a se avaliar o enxofre pirítico e obter subsídios para os ensaios subseqüentes de moagem visando a liberação da pirita.

Dado o fato observado durante a pulverização das amostras a serem enviadas à SATC, que o material era extremamente duro (provavelmente pela presença de Fe), optou-se por fazer o Wi (índice de Bond) do material para se ter uma estimativa da energia necessária para a moagem e especificar o moinho a ser utilizado.

3. Resultados e Discussão

Por enquanto dispomos tão somente dos resultados de análise granuloquímica e, por isso, não cabe muita discussão. Esses resultados podem ser melhor visualizados por uma tabela que envolva duas variáveis: a menor abertura do intervalo expressa em números inteiros e o passante acumulado em porcentagem, como expresso na Tabela 1, que permite construir a Figura 4, com curva côncava, característica de material britado. A curva que aparece na Figura 5 ilustra a distribuição do enxofre total e o limite entre o que é passível de ser tratado por processos gravimétricos e o que deverá ser tratado por flotação. Observa-se que a pirita nestes rejeitos se concentra mais no material grosseiro.

Tabela 1. Menor abertura em mm versus passante acumulado em % e teor de enxofre por tamanho

menor ab. X 1000 mm	passante ac. em %	% S total
3.350	90,10	11,67
2.360	71,02	8,94
1700	59,23	7,80
1180	47,86	7,04
850	38,92	6,50
600	34,27	6,48
420	29,59	6,44
300	24,84	6,08
212	22,54	5,55
150	17,54	4,40
106	14,95	4,52
75	12,97	4,73
53	11,27	4,33
38	10,30	4,12
-38	0,00	3,87

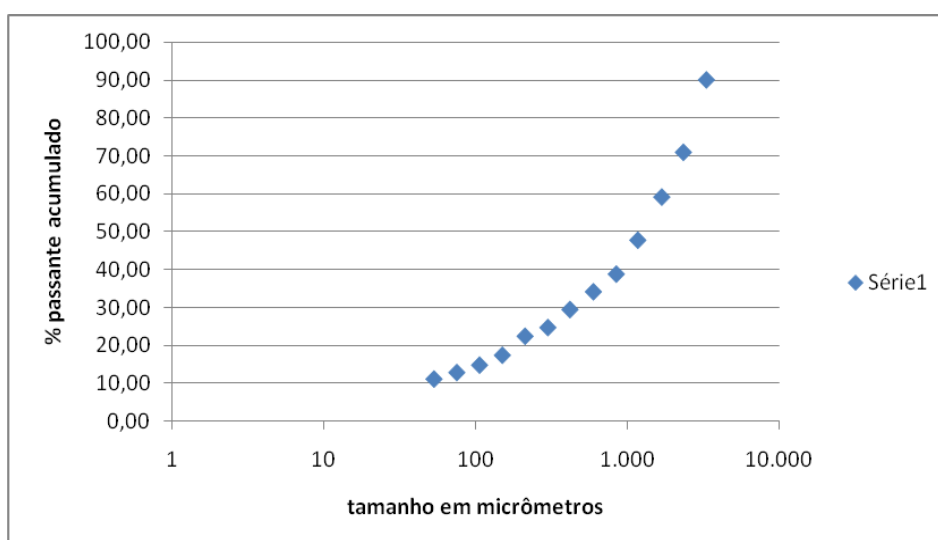


Figura 4. Distribuição de tamanhos decorrentes da britagem em alta frequência

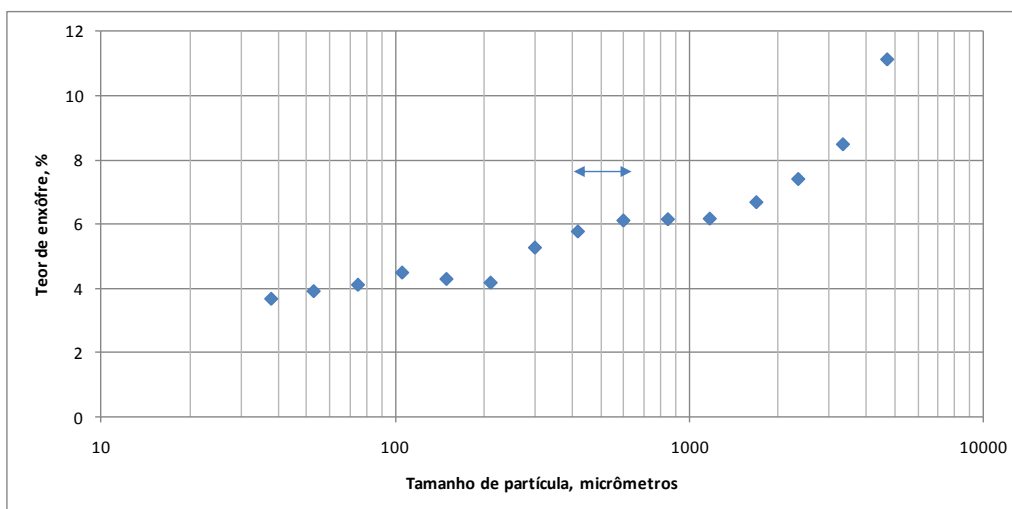


Figura 5. Distribuição do teor de pirita de acordo com os tamanhos

5. Conclusão

Observa-se que o enxofre concentra-se nos tamanhos maiores, indicando que a pirita é uma fase mais tenaz. Este processo é entendido como quebra seletiva. As partículas maiores do que aproximadamente 0,5 mm poderão ser tratadas por métodos gravíticos, caso a liberação seja suficiente. Caso contrário, o processamento deverá incluir moagem e processos de flotação para a produção de um rejeito inerte.

6. Agradecimentos

Agradecemos aos Professores José Farias de Oliveira e Cláudio Schneider, pelas orientações, incentivo e apoio, e à chefe da COPM, Eng^a Silvia França, por permitir que o autor se dedicasse exclusivamente ao desenvolvimento da tese.

7. Referências Bibliográficas

- 1) Acessado pela Internet: www.worldcoal.org em 16/09/2010.
- 2) CHAVES, A.P. Os problemas do carvão em geral e do carvão brasileiro em particular. In: SOARES, P. S. M; dos SANTOS, M.D.C.; POSSA, M. V. (Eds). Carvão Brasileiro:Tecnologia e Meio Ambiente .1 ed., Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral , 2008, p. 14-24.
- 3) HÜLSE, R. O começo de um sonho: In: LARA, L. L.; BURIGO, L. (Eds) Com o carvão mineral, há 50 anos esta história começou. 1 ed. Criciúma , SC, Brasil:Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC, 2009.p. 12-15.
- 4) BELOLLI, M. ; QUADROS, J. ; GUIDI, A. Começam os Estudos .In: A História do Carvão

de Santa Catarina 1790/1950, v 1 , 1 ed. Criciúma, SC, Brasil. Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, 2002, p. 25-32.

- 5) Acessado pela Internet: www.wikipedia.org em 16/09/2010.
- 6) SCHNEIDER, I. A .H. “Inovações tecnológicas para o aproveitamento integral dos rejeitos do beneficiamento de carvão mineral”, **Edital MCT / CT Mineral / Vale / CNPq Nº 12/2009**, Janeiro 2010.
- 7) MOSHER, J.B.; TAGUE , C.B. “ Conduct and precision of Bond grindability testing” **Minerals Engineering**, v. 14, Nº 10, p. 1187-1197, Elsevier Science Ltd. , 2001.