

ARTIGO REF: 6494

ESTUDO DE LIBERAÇÃO DE CARVÃO DE CANDIOTA-RS VISANDO SEU BENEFICIAMENTO

David Selemane José^(*), Carlos Hoffmann Sampaio

Laboratório de Processamento mineral (LAPROM)- Escola de Engenharia, UFRGS- RS, Brasil

^(*)*Email:* jdselemane@gmail.com

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo à caracterização do carvão de Candiota visando seu beneficiamento. A caracterização do carvão para o seu beneficiamento tem sido de grande importância hoje, uma vez que este recurso mineral representa uma alternativa energética em todo o mundo. Entretanto, a previsão de um bom aproveitamento deste recurso mineral, não passa da necessidade da sua caracterização efetiva. O beneficiamento do carvão tem por objetivo promover a redução do teor de cinza, o aumento do teor da matéria carbonosa e conseqüentemente, do poder calorífico. Além disso, promove a redução do teor de enxofre e a obtenção de granulometrias adequadas às especificações industriais, visando a sua utilização em função das necessidades do mercado consumidor [José e Sampaio, 2011]. Para a caracterização do carvão de Candiota para este estudo foram elaboradas tabelas comparativas de todas as camadas divididas em dois grupos: camadas inferiores e superiores nos furos 364, 365, 366, 368, 369, 670, 371 e 372. Devido às exigências mínimas no conteúdo de teor de cinzas no carvão mineral para o seu uso no mercado consumidor, foram pré-definidos três cortes de cinzas em 35, 42 e 48 %. Para alcançar o objetivo proposto, foi calculado para todas as camadas presentes nos furos anteriormente referidos, o concentrado e o respectivo rejeito. Também foi calculada para cada camada a recuperação mássica teórica, média ponderada nas frações (-25,4 +2,0 mm) e (-2,0 +0,1mm) respectivamente. A fração fina de -0,1 mm foi considerada para descarte. Igualmente foram elaborados os fluxogramas de beneficiamento para todas as camadas do carvão nos furos anteriormente referidos, assim como as suas respectivas curvas médias de blendagem. Não foram usados métodos estatísticos para este estudo, nem a previsão de maior recuperação usando as curvas tromp ou de erro, em contra partida foram elaboradas as curvas médias nas blendagens das camadas inferiores e superiores incluindo neste último a camada Banco Louco.

INTRODUÇÃO

O beneficiamento de carvão mineral consiste numa série de processos que visam à redução da matéria inorgânica, tais como rocha (estéril) e impurezas, existente no carvão a fim de melhorar sua qualidade. O carvão bruto não beneficiado, obtido diretamente da mina, é denominado de minério *run-of-mine-* (ROM).

Por outras palavras, o beneficiamento de carvão, se refere ao tratamento dado ao carvão ROM, logo após sua extração, a fim de assegurar a qualidade do mesmo e aumentar sua potencialidade para o uso. O tratamento depende das propriedades do carvão e de seu uso pretendido, podendo exigir uma simples lavagem/moagem ou necessitar de processos mais complexos de tratamento.

Na atualidade, a mineração de carvão é uma atividade de grande importância para a economia nacional brasileira, não só, mas também para muitos países do mundo em vias de

desenvolvimento. A escassez de energia elétrica aliada à menor disponibilidade de recursos hídricos faz com que a geração de energia térmica passe a ser um dos focos principais das possibilidades de expansão do sistema elétrico nacional e internacional. A expansão e aumento da produção de energia no Brasil são de suma importância para atender a necessidade de crescimento econômico que tem se registrado nos últimos anos. Entre os recursos energéticos não renováveis, o carvão mineral ocupa a primeira colocação tanto em abundância, quanto em perspectiva de vida útil; considerado, portanto, a mais importante reserva energética mundial a longo prazo. Sua demanda atual está aumentando consideravelmente, com o objetivo de abastecer novas usinas termelétricas.

No Brasil, os maiores depósitos deste recurso mineral, encontram-se situados no Sul do país, concretamente nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul; o objeto de estudo para este trabalho é para a jazida de Candiota, onde se encontra a maior reserva minerada atualmente pela Companhia Riograndese de Mineração - CRM, no estado do Rio Grande do Sul, Pires e Querol (2004), Sampaio *et al.* (2008). A Companhia Riograndese de Mineração (CRM) vem minerando a céu aberto na região de Candiota desde 1961, objetivando a produção de carvão termelétrico. A produção, hoje estima-se na faixa de 1,7 milhões de toneladas de carvão por ano, abastecendo assim a Usina termelétrica Presidente Médici, de 446MW instalados.

Pela maior procura de energia elétrica no mundo, cresce a importância do carvão mineral na atualidade, aumentando-se assim as necessidades de investimentos em otimização de tecnologias com o propósito de se conhecer ainda mais em detalhe as características fundamentais deste recurso mineral para a sua utilização seja nas indústrias siderúrgicas como nas termoelétricas; para queima ou para uso em altos fornos. Nesse contexto se justifica a necessidade deste estudo com o intuito de descrever ainda mais as características gerais dos carvões brasileiros em particular os de Candiota pela sua importância econômica, social que apresenta, na contribuição para a redução da demanda de energia elétrica no país e em particular no estado do Rio Grande do Sul.

O presente artigo tem o objetivo é o estudo de liberação do carvão de Candiota visando seu beneficiamento.

BENEFICIAMENTO DO CARVÃO

Sampaio e Tavares (2005), referindo-se da modernização técnica de tratamento do carvão mineral, aplicada nas indústrias mineiras, tendo em conta aumentar a capacidade de produção e ampliação do seu mercado consumidor, para os diferentes segmentos industriais, enfatiza que ela surgiu da necessidade de desenvolver tecnologias, aumentar as capacidades das plantas de beneficiamento, melhorando a sua eficiência, visando a sua adequação para atender a demanda existente; assim o conhecimento das especificações dos produtos desejados é importante para a verificação da viabilidade técnica e econômica do beneficiamento do carvão.

Hoje em dia, milhões de toneladas de carvão são extraídas e utilizadas com finalidades que vão desde a simples queima até a fabricação de coque metalúrgico empregado em altos fornos. Devido a diferenças de gênese dos carvões, existe a ocorrência de material inorgânico, basicamente argilas e piritas em alguns casos até carbonatos, misturado com material orgânico, os chamados macerais. Os processos que utilizam carvões na maioria das vezes necessitam baixas quantidades destas impurezas, sendo por exemplo as argilas as principais responsáveis pelas cinzas geradas após a combustão de carvões, muitas vezes

prejudiciais ao processo empregado e danoso ao meio ambiente. Assim, a separação dessas impurezas é chamado de beneficiamento, e visa a remoção de materiais não desejáveis que podem estar misturados ao carvão.

Segundo Schubert apud Sampaio (2002) os processos de beneficiamento são classificados de maneira geral, de acordo com a granulometria do carvão empregado como se descreve a continuação:

- Beneficiamento de ultrafinos de carvão (material com granulometria inferior a 0,1 mm), neste caso o processo mais utilizado é a flotação;
- Beneficiamento de finos de carvão (material com granulometria entre 0,1 e 2 mm), neste caso os processos mais utilizados são as mesas concentradoras, espirais, concentradoras, espirais concentradoras e ciclones autógenos;
- Beneficiamento de grossos de carvão (material com granulometria entre 2 e 50 mm), nestes casos, os processos mais empregados são os jigues, meios densos estáticos e meios densos dinâmicos;
- Beneficiamento de grosseiros (material com granulometria maior que 50 mm), quando assim, os processos mais utilizados são os de meio denso estático.

Salienta-se que esta divisão em granulometrias estanques, são apenas indicações, pois diversos equipamentos operam com faixas granulométricas muito diversificadas.

CARACTERIZAÇÃO PARA O BENEFICIAMENTO GRAVIMÉTRICO DE CARVÕES

Sampaio (2002), refere que toda a caracterização do carvão mineral para o beneficiamento com tamanhos superiores a 0,1 mm (carvões finos, grossos e grosseiros), é realizado pelo chamado Beneficiamento Gravimétrico, o qual está baseado na diferença de densidades entre a matéria orgânica (normalmente densidade $1,3\text{g/cm}^3$) e a matéria inorgânica (argilas com densidade próxima a $2,0\text{g/cm}^3$ e piritita com densidade próxima a $2,4\text{g/cm}^3$). Portanto antes de qualquer técnica de beneficiamento a ser empregada, faz-se necessária a caracterização do carvão visando o seu beneficiamento.

Esta caracterização é normalmente, realizada utilizando-se curvas de lavabilidade de Henry-Reinhardt: curvas densimétricas e curvas dos flutuados e afundados figura 1.

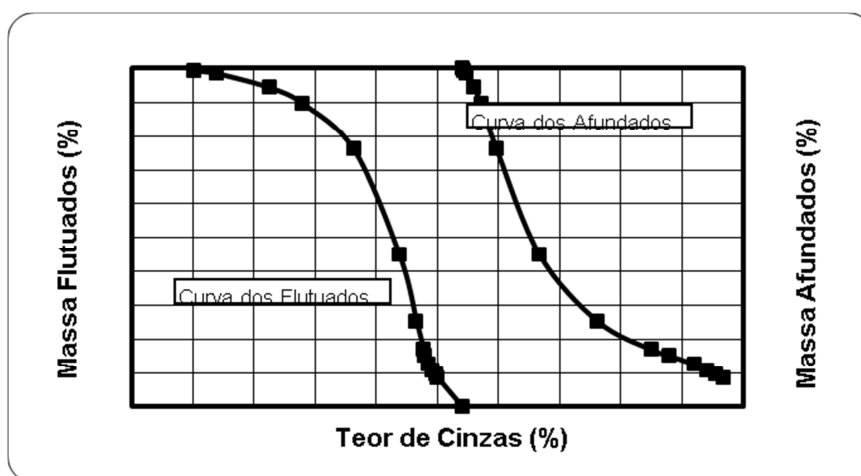


Fig. 1 - Curva dos flutuados e curva dos afundados de um carvão brasileiro [Henry-Reinhardt apud Sampaio, 2002].

A curva densimétrica de Henry- Reinhardt, descreve a liberação das partículas de carvão, por outro lado sabe-se que quando os carvões, quando cominuídos, não são formados por partículas somente de material orgânico ou somente de material inorgânico, existem também a presença de mistos. Estas misturas são formadas parcialmente por material inorgânico, nesse caso a sua densidade será intermediária à densidade dos materiais que a compõem. Também a curva densimétrica ela apresenta quantidade de material flutuado em função da densidade.

A curva dos flutuados indica o teor médio de cinzas do material flutuado numa determinada densidade, por seu turno a curva dos afundados indica o teor médio de cinzas do material restante, ou seja do material que afundou.

De acordo com Cebeci e Aslan (2002), Majumder e Barnwal (2004), Sampaio e Tavares (2005), os testes de afunda-flutua são amplamente utilizados para o beneficiamento de carvão, pois através destes pode ser estimada a sua acessibilidade através da concentração gravimétrica. Estes testes são realizados em faixas densimétricas pré-fixadas. Com seus dados, são feitas as curvas de lavabilidade, também conhecidas como curvas de Henry-Reinhardt (curva densimétrica, curva dos flutuados e dos afundados, curva elementar e curva de tolerância densimétrica ou *Near Gravity Material* ou simplesmente NGM). Tais curvas são utilizadas para avaliar o grau de dificuldade da separação gravimétrica do carvão bruto e, promover dados qualitativos ou quantitativos para os produtos de separação na densidade relativa selecionada.

PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO CARVÃO MINERAL

Sampaio (2002), se referindo sobre processo de beneficiamento refere que a operação de beneficiamento de carvões, propriamente dita, é uma etapa que não é danosa ao meio ambiente. Isto se justifica uma vez que as plantas de beneficiamento utilizam água para o beneficiamento de carvões. A água utilizada nesse processo é utilizada diretamente em misturas com carvões para facilitar a estratificação do particulado como exemplos na utilização de jígues, mesas concentradoras entre outros, etc. ou então na preparação de polpas (misturas com sólidos finamente cominuídos no caso da magnetita que é usado nos processos em meio-densos). Nos processos que utilizam meio-densos, após o beneficiamento o meio denso é regenerado por meio de separação magnética, restando à água misturada com partícula sólida; esta água é reaproveitada. Nas plantas de beneficiamento de carvões, a água não é totalmente re-aproveitada, pois isto acarretaria aumento da concentração de sais dissolvidos proveniente do carvão beneficiado. Isso poderia diminuir o tempo de vida útil dos equipamentos, devido à corrosão causada por esses sais. Recomenda-se então que a água utilizada sempre deve ser filtrada ou espessada antes do seu descarte, não causando nenhum efeito negativo ao meio ambiente, pois todo o particulado é removido.

Por exemplo, no beneficiamento de ultrafinos (flotação), todos os reagentes químicos utilizados são absorvidos pelo carvão concentrado ou rejeitos, não ocorrendo nenhum tipo de contaminação na água.

Sabe-se ainda que as plantas de beneficiamento de carvões que geram contaminantes nas suas operações estão sem dúvida operando de forma errônea, pois a operação de beneficiamento, em qualquer granulometria, não pode e não deve causar prejuízos ao meio ambiente. Por outro lado, pode se referir que a remoção de impurezas de carvões (basicamente argilas e piritas) é possível de ser realizada até os teores comumente aceitos por órgãos ambientais e /ou normas vigentes.

De acordo com Sampaio (2002), em todo esse processo, o maior problema enfrentado é a baixa recuperação mássica que se obtém com alguns carvões, quando se visa adequá-los aos teores exigidos. Esta baixa recuperação mássica está associada principalmente à liberação física do material orgânico dos materiais a serem removidos e não ao tipo de equipamentos ou técnicas utilizadas.

METODOLOGIA

Esses dados são referentes aos ensaios laboratoriais do carvão da região de estudo (camadas inferiores - I1, I2, I3, I4 e I5; camadas superiores - S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9 e BL) tais como: curvas dos flutuados, afundados, densimétricas e NGM, assim como, dados das massas retidas nas frações granulométricas -25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm nos oito perfis de sondagem realizados na região de Candiota.

RESULTADOS

Com o objetivo de descrever o processo de recuperação mássica teórica nas camadas de carvão de Candiota, foram elaborados fluxogramas, para todas as camadas nos três cortes de teor de cinzas (35, 42 e 48%) frações -25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm. Depois de uma análise detalhada dos resultados de todos os furos, foram selecionados os melhores resultados.

A partir dos dados das massas retidas, da alimentação, massa dos flutuados e afundados, foram calculados os seus respectivos concentrados e rejeitos, nas duas frações. A fração fina de (-0,1 mm), foi considerada para o descarte.

A seguir são mostradas as figuras 2 e 3 contendo os fluxogramas de recuperação mássica teórica do furo 364, nos cortes 35 e 42% de teor de cinzas respectivamente e nas duas frações -25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm.

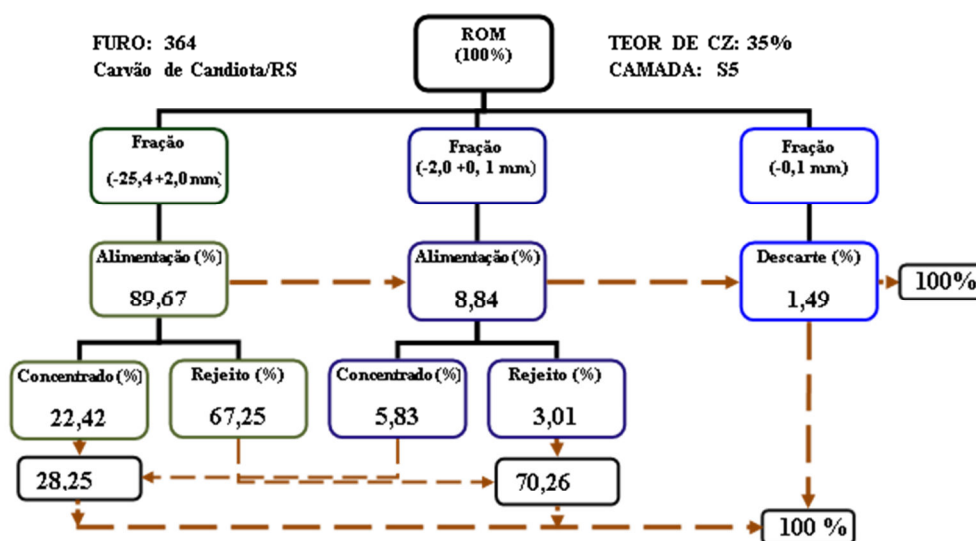


Fig. 2 - Fluxograma da camada superior 5 para corte de 35% de cinzas.

Como se mostra na figura 2 o fluxograma corresponde a camada superior 5, corte de 35% de teor de cinzas, para uma alimentação de 100% de *run-of-mine* (ROM), mineral bruto não beneficiado na fração 25,4 +2,0 mm com uma alimentação de 89,67%, se obteve um concentrado de 22,42% e um rejeito de 67,25%; enquanto que para a fração -2,0 +0,1 mm com uma alimentação de 8,84% o concentrado correspondeu a 5,83% com 3,01% de rejeito. De modo geral, para esta camada nas duas frações se registrou um concentrado de 28,25% contra 70,26% de rejeito, sendo a fração fina de 1,49%, foi descartada. A soma das percentagens dos concentrados, rejeitos e a fração fina devem ser igual a 100%.

A seguir são discutidos os resultado do corte de teor de cinzas de 42% de cinzas, seus fluxogramas se descrevem a continuação: na fração -25,4 +2,0 mm com uma alimentação de 89,67%, se obteve um concentrado de 39,45% e 50,22% de rejeito. Enquanto que para a fração -2,0 +0,1 mm com uma alimentação de 8,84, se obteve um concentrado de 7,43% e 1,41% de rejeito. a fração fina considerada para o descarte corresponde a 1,49%.

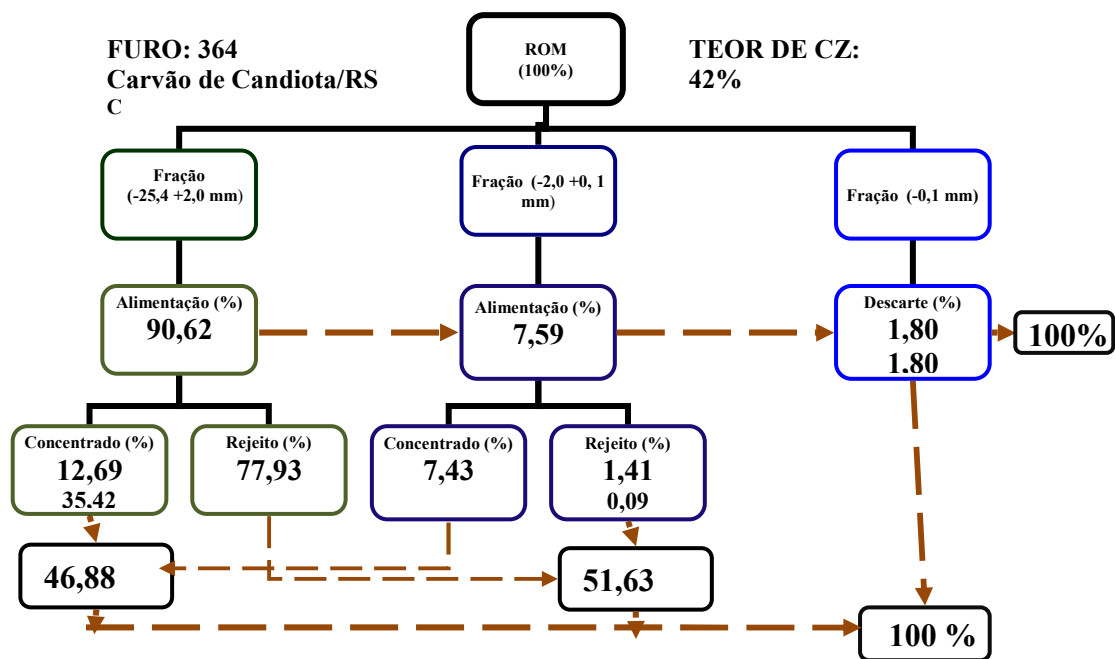


Fig. 3 Fluxograma da camada superior 8 (S8), corte de 42% de cinzas.

A figura 3 faz referência do fluxograma para a camada superior 8, onde se pode observar que, na fração de -25,4 +2,0 mm com uma alimentação de 90,62%, se obteve um concentrado de 12,69%, sendo 77,93% de rejeito. Por outro lado, na fração -2,0 +0,1 mm com alimentação de 7,59%, se registrou um concentrado de 7,43 % com 1,41% de rejeito. A fração - 0,1 mm foi considerada para descarte correspondendo a 1,80%.

CONCLUSÕES

A caracterização geral das camadas para o beneficiamento, tendo se fixado em três cortes de teores de cinzas de 35 e 42% respectivamente de acordo com as especificações mínimas exigidas pelo mercado consumidor, nas frações -25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm, a maior

recuperação mássica teórica corresponde para o corte de 48% de teor de cinzas nas duas frações anteriormente referidas. Porém a menor recuperação mássica teórica corresponde para o corte de 35% de teor de cinzas. No que diz respeito a percentagem do teor de enxofre de todas as camadas nas frações estudadas, não varia consideravelmente, oscilando entre 0,5 a 1,9 sendo a média estimada em 1,4%.

REFERÊNCIAS

- [1]-CEBECI, Y.,ASLAN, N.; 2002; Using float-sink data in simple equations to predict surfur contents.Fuel Processing Tecnology, v. 76; p231- 239.
- [2]-CHEN, J. C., LIU, Z. S., HUANG, J.S.; 2006; Emission characteristics of coal combustion in different O₂/N₂, O₂/CO₂ and O₂/RFG atmosphere. Journal of Hazardous Materials.
- [3]-SAMPAIO, C. H. e. TAVARES, L. M (2005). Beneficiamento gravimétrico: uma introdução aos processos de concentração mineral e reciclagem de materiais por densidade. 1ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, RS-Brasil.
- [4]-SAMPAIO, C.H (2002). Beneficiamento. Cadernos de planejamento e gestão ambiental, 2ed. Fundação estadual de proteção ambiental, FEPAM. N^o2, p 29- 42.
- [5]-DIESEL, C. F.; 1992;Coal -bearing Deposits Systems; Springer-Berlim.
- [6]-E. T. PACHECO.; 2008; Estudo do beneficiamento a seco do carvão da Mina de Candiota/ RS; Tese de Doutorado- Curso de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais- UFRGS/RS-Brasil.
- [7]-E. OSÓRIO E A. C.F, VILELA.; 2002; Utilização de carvão na siderurgia. Estudo decaso. Cadernos de planejamento e gestão ambiental, 2da edição. Fundação estadual de proteção ambiental, FEPAM. N^o2, p.149_157.
- [8]-EKAWAN, R, DUCHÊNE, M., GOETZ, D.; 2005; The evolution of hard coal in the Pacific Market. Energy Policy, 34. 1853- 1866.
- [9]-GOMES, A.P.; FERREIRA, J.A.F.; ALBUQUERQUE, L.F.de.;1998; SÜFFERT, T. Carvão fóssil. Estudos avançados v.12, n^o33.
- [10]-T, GUERRA.; 2000; Carvão e Meio Ambiente. Editora da UFRGS. 1^aedição. p18-24.
- [11]-ICCP SYSTEM.; 1994; Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite- Method of determination maceral group composition, N^o3.
- [12]-ICCP SYSTEM.; 1994; The new inertinite classification. International Committee for Coal and Organic Petrology, Disponível em <http://www.sciencedirect.com>. Acessado em Outubro, 2011.

[13]-LOURENZ, U., GRUDZINSKI, Z.; 2003; Hard coal for energetic purposes: price-quality relationships; international coal market observations and Polish practice. Applied Energy, 74, 271-279.

[14]-TEICHMÜLLER, M.; 1975; Stach's textbook of coal petrology, Stuttgart-Berlin.

[15]-N. RIGOTTI.; 2002; Recuperação de áreas degradadas: Estudo de caso. Cadernos de planejamento e gestão ambiental, 2da edição. Fundação estadual de proteção ambiental, FEPAM. N^o2, p 100- 102.