

## **FLOTAÇÃO DE LODOS DO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO PARA RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA CARBONOSA**

**DÁVILA, G.B.G.<sup>1</sup>, BRUM, I.A.S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul/PPGEM. gorbran35@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul. irineu.brum@ufrgs.br

### **RESUMO**

O Brasil tem grandes reservas de carvão (30 bilhões de toneladas), localizados predominantemente no sul do país. Apesar da relativa facilidade de exploração, esses recursos têm sido subestimados como uma fonte de energia. Atualmente o planejamento estratégico do país procura minimizar a lacuna entre o carvão e recursos tradicionalmente utilizados na matriz energética brasileira. Nesse cenário, o processamento de carvão brasileiro por flotação aparece como uma alternativa promissora, tendo sido bem sucedido em sistemas minerais. Este trabalho tem como objetivo estudar o processo geral de flotação para uma corrente específica de beneficiamento de carvão. O material utilizado neste estudo consiste de finos de carvão, o qual geralmente é descartado como rejeito e depositado em barragens. O objetivo específico é recuperar a matéria carbonosa e reduzir o teor de cinzas e contaminantes. As principais variáveis analisadas foram as concentrações dos diferentes reagentes (coletores e espumantes) empregados em flotação de carvão. Os primeiros resultados mostram que é possível, a partir de um fluxo de alimentação com teor de cinzas de cerca de 65% obter produtos com aproximadamente 35% de cinzas e recuperações de massas de cerca de 40%. Concentrações de espumantes variaram de 300 g/t a 600 g/t e o coletor (óleo diesel), de 1000 g/t de 6000 g/t.

**PALAVRAS-CHAVE:** flotação; carvão mineral; rejeitos.

### **ABSTRACT**

Brazil has large reserves of coal (30 billion tons) located predominantly in the south of the country. Despite the relative ease of exploitation, these resources have been underestimated as a source of energy. Currently the country's strategic planning aims to minimize the gap between coal and resources traditionally used in the Brazilian energy matrix. In this scenario the processing of Brazilian coal by flotation appears as a promising alternative, having been successful in mineral systems. This paper aims to study the overall process of flotation for a specific Brazilian coal. The material used in this study consists of fine coal that is usually discarded as waste and deposited in the tailings dam. The objective is to recover carbonaceous matter and reduce the ash and contaminants grade. The main variables analyzed were the concentrations of different surfactants and frothers to be used. The first results showed that it is possible, from a feed with around 65% of ashes, to obtain products with approximately 35% ashes with mass recoveries about 40%. Concentrations of frother (MIBC) ranged from 300 g/t to 600 g/t and the collector (diesel oil) of 1000 g/t to 6000 g/t.

**KEYWORDS:** flotation; coal; tailings.

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar da relativa facilidade de exploração de carvão brasileiro, esse recurso mineral tem sido historicamente subestimado como fonte de energia para o país. Atualmente as unidades geradoras de energia, no estado do Rio Grande do Sul, são responsáveis por cerca de 30% da energia produzida no estado, valor pouco maior do que no estado de Santa Catarina (25%). Nesse cenário, a maior parte do carvão processado no Brasil é tratada por processos gravimétricos, para obtenção de carvão térmico para geração de energia.

Nestes sistemas, o material particulado fino é normalmente descartado e depositado em barragens de rejeito. A atual política energética brasileira busca aumentar a participação do carvão na matriz energética nacional. Esta nova realidade busca sistemas otimizados para processamento de carvão, sendo uma possibilidade cada vez mais promissora a busca e o emprego de tecnologia na qualificação deste importante mineral.

Dentre os processos utilizados no processamento mineral, a flotação se destaca como um dos mais importantes processos metalúrgicos, sendo este um processo de separação de partículas minerais que explora as diferenças de características superficiais entre as diferentes espécies mineralógicas presentes em um determinado sistema. Este processo tem sido extensivamente estudado ao longo do tempo, em vários sistemas e, em geral, permanece implícito na avaliação de vários pesquisadores. Ainda assim, com base em décadas de estudos, diferentes unidades foram desenvolvidas para otimização e controle de processo (BANFORD and AKTAS, 2004; CHANDER, 1979; EROL *et al.*, 2003 e JIAN *et al.*, 2000).

Uma das principais inovações para aumentar a eficiência do processo de flotação são os novos sistemas de reagentes. Nos sistemas convencionais, o uso de querosene e diesel já é bastante comum, mas cada vez mais novas possibilidades chegam ao mercado (AKDEMIR and SÖNMEZ, 2003; KLIMPEL, 1988 e POLAT *et al.* 2003).

## 2. MATERIAIS E METODOLOGIA

A amostra de carvão utilizada nesse estudo foi obtida junto a Carbonífera Criciúma, na cidade de Criciúma/SC. O minério foi recebido com uma granulometria 55% abaixo de 0,15 mm. A amostra foi homogeneizada e estocada em polpa com 45% de sólidos. O teor de cinzas era de cerca de 62%. As concentrações de enxofre não foram consideradas significativas para esse estudo e concentração da matéria volátil é de cerca de 18%. As distribuições de tamanho e de teor de cinzas no material estudado são apresentadas na tabela I.

### 2.1. Flotação em escala de bancada

Todos os testes foram realizados em escala de bancada utilizando uma máquina de flotação convencional modelo CDC-1000 BEC-EEP NBA com célula de acrílico com volume de 4 litros. A polpa foi preparada com água da torneira, com uma concentração de sólidos de 8%, agitada a 1000 rpm a pH natural, valor em torno de 8.

Os reagentes utilizados e os tempos de condicionamento foram: óleo Diesel (5 min), querosene (5 min), óleo de pinho ( min), MIBC (3 min) e Lilafлот GS13 (5min). Flotação foi realizada com uma agitação de 1000 rpm e fluxo de ar controlado (2,0 litros. min<sup>-1</sup>). O pH natural foi mantido com valor em cerca de 8. Para uma maior precisão na coleta do concentrado o mesmo foi retirado da célula com o emprego de um “raspador” de acrílico, anexado ao equipamento, em intervalos regulares (de 5 em 5 segundos).

**Tabela I. Parâmetros granulométricos e distribuição e cinzas na alimentação dos ensaios de flotação.**

Fração (µm)	Massa (%)	Cinzas (%)	Volátil (%)	C (%)
+500	21,52	56,54	19,59	23,87
+355	28,16	51,79	20,78	27,43
+250	35,22	50,74	21,40	27,86
+150	45,77	60,21	18,25	21,54
+106	52,72	65,42	16,04	18,54
+75	65,21	66,22	16,62	17,16
+45	75,91	66,08	16,92	17,00
+38	79,47	72,02	16,05	11,92
-38	20,53	71,22	15,44	13,34
Alimentação		62,32	17,82	19,87

Testes preliminares foram realizados para determinar a concentração ideal dos reagentes de flotação. As combinações de reagentes utilizadas foram: óleo diesel/óleo de pinho, óleo diesel/MIBC, querosene/óleo de pinho, querosene/MIBC e Lilafloth. Partir dos resultados obtidos nos ensaios preliminares realizaram-se testes específicos a fim de melhorar a recuperação de massa e diminuir o teor de cinzas no concentrado. Estes testes foram realizados com as melhores combinações. As combinações estudadas foram: Óleo diesel + MIBC e Querosene + MIBC

No primeiro grupo de testes específicos a concentração do coletor variou de 1000 g/t a 6000 g/t e a de espumante permaneceu constante em 400 g/t. O segundo grupo de testes analisou o efeito da concentração de espumante com óleo diesel e querosene como coletores a uma concentração constante de 4000 g/t, uma vez que esta foi considerada a melhor situação. As concentrações de espumante analisadas foram 300 g/t, 500 g/t e 600 g/t.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Ensaios de flotação sem variações na concentração de espumante

Após estudos preliminares, o primeiro conjunto de testes utilizou as seguintes concentrações de coletor: 1000 g/t, 2000 g/t, 4000 g/t, g/t 5000 e 6000 g/t. A concentração do espumante foi fixada a 400 g/t. As combinações estudadas nesta segunda fase de flutuação foram: óleo diesel/MIBC e querosene/MIBC. O MIBC foi escolhido em função do melhor desempenho em estudos anteriores. Os testes com Lilafloth testes não apresentaram resultados melhores nos estudos preliminares. Este reagente não foi usado em testes específicos. A tabela II e a figura 1 apresentam os resultados para o sistema querosene/MIBC.

Nestes testes os melhores resultados foram obtidos com uma concentração de querosene de 4000 g/t. Na avaliação de alguns setores da indústria de mineração de carvão, no sul do Brasil, um concentrado com 35% de cinzas e 40% de rendimento poderia ser empregado para blendagem e geração de mistura passível de utilização para geração de energia. Com querosene, foi possível atingir o teor de cinzas de cerca de 30 %.

Tabela II. Valores de recuperação de massa, recuperação orgânica e teor de cinzas em função da concentração de querosene (MIBC 400 g/t).

Querosene (g/t)	Recuperação de Massa (%)	Recuperação Orgânica (%)	Teor de cinzas (%)
1000	6,79	15,02	19,01
2000	33,10	62,76	26,61
4000	36,14	68,75	29,76
5000	35,64	69,08	28,10
6000	39,28	72,21	29,46

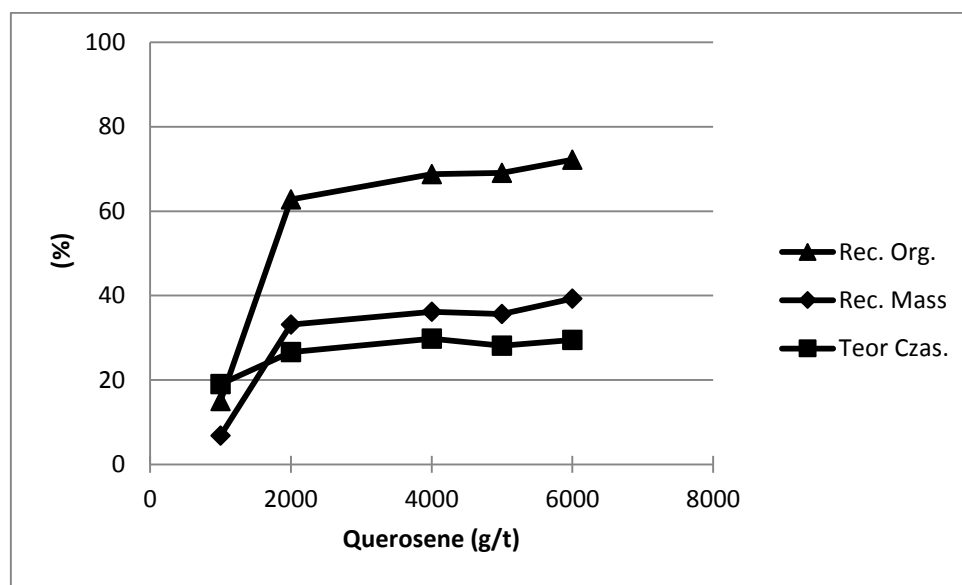


Figura 1. Recuperação de massa, recuperação orgânica e teor de cinzas em função da concentração de querosene (MIBC 400 g/t).

A tabela III e a figura 2 apresentam os resultados para o sistema com óleo diesel. As concentrações de óleo diesel testadas foram: 1000 g/t, 2000 g/t, 4000 g/t, 5000 g/t e 6000 g/t. A concentração de MIBC foi mantida em 400 g/t.

Tabela III. Valores de recuperação de massa, recuperação orgânica e teor de cinzas em função da concentração de óleo diesel (MIBC 400 g/t).

Óleo diesel (g/t)	Recuperação de massa (%)	Recuperação orgânica (%)	Teor de cinzas (%)
1000	33,79	66,24	27,02
2000	36,01	70,80	30,34
4000	39,47	75,50	31,40
5000	40,11	75,87	29,31
6000	42,18	75,41	33,50

O sistema com óleo diesel apresentou resultados semelhantes aos obtidos com querosene. Nesse caso também com uma concentração de coletor de 4000 g/t foi possível obter uma recuperação mássica de cerca de 40% e teor de cinzas em torno de 30%.

### 3.2. Testes de flotação sem variação na concentração de coletor

Com base nos resultados obtidos nos ensaios anteriores foi realizada uma terceira etapa. Essa fase do estudo utilizou a concentração de coletor considerada ideal (4000 g/t) e variou a concentração de espumante (300 g/t, 500 g/t e 600 g/t). As combinações propostas foram as mesmas utilizadas anteriormente. A tabela IV e a figura 3 apresentam os resultados dos testes com querosene (4000 g/t).

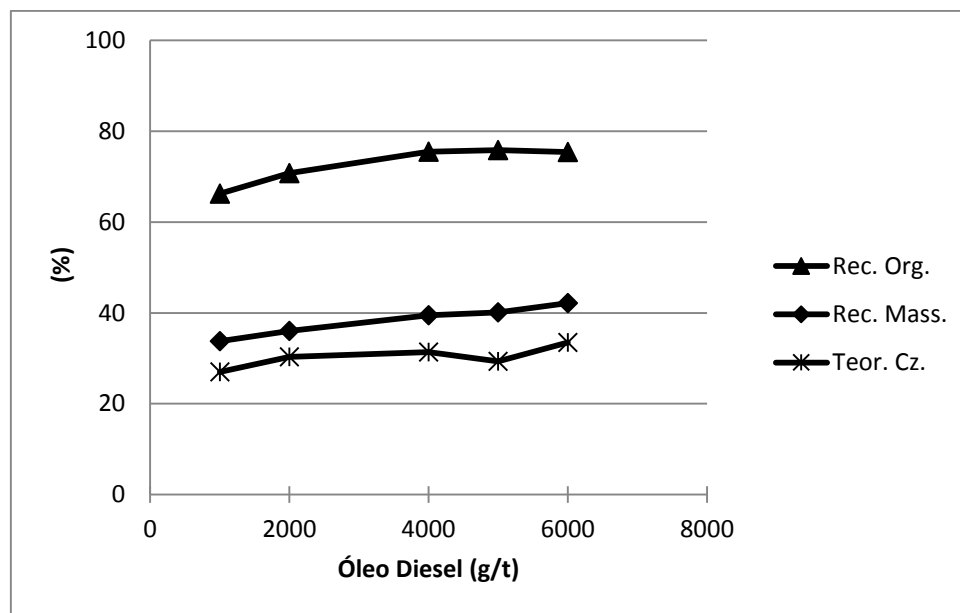


Figura 2. Recuperação de massa, recuperação orgânica e teor de cinzas em função da concentração de óleo diesel (MIBC 400 g/t).

Tabela IV. Valores de recuperação de massa, recuperação orgânica e teor de cinzas em função da concentração de MIBC (querosene 4000 g/t).

MIBC (g/t)	Recuperação de massa (%)	Recuperação orgânica (%)	Teor de cinzas (%)
300	33,16	66,06	26,69
500	32,00	65,17	26,80
600	33,82	67,07	27,68

Comparado com estudos anteriores, com variação da concentração do coletor, houve uma pequena queda no rendimento em testes com variação da concentração de MIBC. O melhor resultado apresenta uma recuperação de massa de cerca de 30% e teor de cinzas de 26%. Um estudo semelhante foi realizado com óleo diesel como coletor. Os resultados estão presentes na tabela V e Figura 4.

O sistema com variação de MIBC e concentração de óleo diesel de 4000 g/t apresentou resultados similares aos observados anteriormente. Os melhores concentrados apresentaram recuperações mássicas de cerca de 40% e teores de cinzas em torno de 31%.

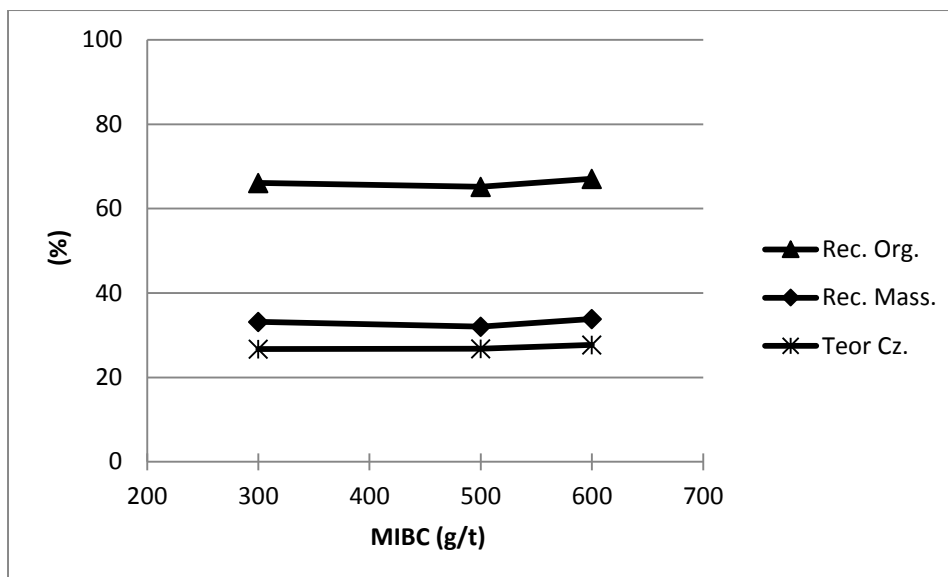


Figure 3. Recuperação de massa, recuperação orgânica e teor de cinzas em função da concentração de MIBC (querosene 4000 g/t).

Tabela V. Valores de recuperação de massa, recuperação orgânica e teor de cinzas em função da concentração de MIBC (Óleo diesel 4000 g/t).

MIBC (g/t)	Recuperação de massa (%)	Recuperação orgânica (%)	Teor de cinzas (%)
300	39,80	74,16	31,56
500	37,75	70,46	32,33
600	39,99	74,69	31,98

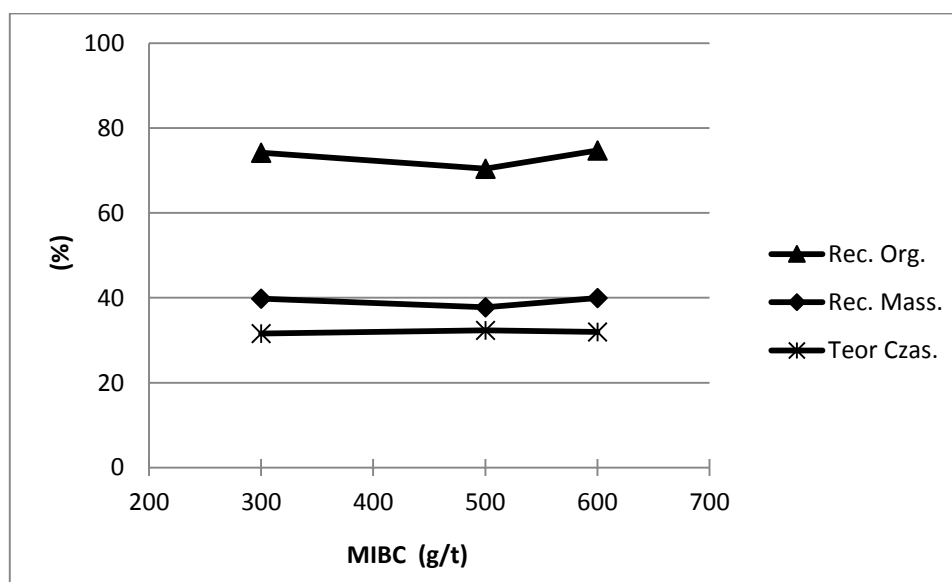


Figure 4. Recuperação de massa, recuperação orgânica e teor de cinzas em função da concentração de MIBC (Óleo diesel 4000 g/t).

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo realizado mostrou que o beneficiamento desse material se mostra bastante vantajoso, pois permite não só reduzir a quantidade de material a ser descartado nas barragens de rejeitos,

aumentando a vida útil destas, mas também possibilita a recuperação de matéria carbonosa, com forte potencial para um blendagem e obtenção de carvão para geração de energia. Os resultados mostraram que a partir de um fluxo de alimentação com elevado teor de cinzas, com cerca de 62%, é possível a obtenção de concentrados com teor de cinzas de cerca de 30% e recuperações mássicas de 40%.

Com base nesses resultados, foi possível determinar as melhores combinações de reagentes:

- Querosene & MIBC: Concentração de 6000 g/t e 400 g/t, respectivamente, com uma recuperação mássica de 39,28% e teor de cinzas de 29,46%.
- Óleo de Diesel & MIBC: Concentração de 4000 g/t e 300 g/t, respectivamente, com uma recuperação mássica de 39,80% e teor de cinzas de 31,56%.

Não foi possível observar uma diferença significativa entre os reagentes utilizados neste estudo. O único coletor não convencional utilizado no estudo não apresentou melhores resultados quando comparado ao óleo diesel e querosene. No entanto, estudos mais detalhados devem ser realizados para confirmar este sistema de reagente e seu potencial como coletor. O efeito da recuperação de água no concentrado também necessita ser avaliado. Um sistema de flotação em coluna também deve ser considerado para avaliar a possibilidade de uma operação mais seletiva. Sob condições específicas, a recuperação de partículas finas por aprisionamento e/ou arraste pode ser minimizada. Estes parâmetros devem ser analisados na continuação deste estudo.

Apesar dos resultados obtidos até o momento, mais estudos são necessários. A questão da concentração de sólidos ainda precisa ser otimizada, visando a redução do teor de cinzas, a recuperação de massa e a produtividade. Também, em estudos futuros, o enxofre deverá ser considerado.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

AKDEMIR, Ü. and SÖNMEZ, I. Investigation of coal and ash recovery and entrainment in flotation. *Fuel Processing Technology* 82, p. 1-9, 2003.

BANFORD, A.W. and AKTAS, Z. The effect of reagent addition strategy on the performance of coal flotation. *Minerals Engineering*, v. 17, p 745-760, 2004.

CHANDER, S. Recent developments in floatability of very fine particles - A Review. *Transactions of the Indian Inst. of Metals*, Vol. 31, pp 12-19, 1979.

EROL, M.; COLDUROGLU, C. and AKTAS, Z. The effect of reagents and reagent mixtures on froth flotation of coal fines. *Inter. J. Miner. Process.* v.71, p.131-144, 2003.

JIAN, R.; HARRIS, G.H. and FUERSTENAU, D.W. An improved class of universal collectors for the flotation of oxidized and/or low-rank coal. *Inter. J. Miner. Process.* v.58, p.99-118, 2000.

KLIMPEL, R.R. Considerations for improving the performance of froth flotation systems. *Minerals Engineering*, v. 40, n. 12, p. 1093-1100, 1988.

POLAT, M.; POLAT, H. and CHANDER, S. Physical and chemical interactions in coal flotation. *Inter. J. Miner. Process.* v.72, p.199-213, 2003.

