

## **Beneficiamento de Calcários do Estado do Espírito Santo**

**Leandro Solto Falcão Martins**

Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química, UFRJ

**Franz-Josef Wellenkamp**

Orientador, Engenheiro de Minas, Dr. Ing.

### **RESUMO**

*O presente trabalho compreende um estudo realizado em amostras comerciais de calcita da região de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, e envolve a caracterização e purificação do material, através da flotação inversa dos silicatos. Os resultados dos ensaios de flotação, realizados em células laboratoriais, mostraram ser possível a redução do percentual de resíduo insolúvel no material a índices menores que 1%, com recuperação de produto entre 70-80 %.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O calcário natural do estado do Espírito Santo é atualmente utilizado na agricultura como corretivo de solo, indústria de tintas, plástico, borracha, materiais de construção etc. Nestas aplicações, as exigências à qualidade do material não são muito elevadas.

Nas indústrias de papel como carga e cobertura, ou de tintas como substituto parcial de pigmentos valiosos, o calcário natural pode representar um insumo nobre, caso apresente certas características químicas e físicas, tais como: pureza, opacidade e alvura elevadas, abrasividade baixa e granulometria ultrafina. Como estas características não são predominantes no calcário natural do Espírito Santo, este deve sofrer um processo de beneficiamento. Este beneficiamento visa reduzir, principalmente, o índice de abrasividade e as partículas à granulometria ultrafina.

### **2. OBJETIVO**

O presente trabalho objetiva a purificação do calcário natural do Espírito Santo, através da flotação inversa de sílica, visando a redução do percentual de resíduo insolúvel a índices inferiores a 1% e, portanto, da abrasividade do material.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com amostras comerciais de calcita fina (abaixo de 325 malhas) provenientes da região de Cachoeiro de Itapemirim. As amostras foram homogeneizadas e quarteadas, afim de se obter amostras parciais representativas, com massa de 1 kg cada. Concluída esta etapa, passou-se à caracterização do material, constituída de análise granulométrica, picnometria, análise de área de superfície, alvura, resíduo insolúvel e microscopia eletrônica de varredura.

Realizou-se a análise granulométrica através de dois métodos: peneiramento a úmido, com malhas de 150, 200, 270, 325, 400 e 635 malhas, e análise instrumental em Sedigraph 5100. Realizou-se a análise de peso específico através do emprego de um picnômetro de 50 mL, trabalhando com cerca de 5% de material, e a análise de alvura em Fotômetro Fotoelétrico de Reflectância Difusa - ELREPHO, contra padrão primário de sulfato de bário. A análise gravimétrica de resíduo insolúvel foi realizada através da solubilização de carbonatos com ácido clorídrico a quente.

Em seguida, passou-se à etapa da purificação, ou seja, da separação dos carbonatos e silicatos presentes no material. Através da flotação, pode-se enriquecer os carbonatos ou os silicatos no produto flotado. O primeiro caso trata-se da flotação chamada direta; o segundo, trata-se da flotação inversa. Para ambos os casos existem reagentes que proporcionam a hidrofilição de uma espécie e a hidrofobização da outra. Considerando-se que os silicatos estão presentes numa percentagem de apenas 5-10% no minério, é a flotação inversa a que mais se adequa ao processo.

Nos processos de flotação utilizam-se vários reagentes: depressores, coletores, espumantes e reguladores, para que se possa obter uma hidrofilição ou hidrofobização seletiva das espécies minerais e, conseqüentemente, a sua separação. No caso da flotação inversa dos silicatos, o calcário deve ser deprimido, ou seja, suas superfícies devem ser hidrofiliadas, o que pode ser feito mediante o emprego de amido gelatinizado como depressor. Quanto aos silicatos, os coletores comumente utilizados para sua flotação são as aminas, e, portanto, foi empregada a amina Colmin C 1030 da Quimikao. O agente espumante foi o óleo de pinho, numa concentração de 60 g/t, e o regulador foi o carbonato de sódio em solução saturada. Os ensaios foram conduzidos em célula de laboratório Denver com 3 L de volume. Na fase de condicionamento, agitou-se a polpa a

1500 r.p.m.. Na fase de flotação, ajustou-se a velocidade do rotor a 1100 r.p.m..

Os ensaios visaram definir os parâmetros da flotação: pH, concentrações do depressor e do coletor, tempo de condicionamento e tempo de residência. A avaliação dos resultados foi feita através das análises de recuperação dos carbonatos e do percentual de resíduo insolúvel restante no produto fundo.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 Caracterização

As análises granulométricas indicaram que o material é 100% mais fino que 50  $\mu\text{m}$ , sendo que o valor mediano da distribuição é de 12  $\mu\text{m}$ . Os resultados obtidos pelo peneiramento e pelo Sedigraph foram coerentes, indicando que o fator de forma de grão das partículas deve estar perto de 1.

A análise qualitativa da composição mineralógica, com o detector QBSD acoplado ao microscópio de varredura, revelou que a amostra pesquisada é uma mistura de calcita, dolomita, quartzo e silicatos de cálcio e magnésio, sendo os dois últimos, constituintes do resíduo insolúvel (RI), cujo percentual deseja-se reduzir na amostra. Os resultados de algumas análises estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da Caracterização da Amostra Pesquisada

Área De Superfície de Bet	1,35 m <sup>2</sup> /g
Densidade Aparente	1kg/L
Peso Específico	2,71 Kg/L
Alvura	98,5%
Resíduo Insolúvel	7,4 %

#### 4.2 Flotação

Iniciou-se os trabalhos com ensaios exploratórios para a determinação da faixa de pH mais adequada ao processo de flotação. Esses ensaios foram conduzidos com pH 9 (natural); 10; 10,4 e 10,8. Observou-se que a flotação com pH 9 se caracteriza por uma baixa seletividade, ou seja, faz com que o

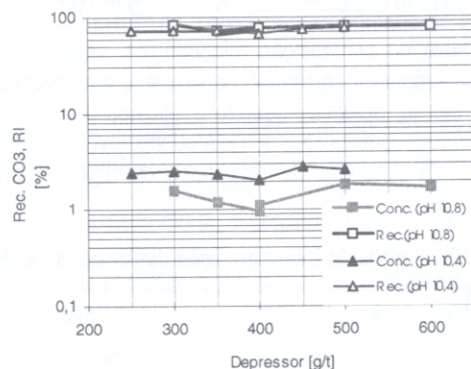


carbonato seja flotado juntamente com os silicatos. O desempenho do processo melhora se o pH é elevado a valores acima de 10.

A Figura 1 apresenta a recuperação dos carbonatos e o percentual de resíduo insolúvel (RI) no produto fundo, em função da adição de depressor em pH 10,4 e 10,8. Observa-se que as recuperações de carbonatos estão compreendidas numa faixa entre 70-80%, e não variam significativamente nas várias dosagens de depressor.

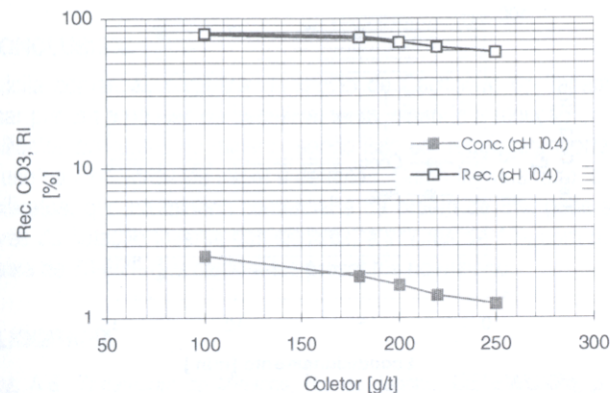
Contudo, os percentuais de RI dos produtos fundo dependem tanto do pH quanto da adição de depressor. Nota-se ainda que o percentual de RI do produto fundo é quase 1 ponto percentual menor, quando a flotação é conduzida em pH= 10,8, ao invés de 10,4.

Quanto à concentração do depressor, ainda na Figura 1, nota-se um ponto de deflexão em 400 g/t, onde o efeito de separação é o melhor encontrado.



**Figura 1 - Recuperação de carbonatos e percentual de RI no produto fundo em função da adição de depressor e pH**  
( $t_{cond.} = 7 \text{ min}$ ;  $t_{res.} = 5 \text{ min}$ ; coletor = 220 g/t;  $c_m = 30\%$ )

A Figura 2 apresenta a relação entre a adição do coletor, a recuperação dos carbonatos e o RI no produto fundo. Foi estudada a adição de coletor na faixa de 100 a 250 g/t, dispensando-se o estudo de adições mais elevadas, que reduzem a depressão dos carbonatos, fazendo com que estes sejam flotados juntamente com os silicatos, reduzindo, assim, a recuperação de carbonatos.

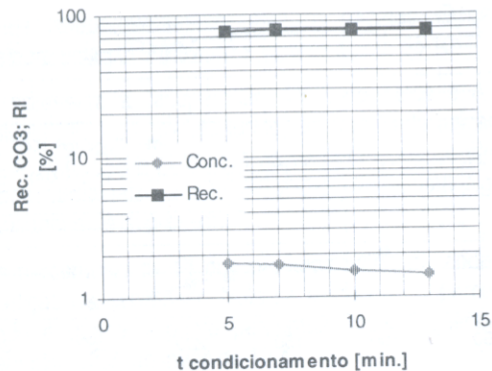


**Figura 2 - Recuperação de carbonatos e percentual de RI no produto fundo em função da adição do coletor**  
( $t_{cond.} = 7 \text{ min}$ ;  $t_{res.} = 5 \text{ min}$ ; depressor = 600 g/t;  $c_m = 30\%$ ; pH=10,4)

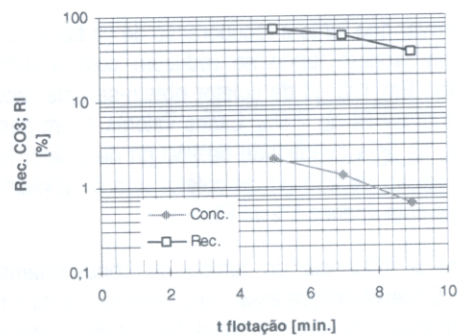
Na figura pode-se observar que tanto a recuperação de carbonatos quanto a percentagem de RI no produto fundo se reduzem com o aumento da concentração de coletor. Em 100 g/t de coletor obtém-se uma recuperação de 80% e um percentual de RI de 2,8%. Esses valores caem para 60% e 1,4%, respectivamente, se uma quantidade de 250 g/t de coletor for usada. Observa-se que uma adição de 250 g/t de coletor não é suficiente para a obtenção de um produto com apenas 1% de RI.

A Figura 3 apresenta a influência do tempo de condicionamento aos resultados de flotação. Observa-se que esse parâmetro não afeta o resultado da recuperação de carbonatos. Contudo, o percentual de RI do produto fundo cai cerca de 0,3 pontos percentuais, variando-se o tempo de condicionamento de 5 para 13 minutos.

A Figura 4 apresenta os resultados de recuperação de carbonatos e do RI, em função do tempo de residência. Observa-se que a recuperação de carbonatos e a percentagem de RI do produto fundo se reduzem com o aumento do tempo de residência. No intervalo entre 5 e 7 minutos de flotação, a recuperação de carbonatos no produto fundo cai 10 pontos percentuais, enquanto que essa redução sobe para 20 pontos, no intervalo de 7 a 9 minutos. Disso pode-se concluir que inicialmente são flotados predominantemente os silicatos, enquanto que, após 7 minutos, cada vez mais carbonatos flutam.



**Figura 3 - Recuperação de carbonatos e percentual de RI no produto fundo em função do tempo de condicionamento**  
( $t_{res.} = 5$  min; coletor = 220 g/t; depressor = 600 g/t;  $c_m = 30\%$ ; pH = 10,4).



**Figura 4 - Recuperação de carbonatos e percentual de RI no produto fundo em função do tempo de residência**  
( $t_{cond.} = 7$  min; coletor = 220 g/t; depressor = 600 g/t;  $c_m = 30\%$ ; pH = 10,4).

## 5. CONCLUSÕES

A calcita comercial, originária da região de Cachoeiro do Itapemirim, pode passar por um processo de beneficiamento visando a redução do percentual de silicatos presentes no minério, sendo isso um requisito importante para o seu uso nas indústrias de papel e de tintas. Como foi mostrado, o percentual de silicatos, que no minério comercial é da ordem de 8%, pode ser levado, através da flotação inversa dos silicatos, a valores de 1%, com recuperação na faixa de 70-80% dos carbonatos presentes no minério.

## BIBLIOGRAFIA

1. LUZ, A.B. *Tratamento de Minérios*, Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, p.20-82; 364-427, 1995.
2. KENNETH, J.I. *The Scientific Basis of Flotation*, London, U.K.: Department of Civil and Municipal Engineering, University College, p.229-289, 1984.
3. SALUM, M.J.G. *Flotation: Fundamentals, Practice and Environment*, Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, p.39-50, 1992.
4. SUTHERLAND, K.L. / WARK, I.W. *Principles of Flotation*, Melbourne: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, p.318-322, 1955.