

PAINEL 2

Separação magnética de um caulim

Priscilla Lopes Florido

Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química, UERJ

Adão Benvindo da Luz

Orientador, Eng. de Minas, M.Sc.

1. INTRODUÇÃO

O termo caulim designa uma rocha de cor branca formada principalmente por minerais, sendo a caulinita o componente mais importante, seguida da haloisita e outros minerais como quartzo, feldspato, micas, sulfetos, óxidos de ferro e titânio.

A caulinita é um mineral de cor clara, não abrasivo, quimicamente inerte, formada de partículas que vão desde a faixa sub-micrométrica até 40 μm . As partículas mais finas, abaixo de 2 μm , apresentam-se como placas delgadas e/ou hexagonais. Partículas mais grossas apresentam-se em placas mais espessas, com estrutura semelhante a das micas.

O caulim tem um vasto campo de aplicação, em função de suas características físicas e químicas. No Brasil é um dos minerais industriais que mais se sobressaem em termos de volume, valor e qualidade.

USO

As características físicas e químicas definem a utilização de um caulim, ficando os de granulometria mais grossa e de menor alvura para usos menos nobres, como utilização em cerâmica,

plástico, borracha etc. Os caulins de maior alvura, entre 80-85%, granulometria fina na faixa de 49-90% menor que 2 μm e menor abrasividade, são indicados para usos mais nobres, como carga e cobertura de papel.

O caulim utilizado como cobertura tem a função de fornecer à folha de papel uma superfície macia e brilhante. Neste caso o caulim se caracteriza por apresentar distribuição granulométrica na faixa de 80-90% menor que 2 μm (1).

2. OBJETIVO

Estudar as variáveis mais influentes na separação magnética de um caulim, utilizando a técnica de planejamento fatorial.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A separação magnética utiliza os diferentes comportamentos assumidos pelos minerais quando submetidos a um campo magnético.

Os materiais, ou minerais, são classificados em duas categorias: aqueles que são atraídos pelo campo magnético e os que são repelidos por ele. Os minerais, segundo suas propriedades magnéticas, são classificados em 3 grupos: os ferromagnéticos, que são atraídos fortemente pelo campo; os paramagnéticos, que são atraídos fracamente; e os diamagnéticos, que são repelidos pelo campo (2).

Uma força magnética F exercida sobre uma partícula mineral é função da massa M da partícula, da susceptibilidade magnética K ; e das variáveis densidade de fluxo H e gradiente de fluxo dH/dX (onde X é a distância entre as partículas e o polo de atração).

$$F = M K H dH/dX$$

De acordo com a fórmula, a força magnética pode ser aumentada com o aumento de H , definição dos separadores de

alta intensidade, ou com o aumento de dH/dX , definição dos separadores de alto gradiente (1).

O separador magnético a úmido de alta intensidade apresenta vantagens sobre os demais, devido ao sistema de matrizes e à maior eficiência da separação nas faixas granulométricas finas.

Sua aplicação restringe-se aos minerais paramagnéticos, pois quando se trata de minerais ferromagnéticos, a remoção das partículas presas à matriz é dificultada em virtude da sua alta susceptibilidade magnética.

Controle operacional

Vazão

O controle da vazão, ou seja, velocidade de passagem das partículas minerais através do campo magnético, constitui uma das variáveis operacionais.

Nos separadores a úmido não há grande velocidade das partículas na direção da maior intensidade de campo, devido à resistência oferecida pela água, não havendo formação de cadeia de partículas magnetizadas que arrastam as não magnéticas.

Além do controle da alimentação, em alguns casos, é usado o recurso da reversão na polaridade para minimizar o efeito de adesão (3).

Intensidade de campo

O controle da intensidade de campo permite a separação seletiva das partículas com diferentes valores de susceptibilidade magnética. Com baixa intensidade de campo, separam-se minerais com elevadas susceptibilidade; e com alta intensidade, separam-se os de baixa susceptibilidade (3).

Matrizes ferromagnéticas

A utilização de matrizes ferromagnéticas entre os pólos do eletroímã produz um gradiente.

Tais matrizes têm o objetivo de aumentar o gradiente, produzindo sítios dentro das mesmas, com campo de alta intensidade

A matriz deve ser escolhida de tal modo que melhor se ajuste às características do minério a ser processado, observando-se: gradiente máximo de campo, área superficial de captação por unidade de volume da zona da matriz e capacidade de limpeza da matriz, com retirada das partículas magnéticas de maneira a manter o fluxo contínuo (3).

3. METODOLOGIA

No presente trabalho foi estudado o caulim do Rio Capim, estado do Pará.

Para realização dos estudos de laboratório, foram utilizados os seguintes equipamentos: agitador de laboratório; série de peneiras Tyler; medidor de pH; filtro de bandeja a vácuo; separador magnético tipo BOXIMAG RAPID com matriz de lã de aço; fotômetro ELREPHO da Zeiss com filtro de 457 nm, para medição de alvura (iso); balança de precisão e matriz de lã de aço com diâmetro de 12 μm .

Os reagentes utilizados foram: hexametáfosfato de sódio - grau comercial, BASF; carbonato de sódio - pureza analítica, VETEC; sulfato de alumínio - grau comercial.

Os ensaios de laboratório constaram basicamente, de desagregação, desareamento, separação magnética de alta intensidade, filtragem, secagem e determinação da alvura.

Os experimentos foram iniciados com a dispersão de 1,0 kg de caulim em água, numa percentagem de sólidos em torno de 40%, adição do hexametáfosfato de sódio (2,0 kg/t ROM) como dispersante e carbonato de sódio no ajuste do pH para 6,5. A

polpa é mantida em agitação por 1,5 h a 800 rpm, em célula tipo Denver, sem aeração.

Após a dispersão segue-se o desareamento da polpa através de peneira vibratória com abertura de 44 μm . O material mais grosso - maior que 44 μm e constituído por mica, quartzo, feldspato e óxidos de ferro e titânio - é descartado como rejeito ; o menor que 44 μm segue para a etapa de separação magnética.

No presente trabalho foram selecionadas quatro variáveis para os estudos de separação magnética: vazão de alimentação, intensidade de campo, percentagem de sólidos e o grau de compactação da matriz de lã de aço.

A vazão de alimentação é mantida constante durante a operação: nível máximo de 400 mL/min, ou nível mínimo de 290 mL/min, de acordo com o teste. A intensidade do campo, por sua vez, teve nível máximo de 14 kGs e mínimo de 10 kGs.

Após a passagem pelo separador, o produto não-magnético foi coletado e purificado mais uma vez. Recolheu-se então a polpa separadamente, o campo desligado e em outro recipiente, coleta-se a polpa resultante da lavagem do material magnético preso na matriz de lã de aço.

A variável percentagem de sólidos da polpa de caulim foi testada nos níveis 30% (máximo) e 15% (mínimo).

O produto foi floculado com $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, filtrado e seco em estufa (100°C).

O material seco foi pulverizado, pastilhado e submetido à leitura de alvura no fotômetro ELREPHO da Zeiss.

Para estudar o efeito das variáveis consideradas mais importantes na separação magnética, foi feito um planejamento fatorial de quatro variáveis e dois níveis ($4^2 = 16$ ensaios), a partir de ensaios exploratórios. A resposta de cada ensaio, feito em duplicata, foi obtida medindo-se a alvura (ISO) do produto

depois da separação magnética. Os dados foram tratados através do algoritmo de Yates, analisando-se a significância das variáveis, a um grau de confiança de 95%, com a aplicação do teste de Student.

Na Tabela 1 está apresentado o programa de separação magnética do caulim do Rio Capim, utilizando-se planejamento fatorial de quatro variáveis e dois níveis.

Tabela 1 - Programa dos experimentos com o caulim do Rio Capim

Ensaio	Variável	a	b	c	d
1	(1)	10	15	290	0,108
2	a	14	15	290	0,108
3	b	10	30	290	0,108
4	ab	14	30	290	0,108
5	c	10	15	400	0,108
6	ac	14	15	400	0,108
7	bc	10	30	400	0,108
8	abc	14	30	400	0,108
9	d	10	15	290	0,220
10	ad	14	15	290	0,220
11	bd	10	30	290	0,220
12	abd	14	30	290	0,220
13	cd	10	15	400	0,220
14	acd	14	15	400	0,220
15	bcd	10	30	400	0,220
16	abcd	14	30	400	0,220

a - campo magnético (kGs): 10 e 14;

b - % de sólidos em peso: 15 e 30;

c - vazão (mL/min): 290 e 400;

d - densidade da lã de aço (g/cm^3): 0,108 e 0,220.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Tabela 2 - Resultado estatístico dos experimentos com o caulim do Rio Capim

Ensaio	Alvura A1	Alvura A2	Efeito	Desvio Médio	Significância
1	83,9	83,9	T	168,26	-
2	84,2	84,1	A	0,037	N
3	83,3	83,5	B	-0,21	S
4	83,4	83,6	AB	-0,09	S
5	83,7	83,7	C	-0,53	S
6	83,2	83,1	AC	-0,32	S
7	83,4	83,5	BC	0,18	S
8	83,9	83,7	ABC	0,075	N
9	84,7	84,8	D	1,02	S
10	85,6	85,5	AD	0,00	N
11	84,8	84,8	BD	-0,03	N
12	85,1	85,1	ABD	-0,28	S
13	84,4	84,3	CD	-0,31	S
14	84,3	84,4	ACD	-0,19	S
15	84,5	84,6	BCD	-0,21	S
16	83,6	83,6	ABCD	-0,19	S

Interpretação estatística do efeito das variáveis significativas.

A partir dos dados constantes na Tabela 2, foi feita uma interpretação estatística e física do efeito das variáveis significativas:

B - Se a percentagem de sólidos aumenta de 15 para 30%, a alvura do produto sofre uma queda de 0,21%.

AB - Se além de elevar a % de sólidos de 15 para 30% aumenta também o campo de 10 para 14 kGs, a alvura sofre uma queda de 0,09%.

C - Aumentando-se a vazão de 290 para 400 mL/min, a alvura reduz de 0,53%.

AC - Aumentando-se o campo e a vazão ao mesmo tempo, a alvura é prejudicada em 0,32%, caracterizando sinergismo desfavorável ao processo.

BC - Mas aumentando-se a vazão simultaneamente com a % de sólidos, a alvura é aumentada em 0,18% - sinergismo favorável.

D - Aumentando-se a densidade da lã de aço, a alvura se eleva em 1,02%.

ABD - A elevação simultânea do campo e da % de sólidos com a densidade da lã, promove uma queda na alvura de 0,28% - sinergismo desfavorável.

CD - Se aumentar a vazão juntamente com a densidade da lã, a alvura é prejudicada em 0,31%.

ACD - Se, além da vazão e da densidade da lã, agora aumentar o campo, a alvura é prejudicada em 0,19% - sinergismo desfavorável.

BCD - Agora aumentando a vazão e a densidade da lã juntamente com a % de sólidos, a alvura cai 0,21%, caracterizando sinergismo desfavorável.

ABCD - Elevando-se dos níveis mínimos aos níveis máximos todas as quatro variáveis, a alvura cai 0,19% - sinergismo ruim.

Interpretação física do efeito das variáveis significativas:

B - Aumentando a % de sólidos resulta no aumento de massa de caulim, ou seja, aumenta o número de partículas a passarem ao mesmo tempo pelo campo, podendo acarretar um arraste de material magnético junto com o não-magnético, prejudicando a alvura em 0,21%.

AB - Como o campo não teve influência, a situação é similar ao caso anterior.

C - O aumento da vazão pode provocar um arraste do material magnético preso na matriz, prejudicando a alvura do produto.

AC - Como o aumento do campo não se mostrou significativo, a situação é similar a anterior.

BC - Os efeitos da % de sólidos e da vazão foram desfavoráveis, quando analisados isoladamente, porém quando aumentados simultaneamente houve um ganho de alvura. Não é possível interpretar, pois esperava-se que maior vazão com menor tempo de contato do material com a matriz e maior % de sólidos, a separação magnética fosse prejudicada.

D - O aumento da densidade de empacotamento da matriz aumenta o gradiente, produzindo sítios dentro da mesma, para uma mesma intensidade de campo magnético, favorecendo o processo de separação magnética, elevando a alvura do produto em 1,02%.

ABD - O aumento do gradiente causado pelo aumento no empacotamento da matriz não foi capaz de anular os efeitos adversos causados pelo arraste, quando se aumenta a % de sólidos. A alvura cai em 0,28%.

CD - Mesmo com o aumento favorável da densidade da matriz, o efeito negativo do aumento da vazão é maior e a alvura cai em 0,31%.

ACD - O campo magnético não teve influência e nesse caso pode ser comparado ao anterior, ou seja, o aumento favorável da densidade da matriz não foi suficiente para compensar o efeito negativo do aumento de vazão, portanto, a alvura cai de 0,19%.

BCD - O aumento da vazão e da % de sólidos aumenta a velocidade e o número de partículas na passagem pela matriz,

que não é compensada com o aumento da densidade da lâ, prejudicando a alvura em 0,21%.

ABCD - As condições negativas criadas pelo aumento de vazão e % de sólidos, provocando arraste das partículas magnéticas presas na matriz, não são compensadas com as condições favoráveis do aumento do gradiente do campo e o aumento do grau de empacotamento da matriz. Nesse caso cai a alvura do produto em 0,19%.

5. CONCLUSÃO

Os estudos de separação magnética permitiram concluir que, das variáveis estudadas, a vazão de alimentação, % de sólidos e densidade da matriz se mostraram como as mais influentes, no processo.

BIBLIOGRAFIA

1. SOBRINHO, J.; OLIVEIRA, R.; FILHO, L.; Purificação de caulins por separação magnética. In: *Anais de II Encontro do Hemisfério Sul sobre Tecnologia mineral e do XII Encontro Nacional de tratamento de minérios e hidrometalurgia*. Rio de Janeiro, 1987, p 180-196.
2. ERROL, G. K.; SPOTTISWOOD, D. J.; In: *Introduction to Mineral Processing*. New York: John Wiley e Sons, 1982, p 274-282.
3. SAMPAIO, J. A.; Separação magnética e eletrostática. In: LUZ, A. B.; COSTA, L.; POSSA, M.(ed). *Tratamento de Minérios*. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1995, p.600p, p332-361.
4. BRONKALA, J. WILLIAM. Magnetic separation. In: MULLAR, A. L.; BHAPPU, R. B.(ed). *Mineral Processing Plant Design*. Society of Mining Engineers, 1980. 946p. p. 467- 478.
5. PRASAD, M. S.; REID, K. J.; MURRAY, H. H.; Kaolin processing, properties and applications. In: *Applied Clay Science*, 6, 1991, p.87-119.
6. MURRAY, H. H. World Kaolins - diverse quality needs permit different resource types. In: *Industrial International Congress*, 8, Boston, p. 127-130.

PAINEL 3

Alveamento de Caulim do Rio Capim

Renata Claudia Bandeira Pereira
Bolsista de Inic. Científica, Eng^a Química, UERJ

Lauro Santos Norbert Costa
Orientador, Eng^o Metalúrgico, M.Sc.

1. INTRODUÇÃO

O caulim é uma rocha de granulometria fina, geralmente de cor branca, cujas características físico-químicas principais são : a boa inércia química; a maciez e não-abrasividade; a baixa condutividade térmica e elétrica e o bom poder de carga e cobertura. Tais características os tornam bastante singulares e, portanto, utilizáveis em uma gama enorme de processos industriais como na produção de papel, tintas, catalisadores, fármacos, cerâmicas, borrachas, plásticos, fibra de vidro etc. (1, 2, 3)

Para o caulim do Rio Capim, as impurezas mais prejudiciais à sua alvura estão associadas à presença de minerais de magnetita, rutilo, anatásio, ilmenita e mica. A presença desses minerais pode ser determinante sobre o destino final ao qual o caulim se presta; irão determinar não só a rota de beneficiamento a ser aplicada, mas também qual será o destino desse caulim. Assim, quando se destinam às indústrias de papel, por exemplo, os caulins utilizados como cobertura devem apresentar valores elevados de alvura - de 86 a 90% ISO; já para o uso como carga, a alvura fica entre 80 e 85% ISO.(4)