

# ESTUDOS DE ROTAS DE BENEFICIAMENTO DA NEFELINA-SIENITO PARA APLICAÇÃO COMO FUNDENTE NA MASSA CERÂMICA DO PORCELANATO <sup>1</sup>

Sydney Sabedot<sup>2</sup>  
Alexandre Ritter Volkmann<sup>3</sup>  
Carlos Hoffmann Sampaio<sup>4</sup>

## Resumo

Esta pesquisa consistiu de caracterização mineralógica e aplicação de processos de tratamento mineral em rocha nefelina-sienito, para se definir uma rota de beneficiamento técnica e economicamente viável à produção de matéria-prima usada como fundente na indústria cerâmica, para a fabricação de piso cerâmico de alto valor agregado (grês-porcelanato), a qual deverá apresentar teor de  $Fe_2O_3 \leq 0,65\%$ . Em lâminas delgadas da rocha identificaram-se feldspatos alcalinos e feldspatóides como minerais essenciais, além de piroxênios, anfibólios e outros minerais acessórios. Essa paragênese e as texturas associadas indicaram que a classificação petrográfica da rocha é aegirina-nefelina-microsienito. O grau de liberação dos minerais foi avaliado em processo de afunda-flutua em líquido denso. A seletividade não foi boa no processo, mas os resultados indicaram que ela tende a aumentar com a diminuição da faixa granulométrica, assim como o grau de liberação dos minerais pesados. Amostras cominuídas e peneiradas foram submetidas à separação magnética a seco e à flotação associada com separação magnética a úmido. Foram as rotas escolhidas para se obter a matéria-prima desejada. A rota identificada como técnica e economicamente viável foi a separação magnética a seco, que gerou produtos com teores de  $Fe_2O_3$  adequados ao porcelanato, na faixa granulométrica -1,0 +0,15 mm.

**Palavras-chave:** Nefelina-sienito; Porcelanato; tecnologia mineral.

---

<sup>1</sup> 60° Congresso Anual da ABM, 25 a 28 de julho de 2005, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> Professor e pesquisador do UNILASALLE.

<sup>3</sup> Gerente de mina da Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.

<sup>4</sup> Professor adjunto do Departamento de Metalurgia da UFRGS.

## 1 INTRODUÇÃO

A empresa Mineração e Pesquisa Brasileira Limitada opera em áreas de ocorrência das rochas fonolito e nefelina-sienito no município de Lages, no Planalto Serrano de Santa Catarina, extraindo e beneficiando matéria-prima fundente para os segmentos cerâmico, vidreiro, siderúrgico e químico, entre outros.

As rochas, ricas em álcalis, possuem minerais que contêm ferro em suas estruturas. Caracterizados como contaminantes das matérias-primas processadas, interferem desfavoravelmente na cor e no valor comercial do produto final. Assim, a rocha extraída pela empresa não pode ser comercializada *in natura*, exigindo uma rota de processamento para eliminar ou diminuir a quantidade daqueles minerais.

Neste estudo, os objetivos foram a caracterização mineralógica e o desenvolvimento de rotas de beneficiamento da nefelina-sienito, que pudessem viabilizar técnica e economicamente a remoção de minerais contaminantes da rocha e a produção de uma matéria-prima fundente adequada para a indústria cerâmica de revestimentos nobres, tipo porcelanato.

## 2 O ESTADO DA ARTE

A rocha nefelina-sienito, objeto deste estudo, pertence ao Complexo Alcalino de Lages, que constitui uma série de intrusões alcalinas irregulares e forma uma região dômica com cerca de 30 km de diâmetro, onde as unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná estão afetadas. Os aspectos morfoestruturais, associados ao sistema anelar de falhamentos, indicam um levantamento dômico pré-Botucatu e atividade vulcânica principal pós-Botucatu (ARRUDA, 1966).

A empresa opera a Jazida do Tributo, na borda sul do Domo Alcalino de Lages, que corresponde a matacões e seixos rolados de rochas alcalinas, imersos em solo areno-argiloso derivado da alteração destas. Em amostra de mão, a rocha, de cor cinza, apresenta textura porfirítica formada por fenocristais de feldspatos, feldspatóides e minerais ferromagnesianos distribuídos em matriz fina (Figura 1). Externamente, apresenta uma fina capa de alteração, de dimensões milimétricas, de cor branca, constituída por caulinita.



Figura 1. Textura porfirítica da rocha nefelina-sienito.

O processo mais comum para a separação dos minerais de ferro de rochas feldspáticas é a separação magnética (WILLIANSO, 1980). Minerais escuros, como a magnetita, biotita, hornblenda, aegirina, pirita e turmalina são removidos. Se a operação não remove esses minerais com eficácia, melhoramento adicional pode ser obtido por processo de flotação.

Nos processos cerâmicos, os feldspatos o fonolito e a nefelina-sienito atuam como fundentes, auxiliando na formação da fase vítrea, tanto na massa cerâmica

(biscoito), como no acabamento (vitrificação superficial). Também auxiliam na formação do biscoito através de uma fusão parcial e posterior vitrificação, cimentando, assim, os componentes mais refratários e os constituintes maiores parcialmente fundidos, numa massa cerâmica única endurecida (MOREIRA, 1984).

O porcelanato é um tipo importante de placa cerâmica para revestimento, devido às ótimas propriedades técnicas (baixa absorção de água, alta resistência mecânica e à abrasão e ótima resistência química ao gelo) e sua semelhança com as rochas naturais. Surgiu na Itália na década de 70, e na década de 90 sua produção cresceu acentuadamente, quando passou a ser fabricado em ciclo rápido de queima (MOTTA, 2000).

### **3 METODOLOGIA**

Caracterização mineralógica e ensaios de beneficiamento foram os estudos realizados em amostras da rocha retiradas da frente de lavra.

#### **3.1 Caracterização Mineralógica**

Fragmentos da rocha são enviados ao Instituto de Geociências, da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), que realizou microscopia óptica em lâminas delgadas da rocha.

#### **3.2 Ensaios de Beneficiamento**

Os ensaios de beneficiamento foram divididos em três etapas: afunda-flutua com líquido denso, separação magnética a seco e flotação associada com separação magnética a úmido.

##### **3.2.1 Afunda-flutua com líquido denso**

Uma amostra ROM (*run-of-mine*) da frente de lavra foi enviada ao LAPROM (Laboratório de Processamento Mineral), da UFRGS, que providenciou a cominuição (< 3,0 mm) da mesma em um moinho de rolos, de laboratório. A massa resultante foi peneirada nas malhas 2,0 mm, 1,4 mm, 1,0 mm, 0,6 mm, 0,25 mm e 0,15 mm. As frações granulométricas (exceto +2,0 mm e -0,15 mm) foram submetidas a ensaios de afunda-flutua com bromofórmio. A operação resultou em duas frações minerais (leves e pesados), que foram enviadas ao laboratório da empresa Lakefield Geosol Ltda., para as análises químicas dos óxidos, por fluorescência de raios x.

##### **3.2.2 Separação magnética a seco**

Outra amostra da frente de lavra foi inicialmente cominuída (< 3,0 mm) em um moinho de rolos, industrial. A massa resultante foi peneirada nas mesmas malhas anteriormente citadas. As frações granulométricas (exceto +2,0 mm e -0,15 mm) foram processadas em um separador magnético ReRoll (terras raras) de rolo simples, marca Improsys, com um campo magnético próximo a 20.000 Gauss. O produto não-magnético de cada fração foi repassado no equipamento. Estas operações foram realizadas na empresa Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda. Amostras do produto não-magnético dos repasses também foram analisadas no laboratório da Lakefield Geosol Ltda.

### 3.2.3 Flotação associada com separação magnética a úmido

Nova amostra ROM foi cominuída (< 3,0 mm) em um moinho de rolos, industrial. A massa resultante foi quarteada em duas alíquotas: a alíquota 1 foi peneirada em malha 0,25 mm; a alíquota 2 em malha 0,15 mm. Por questões econômicas e operacionais de interesse da empresa, os ensaios foram realizados na fração -0,25 mm da alíquota 1 e -0,15 mm da alíquota 2. Cada fração foi quarteada em três subalíquotas: uma para os ensaios de flotação, outra para os ensaios de separação magnética a úmido e outra para as análises químicas.

A flotação foi operada em uma célula Denver, de bancada, modelo D12, usando-se oleato de sódio como coletor e óleo de pinho como espumante, em polpa a 25% de sólidos. Na operação, a subalíquota passou por um circuito *rougher*; o concentrado deste passou por um circuito *scavenger*. Uma amostra do concentrado do circuito *scavenger* foi processada no separador magnético a úmido, para se comparar resultados obtidos entre amostras processadas neste equipamento, com e sem flotação prévia.

Para a separação magnética a úmido, utilizou-se um separador eletromagnético de alta intensidade, marca Imbrás-Eriez, operado com intensidade magnética em torno de 20.000 Gauss (*gap* fechado), de cânister fixo e preenchido com tela expandida de dimensões 1 mm x 1 mm.

Os ensaios foram realizados no LAPROM. Os produtos e subprodutos derivados, nos dois processos, foram analisados na Lakefield Geosol Ltda.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização Mineralógica

Na microscopia óptica, as lâminas delgadas indicaram uma condição predominantemente inequigranular, decorrente de variações abruptas nas dimensões dos grãos da matriz e dos megacristais de minerais máficos.

A mineralogia essencial é constituída por feldspato alcalino e feldspatóide, sendo os máficos piroxênio alcalino, anfibólio alcalino e biotita associados a uma mineralogia acessória com zircão, apatita, titanita e minerais opacos. A Tabela 1 mostra a composição mineralógica média das amostras de rocha analisadas.

**Tabela 1.** Composição mineralógica da rocha analisada.

Mineral	%
Feldspato alcalino	43
Feldspatóide	32
Piroxênio	14
Anfibólio	1
Zircão + Apatita + Opacos	2
Cancrianita	7
Argilominerais	1
Zéolita	<<1

O feldspato alcalino ocorre restrito à matriz, nas formas subédrica a euédrica com um hábito tabular alongado e dimensões da ordem de 0,1 a 0,6 mm.

O feldspatóide ocorre restrito à matriz como nefelina e mais raramente noseana. A nefelina possui forma predominantemente subédrica, com tamanho médio de 0,2 mm.

O clinopiroxênio ocorre predominantemente na forma de megacristais subédricos com dimensões que variam de 6 mm a 1 cm. Quando na condição de constituinte da matriz possui formas subédricas a euédricas com dimensão média de 1,2 mm. Os grãos possuem pleocroísmo com  $n_p$  = verde-esmeralda,  $n_m$  = verde e  $n_g$  = castanho-amarelado, ângulo de extinção de  $4^\circ$ : Z e um 2V médio a grande, negativo, que permite identificá-los como do grupo dos piroxênios alcalinos, provavelmente aegirina.

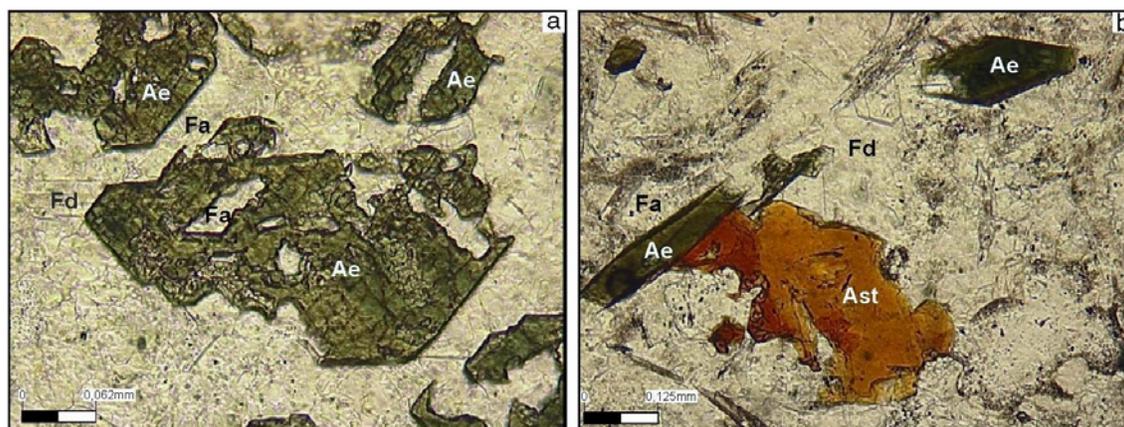
O anfibólio ocorre na matriz como grãos anédricos de astrofilita com pleocroísmo de tons vermelho-amarelados. E como produto da transformação do clinopiroxênio ao longo das clivagens e das bordas dos grãos.

Os minerais opacos ocorrem como massas microgranulares, produto da transformação das fases máficas.

A apatita ocorre como diminutos grãos euédricos, com seções basais hexagonais típicas e laterais tabulares alongadas, em geral inclusa em clinopiroxênio. O zircão é uma fase tardia e ocorre como grãos anédricos ou com hábito prismático alongado, sendo comum irregularidades internas decorrentes, provavelmente, da metamitização.

O material de baixa temperatura está representado por zeólitas, que cristalizam em raras cavidades mirolíticas.

As características mineralógicas e texturais da rocha analisada permitem identificá-la como uma aegirina-nefelina-microsienito. A Figura 2 mostra fotomicrografias de lâminas delgadas da rocha.



**Figura 2.** Fotomicrografias da nefelina-sienito em luz natural. Em **a** são mostrados feldspatos alcalinos (Fa), feldspatóides (Fd) e seções basais de aegirina (Ae). Em **b**, além dos citados minerais, também aparece um grão anédrico de astrofilita (Ast) em contato reto com a aegirina.

## 4.2 Ensaios de Beneficiamento

### 4.2.1 Afunda-flutua com líquido denso

A Tabela 2 mostra a distribuição granulométrica do material cominuído, o balanço de massas e os resultados da análise química de  $Fe_2O_3$  para as frações de minerais leves e pesados dos ensaios de afunda-flutua.

### 4.2.2 Separação magnética a seco

A Tabela 3 mostra a distribuição granulométrica do material cominuído, o balanço de massas e os resultados da análise química de  $Fe_2O_3$  para os produtos não-magnético, considerando o passe e o repasse no equipamento.

### 4.2.3 Flotação associada com separação magnética a úmido

A Tabela 4 mostra os resultados dos ensaios de flotação nas alíquotas 0,25 mm e 0,15 mm, e os respectivos teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A Tabela 5 mostra os resultados dos ensaios de separação magnética a úmido nas alíquotas 0,25 mm e 0,15 mm, submetidas, ou não, ao processo de flotação, e os teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> correspondentes.

**Tabela 2.** Resultados dos ensaios de afunda-flutua com o uso de bromofórmio.

Amostra	Massa (%)	Massa (%)			
		Afunda-flutua			
		Leves		Pesados	
			% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
+2,0 mm	0,1	-	-	-	-
-2,0 +1,4 mm	16,0	15,96	2,1	0,04	-
-1,4 +1,0 mm	14,1	13,89	1,9	0,21	11,2
-1,0 +0,6 mm	14,9	14,47	1,6	0,43	12,4
-0,6 +0,25 mm	16,9	15,89	1,2	1,01	14,2
-0,25 +0,15 mm	7,0	6,65	1,4	0,35	16,7
-0,15 mm	31,0	-	-	-	-
ROM → Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 1,9%					

**Tabela 3.** Resultados dos ensaios de separação magnética a seco.

Amostra	Massa (%)	Massa (%)							
		Passe							
		mag	misto	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	não-mag				
					Repasse			% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
mag		misto		não-mag					
-2,0 +1,4 mm	23,8	2,5	1,8	19,5	0,85	0,1	0,5	18,9	0,75
-1,4 +1,0 mm	25,7	3,9	2,1	19,7	0,75	0,2	0,6	18,9	0,69
-1,0 +0,6 mm	23,2	4,0	1,6	17,6	0,64	0,1	0,5	17,0	0,6
-0,6 +0,25 mm	5,0	1,1	0,7	3,2	0,57	0,1	0,2	2,9	0,54
-0,25 +0,15 mm	11,9	3,1	2,4	6,4	0,62	0,1	0,5	5,8	0,55
-0,15 mm	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabela 4.** Resultados dos ensaios de flotação nas alíquotas 0,25 mm e 0,15 mm.

Amostra	Fração	Flotação				Massa (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
0,25 mm	+0,25 mm					19,6	-
	-0,25 mm					80,4	2,2
		rougher	flotado			4,1	10,2
			concentrado			76,3	1,8
	scavenger	flotado			18,2	5,1	
concentrado			58,1	0,71			
0,15 mm	+0,15 mm					48,4	-
	-0,15 mm					51,6	2,2
		rougher	flotado			6,1	9,9
			concentrado			45,5	1,0
	scavenger	flotado			4,1	6,3	
concentrado			41,4	0,85			

**Tabela 5.** Resultados dos ensaios de separação magnética a úmido.

Fração	Flotação	Massa (%)			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	
		Original	Separação magnética a úmido			
-0,25 mm	sim	58,1 <sup>(1)</sup>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	mag	25,3	1,0
			0,71	não-mag	32,8	0,51
	não	80,4 <sup>(2)</sup>	2,2	mag	34,7	4,0
				não-mag	45,7	0,86
-0,15 mm	sim	41,4 <sup>(3)</sup>	0,85	mag	18,6	1,0
				não-mag	22,8	0,43
	não	51,6 <sup>(4)</sup>	2,2	mag	22,2	3,5
				não-mag	29,4	1,0

<sup>(1)</sup> Valor do concentrado do circuito scavenger da flotação (-0,25 mm), indicado na Tabela 4.

<sup>(2)</sup> Valor da fração -0,25 mm, indicado na Tabela 4.

<sup>(3)</sup> Valor do concentrado do circuito scavenger da flotação (-0,15 mm), indicado na Tabela 4.

<sup>(4)</sup> Valor da fração -0,15 mm, indicado na Tabela 4.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 Caracterização Mineralógica

Texturalmente, a rocha aegirina-nefelina-microsienito é compatível com uma condição hipabissal, tendo-se originado a partir de um sistema subsaturado em sílica, com conteúdos molares de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> inferiores a Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O, que determinaram uma condição peralcalina e a estabilização de minerais máficos alcalinos. Magmas com estas características são comuns em ambientes continentais anorogênicos.

Ainda que a rocha tenha sido petrograficamente caracterizada neste estudo, o termo nefelina-sienito está sendo utilizado neste texto, porque o mesmo já está consagrado pelo mercado consumidor, que identifica, no nome, uma matéria-prima de características próprias.

As lâminas delgadas mostram que os minerais essenciais feldspato alcalino e feldspatóide e o acessório piroxênio ocupam cerca de 90% da rocha. A granulometria grossa é uma característica favorável tanto para a liberação de minerais máficos na moagem, como para a remoção deles na separação magnética a seco.

### 5.2 Ensaios de Beneficiamento

#### 5.2.1 Afunda-flutua com líquido denso

Os resultados da Tabela 2 mostram que a maior massa de minerais pesados está na fração -0,6 +0,25 mm, a qual concentra, também, a maior massa de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Os dados ainda indicam que não é boa a seletividade entre máficos (pesados) e félsicos (leves) com o uso do bromofórmio. A causa provável é a baixa diferença entre os valores de densidades dos dois tipos de minerais. Entretanto, identifica-se que a seletividade e a liberação dos pesados aumentam com a diminuição da faixa granulométrica. Mas, no geral, pode-se concluir que a liberação dos pesados não é eficaz, mesmo na fração mais fina (-0,25 +0,15 mm), o que certamente limitará a eficiência na separação magnética a seco.

### 5.2.2 Separação magnética a seco

Conforme os resultados da Tabela 3, com a diminuição da faixa granulométrica ocorre:

- diminuição da recuperação mássica do produto não-magnético;
- aumento de perda mássica no repasse;
- diminuição do teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no produto não-magnético;
- diminuição da diferença de massa entre o passe e o repasse, exceto na faixa -0,25 +0,15 mm.

Na faixa -0,25 +0,15 mm há um aumento no teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no produto não-magnético em relação à faixa anterior, contrariando a tendência observada nos resultados dos ensaios de afunda-flutua, com a diminuição da faixa granulométrica. A provável causa é a ineficiência do peneiramento mecânico na separação de finos (< 0,25 mm), que tendem a aderir às partículas maiores e a sofrer arraste mecânico para os produtos misto e magnético.

Os dados da Tabela 3 também indicam que o repasse é importante nas frações mais grossas (-2,0 +1,0 mm). Nas demais, a diferença entre os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  é pequena.

Considerando que o teor máximo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  aceitável para uso na indústria de porcelanato é 0,65%, a faixa definida para operação industrial é -1,0 +0,15 mm, e com apenas um passe.

### 5.2.3 Flotação associada com separação magnética a úmido

Na Tabela 4, os dados mostram que na fração -0,25 mm há boa seletividade (10,2% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no flotado) no estágio *rougher* da flotação, mas pequena redução do teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que de 2,2% na massa original baixa para 1,8% no concentrado. No estágio *scavenger* ocorre o inverso, isto é, baixa seletividade (5,1% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no flotado) e acentuada redução no teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que de 1,8% passa para 0,71% no concentrado. Os dados da fração -0,15 mm da mesma tabela mostram que também há boa seletividade (9,9% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no flotado) no estágio *rougher* da flotação neste material, mas ocorre uma redução acentuada no teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que de 2,2% passa para 1,0% no concentrado. No estágio *scavenger* a seletividade diminui e a redução no teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  do concentrado não é tão acentuada, passando de 1,0% para apenas 0,85%. Como o objetivo é obter um produto com teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  menor que 0,65%, a fração -0,25 mm é a que mais se aproxima deste valor.

A Tabela 5 indica que a separação magnética a úmido, nas duas frações, remove uma parcela considerável de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , estando a massa original previamente submetida à flotação, ou não. Comparativamente, os teores dos produtos não-magnéticos finais são mais favoráveis aos materiais previamente flotados. Porém, a seletividade do processo é baixa, considerando que a recuperação mássica dos produtos finais (não-mag) varia entre 55% e 57% nos quatro materiais.

A flotação associada com separação magnética a úmido não é economicamente viável para a produção da matéria-prima desejada (para uso no porcelanato), devido às baixas recuperações finais. Por um lado, os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nas duas frações ficam acima do limite (0,65%) nas operações sem flotação prévia. Por outro, a flotação associada resulta em teores inferiores àquele limite, porém, às custas de uma baixa recuperação mássica. Essa performance poderia viabilizar o uso da matéria-prima final na linha de esmaltes, de maior valor agregado. Para isso, seria necessário otimizar um pouco mais a remoção do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , cujo teor, para uso em esmaltes, deve estar em torno de 0,35%.

## 6 CONSIDERAÇÕES DE NATUREZA ECONÔMICO-OPERACIONAL

Para o segmento da indústria cerâmica, as matérias-primas fundentes para a produção de porcelanato e esmalte submetem-se à exigência de cor, a qual depende do teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  da matéria-prima. Para o porcelanato, são aceitáveis teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0,65\%$ ; para o esmalte, os teores devem ser  $\leq 0,35\%$ . Como os processos desenvolvidos neste estudo não possibilitaram teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  compatíveis para uso em esmalte, a rocha nefelina-sienito em questão poderá ser processada para gerar matéria-prima adequada ao porcelanato.

Os resultados dos estudos mostraram que a separação magnética a seco é o processo apropriado à geração da matéria-prima, porque além de ser o de menor custo de investimento, de instalação e de operação, dispensa o uso de água e, por consequência, os custos de secagem da matéria-prima, e permite a melhor recuperação mássica do minério beneficiado, se comparado aos demais processos desenvolvidos neste estudo.

Quanto à faixa granulométrica operacional, ainda que a fração  $-0,25 +0,15$  mm apresenta teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Tabela 3) compatível para uso em porcelanato, projeta-se uma faixa operacional de moagem para a nefelina-sienito entre  $-1,0 +0,25$  mm, considerando-se dois aspectos: primeiro, para se obter melhor rendimento no peneiramento; segundo, porque a empresa já comercializa um produto com granulometria  $-0,25$  mm. Destaca-se que os subprodutos da separação magnética poderão ser incorporados à matéria-prima *Fonolito Fundex 18*, produzida pela empresa, o que resultará no aproveitamento total da nefelina-sienito processada.

## 7 CONCLUSÕES

- A classificação petrográfica da rocha estudada é aegirina-nefelina-microsienito.
- Os ensaios de afunda-flutua mostraram seletividade maior e crescente aumento do grau de liberação dos minerais portadores de ferro, com a diminuição das frações granulométricas.
- A separação magnética a seco, em material de diferentes faixas granulométricas, gerou produtos não-magnéticos na faixa  $-1,0 +0,15$  mm, cujos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  são considerados aceitáveis para a indústria do porcelanato.
- Os resultados dos ensaios de flotação nas frações finas ( $-0,25$  mm e  $-0,15$  mm) indicaram que os circuitos *rougher* e *scavenger*, principalmente este último, são importantes para a redução dos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , notadamente na fração  $-0,25$  mm. Mas apenas com a flotação, os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ficaram superiores ao limite ( $0,65\%$ ) aceitável para a indústria de porcelanato. O processo precisa ser otimizado associando-o a outro.
- A otimização foi tentada com a separação magnética a úmido. Os teores dos produtos não-magnético dos concentrados *scavenger*, nas duas frações, ficaram abaixo daquele limite. Porém, a seletividade no processo não foi boa, porque as recuperações foram muito baixas, inviabilizando a rota flotação associada com separação magnética a úmido. Este último processo, sem flotação, gerou produtos não-magnéticos com teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  superiores ao limite aceitável para o porcelanato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ARRUDA, F. **Relatório de pesquisa**. Interno, da empresa Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda., Criciúma, SC, 1966.
- 2 MOREIRA, M.D. Aplicações dos Minerais e Rochas Industriais. Salvador: **Sociedade Brasileira de Geologia**, 1984.
- 3 MOTTA, J.F.M. O Brasil e as Matérias-primas para o Grês Porcelanato, **Revista Pólo Cerâmico**, julho, 2000.
- 4 WILLIAMSON, W.O. Feldspathic or Feldspathoidal Fluxes and their Beneficiation. Ceramic Monograph 1.2.3 – **Handbook of Ceramics**. Alemanha, 1980.

# STUDIES OF NEPHELINE-SYENITE BENEFICIATION ROUTES FOR APPLICATION AS FLUXING AGENT IN THE *PORCELANATO* CERAMIC MASS <sup>5</sup>

Sydney Sabedot <sup>6</sup>  
Alexandre Ritter Volkmann <sup>7</sup>  
Carlos Hoffmann Sampaio <sup>8</sup>

## Abstract

This research consisted of mineralogical characterization and application of mineral treatment processes of a nepheline-syenite rock. The purpose of this work is to define an improvement route technical and economically viable to get a product that can be used as a fluxing agent raw material to the ceramic industry, especially in the manufacture of a high quality coating for ceramic tiles, called *grês-porcelanato*. This product should have  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content  $\leq 0,65\%$ . Viewed under a optical microscope, the rock has alkaline feldspars and feldspathoids as essential minerals, besides pyroxenes, amphibolies and other accessory minerals. Both mineralogical association and textures indicated that the rock is an aegirine-nepheline-microsyenite. The mineral liberation degree was evaluated in the floats and sink process with dense liquid. In this process, the selectivity was not good, but the results indicated that it tends to increase with the grains sizes decrease, as well as the liberation degree of the heavy minerals. After that, evaluating purification processes using dry and wet magnetic separation and flotation techniques, was carried out in milled and sized samples. These processes were the chosen routes to obtain the wanted raw material. The route identified as technique and economically viable it was the dry magnetic separation, that it generated products with  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content appropriate to the *porcelanato*, in the -1,0 to +0,15 mm grain size range.

**Key-words:** Nepheline-syenite; *Porcelanato*; Mineral technology.

---

<sup>5</sup> 60° Annual Congress of ABM, July 25-28, 2005, Belo Horizonte, MG.

<sup>6</sup> Teacher and researcher, UNILASALLE.

<sup>7</sup> Mine's Manager, Mineração e Pesquisa Brasileira Ltda.

<sup>8</sup> Professor of the Department of Metallurgy, UFRGS.