

CONCENTRAÇÃO DE FELDSPATOS ORIUNDOS DE RESÍDUOS DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS E SUA APLICAÇÃO EM CERÂMICOS

Leandro M. Morani, Roberto Carlos da C. Ribeiro & Regina Coeli C. Carrisso

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Av. Pedro Calmon, Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, CEP 21941-908.
E-mail: rcarlos@cetem.gov.br

RESUMO

O corte de blocos de rochas ornamentais gera um resíduo fino, na forma de polpa que ocasiona problemas ambientais, assoreamento e contaminação de rios, em função do seu descarte. Porém é rico em minerais como o quartzo, o feldspato e a mica, que podem ser utilizados em diferentes setores da indústria, como, por exemplo, a de vidros e cerâmicas. Baseado nisso, o objetivo deste trabalho foi a concentração do feldspato presente no resíduo pelo processo de flotação, visando a obtenção de um produto com características para atender a indústria cerâmica.

Para este estudo, foram recolhidos resíduos oriundos do corte de blocos de mármore e granitos de serrarias do município de Cachoeiro de Itapemirim. Nos ensaios de caracterização, observou-se que cerca de 50% do ferro (Fe_2O_3) presente na amostra ficou retido na peneira de 0,053 mm. Os resultados indicaram a possibilidade de retirada do ferro, oriundo da granalha, insumo utilizado no corte dos blocos, somente por meio de peneiramento, com retenção de mais de 50% do Fe_2O_3 presente nas peneiras com granulometria superior a 0,053 mm.

Conclui-se que o produto obtido no processo de concentração apresentou potencialidade de utilização em compostos cerâmicos. O feldspato concentrado deve ser agregado a uma argila, produzindo corpos de prova cerâmicos posteriormente submetidos a ensaios de resistência mecânica, retração linear, resistência a intemperismos e absorção d'água, cujos resultados indicarão a proporção ideal da areia feldspática que atendam as normas estabelecidas pela ABNT, as especificações do setor cerâmico.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos de rochas ornamentais; feldspatos; flotação; cerâmica.

ABSTRACT

The cut of ornamental stones blocks generates a thin residue, in the form of a pulp, which may cause several environmental problems, river siltation and contamination because of its leavings, among others, however, is rich in minerals like quartz, feldspar and mica, which can be used by different industry sectors, for example, ceramics and glass. Based on this, the objective of this paper was the concentration of the feldspar present in the residue by the process of flotation, with the objective of obtaining a product with ideal properties to attend the ceramic industry.

Residues arising from the cut of both marble and granite blocks were collected in sawmills at Cachoeiro de Itapemirim City, Brazil, for the present study. In characterization tests, it was possible to observe that about 50% of the iron (Fe_2O_3) present in the sample was withheld in the 0.053mm sieve. The results indicate the possibility of removing the iron, present in the iron granules used on the cutting process, only by means of sieving, retaining over 50% of the Fe_2O_3 present in the global sample on larger sieves (grain size over 0,053 mm).

It is possible to conclude that the feldspar removed on these residues shows potential for applications in ceramic products and compounds.

The concentrated feldspar must be aggregated to an argil. These ceramic samples are, next, subjected to mechanical resistance, linear retraction, meteorological impacts and water absorption tests, where the results shall indicate the better proportion of the feldspar sand mixed at the ceramic compound which attend to the norms established by the ABNT (Brazilian Agency for Technical Norms), its properties and possible applications.

KEY WORDS: leavings of ornamental stones; feldspars; flotation; ceramic.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Vidal (2003), o Brasil possui grande diversidade de solos e formações geológicas distribuídas em seus mais de 8,5 milhões de km², o que torna o país possuidor de um dos maiores potenciais minerais do mundo.

De acordo com o mesmo trabalho, o setor mineral brasileiro constitui-se sob uma visão estratégica de desenvolvimento nacional. As preocupações com a preservação do meio-ambiente somente apareceram nos anos 80, embora algumas empresas. Pode-se identificar no setor de mineração brasileiro três grandes fases: a primeira fase, até os anos 60, caracterizada por uma visão fragmentada, quando a proteção ambiental incidia apenas em alguns recursos, particularmente naqueles mais estritamente relacionados à saúde humana, como o controle de águas e as condições no ambiente de trabalho; a segunda, dos anos 70 a 80, iniciada com a ocorrência e discussão de questões mais amplas, como a poluição ambiental e o crescimento das cidades, culminando com a visão de futuro relativo ao meio ambiente como um ecossistema global; e a terceira, a partir dos anos 90, que posicionou o paradigma do desenvolvimento sustentável como o grande desafio, ou seja, como equacionar o desenvolvimento econômico e social com a preservação do ecossistema planetário.

1.1 Resíduos de Rochas Ornamentais

Na indústria mineral é gerado um grande volume de rejeito com diferentes granulometrias, com amplas possibilidades de serem aproveitados em diferentes setores da indústria, dentre elas a de construção civil, como citado na literatura (Rolim Filho e outros, 2001).

Segundo os trabalhos de Pontes e Stellin Jr. (2005) e Fallenberg (1980), os resíduos industriais gerados no corte de blocos serrarias com teares de lâminas, ou diamantados são, geralmente, depositados em bacias de resíduo improvisadas, ou vão se acumulando ao redor dessas serrarias. Em seguida, os resíduos são costumeiramente lançados ao meio ambiente, em locais inadequados, principalmente em áreas próximas às serrarias e, em alguns casos, diretamente no rio Itapemirim, causando assoreamento do mesmo, poluindo sua água, gerando assim grande impacto ambiental, acarretando conflitos com regiões vizinhas. Os órgãos de fiscalização vêm atuando cada vez, aplicando multas e restringindo ou paralisando as atividades das serrarias. Essas ações fizeram com que os empresários se mobilizassem para encontrar alternativas para a utilização desses resíduos.

O CETEM vem desde 1996, em parceria com outras instituições, tais como, SEBRAE, FIRJAN, SENAI, INT, entre outras, realizando programas de apoio à micro e pequena empresas, visando encontrar alternativas de utilização desses resíduos, introduzindo novos equipamentos/tecnologias e alternativas de aproveitamento dos resíduos. Houve assim, uma melhoria real nas operações de lavra e beneficiamento, e sobretudo uma conscientização maior sobre a necessidade do cumprimento de normas de segurança e ambientais. Para fomentar a utilização de resíduos seria necessário buscar incentivo do poder público, para sua utilização em obras civis municipais, estaduais e federais, tais como casas populares, calçamento de ruas e avenidas, pisos diversos, além de obras de saneamento que utilizem tijolos e manilhas feitos com resíduos de pedreiras e serrarias locais.

1.2 Composição dos Resíduos

O resíduo gerado no processo de corte e beneficiamento das rochas ornamentais é composto essencialmente por água, granalha e pó de rocha. Este último é constituído pelos minerais que compõem os granitos e os mármore, destacando-se quartzo, feldspato e mica, oriundos do corte de granitos, e a calcita e a dolomita, oriundas do corte de mármore, conforme o trabalho de Carrisso e outros (2005).

1.3 Feldspato

Conforme descrito por Ramos (2001), o nome *feldspato* tem origem no alemão *feld* (campo) e *spath* (pedra) e constitui uma importante família de minerais do grupo dos tectossilicatos ou silicatos de armação, que apresentam uma armação tridimensional de tetraedros de silicato com SiO₂, possuindo características como cor branco róseo, translucidez, dureza e composição química (Na, K) Al Si₂O₃, Ca Al₂ SiO₃, Ba AlSi₂ O₃.

O feldspato é a principal matéria-prima das cerâmicas, atuando como fundente, pois seu ponto de fusão é menor do que a maioria dos outros componentes, servindo de cimento para as partículas das várias substâncias cristalinas, além de outros aspectos, e como descreveu Jesus (2001), auxiliando a formação da parte vítrea dos corpos, e no fornecimento de sílica (SiO₂). Na indústria de vidro, é utilizado como fonte de Al₂O₃ e álcalis (Na₂O e K₂O), os quais têm, respectivamente, as funções de aumentar a dureza e a resistência química do material e atuar como fundente.

1.4 O Setor Cerâmico

Segundo Jesus (2001), as indústrias de cerâmica e vidro consomem cerca de 95% do feldspato comercializado no Brasil. A produção nacional de feldspato beneficiado é da ordem de 61.000 t/ano, em sua maioria proveniente de lavras rudimentares, havendo, por isso, a necessidade de importação desse insumo.

Os trabalhos de Almada e Vlecek (2000) e França e Sampaio (2002) demonstram que as exigências da indústria cerâmica são bastante diversificadas, uma vez que dependem do tipo de material a ser produzido. Se a alvura não for importante, como ocorre nos casos em que o corpo receberá pigmentação colorida, o teor de ferro tolerável, expresso em Fe_2O_3 , é de 2 a 3 %. Caso contrário, a exemplo das louças brancas, esse teor deve ser de no máximo 0,1%. Quanto a granulometria, de um modo geral, o feldspato destinado à indústria cerâmica deve apresentar granulometria menor que $0,074 \mu m$, pois seu poder fundente é inversamente proporcional à sua granulometria.

Para França e Sampaio (2002), os minerais de ferro, óxidos ou sulfetos, quando presentes na amostra em altos teores, são causadores de imperfeições no produto cerâmico, uma vez que promovem a coloração escura no material pela presença dos óxidos (Fe_2O_3) e a formação de bolhas e outras irregularidades na superfície do corpo cerâmico, devido à formação de gases de sulfetos, SO_2 , provenientes de reações com a pirita (FeS_2), durante os processos de cozimento da massa cerâmica. Daí a importância da sua purificação.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é concentrar o feldspato contido nos resíduos do corte e beneficiamento de rochas ornamentais gerados nas serrarias de Cachoeiro do Itapemirim – ES, pelo processo de flotação, e estudar sua possível aplicação na fabricação de materiais cerâmicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Origem dos Materiais

O resíduo utilizado neste trabalho é oriundo do tanque de coleta do efluente gerado no processo de corte de blocos de rochas ornamentais do município de Cachoeiro do Itapemirim – ES.

3.2. Caracterização do Resíduo

Análise Granulométrica: O resíduo foi submetido a peneiramento a úmido. O material retido em cada peneira e o passante na última peneira foi secado e em seguida pesado, quarteado e preparados para análises químicas e mineralógicas.

Análises Química e Mineralógica: Cada fração do material foi caracterizada química e mineralogicamente por meio de difração e fluorescência de raios X (DRX e FRX) pela COAM (Coordenação de Análises Minerais) do CETEM.

3.3. Ensaio de Flotação

Os ensaios de flotação foram realizados em duas etapas: a primeira com objetivo de separar a calcita e a dolomita do quartzo e do feldspato e a segunda com o objetivo de separar o quartzo do feldspato, conforme demonstra o esquema da Figura 1.



Figura 1. Esquema dos ensaios de flotação.

Na etapa 1, utilizou-se ácido oléico como coletor e ROHMIN HFS 4268 como depressor, em diferentes concentrações. Já na etapa 2, a amina Flotigan FDA foi utilizada como coletor, também variando as concentrações. As condições dos ensaios realizados são demonstradas na tabela I.

Todos os ensaios foram realizados em célula DENVER, sub-aerada, modelo D-14, em cubas de 1 L com 50% de sólido na polpa inicial e rotações entre 1200 e 1500 r.p.m.

Tabela I: Parâmetros dos ensaios de flotação realizados.

Ensaio	ETAPA 1				Ensaio	ETAPA 2		
	Concentração		Rotação na flotação (r.p.m.)	pH		Concentração Coletor (g/t)	Rotação na flotação (r.p.m.)	pH
	Depressor (g/t)	Coletor (g/t)						
1	10	500	1500	8,5	1	100	1200	5,4
2	100	500	1200	8,7	2	500	1200	5,2
3	100	500	1400	8,9	3	1000	1200	5,1
4	100	500	1400	8,6	-	-	-	-
5	10	1000	1200	8,4	-	-	-	-
6	100	1000	1200	8,5	-	-	-	-
7	100	800	1200	8,3	-	-	-	-

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise Granulométrica e Caracterização das Frações

A Tabela II apresenta a distribuição granulométrica do resíduo, onde pode-se verificar uma composição ultrafina do material, uma vez que a maior proporção do resíduo, cerca de 74%, encontra-se com tamanho de partícula inferior a 0,037 mm.

Tabela II: Distribuição granulométrica do resíduo.

Abertura (mm)	Massa Retida (g)	Retenção (%)
0,210	13,23	1,29
0,177	5,66	0,55
0,149	7,33	0,71
0,105	33,90	3,31
0,075	37,26	3,63
0,053	52,61	5,13
0,044	67,54	6,59
0,037	53,15	5,18
-0,037	754,56	73,60
Massa final	1025,24	100,00
Perda	9,49	0,83

Na Tabela III, verifica-se a variação da composição química da amostra retida em cada peneira. Observou-se que o ferro, em sua maioria oriundo da granalha, pôde ser removido nas peneiras com dimensões superiores a 0,053 mm. Sendo assim, os ensaios de flotação foram realizados utilizando-se a fração passante em 0,053 mm.

Tabela III: Análise química por FRX das frações granulométricas do resíduo.

Abertura (mm)	Teor (%)									
	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	SiO ₂	SO ₂	TiO ₂	Na ₂ O
0,21	6,99	22,05	24,33	2,10	5,58	0,17	20,90	0,25	0,48	-
0,177	7,78	26,90	14,74	2,87	7,22	0,11	21,30	0,11	0,70	-
0,149	8,43	26,10	12,92	3,22	7,48	0,10	23,10	-	0,78	-
0,105	6,93	29,06	8,13	2,43	8,44	0,07	23,40	-	0,60	-
0,075	5,54	31,87	4,66	1,60	9,92	0,04	22,00	-	0,38	-
0,053	4,18	34,54	2,84	1,03	10,50	-	20,30	-	0,25	0,47
0,044	3,47	34,94	1,80	0,73	10,20	-	17,40	-	0,14	-
0,037	3,17	37,60	1,56	0,69	10,80	-	15,80	-	0,13	-
-0,037	1,89	42,88	0,83	0,44	13,30	-	8,84	-	-	-

4.2 Ensaios de Flotação

Etapa 1: A Tabela 5 apresenta as composições mineralógicas do material concentrado e do rejeito nos 7 diferentes ensaios. Pode-se observar que o ensaio 6 apresentou as melhores condições para a separação da calcita e dolomita do quartzo e feldspato, uma vez que se pode verificar um teor de feldspatos em torno de 74% no material rejeitado e um alto teor de calcita e dolomita, em torno de 97% no material concentrado.

Tabela III: Composições mineralógicas nos diferentes ensaios da etapa I.

Ensaios	Concentrado (%)				Rejeito (%)			
	Feldspato	Quartzo	Calcita	Dolomita	Feldspato	Quartzo	Calcita	Dolomita
1	26,98	22,09	22,50	28,36	23,47	20,11	26,02	30,08
2	23,60	19,00	26,12	31,26	27,49	24,21	21,01	26,54
3	25,46	20,33	25,61	28,13	27,01	24,26	22,59	25,91
4	25,31	20,54	25,78	27,97	26,93	24,34	22,81	25,60
5	22,16	18,09	28,36	31,20	33,21	28,09	14,65	23,88
6	1,19	0,81	31,83	66,06	76,42	19,58	0,80	3,01
7	3,81	2,54	29,28	64,19	74,12	17,51	2,45	5,52

Etapa 2: O material considerado rejeito (não flotado) do ensaio 6 da etapa I foi utilizado para o processo de flotação ácida devido ao maior teor de feldspatos. A Tabela IV indica os teores de feldspato e quartzo obtidos após o II processo de flotação. Observou-se a adequada separação entre quartzo e feldspato nos ensaios 1 e 2, chegando-se a valores em torno de 88% para o quartzo no material concentrado e 98% para o feldspato no material rejeitado. No entanto, as condições do ensaio 1, de menor concentração do coletor, indicam esse ensaio como o mais aconselhável para separação quartzo/feldspato.

Tabela IV. Composições mineralógicas nos diferentes ensaios da etapa II.

Ensaios	Concentrado (%)		Rejeito (%)	
	Quartzo	Feldspato	Quartzo	Feldspato
1	88,61	11,19	2,16	98,07
2	87,36	12,13	2,54	97,50
3	2,70	97,10	Traços	Traços

5. CONCLUSÃO

É possível concluir que o resíduo utilizado no estudo possui grande potencial de aplicabilidade na fabricação de materiais cerâmicos.

Tal reutilização desse resíduo permitirá às indústrias do setor de corte de blocos de rochas ornamentais um controle mais efetivo das deposições dos mesmos, além de gerar renda extra para as serrarias.

6. REFERÊNCIAS

- ALMADA, M.M. e VLECEK, T.F. Pilhas de homogeneização: Uma nova visão para feldspato cerâmico. *Cerâmica Industrial*, 2000, pp. 31-34.
- ALMEIDA, S.L.M. e PONTES, I.F. Aproveitamento de Resíduos de Pedreiras e Finos de Serrarias de Rochas Ornamentais Brasileiras. CETEM, I SBRO / II SRON, Salvador, 2001.
- CARRISSO, R.C.C., CARVALHO, M.R.C. e VIDAL, F.W.A. Avaliação de Granitos Ornamentais do Sudeste Através de suas Características Tecnológicas. CETEM, Vº Simpósio de Rochas Ornamentais, Natal, 2005.
- FALLENBERG, G. Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental. 2 ed., São Paulo: USP, 1980, 193p.
- FRANÇA, S.C.A. e SAMPAIO, J.A. Obtenção de Feldspato a partir de Finos de Pedreira de Nefelina Sienito e Utilização como Insumo para a Indústria Cerâmica. CETEM, XIX ENTMME, Recife, 2002.
- JESUS, C.A.G. Feldspato, Sumário Mineral. DNPM, pgs. 61-62, 2001.
- PONTES, I.F. e STELLIN JR., A. Valorização de Resíduos de Serrarias de Mármore e Granito e sua Aplicação na Construção Civil. CETEM, USP, Vº Simpósio de Rochas Ornamentais, Natal, 2005.
- RAMOS, L.J. Feldspato – Balanço Mineral Brasileiro. DNPM, 2001.
- ROLIM FILHO, J.L., BARROS, M.L.S.C., SOUZA, J.C., FONSECA, A.I.C.F., CUNHA, K.C.B., SANTOS, A.C.S., SILVA, G.A. Aproveitamento de Resíduos de Indústria de Rocha Ornamental. DEMINAS/UFPE, III SRONE, Recife, 2002.
- VIDAL, F.W.H. Aproveitamento de Resíduos de Rochas Ornamentais e de Revestimentos. CETEM / ABIROCHAS, IV SRONE, Fortaleza, 2003.