

CONCENTRAÇÃO DE FELDSPATOS ORIUNDOS DE RESÍDUOS DO CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS E SUA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA CERÂMICA

R.C.C. Ribeiro¹; R.C.C. Carrisso¹

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 esse estudo, foram recolhidos resíduos oriundos do corte de blocos de mármore e granitos de serrarias do município de Cachoeiro de Itapemirim - ES. 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 ao intemperismo e a absorção de 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 - Cut of ornamental rock blocks generates a thin residue in the form of pulp which causes environmental problems, silting and contamination of rivers, that depending on their disposal. However, it is rich in minerals such as quartz, feldspar and mica, which can be used in various industry sectors, such as, glasses and ceramics. The objective of this study was the concentration of this feldspar residue by flotation process in order to obtain a product with features to meet the ceramics industry. For this study were collected waste arising from the cutting of marble blocks and granite sawmills of the Cachoeiro de Itapemirim - ES. In the characterization tests, it was observed that about 50% iron (Fe_2O_3) present in the sample was retained on the 0.053 mm sieve. The results indicated the possibility of removal of iron originating from the steel shot, a raw material used in the cutting of plates, only by sieving with retention of more than 50% of Fe_2O_3 in the sieves with particle size exceeding 0,053 mm. It is concluded that the product obtained in the process of concentration presented potential use in ceramic compounds. Concentrate feldspar should be added to a clay, producing ceramic specimens subsequently subjected to mechanical strength tests, linear shrinkage, weathering resistance and water absorption, the results of which indicate the optimal ratio of feldspar sand, that meet the standards set by ABNT, the specifications of the ceramic industry.

Keywords: Waste ornamental stones; feldspars; flotation; ceramics.

¹CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. Av. Pedro Calmon, 900, Ilha da Cidade Universitária. Rio de Janeiro, RJ. CEP 21941-908. E-mail: rcarlos@cetem.gov.br; rcarrisso@cetem.gov.br

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 *et al.*, 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, 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. Esse 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 *et al.* (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 Indústria Cerâmica

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 por 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) demonstraram 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 Fe₂O₃, é de 2 a 3 %. Caso contrário, a exemplo das louças brancas, esse teor deve ser de no máximo 0,1 %. Quanto à granulometria, de um modo geral, o feldspato destinado à indústria cerâmica deve apresentar granulometria menor que 0,074 µm, 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 (Fe₂O₃) e a formação de bolhas e outras irregularidades na superfície do corpo cerâmico, devido à formação de gases de sulfetos, SO₂, provenientes de reações com a pirita (FeS₂), 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 de Itapemirim – ES.

3.2. Caracterização do Resíduo

3.2.1 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.

3.2.2 Análise 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.

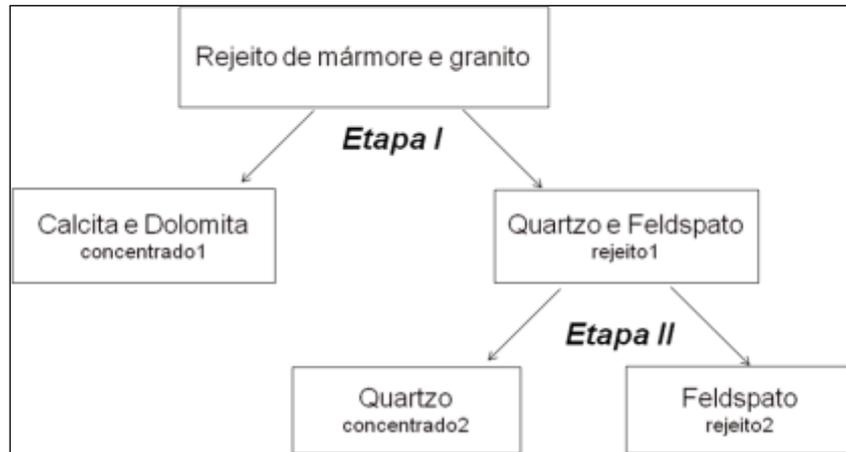


Figura 1 - Esquema dos ensaios de flotação.

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

Todos os ensaios foram realizados em célula DENVER, subaerada, modelo D-14, com cubas de 1,0 L com 50 % de sólido na polpa inicial e velocidade de rotação entre 1.200 e 1.500 r.p.m.

Tabela I - Parâmetros dos ensaios de flotação realizados.

ETAPA 1					ETAPA 2			
Ensaio	Concentração		Rotação na flotação (r.p.m.)	pH	Ensaio	Concentração		pH
	Depressor (g/t)	Coletor (g/t)				Coletor (g/t)	Rotação na flotação (r.p.m.)	
1	10	500	1.500	8,5	1	100	1.200	5,4
2	100	500	1.200	8,7	2	500	1.200	5,2
3	100	500	1.400	8,9	3	1.000	1.200	5,1
4	100	500	1.400	8,6	-	-	-	-

5	10	1.000	1.200	8,4	-	-	-	-
6	100	1.000	1.200	8,5	-	-	-	-
7	100	800	1.200	8,3	-	-	-	-

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Granulométrica e Caracterização das Frações

A Tabela II apresenta a distribuição granulométrica do resíduo, onde se pode 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 IV 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 IV - Composições mineralógicas nos diferentes ensaios da etapa I.

Ensaio	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 V 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 V - Composições mineralógicas nos diferentes ensaios da etapa II.

Ensaio	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 e que 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. 2000. Pilhas de homogeneização: Uma nova visão para feldspato cerâmico. *Cerâmica Industrial*, p. 31-34.
- Almeida, S.L.M. e Pontes, I.F. 2001. Aproveitamento de Resíduos de Pedreiras e Finos de Serrarias de Rochas Ornamentais Brasileiras. CETEM, I SBRO / II SRON, Salvador, BA.
- Carriso, R.C.C.; Carvalho, M.R.C. e Vidal, F.W.A. 2005. Avaliação de Granitos Ornamentais do Sudeste Através de suas Características Tecnológicas. CETEM, V Simpósio de Rochas Ornamentais, Natal, RN.
- França, S.C.A. e Sampaio, J.A. 2002. Obtenção de Feldspato a partir de Finos de Pedreira de Nefelina Sienito e Utilização como Insumo para a Indústria Cerâmica. CETEM, XIX ENTMME, Recife, PE.
- Jesus, C.A.G. 2001. Feldspato, Sumário Mineral. DNPM, p. 61-62.
- Pontes, I.F. e Stellin JR. 2005. A Valorização de Resíduos de Serrarias de Mármore e Granito e sua Aplicação na Construção Civil. CETEM, USP, V Simpósio de Rochas Ornamentais, Natal, RN.
- Ramos, L.J. 2001. Feldspato – Balanço Mineral Brasileiro. DNPM, Brasil.

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. 2002. Aproveitamento de Resíduos de Indústria de Rocha Ornamental. DEMINAS/UFPE, III SRONE, Recife, PE.

Vidal, F.W.H. 2003. Aproveitamento de Resíduos de Rochas Ornamentais e de Revestimentos. CETEM / ABIROCHAS, IV SRONE, Fortaleza, CE,