

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE GARIMPOS DE PEGMATITOS PORTADORES DE MINERAIS-GEMA

Salum, M.J.G.¹, Caíres Junior, "H."², Medeiros, M.F.C.³

1- Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais
Rua Espírito Santo, 35 – 702, Belo Horizonte-MG, 30160-030

gazzi@ufmg.br

2- Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais
Rua Espírito Santo, 35 – 702, Belo Horizonte-MG, 30160-030

3- - Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais
Rua Espírito Santo, 35 – 702, Belo Horizonte-MG, 30160-030

O presente trabalho apresenta os resultados do estudo do aproveitamento de rejeitos de garimpos de pegmatitos portadores de minerais-gema, localizados no distrito de Galiléia-MG, para uso na indústria cerâmica. Parte de um amplo programa de desenvolvimento do arranjo produtivo de gemas e jóias do norte/nordeste de Minas Gerais, denominado PROGEMAS-MG, o estudo teve como pressupostos: a necessidade de aproveitamento integral dos minérios pegmatíticos, como única forma possível de garantir a exploração, ambientalmente e economicamente sustentável das gemas, a necessidade de diversificar a produção mineral regional e a busca por processos de beneficiamento, simples o suficiente para garantir a sua exequibilidade pela mão de obra local, pouco qualificada, e compatíveis com as grandes carências econômicas da região. Os estudos incluíram a caracterização mineralógica e tecnológica de alguns garimpos da região. A partir da utilização de processos que incluíram a fragmentação em diversos estágios, associada a etapas de classificação, e concentração em mesa vibratória, foi possível atingir-se o objetivo proposto, obtendo-se uma areia feldspática, com características físicas e químicas passíveis de utilização na fabricação de cerâmicas classe C, um concentrado de mica (muscovita) e um concentrado de turmalina preta (shorlita), todos com valor econômico agregado.

Palavras-chave: pegmatitos, minerais-gema, minerais industriais, cerâmica

Área Temática: Tratamento de Minérios

INTRODUÇÃO

A exploração de gemas a partir de minérios pegmatíticos, no norte/nordeste de Minas Gerais, caracteriza-se por uma prática garimpeira, em quase sua totalidade. Mesmo as poucas pequenas empresas que atuam na região trabalham com baixa inserção de tecnologia desde a etapa de prospecção, passando pela lavra, até o tratamento de minérios.

Rico em diversos minerais industriais, os pegmatitos do norte/nordeste de Minas Gerais têm sido explorados visando, usualmente, a produção de gemas. Considerando o caráter errático de distribuição das gemas nos corpos pegmatíticos, tanto sob o ponto de vista geológico quanto de suas qualidades gemológicas, e o fato dessas constituírem a menor proporção mineralógica do minério, esta não pode ser considerada uma atividade ambientalmente e economicamente sustentável. Assim, sob o ponto de vista de uma mineração sustentável, a exploração de corpos pegmatíticos tem que ser realizada de forma integrada, considerando todos os seus minerais. Essa é a proposta do PROGEMAS, um projeto financiado pelo Fundo Setorial da Mineração, através do CNPq, e pela FINEP, através do Fundo Verde/Amarelo, que reúne três universidades e um centro de pesquisa localizados no Estado de Minas Gerais. As principais metas do projeto são a inserção de tecnologia em todos os segmentos da cadeia produtiva de gemas e jóias e a diversificação desta cadeia, através da produção de minerais industriais associados às gemas para a indústria de base mineral, principalmente de feldspato para a indústria cerâmica (Salum et al., 2003). Destaque-se aqui o fato da região possuir a maior reserva conhecida no País de feldspato de alta qualidade (Pedrosa Soares et al., 1990; Lobato et al, 1993; Núnêe et al, 1999).

Apesar da situação favorável quanto às reservas e qualidade do feldspato da região norte/nordeste e leste de Minas Gerais, são poucas as atividades de extração cujo alvo é a produção desse bem mineral. Mesmo aquelas que produzem feldspato, praticam uma lavra seletiva, considerando como produto apenas os feldspatos puros, chamados localmente de "louça". Os feldspatos associados a outros minerais comuns a esses minérios como mica, quartzo e turmalina, são considerados como rejeitos, mesmo quando com alto teor contido deste bem mineral. A Figura 1 ilustra amostras típicas dos rejeitos da Lavra Cigana, objeto de estudo deste trabalho.

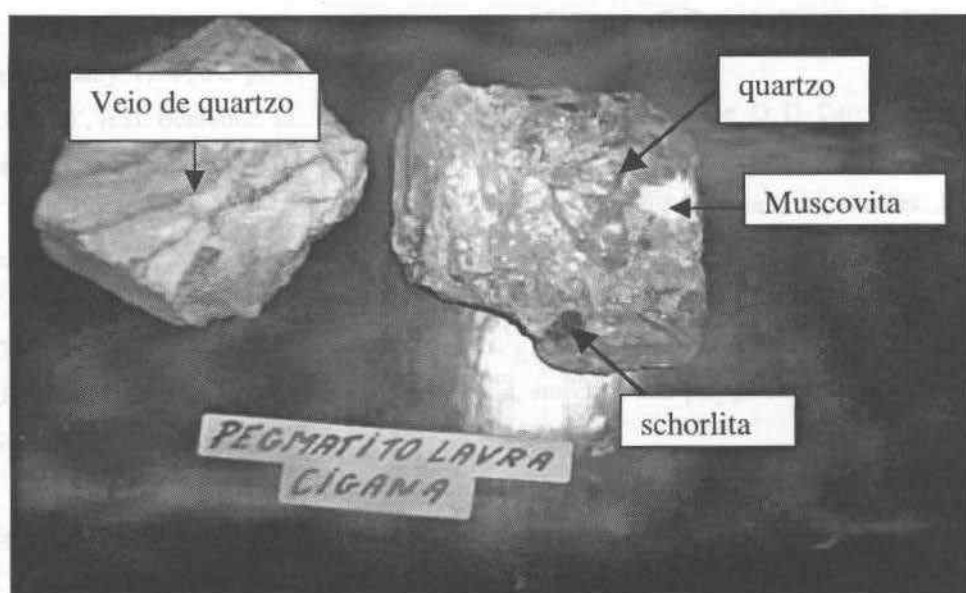


Figura 1- Amostras do rejeito da Lavra Cigana

O beneficiamento do feldspato na região se limita à moagem da chamada louça e mesmo assim não praticada em larga escala. Uma parte considerável do feldspato produzido é comercializada para o pólo cerâmico do sul/sudeste do País em forma bruta (não moído), o que resulta em grande perda financeira para os produtores locais, desde que a diferença de preço entre o feldspato moído e bruto é de cerca de 10 vezes: R\$ 30,00/ton contra R\$ 300,00/ton (Lufi Mineração e Beneficiamento, 2002). Existem em operação, atualmente, apenas duas usinas de moagem de feldspato na região: uma localizada no município de Coronel Murta, no Médio Jequitinhonha, e outra em Governador Valadares, no Vale do Rio Doce. A primeira com uma produção de 2.500 ton/mês e a segunda de 5.000 ton/mês (PROMINEX, 2003; Lufi Mineração e Beneficiamento, 2003).

A principal causa do não aproveitamento dos feldspatos associados a quartzo, mica e turmalina, essencialmente a turmalina preta (schorlita), é, basicamente, a presença de ferro que pode estar contido nesses minerais. No caso específico dos rejeitos de pegmatitos da região em estudo, como será detalhado a seguir, o ferro é proveniente do mineral schorlita.

Por fim, faz-se importante ressaltar a importância do tratamento de minérios na chamada mineração sustentável de gemas na região norte/nordeste e leste de Minas Gerais. Tem sido preconizado ao longo dos anos que é preciso acabar com o garimpo de gemas na região, transformando-os em pequenas minerações. Se a princípio o maior enfoque dessa transformação está na mudança da forma de exploração dos corpos pegmatíticos, através da utilização de técnicas de lavra adequadas, o tratamento de minérios é, de fato, o fator que poderá determinar a possibilidade dessa transformação ou não. Como comentado anteriormente, as gemas constituem, em volume, uma pequena porcentagem do corpo de minério, quando comparada aos minerais industriais. Portanto, qualquer lavra não garimpeira para as gemas iria disponibilizar um grande volume de minerais industriais, provavelmente muito maior que aquele produzido pela lavra garimpeira. Assim, apenas o beneficiamento desse volume de minerais industriais a ser disponibilizado, adequando-os às necessidades da indústria, poderá viabilizar a transformação dos garimpos em atividade de mineração com inserção tecnológica.

OBJETIVO

Estudar a viabilidade técnica de aproveitamento do rejeito de lavra garimpeira para produção de concentrados de minerais industriais, em especial de feldspato para a indústria cerâmica.

DESENVOLVIMENTO

A) Amostra

Inicialmente foram selecionadas algumas lavras garimpeiras, focos de ações do PROGEMAS. Entre essas, decidiu-se por iniciar os estudos, apresentados neste trabalho, pela chamada Lavra Cigana, situada no município de Galiléia, na região do Vale do Rio Doce, distante cerca de 140 km da cidade de Governador Valadares. A escolha se deu por ser esta uma lavra que além de produzir peças de coleção (quartzo) de alto valor econômico, também tem foco na produção de feldspato de alta qualidade (louça).

As amostras do rejeito disposto nas encostas da operação garimpeira foram amostradas em três distintos, homogêneas e fragmentadas em britador de mandíbulas com obtenção de um d_{95} final de 1/4".

B) Análises Química e Mineralógica e Ensaios Tecnológicos

Essas análises foram realizadas através de ensaios químicos via úmida, difração e fluorescência de raios-X e microsonda eletrônica associada a EDS.

A caracterização granulométrica foi feita através de peneiramento a seco. Para os ensaios de concentração utilizou-se o Separador Isodinâmico Frantz, o Cone Reicher e a mesa vibratória Wiffley.

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Análise Granulométrica

Os resultados de distribuição granulométrica da amostra de rejeito estudada estão apresentados na Tabela I.

Os dados de distribuição granulométrica mostram que o rejeito se concentra, preferencialmente, nas faixas mais grosseiras de tamanho, aproximadamente 82% entre 6,35mm e 1,001mm. Uma análise em lupa binocular dos produtos dessas faixas granulométricas mais grosseiras mostra uma concentração preferencial de mica, justificada pela sua forma lamelar, que lhe confere uma resposta diferente à fragmentação nos britadores de mandíbulas utilizados na preparação da amostra.

A foto da Figura 2, apresentadas a seguir, mostra um exemplo dessa concentração de mica nas faixas granulométricas mais grosseiras, no caso específico entre 1,651mm e 0,857mm (-10# + 20# Tyler).

Tabela I – Distribuição granulométrica do rejeito

# Tyler	Abertura (mm)	Peso retido (g)	% retida	% ac. retida	% ac. passante
¼ "	6,35	375	12,84	12,84	87,16
4	4,699	310	10,61	23,45	76,55
6	3,327	570	19,51	42,96	57,04
8	2,362	480	16,43	59,39	40,61
10	1,651	165	5,65	65,04	34,96
16	1,001	522	17,87	82,91	17,09
32	0,381	200	6,85	89,75	10,25
48	0,296	144	4,93	94,68	5,32
65	0,209	34,6	1,18	95,86	4,14
100	0,148	34	1,16	97,03	2,97
140	0,097	27,4	0,94	97,97	2,03
200	0,074	27,2	0,93	98,90	1,10
270	0,052	13,2	0,45	99,35	0,65
-270	-	19	0,65	100,00	0,00
Total		2921,4	100,00	-	

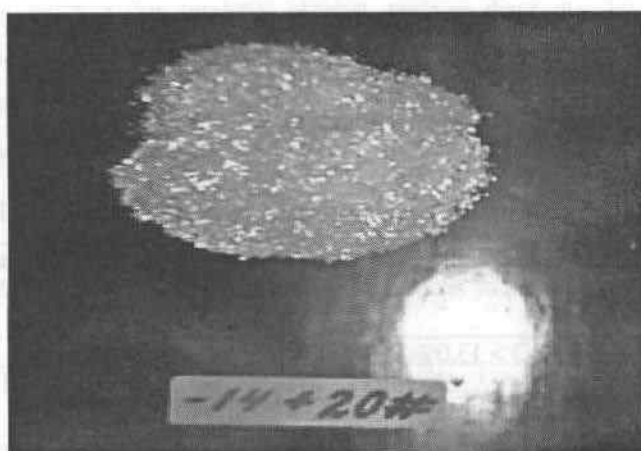


Figura 2- Concentrado de Mica

Análises por difração de raios-X confirmaram essa concentração preferencial de mica nas faixas granulométricas mais grossas e de quartzo e feldspato nas mais finas, mostrando que o fator forma, no caso a forma lamelar da mica, pode ser utilizado como uma pré-concentração de minerais do pegmatito.

Ressalte-se que a granulometria é um dos fatores de agregação de valor à matéria-prima, como comentado anteriormente, ou seja: quanto mais fino (<325# Tyler) maior o valor econômico.

Análises Químicas

Além da análise química do rejeito em si (análise química da cabeça), codificada como C₁, foram, também, realizadas análises químicas nas seguintes faixas granulométricas: + 1,651mm (A₁); -1,651mm + 1,167mm (A₂); -1,167mm + 0,825mm (A₃); - 0,825mm + 0,584mm (A₄); -0,584mm + 0,296mm (A₅); - 0,296mm (A₆). Esses resultados estão apresentados na Tabela II.

Tabela II- Análise química das amostras do rejeito da Lavra Cigana (Conselheiro Pena -MG)

Amostra	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	PF* (%)
A-1	55,5	35,8	0,04	1,5	0,07	0,14	0,3	0,68	9,9	0,026	4,78
A-2	55,9	37,6	0,04	1,3	0,05	< 0,1	0,05	0,9	9,8	0,017	4,76
A-3	66,2	37,1	0,04	2	0,05	< 0,1	0,15	0,6	9,9	0,024	4,55
A-4	68,5	36,4	0,04	1,3	0,04	< 0,1	0,13	0,81	9,8	0,033	4,0
A-5	67,5	13,6	< 0,01	0,53	0,02	0,12	0,26	3,9	3,8	1,16	0,86
A-6	66,9	13,5	< 0,01	0,66	0,01	< 0,1	0,29	4,2	3,7	1,17	0,71
C-1	66,0	14,6	0,01	1	0,03	0,13	0,22	3,9	4	0,15	1,42

* PF = Calcinação a 1000^o C, até peso constante

Esses resultados, se comparados aos teores médios de óxidos e perda ao fogo, exigidos pela indústria cerâmica (Silva et al., 1996), apresentados na Tabela III, mostram que o rejeito da Lavra Cigana requer o uso de etapas de concentração para se adequar às especificações de mercado.

Tabela III- Especificações de feldspato para a indústria cerâmica (Silva et al., 1996)

Qualidade cerâmica	Composição Química	Perda ao fogo	Observações
Classe A	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 13,0\%$ $\text{Al}_2\text{O}_3 > 18\%$ $\text{SiO}_2 < 67\%$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,1\%$ $\text{TiO}_2 < 0,2\%$ Cálcio e MgO < 0,3%	< 0,5%	1) Nenhuma das amostras atende as especificações em relação a: perda ao fogo (> 5%), soma de $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ (<13%) e Fe_2O_3 (>0,1%). 2) Todas as amostras atendem às especificações de TiO_2 (<0,2%) e a de SiO_2 (<67%), exceto a amostra A ₄
Classe B	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 10,0\%$ $\text{Al}_2\text{O}_3 > 15\%$ $\text{SiO}_2 < 71\%$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,51\%$	< 1%	1) As amostras atendem a especificação de $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$, exceto as amostras A ₅ , A ₆ e a amostra da cabeça 2) Apenas as amostras A ₅ e A ₆ atendem as especificações de PF e % Fe_2O_3

Ensaio de Concentração

Dos métodos de concentração utilizados, apenas a mesa vibratória apresentou resultados mais satisfatórios. Esses ensaios, realizados com o rejeito moído a uma granulometria abaixo de 1,001 mm (- 16# Tyler), levaram à produção de um concentrado de schorlita e uma certa seletividade entre a mica e o quartzo e feldspato. Neste último caso, a seletividade foi obtida através da forma lamelar da mica, que faz com que ela se situe nas camadas superiores do leito de partículas, levando-a a ser arrastada pela lamina de água antes do quartzo e do feldspato. O resultado final é o seu posicionamento na parte mais inferior da mesa. A Figura 3 ilustra a separação obtida.

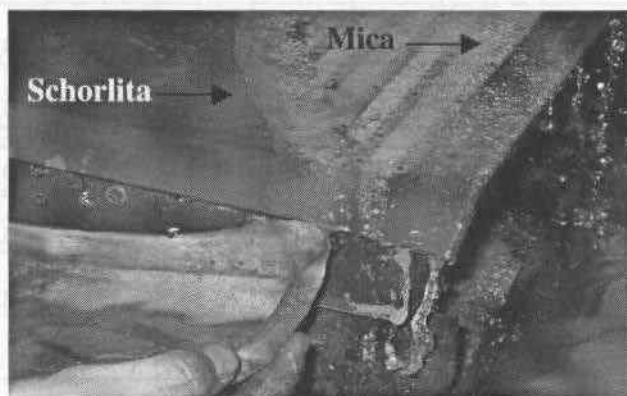


Figura 3- Concentração em mesa vibratória

Em termos de análise química dos produtos obtidos, pode-se dizer que foi possível resolver os problemas observados nos rejeitos quanto às especificações de Fe_2O_3 e PF (Tabela III). Entretanto, esses concentrados passaram a apresentar teores de $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ menores e de SiO_2 maiores que aqueles exigidos, mesmo para as cerâmicas de qualidade B. A Tabela IV apresenta os melhores resultados obtidos nos ensaios de mesa vibratória.

Tabela IV- Análises químicas de concentrados da mesa vibratória

Amostra	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na_2O (%)	K_2O (%)	P_2O_5 (%)	PF (%)
CT1	80,8	11,7	0,01	0,36	0,02	0,16	0,12	4,0	2,3	0,17	0,53
CAF2	75,1	14,3	< 0,01	0,12	< 0,01	0,18	0,07	3,4	4,5	0,13	0,81
CAF1	73,3	14,6	0,01	0,96	0,02	0,20	0,17	4,1	4,4	0,21	0,70

CAF1: concentrado rougher de uma areia feldspática

CAF2: concentrado cleaner de uma areia feldspática

CT1: concentrado rougher de turmalina

Esses resultados, embora ainda não otimizados, mostram a possibilidade de blendar feldspatos de alto teor da Lavra Cigana com o concentrado de mesa vibratória do seu rejeito, otimizando os recursos naturais e diminuindo os impactos ambientais.

Ressalte-se que a obtenção de um concentrado de alto teor de schorlita está dependendo da adaptação de dispositivos à mesa vibratória que possam recolher de forma mais seletiva a estreita faixa deste mineral que é gerada durante a separação, conforme apresentado na Figura IV.

CONCLUSÃO

Os estudos realizados com o rejeito da Lavra Cigana mostraram que é possível, através de operações de fragmentação e separação por tamanho, obter-se um concentrado de mica (muscovita), e, através de concentração em mesa vibratória, um concentrado de schorlita e de um concentrado de areia feldspática de baixo teor em ferro, passível de ser blendada com o feldspato de alto teor, para atender as especificações da indústria cerâmica. Esses resultados ratificam os objetivos propostos pelo PROGEMAS de aproveitamento integral dos pegmatitos, como forma de possibilitar a exploração ambientalmente e economicamente sustentável de gemas e minerais de coleção no norte/nordeste e leste de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C. *GEONOMOS* 1(1), Síntese dos recursos naturais do Cráton São Francisco e Faixas Marginais em Minas Gerais, p. 51-64, 1993
- Lufi Mineração e Beneficiamento, Coronel Murta – MG – **Comunicação Pessoal**, 2003
- NÚÑEZ, M. A. M., **PROCESSO DNPM 830.760/87, DNPM-MG, 3º DISTRITO**, Arqueana de Minérios e Metais Ltda Relatório Final de Pesquisa., Fazenda Laranjeiras.IN., 1999

PEDROSA-SOARES, A. C.; CORREIA-NEVES, J. M., & LEONARDOS, O. H. *REM (Revista Escola de Minas)*, Ouro Preto, **43** (4), p. 44-54, 1999

PROMINEX, Governador Valadares-MG. *Comunicação Pessoal*, 2003

SALUM, M.J.G.; FONSECA, M.A; PEDROSA- SOARES, A. C. Social And Economical Development Based Upon Changes on Mineral Production. IN: CONGRESO INTERNACIONAL EN MEDIO AMBIENTE EN MINERIA, 3er., Colegio de Ingenieros del Peru, Lima-Peru, p.26.1-26.6, 2003

SILVA, E. F. A. da; CUNHA, J. C., & MARINHO, M. M. *CBPM (Série Arquivos Abertos, 10)* Pegmatitos da região de Itambé, Bahia: geologia e potencialidade econômica, Salvador, 30 p, 1996