

# **Aproveitamento Integral do Pegmatito de Currais Novos - RN**

**Diego Araujo Tonnesen**

Bolsista de Iniciação Científica, Eng. Metalúrgico, UFRJ

**Adão Benvindo da Luz**

Orientador, Eng. Minas, D. Sc.

**Marcelo Corrêa Andrade**

Co-orientador, Químico, M. Sc.

## **Resumo**

Pegmatitos são fontes comerciais de feldspato, moscovita e quartzo, além de outros minerais de importância econômica, tais como caulim, gemas de cor, espodumênio, tantalita/columbita, cassiterita etc. No presente trabalho fez-se uma caracterização tecnológica, seguida de estudos de beneficiamento do pegmatito da região de Salgadinho, Povoado da Cruz, Currais Novos – RN, visando o aproveitamento do feldspato, quartzo e moscovita, com as especificações requeridas para os diferentes segmentos econômicos, destacando-se os setores: vidreiros, cerâmico, metalúrgico e eletrônico. Inicialmente, o minério foi britado, em seguida homogeneizado em pilhas cônica e prismática, e desta foram retiradas amostras para a realização da caracterização química e mineralógica e, por fim, o beneficiamento do feldspato, moscovita e quartzo, por meio de moagem, concentração gravítica e flotação. Os resultados obtidos apontam a concentração gravítica e flotação, como o processo promissor para aproveitamento integral do pegmatito de Currais Novos-RN.

## **1. Introdução**

Os pegmatitos são rochas de composição basicamente granítica (quartzo-feldspático-moscovita), de granulação geralmente grossa, muitas vezes exibindo cristais gigantes, permitindo fácil separação (Luz *et al.*, 2003). Os pegmatitos da região do Povoado da Cruz, no município de Currais Novos, estado do Rio Grande do Norte, são constituídos basicamente por minerais de quartzo, feldspato e moscovita. Geralmente, o pegmatito é composto por: 60-70% de feldspato, 25-30% de quartzo, 5-10% de moscovita e 1-2% de outros minerais (Oba & Ribeiro, 2006).

Os feldspatos formam um dos mais importantes grupos de minerais, estando presentes em cerca de 60% da crosta terrestre, e podem ser encontrados em quase todas as rochas eruptivas e metamórficas, assim como em algumas rochas sedimentares (Vidyadhar & Rao, 2006). Pertencem ao grupo dos aluminossilicatos de potássio, sódio, cálcio e mais raramente bário, sendo que o primeiro tem grande aplicação na indústria cerâmica, particularmente na produção de pisos e revestimentos e de vidro. Por outro lado, o emprego do quartzo na indústria é função do conteúdo de impurezas, defeito no cristal e outras normas específicas que cada segmento industrial requer. Os cristais de melhor qualidade são destinados à indústria óptica, eletrônica e de instrumentação, enquanto os de qualidade inferior destinam-se à indústria, em geral (abrasivos, cerâmica e metalúrgica) (Luz *et al.*, 2000). Por fim, a moscovita pertence ao grupo de silicatos, constituídos basicamente de

alumínio, sódio ou potássio e muitas vezes por ferro e magnésio, usualmente chamados de mica. Seu uso industrial é consequência direta de suas propriedades isolantes, térmicas e elétricas; Flexível e resistente a ataques químicos, este bem mineral pode ser utilizado como medidor ou estabilizador, em vários equipamentos, tais como equipamentos de oxigênio, tubos de vidro de alta pressão, etc.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Preparação da Amostra

A britagem da amostra bruta (526 kg) foi realizada em dois estágios, usando, inicialmente, um britador de mandíbulas de dimensões 200x120 mm obtendo-se um produto < 25 mm e, a seguir, um menor de 80x40 mm, obtendo-se um produto < 6 mm. No estágio posterior, realizou-se a homogeneização da amostra global em duas pilhas, uma cônica e uma prismática e retirou-se desta, uma alíquota de 30 kg. Para os ensaios, em laboratório, foi feita uma nova pilha cônica e uma nova pilha prismática, para homogeneizar a massa de 30 kg, obtendo-se cinco alíquotas de 2 kg e vinte de 1 kg.

### 2.2. Caracterização da Amostra

As etapas utilizadas para caracterizar a amostra foram: análise granulométrica, determinação da granulometria de liberação dos minerais de interesse, análise mineralógica e química por difração de raios-X e fluorescência de raios-X, respectivamente.

#### a) Análise Granulométrica

Foi feita a dispersão de 3,0 kg da amostra em uma polpa com 60% de sólidos, em seguida foi realizada a sua classificação usando a série Tyler, desde a abertura de 1,2 mm até 0,037 mm. As frações resultantes foram filtradas, secadas e pesadas. A secagem foi feita em estufa a 100°C, evitando assim a perda de materiais orgânicos.

#### b) Fluorescência de Raios-X

Os teores de  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  e  $SiO_2$  da amostra bruta foram determinados pela análise de fluorescência de raios-X. Essas determinações foram obtidas por uma varredura semiquantitativa utilizando um espectrômetro modelo S4-Explorer da BRUKER-AXS do Brasil, equipado com tubo de ródio.

#### c) Difração de Raios-X

Os difratogramas de raios-X das amostras, obtidos pelo método do pó, foram produzidos em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, nas seguintes condições de operação: radiação  $Co\ K\alpha$  (40 kV/40 mA); com detector sensível à posição LynxEye.

#### d) Granulometria de Liberação

A granulometria de liberação das partículas de quartzo, moscovita e feldspato foi determinada por intermédio do método de Gaudin, utilizando-se uma lupa binocular.

#### 2.3. Ensaios de Moagem

Estes foram realizados em moinho cilíndrico com dimensões de 19,2 cm de diâmetro e 22,5 cm de comprimento, acionado por uma unidade motora de rolos. Foram usadas bolas de aço forjado como meio moedor, com a seguinte distribuição: i) 5,9% de 37 mm de diâmetro; ii) 48,0% de 32 mm de diâmetro; iii) 41,3% de 24 mm de diâmetro; iv) 4,8% de 15 mm de diâmetro. Nesses ensaios variou-se apenas o tempo de moagem, ou seja, de 5, 10, 15 e 20 minutos, com 1 kg de minério em uma polpa com 60% de sólidos.

#### 2.4. Beneficiamento do Pegmatito

Com base nos resultados obtidos na caracterização química e mineralógica do minério, pode-se iniciar a etapa de seu beneficiamento. Primeiramente foi realizada a moagem de amostras, por um período de 13 minutos, para serem submetidas ao processo de concentração gravítica em mesa e flotação em escala de bancada.

##### 2.4.1. Concentração Gravítica

Os ensaios de concentração gravítica foram realizados em mesa vibratória do tipo Deister, modelo RA 15SSD. As amostras utilizadas foram preparadas dentro das exigências de granulometria de liberação dos constituintes mineralógicos de interesse. Os produtos obtidos (concentrado, misto e rejeito) foram filtrados e secos em estufa, e, a seguir, homogeneizados e quarteados, para a retirada de alíquotas para a análise por difração e fluorescência de raios-X.

##### 2.4.2. Flotação

O estudo de flotação foi realizado em uma célula de laboratório do tipo Denver, modelo D12, rotação de 1000 rpm, utilizando-se amostras de 1 kg, previamente moídas. A flotação foi realizada em três etapas, nas duas primeiras optou-se pela flotação reversa, sendo flotado a mica (moscovita) na primeira etapa e os minerais portadores de ferro na segunda, no terceiro estágio ocorre a separação do quartzo/feldspato. Para tal, foram utilizados os seguintes reagentes: Flotigam EDA (amina) e aero promoter 801 (sulfonato de petróleo) como coletores; óleo combustível como extensor de cadeia e os ácidos sulfúrico e fluorídrico para o controle de pH. A tabela 1 apresenta as condições usadas nos ensaios de flotação.

Tabela 1. Condições e sistema de reagentes usados nos ensaios de flotação do pegmatito de Currais Novos-RN.

1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
Ajuste de pH = 3,0 (sol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10%)	15 mL Ajuste de pH = 3,0 (sol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10%)	3 mL Ajuste de pH = 2,5 (sol. HF 2%)
Flotigam EDA (sol. 10%)	4 mL AERO PROMOTER 801 (sol. 10%)	4 mL Flotigam EDA (sol. 10%)
Óleo diesel	28 gotas Condicionamento	2 minutos Óleo diesel
Condicionamento	3 minutos Flotação	3 minutos Condicionamento
Flotação	5 minutos	Flotação 3 minutos

Os produtos foram filtrados, secos em estufa e em seguida homogeneizados e quarteados para análise mineralógica e química, por difração raios-X e fluorescência de raios-X, respectivamente.

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1. Caracterização da Amostra

A análise do difratograma de raios-X da amostra bruta (Figura 1) revelou a ocorrência dos minerais de quartzo, albita, microclínio e moscovita.

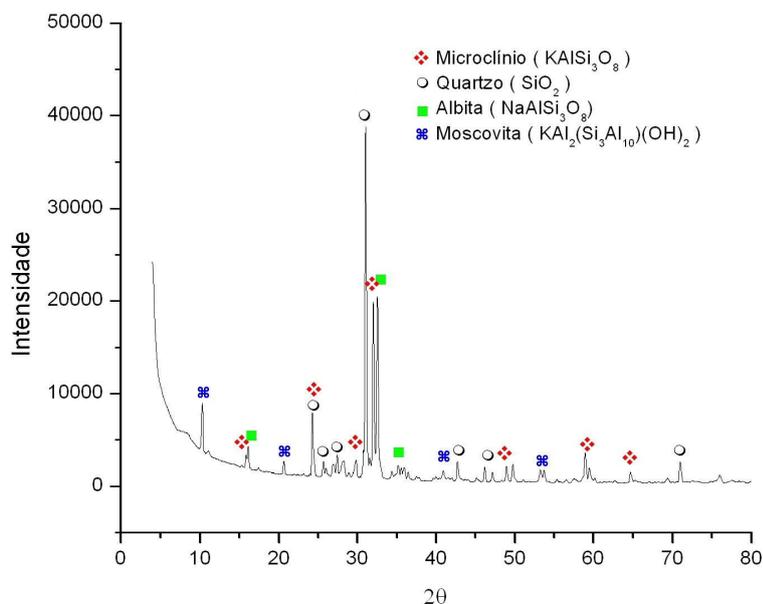


Figura 1. Difratograma de raios-X da amostra bruta do pegmatito de Currais Novos-RN.

A Tabela 2 contém os resultados da caracterização química do minério estudado.

Tabela 2. Composição química (% peso) da amostra bruta do pegmatito de Currais Novos-RN.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
76,24	13,38	3,66	6,11	0,06

A observação das frações na lupa estereoscópica indicou que as partículas de quartzo, moscovita e feldspato encontram-se liberadas na fração inferior a 210 µm (65 malhas).

A composição mineralógica aproximada da amostra (tabela 3) foi determinada por cálculos estequiométricos e com base na análise química (tabela 2), fazendo-se as seguintes considerações: i) o quartzo foi calculado a partir do SiO<sub>2</sub> não consumido pelos minerais albita, microclínio e moscovita; ii) todo o Na pertence a albita.

Tabela 3. Composição mineralógica aproximada da amostra bruta do pegmatito de Currais Novos-RN.

Mineral	Fórmula	Teor (%)
Albita	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	38,60
Microclínio	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	11,16
Moscovita	KAl <sub>2</sub> (Si <sub>3</sub> Al <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	29,36
Quartzo	SiO <sub>2</sub>	20,88

Pela análise da composição mineralógica, constata-se que predomina o feldspato sódico, ou seja, a albita.

### 3.2. Ensaios de Moagem

Através dos ensaios de moagem foi possível determinar o efeito do tempo na distribuição granulométrica dos produtos. Com os resultados obtidos na determinação do grau de liberação, pelo método de Gaudin e os diferentes tempos de moagem, determinou-se o tempo (13 minutos) necessário para atingir o grau de liberação (90% < 210 µm).

### 3.3. Ensaios de Concentração Gravítica

Os ensaios realizados em mesa concentradora revelaram que é possível a remoção parcial da moscovita do pegmatito de Currais Novos. A figura 2 apresenta os resultados da difração de raios-X realizada para o concentrado e rejeito obtidos no processo de concentração. Analisando-se tais difratogramas, observa-se que no rejeito (Figura 2B) ocorrem picos característicos da moscovita, enquanto no concentrado (figura 2A) esses picos não aparecem.

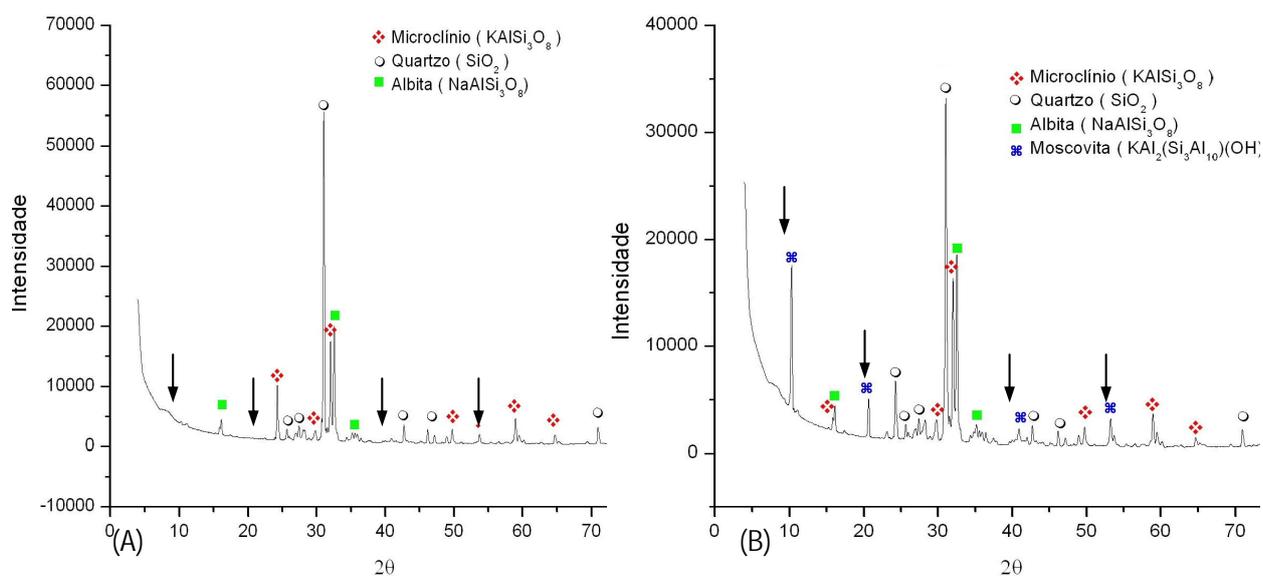


Figura 2. Difratogramas de raios-X do concentrado de feldspato (A) e rejeito (B) da concentração gravítica.

A Tabela 4 apresenta o balanço de massa referente ao melhor ensaio de concentração em mesa.

Tabela 4. Balanço de massa dos produtos da concentração gravítica em mesa.

Produtos	Massa (kg)	% Peso
Concentrado	5,08	52,20
Misto	3,22	33,09
Rejeito	1,43	14,69

### 3.4. Ensaio de Flotação

A Tabela 5 mostra o resultado da análise química dos produtos de flotação e pode-se verificar o aumento no teor de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) de 9,77% para 16,50 % e a diminuição no teor de  $\text{SiO}_2$ .

Tabela 5. Balanços de massa e metalúrgico dos produtos da flotação do pegmatito de Currais Novos-RN.

Produtos	% Peso	Teor (%)				Distribuição (%)			
		$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Concentrado de Feldspato	56,21	7,38	9,12	65,48	0,00	81,71	85,35	47,95	0,00
Areia Feldspática	43,79	2,12	2,01	91,23	0,00	18,29	14,65	52,05	0,00
Teor Calculado	100,00	5,08	6,01	76,76	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00
Head Sample (Analisada)	100,00	3,66	6,11	76,24	0,06	-	-	-	-
Head Sample (Calculado)	100	4,61	5,70	71,92	1,21	-	-	-	-

#### 4. Conclusões

O pegmatito de Currais Novos é constituído basicamente de feldspato sódico (albita) e potássico (microclínio), moscovita e quartzo. Esses minerais encontram-se 90% liberados na granulometria < 210 µm (65 malhas).

Os ensaios de concentração gravítica demonstraram que é possível a utilização desse processo para a remoção da moscovita do pegmatito de Currais Novos; o teor de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) da amostra bruta aumentou de 9,77% para 16,5% no concentrado de feldspato, após a flotação; o teor de ferro, principal impureza para a indústria de vidro, não foi detectado no concentrado de feldspato.

Neste contexto, conclui-se que o processo de beneficiamento integral do pegmatito de Currais Novos, por meio de concentração gravítica seguida de flotação, mostrou-se promissor: i) o concentrado de feldspato obtido atende as especificações requeridas pela indústria de vidro e cerâmicas; ii) O concentrado de moscovita obtido por mensagem poderá ser usado como pigmento na indústria de tintas; iii) O rejeito da flotação poderá ser usado como areia feldspática, para a indústria cerâmica. A viabilidade econômica do processo de aproveitamento integral do pegmatito, não foi objeto do presente estudo.

#### 4. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq/MCT pelo apoio financeiro, ao CETEM pela estrutura laboratorial utilizada na realização deste trabalho e aos funcionários e prestadores de serviços, por todo auxílio prestado.

#### 5. Referências Bibliográficas

LUZ, A. B.; BRAZ, E.(2000) **Quartzo**. Série Rochas e Minerais Industriais, CETEM. Rio de Janeiro - RJ, 2000.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F.; PIQUET, B.; COSTA, M. J.; COELHO, J. M.(2003) **Pegmatitos do Nordeste – Diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado**. Série Rochas e Minerais Industriais, CETEM. Rio de Janeiro – RJ, 2003.

OBA, C.A.I.; RIBEIRO, L.P.B. Flotação dos Feldspatos, In: CHAVES, A.P. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios – Flotação. 1ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Signus Editora, v. 4, 2006, p331-349.

VIDYADHAR, A.; RAO, K. H. Adsorption mechanism of mixed cationic/anionic collectors in feldspar-quartz flotation system. **Journal of Colloid and Interface Science**, 2006.