

# 19. Feldspato

Adão Benvindo da Luz<sup>1</sup>  
José Mario Coelho<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Feldspato é o termo empregado para denominar um grupo de minerais constituídos de aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio. Os tipos comerciais de feldspatos de potássio devem conter, pelo menos, 10% K<sub>2</sub>O e os de sódio 7% Na<sub>2</sub>O (Harben, 2002).

As indústrias de vidro e de cerâmica são as principais consumidoras de feldspato. Essas demandam especificações físicas e químicas e um certo grau de uniformidade no suprimento do produto.

No Brasil, até o momento, os pegmatitos têm sido a principal fonte de feldspato. Outras fontes alternativas de feldspato, como nefelina sienito, têm sido estudadas em laboratório (Braga *et al.*, 1998), no entanto, não foram ainda viabilizadas comercialmente.

O crescimento no consumo de feldspato está dominado pelas indústrias de revestimento cerâmico e de colorifícios, visto que a indústria de vidro, em particular a de embalagem, tem apresentado um baixo crescimento, atribuído aos substitutos (PET e latas metálicas), bem como ao aumento contínuo da reciclagem de vidro. Esse aumento pela demanda de feldspato deve-se ao desenvolvimento do processo de produção de porcelanato que usa, na massa cerâmica, cerca de 60% de feldspato. O processo de produção do porcelanato tem, como vantagem, uma redução, no ciclo de queima, de 30-50 h para 60-70 min (Luz *et al.*, 2003).

A produção mundial de feldspato, em 2003, atingiu 10,4 milhões de toneladas, com destaque para a Itália (24%), a Turquia (16%), o Japão (7%), os Estados Unidos (8%), a França e a Tailândia (6%), totalizando cerca de 57 %. O Brasil produziu naquele ano 0,5% da produção mundial. Os principais estados

---

<sup>1</sup> Engº de Minas/UFPE, Dr. Engenharia Mineral/USP, Pesquisador Titular do CETEM/MCT

<sup>2</sup> Engº de Minas/UFPE, D.Sc. Economia Mineral/UNICAMP, Professor Departamento de Geologia/UFRJ

produtores são de São Paulo, Minas Gerais, Paraíba e Rio Grande do Norte. Em 2003, o Brasil produziu 102 mil t de feldspato bruto e 53 mil t de beneficiado (Jesus, 2004), no entanto, segundo Bezerra *et al.* (1994), os dados do DNPM não incluem a produção garimpeira, estimada em 30% da oficial. Há até estimativas de que a produção anual de feldspato esteja por volta de 300 mil t/ano (Mota *et al.*, 2002).

No Brasil, as principais empresas produtoras são: Armil, Estrela do Sul, Cerâmus, Jundu, M.C.I, Gruppo Minerali, Nossa Senhora da Luz, Pignor, Quartzomex e Remina.

Com a implantação, prevista no Brasil, de várias fábricas de porcelanato e de cerâmica convencional, projeta-se uma demanda de feldspato para 2010 de aproximadamente 480 mil toneladas. O aumento esperado no consumo de feldspato no Brasil exigirá uma reestruturação da indústria cujos traços marcantes serão a regionalização da produção, visando a diminuição dos custos de frete, maior escala de produção e a internalização de tecnologia que permita um ganho maior de qualidade e de fatias importantes de mercado (Coelho *et al.*, 2001).

No Brasil, os segmentos industriais de vidro, cerâmica e coloríficos consomem 88% do feldspato beneficiado, sendo o restante consumido em louças sanitárias, de mesa e porcelanas elétricas. Os preços do feldspato variam segundo os diferentes segmentos industriais e são determinados pelas suas características granulométricas, teores de  $K_2O$ ,  $Na_2O$  e  $Fe_2O_3$ , dentre outros (Luz *et al.*, 2003). A Tabela 1 apresenta os preços internacionais praticados em 2003, em países selecionados. Os preços variam de acordo com o tipo de feldspato, sua análise química, granulometria, a reputação de consistência de qualidade do fornecedor, entre outros fatores. A Tabela 2 apresenta uma série histórica dos preços do feldspato bruto (ROM) na boca da mina no Brasil, de 1988 a 2000 (Ramos, 2003). Os preços correntes de 2001 a 2003 (US\$ 37, 22 e 49/t) (Jesus, 2004) indicam tendência de revalorização dos produtos minerais feldspáticos.

**Tabela 1: Preços internacionais de feldspato – 2003.**

<b>Tipo</b>	<b>Preço</b>
África do Sul	
Minério Bruto	US\$ 30 – 45/t
Tipo vidro moído	US\$ 55 – 65/t
Micronizado (ensacado e paletizado)	US\$ 90 – 135/t
Espanha (Feldspato K)	
Minério Bruto (100 - 700 $\mu$ m)	€ 40/t
Feldspato moído (< 74 $\mu$ m)	€ 60/t
Turquia (Feldspato Na)	
1 cm	US\$ 11 – 40/t
< 1 cm	US\$ 40 – 120/t
EUA (tipo cerâmico)	
170-200 malhas (Na)	US\$ 66 – 83/t
200 malhas (K)	US\$ 138/t

Fonte: Adaptado de Crossley (2003).

**Tabela 2: Preço de feldspato bruto FOB/mina no Brasil.**

<b>Anos</b>	<b>Corrente (US\$/t)</b>	<b>Constante (US\$/t)</b>
1988	13,43	19,50
1989	84,74	117,69
1990	54,36	71,62
1991	46,99	59,41
1992	61,38	75,31
1993	61,64	73,47
1994	51,52	59,84
1995	49,65	56,10
1996	40,79	44,77
1997	70,73	75,89
1998	68,73	72,58
1999	11,95	12,36
2000	16,87	16,87

Fonte: Ramos (2003).

A balança comercial deste bem mineral, em 2003, apresentou um déficit de US\$ 656 mil, resultado das importações de feldspato que totalizaram 931 t, com um valor de US\$ 665 mil e um preço médio de 704 US\$/t e das exportações de 54 t de feldspato no valor de US\$ 9 mil e um preço médio de US\$ 166/t (Jesus, 2004).

## 2. MINERALOGIA E GEOLOGIA

O grupo dos feldspatos é constituído de aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio, e raramente bário. Os feldspatos têm propriedades físicas muito similares entre si, no entanto, devido à sua composição química, se agrupam em: feldspato de potássico (ortoclásio, microclínio, sanidina, adularia), feldspato de bário (celsiana) e feldspato calco-sódico (SEGEMAR, 2000). O sódio pode substituir o potássio e na variedade sanidina, essa substituição pode chegar até 50% (Dana, 1970).

A albita e anortita formam uma série isomórfica contínua de soluções sólidas em diferentes temperaturas. Esta série é denominada de plagioclásio e varia desde a albita pura, à anortita pura. Segunda a composição relativa de cada um desses, recebe a denominação constante da Tabela 3 (SEGEMAR, 2000).

Há ainda um grupo de minerais quimicamente semelhantes aos feldspatos, denominados de feldspatóides, no entanto se diferenciam dos feldspatos por conterem menor quantidade de sílica. Os feldspatóides são aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio, como elementos principais, porém com menores quantidades de outros íons (Dana, 1970). Os feldspatóides mais freqüentes são a leucita ( $K(Si_2O_6)$ ) e nefelina  $(Na,K)AlSi_3O_8$ . Existem outros feldspatóides (sodalita, lazurita) que, por serem raros, não são discorridos no presente capítulo. A nefelina é a espécie mais comum dos feldspatóides, podendo ocorrer em rochas ígneas, tanto plutônicas quanto vulcânicas (SEGEMAR, 2000).

**Tabela 3: Série dos plagioclásios (SEGEMAR, 2000).**

<b>Plagioclásios</b>	<b>% de Albita</b>	<b>% de Anortita</b>
Albita $Na(AlSi_3O_8)$	100-90	0-10
Oligoclásio	90-70	10-30
Andesina	70-50	30-50
Labradorita	50-30	50-70
Bitownita	30-10	70-90
Anortita $Ca(Al_2Si_2O_8)$	10-0	90-100

Os pegmatitos são considerados a principal fonte de feldspato, devido aos seus grandes cristais, pureza e abundância. Na província da Borborema, Nordeste, e na província Oeste, Estado de Minas Gerais, encontram-se os principais depósitos de pegmatitos do Brasil. Essas províncias fornecem feldspatos potássicos e algum feldspato sódico para as indústrias cerâmicas (Motta *et al.*, 2002).

Além dos pegmatitos existem outras fontes de feldspato:

- Alaskitos;
- Nefelina sienito;
- Granitos;
- Aplitos;
- Areia feldspática;
- Rochas intrusivas, tipo anortosito, parcialmente caulinizadas; e
- Filitos.

**Alaskito.**- É a principal fonte de feldspato nos EUA. Ocorre no distrito de Spruce Pine, Carolina do Norte. Segundo Kaufmann e Van Dyk (1994), o alaskito é um pegmatito granítico de granulometria grossa e composição mineralógica relativamente uniforme. Uma outra característica do feldspato contido nesses alaskitos é o predomínio da albita, feldspato sódico. Os alaskitos lavrados na região de Spruce Pine, Carolina do Norte-EUA, contêm cerca de 60 a 70% de feldspato, 25 a 30% de quartzo, 3 a 6% de moscovita, 2% de minerais de ferro, principalmente granada e pequenas quantidades de argilas (SEGEMAR, 2000). Análise química de um concentrado obtido em uma unidade de beneficiamento da Feldspar Corporation apresentou os resultados da Tabela 4 (Luz *et al.*, 2001).

**Tabela 4: Análise química (%) de um concentrado de feldspato obtido por flotação de um alaskito, na Feldspar Corporation-Spruce Pine-Carolina do Norte.**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Total
66,54	19,54	0,064	1,71	3,75	7,42	0,0278	0,0045	99,0564

**Nefelina Sienito** - É uma rocha ígnea alcalina, sem quartzo, constituída de feldspatos (microclínio e albita), feldspatóides (nefelina, sodalita), dolomita, monazita/zirconita e minerais portadores de ferro. A análise mineralógica de uma nefelina sienito, proveniente da pedreira Vigné, município de Nova Iguaçu-RJ, apresentou a mineralogia constante na Tabela 5 (Braga *et al.*, 1998).

**Tabela 5: Composição mineralógica da nefelina sienito de Nova Iguaçu-RJ.**

Minerais	Teor (%)
Feldspato alcalino	90,7
Pirita	3,2
Dolomita	3,1
Nefelina/sodalita	2,5
Monazita	0,2
Biotita	0,1
Limonita	0,1

**Granitos** - São rochas constituídas, essencialmente, de quartzo, feldspato e mica. Os feldspatos são minerais formadores de rochas, principalmente rochas ígneas ácidas, como o granito. Embora este possa conter entre 50 e 70% de feldspatos alcalinos, raramente é lavrado pelo seu conteúdo em feldspato. Poucos são os exemplos de feldspato obtido de granitos: na Geórgia-EUA é extraído feldspato do granito Shadydale no Condado de Jasper (13,9%  $Al_2O_3$ ; 4,7%  $Na_2O$ ; 3,6%  $K_2O$ ; 0,9%  $CaO$ ) (Harben, 2002). Em Jundiá (SP), o granito de mesmo nome (3,5%  $Na_2O$ ; 4,5%  $K_2O$ , 1,5%  $Fe_2O_3$ ), que era utilizado *in natura* até pouco tempo, está sendo beneficiado pelo Gruppo Minerali SpA, com uma capacidade instalada de 120.000 t (Crossley, 2003).

**Aplito** - Conhecida como uma rocha de composição granítica, no entanto pode variar a composição, de um gabro a granito. Aplito é um termo textural que se refere a uma rocha ígnea de granulação fina, na qual os minerais constituintes apresentam uma textura de açúcar, com as faces dos cristais pobremente desenvolvidas. Existem vários exemplos, na Virgínia-EUA (condado de Hanover, Piney River), de produção comercial de feldspato, a partir de depósitos de aplito (Kaufmann e Van Dyk, 1994).

**Areia Feldspática** - Segundo Harben (2002), depósitos de areia de praia, de rio ou de dunas podem conter quantidades de feldspatos passíveis de serem aproveitados economicamente. Na localidade de Navas de Oro, Província de Segóvia, Espanha, a Companhia Minera de Rio Prión S. A. explora e beneficia areia feldspática de origem eólica, de idade quaternária, com 50% quartzo, cerca de 40% de feldspato potássico (menos de 8% de plagioclásio) e, como minerais pesados mais frequentes, a turmalina, granada e micas (Javier, 2002). No Brasil, na baixada fluminense, nos municípios de Seropédica e de Itaguaí-RJ, ocorrem depósitos de

areia feldspática com cerca de 25% de feldspatos potássicos e sódicos (4,24%  $K_2O$ ; 1,56%  $Na_2O$ ); ultimamente esses materiais estão sendo estudados, em laboratório, visando seu aproveitamento para a indústria de vidro e cerâmica.

**Rochas intrusivas parcialmente caulinizadas** - Anortosito, que é uma rocha ígnea intrusiva de granulação grosseira composta principalmente por feldspato plagioclásio rico em cálcio. É produzida pela empresa Colorminas no Rio Grande do Sul (27,75%  $Al_2O_3$ ; 4,0%  $Na_2O$ ; 0,66%  $K_2O$ ; 9,15%  $CaO$ ).

**Filitos** - O filito é uma rocha metamórfica de granulação fina constituída de caulinita, sericita e quartzo, constitui-se em um bem mineral com várias aplicações industriais. Um dos principais usos do filito é na indústria cerâmica, onde é empregado como fundente, auxiliando na fusão da massa cerâmica para produção de pisos, louças sanitárias e de mesa. Segue Tabela 6 com especificações do filito Itapeva (IPT, 1981).

**Tabela 6: Especificações químicas do filito Itapeva.**

Cor	PF	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$TiO_2$	$CaO$	$MgO$	$Na_2O$	$K_2O$
<b>Branca</b>	3,66	71,72	16,29	1,05	0,50	-	1,44	0,11	4,62
<b>Cinza</b>	4,21	96,30	17,60	1,12	0,60	0,02	1,73	0,08	4,82
<b>Creme</b>	5,40	61,20	21,61	6,16	0,60	0,01	1,55	0,05	3,71
<b>Rosado</b>	5,22	62,62	17,99	6,83	1,00	-	1,17	0,11	4,82
<b>Preto</b>	5,15	66,60	17,70	1,85	0,60	0,03	1,96	0,011	5,11

### 3. LAVRA E PROCESSAMENTO

Na região nordeste, Paraíba e Rio Grande do Norte, e norte de Minas Gerais encontram-se as principais províncias pegmatíticas do País, no entanto, de modo geral, os métodos de exploração e lavra, até então empregadas, são ainda extremamente empíricos, predatórios e sem nenhuma técnica de engenharia de minas.

As técnicas de concentração empregadas nos pegmatitos do nordeste e norte de Minas Gerais são também muito rudimentares e consistem apenas de uma catação manual, na frente de lavra, no próprio local de detonação primária (Luz *et al.*, 2003).

O beneficiamento de feldspato geralmente envolve flotação e separação magnética para remover os minerais acessórios tais como mica, granada, ilmenita e quartzo. No caso de depósitos de pegmatitos e de areia feldspática, o quartzo ocorre como co-produto. Em algumas aplicações, a presença da sílica é vantajosa, no entanto em outras requer um feldspato bastante puro e moído (Saller, 1999).

Segundo Bayraktar e Çakir (2002), na Turquia, na região de Çine-Milas, o *run of mine* é normalmente britado em dois estágios e peneirado abaixo de 10 mm. O minério albitico britado e peneirado, se não foi lavrado seletivamente e/ou processado posteriormente, é denominado de “Standard” e tem a composição química típica apresentada na Tabela 7. Além da britagem e peneiramento, foi implantado, recentemente, uma unidade industrial usando flotação e separação magnética, visando a produção de feldspato de melhor qualidade, destinado à fabricação de porcelanato. Para obter concentrados de albita com maior alvura, para a indústria cerâmica e de vidro, emprega-se a separação magnética para remover os minerais que contém ferro, tais como biotita, granada e turmalina. Neste caso, vem sendo usado separador magnético, a seco, de alto gradiente, usando separador de rolos. No caso da presença de minerais de rutilo, a sua remoção só é possível por flotação.

**Tabela 7: Composição química típica de um feldspato sódico, tipo *Standard*, da Turquia, região de Çine-Milas.**

Composto	Teor (%)
Na <sub>2</sub> O	8,50 – 10,60
K <sub>2</sub> O	0,25 – 1,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04 – 0,30
TiO <sub>2</sub>	0,20- 0,40

Fonte: Bayraktar e Çakir (2002).

A unidade de beneficiamento da Ogleby Norton, em Kings Montain, Carolina do Norte-EUA, beneficia um pegmatito alterado, através da remoção da moscovita, usando espiral de Humphrey. A seguir, é feita remoção dos minerais de ferro por flotação com sulfonato de petróleo como coletor e, após, separação do feldspato e quartzo com amina (coletor), em pH ácido, regulado com HF (Luz *et al.*, 2001).

## 4. USOS E FUNÇÕES

As indústrias de cerâmica e vidro representam os principais campos de aplicação do feldspato. Usa-se também o feldspato como carga funcional e extensor, nas indústrias de tinta, plástico e borracha. Não se trata de um uso tradicional, mas se tem mostrado que, com o uso de feldspato, é possível melhorar o desempenho desses produtos (Kauffman e Van Dyk, 1994).

### Cerâmica

Segundo ainda esses mesmos autores, na indústria cerâmica a quantidade de feldspato utilizada varia com o tipo de produto. A porcelana de mesa pode conter entre 17 e 20% de feldspato, cerâmica de piso entre 55 e 60%, revestimento de parede de zero a 11%, porcelana elétrica entre 25 e 35%.

O feldspato usado na indústria de cerâmica (revestimento de piso e parede, louça sanitária, porcelana elétrica, fritas, vidrado e esmalte), como fluxante, tem a função de formar uma fase vítrea no corpo, promovendo uma vitrificação e transluzimento. Os feldspatos são usados no vidrado vitrificado como fonte de álcalis e alumínio. Tanto para o vidro quanto a cerâmica, o feldspato contribui como fonte de  $\text{SiO}_2$  (Harben, 2002).

A formulação de qualquer cerâmica tradicional é constituída de dois elementos principais: o material plástico, constituído de caulim e argila, e o material duro, constituído de sílica e feldspato. O constituinte plástico permite que o corpo cerâmico seja moldado, enquanto os constituintes duros permitem ao corpo cerâmico sua forma, após a queima (Motter, 2000).

Segundo esse mesmo autor, na indústria cerâmica o feldspato é representado por dois minerais: albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), feldspato sódico, e ortoclásio ou microclínio, feldspato potássico. A anortita, feldspato cálcico, é raramente usado, pois trata-se de um mineral muito refratário. Na indústria cerâmica, os feldspatos sódicos e potássicos apresentam comportamento diferente, durante a queima. Os feldspatos sódicos são caracterizados por apresentar baixo ponto de fusão (em torno de  $1.170^\circ\text{C}$ ) e por uma fusão abrupta, bem como retração (*shrinkage*) e fusibilidade dependentes da temperatura. A massa fundida do feldspato sódico tem viscosidade mais baixa. Por isto, na indústria cerâmica o feldspato sódico é mais propenso à formação de peças empenadas ou deformadas. Os limites térmicos para trabalhar são mais estreitos. Por outro lado, os feldspatos potássicos têm um ponto de fusão mais elevado (cerca de  $1500^\circ\text{C}$ ) e seu comportamento cerâmico se dá de forma mais progressiva. A massa fundida

proveniente do feldspato potássico apresenta maior viscosidade e dessa forma os limites térmicos de trabalho são relativamente mais amplos.

## Vidro

Na fabricação do vidro, o feldspato é usado como fonte de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e/ou  $\text{K}_2\text{O}$ , e  $\text{SiO}_2$ . Segundo Maia (2003), no processo de fabricação do vidro há uma classificação para os óxidos utilizados que diz respeito à função desses, no processo de produção do vidro e no seu uso :

- vidro-formadores (formadores da rede);
- estabilizadores;
- fundentes ou fluxos e
- acessórios.

Vidro-formadores são compostos cujos átomos formam arranjos tetraédricos gerando cadeias que podem se dispor de forma aleatória, formando o vidro. Estabilizadores são óxidos que conferem, ao vidro, um elevado grau de resistência química. Os fluxos ou fundentes têm a função de baixar a temperatura de fusão das matérias primas resultantes da blendagem, no processo de produção do vidro. Os fundentes são constituídos de óxidos que reagem no processo de obtenção do vidro, em temperaturas relativamente baixas.

Num vidro alcalino constituído de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$ , o dióxido de silício é o vidro-formador, o  $\text{Na}_2\text{O}$  o fundente e o  $\text{CaO}$  o estabilizador. Há outros vidros em que os óxidos vidro-formadores são compostos do tipo óxido de germânio ( $\text{GeO}_2$ ), ou óxido bórico ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) ou pentóxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) (Maia, 2003).

Os álcalis ( $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ) contidos no feldspato substituem, parcialmente, o carbonato de sódio e têm a função de fundente. A alumina ajuda a trabalhabilidade do vidro fundido, aumenta a resistência do vidro à corrosão química, aumenta a sua dureza e durabilidade e inibe a desvitrificação (Harben, 2002).

Os óxidos acessórios são utilizados na fabricação do vidro em pequenas quantidades e com funções específicas. Por exemplo: alguns óxidos de metais (óxidos de ferro, de cromo, de cobre etc) são usados como corantes, para conferir ao vidro uma cor desejada.

## 5. ESPECIFICAÇÕES

Encontram-se, a seguir, as especificações de feldspato para diferentes aplicações como carga, indústria de vidro e cerâmica (Tabelas 8, 9 (com outros materiais), 10,11, 12, 13 e 14).

**Tabela 8: Especificações de feldspatos usado como carga.**

	Minspar 3	Minspar 4	Minspar 25	Minspar 7
Brilho (G.E. brightness)	89,6	91,4	91,5	92,2
Densidade aparente				
não compactado	0,70	0,64	0,64	0,61
compactado	1,12	0,96	0,96	0,88
Umidade	0,1	0,1	0,1	0,1
PH	8,7	9,3	9,3	9,3
Absorção de óleo ( <i>rub out</i> ) ASTM D-282-31	16 - 17	18 - 19	19 - 20	21 - 23
% em peso passante em:				
74 $\mu\text{m}$	99,6	100	100	100
44 $\mu\text{m}$	96	99,95	100	100
30 $\mu\text{m}$	87	94	99	100
20 $\mu\text{m}$	72	88	96	100
10 $\mu\text{m}$	41	60	70	90
5 $\mu\text{m}$	19	30	35	55
Tamanho médio ( $\mu\text{m}$ )	12	8	7	4,8
Área sup. específica ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	0,8 - 0,9	1,0 - 1,2	1,2 - 1,4	1,5 - 1,6

Fonte: Harben (2002), dados da K-T Feldspar Corp., USA.

**Tabela 9: Uma comparação de diversas fontes de alumínio para cerâmica e vidro.**

	Nephelina sienito	Feldspato sódico	Feldspato potássico	Aplito com baixo teor de ferro	Escória de calumita
SiO <sub>2</sub>	61,40	67,54	67,04	63,71	38,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,74	19,25	18,02	21,89	10,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	0,06	0,04	0,09	0,3
Cão	0,70	1,94	0,38	0,48	38,5
MgO	Traço	traço	Traço	traço	1,4
K <sub>2</sub> O	4,95	4,05	12,10	2,37	0,5
Na <sub>2</sub> O	9,54	6,96	2,12	5,60	0,4
P.F.	0,60	0,13	0,30	0,21	1,1

Fonte: Harben (2002).

**Tabela 10: Especificações comerciais de feldspato para vidro e porcelana.**

Produtos	Vidro F-20	Vidro C-20	Vidro G-40	Vidro Aplito	Porcelana NC-4	Porcelanana C-6	Porcelana G-200	Porcelana K-200
<b>Análise química (%)</b>								
SiO <sub>2</sub>	68,20	68,90	67,70	63,10	68,15	68,70	67,00	67,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,00	18,75	18,50	22,00	19,00	18,50	18,30	18,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,07	0,1 máx	0,10	0,067	0,07	0,08	0,07
CaO	5,60	1,85	0,90	5,60	1,60	0,90	1,02	0,36
MgO	traço	traço	traço	Traço	traço	traço	traço	traço
K <sub>2</sub> O	3,00	3,85	4,10	3,00	4,00	4,10	10,50	10,10
Na <sub>2</sub> O	6,00	7,15	7,00	6,00	7,00	7,20	2,85	3,80
P.F	0,20	0,13	0,25	0,20	0,10	0,25	0,20	0,26
<b>Granulometria (% peso retido acumulado)</b>								
+ 16 malhas	0,1	0,4		0				
+ 20 malhas	8,2	8,0		1,5				
+ 30 malhas	12,0			15,0				
+ 40 malhas		49,0	1,75	50,0				
+ 50 malhas	85,5	81,0		97,0				
+ 100 malhas	98,8	96,1	61,0	100,0	(1)			(2)
+ 200 malhas			97,5					

Fontes: Redeker (1977); Feldspar Corp., USA.

(1) moído abaixo de 170, 200 ou 250 malhas (Tyler).

(2) moído abaixo de 120, 170, 200 ou 250 malhas (Tyler).

**Tabela 11: Feldspato proveniente dos pegmatitos da Carolina do Norte.**

Nome Comercial	Feldspato para Vidro		Feldspato para Porcelana			Areia Feldspática
	F-20	K-40	NC-4	K-200	Foot Spar	
<b>Análise química (%)</b>						
SiO <sub>2</sub>	68,00	67,10	68,15	67,10	68,70	79,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,00	18,30	18,88	18,30	19,27	12,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
CaO	1,85	0,36	1,60	0,36	traço	0,52
MgO	traço	Traço	traço	traço	traço	traço
K <sub>2</sub> O	3,75	10,10	4,50	10,10	3,69	2,62
Na <sub>2</sub> O	7,15	3,80	6,70	3,80	7,91	4,80
Li <sub>2</sub> O	-	-	-	-	0,08	0,35
P.F.	0,13	0,26	0,10	0,26	0,25	0,35
<b>Composição mineralógica aproximada (% peso)</b>						
Feldspato Potássico	22	60	26	60	22	16
Feldspato Sódico	61	32	57	32	67	41
Feldspato Cálcico	9	2	8	2	-	2
Quartzo	8	6	9	6	11	41
<b>Granulometria (% peso retido acumulado)</b>						
+ 20 malhas	0,1	-	-	-	0,1	moído
+ 48 malhas	42,0	-	-	-	n.d.	-
+ 100 malhas	85,5	56,15	(1)	(2)	35,1	
+ 200 malhas	97,2	90,05			75,1	
Dens.aparente	1,44	1,28-1,36	0,80-0,88	0,88-0,96	1,28	1,36-1,44
PCE*	9	-	9	-	-	-

\*PCE: cone pirométrico equivalente

Fonte: Redeker (1977).

(1) moído abaixo de 170, 200 ou 250 malhas (Tyler).

(2) moído abaixo de 120, 170, 200 ou 250 malhas (Tyler).

**Tabela 12: Análise (%) de feldspatos para cerâmica sanitária.**

Nome do Produto	CA44 T200	CA57 T200	CM77 T200	FT200	EA2 BF	SPSB
SiO <sub>2</sub>	74	66	67	74,3	74	73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15	20	19	14,5	15,5	16,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,4	0,55	0,36	0,35	0,4	0,34
TiO <sub>2</sub>	0,2	0,25	0,23	0,20	0,05	0,15
Na <sub>2</sub> O	4,5	5,7	7,25	5,5	4,0	7,2
K <sub>2</sub> O	4,5	6,8	4,1	2,8	5	1,3
CaO	0,4	0,5	0,6	0,5	0,2	0,8
MgO	0,2	0,4	0,5	0,1	0,05	0,1

**Tabela 13: Análise (%) de feldspatos da Moinhos Estrela do Sul<sup>(4)</sup>.**

Nome do Produto	Feldspato SERIE	Feldspato SERIE	Albita SERIE
	1000 TR <sup>(1)</sup>	1000 OP <sup>(2)</sup>	1000 OP <sup>(3)</sup>
P.F.	< 0,30	< 0,30	< 0,30
SiO <sub>2</sub>	66,50	68,20	71,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,60	17,50	18,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,08	0,09
Na <sub>2</sub> O	3,28	2,90	1,45
K <sub>2</sub> O	10,60	10,30	8,10
CaO	< 0,21	< 0,30	< 0,45
MgO	< 0,01	< 0,10	< 0,03

(1) Feldspatos potássicos empregados na fabricação de revestimentos cerâmicos, louça sanitária, fritas e esmaltes.

(2) Feldspatos potássicos empregados pelos coloríficos para produção de engobes e vidrados.

(3) Albita utilizada para produção de esmaltes, possui alta fusibilidade e alvura.

(4) Empresa estabelecida em Bragança Paulista-SP.

**Tabela 14: Análises (%) dos feldspatos da Mineração Jundu Ltda.**

Produto	F 20/18 G <sup>(1)</sup>	F 20/23 G <sup>(2)</sup>	F 28/18 G <sup>(3)</sup>	N 20/40 G <sup>(4)</sup>
P.F.	0,70	0,530	0,580	-
SiO <sub>2</sub>	67,50	70,00	67,50	55,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,00	17,00	18,00	20,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,19	0,10	4,00
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	14,00	12,20	14,00	20,00
CaO	0,20	0,20	0,20	-
TiO <sub>2</sub>	0,010	0,010	0,010	-
MgO	0,10	0,10	0,10	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20	0,20	0,20	-
Umidade	0,010	0,250	0,200	-

(1) Feldspato Tipo I 20 malhas (Granel)

(2) Feldspato Tipo IV 20 malhas (Granel)

(3) Feldspato Tipo III 28 malhas (Granel)

(4) Fonolito 20 malhas (Granel)

## 6. MINERAIS E MATERIAIS ALTERNATIVOS

Na indústria cerâmica, os principais substitutos do feldspato são areia feldspática e nefelino sienito. No Brasil, diversas substâncias minerais estão sendo utilizadas como fundente, em substituição ao feldspato: granito tipo Jundiá e filito. Na indústria de vasilhame de vidro vem sendo usado escória de alto forno, areia feldspática e nefelino sienito. Na indústria de vidro plano, está sendo usada a alumina calcinada e alumina hidratada (Coelho, 2001).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAYRAKTAR, I e ÇAKIR, U. (2002). Quality feldspar production at Çine Akmaden. *Industrial Mineral*, n.416, May, p.56-59.
- BRAGA, P. F. A.; SAMPAIO, J. A. e LEAL FILHO, L. S. (1998). Estudos de beneficiamento de feldspato em rochas alcalinas. In: XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Água de São Pedro-SP. Anais, p.509-518.
- COELHO, J.M. (2001) Impacto da reestruturação do setor de feldspato no Brasil sobre as empresas de pequeno porte: Importância de uma nova abordagem na análise de investimento. Campinas. Tese de doutorado em Ciências, Universidade Estadual de Campinas.
- COELHO, J. M.; SUSLICK, S B e FURTADO, R. (2001) Projeção da demanda de feldspato no Brasil. In: 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Florianópolis. Anais, vol.1.
- CROSSLEY, P (2003). A feast of feldspar. *Industrial Minerals*, n. 432, Sept., p.36-49.
- DANA, J. D. (1970). Grupo dos Feldspatos. *Manual de Mineralogia*, vol..2, p.536-556, Editora ao Livro Técnico SA, Rio de Janeiro.
- HARBEN, P. W. (2002). Feldspar. In: *The Industrial Minerals HandyBook – A Guide to Markets, Specifications, & Prices*, 4<sup>th</sup> Edition, p.124-129.
- HARBEN, P. W. e KUZVART, M. (1996). Feldspar. In: *Industrial Minerals – A Global Geology*, p.168-174, *Industrial Mineral Information*, Metal Bulletin PLC, London.
- JAVIER F.; A. I; LEOPOLDO, J. C. e LUIS, J.C. A. (2002). Características de yacimiento feldspato de Navas de Oro (Segovia): Método de explotación y sistema de beneficio. CD ROM do XI Congreso Internacional de Industria, Minería y Metalurgia, 22p. Zaragoza, Espanha, 4-7 Junio.
- JESUS, C. A. G.(2004). Feldspato. *Sumário Mineral-DNPM*.

- KAUFFMAN, R. A. e VAN DYK, D. (1994). Feldspars. In: Industrial Minerals and Rocks, Donald D. Carr, Senior Editor, 6<sup>th</sup> Edition. SMME, Littleton, Colorado, p.473-481.
- LUZ, A. B.; BALTAR, C. A. M. e MACHADO, A. O. D. (2001). Relatório técnico de viagem aos Estados Unidos, no âmbito do projeto CTPETRO. 30p., RV-10/01-CETEM.
- LUZ, A. B.; LINS, F. F.; PIQUET, B.; COSTA, M. J. e COELHO, J. M. (2003). Pegmatitos do Nordeste – Diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado. Série Rochas e Minerais Industriais, n.9, 49p.,CETEM/MCT.
- MAIA, S. B. (2003). Composição dos vidros e tipos principais. In: O Vidro e sua Fabricação. Samuel Berg Maia, Editor. Editora Interciência, 211p., Rio de Janeiro, Cap.3, p.21-30.
- MOTA, J. F. M.; COELHO, J. M.; CABRAL JR., M.; ZANARDO, A. e TANO, L. C. (2002). Raw materials for porcelainized stoneware tiles. *Tile & Brick Int.*, vol. 18, n.6, p.358-363.
- MOTTER, B. (2000). Feldspar for the sanitaryware industry. *Industrial Minerals*, n.390, March, p.81-87.
- RAMOS, L. J. (2003). Feldspato. *Balanço Mineral Brasileiro 2001*, DNPM.
- REDEKER, I. H. (1997). Flotation of feldspar, spodumene, quartz and mica from pegmatite in North Caroline, USA. p.566-572, *Sonderdruck aus Zeitschrift ERZEMETALL*, Band 30, H. 12. S. Dr Riedrer Verlag GMBH Stuttgart.
- SALLER, M. (1999). Feldspar and nepheline syenite reviewd. *Industrial Minerals*. n.385, Oct., p.43-51.
- IPT (1981). Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Mercado consumidor mineral do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia.
- SEGEMAR (2000). Feldspato y Mica, SEGEMAR-Serviço Geológico Minero Argentino, INTEMIN-Instituto de Tecnologia Minera, IGRM- Instituto de Geologia y Recursos Minerales, *Publicación Técnica SEGEMAR – UNSAM* n.5, março, 91 p.