



**CETEM**

**Série Rochas e Minerais Industriais**

# **Pegmatitos do Nordeste: diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado**

**Adão Benvindo da Luz  
Fernando A. Freitas Lins  
Bernardo Piquet  
Mário Jorge Costa  
José Mário Coelho**

## **Presidência da República**

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA

Vice-Presidente

## **Ministério da Ciência e Tecnologia**

ROBERTO AMARAL

Ministro da Ciência e Tecnologia

WANDERLEY DE SOUZA

Secretário Executivo

MILTON COELHO DA SILVA NETO

Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

## **CETEM - Centro de Tecnologia Mineral**

GILDO DE ARAÚJO SÁ CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Diretor do CETEM

ARNALDO ALCOVER NETO

Coordenador de Análises Minerais

AUGUSTO WAGNER PADILHA MARTINS

Coordenador de Planejamento e Gestão Operacional

CARLOS CESAR PEITER

Coordenador de Apoio a Pequenas e Médias Empresas

COSME ANTONIO DE MORAES REGLY

Coordenador de Administração

FERNANDO FREITAS LINS

Coordenador de Inovação Tecnológica

ROBERTO CERRINI VILLAS BÔAS

Coordenador de Desenvolvimento Sustentável

**SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

ISSN 1518-9155

**Pegmatitos do Nordeste –  
Diagnósticos sobre o  
aproveitamento racional e  
integrado**

**ADÃO BENVINDO DA LUZ**  
Eng. de Minas, D. Sc.

**FERNANDO A. FREITAS LINS**  
Eng. Metalurgista, D. Sc.

**BERNARDO PIQUET**  
Eng. de Minas, Consultor

**MÁRIO JORGE COSTA**  
Geólogo de Exploração, Consultor

**JOSÉ MÁRIO COELHO**  
Eng. de Minas, D. Sc., Consultor

CETEM / MCT  
2003

# SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ADÃO BENVINDO DA LUZ

**Editor**

GILDO DE ARAÚJO SÁ CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

**Subeditor**

## CONSELHO EDITORIAL

Adriano Caranassios, Antônio Rodrigues de Campos, Francisco Wilson Hollanda Vidal, Jurgen Schnellrath, Arthur Pinto Chaves (USP), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Gladstone Motta Bustamante (Consultor), Hélio Antunes Carvalho de Azevedo (CBPM), José Carlos da Rocha (INT), Marsis Cabral Júnior (IPT), Pérsio Souza Santos (USP), Renato Ciminelli (Consultor)

---

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos que busquem divulgar tecnologias de aproveitamento e agregação de valor a rochas e minerais industriais

---

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es)

Jackson de Figueiredo Neto **COORDENAÇÃO EDITORIAL**

Dayse Moraes Lima **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA**

Vera Lúcia do E. S. Souza **CAPA**

Pegmatitos do Nordeste: diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2003.

49 p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 9)

1. Pegmatitos. 2. Minerais Industriais. I. Adão Benvindo da Luz. II. Fernando A. Freitas Lins. III. Centro de Tecnologia Mineral. IV. Série.

ISBN 85-7227-179-1

ISSN 1518-9155

CDD 553

# Sumário

---

<b>Resumo.....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>10</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Atividades desenvolvidas .....</b>	<b>17</b>
2.1 Reuniões técnicas .....	17
2.2 Visitas técnicas .....	22
<b>3. Geologia e pesquisa mineral .....</b>	<b>28</b>
3.1 Generalidades .....	28
3.2 Situação presente.....	30
3.3 Sugestões e linha de ação .....	34
<b>4. Lavra .....</b>	<b>37</b>
<b>5. Beneficiamento .....</b>	<b>38</b>
5.1 Revisão da literatura .....	38
5.2 Visitas técnicas à região do Seridó .....	43
<b>6. Usos industriais e mercado .....</b>	<b>50</b>
6.1 Introdução .....	50
6.2 Feldspato .....	52
6.3 Tantalita .....	68
6.4 Berílio .....	71
6.5 Mica .....	72
6.6 Lítio .....	75
6.7 Caulim .....	76
6.8 Quartzo .....	78
6.9 Gemas .....	81
<b>7. Considerações gerais e conclusões .....</b>	<b>88</b>
8.1 Geologia e pesquisa mineral .....	88
8.2 Lavra .....	89
8.3 Beneficiamento .....	89
7.4 Usos e mercado .....	91
<b>9. Conclusões .....</b>	<b>93</b>
<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>94</b>

# Resumo

---

Neste trabalho é feita uma avaliação crítica do estágio atual de aproveitamento dos pegmatitos da Província Pegmatítica Seridó-Borborema (PB/RN), motivada pela explosão recente da demanda de feldspato para uso cerâmico no Brasil e no exterior. Para tal, foi feita uma revisão bibliográfica sobre o tema, *workshop* com instituições regionais do nordeste, visitas técnicas às frentes de lavra de pegmatito nos Municípios de Currais Novos, Parelhas-RN, Junco do Seridó e reuniões com sindicatos de pequenos mineradores da região.

Quando se aborda o tema *Mineração e Pegmatitos no Nordeste*, há unanimidade de opiniões sobre a natureza empírica, predatória, sem um mínimo de técnica da engenharia de minas, de métodos antiquados e socialmente perversos desta atividade, da forma como é praticada até hoje. Ainda que lamentável, esta imagem foi uma vez mais constatada como verdadeira, durante o exercício que gerou o presente relatório.

Quanto à *Geologia e Pesquisa Mineral*, observou-se que estas disciplinas, até hoje, pouco ou nada contribuíram para a melhoria das condições da mineração de pegmatitos na Província, em que pese o enorme acervo de trabalhos sobre estes temas, acumulados durante décadas, em particular, por órgãos públicos. O diagnóstico claro é que nunca houve transferência desses conhecimentos para o setor produtivo, no caso, os garimpeiros e pequenos mineradores.

As técnicas de concentração

observadas são bastante rudimentares e consistem apenas de catação manual, no local de detonação primária. O feldspato é selecionado, visualmente, em primeiro lugar como potássico ou sódico e, em seguida, dependendo de sua pureza, é classificado em dois tipos. Como a tantalita, normalmente, ocorre na forma de pequenos grãos, é quase considerada como rejeito, pelas dificuldades de sua seleção por catação manual.

Pela avaliação da literatura sobre aproveitamento industrial de pegmatitos, três obstáculos são previstos: i) aparentemente pequenas reservas dos pegmatitos, quando considerado cada corpo de forma isolado, principalmente os heterogêneos; ii) dificuldade de manter uma alimentação uniforme numa provável unidade central de processamento; iii) escassez de água, numa região inserida no semi-árido, inviabilizando o processo de beneficiamento.

O estudo de mercado indica que haverá um aumento de demanda de feldspato, quando comparado com a produção de 1997 (223.000 t), de cerca de 200.000 t/ano, em um cenário pessimista. Caso seja levado em conta o cenário base, com o aumento de 15% ao ano na produção de porcelanato, o incremento de produção em 2005 será de cerca de 300.000 t/ano. A partir da metade da década de 90, novas aplicações para o tântalo nas indústrias eletrônicas, entre outras, geraram um crescimento na demanda da ordem de 24% ao ano e uma projeção de crescimento de 9 a 10% ao ano.

Concluimos pela concepção de um projeto piloto, com o seguinte escopo: i) aproveitamento racional e integrado de todos os minerais de valor econômico contidos nos corpos pegmatíticos; ii) melhoria e normalização qualitativa dos produtos minerais oriundos da lavra dos corpos pegmatíticos; iii) inserção de tecnologias adequadas ao contexto social e econômico local e ambientalmente satisfatórias; iv) inserção de práticas saudáveis de comercialização dos produtos minerais; v) formação e aprimoramento de recursos humanos locais, diretamente envolvidos nos arranjos produtivos.

**Palavras-chave:** pegmatito, espodumênio, ambligonita, berilo, tantalita, cassiterita, feldspato, caulim, quartzo, moscovita,

# Abstract

---

In this work, an appraisal on the pegmatite exploitation of Serido-Borborema Province has been done. This was mostly motivated by the recent demand of feldspar for ceramic production in Brazil and all over the world. A bibliography review on the subject has been conducted, as well as a workshop with northeastern regional institutions, a technical visit of pegmatite mining in the municipality of Currais Novos, Parelhas and Junco do Serido in the states of Rio Grande do Norte and Paraíba and meetings with the *garimpeiro's* Associations.

When discussing on pegmatite mining and processing subjects, there is a consensus in the northeastern region that the usual methods are quite empiric, rudimentary, predatory and have contributed to depreciate the province pegmatite deposits. As such, it has been characterized as an antisocial activity, a fact that has been observed by the technical team during this work.

It has also been observed that until now, the geology and mineral exploration have not contributed to improve the methods of pegmatite mining, in the Serido-Borborema Province, considering the great number of geological researches which have been done, in the last decade, mostly by Government organizations.

The concentration techniques, now used by *garimpeiros*, are so rudimentary and consist of feldspar hand sorting, in the site where primary detonation is performed. In the first step, feldspar is

visually selected as potassium or sodium feldspar and then is classified in two types, according to its purity. The small grains of tantalite minerals are considered as tailing because difficulties are encountered in recovering them by hand sorting.

After evaluation of the literature on mining and industrial processing of pegmatite, three obstacles are foreseen: i) Pegmatite reserves are so small, especially if compared each isolated body, mainly the heterogeneous pegmatite. ii) Difficulties to keep an uniform feeding, imagining a hypothetical central unit processing pegmatite from different deposits and iii) scarcity of water, in the semi-arid region, making unavailable the pegmatite beneficiation process.

The market study foresees a demand increase of 200,000 ton/year of feldspar, when comparing with the 1997 production (223,000 ton), taking a pessimist point of view. Considering a usual scenario, with an increase of 15% in the porcelain production, the production increment in 2005 will be close to 300,000 ton/year. After the mid-nineties, new uses for tantalum in the electronic industries promoted an annual demand increase of 24%, projecting an increase close to 9-10% per year.

In our conclusion we recommend a pilot project, with the criteria as follows: i) recovery of the whole economic minerals contained in the pegmatite. ii) Improved quality and normalization of the mineral products from the pegmatite mining. iii) Introduction and adequacy of technologies, according to the economic, social and environmental local needs. iv) Introduction

of appropriate marketing practices for the mineral products and v) local human resources training program directly involved in the local mining clusters.

**Key words:** pegmatite, muscovite, beryl, spodumen, feldspar, quartz, kaolin, tantalite, ambligonite, cassiterite.

# 1. Introdução

Foi realizada, entre os dias 20 a 26 de Janeiro de 2002, uma viagem prospectiva ao Nordeste, com o objetivo de elaborar um diagnóstico atualizado sobre as atividades mineiras relacionadas aos pegmatitos do Nordeste e, com base no mesmo, propor idéias e ações visando ao aproveitamento racional e integrado deste importante recurso mineral.

O grupo de pesquisadores que participou integralmente da viagem prospectiva foi constituído pelos seguintes técnicos, convidados pelo CETEM:

Dr. Fernando Freitas Lins – Eng. Metalurgista – Pesquisador do CETEM.

Dr. Adão Benvindo da Luz – Eng. De Minas – Pesquisador do CETEM.

Dr. José Mário Coelho – Eng. de Minas - Consultor

Dr. Ruy Fonseca Lima – Geólogo – Presidente da CBPM.

Dr. José Carlos Cunha – Geólogo - CBPM

Dr. Bernardo Piquet – Eng. de Minas – Consultor

Dr. Mário Jorge Costa – Geólogo de Exploração – Consultor

A logística e a organização da viagem a partir de Recife, incluindo o roteiro de visitas à empresas, órgãos públicos, cooperativas, associações de produtores e a minerações ficou a cargo do Eng. de Minas Marcelo Soares Bezerra, Superintendente da CPRM em Recife. O Geólogo Júlio de Rezende Nesi da CPRM-Recife, acompanhou o Grupo como “guia de campo” durante toda a excursão.

A metodologia dos trabalhos teve como premissa básica a busca da participação efetiva dos diversos atores regionais e locais, eventualmente envolvidos em um processo solidário, com vistas ao soerguimento em bases sustentáveis do aproveitamento racional dos recursos minerais dos corpos pegmatíticos.

Sob este enfoque, foram realizados seminários, reuniões, e visitas técnicas, envolvendo representantes das Universidades Federais e Privadas dos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, CPRM, DNPM, Companhias Estaduais de Mineração – CBPM (Bahia) e CDRM (Paraíba), Cooperativa e Associação de Pequenos Mineradores, Empresas Industriais de produtos cerâmicos, Empresas de Mineração e fornecedoras de matéria prima para o setor ceramista, e garimpeiros.

Procurou-se, desta forma, **ouvir** os integrantes e participantes ativos da problemática do aproveitamento dos recursos de pegmatitos no Nordeste, na sua projeção mais ampla. A discussão aberta, e a troca de experiências sobre os diversos temas de interesse, foi sempre incentivada, de modo a propiciar uma visão atual dos problemas que emperram o desenvolvimento racional e sustentável deste setor produtivo primário.

O presente documento relata as atividades desenvolvidas durante a viagem prospectiva e apresenta um diagnóstico sobre o estágio atual do setor de mineração e usos dos minerais de pegmatitos na Província Seridó-Borborema (PB/RN). Também apresenta sugestões de ações abordando os temas – Geologia e Pesquisa Geológica; Lavra; Beneficiamento e Comercialização, que poderão transformar a atividade extrativa mineral no Nordeste, através da inovação tecnológica e de métodos (hoje basicamente de natureza artesanal, descontínua e predatória) em uma atividade sustentável, racional e com forte impacto sócio-econômico nas comunidades envolvidas e na região como um todo.

O projeto a ser desenvolvido para apresentação à Secretaria de Minas e Metalurgia – SMM/MME, ou a outras instituições / programas de fomento, deverá ser fundamentado em dois marcos reguladores básicos, a saber:

- 1) A percepção da enorme importância econômica atual representada pelos recursos minerais contidos nas centenas de corpos de pegmatitos ocorrentes na Província Pegmatítica Seridó-Borborema, como reflexo da presente e projetada condições de mercado, para bens minerais de uso cerâmico, de um lado, e dos metais raros (particularmente Tântalo) com demanda crescente em aplicações de alta tecnologia, de outro. Na mesma linha de

raciocínio enquadram-se as Províncias pegmatíticas do Ceará (Solonópolis-José de Alencar), do oeste do Rio Grande do Norte (Tenente Ananias) e do sul da Bahia (Itambé).

2) Reverter em benefício da melhoria das condições sócio-econômicas das comunidades locais (pequenos mineradores e garimpeiros), os resultados econômicos resultantes da pesquisa, lavra, beneficiamento e comercialização, racional e sustentável dos bens minerais de pegmatitos naquela Província.

Dentro deste enfoque, o projeto deverá propor ações multidisciplinares, tendo como atores entidades regionais de pesquisa tecnológica, instituições regionais de ensino, associações locais de pequenos mineradores e garimpeiros, empresas de mineração e industriais, entidades estaduais de apoio e fomento,

Adão Benvindo da Luz et al.

consultores independentes, formando uma ampla rede sob a liderança do CETEM.

## 2. Atividades desenvolvidas

Apresentamos, a seguir, um relato das atividades desenvolvidas pelo Grupo durante a viagem, e que consistiram em reuniões técnicas de trabalho com entidades locais e regionais e em visitas técnicas a unidades produtivas do setor.

### 2.1 Reuniões técnicas

#### 2.1.1 Seminário de abertura em Recife – Dia 21.01.02

Reunião de trabalho no Auditório da CPRM-Recife, coordenada pelo Dr. Marcelo Soares Bezerra e pelo Dr. Fernando Freitas Lins – CETEM, tendo como tema uma releitura sobre as *Províncias Pegmatíticas do Seridó (PB/RN) e do Sul da Bahia*. Participaram ativamente da reunião 31 profissionais da área mineral, incluindo o Grupo visitante, todos com larga experiência sobre os diversos aspectos do tema abordado, representantes das seguintes entidades regionais: CPRM (RE); CBPM (BA); UFPE(PE); CDRM (PB); UFRN (RN); Fundação ITEP (PE), CAULISA (PB). Os temas programados foram apresentados por: Dr. Adão B. da Luz – (*Projeto de Aproveitamento Racional e Integrado dos Pegmatitos do Nordeste-Insumos para Novos Materiais; Aproveitamento de Alaskitos-Carolina do Norte-EUA*); Geólogo Julio Nesi - CPRM (*Os Pegmatitos da Borborema*); Geofísico Roberto Gusmão – CPRM (*Aplicação de Métodos Geofísicos na Pesquisa e Lavra de Pegmatitos*); Geólogo José Carlos Cunha – CBPM (*Os Pegmatitos do Sul da Bahia*); Eng. de Minas José Mário Coelho – Consultor (*Feldspato e Pegmatitos do Nordeste: Oportunidades e Ameaças*).

Foi discutida a CAPACITAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES REGIONAIS como eventuais parceiras do futuro Projeto. As instituições foram representadas como segue: UFPE – Departamento de Minas, cujas apresentações estiveram a cargo do Prof. Dr. Marcelo Reis Rodrigues da Silva (*Geologia e*

*Mineralogia*) e do Prof. Dr. Áureo Octávio Del-Vechio Machado (*Tecnologia Mineral*); UFRN – Departamento de Geologia, representado pelo Prof. Dr. Reinaldo Petta (*Sistema Cartográfico Digital Geo-referenciado aplicado ao mapeamento de áreas Pegmatíticas*); e pela Profa. Dra. Raquel Franco de Souza Lima (*Qualificação e Certificação de Lascas de Quartzo de Pegmatitos para uso na indústria de quartzo cultivado*); CDRM-PB – Geólogo José Eduardo (*Disponibilidade de Equipamentos de Sondagem e de Logística para Operações de Campo*).

A atitude do Grupo visitante, da mesma forma que a dos demais presentes, foi extremamente pró-ativa, gerando discussões e forte intercâmbio de idéias sobre todos os temas abordados, numa demonstração do enorme potencial disponível para a efetiva concretização dos objetivos do projeto proposto, no formato de uma operação multidisciplinar e multiparticipativa.

## **2.1.2 Reunião com o Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ – Dia 22.01.02**

Reunião Presidida pelo Sr. Reitor do UNIPÊ. Além do Grupo visitante, participaram da reunião, como membros do UNIPÊ, o Prof. José Loureiro Lopes, Pro-Reitor de Pós-Graduação; e os Professores Marcelo Borges da Fonseca e Abelcí Daniel, ambos Geólogos responsáveis pelo Núcleo de Pesquisa de Geografia do UNIPÊ. O Prof. Marcelo Borges discorreu, com base na experiência adquirida em um Projeto Piloto, já concluído, a capacitação do UNIPÊ na área específica de cartografia digitalizada e interpretação de imagens de satélite multi-bandas ou multi-espectrais (Sistema AVIRIS), para verificar as possibilidades oferecidas pela análise de dados espectrais na diferenciação da mineralogia de solos tropicais. Discutiu-se a possível inserção desta tecnologia como elemento auxiliar à pesquisa e exploração geológica na Província Pegmatítica.

## **2.1.3 Reunião com a UFPB – Campus de João Pessoa – Dia 22.01.02**

Laboratório de Materiais, representado pelo Prof. Dr. Luiz Renato de Araújo Pontes, e ao CCEN – Programa de Pós – Graduação em Química, Prof. Dr. João Bosco Lucena de Oliveira. Foi discutida a capacitação desta unidade de pesquisa no processo de caracterização, qualificação e formulação de misturas de matérias primas minerais para a indústria cerâmica, especialmente no campo das argilas. Programas de pesquisa em parcerias com as indústrias locais e regionais já foram executados ou estão em andamento. Já há portanto uma experiência e o desejo de executar projetos em parcerias com outras instituições.

## 2.1.4 Reunião com a Cooperativa dos Mineradores Potiguares (UNIMINA) – Dia 24.01.02.

Este encontro realizou-se em Currais Novos, RN, sob a coordenação do seu Presidente, Sr. Raimundo Bezerra Guimarães (**Machado**). Trata-se de uma Cooperativa que já reúne cerca de 26 associados, todos pequenos mineradores (ou garimpeiros) locais e que lavram de forma artesanal, intermitente e com baixos rendimento minerais de pegmatitos, especialmente feldspato, albita, e como sub-produtos, tantalita, berilo e mica. Os baixos preços pagos pelas indústrias cerâmicas se constituem no maior obstáculo para o desenvolvimento da atividade. Para possibilitar o beneficiamento dos materiais destinados às cerâmicas, planeja a UNIMINA instalar uma Unidade Central de Processamento, para processar o ROM (Run of Mine) produzido por todos os cooperados, à semelhança da ARMIL (Mineração do Nordeste Ltda.), agregando valor aos produtos através dos procedimentos tecnológicos recomendados. A preocupação com controle e qualidade é também um item programático da UNIMINA, que pretende para tanto instituir o SELO MINERAL DO SERIDO, certificado por entidades independentes para os produtos da Cooperativa. Outras metas programáticas da UNIMINA incluem a instituição de parcerias com empresas locais, com entidades públicas e comunitárias, treinamento e capacitação profissional e a busca de novas tecnologias e processos desde a área de lavra e beneficiamento, até o marketing e comercialização dos produtos. Enfim, a UNIMINA busca, na prática, a concretização de uma Rede ou Aliança Estratégica para estabelecimento e fortalecimento de um arranjo produtivo local, voltado ao aproveitamento dos recursos minerais dos pegmatitos.

## **2.1.5 Reunião com a Associação dos Mineradores de Parelhas/RN, (AMPA):**

Este encontro realizou-se na cidade de Parelhas, RN, sendo a AMPA representada pelo seu Presidente, Sr. João Pedro de Araújo Neto (Neto de Régia). A AMPA reúne atualmente 41 associados que, juntamente com seus familiares, envolve o trabalho de cerca de 120 pessoas nas frentes de garimpo. São todos pequenos garimpeiros, geralmente trabalhando sob regime de arrendamento das frentes da lavra, portanto pagando “royalty”, seja aos proprietários da terra, seja aos detentores do direito mineral.

A produção de feldspato e albita é vendida a ARMIL, que mantém para cada associado uma curiosa planilha de conta corrente onde o crédito do fornecedor só tende a cair. Os preços praticados por ocasião da visita eram: Feldspato Tipo A R\$22,00/t, Tipo B R\$17,60/t e “Prego” R\$14,20, preços posto no pátio da ARMIL, o que inclui frete de R\$6,00/t, pago pelo garimpeiro. A ARMIL ainda desconta 5% para cobrir perdas no beneficiamento na sua própria indústria. No início de suas operações, há cerca de dois anos, a ARMIL praticava preços entre R\$ 22,00 e R\$18,00 por tonelada de feldspato, no pé da banqueta, isto é, o garimpeiro não era onerado com os custos de frete e descontos de perdas na indústria. Portanto, neste período observou-se uma substancial deterioração dos termos de comercialização, em detrimento dos garimpeiros.

## **2.1.6 Reunião com a CDRM – Cia. de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba, em Campina Grande – Dia 25.01.02**

Recebeu o Grupo o Geólogo José Alberto Campos da Silva, Diretor Presidente da CDRM, que presidiu a reunião de trabalho. Após uma exposição dos motivos e objetivos da visita do Grupo, o Sr. Diretor Presidente da CDRM discorreu sobre as atividades do órgão que dirige, enfatizando as prioridades atuais voltadas à

pesquisa e perfuração de poços para captação de água subterrânea. No entanto, disponibilizou a infraestrutura e equipamentos de pesquisa mineral, de propriedade da CDRM, atualmente ociosos, que poderiam ser eventualmente agregados a um futuro Projeto. Disponibilizou também as equipes técnicas da empresa para participar no processo de negociação com proprietários e garimpeiros, quando dos entendimentos para formação de associações ou cooperativas de produção semelhantes às existentes em Currais Novos e Parelhas. O Dr. José Alberto enfatizou, sobremaneira, o desejo da CDRM em participar ativamente da rede executora do futuro Projeto dos Pegmatitos nas atividades localizadas na Paraíba.

## **2.1.7 Reunião com o Departamento de Materiais e Engenharia de Minas da UFPB – Campina Grande – Dia 25.01.02**

A reunião foi conduzida pelo Prof. Aarão Lima, titular do Departamento, nos moldes dos encontros já comentados com outras instituições. A UFPB relatou a experiência vivenciada em vários anos de trabalho na Província Borborema-Seridó, em especial o empreendimento pioneiro de uma Mina Escola, um Campus Avançado da Universidade, localizado no Município de Santa Luzia/PB. A proposta da Mina Escola foi desenvolvida a partir de uma lavra subterrânea, em um pequeno depósito de Scheelita. A Mina Escola, por várias razões, teve que ser desativada, porém ainda dispõe de equipamentos de lavra e beneficiamento, que em tese poderiam ser aproveitados nas operações em pegmatitos. Ademais, a infraestrutura disponível no local (galpões, alojamentos, laboratórios etc) poderiam ser o embrião de um futuro núcleo para beneficiamento de minerais de pegmatitos, já que a distância de zonas produtoras de minerais de pegmatitos não deve ultrapassar 80 km, em estradas normalmente pavimentadas. A UFPB-Campina Grande disponibiliza os equipamentos e instalações do seu Campus Avançado, para uso do Projeto Pegmatitos que, neste caso, deveria também voltar a ser um núcleo de treinamento e capacitação profissional para suprir as demandas das novas metodologias a serem inseridas na região.

## 2.1.8 Comentários

É nossa opinião que a UNIMINA (Currais Novos) bem como a Associação dos Mineradores de Parelhas/RN representam um estágio embrionário de arranjos produtivos locais onde o segmento associativo dos atores/produtores já está com certo nível de organização. É portanto um campo fértil para inserção de novas tecnologias, desde as etapas de geologia e lavra integral dos pegmatitos, passando pela classificação, beneficiamento e caracterização dos diversos minérios, até a certificação e venda dos mesmos a preços justos, resultando em melhor remuneração aos produtores locais, com reflexos positivos nas condições sócio-econômicas dos mesmos.

## 2.2 Visitas Técnicas

Com o intuito de adquirir informações sobre o setor produtivo ligado ao aproveitamento de minerais de pegmatitos, tanto nas etapas de extração e beneficiamento, como na comercialização e industrialização final dos produtos, foram visitadas diversas unidades produtivas da região, descritas a seguir:

### 2.2.1 Visita à fábrica de pisos e revestimentos cerâmicos Elizabeth Porcelanato S/A – Dia 22.01.02

Esta visita foi articulada pelo Eng. Bernardo Piquet. Trata-se da mais moderna indústria de pisos cerâmicos instalada no Nordeste, pioneira na fabricação de *Porcelanato*, usando tecnologia e equipamentos de última geração, de origem italiana, com mono queima à gás natural. A fábrica tem capacidade instalada para produção de 5.000 m<sup>2</sup>/dia de ladrilhos de porcelanato, estando no momento operando a cerca de 40% desta capacidade. Os produtos destinam-se aos mercados interno e externo. As matérias primas minerais utilizadas são: feldspato (cerca de 60% da massa), oriundo dos pegmatitos da região de Pedra Lavrada, Parelhas e Currais Novos; argilas plásticas oriundas de Oeiras (PI) e Boa Vista (PB) e areias quartzosas comuns, de fontes locais. A Elizabeth

dispõe de minas próprias de feldspato em pegmatitos no Município de Pedra Lavrada, PB, porém, curiosamente, se negou a permitir a visita do Grupo às mesmas. Segundo informações colhidas durante a viagem, a Elizabeth também compra feldspato de pequenos garimpeiros.

## **2.2.2 Visita a União Brasileira de Mineração – UBM – Dia 23.01.02**

Instalada em Soledade, PB, produtora de feldspato, quartzo, mica e outros minerais de pegmatitos. A UBM também beneficia argilas bentoníticas, porém no momento tem sua maior atividade centrada na produção de vermiculita de mina própria situada no município de Santa Luzia, PB. As instalações da empresa em Soledade dispõem de britadores, moinhos de bolas e moinhos pendulares, além de outros equipamentos auxiliares. As unidades de moagem operam em circuito fechado com aero-classificadores, produzindo em cada linha de produto, i.e., bentonita, feldspato (potássico), albita (feldspato sódico) e quartzo, nas granulometrias abaixo de 200 e 325 malhas. Em linhas gerais, as linhas de produção seguem um fluxograma clássico para circuitos de moagem/classificação de minerais industriais. As fontes primárias de minerais de pegmatitos são jazidas próprias e principalmente pequenos fornecedores (garimpeiros) da região de Pedra Lavrada e municípios adjacentes.

## **2.2.3 Visita à Mineração do Nordeste Ltda (ARMIL) – Dia 23.01.02**

Localizada em Parelhas, RN. Trata-se da mais nova unidade de beneficiamento (britagem, moagem, caracterização e classificação) de matérias primas minerais para a indústria cerâmica, especialmente feldspato, albita, argilas plásticas e quartzo. Esta empresa já usa rotineiramente tecnologia moderna, particularmente no controle e qualificação dos produtos, obviamente atendendo às imposições do mercado, agregando maior valor aos produtos, com reflexos positivos nos seus

resultados financeiros. A ARMIL representa, no contexto regional, uma enorme evolução tecnológica com vistas à valorização das matérias primas oriundas de pegmatitos da Província do Seridó, para a indústria cerâmica. É uma empresa recém instalada a um custo superior a R\$ 4 milhões, sendo 70% financiado pelo Banco do Nordeste do Brasil-BNB. Tem uma capacidade instalada de 50.000 t/mês de minério britado abaixo de ½ polegada, e 5.000 t/mês de feldspato moído nas granulometrias abaixo de 200 e 325 malhas.

## **2.2.4 Visita à Mineração Ubadeira – Dia 24.01.02**

Município de Currais Novos, RN, a cerca de 40 km a NE. Trata-se de uma empresa produtora de feldspato e albita destinados à indústria cerâmica. A mineração é instalada em um pegmatito heterogêneo com mais de 300 metros no sentido longitudinal e cerca de 10-15 metros de espessura. O corpo pegmatítico tem um mergulho da ordem de 30°, fato relativamente incomum na província do Seridó. Apesar de ter um certo nível de acompanhamento técnico (a empresária é Geóloga), a lavra é conduzida no estilo garimpeiro tradicional da região. A operação conta com um pequeno compressor de ar e o minério, após o desmonte com explosivos, sofre uma cata manual realizada na própria frente de lavra, onde os rejeitos (quartzo, mica e “prego”) são descartados. O feldspato e a albita são conduzidos para um pequeno britador de mandíbulas, britado e classificado em uma peneira de ½ polegada. O produto britado e classificado é então carregado manualmente (carro de mão) em carretas de 25 a 30 toneladas de capacidade, que o transporta para as cerâmicas de Santa Catarina ou São Paulo. O feldspato é vendido ao preço de R\$ 40,00/t e o custo do frete até São Paulo e Santa Catarina é de R\$ 70,00 e R\$ 90,00/t, respectivamente. O feldspato não britado é vendido a empresas do Nordeste ao preço de R\$ 17,00/t.

## **2.2.5 Visita ao Pegmatito Malhada Vermelha – Dia 25.01.02**

Visitou-se uma frente de lavra garimpeira de associados da

AMPA, instalada em um pegmatito heterogêneo de grande porte, a cerca de 30 km de Parelhas, produzindo feldspato, albita, mica e tantalita. É um exemplo típico da garimpagem clássica de pegmatito no Seridó, uma operação predatória, intermitente, de alto risco para os operários e de baixo rendimento econômico e de aproveitamento inadequado do depósito. Mais uma vez fica óbvio a necessidade de se introduzir inovações desde as etapas de geologia e lavra, passando pelo beneficiamento, certificação do produto e comercialização, conforme já comentado nos exemplos anteriores.

## **2.2.6 Visita à lavra e ao beneficiamento de caulim de Junco do Seridó – Dia 25.01.02.**

Na mesma região, incluindo os municípios de Junco do Seridó, Equador e Juazeirinho, existe uma intensa atividade de lavra artesanal de caulim em veios pegmatíticos intemperizados encaixados, principalmente, nos quartzitos da Formação Equador. O *Run of Mine*-ROM produzido nestas escavações primitivas e de alto risco é, atualmente, lavado localmente em pequenas unidades, também tecnologicamente primitivas e de baixo rendimento. Como sub-produto da lavagem de caulim, recuperam-se concentrados de tantalita. Algumas empresas de certo porte, para a escala regional (CAULISA e Caulim do Nordeste) também extraem caulim em pegmatitos próprios, o qual é beneficiado em instalações com melhor nível de tecnologia, localizadas em Campina Grande e em Juazeirinho, PB. A exigüidade de tempo não permitiu a visita do Grupo a estas empresas. A importância mercadológica do caulim do Seridó se deve à sua excepcional qualidade para “coating” e/ou carga de papéis especiais, além de aplicações na indústria de cosméticos e de pastas higiênicas. Tanto nas etapas de pesquisa e lavra, como da mesma forma nos processos de lavagem, beneficiamento e branqueamento, a situação observada nesta região é de extrema penúria, em que pese o valor elevado dos bens minerais produzidos. Foi opinião unânime do Grupo que o cenário lá observado se enquadra, sob todos os critérios, como região adequada à implantação de um núcleo de um futuro projeto, visando ao estabelecimento de uma estrutura produtiva organizada, nos moldes do que já foi descrito em Parelhas e Currais Novos, capaz de absorver novas tecnologias em um arranjo produtivo auto-sustentado.

## 2.2.7 Visita a pequenas unidades de corte de Quartzitos para revestimentos de paredes e pisos para construção civil – Dia 25.01.02.

Esta é uma atividade já tradicional, em Junco do Seridó, baseada na extração de quartzito laminado, em chapas de 1 a 2 cm de espessura, das extensas jazidas da Formação (Quartzito) Equador, que dominam a região limítrofe da Paraíba e Rio Grande do Norte, no Município homônimo. É uma situação comparável ao que se conhece em São Tomé das Letras, Sul de Minas Gerais, que produz, hoje, em larga escala, inclusive para o mercado externo, a famosa “Pedra São Tomé”. No caso de Junco/Equador, são quartzitos micáceos de cores variegadas, com ampla aceitação no mercado de pedras decorativas do Nordeste. Fazendo um paralelo com São Tomé e em especial com a experiência do CETEM no núcleo produtor de pedras ornamentais de Santo Antonio de Pádua, RJ, acreditamos que a situação de Junco do Seridó dispõe de todas as condições de evoluir de forma semelhante aos exemplos citados, desde que lhe sejam oferecidas oportunidades de se organizar em Associações ou Cooperativas de produtores, com o suporte organizacional, tecnológico, financeiro e de desenvolvimento de *marketing* e comercialização, que o futuro Projeto poderá oferecer.

## 2.2.8 Comentários

As modernas inovações tecnológicas, gerenciais e de marketing observadas nas indústrias visitadas, sejam de pisos e revestimentos cerâmicos ou beneficiadoras de minerais industriais, em particular, minerais de pegmatitos, para aplicação nas indústrias cerâmicas, cujos exemplos mais proeminentes seriam a Elizabeth Porcelanato e a ARMIL, lamentavelmente morrem no portão da fábrica.

Como pode-se deduzir das entrevistas conduzidas nas diversas empresas e instituições visitadas, a etapa crucial de extração dos minerais de pegmatitos que irão suprir as modernas

unidades industriais (financiadas por bancos e instituições oficiais, como BNDES, BNB, FINOR) continuam operando com métodos artesanais de mais de meio século, sendo os pequenos produtores (garimpeiros) ainda submetidos a um regime de semi-escravidão, sem nenhuma garantia de preços ou qualquer proteção ou direitos sociais (Gilberto Freire chamaria de “sistema de cambão” que prevaleceu nos engenhos de açúcar da zona da mata do nordeste). Esta outra face da moeda, isto é, o sistema produtivo primário prevalecente na Província Pegmatítica Seridó - Borborema, é de caráter colonizador e escravagista. Mudar esta situação, no nosso entendimento, se constitui no cerne e na razão de ser do projeto a ser proposto ao CT-Mineral.

Em resumo, durante a viagem prospectiva foram contactados representantes de três Universidades Federais (UFPE; UFPB - campus de João Pessoa e Campina Grande; UFRN); um Centro Universitário privado (UNIPÊ – João Pessoa); três empresas industriais e de mineração; duas Cooperativas/Associações de pequenos produtores e três frentes de pequena mineração e garimpos, do que resultou uma visão real, ainda que incompleta, do presente *status* das pequenas minerações de pegmatitos no Nordeste, do seu potencial de crescimento e dos recursos acadêmicos e tecnológicos regionais que poderão ser mobilizados com vistas ao soerguimento sustentável deste importante setor produtivo primário.

## 3. Geologia e pesquisa mineral

### 3.1 Generalidades

#### 3.1.1 Pegmatitos

Genericamente falando, são corpos de rocha de composição basicamente granítica (quartzo-feldspática-mica), de granulação geralmente grossa, muitas vezes exibindo cristais gigantes, encaixados em estruturas lineares desenvolvidas em terrenos metamórficos, geralmente de idade pré-Cambriana, como veios ou lentes, de forma e tamanho variados. Pegmatitos-graníticos constituem a maior fonte, em termos mundiais, de alguns metais raros, particularmente tântalo, além de representarem importantes depósitos de berílio, estanho, lítio, mica, gemas coradas, feldspatos, caulim e quartzo. A gênese dos pegmatitos graníticos é um tema controverso, podendo estar relacionada à concentração dos fluidos terminais em um processo de diferenciação nas zonas de cúpula de maciços intrusivos graníticos, ou a fenômenos de mobilização metassomática de fluidos quartzo-feldspáticos preenchendo zonas de alívio de pressão em pacotes de rochas afetadas por metamorfismo regional (RAMBERG, H; 1958).

#### 3.1.2 Classificação de pegmatitos

Em que pese as diversas classificações de pegmatitos encontradas na literatura nacional e internacional: SCORZA (1944); JOHNSTON JR (1945); ROLFF (1945); CAMERON et al. (1949); ROY & MADON (1964); todos citados por DA SILVA & DANTAS, DNPM (1984), na Província Seridó-Borborema, foi consagrada pelo uso a classificação proposta por JOHNSTON JR e modificações posteriores introduzidas por ROLF, que hoje se tornaram clássicas. Baseia-se na aplicação de conceitos meramente morfológicos-mineralógicos, de extrema simplicidade

e aplicabilidade prática no dia a dia da mineração. Com efeito, os pegmatitos da Província são classificados simplisticamente nos tipos: *HOMOGÊNEOS*, quando não exibem zoneamento mineralógico interno; *HETEROGÊNEOS*, caracterizados, entre outros critérios, por exibir um consistente zoneamento mineralógico e textural interno, em quatro zonas bem definidas e, idealmente, simétricas em relação ao eixo longitudinal do corpo. ROLF (1945) acrescentou a denominação de pegmatitos *MISTOS*, aplicável aos corpos que exibem núcleos irregulares de cristais gigantes de quartzo e feldspato inseridos em maciços que seriam normalmente enquadrados como pegmatitos homogêneos. Maiores detalhes são encontrados em DA SILVA & DANTAS, DNPM (op. cit).

### 3.1.3 Potencial econômico dos pegmatitos

Do ponto de vista econômico, os pegmatitos heterogêneos, ou zonados, são os que historicamente registram, de longe, na Província, o maior volume de produção de minerais metalíferos, micas e pedras coradas e também de feldspatos nobres para fins cerâmicos e indústria de vidros. No entanto, zonas de dominância de pegmatitos homogêneos e mistos (por exemplo, Seridozinho, Tara e Pedras Pretas, PB), têm registros históricos de alta produção de tantalita, cassiterita, espodumênio e berilo, a partir de mineralização disseminada, de baixo atrativo para a técnica usada pelos garimpeiros, porém ideal para operações mecanizadas de desmonte integral em grandes volumes. A notória ausência de pesquisas sistemáticas na Província Seridó-Borborema tem privilegiado a exploração dos pegmatitos heterogêneos, em razão dos mesmos, via de regra, se destacarem como “altos”, ou ressaltos topográficos mais resistentes à erosão, sendo portanto de fácil localização pelos garimpeiros e prospectores. A tendência de se considerar os pegmatitos homogêneos, prioristicamente, como estéreis é o resultado de uma abordagem simplista, empírica e sem base científica provada. Na presente conjuntura de valorização dos feldspatos como carro-chefe de uma política de aproveitamento dos recursos dos pegmatitos, os tipos homogêneos devem ser devidamente pesquisados e valorizados, o que poderá abrir espaço para projetos de lavra racional com desmonte total do corpo de minério e subsequente beneficiamento

com possibilidades de operação auto-sustentável, de longo prazo. Mantidas as devidas proporções, o modelo descrito pelo Dr. Adão B. da Luz, no Seminário do Recife, sobre o aproveitamento de Alaskito, na Carolina do Norte, USA, é perfeitamente plausível de se aplicar a certas situações na Província Seridó-Borborema.

### **3.1.4 Breve histórico da lavra dos pegmatitos**

Os primeiros registros de atividades incipiente de lavra de minerais de pegmatitos na Província Seridó-Borborema datam da época da I Guerra Mundial, visando a produção de mica, MORAES (1924). Segundo DA SILVA & DANTAS (Op.Cit), a partir da segunda metade da década de 30, intensificou-se a busca por minerais de tântalo e nióbio, o que desencadeou uma onda de exploração de pegmatitos, que atingiu seu ápice durante a II Guerra Mundial. É importante salientar que toda a operação foi conduzida pelo DNPM, e pela Comissão Americana de Compras, com o suporte técnico do U.S. Geological Survey. Em razão das demandas do esforço de guerra, a prioridade era produzir a qualquer custo, induzindo na região uma cultura de lavra ambiciosa e predatória, em muito facilitada pelo grande número de pegmatitos aflorantes na Província, o que perdura até hoje. Após a guerra, o aproveitamento de minerais de pegmatitos tornou-se uma atividade sazonal, comandada, seja pela busca de meios de sobrevivência pelos sertanejos, em épocas de secas prolongadas, seja por eventuais episódios de melhoria de preços no mercado internacional para os minerais metalíferos. Nas últimas duas décadas, observou-se o deslocamento lento e gradual do interesse do mercado para os minerais industriais, especialmente feldspatos e caulim, para suprir as indústrias cerâmicas instaladas nas regiões Nordeste e Sudeste, o que tem suportado uma certa continuidade na atividade extrativa de minerais de pegmatitos, porém, mantendo-se, lamentavelmente os velhos paradigmas de garimpagem desordenada, predatória e pessimamente remunerada.

## **3.2 Situação presente**

A Província Pegmatítica do Seridó-Borborema é um tema

recorrente na bibliografia geológica do Nordeste há mais de meio século, isto é, desde quando minerais de pegmatitos foram avidamente buscados para suprir as necessidades de tântalo, estanho, berílio e lítio das potências aliadas na Segunda Guerra Mundial.

**Quadro 1 - Investimentos programados por empresas juniores em pesquisa de tântalo**

<b>EMPRESA</b>	<b>Invest. Programados</b>
<b>1. CANADA</b>	
NAVIGATOR /HIGHWOOD	CN\$ 3,5 milhões
NAVIGATOR / CHAPLEAU	CN\$ 1,5 milhão
WAR EAGLE / STRATEGIC METALS	Projeto pesquisa de 3 anos
PLATINOVA RESOURCES	CN\$ 0,75 milhão
PLATINOVA /MURGOR	CN\$ 0,100 milhão
COMMERCE RESOURCES	Não Informado
MONTELLO RES.	CN\$ 0,1 milhão+Shares + N.E.
CONSOLIDATED EXCELLERATED RES.	Não Informado
FIRST NARROWS RES.	Não Informado
AVALON VENTURES / GLOBAL CANADA	CN\$ 5,0 milhões
<b>2. AUSTRALIA</b>	
AUSTRALASIAN GOLD MINES	AU\$ 10,0 milhões
SONS OF GWALIA	AU\$ 70 milhoes (expansão)
HADDINGTON INTERN. RESOURCES	N.E.
BEEFTON MINING	AU\$ 2,0 milhões
<b>3. GROELÂNDIA</b>	
ANGUS & ROSS	U\$ 2,736 milhões

Entre os anos sessenta e o fim do século passado, agências de Governo, como SUDENE, DNPM e CPRM; empresas de Governos Estaduais (CDRM, CBPM) e Universidades, particularmente as dos Estados do Nordeste, direcionaram esforços valiosos para o estudo de pegmatitos e às curiosidades mineralógicas a eles associadas.

Deve-se então supor, em função do elevado volume de recursos técnicos e financeiros investidos no estudo dos pegmatitos e pelo expressivo número de trabalhos publicados e relatórios técnicos produzidos, que a comunidade acadêmica e os órgãos de Governo conhecem profundamente a geologia e a

mineralogia dos pegmatitos.

Não obstante, há evidências de que **não houve transferência** destes conhecimentos em benefício da comunidade produtiva, no caso o pequeno minerador, ou garimpeiro, o que se reflete nas primitivas e precárias práticas de aproveitamento dos pegmatitos que ainda dominam a atividade nesta região. Há, portanto, um hiato entre o nível de conhecimentos geológico-científico da geologia dos pegmatitos e a aplicação prática deste acervo de conhecimentos, no sentido de inserir melhorias nos métodos e processos do pequeno minerador.

Ironicamente, não há registro da descoberta de nenhum pegmatito produtivo entre os cerca de 4 mil já catalogados na Província Seridó-Borborema através da aplicação de métodos de exploração (pesquisa) geológica. **Todas as descobertas são creditadas aos garimpeiros.**

Infere-se destes fatos que a contribuição efetiva da pesquisa geológica para o desenvolvimento da produção mineral dos pegmatitos no Nordeste tem sido mínima ou ausente, contrariamente ao que ocorre em diversos distritos pegmatíticos do mundo, onde a pesquisa geológica sistemática tem permitido a avaliação econômica prévia e a implantação de eficiente atividade de mineração e estimulado a aplicação de vultosos investimentos na pesquisa e desenvolvimento de novos corpos de minério.

Por exemplo, segundo matéria publicada pelo The Northern Miner (2001), além de outras fontes, nada menos que dezoito empresas de exploração mineral estão no momento envolvidas com projetos de pesquisa de pegmatitos focados em fontes de tântalo, com investimentos programados na casa de dezenas de milhões de dólares, em projetos no Canadá, Alaska, Austrália e Groelândia (Vide Quadro 1).

Na maioria dos casos, os alvos são pegmatitos graníticos apresentando zoneamento interno ou não. Isto é, tanto os pegmatitos do tipo "heterogêneo" quanto os do tipo "homogêneo" são considerados como de potencial interesse econômico, contrariamente ao conceito generalizado no Nordeste, que privilegia aqueles, esquecendo-se destes. Os critérios adotados

nos programas de pesquisa já citados priorizam a mineralogia e a química do corpo mineral, o que reflete o seu maior ou menor grau de diferenciação, e seu potencial econômico, e como critério complementar, a sua estrutura ou zoneamento interno.

Este “preconceito” em relação aos pegmatitos homogêneos está claramente explicitado em BEZERRA et al. (1993), que entre os critérios de seleção de áreas para o estudo estabelece “*Que o depósito necessariamente possua zoneamento interno.*”

Aparentemente a pesquisa ou prospecção de pegmatitos na Província Seridó-Borborema, com o objetivo de avaliação econômica e planejamento de lavra, ainda se encontra em seus estágios preliminares ou simplesmente não existe, o que é amplamente reconhecido no relatório de BEZERRA et al. (1993). Procura-se, por outro lado justificar este equívoco histórico usando-se argumento do tipo “*o caráter irregular da mineralização dos pegmatitos é fator impeditivo para a sua avaliação econômica.*”

Os trabalhos de mapeamento e avaliação dos pegmatitos existentes resumem-se ao registro da expressão superficial de cada corpo sob forma de croqui geológico e as diversas “banquetas” ou “cortes” da lavra. Aparentemente, não existem mapas geológicos regionais, ou distritais, em escala adequada, com ênfase na representação dos corpos pegmatíticos.

Ainda que pareça incrível, praticamente não há registro de furos de sonda executado em pegmatito no Nordeste. Então, a terceira dimensão dos corpos mineralizados é totalmente desconhecida, excetuando-se o que foi exposto pelos trabalhos dos garimpeiros, que raramente alcançam 30 m. Em se tratando de uma Província Mineral extremamente prolífica e da extensão da Seridó-Borborema, esta constatação, acreditamos, constitui-se em caso único no mundo.

Quando se planeja o aproveitamento integral dos bens minerais de um pegmatito, presupõe-se a necessidade de uma avaliação econômica do corpo mineral, e de um planejamento de lavra, o que implica na obrigatoriedade de se conhecer sua extensão, em profundidade, através de sondagens geológicas complementadas por outros métodos de avaliação química e mineralógica.

Observou-se ainda que a ênfase na exploração dos pegmatitos foi direcionada por mais de quarenta anos à produção de minerais metalíferos (Ta, Be, Sn, Li), além da mica, em detrimento do aproveitamento dos minerais industriais (feldspatos e caulim). Por demanda das indústrias cerâmicas, e a concomitante deterioração dos preços dos metais, verificou-se nos anos recentes uma guinada em direção à produção dos minerais industriais, passando os minerais metalíferos a serem relegados a um segundo plano.

Ocorre que a partir da metade da década de noventa, novas aplicações para o tântalo nas indústrias eletrônicas, entre outras, geraram um crescimento na demanda da ordem de 24% ao ano e uma projeção de crescimento da ordem de 9-10% ao ano, até pelo menos 2005 (*The Roskill Consulting Group, 2002*). Esta evolução positiva na demanda refletiu-se obviamente em um aumento significativo de preço e estimulou um agressivo programa de investimentos em pesquisa de fontes de tântalo em nível mundial, especialmente focados em pegmatitos.

Estamos, portanto, diante de uma nova realidade do mercado, centrada em uma conjugação inédita de fatores, de um lado materializada por uma crescente demanda de minerais industriais e, de outro, por uma demanda também crescente de minerais metalíferos de pegmatitos. Esta constatação mercadológica, no que concerne à geologia, oferece uma oportunidade única, para aplicação da pesquisa geológica focada na avaliação econômica e no planejamento da lavra dos corpos de minério, com vistas ao aproveitamento integral e sustentável dos corpos pegmatitos, até mesmo daqueles já parcialmente (ou superficialmente) lavrados.

### 3.3. Sugestões de linha de ação

Os caminhos sugeridos para um futuro projeto que vise promover a melhoria de explotabilidade dos pegmatitos do Nordeste, através da inserção tecnológica, no que tange à Geologia e a Pesquisa Mineral, deverão abordar, entre outros, os seguintes temas:

- 1) Criação de um banco de dados dos Pegmatitos da Província Seridó-Borborema que deverá abrigar o maior número possível

de informações já existentes, atualmente dispersas em relatórios técnicos inéditos ou já publicadas, bem como as novas informações geradas no desenvolvimento do projeto. A utilização eficiente deste acervo de informações, de natureza multidisciplinar, é maximizada pelo uso de tecnologias que ofereçam ferramentas de gerenciamento e análises tais como as disponibilizadas pelo Sistema de Informações Geográficas (GIS). Sugere-se portanto a implantação de um banco de dados geo-referenciado, em formato digital, acessível a todos os possíveis usuários, isto é, à comunidade científica-acadêmica, aos profissionais envolvidos na pesquisa e lavra dos pegmatitos, às associações de mineradores e garimpeiros, às empresas de mineração, além de outras pessoas ou entidades eventualmente interessadas. O Prof. Dr. Reinaldo Petta, representando a UFRN, apresentou na reunião do Recife (21/01/02), o que seria o embrião deste futuro banco de dados.

2) No que tange aos aspectos de pesquisa geológica de âmbito regional, sugere-se a utilização das novas tecnologias de análises multi-espectrais de imagens de satélite multi-bandas (Landsat TM -7), tecnologia AVIRIS, hoje largamente utilizadas no levantamento de recursos naturais, incluindo exploração mineral. Esta tecnologia oferece, através de um método rápido e de baixo custo, a possibilidade de se discriminar o zoneamento mineral/metalogenético de uma província e indicar áreas prospectivas, por exemplo, para minerais metalíferos de pegmatitos em contraposição à zonas essencialmente quartzofeldspática. O trabalho piloto apresentado pelos Professores Marcelo Borges e Abelci Daniel na UNIPÉ - João Pessoa, ilustra muito bem a potencialidade do uso desta tecnologia como elemento de pesquisa geológica no Seridó-Borborema, principalmente quando integrada ao sistema GIS. Trata-se de uma ferramenta poderosa de pesquisa geológica, ainda não aplicada no Nordeste.

3) A tecnologia multi-espectral, que usa imagens de satélite como informação básica, evoluiu para os sistemas hiper-espectrais, que usa imagens geradas por sensores transportados por aeronave de pequeno porte em vôos de baixa altitude. Existem hoje sistemas hiper-espectrais no mercado que oferecem configurações desde 96 bandas (De Beers - Austrália), até 390 bandas (Ekwantec - Canadá). O salto qualitativo representado pelo uso de sensores hiper-espectrais aerotransportados e respectivos *softwares*, em relação ao uso de imagens de satélite (7 bandas), é acompanhado por uma enorme diferença de custos, o que provavelmente inviabilizaria o seu uso no projeto.

4) A contribuição maior que a geologia de exploração poderá oferecer diretamente aos garimpeiros e pequenos mineradores reside na pesquisa e definição espacial dos corpos pegmatíticos como um todo, sua forma, geometria, zoneamento, distribuição e qualificação dos minerais econômicos. Este leque de informações é um pressuposto necessário, não só para que se proceda à avaliação econômica do depósito, principalmente como subsídios para a elaboração de um plano racional de lavra. O procedimento metodológico que conduz a este conjunto de informações é multidisciplinar e envolve, em maior ou menor grau, as atividades seguintes:

a) Mapeamento geológico de detalhe, incluindo, quando for o caso, o mapeamento de cortes, banquetas, inclinados, e outros trabalhos de desenvolvimento já implantados pelos garimpeiros, complementado por amostragem sistemática. Este trabalho já vem sendo praticado tradicionalmente pelos projetos já executados, pelo menos em alguns pegmatitos. Caberia, no caso, uma revisão, expansão e atualização, quando aplicável.

b) Pesquisa dos corpos pegmatíticos em profundidade, através de furos de sonda exploratórios, com sondas rotativas a diamante ou roto-percussivas. Esta ainda é a alternativa mais barata e confiável para se conhecer o comportamento de qualquer corpo de minério em profundidade, inclusive os pegmatitos. As informações geradas por esta atividade, complementada por análises química e mineralógica dos testemunhos de sondagem permitirão a modelagem econômica e física do corpo mineral e serão cruciais para a elaboração do plano de lavra.

c) Como instrumento auxiliar e complementar aos dois itens já citados, sugere-se o uso de métodos geofísicos, tanto na fase da pesquisa de novos corpos pegmatitos, e de extensões dos já conhecidos, como na etapa de lavra. O uso do GPR ou radar de penetração para localização de concentrações de gemas e de minerais metalíferos, especialmente tantalita e cassiterita, durante a fase de lavra, parece oferecer resultados promissores, conforme trabalho apresentado na reunião de Recife pelo Geofísico Roberto Gusmão da CPRM. Na pesquisa de novos corpos e particularmente na pesquisa de extensões de corpos já conhecidos sugere-se o uso do método eletro-magnético VLF (very low frequency), usado há décadas com sucesso na pesquisa de estruturas lineares (diques, lentes, etc), pela sua simplicidade e baixo custo.

## 4. Lavra

Os pontos principais para planejar uma lavra experimental, visando ao estabelecimento de um modelo a ser aplicado aos pegmatitos da Província Seridó - Borborema, são enumerados a seguir:

1) Os trabalhos de mapeamento geológico de detalhe em escala adequada (1:500) e com apoio topográfico, bem como sondagem rotativa ou roto-percursiva exploratória, serão suficientes para medir uma jazida com volume mínimo de minério que justifique técnica e economicamente a lavra e beneficiamento dos minerais já citados.

2) Nas condições observadas em nossa visita à Província Seridó - Borborema, quanto à geometria dos corpos dos pegmatitos pode-se afirmar que a lavra será subterrânea, adotando-se um método de realce auto-portante (provavelmente câmara e pilares). Evidentemente que só será verdadeira esta afirmação após os resultados dos trabalhos de pesquisa.

3) Um estudo da viabilidade técnico-econômica do depósito pesquisado poderá servir de base para que as Cooperativas elaborem seus projetos e pedidos de financiamento.

## 5. Beneficiamento

### 5.1 Revisão de Literatura

OLIVEIRA (1980) estudou, em escala de laboratório, o aproveitamento integral dos pegmatitos da Província Seridó - Borborema, das Minas Pedra Preta e Seridozinho, por meio de processos físico e físico-químicos, visando a obtenção de concentrados de feldspato, quartzo e mica, dentro das especificações de mercado. Os concentrados de feldspato apresentaram teor de álcalis ( $K_2O + Na_2O$ ) entre 10,5% e 12,82% e os teores de  $Fe_2O_3$  entre 0,18% e 0,31%. Essas especificações de álcalis atendem a indústria de vidro, no entanto, o teor de  $Fe_2O_3$  precisa estar abaixo de 0,07%. No caso de cerâmica branca, outros pré-requisitos não mencionados no referido trabalho, tais como ensaios físicos de cone e de fusibilidade, precisam apresentar cor branca/brilhante e escorrimento acima de 35 mm (BEZERRA e CARVALHO, 1997).

Na década de sessenta o antigo N.I.M (National Institute for Metallurgy) e agora MINTEK, na África do Sul, solicitou do Departamento de Minas que exercesse um esforço no sentido de aumentar a exploração dos pegmatitos na região de Namaqualand. A idéia introduzida, na época, era que uma lavra seletiva ou parcialmente seletiva, em larga escala, fosse adotada e que uma usina central de tratamento fosse implantada para beneficiar os pegmatitos da vizinhança. Essa usina tinha como objetivo recuperar todos os minerais de importância econômica, contidos nos pegmatitos. A flotação foi o método sugerido para recuperar os minerais de importância econômica - mica, feldspato, espodumênio, berilo, tantalita - contidos no pegmatito. O N.I.M não foi bem sucedido no uso da flotação para recuperar esses minerais e abandonou o projeto (LEVIN, 1975). Segundo ainda o mesmo autor, uma das razões atribuídas ao insucesso da flotação é a falta de informações sobre a composição mineralógica média da alimentação da flotação.

O Centro de Investigación para las Industrias Minerales -

CIMM (1990) estudou, em escala de laboratório e usina piloto, a viabilidade de recuperação do quartzo, mica, feldspato e berilo a partir de um pegmatito da mina Primeiro de Julho, província de Córdoba, Argentina. Esses estudos permitiram concluir que é possível a recuperação desses minerais utilizando o processo: i) moagem e classificação para recuperação da mica grossa; ii) recuperação da mica fina, em circuito de flotação ácida, usando amina como coletor; iii) os feldspatos podem ser recuperados por flotação, com coletores catiônicos do tipo amina, com prévia ativação com o íon flúor; iv) o berilo pode ser recuperado por flotação direta utilizando coletores aniônicos do tipo sulfonato de petróleo.

A região de Spruce Pine, na Carolina do Norte, é considerada o centro de produção de feldspato, nos Estados Unidos. Atuam nessa região três companhias – Feldspar Corporation, Lawson-United Feldspar and Mineral Company e IMC Chemical Group. Estas produzem feldspato para a indústria de vidro e de grau cerâmico e, como subprodutos, mica e quartzo, a partir de uma rocha denominada de alaskito. A região de Kings Mountain, também na Carolina do Norte, é considerada o centro de produção de espodumênio, onde duas empresas - Lithium Corporation of América e Foot Mineral Company - produzem espodumênio para vidro, cerâmica e grau químico e como subproduto mica, feldspato e quartzo, a partir de pegmatito ( REDEKER, 1977).

Segundo, ainda, o mesmo autor, as reservas de alaskito na Carolina do Norte são praticamente ilimitadas. O Alaskito de Spruce Pine é bastante uniforme e o feldspato está liberado na granulometria de 20 malhas. Predomina o feldspato sódico, cujo teor de álcalis é 5,1% Na<sub>2</sub>O e 3,4% K<sub>2</sub>O. O alaskito é lavrado a céu aberto (Figura 1), transportado para a usina de beneficiamento e reduzido abaixo de ¾", em dois estágios de britagem (primário, com britador de mandíbulas, e secundário, usando cone tipo Symons). Os produtos da britagem são a seguir blendados e homogeneizados em pilha. Desta, o minério segue para moagem de barras, operando em circuito fechado, obtendo-se um produto de moagem abaixo de 20 malhas. A seguir é feita uma deslamagem (hidrociclone ou classificador espiral) em 200 malhas. O processo empregado para recuperação dos minerais de importância econômica é a flotação e esta consiste das seguintes etapas: i) flotação catiônica da moscovita em circuito

ácido (pH 2,5 a 3); ii) flotação aniônica para remoção da granada, minerais de ferro e mica residual, em circuito ácido (pH 2,5 a 3), usando sulfonato de petróleo e iii) separação do feldspato do quartzo em circuito ácido (pH 2,5 a 3) à base de HF. O concentrado de feldspato é desaguado e seco em secador rotativo e transportado a granel, na granulometria abaixo de 20 malhas, para a indústria de vidro. Uma pequena quantidade, após remoção do ferro por separação magnética de alta intensidade e moagem



**Figura 1: Frente de lavra de um alaskito em Spruce Pine, Carolina do Norte-EUA**

a seco em moinho revestido de sílex, meio moedor de alumina, em circuito fechado com aeroseparador, é vendido para a indústria de porcelana.

Segundo LUZ et al.(2001), o quartzo obtido no circuito de separação do feldspato é considerado de baixa pureza. No entanto, já pode ser comercializado para algumas aplicações, principalmente na construção civil, ou algumas vezes é vendido para a GE-General Electric que o purifica e coloca no mercado um concentrado de quartzo de alta pureza, destinado à indústria eletrônica, fibra óptica ou outras aplicações igualmente nobres.

Em 2003, estará entrando em operação a usina de beneficiamento de um dos maiores pegmatitos de metais raros descobertos, nesses últimos 50 anos. Trata-se do pegmatito denominado *Big Whopper*, com 1,5 km de comprimento por 80 m de largura, situado na propriedade *Separation Rapids*, 60 km

ao norte de *Kenora*, Ontario-Canadá. Esse pegmatito é mineralizado em lítio (petalita e lepidolita) e tântalo (columbita/tantalita), dentre outros. Os estudos de beneficiamento realizados pelo *Lakefield Research Ltd* indicaram, como melhor processo, uma combinação de flotação e gravimetria, resultando em concentrados de petalita com 4,7 a 4,0%  $\text{LiO}_2$ , de feldspato com 11,5 a 12%  $\text{K}_2\text{O}$  e 1% de  $\text{Rb}_2\text{O}$ , além de concentrado de feldspato de Na, com teores acima de 10%  $\text{Na}_2\text{O}$ , o qual supera, em qualidade, todos os produtos disponíveis no mercado norte americano-comerciais. Moscovita, espodumênio, cassiterita, granada e quartzo de alta pureza poderão também ser obtidos como subprodutos (PEARSE e TAYLOR, 2001).

Depósitos de areia feldspática de origem eólica, acumulados em extensos campos de dunas, ocorrem na Província de Segóvia, Espanha e constituem importante fonte de produção de feldspato e areia de quartzo. A Indústria de Quartzo S.A.(Grupo Saint Gobain) localizada em Carrascal del Rio, Província de Segóvia, produz concentrados de feldspato e areia de quartzo, a partir de uma areia feldspática contendo 30% de feldspato ( potássico), 65% de quartzo e 5% de argila.

O minério explotado é levado, por transportador de correia (Figura 2), da frente de lavra para a usina de beneficiamento que consta de: desagregação, deslamagem (hidrociclones) em 200 malhas; peneiramento em 600 mm, flotação, filtragem, secagem e moagem. Após deslamagem e classificação, a fração de 200 a 28 malhas segue para a flotação. Inicialmente é feita a flotação dos óxidos de ferro usando sulfonato de petróleo, em meio ácido de pH 3,5. A seguir, ajustando-se o pH do meio para 3,5 com ácido fluorídrico e usando uma amina primária (acetato de amina) como coletor, é feita a depressão do quartzo e flotação do feldspato.

O concentrado obtido, com 98% de feldspato, é desaguado em filtro de bandeja e secado. O concentrado de feldspato destina-se à indústria cerâmica ou de vidro. No caso de indústria cerâmica, o concentrado de feldspato é moído em moinho revestido de quartzito, usando *pebble* de quartzo como meio moedor. A empresa produz 170.000 t/ano de feldspato, comercializado para o mercado da própria Espanha ou europeu, a um preço FOB fábrica de 40 Euros/t. O quartzo produzido na usina vai para as indústrias de vidro do próprio grupo (LUZ e BALTAR,2002).

JAVIER et al. (2002) relatam que na localidade de Navas de Oro, Província de Segovia, Espanha, a Companhia Minera de Rio

Pirón S.A. explora e beneficia uma areia feldspática de origem eólica, de idade quaternária, com 25-50% quartzo, cerca de 40% de feldspato potássico (menos de 8% de plagioclásio) e como minerais pesados mais frequentes a turmalina, granada e micas. A exploração se limita a um único banco de 15 m, na parte superior do jazimento, deixando sempre 2 m acima do nível freático para evitar a sua alteração. Na preparação da frente de lavra, é retirada a camada superficial do solo, com espessura de 0,5 m, para emprego posterior na reabilitação da área minerada. O minério é explotado com pás carregadeiras e conduzido da frente de lavra para a unidade de beneficiamento, por transportador de correia. A primeira etapa do beneficiamento consiste na retirada, por peneiramento, da fração acima de 600 mm, usada para restauração da área minerada. A fração abaixo de 600 mm é submetida a uma deslamagem (hidrociclone) em 200 malhas. Na etapa seguinte, é feita a flotação dos óxidos de ferro e posteriormente a separação do quartzo do feldspato, usando ácido fluorídrico para deprimir o quartzo e amina primária para flotar o feldspato. Os produtos obtidos são secos e submetidos a separação magnética (20.000 Gauss) para remoção da biotita.

Segundo ainda esses mesmos autores, essa unidade de beneficiamento produz feldspato potássico, areia feldspática e areia quartzosa com qualidade comercial. A usina de beneficiamento é constituída por duas linhas independentes de flotação cuja capacidade por linha é de 130.000 t/ano de feldspato e 100.000 t/ano de areia feldspática e de quartzo. Essa é uma análise típica do concentrado de feldspato: 70%  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 16,5\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} > 10,3\%$ ,  $2\% \text{Na}_2\text{O}$ ,  $0,2\% \text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2 < 0,005\%$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,13\%$ . Os produtos obtidos vão para a indústria de vidro, cerâmica, porcelanas, fundição e construção civil.

No município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro, na região de baixada, existem depósitos de areia feldspática com cerca de 25% de feldspato potássico, 70% de quartzo e 3% biotita. No momento, algumas empresas de mineração (brita e areia) que operam na região estão avaliando a possibilidade de produzir feldspato ou areia feldspática (60% de feldspato) a partir desses depósitos.

A rocha nefelina sienito é considerada uma fonte potencial de feldspato para a indústria cerâmica. BRAGA et al. (1998) estudaram o nefelino sienito do maciço do Medanha, localizado na divisa dos municípios de Nova Iguaçu e Rio de Janeiro. Os



**Figura 2: Frente de lavra de areia feldspática da Indústria de quartzo – Grupo Saint Gobain, em Carrascal del Rio, Segovia Espanha.**

estudos de flotação realizados em bancada visaram a recuperação do feldspato (90%) contido nos finos de pedra de brita. Os resultados obtidos, usando ácido oleico como coletor, mostraram que é possível obter concentrados de feldspatos com teor de 0,77%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Fazendo uma lixiviação ácida é possível reduzir esse teor para 0,3%.

## 5.2 Visitas técnicas à província Seridó - Borborema

Em janeiro de 2002, foram realizadas reuniões técnicas em Recife, João Pessoa, Campina Grande e visitas técnicas à Província Pegmatítica Seridó - Borborema, visando fazer um diagnóstico sobre o estágio atual do beneficiamento empregado para aproveitamento dos pegmatitos da Região. Foram visitadas:

- 1) Mineração Ubadeira, município de Currais Novos-RN;
- 2) Garimpo Malhada Vermelha, município de Parelhas-RN;
- 3) Planta de lavagem de caulim, município de Equador-RN
- 4) ARMIL- Mineração do Nordeste Ltda, município de Parelhas-RN.

## 5.2.1 Mineração Ubaeira

Essa mineração (garimpo) encontra-se atualmente lavrando um pegmatito no município de Currais Novos, a cerca de 40 km da sede, na localidade denominada Ubaeira.

Nesse pegmatito, além do quartzo, feldspato e mica, eventualmente ocorre alguma mineralização em tantalita, aparentemente sem valor comercial, nos moldes como é feita a lavra do pegmatito, ou seja, sem nenhum planejamento, já que não existe pesquisa mineral para avaliação desses pegmatitos.

No momento da visita, apenas o feldspato estava sendo produzido com fins comerciais. Quanto à mica (moscovita), quando ocorre em bolsões, é feita uma catação manual e comercializada



**Figura 3 – Entrada das galerias do garimpo de feldspato da Mineração Ubaeira**

para pequenos beneficiadores de mica, em Currais Novos.

A lavra é subterrânea (Figura 3) e após desmonte com explosivo é feita uma catação manual (Figura 4) do feldspato, na própria frente de lavra, classificando-o, segundo observação visual, em feldspato de primeira (predominância de albita), de segunda e de terceira.

A seguir, cada tipo de feldspato é transportado para um pátio, a cerca de 300 m da frente de lavra, onde é feita uma britagem em britador de mandíbula (Figura 5), obtendo-se um produto com granulometria abaixo de 1". Este é embarcado em caminhões (Figura 6), tipo carreta e transportado para a região Sul e Sudeste do País, onde é comercializado para a indústria cerâmica e de vidro, a preços a partir de R\$ 40,00/t FOB mina.



**Figura 4: Catação manual na frente de lavra a Mineração Ubadeira**



**Figura 5: Unidade de britagem de feldspato da Mineração Ubadeira**

## 5.2.2 Garimpo Malhada Vermelha

Foi realizada visita técnica ao garimpo de feldspato *Malhada Vermelha*, no município de Parelhas, a cerca de 20 km de sua sede.

Igualmente ao garimpo de Ubaeira, dos minerais contidos no pegmatito (quartzo, feldspato, mica e, eventualmente, tantalita), apenas o feldspato vem sendo aproveitado comercialmente. Trata-se de uma lavra subterrânea, onde o desmonte é realizado com explosivo. Na própria frente de lavra (Figura 7) é feita uma catação manual, onde o feldspato é classificado como de primeira (predominância de albita), de segunda e de terceira. Esses produtos são transportados para uma unidade industrial de moagem, ARMIL-Mineração do Nordeste Ltda., localizada nas proximidades da cidade de Parelhas, onde são comercializados, FOB fábrica, por valores a partir de R\$ 20,00/t.



**Figura 6: Embarque do feldspato britado da Mineração Ubaeira**



**Figura 7: Frente de lavra do garimpo Malhada Vermelha**

### 5.2.3 Unidade industrial de britagem e moagem

Foi realizada visita técnica à *ARMIL Mineração do Nordeste Ltda*, localizada nas proximidades de Parelhas-RN. Trata-se de uma unidade industrial de britagem (Figura 8) e moagem, implantada na década de noventa e voltada para cominuição de minerais não metálicos tais como: feldspato, quartzo, caulim, calcita, dolomita e argilas. Essa unidade tem capacidade para produzir 50 mil t/mês de material britado abaixo de 1/2" e 5 mil t/mês de material moído, com granulometria entre 30 e 325 malhas. No momento, opera com apenas 50% da sua capacidade instalada. Essa unidade de cominuição consiste de britadores de mandíbulas e moinhos de bola, revestidos com sílex, e operando em circuito fechado com classificadores pneumáticos. Os produtos moídos são acondicionados em sacos (30 ou 50 kg) ou *big-bags* (1000 kg). No caso de feldspatos, estes são comercializados para a indústria cerâmica e de vidro, principalmente para a região Sul e Suldeste do Brasil. Os preços dos feldspatos variam a partir de R\$ 90,00/t, posto fábrica.



**Figura 8: Unidade de britagem da ARMIL**

Nesta unidade, existe um laboratório de controle de qualidade onde são realizadas análises químicas (espectrometria de absorção atômica) das matérias primas. No caso de feldspato são realizadas análises de  $K_2O$ ,  $Na_2O$  e  $Fe_2O_3$ . Os principais testes físicos realizados são análise granulométrica, umidade, perda ao fogo, fusibilidade, escurimento, densidade e teste de binil.

## 5.2.4 Planta de lavagem de caulim de Junco do Seridó/ Equador

Segundo BEZERRA E CARVALHO (1997) existem nessa região 10 unidades de beneficiamento de caulim, consideradas rudimentares e denominadas, regionalmente, de decantadores. Essas unidades têm capacidade instalada, cada uma, entre 600 a 2.400 t/ano. Existem ainda outras duas unidades de processamento de caulim na região, com capacidade instalada de 12.000 t/ano. Os produtos obtidos são resultantes de lavagem e classificação e com granulometria abaixo de 100 e 200 malhas. O caulim produzido destina-se principalmente ao mercado de papel (carga), cerâmica, tinta, plástico e borracha. Segundo ainda os mesmos autores, ensaios de alvejamento realizados com os caulins da região mostraram a viabilidade técnica de elevar a alvura do caulim em 7 pontos.

Foi feita uma visita técnica a uma unidade de beneficiamento de caulim (Figura 9) no município de Equador-RN. Trata-se de uma unidade bastante rudimentar e consiste de desagregação via úmida, em equipamento denominado de batedor (Figura 10). O produto da desagregação segue para mesa concentradora, tipo Deister, onde é concentrada a tantalita. O rejeito segue para um tanque de decantação onde são removidas as impurezas escuras (manganita-óxido de manganês). O *overflow* desse tanque segue para tanques de decantação, onde o decantado é removido manualmente, com o auxílio de pás e colocado ao sol para secagem. Este produto destina-se à indústria cerâmica.



**Figura 9: Unidade de beneficiamento de caulim no município de Equador-RN**



**Figura 10: Batedor de caulim – Município de Equador-RN**

## 6. Usos industriais e mercado

### 6.1 Introdução

Os pegmatitos respondem por grande parte da produção dos seguintes minerais industriais – caulim, espodumênio, feldspato, mica, quartzo e gemas de cor, e de metais como tantalita/colombita, berilo, lítio, dentre outros.

O mercado consumidor dos minerais produzidos a partir da lavra dos pegmatitos são consumidos nos mais diversos segmentos econômicos, destacando-se as indústrias de transformação – setores vidreiro, cerâmico, papel e celulose, metalúrgico, eletrônico e químico. O Quadro 1 ilustra as principais substâncias produzidas nos pegmatitos e os setores de consumo.

#### **Quadro 1: Mercado Consumidor Brasileiro dos Principais Minerais de Pegmatito**

<b><i>Minerais</i></b>	<b><i>Principais setores consumidores</i></b>
Berilo	Cerâmica e Vidro
Caulim	Papel e celulose, Cerâmica, Tintas e vernizes, Produtos farmacêuticos e veterinários, Fertilizantes, Vidro e Borracha
Espodumênio	Cerâmica, Vidro, Eletrodo para solda, Tintas e vernizes, Indústria química, Metalurgia (fabricação de alumínio primário, fabricação de baterias) e Indústria nuclear (fabricação de reatores).
Feldspato	Cerâmica, Vidro, Eletrodo para solda e Tintas e vernizes
Mica	Lamas para perfuração, Material de fricção, Tintas e vernizes
Quartzo	Fundição, Vidro, Cerâmica, Tintas e vernizes, Siderurgia, Abrasivos, Perfumes, Sabões e velas, Cerâmica e Indústrias eletrônicas
Tantalita/columbita	Indústrias eletrônicas, Superligas, Carbetos de tântalo, Produtos laminados e fios resistentes à corrosão e a altas temperaturas

Fontes: parcialmente extraído de AMB 1997 – DNPM; IPT 1991; Sintoni e Tanno 1994

A produção brasileira de minerais provenientes de pegmatitos expandiu-se substancialmente ao longo das últimas duas décadas. Neste período, a intensificação da ocupação urbana

e o crescimento e diversificação do parque industrial brasileiro ensejaram a elevação da demanda desses insumos, que equiparam-se, em algumas regiões do Brasil, à escala de consumo dos países desenvolvidos.

Em contrapartida, não houve por parte do setor produtivo nacional, sobretudo pela pequena e média mineração, a modernização tecnológica e gerencial necessária ao aprimoramento do sistema de produção - pesquisa, lavra e beneficiamento. Isto vem se traduzindo em diferenças desfavoráveis em termos de qualidade, regularidade de suprimento e preços das matérias-primas nacionais, em relação aos principais países produtores, prejudicando a sua comercialização e a conquista de mercados emergentes, domésticos e internacionais. Essa deficiência setorial, aliada ao aumento da importação de minerais industriais, têm afetado a expansão da produção brasileira e a competitividade das indústrias consumidoras destas matérias-primas no País. A Tabela 1 lista as

**Tabela 1 - Importação de Minerais Industriais de pegmatito: bens primários**

US\$ 1.000

<b>Minerais Industriais</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Caulim	1.367	1.793	1.409	1.252
Feldspato	341	376	635	889
Mica	162	249	223	252
Quartzo	279	213	113	169
Sílica	662	804	440	477

importações dos principais minerais industriais de pegmatito, no período 1997 - 2000.

A Tabela 2 apresenta o saldo comercial dos principais minerais industriais produzidos em pegmatitos. Vale ressaltar que, com exceção do caulim, que apresenta sua produção associada a coberturas sedimentares cenozóicas, localizadas nos Estados do Amapá e Para, os demais apresentam déficit.

Nas últimas décadas, com o aumento da produção das indústrias de cerâmica e de vidro, a produção dos minerais industriais citados vem tendo uma destacada importância econômica no nordeste, principalmente como uma atividade

**Tabela 2 - Saldo da Balança Comercial dos Principais Minerais Industriais produzidos em pegmatitos de 1992 a 1999**  
(US\$ 1.000.000 F.O.B.)

Substâncias	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999		
Caulim <sup>(1)</sup>	Excedente	32,9	60,3	51	55	67,4	81	99	121,2	Excedente
Feldspato	Suficiente	0,2	0,2	0	-1,1	-0,3	-0,6	-0,4	-0,8	Insuficiente
Lítio	Excedente	2,1	-0,1	0,3	0,5	0,3	-0,1	-0,1	-0,1	Insuficiente
Quartzo	Excedente	7	-6,6	-9,1	-14,2	-9,5	-24	-37,9	-32	Insuficiente
Total dos Minerais Industriais		-388	-295	-401	-519	-707	-886	-813	-923	

Fonte: COELHO, 2001. Observação <sup>(1)</sup>: O caulim produzido é principalmente de origem sedimentar.

fixadora de mão-de-obra local e indutora de empreendimentos industriais. A partir do final da última década, a tantalita/colombita vem apresentado um aumento de demanda e de preço devido às novas aplicações, principalmente no campo da eletrônica.

A seguir será apresentado uma avaliação preliminar do mercado desses minerais, dando uma maior ênfase ao feldspato e à tantalita/columbita, que, atualmente, apresentam uma maior e crescente demanda.

## 6.2 Feldspato

Os feldspatos englobam uma série de silicatos de alumínio, contendo proporções variadas de potássio, sódio, cálcio e ocasionalmente bário. Sua função no corpo cerâmico é a de promover a fusão a uma temperatura mais baixa. No vidro é a fonte principal de alumínio, além da função de fundente.

No Brasil, os pegmatitos são a principal fonte de feldspato. Normalmente, os pegmatitos são corpos pequenos, apesar de portarem feldspato de alta qualidade.

Em termos mundiais, o crescimento do consumo de feldspato está sendo comandado pelos segmentos de revestimentos cerâmicos e de colorifícios, tendo em vista que a indústria de vidro, principalmente o segmento de embalagens, vem apresentando um baixo crescimento, devido aos substitutos – PET e latas metálicas – e ao crescente aumento da reciclagem. (COELHO et. al., 2000).

Além do crescimento da produção do segmento de revestimentos cerâmicos - que, em 1999, alcançou 4.764 milhões m<sup>2</sup>/ano (SEZZI, 2000) - o principal fator que acarretou o aumento no consumo do feldspato foi o desenvolvimento nas formulações dos porcelanatos, que reduziu o ciclo de queima de 30-50 horas para 60-70 minutos.

**Tabela 3 - Principais países produtores de feldspato (1992-1997)**

	toneladas/ano					
<b>País</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>
Itália	1.387.968	1.534.421	1.806.935	2.199.315	2.310.451	2.200.000
Turquia	284.645	519.762	502.608	760.250	1.167.021	1.017.697
Japão	434.136	1.122.000	1.193.000	1.169.000	1.163.000	1.050.000
Estados Unidos	725.000	770.000	765.000	880.000	890.000	900.000
Tailândia	559.806	600.835	554.227	677.852	684.983	700.000
França	282.000	274.000	390.000	632.000	546.000	550.000
Alemanha	324.700	303.154	302.626	329.624	359.000	455.969
Espanha	200.000	232.252	269.582	360.380	420.000	455.000
República da Coréia	281.553	539.169	319.658	367.578	319.112	341.018
República da Checoslováquia	ND	203.000	170.000	183.000	211.000	243.000
Brasil	202.709	193.824	205.000	220.095	276.662	225.000
<b>Subtotal</b>	<b>4.684.509</b>	<b>5.989.263</b>	<b>6.478.636</b>	<b>7.781.089</b>	<b>8.349.225</b>	<b>8.139.681</b>
<b>Total Mundo</b>	<b>5.900.000</b>	<b>7.700.000</b>	<b>7.870.000</b>	<b>9.270.000</b>	<b>9.600.000</b>	<b>9.730.000</b>

Fonte: WORLD MINERAL STATISTICS (1999).

## 6.2.1 Produção de feldspato

Os mais importantes depósitos de feldspato, economicamente explotáveis, localizam-se naqueles países que atualmente lideram a produção desse bem mineral, destacando-se a Itália, Turquia, Estados Unidos, Tailândia, Japão, Espanha e Brasil. Na Tabela 3 é apresentada a produção de feldspato no período de 1992-1997.

Em 2000, os dados oficiais indicam que a produção bruta no Brasil atingiu 176.411 t, no valor de US\$ 5.705.259. (Tabela 4) Esse total não inclui a produção garimpeira, estimada em 30% da oficial (BEZERRA et al., 1994).

Aproximadamente, 85% do total de feldspato produzido no Brasil é proveniente de lavra rudimentar, onde são lavrados vários minerais, como gemas, quartzo, berílio, minerais metálicos, entre outros, e só posteriormente é feita a cata do feldspato, no rejeito, fazendo com que parte dessa produção deixe de ser registrada no DNPM.

**Tabela 4 - Estatísticas do segmento de feldspato no Brasil de 1998 a 2000**

Discriminação			1998	1999 <sup>(e)</sup>	2000 <sup>(p)</sup>
Produção:	Bruta	(t)	110.000	120.000	176.411
	Beneficiada	(t)	59.200	64.500	97.661
Importação:		(t)	1.205	1.170	1.547
		(US\$-FOB)	376.000	635.000	889.000
Exportação:		(t)	49	3.081	61
Consumo	Beneficiada	(t)	60.356	62.589	99.147
Aparente <sup>(2)</sup> :					
Preço médio	Interno	(R\$/t)	32,00	31,54	30,82
(FOB):	Exportação	(US\$/t)	91,14	50,31	196,72

Fonte: BRASIL, 2001. Notas: (p) Dados Preliminares (e) Dados Estimados (r) Dados Revisados (2) Produção + Importação - Exportação

A Tabela 5 indica a produção oficial de feldspato por estado da Federação, em 2000.

**Tabela 5 - Produção de feldspato por unidades da Federação - 2000**

Unidades da Federação	Quantidade (t)		Valor Total
	Bruta	Beneficiada	US\$
Bahia	2.585	2.585	49,434
Ceará	27.665	26.565	236,759
Minas Gerais	85.722	78.258	4,447,738
Paraíba	4.680	2.179	278,276
Paraná	38.141	-	196,700
Rio Grande do Norte	2.460	-	32,409
Santa Catarina	6.707	-	310,172
São Paulo	8.451	2.024	153,772
<b>TOTAL</b>	<b>176.411</b>	<b>97.661</b>	<b>5,705,259</b>

Fonte: ANUÁRIO MINERAL, 2001.

No Brasil, a oferta oficial de feldspato é feita por cerca de 40 empresas. Destas, 15 respondem pela maior parcela da produção de feldspato de pegmatito beneficiado: Armil, Céramus, Dieter Von Heyden, Estrela do Sul, Incopebra, Itacomil, Nossa Senhora da Luz, Pegnor, Prominex, Quartzomex, Remina, Errefe Mineração, Santa Susana, UBM e Valadares.

A maioria das empresas do segmento cerâmico beneficia internamente grande parte do feldspato consumido no Brasil. Essa é uma das razões da fragmentação atual da indústria de feldspato.

A Tabela 6 apresenta a produção de feldspato beneficiado pelas principais empresas produtoras que é cerca de 55% maior do que a indicada pelo DNPM para o ano de 2000 (COELHO, 2001).

**Tabela 6 - Produção de feldspato beneficiado pelas empresas produtoras por segmento cerâmico**

<b>Segmento Cerâmico</b>	<b>Total por Segmento</b>		
	t/mês	t/ano	Part. (%)
<b>VIDROS</b>	6.500	78.000	42,5
<b>Revestimentos</b>	4.000	48.000	26,1
<b>Coloríficos</b>	3.000	36.000	19,6
<b>Louças Sanitárias</b>	1.000	12.000	6,5
<b>Louças de Mesa/Porc</b>	400	4.800	2,6
<b>Porcelanas Elétricas</b>	400	4.800	2,6
<b>Produção Total</b>	15.300	183.600	100,0
<b>Capac. Instalada</b>	20.000	240.000	-

Fonte: COELHO (2001)

Verifica-se que três segmentos – de vidro, revestimentos e coloríficos – são responsáveis por cerca de 88% do consumo do feldspato de pegmatito beneficiado. Deve-se ressaltar que 95% das fritas cerâmicas são consumidas nos revestimentos cerâmicos (ANUÁRIO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 1993). Assim, os revestimentos cerâmicos, direta e indiretamente, consomem cerca de 45% de feldspato, enquanto o de vidro consome 42,5%. O consumo de feldspato nos revestimentos cerâmicos deverá ser ampliado, com o aumento da produção de porcelanatos.

Há uma grande diversificação de preços para o feldspato, que se diferenciam de acordo com segmentos industriais que o utilizam, pois os preços variam de acordo com granulometria e a qualidade. Para a determinação desta, têm forte influência os teores de  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Os preços do feldspato variam de acordo com as exigências do segmento usuário e por País. Os preços praticados no Brasil, no início da década de 90, eram relativamente mais altos que aqueles praticados na maioria dos outros países. Atualmente, entretanto, os preços de feldspato no Brasil estão apresentando uma tendência declinante.

Essa tendência de queda de preços no valor expresso em dólares, até agora observada, deve-se a uma série de fatores, dentre os quais pode-se destacar: o aumento das importações a partir de 1992, provocado pela redução das tarifas de importação, pelo aumento exagerado dos juros domésticos e pelas vantagens creditícias dos produtos importados (COELHO e SUSLICK, 1998).

A Esan Eczacibasi A.S. estimou o preço CIF Itajaí – SC do feldspato importado da Turquia, em US\$ 80,00, enquanto o feldspato brasileiro, produzido no Rio Grande do Norte e Paraíba e vendido em Criciúma- SC, em fevereiro de 2002, era de cerca de US\$ 75,00/t (CIF)<sup>1</sup>.

## 6.2.2 Substitutos do feldspato

Os principais substitutos do feldspato de pegmatito se diferenciam de acordo com o tipo de vidro a que se destinam. Para o vasilhame e a fibra isolante são: o vidro reciclado, a escória de alto forno, a areia feldspática e o nefelina sienito. Para o vidro plano são: a alumina calcinada e alumina hidratada. Para a fibra têxtil, o caulim.

Nos outros segmentos cerâmicos, os principais substitutos do feldspato de pegmatito são, em termos mundiais, a areia feldspática e o nefelina sienito.

No Brasil, diversas substâncias minerais vêm sendo utilizadas como fundentes, substituindo o feldspato, em grande parte, como fonte de potássio e sódio. Os principais substitutos são o “granito” tipo Jundiá e o filito.

Várias empresas estão pesquisando pegmatitos visando o feldspato: Animer Nordeste e Errefe Mineração, em Coronel Murta – Minas Gerais; Hervy Cerâmica Industrial/EMI em São Luiz do Paraitinga – São Paulo; Portobello, Quartzomex e Gerbi, na Paraíba e Rio Grande do Norte.

---

<sup>1</sup>Em 2000, esse preço era de US\$ 105,00 (CIF), ou seja, em 2002, houve uma redução no preço 40% tornando o produto nacional igual em preço ao produto importado.

**Tabela 7 - Novos empreendimentos para produção de feldspato e de seus substitutos**

Empresa	Tipo de Depósito	Pegmatito	Rochas Graníticas	Nefelina Sienito	Fonolitos	Anortosito	Areia Feldspática
Arnil		X					
Emi-		X					
Hervy							
Errefe		X					
S.		X		X			
Susana							
Portobello		X			X		
Quartzom ex		X					
Incopebra		X					
Tech Rock			X				
Prominex			X			X	
Cisper			X				
Estrela do Sul			X				
T. Pinheiro			X				
Jundu			X				
Vigne				X			
CBPM		X		X			
Sibelco				X			
Hecla				X			
CCU					X		
Cominas						X	
Santa Elina							X
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Fonte: COELHO, 2001

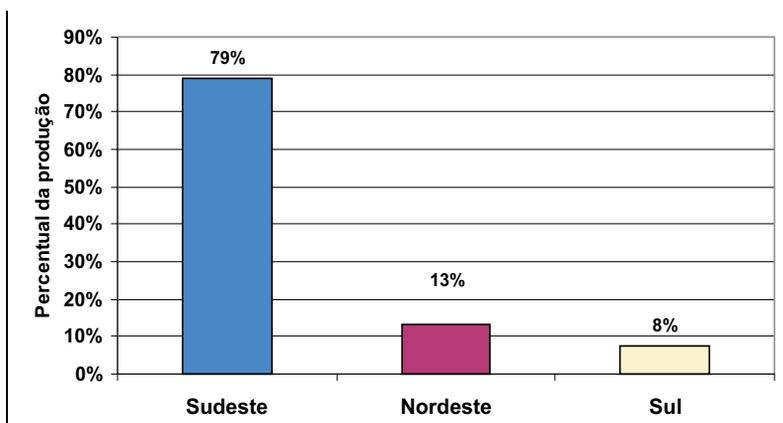
A participação de concorrentes estrangeiros no segmento de feldspato vem se dando atualmente pelo Grupo Saint Gobain – responsável por 21% da produção de feldspato beneficiado em 1999 – e por importações efetuadas principalmente pela Feldspar Corporation, Sibelco (nefelina sienito) e La Tomasa, empresa argentina. Os prováveis entrantes (Tabela 7): Santa Elina, Hecla/Imerys, Sibelco e Saint Gobain (através de expansão da produção de feldspato e de nefelina sienito), além de outros grupos multinacionais, com larga tradição na produção de minerais industriais (em particular o feldspato), em associação com empresas brasileiras, como é o caso da Feldspar Corporation e da Hervy, empresa produtora de louça sanitária.

## 6.2.2 Usos de feldspato

As principais indústrias que utilizam feldspato e seus substitutos são a vidreira, a cerâmica tradicional (revestimentos cerâmicos, louça sanitária, louça de mesa e porcelana elétrica) e a indústria de fritas e esmaltes. No Brasil, essas indústrias têm uma grande expressão econômica, tendo apresentado, no seu conjunto, em 2000, um faturamento de aproximadamente R\$ 5 bilhões/ano. (ABIVIDRO, 2001 e ABC, 2001).

O segmento brasileiro da indústria de vidros é constituído por cerca de 30 grandes empresas, com predominância de capital estrangeiro. Dois grupos, o Saint Gobain, de origem francesa, e o Cisper, de origem norte-americana (Owens-Brochway), dominam cerca de 60% do mercado.

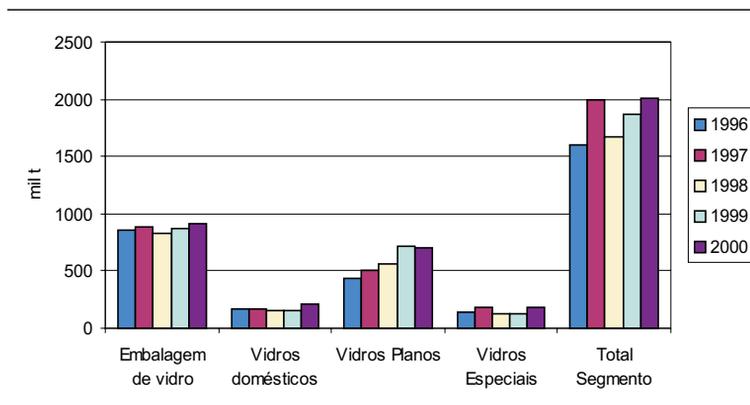
A produção atual do segmento de vidros está concentrada na região Sudeste. Esta região apresenta cerca de 79% da capacidade instalada (Estados de São Paulo e Rio de Janeiro), enquanto a região Nordeste detém 13% (Estado de Pernambuco) e região Sul, 8% (Estado do Rio Grande do Sul). A Figura 11 apresenta a distribuição da produção brasileira de vidro por Região. Com as prováveis aberturas de duas fábricas no Sul, e uma terceira na Bahia, as regiões Sul e Nordeste deverão aumentar sua participação na produção nacional.



**Figura 11: Distribuição da Produção Brasileira de Vidro por Região – 1999. Fonte: ABIVIDRO, 2000.**

A evolução da produção dessa indústria, no período 1996 – 2000, mostra o crescimento médio de 4% para o período, para todo o setor, conforme pode ser visualizado na Figura 12.

SEGMENTO	ANO				
	1996	1997	1998	1999	2000
Embalagem de vidro	860	890	833	869	911
Vidros domésticos	164	168	160	161	208
Vidros Planos	440	500	555	715	700
Vidros Especiais	140	180	125	130	187
<b>Total Segmentos</b>	<b>1.604</b>	<b>1.738</b>	<b>1.673</b>	<b>1.875</b>	<b>2.006</b>



**Figura 12: Evolução da produção de vidro no Brasil 1996 – 2000. Fonte: ABIVIDRO, 2000**

O segmento dos revestimentos cerâmicos vem apresentando acentuado crescimento, em termos mundiais. Em 1999, a produção foi de 4,764 bilhões de m<sup>2</sup>/ano. A Tabela 8 apresenta a evolução da produção desse material de construção no período de 1996-1999. Verifica-se que cerca de 60% da produção concentra-se em 5 países, entre os quais o Brasil ocupa o quarto lugar, com 9 % da produção mundial. (SEZZI, 2000).

**Tabela 8 - Principais países produtores de revestimentos cerâmicos - 1996-1999**

<b>País</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>% da Prod. Mundial 1999</b>
China	1.357	1.842	1.594	1.600	33,6
Itália	555	576	589	606	12,7
Espanha	424	485	564	602	12,6
<i>Brasil</i>	<i>309</i>	<i>383</i>	<i>401</i>	<i>428</i>	<i>9,0</i>
Turquia	120	148	154	150	3,1
México	51	100	123	130	2,7
Índia	60	62	70	85	1,8
Tailândia	75	60	48	70	1,5
Indonésia	78	63	60	65	1,4
Alemanha	63	58	64	64	1,3
Estados Unidos	56	59	59	62	1,3
Japão	75	73	60	60	1,3
Portugal	56	55	60	60	1,3
<b>Total Mundo</b>	<b>3.987</b>	<b>4.682</b>	<b>4.592</b>	<b>4.764</b>	

Fonte: SEZZI, 2000, modificado.

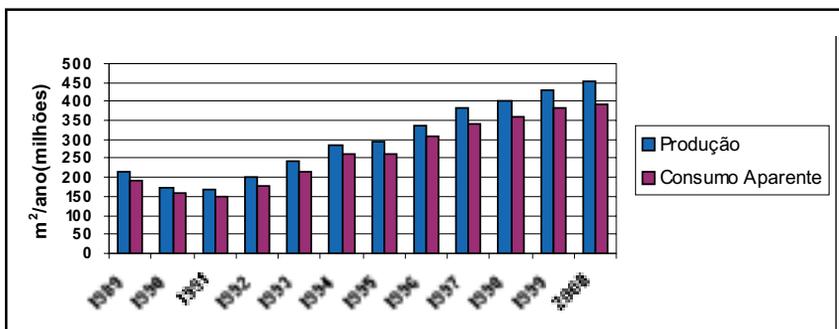
### 6.2.3 Produção e mercado de cerâmica

O comércio internacional dos revestimentos cerâmicos, a exemplo da produção e do consumo, é bastante concentrado: dez países são responsáveis por cerca de 88% das exportações, com a Itália e a Espanha respondendo por 66,4% das exportações mundiais.

Quanto ao Brasil, em 1998, as exportações brasileiras concentravam-se em 4 empresas –Eliane, Cecrisa, Portobello e Incepa – responsáveis por 75% dos 43 milhões de m<sup>2</sup> exportados. (SEZZI, op. cit.). Em 1999, as exportações brasileiras tiveram um crescimento mais rápido, apresentando um percentual de 22,8%.

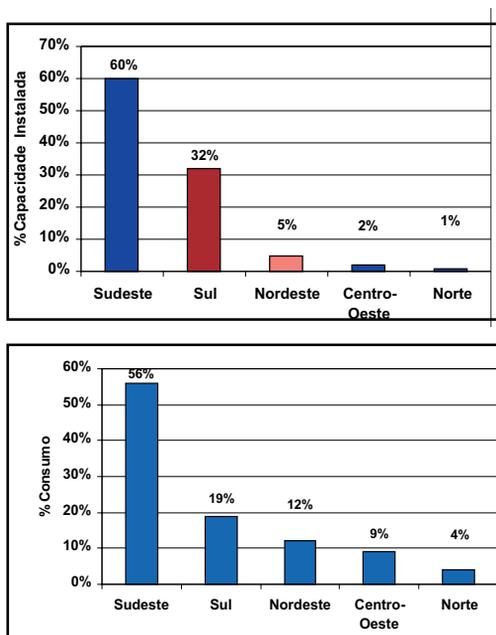
Nesse ano foi produzido, pelas 121 empresas brasileiras, um montante de 428 de milhões m<sup>2</sup>. Essas 121 empresas possuíam, em 1998, uma capacidade instalada total de 455 milhões de m<sup>2</sup>/ano (ANFACER, 1999).

Pelos dados da Figura 13, verifica-se que houve um crescimento médio na produção brasileira de revestimentos de 6,5% ao ano, nos últimos três anos.



**Figura 13: Evolução da Produção e do Consumo Aparente de Revestimentos no Brasil 1989- 2000. Fonte ANFACER, 2001.**

No Brasil, em 1998 (Figura 14), 92% da produção concentravam-se no Sudeste (60%) e Sul (32%), podendo ser identificados quatro grandes pólos de produção: a região de



**Figura 14: Distribuição da Capacidade Instalada e do Consumo de Revestimentos por Região - 1998. Fonte ANFACER (1999)**

Criciúma, em Santa Catarina, a região da Grande São Paulo, a região de Mogi Guaçu e a região de Santa Gertrudes, no Estado de São Paulo. Chamamos a atenção que o pólo de Santa Gertrudes é responsável por quase 50 % da produção nacional.

Atualmente, a produção de porcelanato no Brasil é feita por quatro empresas: a Eliane e a Portobello em Santa Catarina, a Cecrisa em Minas Gerais e a Elisabeth na Paraíba.

Em 1999, a produção nacional de porcelanato (Tabela 9) atingiu 3,4 milhões de m<sup>2</sup>, cerca de 0,8% da produção de revestimentos cerâmicos. Em 2000, a produção de porcelanato alcançou 5,8 milhões de m<sup>2</sup>, com um aumento, portanto, de 44%, e para 2001 estima-se que a produção atingiu a 6,5 milhões de m<sup>2</sup>.

Novas unidades de produção estão sendo implantadas: Ceusa, Pamesa, Atlas, Cerâmica Santa Gertrudes, Gerbi, Guainco, Gyotoko, Itagres, Santana, e Vectra, dentre outras.

## 6.2.4 Observações

Além do crescimento da produção mundial do segmento de revestimentos cerâmicos - que, em 1999, alcançou 4.764 milhões m<sup>2</sup>/ano (SEZZI, 2000) - o principal fator que acarretou o incremento no consumo do feldspato foi o desenvolvimento nas formulações dos porcelanatos<sup>2</sup>, que reduziu o ciclo de queima de 30-50 horas para 60-70 minutos.

As importações de feldspato em 2000 totalizaram 1.547 t, com um valor de US\$ 889.000 e um preço médio de 574,66 US\$/t<sup>3</sup>. Em 2000 o Brasil exportou 61 t de feldspato com um valor de US\$ 12.000 e um preço médio de US\$ 196,72/t.

---

<sup>2</sup> A palavra porcelanato se refere às características técnicas do produto, que se assemelham às das porcelanas. Para que o porcelanato apresente

<sup>3</sup> O preço de importação está muito além dos constantes nas publicações internacionais, como a Revista Industrial Minerals e o livro Industrial Minerals de Peter W. Harben.

**Tabela 9 - Evolução da produção de porcelanato no Brasil – 1996 – 2003<sup>4</sup>**

EMPRESA	PRODUÇÃO MENSAL DE PORCELANATO (m <sup>2</sup> /mês)							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001*	2002*	2003*
ELIANE	90.000	90.000	150.000	240.000	300.000	300.000	300.000	300.000
CECRISA	-	-	-	50.000	80.000	100.000	100.000	100.000
PORTOBELLO	-	-	-	-	100.000	100.000	100.000	100.000
SANTA ELIZABETH CEUSA	-	-	-	-	-	150.000	150.000	150.000
TOTAL MENSAL	90.000	90.000	150.000	290.000	480.000	650.000	650.000	950.000
TOTAL	1,08	1,08	1,08	3,48	5,76	7,80	7,80	11,40
	10 <sup>3</sup> .m <sup>2</sup> /ano							

<sup>4</sup> Refere-se a evolução da capacidade instalada. Fonte: MENEGAZZO, et al., 2000. Modificado. (\*) Produção estimada.

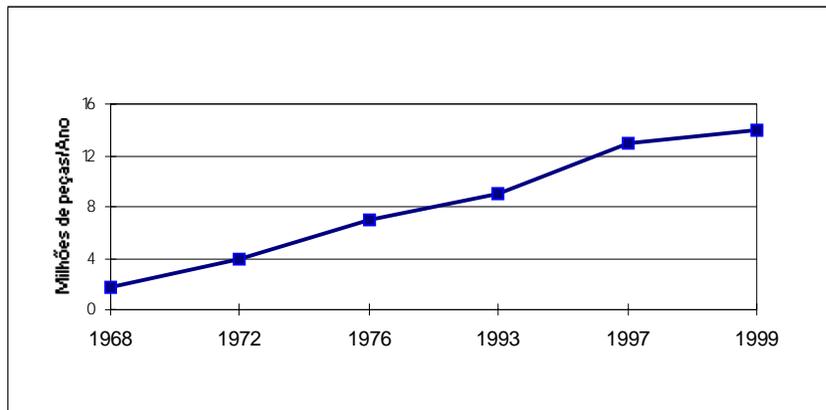
No Brasil, seguindo a tendência mundial, o segmento de louças sanitárias é também muito concentrado. A Incepa, pertencente ao Grupo ROCA, de origem espanhola, após a incorporação da Celite, domina cerca de 50% da produção nacional, com fábricas localizadas em Jundiaí – SP, Vitória – ES, Santa Luzia – MG e Recife – PE (Tabela 10).

**Tabela 10 - Empresas produtoras de louças sanitárias no Brasil - 1999**

Empresa	Marca	Estado	Cidade
Durex/Deca	Deca	São Paulo	Jundiaí
Durex/Deca	Deca	São Paulo	Jundiaí
Durex/Deca	DECA	RIO GRANDE DO SUL	SÃO LEOPOLDO
Incepa	Celite	ESPÍRITO SANTO	Vitória
Incepa	Incepa	São Paulo	Jundiaí
Incepa	Celite	PERNAMBUCO	Recife
Ideal Standard	Ideal	SÃO PAULO	Jundiaí
Ideal Standard	Ideal	Rio de Janeiro	Queimados
Hervy	Hervy	São Paulo	Osasco
Hervy	Hervy	São Paulo	Taubaté
Icasa	Icasa	Minas Gerais	Andradas

Fonte: BUSTAMANTE & BRESSIANNI, 2000.

A Figura 15 apresenta a evolução da produção de louça sanitária, no período de 1968 a 1999. A produção, em 1999, foi de 14 milhões de peças, no valor de US\$ 250 milhões.



**Figura 15: Evolução da Produção de Louças Sanitárias no Brasil – 1968-1999**

Existem vários projetos para instalação de novas fábricas de louças sanitárias no Brasil. No Nordeste estão sendo instaladas as seguintes fábricas: Lusarte Estrela, em Caruaru – PE; Santa Aliança, em João Pessoa – PB; Cerâmica Elizabeth – João Pessoa – PB (esta já em operação); Santa Aliança, em Fortaleza – CE e Cerâmica Monte Carlos, no Cabo – PE; a Hervy pretende instalar duas fábricas: uma em Uberaba – MG e outra no Recôncavo, na Bahia. Outros entrantes em Minas Gerais são: a Fiori Cerâmica Artística, em Andradas e a Togni, em Poços de Caldas.

Com as ampliações das quatorze fábricas existentes e a instalação de mais cinco no Nordeste e duas em Minas Gerais, a capacidade instalada de produção deverá alcançar 16,2 milhões de peças/ano, em 2005 (SILVA, 1999).

## 6.2.5 Insumos Cerâmicos

As matérias-primas não-naturais utilizadas nos diversos segmentos cerâmicos são os vidrados ou esmaltes, fritas e corantes. Esses produtos químicos são fabricados pela indústria de coloríficos.

Os vidrados podem ser definidos como uma cobertura vítrea, que é aplicada ao corpo cerâmico ainda cru, sendo fundidos, em conjunto, a altas temperaturas. O vidrado é normalmente duro, impermeável e parcial ou completamente insolúvel, com a finalidade de transmitir essas características ao substrato cerâmico, dando-lhe resistência à abrasão e às soluções químicas, permitindo uma fácil limpeza com produtos sanitários.

Os corantes dão coloração – das mais diversas tonalidades e efeitos – aos vidrados ou esmaltes, e constituem-se de óxidos puros ou pigmentos inorgânicos sintéticos obtidos a partir da mistura de óxidos ou de seus compostos. Os pigmentos são fabricados por empresas especializadas, inclusive por muitas das que produzem fritas, e sua obtenção envolve a mistura das matérias-primas, a calcinação e a moagem (RUSSEL, 1988).

O Brasil possui 22 empresas produtoras de colorifícios: doze possuem a linha completa de produtos, quatro produzem somente corantes e seis somente fritas. A produção, em 1999, foi de cerca de 230.000 toneladas – 145.000 t de compostos, 72.000 t de fritas, 2.400 t de corantes, 4.000 t de granilha e 6.600 t de produtos de serigrafia – que totalizaram aproximadamente US\$ 140 milhões. Em 1999, as importações foram inferiores a 5% do consumo e as exportações atingiram cerca de 10% da produção nacional (BUSTAMANTE & BRESSIANI, 2000b).

As principais empresas produtoras de colorifícios no Brasil são: Colorobbia, Ferro Enamel, Cerdec, Johnson-Mathey (Marrazi), Colorminas (Fritasul) Esmalglass, Masterglass e Esmaltec.

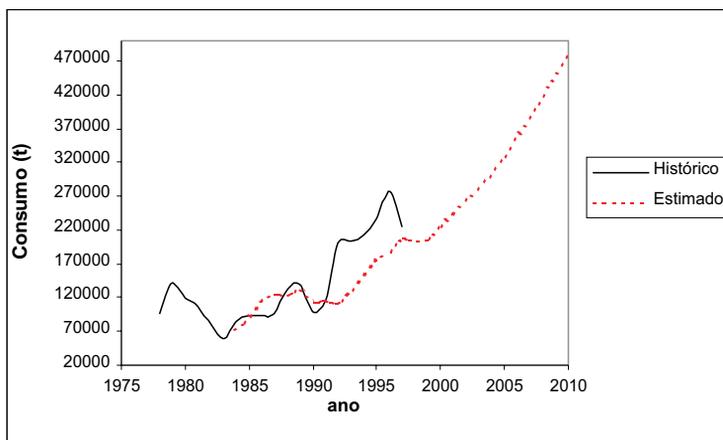
## 6.2.6 Projeção de mercado de feldspato

O Ministério das Minas e Energia, através da Secretaria de Minas e Metalurgia e do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, realizou a Atualização do Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral, que contemplou a projeção da demanda de várias substâncias minerais no Brasil, dentre as quais o feldspato.

Nesse documento, as metas indicativas para a indústria de feldspato foram estabelecidas a partir da análise de séries

históricas, no período de 1978 a 1997 e do consumo aparente oficial de feldspato, levando-se em conta os dados oficiais disponibilizados pelo DNPM. Para a formação do modelo de regressão, no caso do feldspato, as informações antes de 1984 foram desconsideradas. A variável PIB explica, de forma adequada, a variável endógena (IU) com um R2 de 63%. Os resíduos não apresentam tendências, mas uma pequena autocorrelação (DW=1.167).

Na Figura 16 são indicados os resultados da previsão de demanda de feldspato no Brasil para 2005 e 2010, efetuada pelo MME (BRASIL, 2001).



		Cenários		
		Pessimista	Base	Otimista
<b>Crescimento</b>	<b>PIB</b>	2,80%	3,80%	4,70%
<b>Demanda</b>	2005	327.000	396.000	470.000
	2010	479.000	680.000	930.000

**Figura 16: Estimativa da Demanda de Feldspato no Brasil-2005-2010. Fonte: BRASIL, 2001.**

No trabalho em análise, para um cenário pessimista, para os anos 2005 e 2010, foi projetada uma demanda de feldspato de de 327 mil toneladas e 479 mil toneladas, respectivamente. Comparado com o de 1997, de 224 mil toneladas, verifica-se a necessidade de suprimento adicional de 145 mil toneladas e 297 mil toneladas em 2005 e 2010, respectivamente, para atendimento ao aumento do consumo estimado.

Em função do seu escopo e das informações disponíveis, no estudo do MME não foi possível contemplar as recentes transformações que a indústria cerâmica vem atravessando no mercado internacional e nacional (COELHO et al., 2001). Nos últimos sete anos, o consumo nacional teve um crescimento muito elevado, mas o estudo, em apreço, fez uma atenuação nesses dados para estimar o consumo de 2005 e 2010.

Na previsão apresentada na Tabela 11 introduziram-se, no modelo proposto no trabalho do MME, as recentes transformações que vem passando a indústria de revestimento cerâmico brasileira, principalmente com o início da produção de porcelanatos.

**Tabela 11 - Estimativa da demanda de feldspato e crescimento do porcelanato no Brasil- 2005-2010**

		CENÁRIOS		
		Pessimista	Base	Otimista
<b>Crescimento</b>	PIB	2,8%	3,8%	4,7%
	Porcelanato	10%	15%	27%
Demanda de feldspato (t/ano)	Ano 2005	424.000	541.000	941.000
	Ano 2010	683.000	1.088.000	3.110.000

Fonte: COELHO, 2001

Considerando que a tecnologia e as formulações dos porcelanatos no Brasil são equivalentes às utilizadas na Itália, a demanda de feldspato estimada no estudo do MME (BRASIL, 2001) foi ajustada levando-se em conta o consumo desse mineral no porcelanato, a partir de 1997.

Foram considerados três cenários de crescimento do porcelanato no Brasil: pessimista (10%), base (15%) e otimista (27%, percentual observado na Itália, conforme já foi citado).

Apesar das simplificações apresentadas, estimou-se, no cenário pessimista, um crescimento da produção de porcelanato de 10% ao ano, gerando uma demanda de feldspato, no Brasil, em 2005 e 2010, de 424 mil toneladas e 683 mil toneladas, respectivamente. Ou seja, deverão ser acrescentados ao estudo do MME, com a entrada da produção do porcelanato, 97 mil toneladas em 2005 e 204 mil toneladas em 2010, isto é, 22% e

23%, respectivamente. Por essas projeções, em 2005, haverá um aumento de demanda de feldspato, quando comparado com a produção de 1997 (223.000 t), de cerca de 200.000 t/ano, no cenário pessimista. Caso seja levado em conta o cenário base, com o aumento de 15% a.a. na produção de porcelanato, o incremento de produção em 2005 será de cerca de 300.000 t/ano.

## 6.3 Tantalita

A partir da metade da década de 90, novas aplicações para o tântalo nas indústrias eletrônicas, entre outras, geraram um crescimento na demanda de tantalita, da ordem de 24% ao ano e uma projeção de crescimento de 9-10% ao ano.

A demanda que vinha crescendo a uma média de 8% ao ano, no período de 1996 a 1998, cresceu 30% em 1999 e 35% em 2000, gerando déficit que em 2000 era estimado em mais de 200t de  $Ta_2O_5$ , isto é, mais de 10% de toda a oferta mundial (TIC, 2001).

Em 2000, os preços do concentrado de tantalita no mercado internacional passaram de US\$ 30 para mais de US\$ 200 a libra peso. A partir de março 2001, houve uma queda no preço CIF do concentrado de tantalita com 30% de  $Ta_2O_5$ , variando entre 120 a 140 US\$/lb.

Em 2001, houve uma redução do consumo de tântalo, devido a uma forte desaceleração do setor eletrônico. Houve uma aparente desova do excesso de estoques das empresas consumidoras. Alguns especialistas indicam que foi feita uma previsão muito otimista para os produtos eletrônicos, para o exercício de 2001.

A fraca demanda por produtos de tântalo pelo setor eletrônico aumentou os estoques, e a diminuição do crescimento da economia global contribuiu para a diminuição dos preços. Em novembro de 2001, os preços no mercado *spot* variavam entre US\$ 30 a US\$ 50 /kg, enquanto em janeiro, do mesmo ano, variavam entre US\$ 145 a US\$ 300 (UNITED STATES, 2001).

**Tabela 12 - Produção Mundial de Tantalita<sup>(1)</sup>**

	ANO		
	1999	2000	2001 <sup>(2)</sup>
Austrália	350	485	640
Brasil	390	419	300
Canada	52	57	50
Congo (Kinshasa)	ND	130	60
Etiópia	ND	38	30
Nigéria	3	4	4
Outros Países	ND	32	30
Total do Mundo	495	836	1,100

Fonte: UNITED STATES, 2000 e 2001. Nota (1) t, concentrado 35% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Produção primária. (2) Estimado.

A Tabela 12 mostra a evolução da produção de tântalo primário no mundo no período de 1999 a 2001.

Uma das principais razões para o aumento do consumo mundial de tântalo está na indústria eletrônica, devido a uma grande demanda por capacitores de tântalo utilizados em telefones celulares, *paggers*, *laptop*, PC's e eletrônica automotiva. Outra causa vai pelo lado da oferta, que apresenta reservas em declínio em muitos países e nenhuma nova descoberta de fontes primárias, com bons teores.

Outros usos para o tântalo são: superligas na indústria aeronáutica para fabricação de turbinas especiais, o de carbetos de tântalo em ferramentas de corte, produtos laminados e fios resistentes a corrosão e a altas temperaturas.

Os substitutos do tântalo são o nióbio em superligas e carbetos; alumínio e cerâmicas em capacitores eletrônicos; nióbio, vidro, platina, titânio e zircônio em equipamentos resistentes à corrosão e nióbio, hafnio, irídio, molibdênio, rênio e tungstênio em aplicações sujeitas a altas temperaturas, porém, com menor eficiência.

A Tabela 13 apresenta as principais estatísticas da tantalita no Brasil para o período de 1998 a 2000. (BRASIL, 2002).

Segundo o DNPM, em 2000, a produção oficial do Brasil de concentrado de tantalita atingiu 419 t, representando um crescimento de 7,4% em relação ao ano anterior, posicionando-o

**Tabela 13 - Estatísticas do Segmento de Tantalita no Brasil de 1998 a 2000**

Discriminação			1998	1999 <sup>(e)</sup>	2000 <sup>(p)</sup>
Produção:	Concentrado tantalita	( t )	377	390	419
Importação:	Semimanufaturados e concentrados	( t )	216	112	340
			282	323	555
		(10 <sup>3</sup> US\$-FOB)			
Exportação:	Tantalita concentrado e ligas	( t )	216	75	148
		(10 <sup>3</sup> US\$-FOB)	1.169	805	1.337
Preços:	Liga Fe-Nb-Ta	(US\$/kg)	6,00	6,00	6,00
	Tantalita (USA)	(US\$/lb)	34,00	35,00	191,00
	Tantalita 30 -35% - Spot (Londres)	(US\$/lb)	32,00	33,00	200,00

Fonte: BRASIL, 2001. Notas: (p) Preliminar (e) Estimada (r) Revisado

na segunda colocação em termos mundiais. O Grupo Paranapanema e a Companhia Industrial Fluminense de Minas Gerais são os principais produtores brasileiros.

O país é importador de produtos industrializados e concentrados de tântalo. Os números do MICT-SECEC englobam em um só código concentrados de Nióbio, Tântalo e Vanádio; devido a isto estes devem ser tomados com ressalvas. Os valores médios de importação desses bens minerais no período de 1998 a 2000 foram de 222,6 t, a um custo médio anual de US\$ 387 mil. Em 2000, o país teve dispêndio de 112 mil dólares na aquisição de manufaturados de tântalo.

As exportações brasileiras são feitas na forma de concentrados de Columbita - Tantalita, ou ligas de Ferro-Nióbio-Tântalo, apresentando uma média de 146 t nos últimos 3 anos, que renderam uma média anual de US\$ 1.104 mil, sendo o preço médio para estes bens de US\$ 7,56 por quilograma.

O consumo doméstico de tântalo é na forma de produtos industrializados, importados dos países que detêm tecnologia de ponta, principalmente na forma de componentes para a indústria eletrônica e de concentrados para a produção de óxidos.

## 6.4 Berílio

O berilo é um silicato de berílio e alumínio que apresenta fórmula química  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ ; constitui o mais abundante dos minerais de berílio e a principal fonte deste metal. Suas principais propriedades físicas são a dureza alta, entre 7,5-8,0, cristalização prismática hexagonal geralmente euédrica, brilho vítreo, cor mais comum verde azulado, índice de refração 1,576-1,582 e densidade relativa 2,76-2,78.

Os principais minerais de berílio são o berilo<sup>(3)</sup> (12-13,5% de BeO) e bertrandita (42% de BeO). Estes são utilizados para a produção de hidróxido de berílio que é a matéria-prima para a produção do berílio metálico, ligas e óxido.

O berílio metálico é utilizado em reatores nucleares, na indústria aero-espacial, componentes ópticos e de computadores, armamentos militares, espelhos, dentre outros. As ligas de berílio são usadas na fabricação de moldes utilizados nas indústrias de vidro, metalúrgicas e de plástico, equipamentos de perfuração, mancais e rolamentos para equipamentos pesados etc. O óxido de berílio tem sido utilizado nos sistemas de ignição de automóveis, cerâmica de computadores, transistores, substratos de circuitos eletrônicos, lasers, dentre outros.

A poeira e gases de berílio são reconhecidamente causadores de berilosis, um grave distúrbio pulmonar. Devido a esse fato, tem-se procurado substitutos para o berílio metálico (alumínio, aço, titânio, compósitos de grafite e ligas (fósforo bronze). Pode-se considerar que não há reciclagem de berílio devido ao baixo teor utilizado e na dificuldade de separação (HARBEN, 1995).

A produção brasileira de berílio vem diminuindo ano a ano, uma vez que o País deixou de exportar para os EUA, devido ao fato da Agência Ambiental norte-americana ter incluído o berílio como um poluente perigoso à saúde. Desde 1995 que não há exportação. Como a produção doméstica é inexpressiva, o discreto consumo interno vem sendo suprido com as importações (DNPM, 2002).

**Tabela 14: Estatísticas do segmento de berílio no Brasil de 1998 a 2000**

Discriminação			1998	1999 <sup>®</sup>	2000 <sup>(p)</sup>
Produção:	Concentrado <sup>(1)</sup>	( t )	4,6	10,5	13
			-	-	0,00
Importação:	Berílio em forma bruta (semiman)	( kg )			
		(10 <sup>3</sup> US\$-FOB)	-	-	4.000
	Obras de Berílio	( kg )	53	131	0,00
		(10 <sup>3</sup> US\$-FOB)	21.553	11.192	1.000
Consumo	Semimanufaturados	( kg )	53	132	-
Aparente <sup>(2)</sup> :	Concentrado	( t )	4,6	10,5	13
Preço Médio <sup>(3)</sup> :	Ligas de berílio	US\$/kg	160	160	160
	Óxido de berílio	US\$/kg	77	77	100

Fonte: BRASIL, 2002. Notas: (1) trata-se de berílio industrial. (2) produção + importação - exportação. (3) refere-se aos preços internos norte-americanos.

## 6.5 Mica

A mica engloba uma série de hidróxidos de alumínio silicatos, sendo que, dentre estes, a moscovita ( $KAl_2(AlSi_3O(OH)_2)$ ) é o mais importante, comercialmente. A moscovita é praticamente incolor e transparente, sendo resistente ao ataque químico e ao choque térmico.

A classificação padrão para a mica em bloco, tem espessura mínima de 0,18 mm e área mínima de 6,45 cm<sup>2</sup>. No caso específico do filme, a espessura ideal é de 0,03 mm a 0,10 mm e no do tipo *splitting*, a espessura mínima é de 0,03 mm e a área é de 4,84 cm<sup>2</sup>.

A moscovita, devido as suas propriedades físicas e químicas, possui várias aplicações industriais. Na forma de lâminas, a mica é aplicada nas indústrias eletro-eletrônicas, isolante térmico e elétrico. Da mesma forma, as placas de mica de papel são utilizadas na fabricação de secadores de cabelos, máquinas de lavar louças, máquinas injetoras, coletores, além de outras utilidades. As fitas de papel de mica são utilizadas em condutores

elétricos, motores e geradores de média e alta tensão. (DNPM, 2002).

A mica moída é aplicada na produção de tintas e nas indústrias de materiais de transportes, eletrodos, cerâmica e na perfuração de poços de petróleo. A mica moída a seco é inerte, flexível e não é abrasiva, com grau de brancura de 75%. Devido a essas características, esse produto de mica é muito utilizado em tintas, papel, borracha e plástico.

Os principais substitutos da moscovita são:

- a) fita de mica: cerâmicas de alumina, quartzo fundido e polímeros orgânicos;
- b) veiculante (*carrier*): atapulgita, bentonita, diatomita, caulim, pirofilita, talco, zeólitas, dentre outros;
- c) elétrica: mica sintética
- d) lubrificante: grafita, lítio, disulfato de molibdênio, talco.

A produção nacional de mica em 2000, incluindo as de garimpo, foi de 4.000 t. A produção, no Brasil, está ligada à atividade garimpeira. Os principais Estados responsáveis pela produção de mica são a Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Minas Gerais, Bahia e Goiás.

As empresas brasileiras fazem a classificação de mica através de seleção manual. As principais são: COAMIL – Comércio Atacadista de Mica Ltda., em Carangola (MG); Altamica Comércio Ltda., em Governador Valadares (MG), Brasilminas Indústria e Comércio Ltda., em Moóca (SP), FELDSBRAS – Feldspatos Minérios do Brasil Ltda. e a VPI – Von oll Isolantes S.A no Ceará. Os Estados Unidos utilizam técnicas de tratamento de minérios e se constituem em grande produtor de mica.

As importações de mica, no ano de 2000, totalizaram 445 t, sendo 303 t de bens primários e 142 t de manufaturados. Dos bens primários, foram importadas 48 t de mica em bruto ou clivada em folhas e 255 t de mica em pó. Já as importações de manufaturas somaram 142 t, destas 138 t de placas, folhas ou tiras de mica aglomeradas e 4 t de outras obras de mica trabalhada. O valor das importações no exercício de 2000 somaram

US\$ 2.867.000,00, havendo um aumento médio nas importações de 21,82%, em relação ao exercício de 1999, decorrente do aquecimento do mercado interno.

Cerca de 1.800 t de mica produzidas no País, no ano de 2000, foram exportadas, sendo 1.200 t na forma de bens primários e 600 t de produtos manufaturados. Dos bens primários, 977 t de mica em bruto ou clivada em folha, e 206 t de mica em pó. Das 656 t de produtos manufaturados, 600 t de placas, folha ou tiras de mica e 56 t de outras obras de mica ou mica trabalhada.

**Tabela 15 - Estatísticas do segmento de mica no Brasil de 1998 a 2000**

<i>Discriminação</i>		<b>1998</b>	<b>1999<sup>(p)</sup></b>	<b>2000<sup>(p)</sup></b>
Produção <sup>(1)</sup> :	Bruta (t)	4.000	3.000	4.000
	Conc. e (t)	315	257	445
Importação <sup>(2)</sup> :	Manufaturado (10 <sup>3</sup> US\$-FOB)	2.518	2.355	2.867
	Conc. e (t)	1.564	1.925	1.839
Exportação <sup>(3)</sup> :	Manufaturado (10 <sup>3</sup> US\$/FOB)	3.169	3.150	3.366
	Conc. e (t)	2.751	1.332	2.606
Consumo Aparente <sup>(4)</sup> :	Mica em bruto <sup>(5)</sup> (US\$/t-FOB)	85,00	229,00	277,00
	Preços: Mica em pó <sup>(6)</sup> (US\$/t-FOB)	77,00	73,00	77,00
	Desperdício de mica <sup>(6)</sup> (US\$/t-FOB)	1,00	1,00	1,00
	Semi-acabados <sup>(6)</sup> (US\$/t-FOB)	2.930	2.773	2.975

Fonte: BRASIL, 2002. Notas: (p) Preliminar (e) Estimada (r) Revisado  
 Notas: (1) Produção bruta (inclui garimpos); (2) Inclui mica em bruta, em pó, placas, folhas, tiras e outras obras de mica; (3) Inclui mica em bruto, em pó, desperdício de mica, placas e tiras de papel de mica; (4) Produção + Importação – Exportação (5) Preços médios anuais - FOB das exportações brasileiras; (6) Placas, folhas e tiras de papel de mica (p)

O valor total das exportações brasileiras de mica, em 2000, foi de US\$ 3.366.000,00 FOB, que, comparadas às do exercício de 1999, apresentou um crescimento de quase de 7%.

## 6.6 Lítio

Os principais minerais de lítio são: espodumênio –  $(\text{LiAlSi}_2\text{O}_6)$  – com 8 % de  $\text{Li}_2\text{O}$ ; Petalita –  $(\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10})$  – com 4,9 % de  $\text{Li}_2\text{O}$ ; Lepidolilita –  $\text{K}(\text{LiAl})_3\text{O}_{10}(\text{OHF})_2$  – com 6,2 % de  $\text{Li}_2\text{O}$ ; Ambligonita –  $\text{LiAlPO}_4(\text{FOH})$  – com 10,3 de  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Esses minerais são usados nas indústrias cerâmicas e de vidro para diminuir a viscosidade e aumentar a resistência ao choque. Devido ao seu baixo coeficiente de expansão, é utilizado nas fritas e esmaltes em substituição ao chumbo, que está tendo seu uso proibido. É também usado nas lentes de vidro fotocromáticas.

O carbonato de lítio –  $\text{LiCO}_3$  – é utilizado nas células de redução de alumínio. Esse mesmo carbonato, quando purificado, é usado como medicamento no tratamento da depressão.

No Brasil, as atividades de industrialização, importação e exportação de minérios e minerais de lítio, produtos químicos orgânicos e inorgânicos, lítio metálico e ligas de lítio são supervisionadas pela CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear, devido à sua utilização na área nuclear.

Segundo o DNPM, a produção brasileira de concentrado de espodumênio em 2000, foi de 10.875 t. A Companhia Brasileira de Lítio – CBL<sup>4</sup> foi responsável por 9.784 t, com um teor de 5,1% de óxido de lítio e a Arqueana de Minérios e Metais Ltda, por 1.091 t de concentrado de lítio (12 t de espodumênio, 1077 t de petalita e 2 t de lepidolita).

Em 2000, o Brasil importou 9 t de cloreto de lítio, no valor de US\$ 63.000,00. A diminuição das importações, nos últimos anos, se deve às restrições impostas pelo Governo Federal à importação de produtos de lítio. Não houve importação de concentrado de espodumênio em 2000. Foram exportadas 10 t de concentrado de lítio (espodumênio), com um valor de US\$ 5.000, para a Argentina. Em 2000, o consumo interno de compostos de lítio foi de 1.260 t, um aumento de 2,6 % comparado a 1999.

---

<sup>4</sup> A lavra é subterrânea e o minério passa por um processo de beneficiamento

**Tabela 16 - Estatísticas do Segmento de Lítio no Brasil de 1998 a 2000**

Discriminação			1998	1999 <sup>(p)</sup>	2000 <sup>(p)</sup>
Produção:	Concentrado <sup>(1)</sup>	(t)	9.485	11.122	10.875
	Comp. químicos <sup>(2)</sup>	(t)	1.253	1.212	1.251
	Concentrado	(t)	240	-	-
Importação:		(US\$-CIF)	79.327	-	-
	Comp. químicos	(t)	21	16	9
		(US\$-CIF)	115.627	103.000	63.000
Exportação:	Concentrado	(t)	-	-	10
		(US\$-FOB)	-	-	5.000
	Comp. químicos	(t)	1	-	-
		(US\$-FOB)	-	-	-
Consumo	Concentrado <sup>(3)</sup>	(t)	9.725	11.122	10.875
Aparente:	Comp. químicos <sup>(4)</sup>	(t)	1.274	1.228	1.260
	Comp. químicos	(t)	1	-	-
	Petalita/Esposdumênio	(US\$/t)	331,00	-	-
Preços	io <sup>(5)</sup>				
Médio:	Cloreto de lítio <sup>(6)</sup>	(US\$/t)	9.200	5.000,00	7.000

Fonte: BRASIL, 2002. Notas: (p) Preliminar (e) Estimada (r) Revisado (1) Inclui ambligonita, espodumênio, petalita, lepidolita. (2) Produção de sais de lítio (carbonato e hidróxido). (3) Produção + Importação - Exportação. (4) Consumo de sais de lítio no mercado interno. (5) Preço médio importação de espodumênio. (6) Preço médio importação de cloreto de lítio. (-) Dado nulo. (r) Revisado. (p) Preliminar

## 6.7 Caulim

O caulim é uma argila, normalmente de cor branca, formada por um mineral de granulometria finíssima denominado caulinita –  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ . Os tipos de caulim variam de acordo com suas características físicas: alvura, grau de cristalização, opacidade, viscosidade, forma das partículas etc.

O caulim é utilizado em diversos setores industriais, destacando-se o de papel que consome cerca de 45%, sendo 32% para cobertura (*coating*) e 13,0% para carga (*filler*). Nos Estados Unidos, o consumo de caulim apresenta a seguinte distribuição por setor industrial: 56,0% para papel, 11,0% para refratários e 33,0% para outros usos – plásticos, tintas, borracha, fundição, absorvente, recuperação do solo, perfumaria, fibra de vidro, dentre outros.

A indústria de papel divide os caulins em duas categorias

de granulometria: fino com 90% < 2m e grosso com 50% < 2m. O tipo *filler* deve possuir as seguintes especificações: caulinita > 90%, teor de  $Fe_2O_3$  e  $TiO_2$  < 1%. Baixo teor de quartzo (1-2%); grau de alvura maior que 80%, tamanho das partículas de 50 a 70% maior que 2mm. O tipo *cobertura* deve possuir as seguintes especificações: caulinita entre 90 e 100%, teor de  $Fe_2O_3$  0,5 – 1,8% e  $TiO_2$  (0,4-1,6%), ausência de quartzo; grau de alvura maior que 85%, tamanho das partículas de 80 a 100% menor que 2mm e a viscosidade Brookfield menor que 500 mPa.s.

O caulim cerâmico deve possuir um teor de caulinita entre 75 e 85% e não ter minerais que afetem a cor de queima, como o  $Fe_2O_3$ , cujo teor deve ser menor que 0,9%, de modo que a cor da alvura, após a queima, esteja na faixa de 85-92.

O aumento da reciclagem do papel vem influenciando mais o mercado de celulose do que o dos minerais utilizados como carga e cobertura, pois a fabricação do papel reciclado necessita de uma nova aplicação desses tipos de caulim para sua segunda vida (HARBEN, 1995).

A oferta mundial de caulim, em 2000, atingiu 22,0 milhões de toneladas, liderada pelos Estados Unidos, com 8,9 milhões de toneladas, seguindo-se o Reino Unido, o Brasil, a Ucrânia e a China, que responderam por quase 70,0% dessa oferta, correspondente a 15,1 milhões de toneladas desse bem mineral.

Segundo o DNPM, o Brasil produziu, em 2000, 1,7 milhões de toneladas de caulim beneficiado, ocupando a 3ª posição na oferta mundial, destacando-se os estados do Amapá e do Pará, com 43,6% e 40,3%, respectivamente do total nacional. Outros estados produtores são: São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraíba e Rio Grande do Norte.

A quantidade de caulim importada pelo Brasil, em 2000, apesar de relativamente pequena, atingiu 5.382 t, com um valor de US\$ 2.133.000. Com relação aos manufaturados, a quantidade, em 2000, foi de 5.608 t, com um valor de US\$ 4.354.000.

O Brasil, em 2000, exportou 1,39 milhões de toneladas de caulim beneficiado, registrando-se um aumento de 20,0%, comparando-se com 1,156 milhões de toneladas exportadas no

ano anterior. Em termos de manufaturados, a quantidade exportada atingiu 2.086 t, em 2000. A partir de 2002, o Brasil deverá ter uma participação na oferta mundial de cerca de 1,8 milhões t/ano, contra as 1,39 milhões de toneladas em 2000.

O consumo interno aparente de caulim, em 2000, registrou uma pequena queda em relação ao ano anterior, passando de 365.183 t para 349.533 t, o que representa pouco mais de 4,0%. O caulim consumido internamente provém, na maior parte, das minas existentes nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraíba e Rio Grande do Norte, os quais fornecem, principalmente, caulim do tipo carga e tipo cerâmico.

**Tabela 17 - Estatísticas do Segmento de Caulim no Brasil de 1998 a 2000**

Discriminação			1998	1999 <sup>®</sup>	2000 <sup>(p)</sup>
Produção:	Bruta (minério)	(t)	3.259.518	3.598.326	4.100.000
	Beneficiada	(t)	1.373.892	1.516.700	1.734.787
Importação:	Bens primários	(t)	4.941	3.746	5.382
	Manufaturados	(10 <sup>3</sup> US\$-FOB)	1.793	1.409	2.133
Exportação:	Bens primários	(t)	964.268	1.156.593	1.390.636
	Manufaturados	(10 <sup>3</sup> US\$-FOB)	105.900	123.118	151.477
Consumo Aparente <sup>(1)</sup> :	Beneficiado	(t)	417.907	365.183	349.533
	Preços Médios Inter: <sup>(2)</sup> :	Beneficiado	(US\$/t-FOB)	111	104
Preços Médio Nac. <sup>(3)</sup> :	Beneficiado	(US\$/t-FOB)	115	110	115

Fonte: BRASIL, 2002. Notas: (p) Preliminar (e) Estimada (r) Revisado; (1) Produção + Importação – Exportação; (2) Média de preços de caulins no mercado americano; (3) Média de preços de caulins nacionais para o mercado externo

## 6.8 Quartzo

As principais variedades do quartzo cristalino (SiO<sub>2</sub>) são: quartzo hialino ou cristal de rocha, quartzo leitoso, esfumado, roxo (ametista), negro (mourion), verde prásio. Estas três últimas variedades são usadas como gemas (LUZ & BRAZ, 2000).

O cristal de quartzo pode ser natural ou cultivado por crescimento hidrotérmico em autoclave. Os recursos mundiais de grandes cristais naturais ocorrem quase exclusivamente no Brasil e em quantidades menores em Madagascar. Todavia, atualmente, quase todas as aplicações piezolétricas e da óptica são atendidas pelo cristal cultivado. Sua produção situa-se em torno de 2.000 t/ano. Esta produção de barras de cristal cultivado concentra-se no Japão, EUA e China. Em 2000, não houve produção de cristal cultivado no Brasil.

Os grandes cristais naturais para sementes só são produzidos no Brasil, entretanto, com o processo de crescimento hidrotérmico com cristais naturais, tem sido cada vez mais frequente o uso de barras sintéticas cultivadas exclusivamente para a geração de sementes.

O emprego do quartzo nos diversos segmentos industriais é função do conteúdo de impurezas, defeitos no cristal e outras especificações.

As lascas de quartzo de alta pureza, além de serem usadas na produção de quartzo cultivado, são utilizadas na produção de quartzo fundido, cerâmicas especiais e carga para microcircuitos de alta integração. (ARCOVERDE, 1988).

O quartzo fundido é empregado em uma vasta gama de indústrias de alto valor agregado: óptica, equipamentos elétricos, química de base, equipamentos e aparelhagens científica e de precisão e fibra óptica. (LUZ & BRAZ, op. cit.).

O quartzo de menor grau de pureza tem uma grande aplicação em outras indústrias, onde se destacam: a de vidro – vidros planos, vasilhames, vidraria especial e vidraria em geral; siderúrgica – aços especiais, ligas especiais–, abrasivos, refratários, dentre outras. No Brasil, grande parte do quartzo produzido é utilizado na produção de ligas de silício (cálcio-silício, ferro-silício-magnésio e ferro silício e de silício metálico).

A sílica cristalina é classificada como um cacino gênico. Devido a esse fato, a legislação brasileira exige que a produção, manuseio e utilização de quartzo moído obedeça procedimentos rígidos, de modo que o teor de sílica no ar seja menor de que 0,1%.

No Brasil, em 2000, foram produzidas 3.651 t de lasca de quartzo, com um valor estimado de US\$ 1.641.000 contra US\$1.017.000 do exercício de 1999; mostrando um crescimento estimado de 61%. Desde 1996 o Brasil não é mais produtor de cristal de quartzo cultivado.

As principais importações, da cadeia produtiva do cristal de quartzo no Brasil, são de produtos manufaturados. Estes produtos são: cristais piezelétricos montados e suas partes, e em menor valor, cristal cultivado bruto e usinado. O valor total das importações de manufaturados foi de US\$ 52.945.000 no ano de 2000. No exercício de 2000, cem por cento das importações de manufaturados foram de cristais piezelétricos para indústria eletroeletrônica que tem uma grande demanda, em função do crescimento do mercado brasileiro de computadores pessoais, telefones celulares, jogos eletrônicos e GPS.

No mesmo ano, as exportações brasileiras de lascas, atingiram o montante de 2.907 t totalizando um valor de US\$ 1.272.000. As exportações de cristais piezelétricos montados atingiram a cifra de US\$ 277.000. No exercício de 2000 foram exportados apenas poucos blocos de quartzo piezelétricos que geraram uma receita de exportação de apenas US\$ 92.000. O total das exportações brasileiras de quartzo, sobre todas as formas, foi de US\$ 1.641.000. O cotejo entre os valores das exportações de bens primários e manufaturados de quartzo mostra uma relação de 244,0%, refletindo ainda a pouca agregação de valor dos produtos minerais do quartzo brasileiro (DNPM, 2002).

Em 2000, não houve consumo, no Brasil, de lascas tanto na indústria de fusão de quartzo quanto na de crescimento de cristal sintético. O cristal de quartzo é utilizado na confecção de dispositivos piezelétricos controladores de frequência. A indústria brasileira de cristais osciladores, osciladores de quartzo e filtros de quartzo consomem barras de quartzo cultivado importadas. Os principais setores de consumo dos cristais, osciladores e filtros de quartzo produzidos no Brasil são as indústrias de relógios eletrônicos, de automóveis, jogos eletrônicos e de informática (Tabela 18).

**Tabela 18 - Estatísticas do Segmento de Quartzo no Brasil de 1998 a 2000**

Discriminação			1998	1999 <sup>®</sup>	2000 <sup>(p)</sup>
Produção	(1)	t	1.594,2	1.470,0	3.651,0
	(2)	t	-	-	-
Importação:	<b>Bens Primários:</b>				
	Lascas e quartzo em bruto		t	707,0	251,0
			10 <sup>3</sup> US\$ FOB	20.420	32.977
	<b>Manufaturados:</b>				
	Cristais Pieze. Mont. e partes		t	0,109	0,068
			10 <sup>3</sup> US\$ FOB	188,9	32.984
	<b>Bens Primários:</b>		t	1.594,2	1.470,0
Exportação:			10 <sup>3</sup> US\$ FOB	1.250,5	918,0
	<b>Manufaturados:</b>		t	0,02	0,06
			10 <sup>3</sup> US\$ FOB	99,0	369,0
Cons. Interno:	Cristal Cultivado Bruto (3)		t	37,9	39,0
Preço	Lascas e quartzo em bruto (4)		US\$ / kg	0,78	0,75
	Cristal cultivado barra bruta (5)		US\$ / kg	56,06	48,12
	Cristal cultivado barra usinada (6)		US\$ / kg	241	241

Fonte: BRASIL, 2002. Notas: (p) Preliminar (e) Estimada (r) Revisado(1) Produção = quantidade exportada + consumo interno estimado (exceto p/ fins ornamentais (2) Cristal cultivado; (3) Considerando e convertendo para barras brutas, as importações de cristais osciladores montados, considerando uma relação de 1 kg = 1.000 peças; (4) Preço médio FOB das exportações de lascas e quartzo em bruto; (5) Preço médio (FOB) das importações brasileiras de cristal cultivado (barra bruta); (6) Preços médios de cristal cultivado (barra usinada) – EUA.

## 6.9 Gemas

Vários tipos de gemas são encontrados nos pegmatitos da Região Nordeste do Brasil<sup>5</sup>: água marinha, turmalinas, ametista, lazulita, coríndon, berilo para coleção, quartzo róseo, euclásio e cordierita. Pode-se acrescentar também outros minerais com características gemológicas como morganita em pegmatitos litiníferos; mangano-tantalita gema, transparente, vermelho forte, a amazonita<sup>6</sup> ou jade do Amazonas em alguns pegmatitos com água marinha e a ocorrência de espodumênio róseo (MORAES, 1999).

<sup>5</sup> A água marinha é a gema mais abundante, vindo em segundo lugar as turmalinas e a esmeralda em terceiro. (MORAES, op. cit.)

<sup>6</sup> A amazonita em cores verdes brilhantes sob a forma de blocos pode ser aproveitado como gema.

O berilo possui uma família de minerais gemas que são distinguidos pela cor: água marinha azul, esmeralda verde,morganita rósea e heliodoro amarelo dourado. Nos pegmatitos dos estados nordestinos, o berilo é abundante, ocorrendo em cristais de tamanho muito variável, desde alguns centímetros de comprimento a mais de metro e pesando mais de uma tonelada; porém as dimensões mais freqüentes oscilam de 5 a 15 cm de comprimento.

O Brasil detém as mais importantes jazidas de água marinha do mundo, sendo Minas Gerais o maior produtor nacional. A água marinha é também a gema mais abundante e valiosa dos pegmatitos nordestinos.

A cor mais freqüente da água marinha é azul claro, sendo o azul médio mais valioso e menos comum. O tratamento térmico à temperatura de 400°C torna a cor azul mais escura e homogênea, aumentando o valor da pedra.

Nos pegmatitos berilíferos são encontrados belos cristais bem desenvolvidos de berilo que, embora não constituam gemas, são comercializados como peças valiosas para colecionadores e museus. Os cristais selecionados para coleção têm cor azul ou verde e dimensões variáveis de 10cm a 25 cm de comprimento e diâmetro de 2 a 6 cm (MORAES, op. cit.).

A turmalina é um borossilicato de alumínio complexo de dureza 7,5, densidade relativa 3,02 - 3,26, índice de refração 1,616 - 1,652, que cristaliza no sistema hexagonal, cujos prismas apresentam faces com finas estrias verticais. O mineral possui propriedades piroelétricas e piezelétricas, isto é, desenvolve carga elétrica, podendo polarizar a luz quando submetido a aquecimento, compressão ou vibração. Por essas propriedades, a turmalina é usada na indústria eletrônica e de instrumentos ópticos.

O Brasil é bem conhecido como produtor de turmalinas-gema em várias cores, recebendo em função delas as seguintes denominações: acroíta incolor, rubelita ou elbaíta rósea avermelhada (contém sódio, potássio ou lítio), verdelita verde, indicolita azul, dravita amarela a marrom (menos comum e contém magnésio), schorlita ou afrizita preta, e siberita lilás ou azul violeta. Existem ainda combinações de cores como róseo no centro

do cristal e verde nas bordas, e bicolor com uma zona azul e outra verde.

A schorlita, variedade opaca e rica em ferro, de menor interesse gemológico, porém muito apreciada por colecionadores, é o tipo de turmalina mais abundante no mundo. Segundo o Anuário Mineral Brasileiro (1996), as exportações de schorlita bruta em 1994 somaram 23 t, no valor FOB de 212 mil dólares, o que representa US\$ 9,2/kg.

A maior jazida de indicolita do Brasil está localizada na localidade de São José da Batalha, município de Salgadinho, estado da Paraíba.

Muitos tipos de quartzo são usados como gema, e os cristais grandes bem formados são peças valiosas de colecionadores. Existem várias designações para o quartzo: ametista cor violeta, citrino amarelado, enfumaçado ou fumê cinza, morion quase preto<sup>7</sup>. Segundo Oliveira (1990), o Brasil é o maior produtor mundial de ametista e quartzo rosa, sendo o Rio Grande do Sul e Minas Gerais os principais responsáveis pela produção desses minerais.

Nos pegmatitos da Região NE, o quartzo ocorre basicamente sob duas formas: em grãos vítreos e fragmentos angulosos, milimétricos a centimétricos, intercrescidos com feldspatos, e em bolsões diferenciados, por vezes de dimensões métricas. O quartzo desses bolsões tem hábito maciço e a cor mais comum é branco leitoso, e eventualmente exhibe manchas róseas, azuladas, ou cinza. Mas, muitos pegmatitos encerram belos cristais bem desenvolvidos, principalmente dos tipos hialino, enfumaçado e leitoso, por vezes com dimensões decimétricas.

No que tange ao aproveitamento comercial, algumas ametistas adquirem a cor amarela quando submetidas a temperaturas entre 450°C e 500°C, e elas são conhecidas no

---

<sup>7</sup> Além dessas espécies cristalinas, existem as variedades criptocristalinas como a calcedônia, ágata, ônix, sílex, chert, jaspe, prásio, e amorfas como as opalas.

mercado pelos nomes de topázio-rio-grande, topázio espanhol, topázio citrino, topázio ouro ou falso topázio (Limaverde, 1980).

A lazulita é um mineral azul de brilho vítreo que constitui o membro rico em magnésio de uma série isomórfica de fórmula química geral  $(Mg, Fe)Al_2(PO_4)_2(OH)_2$ , ou seja, fosfato básico de magnésio, ferro e alumínio, onde o ferro ferroso substitui o magnésio formando o mineral scorzalita, que também tem cor azul, representando o outro membro da série. Os jazimentos de lazulita do Rio Grande do Norte se agrupam no município de Parelhas, a cerca de 12 km a sudeste desta cidade.

A comercialização das gemas é feita em lotes de pedra bruta. Em 1999, o preço da água marinha, no local de produção, oscilava de R\$ 20,00 a R\$ 50,00 o grama, em função da qualidade da pedra e, principalmente, da sua cor. Quanto mais forte a cor azul, mais valorizada é a pedra. O peso de cada lote de pedra bruta varia de 100 a 400 g e ele consiste de várias pedras com diferentes dimensões, aspectos e valores. Normalmente, do valor de comercialização do lote de gemas, 10% é destinado ao proprietário da terra (superficiário), 50% ao financiador das operações extrativas e 40% para os garimpeiros que extraíram as gemas. As pedras brutas vendidas são lapidadas nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, transformando-se em jóias com grande valor agregado.

Os principais parâmetros para aquisição das pedras brutas são a cor e o aproveitamento na lapidação. De um modo geral, o rendimento da lapidação de água marinha é de 20%, ou seja, um quilate por grama de pedra bruta; mas pode alcançar três quilates/grama quando a pedra é totalmente límpida e de bom formato (EL-AWAR, 1974).

Segundo o Boletim referencial de preços de diamante e gemas de cor, a classificação de gemas de cor, no mercado internacional, utiliza quatro fatores como base: o peso, a cor, a pureza e a lapidação (BRASIL, 2001)

#### 1) Peso

O peso das gemas de cor também é expresso em quilates (1 ct = 0,2 g).

## 2) Cor

Normalmente, a cor é o fator de maior importância na classificação das gemas de cor, representando cerca de 50% do seu valor. O grau de cor é determinado pelo julgamento de três aspectos básicos, definidores das cores:

**Matiz:** É o principal aspecto e se refere ao tipo de cor ou combinação de cores de uma pedra. Exemplos: verde amarelado, verde azulado, azul esverdeado.

**Tom:** É a medida da cor no que se refere à sensação de claro/escuro.

Outro termo usado: tonalidade. Geralmente é expresso em porcentagens.

**Saturação:** É a posição numa escala que se estende do vivido (*vivid*) ao sem vida (*duII*), vem a ser a força, a pureza, a intensidade do matiz.

## 3) Pureza

Esta é considerada o segundo fator para classificação e avaliação das gemas de cor, representando aproximadamente 30% do valor da gema. Refere-se à ausência ou presença de inclusões e/ou imperfeições externas, cujas qualidades e quantidades interferem na transparência e beleza da gema.

## 4) Lapidação/Acabamento

A lapidação/acabamento é o fator de menor peso na classificação da gemas de cor, representando 20% do total. Na lapidação, devem ser considerados diversos aspectos, tais como: as proporções, a simetria e o acabamento final.

Para o julgamento do acabamento, consideram-se as características da superfície da gema que não foram levadas em consideração quando da classificação da pureza.

Para se obter o preço referencial da gema, é necessário que se analise a sua cor, pureza e a qualidade de sua lapidação/acabamento dando-se uma pontuação ou nota de 1 a 10, conforme os critérios descritos a seguir. Após definidas, as notas devem ser multiplicadas pelo percentual correspondente a cada item, ou sejam, Cor = 50%; Pureza = 30% e Lapidação = 20%.

O preço para exportação da água marinha lapidada tem uma variação muito grande em função principalmente da cor. O preço médio das pedras de cor médio a fraco é da ordem de US\$35/quilate, e do tipo boa a extra pode atingir US\$100/quilate; algumas gemas de qualidade excepcional alcançam US\$500/quilate (EL-AWAR, op. cit). Os tamanhos mais comuns para exportação são de 8 a 18 quilates por pedra, mas o mercado japonês consome gemas de 2 a 12 quilates.

**Tabela 19 - ÁGUA-MARINHA (variedade do Berilo)**

	<b>Fraca (Terceira)</b>	<b>Média (Segunda)</b>	<b>Boa (Primeira)</b>	<b>Excelente (Extra)</b>
de 0,50 a 1 ct	1 - 4	4 - 12	12 - 50	50 - 100
1 a 3 ct	2 - 5	15 - 60	60 - 120	120 - 200
3 a 5 ct	3 - 20	20 - 70	70 - 150	150 - 300
5 a 10	a partir de 10	25 - 80	80 - 200	200 - 350
10 a 25ct	a partir de 8	25 - 80	80 - 220	220 - 350
25 a 50 ct	a partir de 8	25 - 80	70 - 200	200 - 320

Fonte: BRASIL, 2001.

**Tabela 20 - TURMALINA AZUL (Indicolita)**

	<b>Fraca (Terceira)</b>	<b>Média (Segunda)</b>	<b>Boa (Primeira)</b>	<b>Excelente (Extra)</b>
De 0,50 a 1 ct	4 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 100
1 a 3 ct	10 - 25	25 - 65	65 - 150	150 - 200
3 a 5 ct	20 - 40	40 - 100	100 - 160	160 - 250
5 a 10	20 - 55	55 - 130	130 - 280	280 - 400
10 a 20ct	20 - 55	55 - 1500	150 - 300	300 - 500

Fonte: BRASIL, 2001.

**Tabela 21 - TURMALINA VERDE E VERDE AZULADO**

	<b>Fraca (Terceira)</b>	<b>Média (Segunda)</b>	<b>Boa (Primeira)</b>	<b>Excelente (Extra)</b>
De 0,50 a 1 ct	2 - 5	5 - 15	15 - 25	25 - 60
1 a 3 ct	3 - 15	15 - 40	40 - 70	70 - 90
3 a 5 ct	3 - 20	20 - 50	50 - 85	85 - 120
5 a 10	5 - 20	20 - 60	60 - 110	110 - 200
10 a 20ct	5 - 30	30 - 60	60 - 150	150 - 250
20 a 50 ct	5 - 25	25 - 50	50 - 120	120 - 220

Fonte: BRASIL, 2001.

**Tabela 22 - TURMALINA ROSA**

	<b>Fraca (Terceira)</b>	<b>Média (Segunda)</b>	<b>Boa (Primeira)</b>	<b>Excelente (Extra)</b>
De 0,50 a 1 ct	3 - 8	8 - 20	20 - 35	35 - 50
1 a 3 ct	5 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 75
3 a 5 ct	5 - 20	20 - 45	45 - 80	80 - 100
5 a 10	5 - 20	20 - 45	45 - 90	90 - 180
10 a 20ct	5 - 20	20 - 45	45 - 80	80 - 200

Fonte: BRASIL, 2001.

Estima-se que mais de 90% da produção nacional dessas gemas são destinadas à exportação. A Tabela 23 mostra a evolução das exportações das referidas gemas no período de 1990 a 1996<sup>8</sup>, onde se observa forte tendência de crescimento de ambas as gemas, sobretudo da turmalina, tanto na forma bruta como lapidada.

**Tabela 23 - Exportações de Água Marinha e Turmalinas em Bruto e Lapidadas Brasil: 1990 - 1996.**

Quantidade: t; Valor US\$ 1.000

FOB	ÁGUA MARINHA				TURMALINAS (1)			
	EM BRUTO		LAPIDADA		EM BRUTO		LAPIDADA	
ANO	QUANT	VALOR	QUANT	VALOR	QUANT	VALOR	QUANT	VALOR
1990	10	942	(2)	3.911	28	494	(2)	4.115
1991	6	99	(2)	2.862	44	502	1	2.653
1992	8	275	1	1.517	42	276	1	2.217
1993	15	289	6	1.736	32	303	5	2.355
1994	26	388	(2)	2.133	68	1.054	11	3.529
1995	25	550	3	5.334	220	826	7	7.443
1996	13	283	2	5.296	197	967	5	7.389

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 1993 a 1997. Notas (1) Diversos tipos, inclusive schorlita ou afrizita; (2) Inferior a 1 tonelada.

<sup>8</sup> O Anuário Mineral Brasileiro editado pelo DNPM, a partir de 1998, deixou de publicar as estatísticas de comércio exterior de gemas.

## 7. Considerações gerais

### 7.1 Geologia e Pesquisa Mineral

Em síntese, enfatizamos a seguir os pontos que, no nosso entendimento, refletem a presente situação da geologia e da pesquisa geológica no contexto da extração mineral na Província Pegmatítica Seridó-Borborema:

1) Existe um grande acervo de trabalhos geológicos na Província Pegmatítica Seridó - Borborema, executados por agências do Governo Federal (SUDENE, DNPM, CPRM), Governos Estaduais e Universidades.

2) Não houve transferência destes conhecimentos em benefício da comunidade produtiva, garimpeiros e pequenos mineradores, perpetuando, pela falta de inserção de novas tecnologias, práticas de mineração predatórias, precárias e de baixo rendimento.

3) A contribuição efetiva da pesquisa geológica para o desenvolvimento da produção mineral dos pegmatitos do Nordeste tem sido mínima ou ausente.

4) Os trabalhos de geologia já executados, inclusive os mais recentes, o foram sob paradigmas conceitualmente ultrapassados e incompletos, limitando as pesquisas aos pegmatitos do tipo "heterogêneos", excluindo os do tipo "homogêneos".

5) Observou-se a carência de cartografia geológica, no que tange aos pegmatitos, e a ausência de um banco de dados sobre os mesmos.

6) A extensão em profundidade dos corpos mineralizados nunca foi investigada através de métodos corriqueiros de sondagem. Nem tampouco métodos indiretos, como os geofísicos, foram aplicados.

7) Por imposição do mercado, durante cerca de quatro décadas, a ênfase na exploração dos pegmatitos foi direcionada para a produção de minerais metalíferos (Ta, Be, Sn, Li). A partir da última década, o foco passou a ser os minerais industriais (Feldspato e Caulim) para indústrias cerâmicas e de vidro.

8) Atualmente, tanto os minerais metalíferos quanto os industriais têm demanda e preços crescentes, o que enseja melhor economicidade na lavra e por sua vez requer um conhecimento geológico mais completo dos corpos de minério, ao nível de permitir uma avaliação econômica e o estabelecimento de modelos de lavra racional e bem planejada.

## 7.2 Lavra

1) Nas condições observadas durante visita técnica às frentes de lavra da Mineração Ubaeira, município de Currais Novos-RN e ao Garimpo de Malhada Vermelha, município de Parelhas-RN, Região do Seridó, quanto à geometria dos corpos dos pegmatitos pode-se afirmar que a lavra será subterrânea, adotando-se um método de realce auto-portante (provavelmente câmara e pilares).

2) O desenvolvimento de um modelo de lavra a ser aplicado aos pegmatitos da região, principalmente os heterogêneos, necessita de furos de sondagem e mapeamento do depósito, em escala adequada, para definir a extensão lateral e em profundidade do corpo mineralizado..

3) Um estudo da viabilidade técnico-econômica do depósito pesquisado poderá servir de base para que as prováveis Cooperativas elaborarem seus projetos e pedidos de financiamento.

## 7.3 Beneficiamento

O presente trabalho permitiu fazer as seguintes considerações:

1) As técnicas atuais de beneficiamento utilizadas para

concentração dos pegmatitos, na região do Seridó - Borborema, são bastante rudimentares e utilizam apenas catação manual, algumas vezes seguida de uma britagem; este procedimento constitui um aproveitamento inadequado dos pegmatitos da região, contribuindo para a depredação dos depósitos;

2) Utilizando-se os conhecimentos da área de processamento mineral e combinando as técnicas de moagem, classificação, gravimetria, separação magnética, flotação, alvejamento, filtração e secagem é possível aproveitar os minerais de importância econômica contidos nos pegmatitos;

3) Prevê-se um certo grau de dificuldade para controlar o processo de concentração, devido à variação na composição mineralógica da alimentação;

4) Até hoje, a exploração dos pegmatitos do nordeste tem sido feita apenas nos pegmatitos heterogêneos, normalmente caracterizados como de menor volume de reservas, o que dificulta a implantação de unidades de beneficiamento; em virtude disto, uma das alternativas é estudar a viabilidade técnica e econômica de implantação de uma unidade central, na forma de cooperativa;

5) O processo previsto para o beneficiamento dos pegmatitos da região do Seridó precisa de água e como sabemos este é um bem escasso na região do semiárido; é provável que próximo à cidade de Currais Novos, onde no passado operaram 3 usinas (Brejuí, Barra Verde e Tungstênio do Brasil) de beneficiamento de scheelita, via úmida, por meio de jigagem e mensagem, seja um local a ser examinado para abrigar uma das unidades (cooperativas) centrais de aproveitamento dos pegmatitos da região;

6) Um futuro projeto de aproveitamento dos pegmatitos da região do Seridó - Borborema deverá estudar inicialmente em escala de bancada, o aproveitamento dos minerais de importância econômica (tantalita, feldspato, moscovita, caulinita etc) contido em um pegmatito a ser selecionado; recomenda-se estudar a influência da água da região, no processo de flotação;

7) Com base nos resultados obtidos nos estudos de bancada, deverá ser feito um estudo de pré-viabilidade técnica e econômica de implantação de uma central (cooperativa) de beneficiamento;

8) Caso os estudos de pré-viabilidade econômica sejam

promissores, deverão ser realizados estudos, em escala piloto, em local escolhido para tal, visando levantamento de parâmetros de processo e oportunidade de demonstração para os pequenos mineradores da região.

## 7.4 Mercado

O presente trabalho permitiu sugerir as linhas de ação para um futuro projeto, exploração mineral, lavra, beneficiamento e mercado.

No Brasil, a indústria de feldspato está passando por uma reestruturação. Os principais aspectos no caminho da reestruturação dizem respeito a: aumento nas exigências dos usuários finais por produtos com melhor qualidade e com custos compatíveis com os internacionais; reestruturações das grandes empresas consumidoras, com exclusão de fornecedores, visando reduzir o custo da coordenação; impacto da abertura comercial no desempenho de produtores e consumidores e aumento expressivo na importação de matérias-primas naturais e do consumo. Os prováveis traços dessa reestruturação serão: regionalização da produção, visando a diminuição dos custos de frete; menor custo de produção através de maior escala de produção e internalização de tecnologia que possibilite obter qualidade e preços equivalentes aos praticados em nível mundial.

Como consequência, a estrutura setorial ficará mais concentrada, com a saída de várias empresas do mercado, principalmente as de menor porte e mais frágeis, particularmente aquelas situadas na Região Nordeste. Vale dizer que o provável cenário dessa reestruturação terá como principal elemento a redução significativa do número de produtores.

A situação das pequenas empresas poderia ser minorada com ações governamentais. Assim, por exemplo, uma das opções para as pequenas empresas localizadas no Nordeste seria o aumento da exportação de feldspato. Para isso, torna-se necessário o desenvolvimento de uma política de apoio tecnológico e gerencial a essas empresas, pelos diversos órgãos que atuam na região.

Uma outra alternativa, mais sustentável, seria a implementação de uma política para ampliação da capacidade atual de produção de produtos cerâmicos no Nordeste, tanto para consumo regional quanto para exportação, atraindo, principalmente, os ceramistas estabelecidos no Sul e Sudeste, por meio de linhas de crédito do BNDES e BNB e outros incentivos dos governos federal, estaduais e municipais. Verificou-se, na pesquisa, que existem estudos para serem instaladas, nessa região, cerca de 30 novas indústrias consumidoras de feldspato e de seus substitutos. Esse fato irá melhorar a competitividade das pequenas empresas de mineração da região.

Diante dessas perspectivas, a redução da vulnerabilidade das atuais empresas produtoras, constituídas, na sua maioria, de pequenas empresas, requer a formulação de estratégias e a construção de diferenciais competitivos fundamentados em: vantagens de localização - para compensar a desvantagem do custo de produção, que será contrabalançado pelo menor custo de frete -, na alta qualidade do feldspato de pegmatito e a criação de centrais de matéria-prima - visando criar economia de aglomeração e eficiência coletiva, - nas proximidades de pólos cerâmicos formados por micro e pequenas empresas.

## 8. Conclusões

Concluimos pela concepção e proposição de um projeto à Secretaria de Minas e Metalurgia-SMME-MME, com o seguinte escopo:

- 1) aproveitamento racional e integrado de todos os minerais de valor econômico contidos nos corpos pegmatíticos;
- 2) melhoria e normalização qualitativa dos produtos minerais oriundos da lavra dos corpos pegmatíticos;
- 3) inserção de tecnologias criativas adequadas ao contexto social e econômico local e ambientalmente satisfatórias;
- 4) inserção de práticas saudáveis de comercialização dos produtos minerais;
- 5) formação e aprimoramento de recursos humanos locais, diretamente envolvidos nos arranjos produtivos

## Referências bibliográficas

- ABVIDRO - Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. Relatório Anual. São Paulo, 2001.
- ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos. *Panorama da indústria cerâmica brasileira*. 1999.
- \_\_\_\_\_. Anfacer, apoiando a cerâmica do Brasil. 8p, 2001.
- Anuário Brasileiro de Cerâmica. São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 131p, 1993.
- Anuário Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM, 1993 a 1997, 2000 e 2001
- ARCOVERDE, W. L. Balanço Mineral do Quartzo. *Brasil Mineral*, n.54, p.24-35, maio 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA - ABC. Cerâmica no Brasil: panorama setorial – 2001. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/cerambrasil.htm>>. Acesso em 10/07/2001.
- BEZERRA, M.S.; CARVALHO, V.G.D.; NESI, J.R. *Caracterização e mercado dos minerais de pegmatito da Província da Borborema*. Recife: CPRM, 1994. 49p. anexo, (Série Recursos Minerais, 5).
- BEZERRA, M. S.; CARVALHO, V. G. D. Minerais e Rochas Industriais da Região do Seridó – PB/RN, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional do Recife, 29p, 1997.
- BEZERRA, M. SOARES et al. – “PROJETO PEGMATITOS DO NORDESTE ORIENTAL” – CPRM – Sur/Re – 1993 (Relatório Inédito).
- BRAGA, P. F. A.; SAMPAIO, J. A.; LEAL FILHO, L. S. Estudos de beneficiamento de feldspatos em rochas alcalinas. *In: XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa e I Seminário de Química de Colóides Aplicada à Tecnologia Mineral*, 23 a 26 de agosto de 1998-Águas de São Pedro-SP, vol. 1, p.509-518, 1998.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Principais depósitos minerais do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM, 4v (v.4b), 1997.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral; Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos. Boletim referencial

- de preços de diamantes e gemas de cor / Convênio DNPM IBGM – Brasília: DNPM/IBGM,. 60 p. 2001
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. *Atualização do plano plurianual para o desenvolvimento do setor mineral PPDSM-2000*. Brasília: MME-SMM, 2001. /No prelo/.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral; Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos. Boletim referencial de preços de diamantes e gemas de cor / Convênio DNPM IBGM – Brasília: DNPM/IBGM, 48 p., 1997.
- BUSTAMANTE, G.M., BRESSIANNI, J.C. A indústria cerâmica brasileira. *Cerâmica Industrial*, São Paulo. v.5, n. 3 p.31-40. maio/jun. 2000a.
- Centro de Investigación para las Industrias Minerales-CIIM. Proyecto de Factibilidad Técnica de Separación de Cuarzo, Feldspato, Mica y Berilo, a partir de una Pegamatita, en Laboratorio Y Planta Piloto, 1990.
- COELHO, J.M. *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, 2001.
- COELHO, J.M. SUSLICK, S.B., SOUZA, M. C.A.F. Uma abordagem sobre a indústria de feldspato no Brasil. *Cerâmica Industrial*, São Paulo. v.5, n. 1 p.37-42. jan./fev. 2000a.
- COELHO, J.M., SUSLICK, S.B. Reflexos da abertura da economia na balança comercial brasileira dos minerais industriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 42 e CONGRESSO DE CERÂMICA DO MERCOSUL, 3, 1998, Poços de Caldas. *Anais*. São Paulo: ABC, 1998.
- EL-AWAR, S. M. Comercialização das águas marinhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. *Anais*. Porto Alegre: SBG, 1974. 7v. v. 7 p. 215-218. , 1974).
- FRANCISCO JAVIER, A. I.; LEOPOLDO, J.C.; JOSÉ LUÍS, C.A.(2002). Características de Yacimiento feldspato potasico de Navas de Oro (Segovia): Metodo de explotación y sistema de beneficio. CD ROM do XI Congreso Internacional de Industria, Minería y Metalurgia, 22p,, Zaragoza España, 4-7Junio, 2002.
- HAMBERG, HANS – The Origin of Metamorphic and Metasomatic

- Rocks – The University of Chicago Press, Chicago, 1958.
- HARBEN, P. W. *The industrial minerals handbook*. London: Industrial Minerals, Division,. 253p., 1995.
- HOME PAGE: [www.armil.com.br](http://www.armil.com.br)
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado São Paulo - IPT. Mercado produtor mineral do Estado de São Paulo. Publicação IPT, n. 1822. São Paulo, 1991.
- LEVIN, J. Review of work on the treatment of pegmatites. Report nº 482, National Institute for Metallurgy-NIM, South Africa, 1975.
- LIMAVERDE, J. A. *Produção, industrialização e comércio de gemas no Nordeste*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil S. A / ETENE, 132p, 1980.
- LUZ, A. B. e BRAZ, E. Quartzo. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000. 20p. *Série Rochas e Minerais Industriais*, 20p., CETEM/MCT, 2000.
- LUZ, A. B.; MAGALHÃES BALTAR, C. A.; DEL-VECHI MACHADO, A. O. Relatório Técnico de Viagem aos Estados Unidos no Âmbito do Projeto CTPETRO, RV-10/01-CETEM, 2001.
- LUZ, A. B.; MAGALHAES BALTAR, C. A. (2002) Vista técnica às minerações de minerais industriais da Espanha. RV-2002-013-00 – CETEM, 2002.
- MENEGAZZO, A..P.M., et. al. Grés porcelanato. Parte I: Uma abordagem mercadológica. Cerâmica Industrial, São Paulo, v.5,n.5, .p.7-10, set./out. 2000.
- MORAES, J. F. S. Gemas do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM, 72 p. il. 1 mapa *in bolso*, 1999.
- NEVES, M.R., ETCHEBEHERE, M.L., RUIZ, M. S. Depósitos de feldspato do Estado de São Paulo. In: *BRASIL*. Departamento Nacional da Produção Mineral. Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília: DNPM/CPRM, 4v (v.4b), p.415-429, 1997.
- OLIVEIRA, J. C. S. (1980). Estudo Tecnológico de Pegmatitos do Nordeste Brasileiro. Contribuição Técnica ao VII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia. Recife – 26 a 28 de novembro de 1980.
- OLIVEIRA, N. S. M. *Gemas no Brasil: mineralogia, gênese e ocorrências*. Ouro Preto, 1990. 57p. Monografia Curso de Pós-Graduação em Gemologia, Escola de Minas de Ouro Preto, Inédito, 1990.
- PAULO ABIB ENGENHARIA SA. *Minerais industriais e o mercado*

- consumidor cerâmico*. São Paulo: ABC, 18p. Anexos, 1994.
- PEARSE, G. H. K.; TAYLOR, R. P. The Big Whopper rare metals pegmatite, Separation Rapids, Ontario. CIM/ICM - The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Vol. 94, n. 1049, p.50-54, April 2001.
- REDEKER, I. H.(1977). Flotation of Feldspar, Spodumene, Quartz and Mica from Pegmatites in North Carolina, USA. Sonderdruck aus Zeitschrift ERZMETALL, Band 30, H. 12, S. 566-572, DR Riederer Verlag GMBH Stuttgart, 1997.
- RUSSEL, A. Ceramic glazes - from tiles to tableware. *Industrial Minerals*, London, n.246, p. 33- 44, Mar. 1988.
- SEZZI, G. World production and consumption of ceramic tiles *Ceramic World Review*, Italy, v.10, n.38, p. 48-62, 2000.
- SILVA, M. R. RODRIGUES & DANTAS, ALCOFORADO J.R. – A Província Pegmatítica da Borborema – Seridó nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte *In Principais Depósitos Minerais do Nordeste Oriental – Série Geologia, Nº 4*, Brasília, 1984
- SILVA, F. R. *Louças Sanitárias no Brasil*. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43, Florianópolis. (Informação verbal), 1999.
- SINTONI, A. e TANNO, L.C. Minerais industriais e de uso social: panorama do mercado consumidor no Brasil. *Brasil Mineral*, 147: 34-39, 1997.
- The Northern Miner – Edições de: Nov, 26, 2001 e Março, 12, 2001 – Don Mills, Ontário, Canada.
- The Roskill Consulting Group – The Economics of Tantalum, 2002.  
Homepage: [www.roskill.co.uk/](http://www.roskill.co.uk/)
- TIC Tantalum-Niobium International Study Center- Bulletin Nº 105 – March 2001.
- TIC Tantalum-Niobium International Study Center-Tantalum supply and demand. Oct,1998. Disponível em <http://www.kemet.com/kemet/web/homepage/kechome.nsf/vabypagename/new85> Acesso em 10/07/2002.
- UNITED STATES. USGS. *Mineral Commodity Summaries*, Washington, 2000 e 2001.
- World Mineral Statistics:1990-1998. British Geological Survey, 1999.