



CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

### **BANCO MUNDIAL**

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

### **PRODUTO 53**

**ANÁLISE-SÍNTESE DA MINERAÇÃO BRASILEIRA**

### **Relatório Técnico 78**

**Análise-síntese da mineração brasileira**

### **CONSULTOR**

Eliezer Braz

### **PROJETO ESTAL**

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

OUTUBRO de 2009  
(versão 04)

## SUMÁRIO

1. Sumário Executivo	4
2. Recomendações	10
3. Introdução	12
4. Análise-Síntese da mineração	13
4.1. Metálicos ferrosos	13
4.1.1. Investimentos	13
4.1.2. Recursos humanos	13
4.1.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)	13
4.1.4. Bens de capital	14
4.1.5. Incentivos	14
4.1.6. Síntese	15
4.1.6.1. Mineração de ferro	15
4.1.6.2. Mineração de manganês	17
4.1.6.3. Mineração de nióbio	19
4.1.6.4. Mineração de cromo	21
4.2. Metálicos não-ferrosos	23
4.2.1. Investimentos	23
4.2.2. Recursos humanos	23
4.2.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)	23
4.2.4. Bens de capital	24
4.2.5. Incentivos	24
4.2.6. Síntese	24
4.2.6.1. Mineração de bauxita	24
4.2.6.2. Mineração de cobre	26
4.2.6.3. Mineração de níquel	28
4.2.6.4. Mineração de zinco	30
4.2.6.5. Mineração de chumbo	32
4.2.6.6. Mineração de estanho	34
4.2.6.7. Mineração de ouro	36
4.2.6.8. Mineração de tantalita	38
4.3. Não-metálicos	39
4.3.1. Investimentos	39
4.3.2. Recursos humanos	39
4.3.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)	39
4.3.4. Bens de capital	40
4.3.5. Incentivos	40
4.3.6. Síntese	41
4.3.6.1. Brita para construção civil	41
4.3.6.2. Areia para construção civil	43
4.3.6.3. Argila para cerâmica vermelha	45
4.3.6.4. Rochas ornamentais e de revestimento	47
4.3.6.5. Gipsita	49
4.3.6.6. Crisotila	51
4.3.6.7. Titânio	53
4.3.6.8. Quartzo	55
4.4. Outras rochas e minerais industriais	57
4.4.1. Investimentos	57
4.4.2. Recursos humanos	57
4.4.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)	57
4.4.4. Bens de capital	58
4.4.5. Incentivos	58
4.4.6. Síntese	59
4.4.6.1. Calcário	59

4.4.6.2. Caulim	61
4.4.6.3. Magnesita	63
4.4.6.4. Grafita	65
4.4.6.5. Barita	67
4.4.6.6. Bentonita	69
4.4.6.7. Areia industrial	71
4.4.6.8. Feldspato	73
4.4.6.9. Fluorita	75
4.4.6.10. Talco, pirofilita e agalmatolito	77
4.4.6.11. Vermiculita	79
4.4.6.12. Zirconita	81
4.4.6.13. Mica	83
4.5. Agrominerais	85
4.5.1. Investimentos	85
4.5.2. Recursos humanos	85
4.5.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)	85
4.5.4. Bens de capital	86
4.5.5. Incentivos	86
4.5.6. Síntese	87
4.5.6.1. Potássio	87
4.5.6.2. Fosfato	89
4.5.6.3. Enxofre	91
4.5.6.4. Calcário agrícola	93
4.6. Gemas	95
4.6.1. Investimentos	95
4.6.2. Recursos humanos	95
4.6.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)	95
4.6.4. Bens de capital	95
4.6.5. Incentivos	95
4.6.6. Síntese	96
4.6.6.1. Diamante	96
4.6.6.2. Gemas coradas	98
4.7. Água mineral	100
5. Conclusões	102
6. Bibliografia Consultada	104
7. Apêndice	107

## Sumário Executivo

### Metálicos ferrosos

A mineração de ferro é o mais importante segmento da mineração brasileira. Em 2007, o valor de sua produção *in situ* mina atingiu R\$19,2 bilhões (US\$9,8 bilhões), o que correspondeu a 50% do valor da produção mineral brasileira. As exportações de minério de ferro totalizaram quase 85% do total das exportações de minerais primários e cerca de 6,5% das exportações totais do País.

No manganês, o Brasil disputa com a África do Sul a liderança da produção mundial. A posição do Brasil na produção de nióbio ainda é mais marcante, com a quase totalidade da produção mundial. Para esses bens minerais, as taxas anuais de crescimento da produção entre 2000 e 2007 variaram entre 3,9% e 12,9%. No conjunto dos minerais ferrosos operam empresas de elevada capacidade técnica e empresarial, como a Vale (minério de ferro e manganês), CBMM (nióbio) e Ferbasa (cromo).

Para os bens minerais metálicos ferrosos o investimento previsto para aumento das reservas é de US\$60,2 milhões, não havendo previsão para os casos do nióbio e cromo. O investimento previsto para aumento da capacidade de produção varia entre US\$14,81 bilhões e US\$16,17 bilhões, dependendo do cenário. Não houve previsão de investimentos em aumento de capacidade para o cromo.

Não foram identificadas carências de recursos humanos para o conjunto de bens minerais metálicos ferrosos. Para esse conjunto de bens minerais, a previsão de recursos humanos para 2030 varia entre 55.400 e 59.600 colaboradores. Não houve previsão para a mineração de cromo.

No conjunto de bens minerais metálicos ferrosos não foram identificados gargalos que inibam P,D&I. O Brasil dispõe de centros de P&D de excelência para suporte às empresas de mineração. Para apoio aos projetos de P&D, as empresas produtoras podem contar com o aporte de financiamentos favorecidos, ou mesmo a fundo perdido, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), ou das organizações de amparo à pesquisa dos estados (FAPESP, FAPERJ etc.) e do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), órgão do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). Também as empresas de mineração contam com centros de pesquisa, como é o caso da Vale e da CBMM.

Entidades como SEBRAE, SENAI, SENAC, escolas técnicas, consultoria de treinamento no trabalho, centros de treinamento, programas de estágios, deverão ser incentivados e implementados, especialmente na Região Amazônica, ainda carente de recursos humanos especializados em mineração e beneficiamento.

Graças à abertura e interação da economia brasileira com o exterior, a mineração desse grupo de minerais, como dos demais segmentos de mineração no País, não sofre qualquer restrição para acessar e adquirir as tecnologias necessárias à modernização de suas unidades, comprar equipamentos e serviços de qualquer natureza, seja para lavra, seja para a concentração, ou ainda adquirir outros fatores de produção, tanto interna quanto externamente. A indústria de bens de capital brasileira é competitiva e está perfeita e globalmente integrada. No País, o Sistema BNDES desponta como o maior banco de investimento com linhas de crédito para o setor mineral.

Para esse conjunto de minerais, não foram registrados incentivos específicos. Como o conjunto inclui bens minerais que são intensamente exportados, aplicam-se às suas exportações os benefícios fiscais vigentes, que não são específicos para a mineração.

### Metálicos Não-Ferrosos

A mineração brasileira de bens minerais metálicos não-ferrosos conta com empresas de elevada capacidade técnica e organizacional como a Vale (bauxita, cobre e níquel), Votorantim Metais (níquel, zinco e chumbo) e Anglo American (níquel). Nesse conjunto, a maioria dos bens minerais tem produção que supera o consumo interno, mas essa produção

é insuficiente no caso do zinco e do chumbo. Atualmente, a maior parte da produção de concentrados de estanho provém de cooperativas garimpeiras. Também no caso do ouro existe produção de garimpos, embora declinante.

Os investimentos previstos em expansão das reservas totalizam de US\$202 milhões a US\$217 milhões para a bauxita e cobre. Para o zinco as previsões são de US\$24,8 milhões (Cenário Frágil), US\$65 milhões (Cenário Vigoroso) e US\$118 milhões (Cenário Inovador). O chumbo está associado ao zinco. Não foram feitas previsões para o níquel, estanho, tantalita e ouro.

Os investimentos previstos para aumento da capacidade de produção de bauxita foram estimados entre US\$2,3 a US\$2,6 bilhões; para ouro, entre US\$500 milhões e US\$900 milhões. Nos dois casos, apenas um cenário foi considerado. Para o zinco/chumbo, estimativa é de investimentos de US\$490 milhões (Cenário Frágil), US\$1,268 bilhões (Cenário Vigoroso) e US\$2,455 bilhões (Cenário Inovador). Não foram feitas previsões para o cobre, níquel, estanho e tantalita.

Não foram identificadas carências de recursos humanos para o conjunto de bens minerais metálicos não ferrosos, tanto no presente como para o futuro. As projeções realizadas estimam que os recursos humanos necessários em 2030, considerando apenas um cenário, serão de 48.800 colaboradores para a bauxita, cobre, níquel e ouro. As previsões para o chumbo estão incluídas nas do zinco. Não foram feitas previsões para o estanho e tantalita. No caso do níquel, as previsões são de 2.668 (Cenário Frágil), 3.638 (Cenário Vigoroso) e 5.768 colaboradores (Cenário Inovador).

No caso do estanho, por conta das dificuldades operacionais encontradas na execução do Projeto Rocha São, com baixa recuperação da cassiterita, a rota tecnológica adotada está sendo reavaliada, buscando dar maior economicidade ao processo de lavra e propiciar o aproveitamento de outros minerais, como a tantalita, associados à cassiterita.

O parque produtivo do ouro tem investido pouco em inovações. Em muitos casos as instalações não são modernas ou muito eficientes.

Com relação aos incentivos fiscais, de forma similar aos demais bens minerais, os projetos na Amazônia gozam dos benefícios concedidos pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e no Nordeste pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), que inclui também o norte do Estado de Minas Gerais.

## **Não-Metálicos**

No conjunto de minerais não-metálicos existem situações bastante diversas. A produção de brita e areia para construção civil e de argilas para cerâmica vermelha é realizada por grande número de pequenas e médias empresas, atendendo mercados regionais. A capacitação técnica e organizacional das empresas nem sempre é satisfatória. Na gipsita, a situação da mineração tem semelhanças com a descrita acima, embora na transformação haja inclusive a presença de empresas multinacionais. Nas rochas ornamentais o Brasil tem participação relevante no cenário mundial, sendo grande exportador de rochas brutas e processadas. O futuro é incerto para a mineração de crisotila, dependendo de que decisão for tomada quanto à permissão de seu uso controlado. No titânio, a produção brasileira é feita em sua quase totalidade por apenas uma empresa, sendo a produção insuficiente para atender ao consumo interno. O Brasil é o grande produtor mundial de quartzo bruto, mas importador de produtos manufaturados de quartzo.

Os investimentos previstos em pesquisa mineral até 2030 variam entre US\$250,9 milhões e US\$271,8 milhões. Não foram feitas previsões para a brita e areia para construção civil, rochas ornamentais, crisotila e quartzo. Os investimentos previstos em aumento de capacidade de produção variam entre US\$4,30 bilhões e US\$8,23 bilhões. Não houve previsão para brita e quartzo.

No caso da brita para construção civil, argila para construção civil, argilas para cerâmica vermelha, de modo geral a mão-de-obra tem baixa qualificação. Na maioria das vezes, ela é formada dentro da própria empresa, com a experiência sendo passada pelos

funcionários mais velhos. A produção de quartzo provém de garimpos. A mineração de titânio e de crisotila é feita de acordo com alto padrão de qualidade e qualificação de pessoal. Para a gipsita e as rochas ornamentais, a situação depende do porte e grau de organização da empresa.

Para a brita e areia para construção civil, argilas para cerâmica vermelha, gipsita, crisotila e titânio, as previsões de colaboradores para 2030 variam entre 144.386 e 349.364. Não houve previsão para rochas ornamentais e quartzo.

No caso das argilas para cerâmica vermelha, são baixos os investimentos em equipamentos, tecnologia e qualificação da mão-de-obra, componentes fundamentais para a obtenção de um produto de maior qualidade. Com relação à gipsita, a percepção dos empresários captada em diagnóstico dos gargalos das empresas do Polo Gesseiro do Araripe, realizado pelo SEBRAE em 2007, revela um alto grau de importância para o desenvolvimento de tecnologia (P&D, automação, desenho de processos, *know-how* e procedimentos) como fator de competitividade.

Quanto ao quartzo, a vantagem comparativa do Brasil possuir grandes reservas de quartzo é apenas parcialmente aproveitada, pois o País não dominou ainda o ciclo de capacitação tecnológica para manufaturar os produtos nas qualidades e purezas desejadas.

A perspectiva para o segmento de rochas ornamentais é de continuação do crescimento acentuado da produção de rochas brutas. No entanto, não se espera que o mesmo aconteça no caso do beneficiamento e acabamento, prejudicando a perspectiva de crescimento da indústria nacional fabricante de máquinas e equipamentos para essas finalidades.

Não foram identificados incentivos específicos para esse segmento da mineração. Programas de qualificação de pessoal foram considerados de grande importância para vários bens minerais incluídos neste conjunto.

## **Outras Rochas e Minerais Industriais**

Nos treze bens minerais incluídos neste conjunto, sobressai-se o caulim em termos de importância econômica e nível de competência técnica e organizacional. Também na magnesita e na produção de calcário para cimento existe alto padrão de competência. Nos demais segmentos, a situação é variável, com empresas bem estruturadas ao lado de operações rudimentares.

Para esse conjunto de bens minerais, não foram estimados investimentos para aumento das reservas até 2030.

Os investimentos previstos para aumento da capacidade de produção variam entre US\$1.014.573 e US\$3.494.573. Não foi feita previsão para a fluorita.

Nesse conjunto de bens minerais, não foram identificados maiores problemas com a disponibilidade atual e futura de recursos humanos. Apenas para o talco foi identificada, como principal gargalo, a disponibilidade de recursos humanos capazes de desenvolver novos produtos com alto valor agregado e penetração no mercado.

A previsão de recursos humanos em 2030 varia entre 44.493 e 56.636, dependendo do cenário. Não foram feitas previsões para fluorita e mica.

No conjunto de bens minerais considerados, existe grande variação de competência. No caulim, tanto a Vale quanto a Imerys dispõem de laboratórios de P&D, bem como condições de procurar no mercado internacional tecnologias disponíveis.

No caso da magnesita, o Brasil é detentor da tecnologia de aplicação, possui centros de pesquisa e desenvolvimento de nível internacional, e de equipe de profissionais especializados, capazes de desenvolver novas tecnologias e capacitar-se para assimilar tecnologias externas.

Para a barita, bentonita e feldspato, foram identificadas carências no conhecimento da geologia das jazidas. Além disso, as minas atualmente em operação, salvo raras exceções, carecem de sondagem e acompanhamento geológico de detalhe nas frentes de lavra. As análises químicas são limitadas aos minerais mais importantes e aos contaminantes que penalizam o preço. A lavra do bem mineral é efetuada, em geral, quase

sem planejamento. Ainda com relação ao feldspato, na Região Nordeste e no norte de Minas Gerais encontram-se as principais províncias pegmatíticas do País, onde os métodos de lavra até agora empregados são extremamente empíricos, predatórios e sem nenhuma técnica de engenharia de minas.

No caso do talco e pirofilita, são raras as empresas nacionais que trabalham com níveis mais elevados de purificação do material, como os processos de flotação e autoclave.

Para as grandes empresas, são válidas as observações anteriores relativas à disponibilidade dos bens de capital necessários às operações mineiras. Existem, no entanto, segmentos pouco estruturados, sem capacidade financeira de implementação de operações mais mecanizadas.

Uma ação governamental importante para as pequenas empresas localizadas no Nordeste e no norte de Minas Gerais seria o incentivo ao incremento da exportação de feldspato. Também seria importante a implementação de políticas voltadas para ampliação da capacidade atual de produção de produtos cerâmicos no Nordeste, tanto para o consumo local quanto para exportação.

## **Agrominerais**

No conjunto de agrominerais, para três deles (potássio, fosfato e enxofre) o Brasil é um dos grandes consumidores mundiais, sendo altamente dependente de importações. Há apenas uma mina que produz potássio, operada pela Vale. Na produção de fosfato, a produção é concentrada em três empresas, mas embora venha crescendo nos últimos anos, é insuficiente para atender ao consumo interno. Toda produção de enxofre é obtida como subproduto do refino de petróleo e gás e dos processos metalúrgicos. No segmento de calcário agrícola, diferentemente, existe grande número de pequenas e médias empresas, com produção capaz de atender ao mercado nacional, ocorrendo essa produção em quase todos os estados.

Para esse segmento, não foram previstos investimentos para ampliação das reservas. Para o potássio e fosfato, o investimento previsto para aumento de capacidade até 2030, que considerou apenas um cenário, é de US\$7.344 bilhões. Para o calcário agrícola, os investimentos previstos em capacidade são de US\$27 milhões (Cenário Frágil), US\$30 milhões (Cenário Vigoroso) e US\$35 (Cenário Inovador). No caso do enxofre, obtido como subproduto, não há previsão de investimentos específicos.

Não tem havido dificuldade para obtenção dos recursos humanos necessários ao desenvolvimento deste conjunto de bens minerais, nem houve previsão de que isso viesse a acontecer. Para o potássio e o fosfato, os recursos humanos previstos para 2030 são de 9.107 colaboradores. Para o calcário agrícola, são de 3.700 (Cenário Frágil), 4.200 (Cenário Vigoroso) e 4.800 (Cenário Inovador). Não há previsão para o enxofre.

Para o potássio, fosfato, enxofre e calcário agrícola, as tecnologias em uso no Brasil são, em geral, compatíveis com as praticadas noutros países, tanto nos métodos de lavra quanto de beneficiamento mineral.

Caberia ao MCT-CETEM e MME, em parceria com as empresas produtoras, formatar e implementar programa de tecnologia mineral de longo prazo, em rede, para superar os desafios tecnológicos de aproveitamento dos minérios brasileiros de potássio, especialmente aqueles localizados na Amazônia.

Para o fosfato, existem pesquisas em laboratório para processos que utilizam ácidos clorídrico e nítrico em substituição ao sulfúrico que, se viabilizados técnico-economicamente, trarão melhor aproveitamento do minério e de rejeitos, recuperação de subprodutos e redução dos impactos ambientais. Ainda se pesquisa a utilização direta de pó de rocha (rochagem), produção de fertilizantes organo-fosfatados e de termofosfatos potássicos.

São recomendações (sugestões) do MAPA (Embrapa) e MCT avaliar a eficiência agrônômica brasileira e a possível racionalização do uso de fertilizantes NPK, bem como apoiar o desenvolvimento de novos produtos fertilizantes mais eficientes (até 20% menos de NPK).

Segundo consta do IAN/CVM da Vale, a produção de potássio nacional já conta com total isenção de imposto de renda sobre níveis de produção definidos até 2013. Os principais incentivos econômico-financeiros relativos ao calcário agrícola têm sido os programas do governo dirigidos ao estímulo do uso e aplicação do calcário agrícola no campo, com o objetivo de melhorar a produtividade agrícola, reduzir o esgotamento dos solos das novas regiões encampadas pela agricultura brasileira, e impulsionar os benefícios comprovados da calagem no rendimento e desempenho dos fertilizantes utilizados em diversas culturas.

## **Gemas**

É grande o potencial brasileiro para a produção de gemas. Com exceção do diamante, rubi e safira, o Brasil é responsável por cerca de um terço da produção mundial de gemas. Não há, nos relatórios técnicos, previsões de demanda e de produção até 2030, nem estimativas para os investimentos que seriam necessários.

Como grande parte das atividades deste segmento ocorre na informalidade, são imprecisas as informações relacionadas aos recursos humanos nela envolvidos. No caso dos diamantes, nas operações formais havia 889 colaboradores em 2005. Atualmente estão todas paralisadas. A informalidade tem diminuído progressivamente desde a implementação da Certificação do Processo Kimberley.

No caso das gemas coradas, estima-se que haja 500.000 postos de trabalho, diretos e indiretos, gerados na cadeia produtiva. As pesquisas realizadas mostraram que, no caso da lapidação, a falta de qualificação da mão-de-obra é um fator crítico no desenvolvimento da atividade sendo, portanto, necessários projetos efetivos de capacitação de pessoal visando ao aproveitamento total do seu potencial.

Nas operações formais de produção de diamante, o padrão tecnológico brasileiro melhorou sensivelmente nos últimos anos na lavra e beneficiamento. Nas operações informais não houve mudanças significativas nos padrões tradicionais.

No caso de gemas coradas, o setor de lapidação brasileiro precisa investir na padronização da produção através de pedras calibradas, pois esta adequação é essencial para o atendimento da demanda da indústria joalheira e tem forte impacto nas exportações. Tendências tecnológicas incluem irradiação de raios gama em quartzo, que permitiu a criação de novas gemas e desenvolvimento de máquinas de lapidação mais precisas e automatizadas.

Há necessidade de modernização dos equipamentos. No caso de gemas coradas, a fabricação de máquinas de lapidação é incipiente.

Tem sido importante para o desenvolvimento da cadeia produtiva de gemas o Programa Setorial Integrado de Apoio às Exportações de Gemas e Joias, patrocinado pelo IBGM em conjunto com a APEX-Brasil. Foi estimado (Watkins *et al.*, 2009) que as exportações de gemas em 2028 poderiam atingir US\$1,021 bilhões, se um programa adequado de incentivos fosse implementado, incluindo medidas como qualificação de mão-de-obra, financiamento para aquisição de equipamentos, implementação de uma rede de laboratórios credenciados a emitir certificados gemológicos e desoneração fiscal.

## **Água Mineral**

O crescimento nacional em torno de 4% ao ano, e internacional da ordem de 8%, mostra o franco crescimento da indústria de água envasada. Esse segmento também apresenta acentuado desenvolvimento no setor de equipamento de base para a implantação da indústria. Apenas parte da linha dos descartáveis não é atendida na sua plenitude pela indústria de equipamentos nacional. Máquinas injetoras e sopradoras ainda são importadas.

Não foram feitas previsões de investimentos em expansão da capacidade para 2030. Para esse ano, prevê-se que os recursos humanos totais empregados no segmento sejam de 25.000 colaboradores.

O quadro abaixo resume os totais de investimentos mínimos e máximos previstos até 2030 para aumento das reservas e para aumento da capacidade de produção, bem como os recursos humanos totais previstos para aquele ano.

**Quadro 1. Previsão de Investimentos e de Recursos Humanos, até 2030**

<b>Conjunto de bens minerais</b>	<b>Investimentos em reservas (US\$ milhões)</b>	<b>Investimentos em produção (US\$ milhões)</b>	<b>Recursos humanos (número de colaboradores)</b>
Metálicos ferrosos	60,2	14.810 a 16.170	55.400 a 59.600
Metálicos não ferrosos	844 a 942,1	19.420 a 21.690	55.248 a 59.508
Não-metálicos	250,9 a 271,8	4.300 a 8.230	144.386 a 349.364
Outras rochas e minerais industriais	-	1.014 a 3.494	44.493 a 56.636
Agrominerais	-	7.371 a 7.379	12.807 a 13.907
Gemas	-	-	-
Água mineral	-	-	25.000
<b>TOTAIS</b>	<b>1.155,1 a 1.274,1</b>	<b>46.915 a 56.963</b>	<b>337.334 a 564.015</b>

## 2. Recomendações

Recomendações específicas para os 40 bens minerais analisados constam dos Relatórios Técnicos respectivos. Apresentam-se, aqui, aquelas que, por seu caráter geral, são aplicáveis a toda a mineração brasileira, sendo fundamentais para que as previsões para seu desenvolvimento sejam atingidas.

### 1. Ampliação do conhecimento geológico

O conhecimento geológico está na base de todo o desenvolvimento das cadeias produtivas das quais a mineração participa. Ele permite que sejam identificados ambientes geológicos favoráveis à existência de depósitos minerais que venham a ser passíveis de aproveitamento econômico. A estreita correlação entre reservas e produção mineral mostra que sem reservas a produção mineral fica prejudicada. O conhecimento geológico, podendo ser apropriado por todos os interessados, proporciona benefícios que vão além do custo de sua obtenção e tem a natureza de um bem público no sentido de que sua utilização por um interessado não reduz sua disponibilidade para os demais. Para que os objetivos de desenvolvimento da mineração que foram previstos nos Relatórios Técnicos sejam atingidos, é fundamental a ampliação e aprofundamento do conhecimento geológico do território brasileiro.

### 2. Aperfeiçoamento do sistema regulatório

O sistema regulatório da mineração, com mais de quatro décadas de vigência, tem proporcionado estabilidade nas regras de acesso ao aproveitamento dos recursos minerais, o que tem sido importante para o desenvolvimento do setor mineral. No entanto, sua própria longevidade indica a conveniência de que seja reavaliado à luz da experiência adquirida. É importante que as mudanças que eventualmente ocorram assegurem às regras clareza e estabilidade. Também é recomendável que tenha continuidade o processo de simplificação e agilização dos procedimentos burocráticos para obtenção e manutenção dos direitos minerários.

### 3. Revisão do sistema tributário

Existe uma grande convergência no entendimento de que o sistema tributário brasileiro necessita reforma. Naturalmente, tratando-se de assunto tão complexo e que envolve interesses frequentemente divergentes, não há unanimidade sobre o quê deve ser modificado e qual a forma que o novo sistema deve assumir. O assunto transcende à área mineral. No entanto, a discussão sobre mudanças na CFEM, de incidência específica sobre a produção mineral, ocorre essencialmente dentro do setor mineral. Muitas formas diferentes existem para cobrança de um encargo como a CFEM, que tem a natureza de um royalty ad valorem. Não há, em princípio, uma forma ideal a ser estabelecida. Cabe às partes interessadas chegar ao modelo que, no caso brasileiro, melhor atenda aos interesses da sociedade, sem se constituir em desestímulo ao desenvolvimento da mineração.

### 4. Melhoria da infraestrutura e logística

Existem deficiências importantes na infraestrutura e na logística disponível para utilização pelos empreendimentos mineiros. Essas deficiências dificultam a implantação de projetos, encarecem os custos e, eventualmente, impedem o aproveitamento de recursos minerais. É recomendável que atenção especial seja dada à expansão e aperfeiçoamento da infraestrutura e logística, especialmente na Amazônia.

### 5. Reforço no sistema educacional e de formação de pessoal

De modo geral, a mineração brasileira é bem atendida em suas necessidades de pessoal especializado. Cursos de engenharia de minas e de geologia, tanto em nível de graduação como de pós-graduação, estão disponíveis em quase todas as regiões do País. A formação de técnicos de nível médio e de operários especializados tem sido expandida. Atenção

especial, no entanto, merece a formação de pessoal em áreas especializadas (lapidação, por exemplo), em pequenas empresas e empresas informais, bem como na Amazônia.

6. Atenção à pequena mineração, apoio ao cooperativismo e à consolidação de APLs. A mineração brasileira conduzida por grandes empresas nada fica a dever aos melhores padrões mundiais em tecnologia, qualificação de pessoal, nível de certificação, competitividade. Ao lado desse quadro, e em muitos casos dentro do mesmo segmento de atividade, convivem empresas de pequeno porte, com recursos limitados, pouco acesso à tecnologia, estruturas de comercialização deficientes. Nessas situações, é difícil o apoio à melhoria no quadro existente considerando cada empresa individualmente. É recomendável o apoio à sua associação em cooperativas e à consolidação de atividades correlacionadas em arranjos produtivos como forma de superação das deficiências existentes.

### 3. Introdução

A demanda por bens minerais é altamente dependente do comportamento de setores - como o de bens de consumo duráveis, de construção civil, de transportes, de infraestrutura - que são fortemente correlacionados com o comportamento da economia. Como o comportamento da economia tende a ser cíclico, esse também é o comportamento dos setores altamente demandantes de bens minerais e, em decorrência e de forma ampliada, da mineração. A mineração mundial vivenciou um extraordinário ciclo de crescimento neste início de século, resultante do crescimento da economia mundial, especialmente da economia chinesa. Também a mineração brasileira se beneficiou desse crescimento, como grande exportadora de muitos bens minerais, mas também os segmentos da mineração voltados para atendimento do mercado interno acompanharam o crescimento da economia brasileira. Este ciclo de crescimento da economia mundial foi interrompido em 2008, não estando ainda claro quando uma nova fase de crescimento terá início nem qual será sua intensidade.

Apesar dessas incertezas no curto prazo, espera-se que em longo prazo sejam mantidas taxas de crescimento positivas, dependentes do cenário que venha a se materializar. Na metodologia adotada para a realização das projeções de consumo de bens minerais para 2030, bem como dos investimentos necessários para aumento de reservas e de capacidade de produção, e ainda da demanda de recursos humanos, foram estabelecidos três cenários, considerando taxas anuais médias de crescimento do produto interno bruto brasileiro de 2,3% (Cenário Frágil), 4,6% (Cenário Vigoroso) e 6,9% (Cenário Inovador).

A mineração brasileira foi analisada em 39 relatórios técnicos, cujos pontos principais estão apresentados nesta Análise-Síntese. Nela, são feitas transcrições, resumidas e eventualmente com pequenas modificações de redação, dos Relatórios Técnicos de números 18 a 57, estando os autores referenciados no texto e listados na bibliografia. Como se observará ao longo deste relatório, lacunas nos relatórios técnicos que serviram de fonte de informações dificultaram a obtenção de dados agregados totais. Na elaboração deste relatório teve-se sempre em mente que ele deveria procurar destacar e sintetizar, mas sem esquecer que as informações detalhadas estão contidas em cada relatório técnico específico, que também são parte integrante dos Estudos para Elaboração do Plano Duodecenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Projeto ESTAL.

## **4. Análise-Síntese da mineração**

### **4.1. Metálicos ferrosos**

A mineração de ferro é o mais importante segmento da mineração brasileira. Em 2007, o valor de sua produção *in situ* mina atingiu R\$19,2 bilhões (US\$9,8 bilhões), o que correspondeu a 50% do valor da produção mineral brasileira. As exportações de minério de ferro totalizaram quase 85% do total das exportações de minerais primários e cerca de 6,5% das exportações totais do País. No manganês, o Brasil disputa com a África do Sul a liderança da produção mundial. A posição do Brasil na produção de nióbio ainda é mais marcante, com a quase totalidade da produção mundial. Para esses bens minerais, as taxas anuais de crescimento da produção entre 2000 e 2007 variaram entre 3,9% e 12,9%. No conjunto dos minerais ferrosos operam empresas de elevada capacidade técnica e empresarial, como a Vale (minério de ferro e manganês), CBMM (nióbio) e Ferbasa (cromo).

#### **4.1.1. Investimentos**

Para os bens minerais metálicos ferrosos o investimento previsto para aumento das reservas é de US\$60,2 milhões, não havendo previsão para os casos do nióbio e cromo. O investimento previsto para aumento da capacidade de produção varia entre US\$14,81 bilhões e US\$16,17 bilhões, dependendo do cenário. Não houve previsão de investimentos em aumento de capacidade para o cromo.

#### **4.1.2. Recursos humanos**

As universidades federais são as principais formadoras de profissionais de nível superior para a indústria de mineração. Dezesesseis delas mantêm cursos e programas de geologia, geofísica, geoquímica e geoestatística e dezesesseis dispõem de curso de engenharia de minas (relacionadas no Apêndice). Programas de mestrado e doutorado são disponíveis na maioria dessas instituições. Tem havido grande expansão da oferta de cursos de formação de técnicos de nível médio, especialmente nos Institutos Federais de Educação. Não existe carência de pessoal nas outras categorias profissionais. No final de 2009, estavam registrados no CONFEA 2.609 engenheiros de minas, 7.341 geólogos e 537 engenheiros geólogos.

Para esse conjunto de bens minerais, a previsão de recursos humanos para 2030 varia entre 55.400 e 59.600 colaboradores. Não houve previsão para a mineração de cromo.

#### **4.1.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)**

O Brasil dispõe de centros de P&D de excelência para suporte às empresas de mineração. Entre eles, podem ser citados o CETEM, CDTN, INT, POLI/USP, UFOP, IPT. Para apoio aos projetos de P&D, as empresas produtoras podem contar com o aporte de financiamentos favorecidos, ou mesmo a fundo perdido, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), ou das organizações de amparo à pesquisa dos estados (FAPESP, FAPERJ etc.) e do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), órgão do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), que financia programas de pesquisas nos laboratórios dos institutos de pesquisas das universidades ou não, inclusive o CETEM. Os principais geradores de recursos para programas de P&D são os fundos setoriais, entre os quais o de mineração. Também as empresas de mineração contam com centros de pesquisa, como é o caso da Vale e da CBMM.

Com maior ou menor intensidade, serão necessários programas continuados de treinamento de pessoal, tanto para operadores quanto para o pessoal de nível médio e

superior, pois a sofisticação dos processos ao longo do tempo será inevitável para todos os segmentos da mineração, e ainda mais para aqueles exportadores. Entidades como SEBRAE, SENAI, SENAC, escolas técnicas, consultoria de treinamento no trabalho, centros de treinamento, programas de estágios, deverão ser incentivados e implementados, especialmente na Região Amazônica, ainda carente de recursos humanos especializados em mineração e beneficiamento.

No conjunto de bens minerais metálicos ferrosos não foram identificados gargalos que inibam P,D&I. Nos últimos anos houve considerável acúmulo de conhecimento científico e tecnológico desenvolvido e aplicado para aperfeiçoar métodos, bem como processos de lavra e de concentração na mineração de ferro. Foi ressaltada a importância da flotação para o aproveitamento dos minérios finos e de baixo teor. Também de interesse é a possibilidade de aproveitamento do minério fino contido nas barragens de rejeito, a aglomeração a frio (*green pellets*), e a utilização de minérios finos no alto-forno sem necessidade de aglomeração.

No caso do nióbio, as empresas brasileiras têm capacidade instalada suficiente para atender à demanda mundial, utilizam técnicas modernas na lavra, concentração e metalurgia, e realizam investimentos na ampliação do parque produtivo e no desenvolvimento de novos produtos à base de nióbio.

#### **4.1.4. Bens de capital**

Graças à abertura e interação da economia brasileira com o exterior, a mineração desse grupo de minerais, como dos demais segmentos de mineração no País, não sofre qualquer restrição para acessar e adquirir as tecnologias necessárias à modernização de suas unidades, comprar equipamentos e serviços de qualquer natureza, seja para lavra, seja para a concentração, ou ainda adquirir outros fatores de produção, tanto interna quanto externamente. A indústria de bens de capital brasileira é competitiva e está perfeita e globalmente integrada.

#### **4.1.5. Incentivos**

Para esse conjunto de minerais, não foram registrados incentivos específicos. Como o conjunto inclui bens minerais que são intensamente exportados, aplicam-se às suas exportações os benefícios fiscais vigentes, que não são específicos para a mineração.

#### 4.1.6. Síntese

##### 4.1.6.1. Mineração de ferro (Quaresma, 2009b)

A mineração de ferro é o mais importante segmento mineral brasileiro. A produção comercial de minério atingiu 354,7 milhões de toneladas em 2007, sendo que a Vale e as empresas nas quais ela tem participação foram responsáveis por 87% desse total. Em 2007, o valor de sua produção *in situ* mina atingiu R\$19,2 bilhões (US\$9,8 bilhões), o que correspondeu a 50% do valor da produção mineral brasileira. As exportações de minério de ferro totalizaram quase 85% do total das exportações de minerais primários e cerca de 6,5% das exportações totais do País. A China, que em 2007 tinha cerca de 50% de sua demanda por minério de ferro atendida por importações, é o principal destino das exportações brasileiras.

Em termos de produção mundial, o Brasil e a China disputavam a primeira posição em 2007, sendo que as exportações brasileiras contribuíram nesse ano com 31,4% das exportações mundiais totais. Em 2008, a China assumiu a primeira posição, seguida pela Austrália. O Brasil ficou na terceira posição, com pequena diferença em relação à produção australiana. Considerando as empresas de mineração, a Vale é a maior produtora mundial, tendo sua produção em 2008 sido superior à soma daquela das duas outras grandes produtoras, Rio Tinto e BHP Billiton. Em 2008, essas três empresas contribuíram com 34,2% da produção mundial.

As reservas lavráveis de minério de ferro estão localizadas sobretudo em Minas Gerais, vindo em seguida aquelas localizadas no Pará e em Mato Grosso do Sul. Nos níveis de produção de 2005, essas reservas estariam esgotadas em 32 anos em Minas Gerais, 15 anos no Pará e 142 anos no Mato Grosso do Sul. Assim, nos dois estados de maior produção (Minas Gerais e Pará), as reservas lavráveis conhecidas não são suficientes para atender ao aumento de produção projetado até 2030. O Brasil, com um potencial de 70 bilhões de toneladas de minério de ferro, tem possibilidade de atender à expansão da demanda interna e das exportações. Para isso, é preciso que reservas inferidas e novos recursos sejam transformados em reservas lavráveis.

A produção de minério também ocorre basicamente nesses estados, enquanto as unidades de pelotização localizam-se em Minas Gerais, no Espírito Santo e no Maranhão. Em 2006, 39 empresas operavam 58 minas (todas a céu aberto) e 54 usinas de beneficiamento. Em 2009 estão em operação 11 usinas de pelotização, todas da Vale ou contando com sua participação. A Bahia pode se tornar um produtor de minério de ferro a partir de 2012.

Os preços no mercado internacional resultam de negociações anuais entre as grandes empresas mineradoras e as siderurgias, sendo elementos importantes em sua formação os custos de produção e de transporte interno, a situação do mercado, o custo do transporte transoceânico. Na Europa, o preço do minério brasileiro negociado pela Vale serve de referência, enquanto na Ásia a referência é o preço do minério australiano. Embora a maior parte das transações ocorra mediante contratos, parte delas é realizada no mercado *spot*. Os estoques de minério de ferro são consideráveis.

O valor médio das exportações brasileiras mostrou tendência decrescente entre 1980 e 2004. Considerando os valores corrigidos (base 2007), o valor médio das exportações esteve acima de US\$40/t no período 1875-1983, acima de US\$ 30/t no período 1984-1992, e acima de US\$20/t no período 1993-2004. Entre 2004 e 2008 houve forte recuperação, tendo o valor médio das exportações ultrapassado US\$50/t em 2007 e 2008. Em 2009, há novo recuo.

Na mineração de ferro, é elevado o grau de certificação das atividades mineiras. Nos últimos anos houve considerável acúmulo de conhecimento científico e tecnológico desenvolvido e aplicado para aperfeiçoar métodos, bem como processos de lavra e de concentração. Ressalte-se a importância da flotação para o aproveitamento dos minérios

finos e de baixo teor. Também de interesse é a possibilidade de aproveitamento do minério fino contido nas barragens de rejeito, a aglomeração a frio (*green pellets*), e a utilização de minérios finos no alto-forno sem necessidade de aglomeração.

## Quadro 2. Sinopse da Mineração de Ferro

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Ferro	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2007	mil t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	354.677	7,6 s/2000	1,89	<b>Mão-de-obra (2005)</b>	Nº de cooperadores	18.208
<b>Importação</b>	-	-	-	<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	20.656
<b>Exportação</b>	219.397	-	-	<b>Capacidade Instalada</b>	mil t/ ano	400.000
<b>Consumo Aparente</b>	135.280	5,0 s/2000	0,72t	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	43,25

Projeções para 2030	
<b>Demanda</b>	
- mil t/ ano	203.280
- relação demanda / produção (%)	28
- % a.a.	2,5
- kg / habitante / ano	0,94
<b>Produção</b>	
- mil t/ ano	718.000
- % a.a.	3,1
- kg / habitante / ano	3,32
<b>Capacidade Instalada</b>	
- Adicionada (mil t/ ano)	318.000
- Total (mil t/ ano)	718.000
<b>Investimento em reservas</b>	
-US\$ / 1.000t de reservas adicionadas	3,46
-US\$ milhões	52
<b>Investimento em produção</b>	
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	43,55
- US\$ bilhões	13,8
<b>Mão-de-obra</b>	
- t / cooperador/ ano	20.656
- mão-de-obra adicionada (x 1.000)	28
- mão-de-obra total (x 1.000)	46

\* Investimento necessário para repor as reservas utilizadas na produção acumulada entre 2007 e 2030, supondo uma recuperação de 75%.

Fonte: Quaresma, 2009b.

#### **4.1.6.2. Mineração de Manganês (Quaresma, 2009c)**

O manganês é essencial na produção siderúrgica, podendo o minério ser adicionado diretamente no alto-forno de gusa ou usado na produção de ferroligas à base de manganês. O setor siderúrgico consome cerca de 85% da produção de minério de manganês.

O manganês foi o principal bem mineral exportado pelo Brasil durante quase toda primeira metade do século XX, somente superado pelo minério de ferro após a criação da Cia. Vale do Rio Doce em 1942. Parte importante da produção continua sendo exportada, mas a proporção de consumo interno tem aumentado com o crescimento da produção siderúrgica nacional. A relação entre as exportações e a produção caiu de 92,9% no período 1900-1957 para 42,3% no período 2000-2007. Em 2007, de uma produção de minério de manganês de 2,85 milhões de toneladas, cerca de 1,55 milhões de toneladas foram destinadas ao mercado interno e quase 1,3 milhões de toneladas foram exportadas.

Três fases podem ser identificadas na mineração de manganês no Brasil. Na primeira, que durou a maior parte do século passado, a produção se concentrou em Minas Gerais, destinada principalmente à exportação. De 1957 a 1997, com a produção de manganês na Serra do Navio, o Amapá tornou-se o principal polo produtor, sendo a produção destinada à exportação. A produção de Minas Gerais foi direcionada ao atendimento do mercado interno. Na fase atual, após a exaustão do minério da Serra do Navio e o desenvolvimento da extração de manganês em Carajás, o Pará passou a ser o principal centro produtor nacional, sendo a produção destinada tanto à exportação como ao consumo interno.

No contexto mundial, o Brasil e a África do Sul são os maiores produtores, com produção praticamente equivalente. A produção brasileira representa 20% da produção mundial. A produção mundial é bastante concentrada, com os cinco maiores produtores (Brasil, África do Sul, Austrália, China e Gabão), todos com produção anual acima de 1 milhão de toneladas, contribuindo com cerca de 70% da produção total.

Também no Brasil a produção é bastante concentrada. O Grupo Vale foi responsável por 82,5% do manganês comercializado em 2006, produzindo manganês no Pará, em Minas Gerais e no Mato Grosso do Sul. A Mineração Buritirama, que opera uma mina em Marabá, Pará, contribui com cerca de 20% da produção, praticamente completando a oferta nacional.

A situação das reservas brasileiras desperta alguma preocupação uma vez que o principal município produtor e suporte das exportações, Parauapebas, no Pará, tem um horizonte de apenas 10 anos para exaustão das reservas conhecidas. O grande potencial, se confirmado, de depósitos de manganês localizados em Mariana, Minas Gerais, poderá compensar a redução das reservas paraenses e fazer retornar a Minas Gerais a liderança da produção nacional.

Os preços médios de exportação, em valores corrigidos (base 2007), mostram tendência de queda entre os anos setenta e o início desta década (US\$291,77/t em 1976 e US\$50,05/t em 2006). Houve aumento acentuado em 2007 e 2008, tendo o preço médio atingido US\$291,77 em 2008, mas em 2009 o preço voltou a cair.

### Quadro 3. Sinopse da Mineração de Manganês

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Manganês	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	mil t	% a.a.	per capita	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	2.850	3,9 s/2000	15,2kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	2.411
<b>Importação</b>	146	-	-	<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	1.850
<b>Exportação</b>	1.289	-	-	<b>Capacidade Instalada</b>	mil t/ ano	4.000
<b>Consumo Aparente</b>	1.707	5,7 s/2000	9,1kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	137,81

Projeções para 2030	
<b>Demanda</b>	
- mil t/ ano	3.985
- relação demanda / produção (%)	49,8
- % a.a.	3,7
- kg / habitante / ano	18,4
<b>Produção</b>	
- mil t/ ano	8.000
- % a.a.	3,2
- kg / habitante / ano	37
<b>Capacidade Instalada</b>	
- Adicionada (mil t/ ano)	3.600
- Total (mil t/ ano)	5.600
<b>Investimento em reservas</b>	
-US\$ / 1.000t de reservas adicionadas	59,85
-US\$ milhões	8,2
<b>Investimento em produção</b>	
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	137,81
- US\$ milhões	220,5
<b>Mão-de-obra</b>	
- t / cooperador/ ano	2.000
- mão-de-obra adicionada	2.150
- mão-de-obra total	4.000

Fonte: Quaresma, 2009c.

#### 4.1.6.3. Mineração de Nióbio (Lima, 2009c)

O nióbio é usado principalmente na produção de ligas de aço usadas na fabricação de tubos condutores de fluidos, de modo que seu consumo é muito influenciado pelo desenvolvimento de projetos de construção de gasodutos e oleodutos.

O Brasil detém cerca de 90% dos recursos mundiais de nióbio. É o maior produtor de minério e também do principal produto metalúrgico, a liga ferro-nióbio, que contribui com cerca de 90% das transações internacionais desse bem mineral. Entre 2000 e 2008, a produção brasileira representou em média 92% da produção mundial.

Três empresas brasileiras respondem pela quase totalidade da produção mundial: a CBMM, em Minas Gerais; a Mineração Catalão, em Goiás; e a Mineração Taboca, no Amazonas. Entre essas, a CBMM tem posição dominante, com capacidade instalada suficiente para atender à quase totalidade da demanda mundial. Trata-se, portanto, de um segmento altamente concentrado. As empresas também são verticalizadas, usando os concentrados internamente para obtenção de produtos como liga ferro-nióbio, óxido e nióbio metálico. Cerca de 95% do ferro-nióbio é comercializado mediante contratos, sendo de pequena importância as vendas no mercado *spot*.

Os preços do nióbio apresentam grande estabilidade. No período 1992-2006, o preço médio de exportação do ferro-nióbio brasileiro oscilou entre US\$12.500 e US\$13.500 por tonelada de nióbio contido. Em termos reais, os preços têm caído, apesar da expansão da demanda. A estabilidade dos preços correntes decorre fundamentalmente da política adotada pela CBMM para manter a competitividade do nióbio em relação a produtos substitutos e incentivar o aumento da demanda, complementada pela manutenção de capacidade instalada suficiente para garantir aos consumidores que suas necessidades serão atendidas. O resultado tem sido positivo, pois o uso do nióbio na produção de aços especiais tem crescido em média 7% ao ano, taxa superior à do crescimento da produção de aço. Essa estabilidade foi quebrada recentemente, tendo o preço passado de US\$13.512 em 2006 para US\$22.764 em 2008.

Em termos internacionais, o Canadá, com pequena participação, praticamente completa a oferta mundial de produtos de nióbio. Quanto à demanda, os Estados Unidos e a China são os maiores consumidores mundiais. Vale salientar o extraordinário crescimento do consumo da China, que passou de 3% do total mundial em 2007 para 23% em 2008, devendo assumir a liderança do consumo mundial de nióbio.

As reservas de nióbio podem ser consideradas abundantes, mesmo considerando-se a expansão do consumo. A demanda atual representa apenas 0,36% das reservas mundiais. Nesse contexto, a posição do Brasil é destacada. Dos recursos mundiais identificados, 86,7% estão no País; a sua participação nas reservas aumenta para 96,3%. Os recursos e reservas brasileiros estão localizados em Minas Gerais (73%), Amazonas (26%) e Goiás (1%). Apenas a mina operada pela CBMM em Araxá tem capacidade para manter a produção, no nível atual, por mais de 400 anos. A utilização do nióbio deverá permanecer, no futuro, atrelada à indústria siderúrgica.

As empresas brasileiras têm capacidade instalada suficiente para atender à demanda mundial, utilizam técnicas modernas na lavra, concentração e metalurgia, e realizam investimentos na ampliação do parque produtivo e no desenvolvimento de novos produtos à base de nióbio. Embora a CBMM esteja trabalhando com capacidade ociosa, ela planeja ampliar sua capacidade de produção para 150.000 t anuais a partir de 2013. A Mineração Catalão (Anglo American) colocou em operação, neste ano de 2009, o Projeto Tailings, no qual será recuperado o nióbio existente nos rejeitos provenientes da mineração de fosfato da Copebrás, anteriormente descartados.

#### Quadro 4. Sinopse da Mineração de Nióbio

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Nióbio	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	81.922	12,9 s/2000	0,44kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	3.160
<b>Importação</b>	-	-	-	<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	25,9
<b>Exportação</b>	-	-	-	<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	95.000
<b>Consumo Aparente</b>	81.922	12,9 s/2000	0,44kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<b>Projeções para 2030 (Fe-Nb)</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Demanda*</b>			
- t/ ano	230.950	307.820	408.755
- relação demanda / produção (%)	1	1	1
- % a.a.	2,70	4,05	5,40
- kg / habitante / ano	1,1	1,4	1,9
<b>Produção</b>			
- t/ ano	230.950	307.820	408.755
- % a.a.	2,70	4,05	5,40
- kg / habitante / ano	1,1	1,4	1,9
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)	140.000	215.000	315.000
- Total (t/ ano)	235.000	310.000	410.000
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ / 1.000t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões	0	0	0
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	5.600	6.390	6.820
- US\$ milhões	784,9	1.374	2.147,5
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	26	26	26
- mão-de-obra adicionada	2.240	4.040	6.440
- mão-de-obra total	5.400	7.200	9.600

\* Concentrado

Fonte: Lima, 2009c.

#### 4.1.6.4. Mineração de Cromo (Lima, 2009a)

O cromo tem amplas aplicações, sendo as principais nas indústrias de aço e de ferro-ligas, química e de refratários. Os produtos à base de cromo são obtidos a partir da cromita que, dependendo do teor em  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e da razão Cr/Fe, pode ser classificada como metalúrgica, química ou refratária. O cromo não tem substitutos na fabricação de aços inoxidáveis ou na produção de ligas especiais.

A indústria metalúrgica absorve 94% da produção global de cromita. A indústria de refratários e a produção de areia de fundição respondem pela demanda de 4% da produção global de cromita. Finalmente, a indústria química responde pela demanda remanescente de 2%.

As reservas brasileiras lavráveis de cromita são de 15,6 milhões de toneladas, com 4,9 milhões de toneladas de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  contido. Geograficamente, 93,5% dessas reservas estão localizadas na Bahia. Os demais estados que possuem reservas de cromo são o Amapá (3,5%), e Minas Gerais (3,0%).

As principais minas da Bahia, que têm por concessionário o Grupo Ferbasa, estão localizadas no distrito cromitífero de Campo Formoso e no distrito cromitífero do Vale do Jacurici. Nos jazimentos localizados no distrito de Campo Formoso ocorrem quatro tipos de mineralizações de cromita: grau metalúrgico (teores de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  entre 30% e 48%), estratificada, disseminada e friável. Os depósitos do distrito do Vale do Jacurici são predominantemente constituídos por minério grau metalúrgico. No município de Santa Luz existem depósitos de menor expressão, pertencentes ao Grupo Magnesita, constituídos de minério grau metalúrgico e friável.

No Amapá, a mina de cromo da Mineração Vila Nova Ltda., do Grupo Elkem Asa, no município de Mazagão, contém minérios do tipo friável. Em Minas Gerais, no município de Alvorada de Minas, a empresa Cromita Pinhuiense Ltda. detém reservas de cromita dos tipos *lump*, friável e disseminado.

Em 2007, a produção brasileira de cromita alcançou 627.772t (*lump* e concentrado), equivalentes a 253.254t de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  contido. A Bahia, principal produtor (77,3%), produziu 497.477t, com teor médio de 39,3% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . O parque produtivo está representado pela Cia. Ferro-Ligas da Bahia S/A - Ferbasa (90,1%) e pela Magnesita S/A (9,9%). No Amapá, a Mineração Vila Nova Ltda. produziu 130.295t, com teor médio de 44,2% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , respondendo por 22,7% da produção nacional.

Nos últimos anos, a produção mundial de cromita apresentou uma taxa de crescimento médio anual de 4,6%, alinhada com a taxa de crescimento médio anual das ferro-ligas à base de cromo. Esse incremento teve como componente importante o expressivo aumento da produção e do consumo de aço inoxidável na China. As maiores reservas mundiais estão localizadas na África do Sul, na Índia e no Cazaquistão. Também esses países são os maiores produtores mundiais.

Quanto ao mercado nacional, praticamente toda a cromita produzida na Bahia é consumida no mercado interno, para produção de ferro-ligas à base de cromo pelos grupos Ferbasa e Arcelor Mittal Inox Brasil S/A (antiga ACESITA). Parte da produção baiana é usada pela Magnesita S/A na fabricação de produtos refratários em sua unidade industrial localizada em Minas Gerais. Da cromita produzida no Amapá, cerca de 70% são exportados para a China e 30% são destinados ao mercado interno para produção de ligas de cromo.

A Ferbasa é uma empresa de mineração totalmente integrada com a metalurgia. Ela extrai e beneficia cromita e produz ligas de ferro cromo e silício. Maior produtora de ferro cromo no mercado nacional, conta com uma participação de aproximadamente 90% nas ligas de cromo, fornecendo insumos para a indústria siderúrgica de aços especiais, principalmente aço inoxidável.

### Quadro 5. Sinopse da Mineração de Cromo

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Cromo	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2007	t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	627.772 <sup>1</sup>			<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	
<b>Exportação</b>	130.295 <sup>2</sup>			<b>Capacidade Instalada</b>	mil t/ ano	1.289
<b>Consumo Aparente</b>				<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<sup>1</sup> Lump e concentrado. Equivalente a 253.254t de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

<sup>2</sup> Produção do Amapá.

Projeções para 2030 (Cromita)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	886.713	1.598.793	1.925.432
- relação demanda / produção (%)	1	1	1
- % a.a.	2,3	5,3	6,5
- kg / habitante / ano	4,1	7,4	8,9
<b>Produção</b>			
- t/ ano	886.713	1.598.793	1.925.432
- % a.a.	2,3	5,3	6,5
- kg / habitante / ano	4,1	7,4	8,9
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)			
- Total (t/ ano)			
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ / 1.000t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões			
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada			
- US\$ milhões			
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada			
- mão-de-obra total			

Fonte: Lima, 2009a.

## **4.2. Metálicos Não-Ferrosos**

A mineração brasileira de bens minerais metálicos não-ferrosos conta com empresas de elevada capacidade técnica e organizacional como a Vale (bauxita, cobre e níquel), Votorantim Metais (níquel, zinco e chumbo) e Anglo American (níquel). Nesse conjunto, a maioria dos bens minerais tem produção que supera o consumo interno, mas essa produção é insuficiente no caso do zinco e do chumbo. Atualmente, a maior parte da produção de concentrados de estanho provém de cooperativas garimpeiras. Também no caso do ouro existe produção de garimpos, embora declinante.

### **4.2.1. Investimentos**

Os investimentos previstos em expansão das reservas variam entre US\$844 milhões e US\$942,1 milhões. Não foram feitas previsões para o cobre, estanho e tantalita. O chumbo está associado ao zinco.

Os investimentos previstos para aumento da capacidade de produção variam entre US\$19,42 bilhões e US\$21,69 bilhões. Não foram feitas previsões para o chumbo, associado ao zinco, e para a tantalita.

### **4.2.2. Recursos humanos**

Não foram identificadas carências de recursos humanos para o conjunto de bens minerais metálicos não ferrosos, tanto no presente como no futuro.

As projeções realizadas estimam que os recursos humanos necessários em 2030 estejam entre 55.248 e 59.508 colaboradores. As previsões para o chumbo estão incluídas nas do zinco. Não foi feita previsão para a tantalita.

### **4.2.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D,I)**

A mineração brasileira conta com centros de pesquisa de excelência no País para o aproveitamento de seus recursos, podendo ainda buscar alternativas no exterior, notadamente, naqueles países de tradição mineira.

O Brasil dispõe, na cadeia do alumínio, do níquel e do zinco/chumbo, de um dos mais avançados parques produtivos do mundo em razão de contínuos investimentos realizados pelas empresas do setor.

As operações de lavra e tratamento de minérios de zinco da Votorantim utilizam técnicas e métodos modernos de lavra e tratamento, compatíveis com uma organização de porte global.

A Vale implantou a Usina Hidrometalúrgica de Carajás (UHC), no Pará, para tratar concentrados sulfetados de cobre da região de Carajás, objetivando comprovar a viabilidade e a eficiência do processo em escala industrial.

No caso do estanho, por conta das dificuldades operacionais encontradas na execução do Projeto Rocha São, com baixa recuperação da cassiterita, a rota tecnológica adotada está sendo reavaliada, buscando dar maior economicidade ao processo de lavra e propiciar o aproveitamento de outros minerais, como a tantalita, associados à cassiterita.

O parque produtivo do ouro tem investido pouco em inovações. Em muitos casos as instalações não são modernas ou muito eficientes.

### **4.2.4. Bens de capital**

A mineração desse grupo de minerais, como os demais segmentos de mineração no País, não sofre qualquer restrição para acessar e adquirir as tecnologias necessárias à

modernização de suas unidades, comprar equipamentos e serviços de qualquer natureza, seja para lavra, seja para a concentração, ou ainda adquirir outros fatores de produção, tanto interna quanto externamente. A indústria de bens de capital brasileira é competitiva e está perfeita e globalmente integrada. No País, o Sistema BNDES desponta como o maior banco de investimento com linhas de crédito para o setor mineral.

#### **4.2.5. Incentivos**

Com relação aos incentivos fiscais, os projetos na Amazônia gozam dos benefícios concedidos pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e no Nordeste pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), que inclui também o norte do Estado de Minas Gerais.

#### **4.2.6. Síntese**

##### **4.2.6.1. Mineração de Bauxita (Quaresma, 2009a)**

A bauxita é usada, em sua quase totalidade (cerca de 90%), na produção de alumina que, por sua vez, é transformada em alumínio, em refratários e em produtos químicos. As reservas brasileiras de bauxita (medidas, indicadas e inferidas) são abundantes, atingindo em 2007 um total de 3,6 bilhões de toneladas, sendo que 92% são do tipo metalúrgico. Considerando o nível de produção atual, essas reservas seriam suficientes para atender às necessidades do País por pelo menos 100 anos. As maiores reservas de bauxita do tipo metalúrgico estão localizadas no Pará (75%) e em Minas Gerais (16%).

O Brasil dispõe, na cadeia do alumínio, de um dos mais avançados parques produtivos do mundo. É o terceiro maior produtor mundial de bauxita, sendo a produção concentrada no Pará, com 75% da produção total, e em Minas Gerais, com 16%. A produção paraense, que conta com a maior mina do Brasil (capacidade instalada de 20 milhões de toneladas anuais), operada pela MRN, foi expandida em 2007 com a entrada em operação da mina da Vale em Paragominas e, recentemente, com o início das atividades da Alcoa na mina de Juriti. A produção de bauxita não metalúrgica, concentrada em Minas Gerais, corresponde a cerca de 5% da produção total.

O consumo de bauxita no Brasil aumentou 25 vezes entre 1975 e 2007, sempre a uma taxa superior à média mundial. A taxa de crescimento do consumo foi de 9% ao ano no período 2000-2007. O consumo aparente nos últimos anos tem sido em torno de 20 milhões de toneladas, para uma produção comercial da ordem de 25 milhões de toneladas e exportações de 5 milhões de toneladas. As importações são de pequena monta.

A cadeia do alumínio é constituída, basicamente, por empresas verticalizadas, que mineram bauxita para suas unidades de refino e redução. São de pouca expressão as vendas de bauxita entre empresas independentes. Assim, é difícil determinar um preço para a bauxita. Os valores médios atribuídos à bauxita se mantiveram constantes entre 2005 e 2008, atingindo US\$25,72/t. Na série 1975-2008, o pico ocorreu em 1979, com o valor de US\$63,03 (valor corrigido, base 2007). Desde 1979 o valor da bauxita teve tendência de queda, tendo chegado a US\$17,62 em 2003 (valor corrigido).

No cenário mundial, em 2007 a Austrália foi o maior produtor de bauxita (64 milhões de toneladas), com uma produção superior ao dobro daquela da segunda colocada, a China. A produção chinesa, que era praticamente nula em 1990, chegou a 32 milhões de toneladas em 2007. O Brasil ocupa a terceira posição. A Guiné, a Índia e a Jamaica também são grandes produtores. Esse seis países contribuem com 85% do total mundial.

O mercado transoceânico de bauxita é uma fração relativamente pequena da produção mundial. Em 2007, ele totalizou 40 milhões de toneladas, para uma produção total de 195 milhões de toneladas. O Brasil participa com 15% do mercado transoceânico.

Com uma reserva lavrável da ordem de 2 bilhões de toneladas e com potencial para sua ampliação, são favoráveis as condições para atendimento do crescimento da produção previsto para o futuro. As empresas brasileiras são bem estruturadas, com levado índice de certificação. Em termos ambientais, 85% das áreas mineradas já foram reabilitadas.

A previsão de consumo para atender à projeção de consumo até 2030 indica uma redução de 45% das reservas totais atualmente conhecidas. Não se vislumbra, nos próximos vinte anos, substituição da bauxita por outro minério na produção de alumínio.

### Quadro 6. Sinopse da Mineração de Bauxita

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Bauxita	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2007	mil t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	24.754	8,6 s/2006	132kg	<b>Mão-de-obra (2005)</b>	Nº de cooperadores	2.144
<b>Importação</b>	111	-	-	<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	14.540
<b>Exportação</b>	5.784	-	-	<b>Capacidade Instalada</b>	mil t/ ano	36.000
<b>Consumo Aparente</b>	19.081	8,8 s/2006	102kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	27,62

Projeções para 2030	
<b>Demanda</b>	
- mil t/ ano	66.100
- relação demanda / produção (%)	78,5
- % a.a.	5,5
- kg / habitante / ano	305
<b>Produção</b>	
- mil t/ ano	84.200
- % a.a.	5,4
- kg / habitante / ano	389
<b>Capacidade Instalada*</b>	
- Adicionada (mil t/ ano)	84.000
- Total (mil t/ ano)	120.000
<b>Investimento em reservas</b>	
-US\$ / 1.000t de reservas adicionadas	83,50
-US\$ milhões	142
<b>Investimento em produção</b>	
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	44,66
- US\$ bilhões	2,3 a 2,6
<b>Mão-de-obra</b>	
- t / cooperador/ ano	20.310
- mão-de-obra adicionada	3.856
- mão-de-obra total	6.000

\* Relativa à produção bruta, correspondendo a uma produção comercial de 84 milhões de toneladas.  
Fonte: Quaresma, 2009a.

#### 4.2.6.2. Mineração de Cobre (Farias, 2009b)

Em 2005, as reservas totais<sup>1</sup> de minério de cobre no Brasil, predominantemente formadas por minerais sulfetados, eram estimadas em cerca de 21,7 milhões de toneladas de cobre contido. No estado do Pará se concentram mais de 85% dessas reservas, e os maiores e os mais importantes depósitos econômicos de cobre do País.

A produção brasileira de concentrados ultrapassou 220.000 toneladas de cobre contido em 2008. Ela é realizada predominantemente no estado do Pará, com 57% da produção total. Também importante é a produção de Goiás, com 28%. A Bahia, que foi o maior produtor do País, responde agora por apenas 12%.

É elevado o grau de concentração da mineração de cobre no Brasil. Cerca de 97% da produção de concentrado provém essencialmente de três unidades mineiras: o Complexo Sossego/Sequeirinho, localizado na Província Mineral de Carajás, no Pará; o Complexo Caraíba, na Bahia; e a mina de Chapada, em Goiás. Concentrado de cobre também é produzido como subproduto da mineração de níquel laterítico em Niquelândia, Goiás. Essas unidades são operadas pela Vale, pela Mineração Caraíba e pela Mineração Maracá (Yamana Gold), respectivamente. A partir de 2016, a Vale concentrará mais de 80% da produção de concentrado.

O País conta, desde final de dezembro de 2006, com uma planta hidrometalúrgica com capacidade de produção de 5.000t anuais de catodo de cobre SX/EW, na Mineração Caraíba, para tratar minério oxidado. A Vale implantou a Usina Hidrometalúrgica de Carajás (UHC), no Pará, para tratar concentrados sulfetados da região de Carajás, objetivando comprovar a viabilidade e a eficiência do processo em escala industrial. Para tanto, a UHC operará 21 meses, contados de seu início de operação, em dezembro de 2008.

A mineração de cobre brasileira caracteriza-se por não ser integrada a jusante na cadeia produtiva. As empresas produtoras comercializam sua produção tanto para o mercado interno quanto para o externo.

A mineração de cobre se sobressai no setor mineral brasileiro por contar com a participação expressiva de empresas conhecidas pela excelência gerencial e organizacional, de padrão internacional. Com exceção da mina de Caraíba, todas as demais unidades produtoras, sejam de mineração de cobre ou tenham o cobre como subproduto, são minas novas e modernas com menos de seis anos de operação.

Sendo um segmento com estrutura industrial praticamente nova e no estado da arte no tocante a processos, equipamentos e gerenciamento, a mineração de cobre brasileira dispõe de excelente equacionamento e gerenciamento das questões ambientais.

Graças à abertura e interação da economia brasileira com o exterior, a mineração de cobre, como os demais segmentos de mineração no País, não sofre qualquer restrição para acessar e adquirir tecnologias necessárias à modernização de suas unidades, comprar equipamentos e serviços de qualquer natureza, seja para lavra, seja para a concentração, ou ainda adquirir outros fatores de produção, tanto interna quanto externamente. A indústria de bens de capital brasileira é competitiva e está perfeita e globalmente integrada. Na área de P&D, a mineração do cobre conta com centros de pesquisa de excelência no País, podendo ainda buscar alternativas no exterior, notadamente, naqueles países de tradição mineira.

Também no cenário mundial é elevado o nível de concentração. Cinco países – Chile, Estados Unidos, Peru, China e Austrália – detêm 68% da produção mundial. O Chile é o líder absoluto na mineração de cobre. Dispõe de 38,4% das reservas mundiais, produz cerca de 35% do total de concentrado e catodo SX/EX, e é o maior exportador, respondendo por 42% do total das transações no mercado internacional. Considerando os grupos empresariais atuantes na mineração de cobre, também é elevada a concentração, com os sete maiores tendo controle sobre mais de 55% da produção mundial.

O preço do concentrado de cobre tem como referência o preço do metal na London Metal Exchange (LME). Esse preço esteve em elevação de 2003 a 2007, quando atingiu US\$6.626/t de cobre contido. O preço teve leve recuo em 2008 e queda em 2009 para

---

<sup>1</sup> Compreendendo o somatório das reservas medidas, indicadas e inferidas.

US\$3.784/t, situando-se em nível próximo do observado em 2005. Enquanto permanecer a indefinição quanto aos desdobramentos da crise financeira mundial, é de se esperar que permaneça a volatilidade do preço do cobre na LME, bem como dos demais metais.

Com relação às perspectivas futuras, as projeções realizadas consideram que, a partir de 2020, a Vale será a única produtora. Prevê-se que a oferta atinja um pico de 712 mil toneladas de cobre contido em 2016/2017, caindo em 2030 para 374 mil toneladas.

### Quaro 7. Sinopse da Mineração de Cobre

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Cobre	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2007	t <sup>1</sup>	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	208.812	30,8 s/2000	1,1	<b>Mão-de-obra 2005</b>	N <sup>o</sup> de cooperadores	1.300
<b>Importação</b>	154.541			<b>Produtividade da MO<sup>1</sup></b>	t/ cooperador/ ano	100
<b>Exportação</b>	177.705			<b>Capacidade Instalada<sup>1</sup></b>	t/ ano	225.000
<b>Consumo Aparente</b>	185.648	-0,7 s/2000	1	<b>Investimento</b>	Mil US\$/t de capac. instalada	5 a 9

<sup>1</sup> Cobre contido

Projeções para 2030 (Cobre) <sup>1</sup>	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	498.920	647.239	828.283
- relação demanda / produção (%)	1,3	1,7	2,2
- % a.a.	4,4	5,6	6,7
- kg / habitante / ano	2,3	3,0	3,8
<b>Produção</b>			
- t/ ano	374.000	374.000	374.000
- % a.a.	2,6	2,6	2,6
- kg / habitante / ano	1,7	1,7	1,7
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)	149.000	149.000	149.000
- Total (t/ ano)	374.000	374.000	374.000
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$/ t de reservas adicionadas	0,12 a 0,15 <sup>2</sup>	0,12 a 0,15	0,12 a 0,15
-US\$ milhões	60 a 75 (pesquisa) 150 a 250 (exploração)	60 a 75 (pesquisa) 150 a 250 (exploração)	60 a 75 (pesquisa) 150 a 250 (exploração)
<b>Investimento em produção</b>			
- mil US\$/ unidade de capacidade adicionada	5 a 7 (expansão) 6 a 9 (nova mina) 5,5 a 6,5 (SX/EW)	5 a 7 (expansão) 6 a 9 (nova mina) 5,5 a 6,5 (SX/EW)	5 a 7 (expansão) 6 a 9 (nova mina) 5,5 a 6,5 (SX/EW)
- US\$ milhões <sup>3</sup>	3.645	3.645	3.645
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	51	51	51
- mão-de-obra adicionada	6.000	6.000	6.000
- mão-de-obra total	7.300	7.300	7.300

<sup>1</sup> Cobre contido

<sup>2</sup> por tonelada de reservas totais (medidas+indicadas+inferidas)

<sup>3</sup> 20.000t de expansão das minas (cobre contido); 470.000t, novas minas. Pico de produção de 712.000t (cobre contido) em 2016/2017, caindo para 374.000t em 2030.

Fonte: Farias, 2009b.

#### 4.2.6.3. Mineração de Níquel (Farias, 2009c)

Em 2008, as reservas totais<sup>2</sup> de minério de níquel do Brasil, predominantemente formadas por minerais lateríticos, eram estimadas em cerca de 10,0 milhões de toneladas de níquel contido. Os estados de Goiás e Pará concentravam mais de 80% dessas reservas e os maiores e os mais importantes depósitos econômicos de níquel do País.

A mineração de níquel brasileira ultrapassou 37.000 toneladas de níquel contido em 2008, tendo sido realizada predominantemente em Goiás e em Minas Gerais, que juntos respondem pela totalidade da produção brasileira, sendo que o primeiro estado contribui com cerca de 85% do total.

A concentração da produção em poucas unidades é também uma característica observada na mineração de níquel. A produção provém essencialmente de três complexos minero-metalúrgicos, dedicados exclusivamente à obtenção de produtos de níquel: *matte* para exportação, liga Fe-Ni, e carbonato de níquel. O carbonato de níquel é matéria-prima para produção de níquel eletrolítico em unidade localizada em São Miguel Paulista, estado de São Paulo.

A cadeia do níquel no Brasil tem elevado nível de concentração, estando sob controle do Grupo Votorantim e da Anglo American – integradas desde a mineração até a transformação –, responsáveis em 2008 pela quase totalidade da oferta de produtos de níquel no País (90%). A Cia. Vale do Rio Doce (Vale), através da Vale Inco, espera entrar no segmento do níquel no início da próxima década com dois projetos, Onça-Puma e Vermelho. Esses projetos, em plena capacidade, terão produção anual de 109.000 toneladas de níquel contido, passando a Vale Inco a ser a nova líder setorial. Está em implantação, na Bahia, o projeto da Mirabela Mineração, que deverá produzir 27.000t de níquel contido em concentrados.

Com relação ao nível gerencial e organizacional, a mineração de níquel brasileira conta com a participação de empresas conhecidas pela excelência gerencial e organizacional, de reconhecido padrão internacional, como é o caso da Vale, da Votorantim e da Anglo American. O parque produtivo do níquel é moderno e atualizado tecnologicamente, em razão de contínuos investimentos realizados pelas empresas do setor. A mineração de níquel trata de forma adequada as questões ambientais decorrentes de suas atividades.

No Brasil, o segmento da mineração de níquel não sofre qualquer restrição para acessar e adquirir tecnologias necessárias à modernização de suas unidades, para comprar equipamentos e serviços, seja para lavra ou para a concentração, ou ainda para adquirir outros fatores de produção, tanto no Brasil como no exterior. A indústria de bens de capital brasileira é competitiva e globalmente integrada. A área de P&D da mineração do níquel conta com centros de pesquisa de excelência no País para o aproveitamento de seus recursos, podendo ainda buscar alternativas no exterior, notadamente nos países de tradição mineira.

Apesar da crise mundial, os planos de expansão de capacidade e de abertura de novas minas continuam em carteira, aguardando que o quadro da economia mundial esteja mais nítido para que seja tomada a decisão de voltar a investir.

No cenário internacional, as maiores reservas estão localizadas na Austrália (18,3%) e em Cuba (15,6%), mas também são encontradas reservas importantes em vários outros países. Os maiores produtores (produção mineira) são a Rússia (18%), Canadá (17%), Austrália (13%) e Indonésia (12%). A China é o grande consumidor de níquel (28%), seguida pelo Japão (12%) e Estados Unidos (10%).

Os preços dos produtos contendo níquel (minérios, concentrados, *matte*, liga Fe-Ni e metal) são estabelecidos mundialmente tendo como referência o preço do metal na London Metal Exchange (LME). O preço médio do níquel, que em 2003 estava um pouco abaixo de US\$10.000/t, subiu para US\$15.000/t em 2005, e para cerca de US\$37.000/t em 2007. Em maio de 2007 foi atingido o pico de US\$52.179/t. Desde o início da crise tem havido grande variação no preço, tendo caído para cerca de US\$20.000/t em agosto de 2009.

---

<sup>2</sup> Compreendem o somatório das reservas medidas, indicadas e inferidas.

### Quadro 8. Sinopse da Mineração de Níquel

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Níquel	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t<sup>1</sup></b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	37.380	5,7 s/1988	0,20	<b>Mão-de-obra 2005</b>	N <sup>º</sup> de cooperadores	1.100
<b>Importação</b>	4.480	-	-	<b>Produtividade da MO<sup>1</sup></b>	t/ cooperador/ ano	35
<b>Exportação</b>	20.666	-	-	<b>Capacidade Instalada<sup>1</sup></b>	mil t/ ano	40.700
<b>Consumo Aparente</b>	21.194	3,6 s/1988	0,11	<b>Investimento</b>	Mil US\$/t de capac. instalada	5 a 12

<sup>1</sup> Níquel contido

Projeções para 2030 (Níquel) <sup>1</sup>	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	50.692	63.585	78.517
- relação demanda / produção (%)	0,27	0,34	0,42
- % a.a.	4,0	5,1	6,1
- kg / habitante / ano	0,23	0,29	0,36
<b>Produção</b>			
- t/ ano	189.000	189.000	189.000
- % a.a.	6,9	6,9	6,9
- kg / habitante / ano	0,87	0,87	0,87
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)	148.300	148.300	148.300
- Total (t/ ano)	189.000	189.000	189.000
<b>Investimento em reservas<sup>2</sup></b>			
-US\$ / t de reservas adicionadas	0,12 a 0,15 <sup>3</sup>	0,12 a 0,15	0,12 a 0,15
-US\$ milhões	270	270	270
<b>Investimento em produção</b>			
- mil US\$ / unidade de capacidade adicionada <sup>4</sup>	5 a 7 (expansão) 8 a 12 (nova mina)	5 a 7 (expansão) 8 a 12 (nova mina)	5 a 7 (expansão) 8 a 12 (nova mina)
- US\$ milhões	1.366	1.366	1.366
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	35	35	35
- mão-de-obra adicionada	4.400	4.400	4.400
- mão-de-obra total	5.500	5.500	5.500

<sup>1</sup> Níquel contido.

<sup>2</sup> As reservas conhecidas são suficientes para atender à expansão da produção. No entanto, serão necessárias 2 bilhões de toneladas para fazer face à produção acumuladas até 2030, mantendo o nível de reservas atual.

<sup>3</sup> Por tonelada de reservas totais (medidas+indicadas+inferidas).

<sup>4</sup> Mina a céu aberto.

Fonte: Farias, 2009c.

#### 4.2.6.4. Mineração de Zinco (Santos, 2009b)

O zinco é o terceiro metal não-ferroso mais usado, depois do alumínio e do cobre. Sua principal aplicação, que ultrapassa 50% do consumo mundial, é na galvanização, processo que permite proteção contra a corrosão dos produtos siderúrgicos. Vale salientar que cerca de 20% da oferta mundial é proveniente de zinco reciclado. Também no Brasil a maior aplicação do zinco é na galvanização (55%), sendo ainda importantes seu uso na produção de ligas e de latão.

Apenas duas empresas produziam concentrados de zinco no Brasil. A Votorantim Metais Zinco, empresa integrada e atualmente única produtora, opera duas minas em Minas Gerais. A Prometalica Mineração operava mina de pequeno porte em Mato Grosso, paralisada temporariamente no último trimestre de 2008. Apesar do aumento das reservas e do crescimento da produção (17% ao ano na última década), a produção brasileira de concentrados é suficiente para atender apenas a cerca de 70% da demanda, havendo necessidade de importar o restante. A necessidade de importações de concentrados pode aumentar, considerando que a mina Morro Agudo, operada pela Votorantim, tem horizonte de produção de apenas mais seis anos, e que a mina Vazante, a maior do Brasil, também operada pela Votorantim, pode ter seu plano de expansão comprometido em face dos problemas ambientais decorrentes da grande quantidade de água que precisa ser bombeada da operação subterrânea.

As operações de lavra e tratamento da Votorantim utilizam técnicas e métodos modernos de lavra e tratamento, compatíveis com uma organização de porte global. O estéril das minas é utilizado para preencher galerias ou para aterro de encostas; parte do rejeito do beneficiamento é processada como pó calcário agrícola e comercializado, e parte resulta em pó calcário industrial, sendo estocada.

A taxa de crescimento do consumo de zinco no Brasil tem sido superior à taxa de crescimento da economia. Durante a década de 90, a taxa de crescimento do consumo do zinco pela siderurgia, principal segmento consumidor, atingiu 8,5% ao ano.

No contexto mundial, a China é o maior consumidor (quase 30% do consumo mundial), mantendo o comportamento do mercado mundial de zinco estreita ligação com o desempenho da economia desse país. A China também é o maior produtor, embora suas minas sejam de pequeno porte. Outros grandes produtores são a Austrália e o Peru. Importantes minas de zinco estão chegando ao fim da vida produtiva, mas vários projetos de grande porte estão em andamento ou planejados em países como Bolívia, Peru, Indonésia, Portugal, Canadá, México e Rússia.

O preço do zinco eletrolítico, no período 1988-2001 manteve-se em torno de US\$1.000/t. A partir de 2002 o preço subiu, atingindo o pico de US\$4.928,77/t no final de 2006. A partir daí houve recuo no preço. De um preço médio em 2006 de US\$3.493/t, passou para US\$3.356/t em 2007, e US\$1.301/t em 2008. A queda no preço resultou do aumento da capacidade de produção motivado pela situação favorável do mercado a partir de 2002, sendo a queda agravada pela redução da demanda causada pela crise financeira mundial. O papel desempenhado pelos investidores nesse processo não é desprezível. Segundo a Nyrstar, a redução de 30% na oferta de zinco verificada entre o primeiro quadrimestre de 2009 em relação ao mesmo período de 2008 foi causada apenas por especulação, não tendo havido encurtamento físico do mercado de concentrado de zinco e chumbo. A consequência dessa conjuntura desfavorável deverá ser a suspensão de atividades em minas marginais e o adiamento de novos projetos.

A potencialidade mais relevante para a identificação de jazimentos de zinco no Brasil encontra-se em seqüências carbonáticas plataformais. O processo de internacionalização do Grupo Votorantim poderá inibir programas de prospecção mineral para zinco no Brasil, face à existência de ambientes geológicos mais favoráveis encontrados noutros países.

O metal de maior potencial de substituição do zinco é o alumínio, sendo o potencial de substituição função do custo relativo dos metais.

### Quadro 9. Sinopse da Mineração de Zinco

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Zinco	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2007	t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	194.000	9,9 s/2000	1,03	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	1.368
<b>Importação</b>	54.751			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	139
<b>Exportação</b>	-			<b>Capacidade Instalada</b>	mil t/ ano	200
<b>Consumo Aparente</b>	248.751	3,6 s/2000	1,32	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. Instalada	4.091

Projeções para 2030 (Zinco)	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	358.589	572.443	891.939
- relação demanda / produção (%)	13,1	11,2	11,2
- % a.a.	1,6	3,7	5,7
- kg / habitante / ano	1,65	2,64	4,12
<b>Produção</b>			
- t/ ano	316.997	509.968	802.208
- % a.a.	2,1	4,3	6,3
- kg / habitante / ano	1,46	2,36	3,71
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (mil t/ ano)	120	310	600
- Total (mil t/ ano)	320	510	800
<b>Investimento em reservas</b>			
- US\$ / 1.000t de reservas adicionadas	27	27	27
-US\$ milhões	24,8	65	118
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	4.091	4.091	4.091
- US\$ milhões	490	1.268	2.455
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	139	139	139
- mão-de-obra adicionada	900	2.270	4.400
- mão-de-obra total	2.268	3.638	5.768

Fonte: Santos, 2009b.

#### **4.2.6.5. Mineração de Chumbo (Santos, 2009a)**

O principal uso do chumbo é na produção de baterias elétricas, aplicação que responde por mais de 75% do seu consumo global. Dessa forma, o comportamento da demanda por chumbo está intimamente ligado ao da indústria automotiva. O uso do chumbo foi impulsionado pelo grande crescimento dessa indústria ocorrido nas últimas décadas.

É importante salientar que a oferta de chumbo resultante de reciclagem tem crescido, tendo sua contribuição para a oferta do metal superado, a partir da década de 90, a da produção de metal primário.

O Brasil é importador de chumbo desde 1960, e essa situação provavelmente deve continuar tendo em vista que as condições geológicas do País não favorecem a formação de jazidas de chumbo, bem como de zinco. A produção de concentrado de chumbo ocorre apenas na mina de Morro Agudo, em Minas Gerais, operada pela Votorantim Metais Zinco (VMZ), onde o minério é recuperado como subproduto da mineração de zinco. Essa produção não representa mais que de 8% a 10% do consumo interno, sendo integralmente exportada. Não há perspectiva de mudança dessa situação.

Somente 22 milhões de toneladas, com teor de 2,2% de chumbo (484 mil toneladas de metal contido) são passíveis de ser lavrados. A VMZ dispõe de certificação de gestão de qualidade, gestão ambiental, saúde ocupacional e segurança do trabalho. A mineração em Morro Agudo é conduzida de acordo com os melhores métodos e técnicas.

A internacionalização da VMZ poderá inibir programas de prospecção para zinco no Brasil, face à existência de ambientes geológicos mais favoráveis no exterior. Como a produção de concentrados de chumbo primário é totalmente dependente da lavra de minérios de zinco, sua produção é afetada pela situação internacional do mercado de zinco e depende da política adotada pela VMZ para este metal, já que ela é a única produtora de zinco no País. Disso resulta baixa elasticidade da oferta de chumbo primário, que não responde aos estímulos do mercado de chumbo e sim aos do mercado de zinco, embora suas demandas não tenham correlação.

No decorrer da década de 90 e até 2002, o valor médio de exportação do concentrado caiu de um patamar de US\$1.000/t para US\$200/t. A partir de 2003 o preço voltou a subir, atingindo em 2007 um valor médio de US\$776,85/t, mas caindo novamente em 2008.

As usinas metalúrgicas de chumbo foram desativadas em 1996. Desse modo, a demanda por chumbo no Brasil é atendida pela reciclagem e por importações de chumbo eletrolítico. Seu crescimento tem sido impulsionado pelo grande crescimento da indústria automobilística brasileira. Nas últimas três décadas, o consumo de chumbo, que era da ordem de 100.000 toneladas anuais, passou para cerca de 220.000 toneladas, crescendo a uma taxa anual de aproximadamente 2,4% ao ano. A quase totalidade do chumbo é consumida na fabricação de acumuladores de energia (95,6%), sendo que 9% do consumo total se refere à produção de baterias para automóveis.

No cenário mundial, a China é o maior produtor, tendo contribuído em 2007 com 39,8% do total mundial, superando em mais de duas vezes a produção do segundo colocado, a Austrália. Outros grandes produtores incluem os Estados Unidos, o Peru, o México e o Canadá. Vale salientar que, entre 1997 e 2007, a produção de chumbo só aumentou na China (mais 233%), na Austrália e no Peru, caindo em todos os demais países. A China também é o maior consumidor mundial de chumbo.

Embora o chumbo tenha perdido importantes usos como resultado de seus efeitos tóxicos sobre os organismos vivos, sua demanda tem crescido a uma taxa superior à taxa de crescimento da economia mundial. Isso se explica pelo notável crescimento da indústria automobilística e, conseqüentemente, pela maior necessidade de acumuladores de energia. No futuro, o eventual crescimento da produção de carros elétricos, que não utilizam acumuladores chumbo/ácido, resultará em substituição do chumbo por outros metais, reduzindo sua principal aplicação.

## Quadro 10. Sinopse da Mineração de Chumbo

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Chumbo	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	15.522 <sup>1</sup>	0,9 s/1978	0,08	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores <sup>3</sup>	-
<b>Importação</b>	110.00 <sup>2</sup>			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	-
<b>Exportação</b>	15.552			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	15.500 <sup>4</sup>
<b>Consumo Aparente</b>	222.212	2,4 s/1978	1,18	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	206,27

<sup>1</sup> Chumbo contido em 24.754t de concentrado, totalmente exportado

<sup>2</sup> Estimativa, supondo que as importações atendam a 50% do consumo. O restante provém de chumbo reciclado.

<sup>3</sup> Como todo o concentrado de chumbo é obtido como subproduto da mineração de zinco, a mão-de-obra está incluída na Sinopse da Mineração de Zinco.

<sup>4</sup> Chumbo contido no concentrado.

Projeções para 2030 (Chumbo)	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- mil t/ ano	255.344	407.625	635.132
- relação demanda / produção	9,82	9,94	9,92
- % a.a.	1,1	3,3	5,4
- kg / habitante / ano	1,17	1,88	2,93
<b>Produção</b>			
- t/ ano <sup>1</sup>	26.000	41.000	64.000
- % a.a.	2,3	4,5	6,6
- kg / habitante / ano	0,12	0,19	0,30
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)	10.500	25.500	48.500
- Total (t/ ano)	26.000	41.000	64.000
<b>Investimento em reservas<sup>2</sup></b>			
-US\$ / t de reservas adicionadas	326,17		
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção<sup>2</sup></b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	206,27 (R\$377,47)		
- US\$ milhões	-	-	-
<b>Mão-de-obra<sup>2</sup></b>			
- t / cooperador/ ano	-	-	-
- mão-de-obra adicionada (x 1.000)	-	-	-
- mão-de-obra total (x 1.000)	-	-	-

<sup>1</sup> Supondo que a produção nacional de concentrado seja mantida em torno de 10% do consumo.

<sup>2</sup> Como todo o chumbo primário é obtido como subproduto da produção de zinco, os valores para esses indicadores estão discriminados na Sinopse da Mineração de Zinco.

Fonte: Santos, 2009a.

#### 4.2.6.6. Mineração de Estanho (Lima, 2009b)

As reservas brasileiras de cassiterita, da qual provém a produção de estanho no Brasil, estão localizadas quase integralmente no Amazonas (58%) e Rondônia (34%). Também nesses estados ocorre a quase totalidade da produção. A mineração de cassiterita no Amazonas e em Rondônia é realizada por duas empresas, cinco cooperativas de garimpeiros e alguns pequenos produtores independentes, sendo que, das áreas em produção, três minas merecem destaque: Pitinga, Bom Futuro e Santa Bárbara. Os quatro maiores produtores são responsáveis por 94% da produção de concentrados. Os produtores principais são integrados verticalmente (mineração/fundição), sendo toda produção de concentrados de cassiterita transformada em estanho no País.

Pitinga, no Amazonas, onde a mineralização de estanho ocorre associada a nióbio e tântalo, e ainda a criolita e zirconita, vinha sendo a maior produtora de cassiterita, contribuindo em 2007 com 56% da produção nacional. Em 2008 teve início, nessa mina, o Projeto Rocha São, visando ao aproveitamento dos minérios existentes na rocha primária. Planejava-se produzir inicialmente 7.000 toneladas (em termos de estanho contido), passando para 10.000 toneladas em 2010/2011, e eventualmente atingindo 14.000 toneladas. Por conta das dificuldades operacionais encontradas na execução do projeto, com baixa recuperação da cassiterita, a rota tecnológica adotada está sendo reavaliada, buscando dar maior economicidade ao processo de lavra e propiciar o aproveitamento de outros minerais associados à cassiterita.

Com o processo de reavaliação do Projeto Rocha São, caiu a produção em Pitinga para 260t/mês. Com isso, a produção proveniente das cooperativas de garimpeiros atualmente supera 50% do total nacional. Mais de 90% da produção de Rondônia é proveniente de operações garimpeiras organizadas em cooperativas. Apesar da importância dessa produção, são precários os trabalhos de pesquisa mineral realizados pelas cooperativas.

A produção de cassiterita no Brasil passou por uma fase áurea no final da década de 80. Tendo se tornado autossuficiente na produção de concentrado no início dessa década, com a contribuição importante dada pela entrada em operação de Pitinga (1983), em 1985 o Brasil já era um dos maiores produtores mundiais. Em 1988, com a mina de Bom Futuro, localizada em Rondônia e operada por garimpeiros, houve outro grande impulso na produção, de modo que em 1989 o Brasil se tornou o maior produtor mundial, com uma produção que não mais foi alcançada de 54.700t de estanho contido. A partir de então a produção brasileira entrou em declínio. Em 1994 havia descido abaixo de 20.000t anuais, chegando em 2008 a 12.992t estanho contido.

O preço dos concentrados de cassiterita tem como referência o preço do estanho na London Metal Exchange (LME). A relação entre o preço do concentrado e o preço do metal tem sido em torno de 85% (cassiterita com 60% de estanho contido), mas o percentual pode variar com as condições do mercado. Em valores correntes, o preço do estanho passou de US\$4.892/t em 2003 para US\$14.592/t em 2007.

Em termos mundiais os maiores produtores de estanho são a China, a Indonésia, o Peru, a Malásia e a Tailândia que, juntos, contribuíram com 87% do total mundial em 2008. A China, a Indonésia e o Peru também lideram a mineração de estanho. Com relação às transações internacionais com concentrados, a sua quase totalidade tem origem na Indonésia e destina-se à China. O normal é que a produção de concentrados seja transformada em estanho internamente. Atualmente, o Brasil ocupa a 5ª posição mundial como produtor.

As reservas lavráveis do Brasil são suficientes para atender à demanda projetada para 2030, em todos os cenários, sem necessidade de investimentos adicionais. No entanto, investimentos em pesquisa mineral são recomendáveis para garantir segurança operacional, principalmente em áreas de cooperativas.

O fato do maior potencial de recursos de estanho estar localizados na Região Amazônica acentua a importância das questões ambientais relativas à recuperação das áreas mineradas, descarte dos rejeitos e reaproveitamento da água. Em Pitinga, além de concentrados de cassiterita, é produzida a liga Nb-Ta, a partir dos resíduos da

concentração. Dessa produção resulta uma escória radioativa que vem sendo, de acordo com determinação da CNEN, enterrada e armazenada em trincheiras abertas no solo.

Um aspecto importante para a mineração de estanho na Amazônia diz respeito à regulamentação da lavra em áreas indígenas.

### Quadro 11. Sinopse da Mineração de Estanho

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Estanho	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t<sup>1</sup></b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	11.835	- 2,1 s/2000	0,06kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores <sup>3</sup>	3.500
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	3,7
<b>Exportação</b>				<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	24.100
<b>Consumo Aparente</b>	10.397	- 4,2 s/2000	0,05kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<sup>1</sup> Estanho contido

Projeções para 2030 (Estanho)	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	15.454	16.850	18.281
- relação demanda / produção	1	1	1
- % a.a.	1,7	2,1	2,5
- kg / habitante / ano	0,071	0,078	0,084
<b>Produção</b>			
- t/ ano <sup>1</sup>	15.454	16.850	18.281
- % a.a.	1,2	1,5	1,9
- kg / habitante / ano	0,071	0,078	0,084
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)	0	0	0
- Total (t/ ano)	24.100	24.100	24.100
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ / t de reservas adicionadas	191,95	191,95	191,95
-US\$ milhões	59,2	61,6	64,1
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	-	-	-
- US\$ milhões	0	0	0
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada (x 1.000)	680	1.050	1.440
- mão-de-obra total (x 1.000)	4.180	4.550	4.940

Fonte: Lima, 2009b.

#### 4.2.6.7. Mineração de Ouro (Araújo Neto, 2009)

O ouro tem aplicações importantes na confecção de joias e adornos, como ativo financeiro, e na indústria eletro-eletrônica.

No Brasil, as reservas lavráveis de ouro estão localizadas principalmente em Minas Gerais (48,8%), Pará (36,9%), Goiás (6%), Mato Grosso (3,6%) e Bahia (3%). Essas reservas, totalizando 1950t de ouro, são suficientes para manutenção dos níveis atuais de produção por dezenas de anos.

Nas décadas de 70 e 80, a produção brasileira de ouro atingiu 100t anuais, com grande contribuição do ouro extraído em garimpos. Desde então, a produção caiu. Mas, na última década, o Brasil estabilizou sua produção e reservas e, nos três últimos anos, a produção de ouro foi crescente. Em 2007 foram produzidas 49,6 toneladas de ouro, no valor de US\$1,35 bilhão. Embora a produção de ouro ocorra em quase todos os estados, as principais minas estão localizadas em Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pará e Mato Grosso. A produção de garimpos, em declínio, ocorre no Pará, Amazonas, Amapá e Roraima. As usinas de beneficiamento, com exceção da mina Chapada, em Goiás, produzem ouro em *bullion*<sup>3</sup>. A previsão é de que a produção brasileira de ouro atinja de 60 toneladas em 2015, e 75 toneladas em 2030.

Apesar de haver muitas empresas atuando nesse segmento da mineração, há um nível de concentração relativamente elevado, com as cinco maiores empresas contribuindo com mais da metade da produção. Poucas empresas são sociedades anônimas e poucas detêm certificação de gestão de qualidade e gestão ambiental. O parque produtivo tem investido pouco em inovações. Em muitos casos as instalações não são modernas ou muito eficientes.

Embora a mina de maior produção de ouro seja a céu aberto (Morro do Ouro, Minas Gerais), a lavra das minas ocorre predominantemente de forma subterrânea. Há 21 minas em atividade com produção acima de 100kg. Já nos garimpos, predomina a lavra a céu aberto. As maiores restrições à atividade garimpeira decorrem dos impactos ambientais dela decorrentes, especialmente na Região Amazônica, além de aspectos legais.

No período 1990-2007 a produção secundária de ouro foi estimada entre 10% e 20% do valor total da produção a cada ano. Espera-se que essa produção se mantenha nos próximos anos no nível de 10t anuais.

No cenário mundial, apesar da África do Sul deter as maiores reservas (40% do total mundial), sua produção teve queda acentuada. Por outro lado, a China, com cerca de 1.300 pequenas minas em operação, tornou-se o maior produtor mundial. Outros grandes produtores são os Estados Unidos e a Austrália. Os sete maiores produtores contribuem com 63% da produção total.

O preço do ouro é bastante afetado pela situação econômica mundial, especialmente em situações de crise. Nos últimos anos, o preço do ouro vem aumentando. Se, por um lado, a produção mundial de ouro tem diminuído, passando de 2.654t em 2001 para 2.444t em 2007, por outro lado sua demanda tem crescido com o aumento da compra de ouro em barras e na forma de joias, especialmente em países como a China, Índia, Rússia e Turquia. No Brasil, o preço médio de comercialização do ouro é de R\$50,00 por grama para a produção bruta, e de R\$150,00 por grama para a produção beneficiada.

A maior parte do ouro produzido no passado foi transferida para os tesouros nacionais ou bancos centrais. No entanto, a partir de 1950, as aquisições para usos industriais e investimentos individuais superaram as aquisições com finalidade monetária. Existem 35.000t de ouro imobilizadas por acordos entre países, o que corresponde a mais de um terço de todo o ouro que já foi extraído. O ouro continua constituindo parte importante das reservas internacionais.

O uso do ouro na indústria joalheira se deve, sobretudo, às suas características estéticas, grande resistência à corrosão e elevada capacidade de reserva de valor. Outras aplicações, como na indústria eletroeletrônica, resultam de suas propriedades, sendo um metal denso, dúctil, resistente à corrosão, bom condutor de calor e de eletricidade.

---

<sup>3</sup> Liga ou agregado, produzido nas fundições das minerações ou nos garimpos, contendo mais de 20% de ouro.

## Quadro 12. Sinopse da Mineração de Ouro

Grupo:	Metálicos	Mineral:	Ouro	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção (2007)</b>	49,613			<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	20.000 <sup>1</sup>
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	kg/ cooperador/ ano	
<b>Exportação (2007)</b>	36			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	50
<b>Consumo Aparente</b>				<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<sup>1</sup> 10.000 em minas, usinas e joalherias; 10.000 em garimpos.

Projeções para 2030 (Ouro)	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano			
- relação demanda / produção			
- % a.a.			
- kg / habitante / ano			
<b>Produção</b>			
- t/ ano		75	
- % a.a.		1,8	
- kg / habitante / ano			
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)		25	
- Total (t/ ano)		75	
<b>Investimento em reservas*</b>			
-US\$ / t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões		490	
<b>Investimento em produção*</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada			
- US\$ milhões		11.620	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada			
- mão-de-obra total		30.000	

\* As projeções dos investimentos previstos em aumento de reservas e em aumento de capacidade são baseadas na média dos investimentos realizados no triênio 2006-2008 (Araújo Neto, 2009, p. 26).

Fonte: Araújo Neto, 2009.

#### 4.2.6.8. Mineração de Tantalita (Lima, 2009d)<sup>4</sup>

Tantalita é o termo genérico que designa os minerais onde a relação tântalo/nióbio é pelo menos 1:1 de óxido contido. Na columbita, por outro lado, com predominância do nióbio, a razão nióbio/tântalo varia de 10:1 até 6:1. A tantalita ocorre fundamentalmente em pegmatitos, mas pode ser encontrada em zonas graníticas e em aluviões com cassiterita.

O tântalo é um elemento metálico com características de extraordinária resistência ao calor, alta capacitância elétrica e altíssima resistência à corrosão e à intrusão química. Trata-se de um elemento crítico para a indústria eletrônica. Seu uso principal é sob a forma de pó para a manufatura de capacitores. Sob a forma de metal, é empregado na manufatura de lâminas de turbinas a jato, peças de mísseis e reatores nucleares. O tântalo é passível de substituição por outros metais (materiais) em algumas aplicações, mas usualmente com perda de eficiência.

De acordo com o United States Geological Survey (USGS), os recursos globais identificados de tântalo, segundo o conceito de *reserve base*, alcançam 180.000t de tântalo. Esses recursos estão concentrados no Brasil (50%), na Austrália (47%) e no Canadá (3%). Em nível de reservas, o total estimado é reduzido para 130.000t e a participação do Brasil aumenta para 68%, seguido da Austrália (30%) e do Canadá (2%). Os maiores produtores mundiais são Austrália, Brasil, Moçambique, Canadá, China, Etiópia e Ruanda. A produção mundial de concentrado tem caído, passando de 1.800t (tântalo contido) em 2003 para 900t em 2007.

As reservas totais brasileiras de minérios de tântalo são estimadas em 88.000t. Aproximadamente 44% das reservas nacionais estão classificadas na categoria de reservas medidas. Os depósitos mais importantes estão localizados na mina de Pitinga, no Amazonas. Também existem reservas de minérios de tântalo em Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Paraíba e Rondônia. As mineralizações localizadas no Rio Grande do Norte e Paraíba são encontradas nos pegmatitos da Província Pegmatítica da Borborema, sendo explorados em garimpos desde a época da II Guerra Mundial.

A participação brasileira representa 14% da produção mundial e provém, em sua quase totalidade, da mina de Pitinga. Trata-se de uma operação a céu aberto voltada à extração e à concentração de cassiterita e columbita. Durante muitos anos, essa mina foi operada pela Mineração Taboca subsidiária do Grupo Paranapanema. Em setembro de 2008, a empresa peruana Minsur, por intermédio de subsidiária no Brasil (Serra da Madeira) adquiriu a Mineração Taboca. Em Pitinga são produzidos dois tipos de concentrado: cassiterita, com até 60% Sn contido; e columbita-tantalita, com 30% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Toda a produção de concentrado é destinada a produção da liga FeNbTa (ferro-nióbio-tântalo). A produção brasileira de concentrados em 2005 foi de 181.954kg de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contido, no valor de R\$5,2 milhões. Nesse ano, foram exportados 54.252kg. No Brasil, os principais segmentos consumidores de tântalo são a metalurgia dos não-ferrosos (98.22%) e a fabricação de óxidos (1.78%).

O tântalo não é comercializado em bolsa, o que dificulta o conhecimento seguro das cotações de preço. Embora seu mercado seja de natureza *spot*, com os preços estabelecidos em cada transação, são comuns as vendas através de contratos de longo prazo, com o preço firmado em US\$ por libra (lb) de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contido no concentrado com um mínimo de 60% de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Ao longo do período 1994-2008, a taxa média de crescimento anual da demanda de tântalo foi de 5% a.a. Para o período 2009-2014, as expectativas correntes indicam que a demanda de tântalo deverá aumentar ao ritmo de 6% a.a. Em função dos altos estoques, nos últimos anos os preços do tântalo não acompanharam os grandes aumentos de preços observados para os demais bens minerais. Todavia, os expressivos cortes verificados na produção da tantalita, combinados com a redução progressiva dos estoques, sugerem que mesmo uma modesta recuperação na demanda poderá causar desequilíbrio relevante no suprimento do mercado, com pressões sobre os preços, que, nesse cenário provável, apresentarão forte tendência de alta para os próximos anos.

---

<sup>4</sup> Não há elementos no Relatório Técnico 29 (Lima, 2009d) para preenchimento da Sinopse.

### **4.3. Não-Metálicos**

No conjunto de minerais não-metálicos existem situações bastante diversas. A produção de brita e areia para construção civil e de argilas para cerâmica vermelha, é realizada por grande número de pequenas e médias empresas, atendendo mercados regionais. A capacitação técnica e organizacional das empresas nem sempre é satisfatória. Na gipsita, a situação da mineração tem semelhanças com a descrita acima, embora na transformação haja inclusive a presença de empresas multinacionais. Nas rochas ornamentais, o Brasil tem participação relevante no cenário mundial, sendo grande exportador de rochas brutas e processadas. O futuro é incerto para a mineração de crisotila, dependendo de que decisão for tomada quanto à permissão de seu uso controlado. No titânio, a produção brasileira é feita em sua quase totalidade por apenas uma empresa, sendo a produção insuficiente para atender ao consumo interno. O Brasil é o grande produtor mundial de quartzo bruto, mas importador de produtos manufaturados de quartzo.

#### **4.3.1. Investimentos**

Os investimentos previstos em pesquisa mineral até 2030 variam entre US\$250,9 milhões e US\$271,8 milhões. Não foram feitas previsões para a brita e areia para construção civil, rochas ornamentais, crisotila e quartzo.

Os investimentos previstos em aumento de capacidade de produção variam entre US\$4,30 bilhões e US\$8,23 bilhões. Não houve previsão para brita e quartzo.

#### **4.3.2. Recursos humanos**

No caso da brita para construção civil, argila para construção civil, argilas para cerâmica vermelha, de modo geral a mão-de-obra tem baixa qualificação. Na maioria das vezes, ela é formada dentro da própria empresa, com a experiência sendo passada pelos funcionários mais velhos. A produção de quartzo provém de garimpos. A mineração de titânio e de crisotila é feita de acordo com alto padrão de qualidade e qualificação de pessoal. Para a gipsita e as rochas ornamentais, a situação depende do porte e grau de organização da empresa.

Para a brita e areia para construção civil, argilas para cerâmica vermelha, gipsita, crisotila e titânio, as previsões de colaboradores para 2030 variam entre 144.386 e 349.364. Não houve previsão para rochas ornamentais e quartzo.

#### **4.3.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)**

No caso das argilas para cerâmica vermelha, são baixos os investimentos em equipamentos, tecnologia e qualificação da mão-de-obra, componentes fundamentais para a obtenção de um produto de maior qualidade. A falta de profissionais especializados e o baixo padrão da tecnologia utilizada nas operações de lavra reduzem a competitividade do setor minero-cerâmico brasileiro frente aos países que lideram esse segmento no mundo. No entanto, o diferencial competitivo entre a mineração nacional e as similares internacionais não ocorre no rendimento das minas, mas, sobretudo, na qualidade das matérias-primas ofertadas.

Com relação à gipsita, a percepção dos empresários captada em diagnóstico dos gargalos das empresas do Polo Gesseiro do Araripe, realizado pelo SEBRAE em 2007, revela um alto grau de importância para o desenvolvimento de tecnologia (P&D, automação, desenho de processos, *know-how* e procedimentos) como fator de competitividade. O Centro Tecnológico do Gesso, inaugurado em 2006 no Polo Gesseiro do Araripe, sob os auspícios do governo de Pernambuco e de empresários, pode vir a ser um marco em

pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva do setor, enfocando o empreendedorismo, a inovação tecnológica e a educação profissional.

Quanto ao quartzo, a vantagem comparativa do Brasil possuir grandes reservas de quartzo é apenas parcialmente aproveitada, pois o País não dominou ainda o ciclo de capacitação tecnológica para manufaturar os produtos nas qualidades e purezas desejadas. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de silício metalúrgico, mas importa todo o silício de grau eletrônico que consome. Produz-se monocristal de silício, mas se mantém a partir da importação de silício de grau eletrônico. Produz-se fibra óptica, mas importa-se o tubo de quartzo fundido de grau óptico.

Recentemente, o CETEM e a Vale estiveram envolvidos em projetos de pesquisa visando à obtenção de pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo. No caso do CETEM, os estudos conduzidos, em escala de bancada, permitiram obter um produto com especificações próximas das requeridas para bulbo de lâmpada. Quanto à Vale, os estudos desenvolvidos permitiram obter um produto de alta pureza, visando à obtenção de fundidos de quartzo, para a manufatura de: cadinhos, tubos para fibras ópticas, lâmpadas halógenas. A idéia de se produzir no País pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo, visando a competir com os produtos da UNIMIM, universalmente utilizados pelos fabricantes de quartzo fundido, até o momento não foi viabilizada comercialmente.

#### **4.3.4. Bens de capital**

A perspectiva para o segmento de rochas ornamentais é de continuação do crescimento acentuado da produção de rochas brutas. No entanto, não se espera que o mesmo aconteça no caso do beneficiamento e acabamento, prejudicando a perspectiva de crescimento da indústria nacional fabricante de máquinas e equipamentos para essas finalidades.

#### **4.3.5. Incentivos**

Não foram identificados incentivos específicos para esse segmento da mineração. Programas de qualificação de pessoal foram considerados de grande importância para vários bens minerais incluídos neste conjunto.

#### 4.3.6. Síntese

##### 4.3.6.1. Brita para construção civil (Quaresma, 2009e)

Agregados (brita e areia) são as substâncias minerais mais consumidas no mundo. Em termos de consumo, é mais prático falar genericamente em agregado do que separar brita e areia. Rochas para britagem são facilmente encontradas na natureza, sendo consideradas recursos minerais abundantes. Tratando-se de um material de baixo custo unitário de produção, o custo do transporte é um componente importante do preço para o consumidor, e definidor do limite a partir do qual haverá outra fonte de suprimento mais bem localizada. Portanto, a distância do centro consumidor pode tornar antieconômica boa parte dos recursos minerais disponíveis na natureza.

Além disso, muitas vezes, mesmo havendo o recurso mineral disponível em localização vantajosa, ele não pode ser extraído devido a outras restrições à sua exploração. Além das restrições ambientais, leis de zoneamento municipais restritivas também podem impedir o aproveitamento dos recursos existentes. Mesmo que não haja zoneamento municipal restritivo à mineração, a própria expansão urbana pode tornar o acesso a esses recursos minerais inviável. Muitas empresas têm como política adquirir propriedades em torno da pedreira para segregá-la, evitando que construções ou atividades incompatíveis com a extração mineral se instalem muito próximas.

A abundância dos recursos e a importância dos custos de transporte favorecem a formação de mercados locais e a existência de grande número de empresas na atividade. O número de empresas que produzem pedra britada é da ordem de 600, a maioria de controle familiar. Estas empresas geram cerca de 20 mil empregos diretos e mais de 100 mil indiretos. De modo geral, a mão-de-obra tem qualificação baixa.

Apesar da abundância dos recursos e do grande número de empresas existentes, a tendência na produção de brita é de aumento no grau de concentração, principalmente nos maiores centros consumidores, com alguns grupos ligados à indústria do cimento e a empreiteiros de obras adquirindo empresas produtoras de brita. Os produtores individuais de brita subsistem em centros menores. Muitas pedreiras estão terceirizando parte das operações de lavra e algumas terceirizam tudo, exceto a britagem. Nas operações de desmonte por explosivos, devido à obrigação de se ater a limites rígidos de vibrações e deslocamento de ar, além da proibição de ultralancamento, a maioria das pedreiras deixa ao encargo de empresas especializadas ou mesmo fornecedores de explosivos a função de fazer o desmonte primário.

Pedreiras para produção de pedra britada costumam ter vida bastante longa. São comuns casos em que elas estejam em produção há mais de 30 anos. Sua localização próxima às cidades é um fator positivo quanto aos custos de transporte, mas aumenta a possibilidade de surgimento de outras restrições, como acima mencionado. No Brasil, cerca de 90% da brita produzida vêm de granito/gnaiss, 10% de calcário/dolomito e 5% de basalto/diabásio. Para um universo de 648 lavras, somente no Acre não consta lavra de rocha para brita com produção de *run-of-mine* acima de 10.000 toneladas por ano.

A mineração de rocha para brita não traz graves danos ambientais, se comparada com a extração de minerais metálicos. O problema mais notório é o paisagístico, acentuado porque as pedreiras tendem a estar situadas próximas aos centros urbanos.

A produção brasileira de brita em 2007 foi estimada em 173 milhões de toneladas, e a de 2008 em 186 milhões de toneladas. A estimativa para 2009 levou em conta a produção da Grande São Paulo, prevendo-se um aumento de 7%, o que levaria a produção para 199 milhões de toneladas. Comparativamente aos países da Europa Ocidental e da América do Norte, a produtividade das empresas brasileiras ainda é muito baixa.

A brita produzida é usada principalmente por concreteiras (32%), construtoras (24%) e na obtenção de pré-fabricados (14%). Na projeção para 2030, prevê-se que o consumo atinja 321 milhões de toneladas no “cenário frágil”, 507 milhões de toneladas no “cenário vigoroso” e 783 milhões de toneladas no “cenário inovador”. Na projeção da produção para

2030, prevê-se que a produção estaria em 324 milhões de toneladas, 511 milhões de toneladas e 789 milhões de toneladas para os mesmos cenários.

O preço da brita depende muito do mercado da construção e de obras públicas em andamento. Durante muitos anos, a produção de brita ficou estagnada e os preços praticados mal davam para cobrir os custos de produção.

**Quadro 13. Sinopse da Mineração de Brita**

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Brita	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>10<sup>6</sup> t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	173	2,6 s/1975	922kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	20.000
<b>Importação</b>	-			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	8.650
<b>Exportação</b>	-			<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	200
<b>Consumo</b>	156,2	3,1 s/1975	832	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	-

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	321,73	507,68	783,50
- relação demanda / produção	0,99	0,99	0,99
- % a.a.	2,3	4,6	6,9
- t / habitante / ano	3,9	6,1	9,5
<b>Produção</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	324	511	789
- % a.a.	2,3	4,6	6,9
- t / habitante / ano	1,5	2,4	3,6
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (10 <sup>6</sup> t/ ano)			
- Total (10 <sup>6</sup> t/ ano)			
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$/ t de reservas adicionadas	-	-	-
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$/ unidade de capacidade adicionada	-	-	-
- US\$ milhões	-	-	-
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	8.650	8.650	8.650
- mão-de-obra adicionada	17.000	39.000	71.000
- mão-de-obra total	37.000	59.000	91.000

Fonte: Quaresma, 2009e.

#### 4.3.6.2. Areia para construção civil (Quaresma, 2009d)

A denominação areia abrange um amplo conjunto de materiais granulares, constituídos principalmente de quartzo, e com diferentes especificações e usos. A produção de areia é um setor básico na cadeia da indústria da construção civil, tendo faturamento importante e gerando muitos empregos. A atividade econômica de produção de areia caracteriza-se por grandes volumes produzidos. O custo do transporte responde por cerca de 2/3 do preço final dos produtos, o que impõe a conveniência de produzi-la o mais próximo possível do mercado, que são os aglomerados urbanos.

Os recursos minerais de areia são abundantes. No entanto, regionalmente podem não ocorrer recursos minerais suficientes para atender à demanda regional, e a região precisar de areia produzida noutros locais. Isso ocorre nas duas regiões metropolitanas mais importantes do País, Rio de Janeiro e São Paulo.

A areia é extraída de leito de rios, várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos. No Brasil, 70% da areia são produzidos em leito de rios. No Estado de São Paulo, a relação é diferente: 45% da areia produzida são provenientes de várzeas, 35% de leito de rios, e o restante de outras fontes.

A extração de areia costuma ocupar muita área, quando é feita fora dos cursos de água, pois normalmente o depósito sedimentar não é muito espesso. Por ocupar muita área, há muita oposição à sua instalação e à liberação de novas áreas. A mineração de areia tem significativa interferência com Áreas de Proteção Permanentes (APP).

As restrições ambientais à utilização de várzeas e leitos de rios para extração de areia criam sérios problemas para as lavras em operação. Em conseqüência, novas áreas de extração estão cada vez mais distantes dos locais de consumo, encarecendo o preço final dos produtos.

Muitos municípios passam leis impedindo a extração de areia em seus municípios. Estados como o Ceará e Espírito Santo impõem severas restrições quanto ao aproveitamento da areia das dunas. Muitos recursos já foram esterilizados devido à urbanização.

Minerações de areia para construção civil estão presentes em todos os estados. Existem cerca de 2.000 lavras de areia. O setor produtor de areia para construção gera cerca de 50 mil empregos diretos e 150 mil indiretos, sendo formado principalmente por empresas de pequeno porte, na grande maioria empresas familiares. De modo geral, a mão-de-obra tem qualificação baixa. Na maioria das vezes, ela é formada dentro da própria empresa, com a experiência sendo passada pelos funcionários mais velhos.

No levantamento "Universo da Mineração Brasileira", de 2007, feito com base nos Relatórios Anuais de Lavra, somente no Estado de Roraima não consta lavra de areia com produção de *run-of-mine* acima de 10.000 toneladas por ano. Este levantamento listou 742 lavras. O número de empresas que produzem areia é da ordem de 2.000, segundo a ANEPAC.

Os preços de areia variam de estado para estado e mesmo de região para região dentro do estado. O preço posto na obra na Região Metropolitana de São Paulo chega a R\$ 60/m<sup>3</sup>, superando até o preço da brita, já que a maior parte da areia vem de locais a mais de 100 quilômetros de distância e o transporte duplica o preço final.

Para estimativa do consumo histórico da areia, a correlação foi feita com o consumo do cimento. Em 2005, foram 223 milhões de toneladas; em 2006, 244 milhões; em 2007, 268 milhões. Para 2008, estimou-se um consumo de 301 milhões de toneladas de areia.

Na projeção para 2030, prevê-se que o consumo atinja 524 milhões de toneladas no Cenário Frágil, 827 milhões de toneladas no Cenário Vigoroso e 1.276 milhões de toneladas no Cenário Inovador.

Na projeção da produção para 2030, prevê-se que a produção de areia estaria em 545 milhões de toneladas, 827 milhões de toneladas e 1.328 milhões de toneladas para os mesmos cenários.

Os recursos minerais para a produção de areia são abundantes. Entretanto, se não forem adequadamente protegidos, serão esterilizados pela urbanização e por outras restrições. Há necessidade de ordenamento territorial, isto é, zoneamentos que protejam

também recursos minerais como areia, argila e rocha. A situação legal dos empreendimentos também deve ser preservada.

**Quadro 14. Sinopse da Mineração de Areia para Construção Civil**

<b>Grupo:</b>	Não Metálicos	Mineral:	Areia	<b>Indicadores de Comportamento Atual</b>		
<b>Indicadores 2997</b>	<b>10<sup>6</sup>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	279	3,4 s/1975	1,5t	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	50.000
<b>Importação</b>	-			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	5.580
<b>Exportação</b>	-			<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	280
<b>Consumo</b>	268	3,2 s/1975	1,4t	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	2,6 a 3,6

<b>Projeções para 2030</b>	<b>Cenário Frágil</b>	<b>Cen. Vigoroso</b>	<b>Cen. Inovador</b>
<b>Demanda</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	524	827	1.276
- relação demanda / produção	0,96	1,0	0,96
- % a.a.	2,3	4,6	6,9
- t / habitante / ano	2,4	3,8	5,9
<b>Produção</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	545	827	1.328
- % a.a.	2,3	4,6	6,9
- t / habitante / ano	2,5	3,8	6,1
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (10 <sup>6</sup> t/ ano)	270	550	1.150
- Total (10 <sup>6</sup> t/ ano)	550	830	1.330
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ / t de reservas adicionadas	-	-	-
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	3	3	3
- US\$ milhões	810	1.650	3.505
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	5.580	5.580	5.580
- mão-de-obra adicionada	48.000	98.000	188.000
- mão-de-obra total	98.000	148.000	238.000

Fonte: Quaresma, 2009d.

#### **4.3.6.3. Argilas para cerâmica vermelha (Coelho, 2009e)**

A mineração de argilas para cerâmica vermelha está vinculada à sua transformação em produtos cerâmicos. São materiais de baixo valor unitário, produzidos em minerações cativas que abastecem as próprias cerâmicas ou são vendidos em mercados locais. O segmento é composto por um grande número de unidades produtoras, distribuídas em todos os estados brasileiros, muitas vezes atuando de maneira informal. São baixos os investimentos em equipamentos, tecnologia e qualificação da mão-de-obra, componentes fundamentais para a obtenção de um produto de maior qualidade. Dados oficiais indicam a existência de 417 minas de argila em operação no território nacional, com produção variando de 1.000 a 20.000 t/mês. Estima-se que esse número de minas seja acrescido em 30% a 70% se forem consideradas as operações informais.

O segmento de cerâmica vermelha, ao qual essas argilas se destinam, é formado por aproximadamente por 5.500 estabelecimentos fabris, na sua grande maioria micro e pequenas empresas, algumas médias, geralmente de estrutura familiar, que produzem anualmente cerca de 30 bilhões de peças cerâmicas e faturam em torno de R\$6 bilhões. Para reduzir os custos de transporte, existe a tendência para a concentração geográfica das cerâmicas em locais próximos às áreas de produção da matéria-prima. O desenvolvimento desse segmento está intimamente atrelado à indústria da construção civil.

A produção de cerâmica vermelha consome grande quantidade de argilas. Pela produção estimada de peças cerâmicas em 2007, avalia-se que o consumo foi de aproximadamente 167 milhões de toneladas de argilas comuns, englobando argilas quaternárias e argilas de bacias sedimentares. Para 2030, considerando os vários cenários de crescimento do País, estima-se um consumo de argila variando de 304 a 740 milhões de toneladas.

As reservas medidas de argilas para cerâmica vermelha eram estimadas em 3,7 bilhões de toneladas em 2005, sendo mais de 70% delas localizadas em São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. Apesar da existência de grandes depósitos, seu aproveitamento econômico está condicionado a alguns fatores, como distância jazida-fábrica. Além disso, restrições ambientais e outras formas de uso e ocupação do solo vêm reduzindo as áreas disponíveis para extração de argilas comuns, podendo colocar em risco o abastecimento futuro, principalmente em regiões mais densamente ocupadas. Para atender às projeções da produção até 2030 será necessária a adição de reservas entre 1,5 a 4,5 bilhões de toneladas. Os investimentos necessários para a reposição das reservas são estimados entre R\$21 milhões e R\$44,4 milhões.

Constatam-se, na maioria das minerações de argilas, deficiências com relação à sua condução técnica e gerencial. Faltam profissionais qualificados para a condução das atividades extrativas, bem como caracterização e controle das matérias-primas. A falta de profissionais especializados e o baixo padrão da tecnologia utilizada nas operações de lavra reduzem a competitividade do setor minero-cerâmico brasileiro frente aos países que lideram esse segmento no mundo. No entanto, o diferencial competitivo entre a mineração nacional e as similares internacionais não ocorre no rendimento das minas, mas, sobretudo, na qualidade das matérias-primas ofertadas. Faltam homogeneidade e constância das especificações nas argilas produzidas no País, propriedades fundamentais para os ganhos de produtividade da manufatura cerâmica.

A mineração de argilas, por ser praticada em empreendimentos de pequeno porte e envolver basicamente processos de remoção de materiais sólidos, provoca, de forma geral, impactos ambientais restritos. No entanto, parcela importante das minerações ainda carece de práticas mais adequadas de controle e recuperação ambiental.

Programas de certificação de gestão de qualidade e de gestão ambiental são inexistentes. Também investimentos em P,D&I são insignificantes. Um avanço tecnológico importante seria a implantação de unidades mineradoras e centrais de massa para atendimento de um conjunto de ceramistas. Existe, no Brasil, disponibilidade de fornecimento dos bens de capital (máquinas e equipamentos) e dos serviços (P&D, engenharia e consultoria) necessários ao atendimento desse segmento da mineração.

O desenvolvimento da mineração de argilas para cerâmica vermelha requer medidas como: melhoria do conhecimento geológico dos depósitos; ordenamento territorial; formalização das atividades; implantação de centrais de massa e de laboratórios de caracterização; incentivo ao associativismo; e capacitação de mão-de-obra.

**Quadro 15. Sinopse da Mineração de Argilas para Cerâmica Vermelha**

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Argila	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores</b>	<b>10<sup>6</sup>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção (2007)</b>	168	4,8 s/2005	895kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	3.500 a 4.000
<b>Importação</b>	-			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	45.000
<b>Exportação (2007)</b>	-			<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	188
<b>Consumo</b>	168	4,8 s/2008	865kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	2,73*

\* Todos os valores monetários desta sinopse, originalmente dados em reais no RT-32, estão transformados em dólar pela cotação média de 2008 (US\$1=R\$1,83).

Projeções para 2030 (Argilas para Cerâmica Vermelha)	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	304	479	740
- relação demanda / produção	1	1	1
- % a.a.	2,3	4,6	6,9
- t / habitante / ano	1,4	2,2	3,4
<b>Produção</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	304	479	740
- % a.a.	2,3	4,6	6,9
- t / habitante / ano	1,4	2,2	3,4
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (10 <sup>6</sup> t/ ano)	117	292	552
- Total (10 <sup>6</sup> t/ ano)	305	480	740
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ / t de reservas adicionadas	0,011	0,011	0,011
-US\$ milhões	11,4	18,6	24,3
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	2,73	2,73	2,73
- US\$ milhões	320	798	1.507
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	45.000	45.000	45.000
- mão-de-obra adicionada	2.000	6.000	12.000
- mão-de-obra total	6.000	10.000	16.000

Fonte: Coelho, 2009e.

#### 4.3.6.4. Rochas ornamentais e de revestimento (Chiodi e Chiodi, 2009)

As rochas ornamentais e de revestimento compreendem os materiais geológicos naturais que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados e beneficiados. Do ponto de vista comercial, são basicamente denominadas granitos (rochas silicáticas) e mármore (rochas carbonáticas). Outros tipos litológicos importantes são os quartzitos, serpentinitos, travertinos e ardósias. Como consequência dos atributos estéticos e vantagens funcionais diferenciados, cada rocha tem sua avaliação própria, não se enquadrando no conceito de *commodity*.

O segmento de rochas ornamentais tem tido evolução acentuada. A produção mundial passou de 1,8 milhões de toneladas anuais na década de 20 para cerca de 100 milhões de toneladas anuais atualmente. A previsão é de que, em 2025, a produção mundial ultrapasse 400 milhões de toneladas anuais.

No segmento de rochas ornamentais, destaca-se a participação da China. Em 2007, ela teve a maior produção mundial (26,5 milhões de toneladas), foi a maior importadora mundial (praticamente só de rochas brutas), contribuiu com 25% do volume das exportações mundiais. Sua participação no mercado internacional de rochas processadas se aproxima dos 50%. Os principais fornecedores de granitos brutas para a China são o Brasil e a Índia.

Em 2007, a Índia foi o segundo maior produtor mundial, com 13 milhões de toneladas, seguida pelo Brasil, Turquia e Itália, todos com produção próxima de 8 milhões de toneladas. Nesse ano, o Brasil foi o segundo maior exportador de rochas silicáticas brutas; o quinto maior exportador de rochas processadas especiais<sup>5</sup>; o segundo maior exportador de produtos de ardósia; e o sétimo maior exportador de rochas processadas simples.

A produção brasileira foi estimada em 7,8 milhões de toneladas em 2008, esperando-se redução para 7,3 milhões de toneladas em 2009. Essa produção é proveniente de cerca de 1.500 frentes ativas de lavra, das quais se obtém cerca de 1.000 variedades comerciais de rochas. As rochas classificadas comercialmente como granitos correspondem a quase 50% do total produzido. Espírito Santo (mármore e granitos) e Minas Gerais (granitos, ardósias, quartzitos, dentre outros) são os principais polos de lavra no Brasil. O segmento de rochas ornamentais é essencialmente formado por micro e pequenas empresas, com nível de informalidade relativamente elevado.

As exportações brasileiras de rochas ornamentais tiveram bom desenvolvimento e superaram expectativas durante toda a década de 90 e até 2006, quando superaram os valores de US\$1 bilhão e 2,5 milhões de toneladas. Desde 2007 tem havido queda na quantidade e valor das exportações brasileiras, prevendo-se a manutenção dessa situação em 2010. A partir de 1999, a receita obtida com as exportações de rochas processadas superou a receita obtida com as exportações de rochas brutas. Os principais destinos das exportações são a China e os Estados Unidos, havendo uma concentração exagerada nas exportações realizadas para esses países. A quase totalidade das exportações para a China é de rochas brutas, enquanto para os Estados Unidos as exportações são quase totalmente de rochas processadas. A inadimplência no pagamento das exportações de rochas para os Estados Unidos tem sido um problema para os produtores brasileiros.

Os preços chineses são, de maneira geral, declinantes e cada vez mais defasados dos preços praticados por outros grandes fornecedores mundiais. Quer seja ou não um processo de *dumping*, o fato é que os preços chineses traduzem uma vantagem competitiva impraticável por outros países no setor de rochas ornamentais. O produto chinês é até três vezes mais barato que o mesmo produto brasileiro, independentemente do tipo de rocha e sua procedência. Ocorre a mesma situação com os produtos de granitos brasileiros beneficiados na China frente aos produtos de granito brasileiro beneficiados no Brasil.

A atuação da China no mercado internacional dificulta a expansão das exportações brasileiras de rochas processadas. No caso de rochas brutas, a excepcional geodiversidade continuará sendo a grande vantagem competitiva do Brasil. Isso significa uma ampliação mais acentuada das demandas relativas à lavra de rochas ornamentais, tanto as relativas a

---

<sup>5</sup> São denominadas rochas processadas especiais aquelas que recebem algum tipo de tratamento de superfície.

bens de capital como a infraestrutura rodoviária e portuária para blocos. Não se espera que o mesmo aconteça no caso do beneficiamento e acabamento, prejudicando a perspectiva de crescimento da indústria nacional fabricante de máquinas e equipamentos para essas finalidades.

O mercado interno pode tornar-se uma boa alternativa ao mercado externo, como base para manutenção do parque de beneficiamento e acabamento, que é mais ou menos expressivo na Região Sudeste e também presente na região Nordeste do Brasil.

### Quadro 16. Sinopse da Mineração de Rochas Ornamentais e de Revestimento

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Rochas ornamentais	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>1.000t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção<sup>1</sup></b>	7.970			<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	-
<b>Importação<sup>2</sup></b>	128,1			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	
<b>Exportação<sup>2</sup></b>	3.578,36			<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	8.000
<b>Consumo Interno<sup>2</sup></b>	4.519,74 <sup>3</sup>		24kg <sup>4</sup>	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<sup>1</sup> Produção de rochas brutas

<sup>2</sup> Soma dos valores referentes às rochas brutas e às processadas. As rochas processadas estão expressas em termos de rocha bruta equivalente, considerando a geração de um rejeito de processamento de 45% da rocha bruta (RT-33, p. 37).

<sup>3</sup> Correspondendo a 2.485,86 mil toneladas de rochas processadas.

<sup>4</sup> Correspondendo a 13,4kg de rochas processadas.

Projeções para 2030	
<b>Demanda</b>	
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	14,9
- relação demanda / produção	0,57
- % a.a.	5,3
- kg / habitante / ano	69
<b>Produção</b>	
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	25,95
- % a.a.	5,3
- t / habitante / ano	120
<b>Capacidade Instalada</b>	
- Adicionada (10 <sup>6</sup> t/ ano)	18
- Total (10 <sup>6</sup> t/ ano)	26
<b>Investimento em reservas</b>	
-US\$ / t de reservas adicionadas	-
-US\$ milhões	-
<b>Investimento em produção</b>	
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	28 <sup>1</sup>
- US\$ milhões	1.000 <sup>2</sup>
<b>Mão-de-obra</b>	
- t / cooperador/ ano	
- mão-de-obra adicionada	
- mão-de-obra total	

<sup>1</sup> Na lavra.

<sup>2</sup> Investimentos em lavra (US\$500 milhões) e beneficiamento primário (US\$500 milhões).

Fonte: Chiodi e Chiodi, 2009.

#### 4.3.6.5. Gipsita (Bezerra, 2009)

A importância da gipsita resulta de sua transformação a jusante, principalmente na cadeia da construção civil, em produtos como o cimento e os manufaturados do gesso. Ela também se insere na cadeia do agronegócio, por suas características de condicionador e fertilizante de solos.

O Brasil detém reservas significativas de gipsita, localizadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste. Embora existam jazidas de gipsita em nove estados, as que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico (relação estéril/minério e infraestrutura) estão contidas na Bacia Sedimentar do Araripe, na divisa de Pernambuco, Ceará e Piauí. Nesse ambiente geológico, onde o mineral ocorre sob a forma de horizonte descontínuo, atingindo em alguns locais cerca de 30m de espessura, a mineração teve início na década de 60.

O Pará, a Bahia e Pernambuco acumulam 96,9% do somatório das reservas medida e indicada. A produção de gipsita é obtida principalmente em Pernambuco, Ceará, Maranhão e Tocantins, sendo dominante a produção de Pernambuco, com 89,2% do total. Essa produção destina-se, basicamente, ao atendimento do mercado interno, na produção de gesso para construção civil (52%), na fabricação de cimento (37%) e na agricultura (12%).

Incentivadas pelo interesse da indústria cimenteira em garantir o suprimento de suas fábricas com uma matéria-prima essencial no processo de obtenção do cimento, diversos grupos regionais estabeleceram empresas de mineração e passaram a atuar, inicialmente como fornecedoras de minério e posteriormente integrando também o beneficiamento e a produção de gesso.

Operam, na mineração de gipsita, trinta e nove empresas que lavram e/ou beneficiam o minério, algumas delas integradas com a calcinação para produção de gesso. A maioria das empresas de mineração é controlada por capital nacional. No entanto, na indústria do gesso acartonado existe forte participação de multinacionais que estão se fixando no País.

As estatísticas oficiais registram uma produção atual em torno de 2 milhões de toneladas anuais, e as projeções de consumo até o ano 2030 indicam a necessidade de pelo menos a duplicação das quantidades produzidas atualmente para que sejam atendidos os valores projetados. A necessidade de investimento para repor novas reservas e para expandir a produção para os níveis de consumo projetados atinge cerca de R\$ 4,2 bilhões até o ano 2030.

Em Pernambuco, o chamado Polo Gesseiro do Araripe constitui um arranjo produtivo local de base mineral. Esse arranjo envolve, além de 29 mineradoras, 152 unidades de calcinação que transformam a gipsita em hemidrato de cálcio (o gesso), e mais 443 unidades de pré-moldados, preparadoras de artefatos de gesso. No ano de 2006 foi implantado, no município de Araripina, PE, o Centro Tecnológico do Gesso, com apoio de parceria entre os governos federal, estadual e municipal, SEBRAE, SENAI e APEX. O objetivo se volta para formação profissional, inovação tecnológica e empreendedorismo.

Os preços da gipsita na boca da mina (2009) dependem de sua qualidade, sendo considerados três tipos de produto: tipo A (para gesso alfa), tipo B (para construção civil) e tipo C (para fabricação de cimento e uso na agricultura). Os preços variam entre R\$23,00/t e R\$16,50, sendo R\$18,00 o preço médio.

O segmento da gipsita demonstra capacidade de uso de novas tecnologias e inovação de processos, tanto na lavra e no beneficiamento da gipsita como na sua calcinação. A incidência de certificação na série 9001 ocorre em duas empresas.

O principal problema ambiental na mineração de gipsita resulta da remoção do capeamento, cujo aproveitamento ainda foi não viabilizado. A calcinação do gesso, quando feita no Semiárido, acarreta devastação da vegetação para uso como lenha, gerando um passivo que precisa ser superado. Atualmente, a quase totalidade das fábricas de cimento das regiões Sul e Sudeste utilizam, como substituto da gipsita, o fosfogesso gerado como subproduto no processo de obtenção do ácido fosfórico nas indústrias de fertilizantes

fosfatados, diminuindo dessa forma os problemas ambientais resultantes de sua acumulação.

No cenário internacional, os Estados Unidos, a Espanha e o Irã são os principais produtores. O comércio internacional da gipsita é relativamente pequeno, representando menos de 20 % da produção mundial. Destacam-se, especificamente, dois grandes exportadores, a Espanha e o Canadá. A Espanha exportou, em 2005, mais de 3,2 milhões de toneladas, sendo que mais de 1 milhão de toneladas para o mercado americano, e o Canadá exportou, em 2003, mais de 5 milhões de toneladas de gipsita também para o mercado americano.

### Quadro 17. Sinopse da Mineração de Gipsita

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Gipsita	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2007	1.000t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	1.923	10,2 s/2005	10	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	559
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	2.665
<b>Exportação</b>				<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	2,5
<b>Consumo</b>	1.923	10,2 s/2005	10	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	31,21

\* Todos os valores monetários desta sinopse, originalmente dados em reais no RT-32, estão transformados em dólar pela cotação média de 2008 (US\$1=R\$1,83).

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	3.245.129	5.176.177	8.172.888
- relação demanda / produção	1	1	1
- % a.a.	2,3	4,6	6,9
- kg / habitante / ano	15	24	38
<b>Produção</b>			
- t/ ano	3.245.129	5.176.177	8.172.888
- % a.a.	2,3	4,6	6,9
- t / habitante / ano	15	24	38
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)			
- Total (t/ ano)			
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas		3,65	
-US\$ mil		234	
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada		31,21	
- US\$ bilhões		2	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada		986	
- mão-de-obra total		1.545	

Fonte: Bezerra, 2009.

#### 4.3.6.6. Crisotila (Szelwar e Scalabrin, 2009a)

O crisotila é uma fibra mineral da família do serpentinito. As fibras minerais, embora cada qual apresente características químicas e mineralógicas distintas, têm sido designadas genericamente como amianto ou asbestos. O crisotila apresenta características técnicas úteis para uso industrial em produtos diversos, entre as quais: a resistência à tração, propriedades térmicas, resistência a agentes químicos e grande superfície específica. Fibras dessa substância mineral são utilizadas na fabricação de mais de 3.000 produtos.

O principal uso do crisotila atualmente é na manufatura de produtos de fibrocimento, usados na construção civil. O setor de fibrocimento responde por mais de 90% do consumo mundial de fibras de crisotila. Outro segmento importante de utilização do crisotila é na indústria automobilística, onde é utilizado em pastilhas e lonas de freios, e em discos de embreagem.

A partir da década de 70, registros de doenças e óbitos de pessoas expostas ao amianto, bem como estudos científicos na área médica relacionados aos seus efeitos sobre a saúde, passaram a ser divulgados com maior intensidade. A partir destas constatações, teve início um movimento de pressão social contra empresas, mobilização de trabalhadores, sindicatos e organizações sociais pela regulamentação da exploração e uso controlado do amianto e mesmo por sua proibição.

O Brasil dispõe de legislação de uso controlado de amianto (Lei Federal nº 9055/95), que é referência para a manufatura e uso de qualquer tipo de produto que possa oferecer algum risco aos trabalhadores. Apesar de ter atingido um nível avançado quanto à legislação e ao controle de aplicações, continuam as pressões contra a utilização do amianto. Cabe ao Supremo Tribunal Federal (STF) decidir sobre a constitucionalidade de legislação estadual impeditiva do uso do amianto no estado de São Paulo (Lei 12.684/2007).

Como essa situação se repete em praticamente em todo o mundo, o mercado de exportação é afetado, com a queda de preços e redução da rentabilidade. É difícil traçar cenários futuros, principalmente por serem dependentes de posicionamento de tribunais e da força e recursos disponíveis pela concorrência. No entanto, é possível antever três cenários para o crisotila e sua cadeia produtiva no Brasil. Estes cenários podem ocorrer a partir da definição do STF quanto à constitucionalidade da lei estadual acima referida: (1) uso controlado do crisotila; (2) indefinição quanto ao uso do crisotila; (3) proibição do uso do crisotila no País.

A mina de Cana Brava, localizada em Minaçu, Goiás, é a única produtora de crisotila em operação no País. A produção em Cana Brava é limpa, suas instalações e gestão do uso controlado são modelo para outros produtores internacionais. Ela tem por concessionária a SAMA SA Minerações Associadas. A produção de crisotila em Cana Brava experimenta um crescimento contínuo desde 1998. Esse aumento foi interrompido em 2004 e 2005, e retomado em 2006 com o crescimento da produção destinado a atender tanto à demanda interna como externa. Em 2009, prevê-se que a produção ultrapasse 290 mil tpa, repetindo os números de 2008. O nível de ocupação da capacidade da usina é superior a 90%. A capacidade instalada atual permite a produção de 295.000 tpa.

As fibras de maior comprimento são mais raras e, em consequência, têm preços mais elevados. O crisotila pode ser considerado uma especialidade, variando suas especificações em função da origem e da forma como é aplicado no processo de industrialização. Outro aspecto a considerar é o cuidado que os produtores devem ter com níveis de preço que estimulem o uso de outros materiais, sistemas construtivos ou mesmo fibras alternativas. O preço do crisotila importado e os impostos também influenciam a fixação de preço no mercado nacional.

O preço médio tem sido declinante nos últimos anos. Em 2007 e 2008 houve uma recuperação, principalmente para os tipos de fibras mais curtas. A política comercial adotada pela SAMA tem sido no sentido de estabelecer preços acima de US\$500/t.

Os preços no mercado internacional, em dólares constantes e referidos a 2008, apresentam declínio a partir de 1999, fortemente acentuado a partir de 2000 até 2002, mas

com sinais de recuperação nos últimos três anos. A média do preço das importações para o mercado brasileiro teve queda considerável nos últimos dez anos, considerando valores de dólar de 2008, e mostra tendência a se estabilizar entre US\$400 e US\$500 por tonelada.

As vendas para o mercado externo têm participação importante no faturamento da SAMA, de praticamente 50%. A rentabilidade das vendas para o mercado externo é bastante afetada pelo alto custo da logística entre a mina e porto de embarque, e pelas despesas portuárias.

O consumo mundial atingiu seu valor mais alto em 1975, declinando desde então. No Brasil, a produção de crisotila no início do século XXI se iguala aos valores da década de 60. Cinco países (Rússia, China, Canadá, Brasil e Cazaquistão) contribuem com 95% da produção mundial. O consumo de amianto está concentrado em países da Ásia e do Oriente Médio, na Rússia e no Cazaquistão, e em países da América do Sul. O Brasil importa amianto do Canadá e da Rússia.

### Quadro 18. Sinopse da Mineração de Crisotila

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Crisotila	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	254.210	2,8 s/2000	1,4kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores <sup>1</sup>	569
<b>Importação</b>	35.417	-	-	<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	500
<b>Exportação</b>	167.311	-	-	<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>3</sup> t/ ano	295
<b>Consumo</b>	122.316	-0,6 s/2000	0,70kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	1.500

<sup>1</sup> Em 2008. Havia mais 369 terceirizados.

Projeções para 2030 (Crisotila) <sup>1</sup>	Cenário Frágil	Gen. Vigoroso	Gen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	314.582	481.561	794.151
- relação demanda / produção	0,70	1,07	1,76
- % a.a.		6,1	
- kg / habitante / ano	1,45	2,22	3,67
<b>Produção</b>			
- t/ ano	450.000	450.000	450.000
- % a.a.		2,5	
- t / habitante / ano	2,01	2,01	2,01
<b>Capacidade Instalada<sup>2</sup></b>			
- Adicionada (t/ ano)		155.000	
- Total (t/ ano)		450.000	
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões			
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada		US\$182/t (expansão); US\$1.500/t (nova capacidade)	
- US\$ milhões		160	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano		-	
- mão-de-obra adicionada <sup>3</sup>		617 (1.317 incluindo os terceirizados)	
- mão-de-obra total		1.186	

<sup>1</sup> Supondo que será permitido o uso controlado do crisotila. Para o cenário de indefinição quanto ao uso do crisotila, os valores projetados são reduzidos em 50%. Caso haja proibição, os valores serão nulos.

<sup>2</sup> As projeções abrangem três cenários: manutenção da capacidade atual; expansão para 400.000 tpa; e expansão para 450.000 tpa (Todas considerando a hipótese de manutenção do uso controlado do amianto).

<sup>3</sup> Reposição e ampliação do quadro de pessoal.

Fonte: Sznelwar e Scalabrin, 2009a.

#### 4.3.6.7. Titânio (Santos, 2009c)

Aproximadamente 95% do titânio produzido no mundo são consumidos na forma de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), usado principalmente como pigmento não tóxico e de intensa cor branca. Embora essa seja a principal aplicação, o titânio também tem outros usos importantes, especialmente por conta das propriedades que o metal apresenta. No Brasil, o consumo setorial tem distribuição menos concentrada: tintas, esmaltes e vernizes utilizam 52% do titânio consumido; siderurgia, 36%; produção de ferro-ligas, 11%. A indústria de eletrodos utiliza 95% do rutilo produzido.

Os principais minerais de titânio são a ilmenita e o rutilo. No Brasil, a produção de concentrados desses minerais ocorre sobretudo na mina do Guaju, em Mataraca, Paraíba, que responde por 75% da produção brasileira. Essa mina tem por concessionária a Millenium Inorganic Chemicals do Brasil, empresa recentemente incorporada à National Titanium Dioxide Ltd. (Crystal), controlada por um *holding* de investidores do Oriente Médio. A Millenium também é a única produtora de dióxido de titânio, principal aplicação desse metal, em fábrica localizada na Bahia, que absorve toda produção nacional de concentrados. A mina do Guaju dispõe de certificação de qualidade e de certificação ambiental. A lavra, feita em dunas litorâneas, conta com um programa de recuperação das áreas mineradas que tem sido considerado modelo. As reservas lavráveis de ilmenita identificadas em Mataraca são suficientes para mais quinze anos de produção, mantido o nível atual de extração. Além de concentrados de ilmenita, a mina produz concentrados de zircão, rutilo e cianita.

Em Santa Bárbara de Goiás, a empresa Titânio Goiás opera uma mina que produz magnetita titanífera. Essa mina contribui com 20% da produção mineira de titânio no País. A produção é comercializada para incorporação ao processo siderúrgico, na produção de ferro-ligas. Os 5% restantes são obtidos de resíduos da extração de minerais radioativos feita pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

Na década de 90, a produção média anual de concentrados de titânio no Brasil foi de 120.000t. A produção atual está praticamente estabilizada em 130.000t anuais.

Os maiores produtores mundiais de concentrado de ilmenita são a Austrália, África do Sul, China e Noruega. Os maiores produtores de rutilo são a Austrália e a África do Sul. Cinco corporações transnacionais respondem por 56% da produção mundial de concentrados de minerais de titânio; as três maiores contribuem com 43% dessa produção. As maiores reservas mundiais de ilmenita estão localizadas na China, enquanto as maiores reservas de rutilo estão na Austrália.

Os preços internacionais dos concentrados de ilmenita e rutilo têm por base as cotações do mercado australiano, tendo em vista ser a Austrália o maior exportador mundial desses minerais. Existe sensível diferença entre os preços dos concentrados de ilmenita e de rutilo, não apenas por conta da abundância da ilmenita em relação ao rutilo, mas também devido à grande diferença no teor médio de  $\text{TiO}_2$  contido nos concentrados desses minerais (ilmenita, 54%; rutilo, 94%).

Nas últimas décadas, o preço médio dos concentrados de ilmenita FOB Austrália se manteve relativamente constante, em valor próximo de US\$100/t (em valores constantes de 2008). As previsões são de manutenção desse nível de preço no futuro próximo.

O Brasil ocupa o quinto lugar no mundo em termos de reservas de ilmenita. Existem boas perspectivas de ampliação dessas reservas em *placers* ricos em ilmenita e rutilo. O Brasil detém os maiores recursos mundiais de anatásio. Esses recursos, avaliados em 440 milhões de toneladas, com teor médio de 17,7% de  $\text{TiO}_2$ , estão localizados em Minas Gerais e em Goiás. Até o presente, apesar dos esforços já realizados, não foi possível definir um processo metalúrgico que permitisse a viabilização técnica e econômica do aproveitamento desses recursos em unidades industriais. Há necessidade de envolvimento das entidades que realizam P&D em projetos que investiguem rotas metalúrgicas alternativas capazes de viabilizar o aproveitamento do anatásio.

### Quadro 19. Sinopse da Mineração de Titânio

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Titânio	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	72.000	0 s/2004	0,27kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	420
<b>Importação</b>	18.151	-	-	<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	315
<b>Exportação</b>	-	-	-	<b>Capacidade Instalada<sup>2</sup></b>	mil t/ ano	72.000
<b>Consumo Aparente</b>	90.151	2,45 s/1978	0,48	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. Instalada <sup>3</sup>	153,22

<sup>1</sup> A produção de concentrados (essencialmente ilmenita) foi de 133.000t, correspondendo a cerca de 72.000t de dióxido de titânio contido.

<sup>2</sup> Dióxido de titânio contido em 130.000t de concentrados

<sup>3</sup> Capacidade instalada na mineração (US\$283/t de TiO<sub>2</sub> contido)

Projeções para 2030 (TiO <sub>2</sub> contido)	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda<sup>1</sup></b>			
- t/ ano	150.596	240.408	374.587
- relação demanda / produção (%)	1,82	1,82	1,82
- % a.a.	4,9	7,1	9,1
- kg / habitante / ano	0,69	1,11	1,73
<b>Produção<sup>2</sup></b>			
- t/ ano	82.827	132.224	206.022
- % a.a.	0,06	2,6	4,7
- kg / habitante / ano	0,38	0,61	0,95
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)	40.000	107.000	206.000
- Total (t/ ano)	112.000	179.000	278.000
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ / t de reservas adicionadas	2,18	2,18	2,18
-US\$ milhões	5,5	8,72	13,5
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	283 <sup>1</sup>	283	283
- US\$ milhões	11,34	30,27	58,53
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	315 <sup>4</sup>	315	315
- mão-de-obra adicionada	235	627	1.213
- mão-de-obra total	655	1.047	1.633

<sup>1</sup> Dióxido de titânio contido no concentrado

<sup>2</sup> Concentrados

<sup>3</sup> R\$280,39

<sup>4</sup> Toneladas de concentrado (170t de TiO<sub>2</sub> contido)

Fonte: Santos, 2009c.

#### 4.3.6.8. Quartzo (Lobato, 2009d)<sup>6</sup>

Cristais de quartzo podem ser obtidos na natureza, ou por crescimento hidrotérmico (*cultured quartz*) na indústria de cristais cultivados. O uso do quartzo depende da qualidade dos cristais. Os cristais de melhor qualidade são destinados à indústria óptica, eletrônica e de instrumentação (os maiores consumidores), enquanto os de qualidade inferior destinam-se à indústria em geral (de abrasivos, cerâmica, metalúrgica).

No final da década de 70 ocorreu uma mudança de grande impacto sobre o mercado de quartzo natural, causada pelo desenvolvimento da tecnologia de produção do quartzo cultivado em autoclave. Isso permitiu a obtenção de quartzo piezelétrico com as mesmas propriedades do quartzo natural, o que afetou profundamente a demanda por quartzo natural no mercado internacional e, conseqüentemente, sua produção. Atualmente, quase todas as aplicações piezelétricas e ópticas são atendidas pelo quartzo cultivado, sendo a produção mundial em torno de 2.000 t/ano. Esta produção concentra-se no Japão, Estados Unidos e China.

Informações sobre as reservas mundiais de quartzo são escassas. Sabe-se, no entanto, que o Brasil é detentor de 95% das reservas mundiais, que correspondem a 78 milhões de toneladas. As maiores reservas medidas estão localizadas no Pará (64%), vindo em seguida as de Minas Gerais (17%), Santa Catarina (15%) e Bahia (2%).

A lavra de quartzo no Brasil é feita em minas a céu aberto, ou minas subterrâneas de pequena profundidade. A tecnologia utilizada é rudimentar, e é extremamente pequena a proporção do material utilizável em relação ao quartzo existente no depósito. A mecanização da exploração de quartzo é complexa, tendo em vista a necessidade de evitar a quebra dos cristais. No caso de extração de lascas, a mecanização pode ser feita se as jazidas forem contínuas.

A produção brasileira de quartzo bruto teve aumento acentuado na década de 70, declinou na década de 90, e desde 2004 apresenta crescimento. Praticamente a totalidade da produção é destinada à exportação. A produção de quartzo em cristal ocorre na Bahia, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina. Ela é feita predominantemente por pequenos mineradores e mineradores informais (garimpos), tanto na produção de lascas (fragmentos de quartzo selecionados manualmente pesando menos de 200 gramas) quanto na produção de cristais. As lascas de quartzo, utilizadas inicialmente na fabricação de vidros, atualmente são essenciais como nutrientes para produção do quartzo cultivado e/ou granulado para obtenção de quartzo fundido. Os cristais naturais piezelétricos fornecem sementes insubstituíveis na obtenção de quartzo sintético. Os cristais de grau eletrônico (usados na indústria de cristal cultivado) são mais raros e de produção esporádica.

Apesar de ter as maiores reservas mundiais de quartzo, e de também ser o maior produtor, o Brasil é importador de produtos manufaturados de quartzo como cristais piezelétricos montados e suas partes e, em menor valor, cristais cultivados brutos e usinados. Desde 1996 o Brasil deixou de produzir quartzo cultivado. Os fabricantes nacionais de cristais osciladores e filtros a cristal importam desde então as barras de cristais cultivados necessários ao processo industrial.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de silício metalúrgico, mas importa todo o silício de grau eletrônico que consome. Existe produção de monocristal de silício, mantida a partir da importação de silício de grau eletrônico. Produz-se fibra óptica, mas importa-se o tubo de quartzo fundido de grau óptico.

Em 2006, as exportações brasileiras de lascas foram de 14.195t, com valor de US\$3.330.000. O preço médio em 2006 foi de US\$0,23/kg FOB. A balança comercial brasileira referente ao quartzo é negativa, correspondendo a um déficit de US\$36.592.000 em 2006. Esse quadro deve ter sido acentuado no biênio 2007-2008, provavelmente tendo havido acréscimo no volume importado. O preço das lascas de quartzo para exportação caiu nos últimos, passando de US\$283,21 FOB em 2002 para US\$173 FOB em 2006. Essa

---

<sup>6</sup> No Relatório Técnico 37 (Lobato, 2009d) não há dados que permitam o preenchimento da Sinopse.

tendência parece continuar no futuro. Quanto às importações, o preço não deverá sofrer alterações significativas para o cristal cultivado nem para o cristal cultivado usinado.

Até o momento, o principal uso da lasca de quartzo tem sido como nutriente para a produção de quartzo cultivado. Equipamentos eletrônicos cada vez menores, com componentes também menores, usam menos quartzo cultivado e, em decorrência, menor quantidade de lasca de quartzo como nutriente. A mudança no sistema de comunicação telefônica, do sistema analógico para digital, ampliou o mercado de fibra óptica. Assim, parece mais vantajoso viabilizar o uso das lascas de quartzo para esse segmento, ao invés de utilizá-las apenas como nutriente para quartzo cultivado, cujo consumo vem caindo consideravelmente.

A produção no País de pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo, visando a competir com os produtos da UNIMIM, universalmente utilizados pelos fabricantes de quartzo fundido, ainda não foi viabilizada comercialmente.

#### **4.4. Outras Rochas e Minerais Industriais**

Nos treze bens minerais incluídos neste conjunto, sobressai-se o caulim em termos de importância econômica e nível de competência técnica e organizacional. Também na magnesita e na produção de calcário para cimento existe alto padrão de competência. Nos demais segmentos, a situação é variável, com empresas bem estruturadas ao lado de operações rudimentares.

##### **4.4.1. Investimentos**

Para esse conjunto de bens minerais, não foram estimados investimentos para aumento das reservas até 2030.

Os investimentos previstos para aumento da capacidade de produção variam entre US\$1.014.573 e US\$3.494.573. Não foi feita previsão para a fluorita.

##### **4.4.2. Recursos humanos**

Nesse conjunto de bens minerais, não foram identificados maiores problemas com a disponibilidade atual e futura de recursos humanos. Apenas para o talco foi identificada, como principal gargalo, a disponibilidade de recursos humanos capazes de desenvolver novos produtos com alto valor agregado e penetração no mercado.

A previsão de recursos humanos em 2030 varia entre 44.493 e 56.636, dependendo do cenário. Não foram feitas previsões para fluorita e mica.

##### **4.4.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)**

No conjunto de bens minerais considerados, existe grande variação de competência. No caulim, tanto a Vale quanto a Imerys dispõem de laboratórios de P&D, bem como condições de procurar no mercado internacional tecnologias disponíveis. A Vale dispõe de um bem equipado centro de pesquisas e desenvolvimento tecnológico em Santa Luzia, MG, onde desenvolveu a maior parte das pesquisas básicas e aplicadas que deram origem ao projeto de implantação da PPSA.

No caso da magnesita, o Brasil é detentor da tecnologia de aplicação, possui centros de pesquisa e desenvolvimento de nível internacional, e de equipe de profissionais especializados, capazes de desenvolver novas tecnologias e capacitar-se para assimilar tecnologias externas.

Como possibilidade de aumento futuro da demanda por conta de desenvolvimento tecnológico, o advento do automóvel híbrido utilizando célula a combustível de grafita poderá constituir a maior demanda futura para esse bem mineral.

Para a barita, bentonita e feldspato, foram identificadas carências no conhecimento da geologia das jazidas. Além disso, as minas atualmente em operação, salvo raras exceções, carecem de sondagem e acompanhamento geológico de detalhe nas frentes de lavra. As análises químicas são limitadas aos minerais mais importantes e aos contaminantes que penalizam o preço. A lavra do bem mineral é efetuada, em geral, quase sem planejamento. Ainda com relação ao feldspato, na Região Nordeste e no norte de Minas Gerais encontram-se as principais províncias pegmatíticas do País, onde os métodos de lavra até agora empregados são extremamente empíricos, predatórios e sem nenhuma técnica de engenharia de minas.

No caso do talco e pirofilita, são raras as empresas nacionais que trabalham com níveis mais elevados de purificação do material, como os processos de flotação e autoclave.

#### **4.4.4. Bens de capital**

Para as grandes empresas, são válidas as observações anteriores relativas à disponibilidade dos bens de capital necessários às operações mineiras. Existem, no entanto, segmentos pouco estruturados, sem capacidade financeira de implementação de operações mais mecanizadas.

#### **4.4.5. Incentivos**

Uma ação governamental importante para as pequenas empresas localizadas no Nordeste e no norte de Minas Gerais seria o incentivo ao incremento da exportação de feldspato. Também seria importante a implementação de políticas voltadas para ampliação da capacidade atual de produção de produtos cerâmicos no Nordeste, tanto para o consumo local quanto para exportação.

#### 4.4.6. Síntese

##### 4.4.6.1. Calcário (Silva, 2009a)

O calcário tem grande variedade de usos, sendo matéria-prima básica para a fabricação de cimento e cal, e sendo também utilizado na construção civil, na indústria de papel, de plásticos, química, siderúrgica, de vidro e de refratários; outra aplicação importante é na agricultura, como corretivo de solos ácidos.

Apesar da amplitude de usos e da grande demanda, o calcário é um produto relativamente barato, exceto em suas formas beneficiadas mais sofisticadas. O baixo preço do calcário resulta da amplitude e boa distribuição das reservas e dos baixos custos de lavra, que permitem que o calcário seja ofertado a preços baixos mesmo em grandes quantidades. Existe estreita relação entre a demanda e a produção, sendo muito baixo o nível de estoques na indústria. Em nível internacional, a boa distribuição dos depósitos e o custo do frete reduzem o intercâmbio da produção, exceto para os produtos beneficiados de maior valor agregado, que representam ínfima participação na produção total.

Os produtos do calcário com maior valor agregado são o GCC (*ground calcium carbonate*) e o PCC (*precipitated calcium carbonate*), utilizados amplamente na indústria de papel, tintas, química, e outras.

As reservas lavráveis de calcário no Brasil são bem distribuídas pelos estados, e representam centenas de anos de produção, nos níveis atuais. As maiores reservas lavráveis se encontram em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná. Juntos, esses estados detêm aproximadamente metade das reservas brasileiras.

A produção de calcário bruto ocorre em quase todos os estados brasileiros. Em 2005, a produção brasileira atingiu cerca de 21,9 milhões de toneladas, incluindo a produção de calcita e conchas calcárias. Os principais estados produtores foram Minas Gerais (22,3% da produção nacional), Distrito Federal (20,4%), Sergipe (13,4%), e Ceará (11,0%).

A produção de calcário beneficiado também tem ampla distribuição pelos estados brasileiros, mas está concentrada em três estados: Minas Gerais (34,6% de participação na produção nacional), São Paulo (13,6%), e Paraná (12,6%). Em 2005, a produção brasileira atingiu cerca de 66.3 milhões de toneladas, incluindo a produção de calcita e conchas calcárias.

A produção de calcário bruto e beneficiado cresceu quase 22% nos últimos cinco anos, atingindo um total estimado de 107 milhões de toneladas, em 2008. Em 2007, o valor da produção foi de mais de US\$1,35 bilhão. Aproximadamente 82% da produção são de calcário beneficiado.

A maior parte da demanda por calcário é para fabricação de cimento que, no Brasil, utiliza mais de 60% do calcário produzido. Outros usos importantes são na produção de cal virgem (14%) e na construção civil (10%).

O segmento de mineração de calcário é composto por grande número de empresas. Apesar disso, existe certa concentração, com as dez maiores empresas representando mais de um terço da produção, especialmente em relação ao beneficiamento. Poucas empresas atuantes na indústria de mineração e beneficiamento do calcário são incorporadas como sociedades anônimas, e poucas detêm certificações relativas à gestão de qualidade e gestão ambiental. O segmento é importante empregador de mão-de-obra, em sua maioria não muito qualificada. Em 2005, o número de empregos era de aproximadamente 12 mil.

Considerando os valores de reservas estimadas, a atual produção brasileira de calcário estaria assegurada por mais de quatrocentos anos. Assim, não se justificam esforços exploratórios detalhados para ampliação das reservas lavráveis.

As tendências tecnológicas no processamento do calcário para fins industriais têm focado a otimização dos processos, especialmente a caracterização das rochas utilizadas, e a moagem e classificação do produto. Como a produção de calcário no Brasil acompanha de perto a demanda, e como não são observados estoques significativos de calcário, a projeção da demanda (consumo) em 2030 foi estimada como sendo igual à produção à época.

## Quadro 20. Sinopse da Mineração de Calcário

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Calcário	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores (2005)<sup>1</sup></b>	<b>1.000t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção<sup>2</sup></b>	88.245	0,3 s/2002	470	<b>Mão-de-obra 2005</b>	N <sup>º</sup> de cooperadores	11.816 <sup>3</sup>
<b>Importação</b>	379	-	-	<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	9.000
<b>Exportação</b>	1.400	-	-	<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	110
<b>Consumo</b>	87.224	-	465	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. Instalada <sup>4</sup>	0,64

<sup>1</sup> Em 2007 a produção (bruta e beneficiada) foi de 107 milhões de toneladas.

<sup>2</sup> Produção bruta e beneficiada.

<sup>3</sup> Dos quais, 2.065 terceirizados.

<sup>4</sup> Minas + usinas

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- 1.000t/ ano	157.925	193.762	235.730
- relação demanda / produção	1	1	1
- % a.a.	1,7	2,6	3,5
- kg / habitante / ano	730	895	1.089
<b>Produção</b>			
- 1.000t/ ano	157.925	193.762	235.730
- % a.a.	1,7	2,6	3,5
- t / habitante / ano	730	895	1.089
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (10 <sup>6</sup> t/ ano)	50	90	130
- Total (10 <sup>6</sup> t/ ano)	160	200	240
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas	-	-	-
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	0,64	0,64	0,64
- US\$ milhões	50	90	130
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	7,1	7,1	7,1
- mão-de-obra adicionada	10.293	15.311	21.126
- mão-de-obra total	22.109	27.127	33.002

Fonte: Silva, 2009a.

#### 4.4.6.2. Caulim (Farias, 2009a)

O caulim é uma argila branca, constituída predominantemente do mineral caolinita, que tem grande variedade de aplicações industriais. Suas principais aplicações atualmente são como agente de enchimento (*filler*) no preparo de papel; como agente de cobertura (*coating*) para papel *couché* e na composição das pastas cerâmicas. Em 2007, a indústria do papel foi responsável por 46% do caulim consumido no mundo.

As reservas de minério de caulim são abundantes em todo o mundo. No Brasil, atingem 5 bilhões de toneladas, 93% deste total concentrados nos depósitos sedimentares dos três maiores distritos caulíniferos do País: Rio Capim, no Pará; Morro do Felipe, no Amapá; e no Amazonas, município de Manaus. Neste se concentram 68% das reservas conhecidas, embora não estejam sendo lavradas.

Em 2006, três empresas eram responsáveis por 93% do caulim produzido no País: Imerys Rio Capim Caulim (IRCC), 40%; CADAM, 30%; e Pará Pigmentos S/A (PPSA), 23%. A Vale tem o controle acionário da CADAM e da PPSA, sendo responsável por 53% do caulim produzido. As três empresas destinam entre 80 e 90% de sua produção para a indústria de papel na Europa, Ásia e América do Norte.

Seus projetos de grande escala, tanto pelo volume de material movimentado nas minas (mais de 10 milhões tpa de ROM e estéril) como pelo volume de ROM tratado em suas usinas (de 2,5 a 4 milhões de tpa de ROM de alimentação), contemplam o que de mais moderno existe em processo e equipamento para lavra a céu aberto e para beneficiamento. A incorporação das mais modernas tecnologias de lavra e beneficiamento de caulim por estas empresas tende a se propagar, parcialmente para as empresas de médio e pequeno porte. A IRCC, a CADAM e a PPSA têm certificação de gestão ambiental ISO 14001 e de gestão de qualidade ISO 9001. No caso dessas empresas, o transporte do minério da mina para a planta de beneficiamento é feito por mineroduto. Elas também dispõem de instalações portuárias próprias para escoamento da produção. Não há investimentos previstos para ampliação nas minas e plantas de beneficiamento em operação, nem em novas unidades a curto e médio prazo. A Imerys acaba de ampliar sua usina de beneficiamento para 1,6 Mt/ano, tornando-a a maior em operação no mundo.

Nas demais regiões brasileiras são produzidos caulins para outras finalidades. Os minérios comercializados na forma bruta do ROM ou com beneficiamento singelo junto às minas, produzidos e comercializados principalmente nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste, são prioritariamente destinados à indústria de cerâmicas brancas e similares. Amapá, Pará, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul contribuem com 99% da oferta nacional.

A produção nacional foi declinante no período 2006-2009, caindo de 3,7 Mt em 2006 para 2,9 Mt em 2009. A queda ocorreu na produção de caulins beneficiados destinados à exportação, sendo que esse declínio reflete a crise econômica mundial, cujo ápice se deu em 2008.

As minas são predominantemente a céu aberto. Atividades de mineração subterrânea são raras e ocorrem somente na Paraíba e no Rio Grande do Norte, em minas de caulim de origem primária. Essas minas adotam processos rudimentares e oferecem alto risco à segurança dos trabalhadores.

Fator importante, que demanda investimentos continuados, é a necessidade de redução de custos nos processos de lavra e beneficiamento para otimizar a rentabilidade do negócio. Tanto a Vale quanto a Imerys dispõem de laboratórios de P&D, bem como condições de procurar no mercado internacional tecnologias disponíveis. A Vale dispõe de um bem equipado centro de pesquisas e desenvolvimento tecnológico em Santa Luzia, MG, onde desenvolveu a maior parte das pesquisas básicas e aplicadas que deram origem ao projeto de implantação da PPSA.

No período 1992-2006, o preço médio do caulim manteve-se relativamente estável, variando entre US\$100 e US\$120 por tonelada. Em 2004 tem início uma tendência de alta que culmina com US\$128,39/t em 2007. Apesar da crise da crise econômica de 2008/2009, espera-se que o preço se mantenha nesse nível em 2010.

Aumentos de preço têm limitações por incentivar o processo de substituição. No entanto, embora o GCC (ground calcium carbonate) e o PCC (precipitated calcium carbonate) tenham uso maior do que o caulim na indústria do papel, há sinais de estabilização no processo de substituição a partir de 2003.

Em termos mundiais, a mineração de caulim é bastante concentrada. Dois países, Estados Unidos e Brasil, produzem 89% do caulim para revestimento, sendo que apenas cinco empresas contribuem com 97% dessa produção.

No cenário brasileiro para 2010-2030, o que vai determinar a ampliação do parque produtor de caulim beneficiado será a capacidade das empresas brasileiras exportadoras de aumentar sua participação no mercado externo. Considerando apenas o atendimento da demanda interna não haverá necessidade de ampliação do parque de produção, uma vez que, nas três grandes empresas da Região Norte, há uma capacidade ociosa de cerca de 600 mil toneladas.

### Quadro 21. Sinopse da Mineração de Caulim

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Caulim	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>1.000t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	3.352 <sup>1</sup>	-5,7 s/2006	18kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	1.809
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	1.650
<b>Exportação</b>	2.360			<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	3,1
<b>Consumo</b>				<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	350

<sup>1</sup> Bruta: 942 mil toneladas; beneficiada: 2.410 mil toneladas

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Gen. Vigoroso	Gen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	543.000	609.000	679.000
- relação demanda / produção	0,17	0,16	0,13
- % a.a.	0,6	1,2	1,7
- kg / habitante / ano	2,5	2,8	3,1
<b>Produção</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	3,1	3,7	5,05
- % a.a.		0,43	
- t / habitante / ano			
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (10 <sup>6</sup> t/ ano)	0	1,2	2,5
- Total (10 <sup>6</sup> t/ ano)	3,1	4,3	5,6
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas	-	-	-
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	-	350	350 (expansão) 500 (nova cap.)
- US\$ milhões	0	420	1.250
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano	1.437	1.475	1.523
- mão-de-obra adicionada	348	698	1507
- mão-de-obra total	2.157	2.507	3.316

Fonte: Farias, 2009a.

#### 4.4.6.3. Magnesita (Lobato, 2009b)

Os usos da magnesita são bastante amplos. A magnesita tem, na produção de refratários, usados sobretudo pela indústria siderúrgica, sua aplicação principal. Ela também é utilizada na obtenção de magnésio metálico e de compostos, além de usos nas indústrias farmacêutica e química.

Os principais segmentos consumidores são as indústrias siderúrgicas, de cimento, de vidro, de fertilizantes, de abrasivos, rações e produtos químicos. A magnesita para algumas aplicações refratárias pode ser substituída pela alumina, cromita e sílica.

As reservas mundiais de magnésio contido são de cerca de 3,8 bilhões de toneladas, destacando-se como maiores detentores: China (22,2%), Coréia do Norte (19,4%), Rússia (18,8%) e Brasil (8,9%). A quase totalidade das reservas nacionais desse bem mineral está localizada na Serra das Éguas, em Brumado, no Estado da Bahia.

O Brasil ocupa a 5ª posição no que diz respeito à produção mundial de magnesita. A produção tem-se mantido relativamente estável, com pequenas oscilações em função do aumento ou diminuição das demandas tanto do parque siderúrgico como da indústria cimenteira, fertilizantes e abrasivos.

O parque produtivo brasileiro de produtos à base de magnesita caracteriza-se por empresas de grande e médio porte, operando conjuntamente na extração e beneficiamento. As unidades produtivas estão concentradas em Brumado, na Bahia, e também em Iguatu, no Ceará. As jazidas são lavradas em minas a céu aberto. A capacidade produtiva brasileira é estimada em aproximadamente 420.000 toneladas por ano de magnesita sinterizada e 230.000 toneladas por ano de magnesita cáustica.

A quase totalidade da produção brasileira de magnesita bruta e calcinada é proveniente da Bahia (94,0%), contribuindo o Ceará com o restante (6,0%). O principal produtor do País é a Magnesita Refratários S.A., que responde por aproximadamente 80% da produção nacional. Os 20% restantes estão distribuídos principalmente entre as empresas Ibar Nordeste S.A., Xilolite S/A e Magnesium do Brasil Ltda. Todas as principais empresas do setor são entidades de capital nacional com elevado nível de profissionalização, muitas contando com certificações de qualidade internacional (ISO 9.000 ou 14.000).

A Magnesita Refratários S.A. é integrada verticalmente nas etapas de extração e industrialização, produzindo magnésia calcinada, sinterizada e eletrofundida. As duas últimas são utilizadas principalmente para consumo próprio na produção de refratários, sendo uma parcela da magnesita sinterizada exportada.

O comportamento recente dos preços internacionais de magnesita sinterizada, produto de maior volume no mercado internacional, tem sofrido fortes oscilações, principalmente devido à instabilidade no suprimento do maior fornecedor mundial, a China. A China encabeça a lista dos principais países produtores, sendo responsável por metade da produção mundial.

O Brasil é detentor da tecnologia de aplicação da magnesita, possui centros de pesquisa e desenvolvimento de nível internacional, e de equipe de profissionais especializados, capazes de desenvolver novas tecnologias e capacitar-se para assimilar tecnologias externas.

Por se tratar de um material que não necessita do emprego de produtos tóxicos nem de técnicas especiais para sua extração, o grau de poluição fica praticamente restrito à poeira proveniente do transporte do material e da utilização dos fornos, além do carreamento dos finos que poderiam vir a assorear os rios da região.

## Quadro 22. Sinopse da Mineração de Magnesita

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Magnesita	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	399.314	4,9 s/1999	2,1kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	520
<b>Importação</b>	17.562			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	800
<b>Exportação</b>	98.838			<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>3</sup> t/ ano	430
<b>Consumo</b>	318.038	3,3 s/1999	1,7kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	164 a 273 <sup>1</sup> 219 a 546 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Expansão

<sup>2</sup> Capacidade nova

Projeções para 2030	
<b>Demanda</b>	
- 1.000 t/ ano	645,3
- relação demanda / produção	0,62
- % a.a.	3,6
- kg / habitante / ano	3,0
<b>Produção</b>	
- 1.000 t/ ano	975
- % a.a.	5,5
- t / habitante / ano	4,5
<b>Capacidade Instalada</b>	
- Adicionada (1.000 t/ ano)	545
- Total (1.000 t/ ano)	975
<b>Investimento em reservas</b>	
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas	-
-US\$ milhões	-
<b>Investimento em produção</b>	
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	300
- US\$ milhões	163,5
<b>Mão-de-obra</b>	
- t / cooperador/ ano	
- mão-de-obra adicionada	200
- mão-de-obra total	720

Fonte: Lobato, 2009b.

#### 4.4.6.4. Grafita (Lobato, 2009a)

A grafita corresponde a uma das três formas alotrópicas do carbono. O mineral pode ser classificado em três tipos comerciais: em flocos (*flakes*), em veio cristalino, e amorfo. Esses tipos, por sua vez, estão subdivididos em várias *grades* dependendo do teor de carbono, tamanho da partícula e tipo de impurezas.

A grafita é utilizada em diversas aplicações na indústria, sendo as principais: tijolos e peças refratárias, cátodo de baterias alcalinas, aditivo na recarburização do ferro e do aço, lubrificantes sólidos ou à base de óleo e água, escovas de motores elétricos, minas de lápis e lapiseiras, gaxetas de vedação. Na estrutura de consumo da grafita no Brasil destacam-se os seguintes setores: indústria siderúrgica e fundição; baterias; refratários; tintas e vernizes; graxas e lubrificantes.

O Brasil tem 34,8% do total das reservas mundiais e ocupa o segundo lugar no mundo em reservas. Há ocorrências de grafita em quase todos os estados brasileiros. As reservas brasileiras economicamente exploráveis, localizadas principalmente em Minas Gerais, no Ceará e na Bahia, totalizam 152,6 milhões de toneladas. As reservas brasileiras de grafita do tipo *flake* cristalino são da ordem de 40 milhões de toneladas, com teor variando de 10% a 18% de carbono. A melhor ocorrência de grafita, bem como a maior cristalização, está no município de Pedra Azul, MG, constituindo uma das maiores reservas brasileiras.

Em 2007, o consumo aparente brasileiro de grafita natural foi de 61.640 toneladas, apresentando decréscimo de 1,3% em relação ao ano de 2006. O consumo aparente tem permanecido relativamente estável ao longo dos últimos três anos. A produção brasileira de concentrado de grafita natural beneficiada no primeiro semestre do ano de 2008 foi de 32,5 mil toneladas, mantendo o mesmo nível de produção do segundo semestre de 2007. Nos últimos quatro semestres a produção de grafita natural se apresenta estável.

Dos recursos mundiais de grafita, cerca de 600 milhões de toneladas são do tipo *flake* cristalino, 70 milhões de toneladas do tipo *lump*, e 800 milhões de toneladas do tipo amorfo. Os depósitos mais importantes de grafita do tipo amorfo são encontrados no México, Áustria, Coreia e CEI; do tipo *lump*, as maiores reservas estão no Sri Lanka, enquanto as do tipo *flake* estão em Madagascar.

Em 2007, a produção mundial de grafita natural foi de aproximadamente um milhão de toneladas. A produção brasileira em 2007 foi de 77 mil toneladas, correspondendo a 7,5% da produção mundial, e ocupando em 3º lugar na classificação dos principais produtores mundiais.

A China domina a produção mundial de grafita tipo floco e amorfo, com acesso a recursos substanciais e baixo custo de mão-de-obra, sendo provavelmente o foco de futuros investimentos. Em 2007, a China foi responsável por 69,9% da produção mundial, seguida pela Índia (11,6%) e Brasil. Uma peculiaridade do mercado de grafita é que os principais importadores de grafita natural (Japão, Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha e França) também são exportadores.

O preço da grafita está ligado, entre outros fatores, às suas propriedades: condutividade, inércia química e baixa densidade. Além disso, a quantidade, tipo das impurezas e o teor de cinzas são fatores também determinantes nos preços dos produtos da grafita. Em 2009 os preços variam entre US\$400/t para grafita amorfa e US\$1.300/t para tipo *flake*.

No Brasil existem três empresas que extraem e beneficiam a grafita:

1. A Nacional de Grafite concentra suas atividades na mineração e no beneficiamento da grafita natural cristalina de alta qualidade. Em suas três plantas, todas localizadas próximas a importantes jazidas, em Minas Gerais, a Nacional de Grafite beneficia o minério, gerando cerca de 70.000 toneladas anuais de grafita de diferentes características. As três unidades de produção estão situadas nos municípios de Itapeçerica, Pedra Azul e Salto da Divisa. Na unidade de Itapeçerica, ela conta com um moderno centro de pesquisas. O seu sistema de qualidade é certificado pela norma ISO 9002 desde 1994.
2. A Extrativa Metalquímica S/A está localizada em Maiquinique, na Bahia, tendo produzido 3.800t em 2004. Na empresa, o controle de qualidade é efetuado em todas as etapas dos

processos, com constante atualização dos procedimentos e critérios de avaliação segundo as normas ISO 9000.

3. A Grafita MG, que lavra minério de grafita nos municípios de Serra Azul e Mateus Leme, em Minas Gerais, produziu 17.307 toneladas de grafita em 2004, com teor de 14% de carbono, destinadas ao mercado após simples moagem e vendidas para produtores de ferro-gusa.

As perspectivas de crescimento da indústria extrativa de grafita natural estão fortemente ligadas à utilização final da substância e ao alargamento do seu espectro de aplicações. O advento do automóvel híbrido utilizando célula a combustível de grafita poderá constituir a maior demanda futura da grafita, estimada em 100.000t/ano.

### Quadro 23. Sinopse da Mineração de Grafita

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Grafita	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	77.163	12,7 s/2001		<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	567
<b>Importação</b>	868			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	136
<b>Exportação</b>	16.391			<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>3</sup> t/ ano	80
<b>Consumo</b>	61.640	6,5 s/1994	0,28kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	1.461

Projeções para 2030	
<b>Demanda</b>	
- t/ ano	260.000
- relação demanda / produção	0,79
- % a.a.	6,5
- kg / habitante / ano	1,2
<b>Produção</b>	
- 1.000 t/ ano	330 <sup>1</sup>
- % a.a.	6,5
- t / habitante / ano	1,5
<b>Capacidade Instalada</b>	
- Adicionada (1.000 t/ ano)	250
- Total (1.000 t/ ano)	330
<b>Investimento em reservas</b>	
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas	-
-US\$ milhões	-
<b>Investimento em produção</b>	
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	1.461
- US\$ milhões	365
<b>Mão-de-obra</b>	
- t / cooperador/ ano	
- mão-de-obra adicionada	180 a 230
- mão-de-obra total	770

<sup>1</sup> Supondo que seja mantida a proporção da produção que foi exportada em 2007 (21,2%)

Fonte: Lobato, 2009a.

#### 4.4.6.5. Barita (Coelho, 2009b)

A barita é um sulfato de bário ( $\text{BaSO}_4$ ), com densidade em torno de  $4,5\text{g/cm}^3$ . A barita contém 58,8% de bário, sendo a mais importante fonte comercial desse elemento. Ela tem papel fundamental em setores como a indústria química e petrolífera, a indústria de autopeças, a metalurgia e siderurgia, em tintas e vernizes, em vidros e equipamentos de vídeo.

As maiores reservas de barita do mundo se localizam na China, Índia e Estados Unidos. Esses três países têm 67% do total das reservas mundiais, sendo que na China encontram-se aproximadamente 45% do total mundial. O Brasil participa modestamente, com 0,6 % das reservas mundiais.

Atualmente, a barita é explotada em 66 países, sendo a China (3,5 Mt), a Índia (0,9 Mt) e os Estados Unidos (0,4 Mt) os maiores produtores. A China e a Índia contribuem com um pouco mais de 60% da produção total, além de serem as detentoras de cerca de 50% das reservas conhecidas. Cerca de 90% da barita produzida no mundo destina-se ao uso no fluido de perfuração de poços de petróleo; parte significativa dos 10% restantes destina-se à manufatura de carbonato de bário para a fabricação de tubos de TV e monitores de computador. Três empresas norte americanas, MI-SWACO, Baroid Drilling Fluids e Baker Hughes Inteq, controlam parte significativa da produção mundial de barita e possuem capacidade de transformação (beneficiamento mineral) em todo o mundo. Estas empresas representam cerca de 85% das vendas mundiais de fluidos de perfuração.

No Brasil, as principais reservas estão localizadas na Bahia, Minas Gerais, Goiás, Paraná e São Paulo. Apenas as reservas da Bahia têm importância econômica. A produção brasileira de barita está concentrada na Bahia e, em 2007, foi efetuada por três empresas. A maior empresa produtora no ano base de 2007 foi a Química Geral do Nordeste S/A (QGN), controlada pelo Grupo Carbonor/Church & Dwight Company, cujo minério apresenta teores da ordem de 20%  $\text{BaSO}_4$ . Em Minas Gerais, a jazida de Araxá (Complexo Carbonatítico do Barreiro), que representa 99,0% das reservas brasileiras, tem baixo teor de barita e apresenta níveis de radioatividade que interferem na perfuração gama dos poços de perfuração, muito usada na fase de exploração de petróleo.

O mercado nacional oferta diversos produtos, tais como barita bruta, barita grau-lama ou API (325 mesh), grau tinta, grau metalúrgico, micronizada, barita concentrada e os vários sais de bário. Em 2007, a produção brasileira de barita bruta foi de quase 37 mil t. Com relação à produção beneficiada naquele ano, Minas Gerais foi responsável por 16.800 toneladas de minério contido (70%), enquanto a Bahia beneficiou 7.254 t. A produção nacional de barita beneficiada, de 24 mil t, teve a seguinte distribuição percentual por empresa: Bunge Fertilizantes S/A, 70%; Química Geral do Nordeste S/A, 30%.

Os preços da barita variam em função da qualidade do produto bruto, da concentração de bário, da função ou aplicação, e do tipo do beneficiamento a que foi submetida a barita. Os dados da *Industrial Minerals*, 2009, mostram uma diferença de cerca de 310% entre o preço da barita grau lama de perfuração, que varia de US\$60 a US\$116 por tonelada, e o da barita grau tinta, com preços no intervalo de US\$220 até US\$325 por tonelada, principalmente em função da qualidade da barita e do beneficiamento utilizado.

No Brasil, o perfil típico de consumo da barita tem a seguinte distribuição por setores: indústria química 50%; indústria petrolífera 35%; outros (indústria metalúrgica, de tinta, papéis, borracha, vidros, abrasivos), 15%. Os dados do consumo de barita beneficiada nos últimos 30 anos demonstram uma enorme queda. O maior consumo ocorreu em 1985, quando atingiu 118 mil t, e o menor ocorreu em 2007, com apenas 15 mil t. A barita é insumo básico em três setores industriais, onde é consumida sob a forma moída e/ou micronizada: fluido de perfuração de petróleo e gás; sais químicos de bário (sulfato, hidróxido, peróxido, óxido, cloreto, carbonato, sulfeto, titanato, nitrato, silicato, cromato); preparação de tintas, pigmentos, vernizes, vidros, papel, plásticos.

Em termos mundiais, a barita tende a se tornar um mineral raro e de alto valor, devido à exaustão das reservas atuais e também pela ausência de novas descobertas de barita. Nos últimos 25 anos, não foi descoberta nenhuma reserva significativa no mundo.

No Brasil, o conhecimento da geologia das jazidas é a área mais carente no mineral estudado. As minas atualmente em operação, salvo raras exceções, carecem de sondagem e acompanhamento geológico de detalhe nas frentes de lavra. As análises químicas são limitadas aos minerais mais importantes e aos contaminantes que penalizam o preço. A lavra do bem mineral é efetuada, em geral, quase sem planejamento. Com relação ao meio ambiente e as condições de trabalho, não existem passivos de alto risco. O dano ambiental mais importante se refere ao assoreamento de drenagens e desmatamento irregular.

#### Quadro 24. Sinopse da Mineração de Barita

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Barita	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2007	t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	50.204 <sup>1</sup>	-33 s/2006	0,27kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	200 <sup>2</sup>
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	270 <sup>3</sup>
<b>Exportação</b>				<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	
<b>Consumo</b>	15.276	-8,9 s/1985	0,08kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<sup>1</sup> Bruta: 36.893t; beneficiada: 13.311t.

<sup>2</sup> Estimada por Coelho, 2009a. O número oficial é 68.

<sup>3</sup> Coelho, 2009b estima uma produtividade entre 5.000 e 10.000 tpa.

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Gen. Vigoroso	Gen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- 10 <sup>3</sup> t/ ano	131	162	198
- relação demanda / produção		1,43	
- % a.a.		1,95	
- kg / habitante / ano	0,60	0,75	0,91
<b>Produção</b>			
- 10 <sup>3</sup> t/ ano		113	
- % a.a.		5,5	
- t / habitante / ano			
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (10 <sup>3</sup> t/ ano)			
- Total (10 <sup>3</sup> t/ ano)		115	
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões		-	
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada			
- US\$ milhões		10	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada		110 a 200	
- mão-de-obra total		310 a 400	

Fonte: Coelho, 2009b.

#### 4.4.6.6. Bentonita (Coelho, 2009c)

A bentonita pode ser definida como uma rocha constituída essencialmente por um argilomineral montmorilonítico, podendo ser cálcica ou sódica. Ela tem amplo campo de utilização, sendo importante para os seguintes setores: fundição, perfuração de poços (indústria do petróleo), construção civil, pelletização de minérios (principalmente ferro), tintas, esmaltes e vernizes.

Dependendo da utilização que será dada à bentonita processada (fluido de perfuração, pelletização, areia de fundição, entre outras), é escolhido o tipo de argila que será lavrado, de modo a obter o melhor resultado final. O beneficiamento das bentonitas brasileiras, em especial da bentonita da Paraíba, passa pelo estágio de desintegração, adição de 2,5 a 3% em peso de barrilha, homogeneização, laminação ou extrusão, cura (2 a 10 dias), secagem, moagem, classificação pneumática e ensacamento.

As reservas mundiais são de 1.360 milhões de toneladas, sendo que os Estados Unidos possuem mais de 50% deste total e são o principal produtor mundial de bentonita sódica. Em 2007, as reservas brasileiras medidas e indicadas alcançaram, respectivamente, 41,4 e 27,5 milhões de toneladas. O Paraná tem a maior parcela das reservas medidas (38,6%), enquanto a Paraíba tem a maior parte das indicadas (88,2%). No total (medida + indicada), as reservas paraibanas representam 55% do total e as paranaenses, 24%. As principais jazidas de bentonita em operação no Brasil estão localizadas no município de Boa Vista, na Paraíba. Existem depósitos de bentonita em Vitória da Conquista, Bahia, onde foi iniciado recentemente o seu aproveitamento econômico.

Com relação à produção mundial de bentonita, em 2007 foram produzidas 15.700.000t, sendo os Estados Unidos o maior produtor com 5.070.000t, representando 32% do total da produção mundial, seguido por China com 20%, e Grécia com 7%. A produção chinesa cresceu mais de 11% ao ano no período de 2001 a 2007.

Na Europa e Estados Unidos, assim como no Brasil, a produção de bentonita é dominada por um pequeno número de grupos empresariais, muitos dos quais estão integrados em atividades a jusante. A AMCOL International Corporation, dos Estados Unidos, é o maior produtor mundial de bentonita, com uma capacidade de mais de 2 milhões de toneladas por ano. Na Europa, a S&B Industrial Minerals da Grécia e Sud-Chemie da Alemanha são os principais produtores, cada um com uma capacidade de mais de 1 milhão de toneladas por ano.

Em 2007, a produção oficial de bentonita bruta no Brasil atingiu 329.647t. A Paraíba produziu 88,5% da bentonita bruta brasileira. São Paulo vem em seguida, com 7,3%, a Bahia em terceiro lugar, com 3,9% e, por último, o Paraná, com apenas 0,2%. Oficialmente, quatorze empresas atuam neste segmento no País. A Bentonit União Nordeste, situada em Boa Vista/PB, produz exclusivamente bentonita do tipo ativada e contribuiu com 98,7% deste produto produzido no Brasil, seguida da empresa Bentonita do Paraná Mineração Ltda., localizada em Quatro Barras, Paraná, com 1,3%.

Os dados preliminares relativos ao consumo de bentonita bruta, no ano de 2007, indicaram a seguinte distribuição: extração de petróleo/gás (54%) e pelletização (46%). O destino de bentonita beneficiada (moída seca) apresentou a seguinte distribuição por Estado: São Paulo com 53,5%, Minas Gerais com 30,7%, Paraná com 5,2%, Rio Grande do Sul com 4,65%, Santa Catarina com 3,4% e Bahia com 2,6%. As finalidades industriais da bentonita moída seca se distribuíram entre graxas e lubrificantes com 78,7%, fertilizantes com 11,1%, óleos comestíveis com 7,7% e fundição com 2,4%.

O preço da bentonita varia em função da qualidade do produto minerado, da aplicação e, principalmente, em função da qualidade do beneficiamento. Os preços da bentonita no mundo variam de US\$36 a US\$ 100 por tonelada.

Em termos de comércio internacional, em 2007 o Brasil importou um montante de 227.765t no valor de US\$22.487 milhões. Em 2007, as exportações de bentonita totalizaram 9.512t, atingindo o montante de US\$4.566 milhões. Os principais bens exportados pelo Brasil, em 2007, por categoria, foram: bens primários 9.451t, no montante de US\$4.536 milhões; manufaturados, 61t de bentonita (matéria mineral natural ativada), no montante de US\$30 mil.

Atualmente, as maiores taxas de crescimento do consumo são encontradas na Ásia, principalmente na China, e na América do Sul, onde o crescimento da demanda resulta do aumento da produção siderúrgica, que estimula o aumento da pelletização de minério de ferro e os mercados de fundição. No Brasil, o consumo aparente de bentonita varia no intervalo entre 200 e 250 mil toneladas por ano, porém mantendo um valor médio em torno de 240 mil toneladas/ano.

Atualmente a produção de *pet litter* é o maior de consumidor final de argilas bentoníticas no mundo, consumindo 4,5 Mt em 2007. A capacidade brasileira de produção de pelotas é de cerca de 56,0 Mt/ano. Com os projetos previstos, esta capacidade poderá atingir 70Mt/ano, em 2013. Este fato implicará aumento da demanda de bentonita no mercado interno. No entanto, essa demanda será atendida, em grande parte, pela importação devido, principalmente, à baixa qualidade da bentonita nacional, que tem alto teor de sílica.

O conhecimento da geologia das jazidas é a área mais carente no mineral estudado. A lavra é a segunda área de carência tecnológica. A lavra da bentonita é efetuada, em geral, quase sem planejamento. Com relação ao meio ambiente e as condições de trabalho, não existem passivos de alto risco. O dano ambiental mais importante se refere ao assoreamento de drenagens e desmatamento irregular.

### Quadro 25. Sinopse da Mineração de Bentonita

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Bentonita	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	t	% a.a.	per capita	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	329.647 <sup>1</sup>	-15 s/2005		<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	320
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	1.000
<b>Exportação</b>				<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	330
<b>Consumo</b>	245.381	0,9 s/1990	1,3kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<sup>1</sup> Produção bruta ROM

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Gen. Vigoroso	Gen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	365.347	429.086	499.334
- relação demanda / produção		1,2	
- % a.a.	1	1,8	1,9
- kg / habitante / ano	1,7	2,0	2,3
<b>Produção</b>			
- t/ ano		366.957	
- % a.a.		2	
- t / habitante / ano			
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (1.000t/ ano)		40	
- Total (1.000 t/ ano)		370	
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas		-	
-US\$ milhões		-	
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada		5.100	
- US\$ milhões		204	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada		227	
- mão-de-obra total		547	

Fonte: Coelho, 2009c.

#### 4.4.6.7. Areia industrial (Coelho, 2009a)

Areia industrial é o termo genérico que designa areia de quartzo, areia quartzosa, quartzito industrial ou areia de sílica (*silica sand*). Esse bem mineral é utilizado para vários fins industriais, tais como fabricação de vidro, em moldes para fundição, como matéria-prima na indústria cerâmica.

As jazidas mais importantes de areia industrial estão localizadas nos estados de São Paulo e Minas Gerais, sendo que o primeiro detém as maiores reservas medidas. As reservas de areias industriais da Região Sul superam 200 milhões de toneladas, o que garante o abastecimento do mercado por mais de uma centena de anos, levando-se em consideração a produção atual de areia industrial na região e um crescimento no consumo devido à instalação de duas novas fábricas de vidro plano na Região Sul.

A mineração de areia industrial no Brasil concentra-se nas regiões Sudeste e Sul, sendo que a maior concentração de minas encontra-se no estado de São Paulo. A atuação das empresas mineradoras concentra-se nos municípios paulistas de Descalvado, Analândia, São Simão, São Pedro e Rio Claro. Atualmente esses municípios respondem por cerca de 90% da produção no estado de São Paulo. A região de Descalvado – Analândia aloja as três maiores jazidas de areia industrial do Estado, exploradas atualmente pela Mineração Jundu e Mineração Descalvado.

O segmento apresenta considerável nível de concentração, sendo a Mineração Jundu detentora do maior número de minas localizadas no estado de São Paulo, nos municípios de Descalvado e Analândia. As unidades da Mineração Jundu em Descalvado e Analândia (SP) e Viamão (RS) têm respondido por mais de 50% da produção brasileira de areia industrial. A Mineração Jundu S/A, *joint venture* com 50% do capital pertencente à Saint Gobain e 50% à Unimin (empresa belgo-americana) é a maior produtora de areia industrial do País, fornecendo principalmente para as indústrias de vidro, fundição, cerâmica e química. A Saint Gobain, através da sua Divisão Weber – Quartzolit, produz areia para argamassas em mina localizada no município de Bofete-SP, e a consome na unidade de produção de argamassa de Jandira – SP. No que se refere às certificações, a Mineração Jundu implantou sistemas de gestão da qualidade em todas as unidades operacionais. A mina e unidade de beneficiamento de areia industrial de Bofete da Saint Gobain são certificadas pelas normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 18001. A Mineração Descalvado também é certificada pela ISO 9001 e pela ISO 14001.

As demais empresas produtoras de areia industrial, existentes no estado de São Paulo e em outros estados, em geral são familiares. A Mineração Descalvado, empresa de porte médio, que até recentemente era familiar, também foi incorporada pelo grupo americano Owins Illinois do Brasil.

A maior demanda por areia industrial encontra-se na região Sudeste do País, principalmente na Grande São Paulo, em função da expressividade do seu parque industrial. As indústrias de vidro e fundição consomem cerca de 80% da produção do Estado de São Paulo, enquanto 75% da produção de Santa Catarina destinam-se à indústria de fundição. O restante das produções de ambos os estados abastece indústrias de cerâmica, química, argamassa, cimento, filtro. Como a areia é o principal insumo na manufatura do vidro, a localização da jazida de areia, na maioria dos casos, influencia na escolha do local da fábrica.

Os dados oficiais do DNPM indicam que a produção beneficiada de areia industrial no País em 2005 foi de 4.808.256 t e que a quantidade de funcionários empregados nas minas e usinas foi de 1.818. Considerando-se que essas estatísticas não são precisas, grosso modo, tem-se uma produtividade média de 2.645 t / homem / ano.

No Relatório Técnico 44, as estatísticas apresentadas para areia industrial ora englobam quartzito industrial, ora englobam além dessas duas substâncias minerais, também quartzo e sílex. Isso se deve a alterações na forma de agregação de dados de produção pelo DNPM, na publicação Anuário Mineral Brasileiro.

As minerações de areia industrial instaladas no País, comparativamente com o resto do mundo, têm nível de produção bastante satisfatório, conseguindo oferecer produtos com boa qualidade para os diversos setores industriais.

Os preços de areia para argamassa no estado de São Paulo variam entre R\$15,00/t e R\$ 20,00/t (FOB), e R\$ 27,00/t (CIF), neste caso incluindo secagem e transporte em distâncias variáveis entre 50km e 100km. Em Benevides (PA) o preço varia entre R\$ 20,00 e R\$ 25,00/t (CIF), e em Manaus é de apenas R\$10,00/t (CIF).

**Quadro 26. Sinopse da Mineração de Areia Industrial**

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Areia Industrial	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	5.763.008	2,2 s/1996	39kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	1.818 <sup>1</sup>
<b>Importação</b>	1.083			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	12.000 <sup>2</sup>
<b>Exportação</b>	484			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	
<b>Consumo</b>	5.563.607		29kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<sup>1</sup> 2005

<sup>2</sup> Grandes empresas.

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Gen. Vigoroso	Gen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	34,7	46,2	768,9
- relação demanda / produção		0,98	
- % a.a.	8,8	10,3	79,5
- kg / habitante / ano	160	220	3.550
<b>Produção</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano		47	
- % a.a.		10,3	
- t / habitante / ano			
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (10 <sup>6</sup> t/ ano)			
- Total (10 <sup>6</sup> t/ ano)		47	
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas	-	-	-
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada			
- US\$ milhões		178	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada		12.400	
- mão-de-obra total		14.200	

Fonte: Coelho, 2009a.

#### 4.4.6.8. Feldspato (Coelho, 2009f)

O termo feldspato engloba um conjunto de silicatos de alumínio contendo potássio, sódio e cálcio. Os feldspatos de potássio são a microclina e o ortoclásio. Os feldspatos de sódio e cálcio (plagioclásios) formam uma solução sólida desde a albita, rica em sódio, até a anortita, rica em cálcio. A principal função do feldspato é atuar como fundente nas indústrias de vidro e cerâmica. Na indústria vidreira o feldspato é usado como fonte de  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  e/ou  $K_2O$ , e  $SiO_2$ . Para cada tonelada de vidro produzido emprega-se aproximadamente 90kg de feldspato. Na indústria cerâmica o feldspato é o constituinte não-plástico, que além da função de fundente, auxilia o corpo cerâmico a manter a sua forma após a queima. Na produção de porcelanato utiliza-se cerca de 500kg de feldspato para cada tonelada de material produzido.

Mundialmente, está ocorrendo um processo de concentração da produção em poucas grandes empresas. Em 2007, as seis maiores empresas produziram cerca de 50% do total mundial. Em 2007, a produção mundial de feldspato foi de 22,5 milhões de toneladas. No período 2003-2007 essa produção cresceu cerca de 40%. Os principais países produtores foram Turquia com 27%, Itália com 21% e China com 10%. O Brasil, cuja produção oficial em 2007 foi de 182 mil toneladas, teve uma participação de 0,81%.

Porém, essa produção é muito maior, devendo ser semelhante à da Espanha, que em 2007 produziu 700.000t, e que tem uma produção de cerâmica e de vidro menor que a do Brasil. Isto ocorre por que o DNPM só reconhece feldspato produzido de lavras regulares de pegmatito, não contabilizando a produção dos rejeitos das minerações de gemas e não considerando a produção de feldspato a partir de outras rochas como granito e anortosito.

Os principais consumidores de feldspato, as indústrias cerâmicas e de vidro, estão localizados nas regiões Sudeste e Sul, enquanto as indústrias produtoras de feldspato também estão localizadas nessas regiões. A regionalização da produção deve-se ao fato de que o feldspato normalmente é produzido e beneficiado próximo aos centros consumidores, para reduzir os custos com transporte. Em 2007, de acordo com os dados oficiais os principais estados produtores foram: Paraná (68%), Santa Catarina (15%) e São Paulo (7%).

Em 2007, as reservas totais brasileiras eram da ordem de 426.000.000 de toneladas. Esses números não são muito precisos, pois a cubagem de feldspato em pegmatito é muito difícil. Outro ponto a ser levantado é que as reservas de feldspato existentes em outros tipos de rochas não são consideradas. Desse modo, pode-se considerar que as reservas brasileiras desse bem mineral são maiores do que consta nos dados oficiais.

As principais reservas de feldspato estão situadas nos estados do Paraná (33%), Rio de Janeiro (17%), Bahia (8%), Minas Gerais (7%) e São Paulo (6%). As maiores reservas medidas estão nos municípios de Cantagalo (RJ), Castro (PR), Cachoeira (BA) e Nova Palmeira (PB).

A produção oficial de feldspato no Brasil está concentrada em três empresas (Incepa, Marc Mineração e MIVAL), que contribuem com 82% da produção oficial. Vale ressaltar que a Minerali já produz cerca de 90 mil t/ano de feldspato contido em granito em Itupeva (SP), e que iniciou em 2009 a produção de nefelina sienito em Lavrinhas (SP).

Visando a atender às exigências de seus consumidores finais, as empresas produtoras foram pressionadas para que o preço e a qualidade dos feldspatos produzidos no Brasil fossem iguais aos do mercado externo. O alcance desse objetivo exigiu uma reestruturação da indústria, cujos traços marcantes foram: regionalização da produção, visando à diminuição dos custos de frete; maior escala de produção; e internalização de tecnologia. Como consequência, a estrutura setorial ficou mais concentrada, provocando a saída de várias empresas do mercado, principalmente as de menor porte e mais frágeis.

A participação de concorrentes estrangeiros no segmento de feldspato e substitutos conta com a participação do Grupo Minerali e Saint Gobain/Minerali.

No mundo, a lavra de feldspato é mecanizada e geralmente feita a céu aberto. Na região Nordeste e no norte de Minas Gerais encontram-se as principais províncias pegmatíticas do País, onde os métodos de lavra até agora empregados são ainda extremamente empíricos, predatórios e sem nenhuma técnica de engenharia de minas.

O Brasil é o 2º produtor mundial de cerâmica de revestimento, tendo produzido 713 milhões de m<sup>2</sup> em 2008, ficando abaixo apenas da China, que produziu 3.360 milhões de m<sup>2</sup>. O constante crescimento da indústria cerâmica de revestimento vem influenciado positivamente o desenvolvimento da indústria de feldspato no Brasil.

O preço do feldspato varia em função de vários fatores, sendo importante o grau de beneficiamento. Em 2007, o preço médio era de R\$122/t para o feldspato bruto e de R\$275/t para o feldspato beneficiado.

O conhecimento da geologia das jazidas é a área mais carente no mineral estudado. A lavra é efetuada, em geral, quase sem planejamento. Com relação ao meio ambiente e as condições de trabalho, não existem passivos de alto risco. O dano ambiental mais importante se refere ao assoreamento de drenagens e desmatamento irregular.

Uma ação governamental importante para as pequenas empresas localizadas no Nordeste e no norte de Minas Gerais seria o incentivo ao incremento da exportação de feldspato. Também seria importante a implementação de políticas voltadas para ampliação da capacidade atual de produção de produtos cerâmicos no Nordeste, tanto para o consumo local quanto para exportação.

### Quadro 27. Sinopse da Mineração de Feldspato

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Feldspato	Indicadores de Comportamento Atual
--------	---------------	----------	-----------	------------------------------------

Indicadores 2007	t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	166.089 <sup>1</sup>		0,9kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	433 <sup>2</sup>
<b>Importação</b>	12			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	384
<b>Exportação</b>	5.419			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	
<b>Consumo</b>	160.682 <sup>1</sup>		0,9kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<sup>1</sup> Produção beneficiada. Coelho (2009f) considera esses valores fortemente subestimados.

<sup>2</sup> Em 2005.

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	274.594	439.592	691.155
- relação demanda / produção	0,9	0,9	0,8
- % a.a.	2,3	4,5	6,5
- kg / habitante / ano	1,3	2,0	3,2
<b>Produção</b>			
- t/ ano	311.827	510.939	818.854
- % a.a.	2,8	5,0	7,2
- t / habitante / ano	1,4	2,4	3,8
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)			
- Total (t/ ano)			
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas		-	
-US\$ milhões		-	
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada			
- US\$ milhões		32	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada		1.100	
- mão-de-obra total		1.550	

Fonte: Coelho, 2009f.

#### 4.4.6.9. Fluorita (Coelho, 2009d)

A fluorita é a principal fonte comercial de flúor. O fluoreto de cálcio contido ( $\text{CaF}_2$ ) é o principal critério utilizado para a classificação comercial da fluorita em grau metalúrgico ou grau ácido. A demanda por fluorita no Brasil está ligada às produções de aço, alumínio e ácido fluorídrico.

As reservas brasileiras de fluorita localizam-se em Santa Catarina (58%), Paraná (29%) e Rio de Janeiro (13%). Existem também ocorrências de criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) associadas à cassiterita na mina de Pitinga, em Presidente Figueiredo (AM), que constituem potencial fonte de flúor, entretanto sem viabilidade econômica comprovada até o momento.

As principais reservas brasileiras de fluorita são do tipo filoniano. A lavra é feita em minas subterrâneas, cujos custos contribuem para o elevado preço do produto no mercado interno em relação aos principais produtores mundiais que exportam para o Brasil (México e África do Sul). Para os próximos anos espera-se que as importações aumentem para suprir a demanda interna de fluorita grau ácido, sendo a produção do grau metalúrgico está concentrada na mina de Tanguá, no estado do Rio de Janeiro.

Algumas das principais minas de Santa Catarina encontram-se paralisadas, ao passo que na mina em Cerro Azul, no Paraná, foram realizados investimentos em infraestrutura e modernização de equipamentos focando a produção do grau ácido e metalúrgico. Para a mina de Tanguá, a expectativa é de aumento da capacidade produtiva.

Em 2007, a produção de fluorita beneficiada foi de 65.526 toneladas, apresentando um crescimento de 3,0% em relação a 2006. A produção de fluorita grau ácido (68,5% do volume total) apresentou um crescimento de 8,4%, e a de grau metalúrgico (31,5% do total) redução de 7,1%. A produção de minério bruto (ROM) foi de 212.537t, com um crescimento de 9,04% em relação a 2006.

Os métodos de produção são adequados aos tipos de produtos comercializados. A capacidade instalada esteve com aproveitamento integral para a produção de fluorita grau ácido e 45% de ociosidade para o grau metalúrgico, durante o ano de 2007.

As empresas Cia. Nitro Química Brasileira (Grupo Votorantim), Empresa de Mineração Tanguá Ltda. (Emitang) e Mineração Nossa Senhora do Carmo Ltda. mantiveram, até 2008, quatro minas subterrâneas em operação, três em Santa Catarina e uma no Rio de Janeiro, e uma única mina a céu aberto explotada no Paraná.

A produção de fluorita grau ácido deve ter caído sensivelmente dada à paralisação das atividades da Cia. Nitro Química Brasileira que, por estratégia empresarial, a partir de agosto de 2009 passou a importar o minério.

Historicamente a produção total de fluorita supre apenas cerca de 70% da demanda nacional. Para suprimento da demanda da indústria nacional em 2007 foram realizadas importações do México (69%), África do Sul (29%), Argentina (2%) e Alemanha (1%). A valorização recente do real em relação ao dólar tende a facilitar as importações. O consumo de fluorita grau metalúrgico pode aumentar nos próximos anos, dependendo da retomada do crescimento do mercado de metalurgia e siderurgia.

Nos próximos anos a produção total de fluorita deve sofrer redução, como consequência da paralisação da Cia Nitro Química que respondeu, até 2007, por cerca de 70% da produção total, sendo a maior parte desse total referente à fluorita de grau ácido. Fatores como os elevados custos de produção das minas brasileiras e a falta de perspectiva do desenvolvimento de novas jazidas a curto e médio prazo, permitem indicar que a produção nacional de fluorita grau ácido não poderá sofrer uma expansão significativa nos próximos 20 anos.

Para a fluorita grau metalúrgico a projeção da produção leva em conta que os principais produtores devam permanecer produzindo com as taxas de crescimento costumeiras. De qualquer maneira os custos de lavra devem representar também para esse mercado um fator de restrição nos próximos anos.

As poucas ocorrências economicamente viáveis atualmente conhecidas fazem com que o mercado fique centralizado em poucas empresas, dificultando a competitividade empresarial.

## Quadro 28. Sinopse da Mineração de Fluorita

<b>Grupo:</b>	Não Metálicos	<b>Mineral:</b>	Fluorita	<b>Indicadores de Comportamento Atual</b>		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	65.526	6,2 s/2000	0,35kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	327*
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	200
<b>Exportação</b>				<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	
<b>Consumo</b>	91.698	3 s/2000	0,5kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

\* Em 2005

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	80.473 (GA)* 128.421 (GM)**	134.530 (GA) 210.990 (GM)	222.387 (GA) 343.030 (GM)
- relação demanda / produção	3,2 (GA) 1,8 (GM)	5,4 (GA) 1,8 (GM)	8,9 (GA) 1,8 (GM)
- % a.a.	1,2 (GA) 5,4 (GM)	4,1 (GA) 7,7 (GM)	6,4 (GA) 10 (GM)
- kg / habitante / ano	1,0	1,6	2,6
<b>Produção</b>			
- t/ ano	25.000 (GA) 69.347 (GM)	25.000 (GA) 113.935 (GM)	25.000(GA) 185.236 (GM)
- % a.a.	- 2,5 (GA) 5,4 (GM)	- 2,5 (GA) 7,7 (GM)	- 2,5 (GA) 10 (GM)
- t / habitante / ano	0,43	0,64	0,97
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)			
- Total (t/ ano)			
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões			
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada			
- US\$ milhões			
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada			
- mão-de-obra total			

\* GA: Grau ácido (80 a 85% CaF<sub>2</sub>)

\*\* GM: Grau metalúrgico (mínimo 97% CaF<sub>2</sub>)

Fonte: Coelho, 2009d.

#### 4.4.6.10. Talco, pirofilita e agalmatolito (Coelho, 2009g)

O talco é um filossilicato hidratado de magnésio e a pirofilita um filossilicato hidratado alumínio. Apesar de diferenciarem-se quimicamente, essas substâncias minerais têm propriedades físicas e tecnológicas semelhantes, propiciando campos de aplicações similares. A denominação mineral talco é genérica para toda rocha talcosa, podendo incluir outros minerais em proporções diversas. Uma variedade muito conhecida é a pedra-sabão. Por outro lado, o mineral industrial conhecido como agalmatolito é uma rocha com alto teor de pirofilita.

Esses minerais, assim como as rochas que os contêm em menor ou maior quantidade, apresentam uma estrutura de mercado interrelacionada, razão pela qual há uma tendência mundial em tratar suas estatísticas de maneira agrupada. O talco e assemelhados constituem um grupo de minerais industriais com dois tipos básicos de aplicações: como carga mineral de uso em uma grande variedade de produtos e em materiais cerâmicos.

Esse segmento constitui uma atividade econômica localmente vinculada à sua indústria de beneficiamento. É composto por um pequeno número de pequenas e médias empresas que se concentram na Bahia, Paraná, Minas Gerais e São Paulo. Calcula-se que cerca de uma dezena de empresas respondam por 80% da produção nacional.

O Brasil é um dos 10 principais produtores mundiais, respondendo por cerca de 5% da produção global. A China é responsável por um terço desse total. A produção brasileira anual de talco e pirofilita nos últimos anos tem sido de cerca de 400.000 toneladas, com cerca de 1% destinado às exportações. Para compor o consumo nacional, as importações médias são da ordem de 6.000 toneladas. Os valores do comércio internacional, no ano de 2006, foram da ordem de U\$3,5 milhões.

O talco e a pirofilita são utilizados numa série de indústrias, entrando na composição de diversos produtos, de cerâmica a componentes eletrônicos e cosméticos. Dessa forma, o valor de mercado desse grupo de substâncias difere bastante, conforme a pureza e nível de beneficiamento praticado, podendo variar de R\$40,00/t a R\$4.800,00/t.

A análise da série histórica de consumo de talco e pirofilita no Brasil mostra que o consumo vem diminuindo gradativamente, recuando cerca de 30% desde o início da década de 1980. Como os principais mercados consumidores (cerâmica, 30%; papel e celulose, 30%) expandiram-se no período, essa queda indica que está em curso a substituição do talco por outros produtos, especialmente na indústria cerâmica, onde ele pode ser substituído pelo caulim e filito.

Mantendo-se o consumo verificado no ano de 2007 (417.000t), as reservas atuais (107.000.000t) serão capazes de manter o suprimento de talco e assemelhados por mais de dois séculos. Cabe destacar que esse número é uma referência global, e que questões como localização e qualidade dos depósitos são muito importantes para a viabilização econômica da lavra.

O setor é relativamente formalizado. Das empresas em operação, 40% fazem referência à certificação de controle de processos e qualidade ISO 9001, e nenhuma se refere à certificação de gestão de controle ambiental ISO 14001.

Todas as minas de talco e assemelhados em operação no Brasil operam a céu aberto, com exceção da Mina Velha em Pará de Minas (MG), que é subterrânea. No processo de lavra das minas a céu aberto constata-se uma significativa geração de resíduos resultantes, geralmente, da remoção do capeamento superficial.

Por ser praticada majoritariamente em empreendimentos de pequeno porte e envolver, basicamente, processos de remoção de materiais sólidos, a mineração de talco e assemelhados provoca, de forma geral, impactos ambientais restritos, basicamente assoreamento de drenagem e desmatamento.

Na lavra, quando feita a céu aberto, o padrão tecnológico vigente no País é aparentemente rudimentar, constando basicamente de seleção manual seguida de transporte até a planta de beneficiamento. Todavia, procedimentos similares são realizados pelas maiores produtoras mundiais, sinalizando uma eficiência do procedimento. A diferença marcante entre as maiores minas do mundo e as brasileiras está no conhecimento que cada uma tem sobre o depósito. No beneficiamento, aumenta-se a tecnologia empregada com

maquinário voltado basicamente à cominuição e peneiramento do material. Raras são as empresas nacionais que trabalham com níveis mais elevados de purificação do material, como os processos de flotação e autoclave. Neste segmento, a diferenciação com as grandes empresas mundiais é maior, uma vez que, nestas últimas, além da presença de processos automatizados de seleção de material, níveis mais elevados de beneficiamento também são comuns.

O principal gargalo relacionado a recursos humanos está relacionado ao desenvolvimento de novos produtos com alto valor agregado e penetração no mercado. Dessa forma, é necessária a percepção desta deficiência por parte do empresariado, em seguida a formação/busca por profissionais com habilidades inovadoras.

As principais recomendações para o setor envolvem um melhor conhecimento dos depósitos, treinamento de mão-de-obra, aumento do nível de beneficiamento e desenvolvimento de novos produtos e mercados.

### Quadro 29. Sinopse da Mineração de Talco, Pirofilita e Agalmatolito

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Talco e Pirofilita	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>1.000t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	401,2	0 s/2004	2,1	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	1.608*
<b>Importação</b>	7,2			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	880
<b>Exportação</b>	8,2			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	
<b>Consumo</b>	400,2	-2,3 s/2000	2,1	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

\* Em 2005

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- 1.000t/ ano	400	400 - 450	450 - 500
- relação demanda / produção	1	1	1
- % a.a.	0	0 a 0,5	0,5 a 0,9
- kg / habitante / ano	1,9	1,9 a 2,1	2,1 a 2,3
<b>Produção</b>			
- 1.000 t/ ano	400	400 - 450	450 - 500
- % a.a.	0	0 a 0,5	0,5 a 0,98
- kg / habitante / ano	1,9	1,9 a 2,1	2,1 a 2,3
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (1.000t/ ano)	0	50	100
- Total (1.000 t/ ano)	400	450	500
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /1.000 t de reservas adicionadas	-	-	-
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	5,56 (expansão); 13 a 33 (nova capacidade) <sup>1</sup>		
- US\$ mil	0	278 <sup>2</sup>	1.150 <sup>3</sup>
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada	60		
- mão-de-obra total	1.670		

<sup>1</sup> Expansão: R\$12,00; nova capacidade: R\$24,00 a R\$60,00.

<sup>2</sup> Supondo que haja apenas expansão.

<sup>3</sup> Supondo que 50% do aumento de capacidade seja expansão e 50% seja nova capacidade (US\$23/t).

Fonte: Coelho, 2009g.

#### **4.4.6.11. Vermiculita (Sznelwar e Scalabrin, 2009b)**

A produção da vermiculita em escala industrial é realizada em poucas regiões no mundo e sua aplicação está grandemente concentrada em nações de maior desenvolvimento. Portanto, sua intensidade de uso pode ser considerada um indicador do grau de desenvolvimento tecnológico do país em foco.

A vermiculita é comercializada na forma de concentrados (vermiculita não expandida) e na forma expandida. No processo de expansão, em temperaturas próximas a 900°C, seu volume pode aumentar de 10 até 30 vezes. A comercialização nesta última forma geralmente requer que a expansão seja feita próxima aos pontos de aplicação, considerando o grande volume a ser manuseado e transportado. O comércio internacional e as vendas para aplicações distantes das minas ocorrem, em geral, na forma de concentrados.

As aplicações da vermiculita na agricultura podem incorporar melhorias no aproveitamento de água e nutrientes, aportando importantes ganhos de custo e produtividade no cultivo de certas culturas, sendo um elemento fundamental na composição de substratos agrícolas. A aplicação da vermiculita na construção civil contribui de forma importante na fabricação de elementos estruturais mais leves, que propiciam conforto térmico e acústico, influenciando na redução de custos de construção e melhoria da qualidade de moradia e instalações. Na siderurgia, aplicações de concentrado de vermiculita na fundição de aço resultam em melhorias de produtividade e redução no gasto energético.

Na maioria das aplicações da vermiculita existem outros materiais que podem substituí-la com vantagem econômica, constituindo essa característica uma de suas permanentes ameaças. Esta situação estabelece um limite a seu preço, e exige um forte esforço de marketing e de logística por parte das empresas, para obtenção e manutenção de mercados.

O comércio mundial da vermiculita representa um negócio da ordem de US\$200 milhões ao ano. As maiores produções ocorrem em poucos países, tendo a China entrado recentemente e de forma forte nesse mercado. Os movimentos recentes de aquisição de minas no exterior feitos por grandes grupos mineradores internacionais (principalmente na China e Uganda) são indicativos de um mercado promissor de vermiculita. Poucos grupos empresariais concentram a produção e comercialização da vermiculita.

Uma grande preocupação atual está relacionada com a contaminação da vermiculita por algumas formas de amianto, verificada em algumas jazidas. Por esse motivo, em todas as divulgações feitas pelas empresas é marcante a preocupação em demonstrar que seu produto está isento de amianto. A comercialização é acompanhada de respectivos certificados de isenção de amianto, emitidos por laboratórios certificadores independentes.

No Brasil, a produção e industrialização da vermiculita são realizadas por empresas de pequeno e médio porte. O Brasil é o quinto produtor mundial (15% do total) e detém 10% das reservas mundiais declaradas. A mineração no País é concentrada em apenas três produtores, sendo que um deles, a Brasil Minérios Ltda. (GO), foi responsável em 2007 por mais de 90% do volume comercializado. A produção das minas localizadas no Centro Oeste do direciona-se ao mercado interno, enquanto a produção das minas localizadas do Nordeste, devido à proximidade de portos, tem vantagem natural competitiva para exportação.

Três polos distintos de produção podem ser identificados no País: em Goiás, na Paraíba e na Bahia. O polo do Piauí recentemente teve suas reservas esgotadas e paralisação das atividades. O polo da Paraíba necessita em princípio de maior aporte de capital para aproveitamento do potencial das jazidas e para tirar vantagem competitiva das proximidades dos Portos de Cabedelo e Suape, focando o mercado internacional. O polo de Goiás, único que tem apresentado algum desenvolvimento nos últimos anos, mereceria um investimento maior de capital e estruturação empresarial para aproveitamento de todo o seu potencial. Ainda em Goiás, merece destaque a jazida localizada em Ouidor, que demanda maior conhecimento geológico e de caracterização tecnológica. O polo da Bahia tem pouca expressão, necessitando de maior conhecimento de seu potencial.

As principais aplicações da vermiculita expandida são na agricultura (66%), isolamento térmica (16%) e construção civil (12%). O crescimento dos mercados de construção civil, agrícola e de controle ambiental abre oportunidades para a utilização da vermiculita. O Brasil tem condições de se posicionar favoravelmente no mercado internacional, face à sua posição geográfica favorável em relação a portos do exterior, desde que atendidas questões de qualidade dos produtos.

Não existe boa percepção das vantagens e nem conhecimento das propriedades da vermiculita, seja por parte dos consumidores finais, seja de especificadores de produtos e matérias-primas. O esforço mercadológico neste ambiente é de grande complexidade, devendo envolver pesquisa e desenvolvimento, divulgação científica e técnica, bem como ações integradas das empresas, universidades e governos.

### Quadro 30. Sinopse da Mineração de Vermiculita

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Vermiculita	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	27.952*	-6,5 s/2003	150g	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	100**
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	200
<b>Exportação</b>				<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	24.000
<b>Consumo</b>	14.905	-0,9 s/2000	80g	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	150 a 250

\* Concentrada: 18.952t; expandida: 9.000t.

\*\* Apenas da Brasil Minérios.

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Gen. Vigoroso	Gen. Inovador
<b>Demanda*</b>			
- t/ ano	36.701	58.927	92.649
- relação demanda / produção	0,49	0,80	1,25
- % a.a.	3,4	6,1	8,3
- g / habitante / ano	170	270	430
<b>Produção</b>			
- t/ ano	74.000	74.000	74.000
- % a.a.	0	0	0
- t / habitante / ano			
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)	50.000	50.000	50.000
- Total (t/ ano)	74.000	74.000	74.000
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$/t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	200	200	200
- US\$ milhões	10	10	10
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada	30	30	30
- mão-de-obra total	130	130	130

\* Sznclwar e Scalabrin (2009b) construíram cenários multifatores, considerando diferentes intensidades de uso (IU). Os valores apresentados correspondem ao cenário de IU=14 (Cadeia incentivada).

#### 4.4.6.12. Zirconita (Lobato, 2009e)

A principal fonte de zircônio é a zirconita ( $ZrSiO_4$ ), também conhecida como zircão. O zircônio e o háfnio são encontrados na zirconita na proporção de 50:1, sendo muito difícil separá-los. O zircônio é empregado na fabricação de *zircalloy*, liga usada para encapsular combustível nuclear; como material estrutural em reatores de potência; na indústria química para fabricação de equipamentos resistentes à corrosão; e na indústria eletrônica, na forma de filamentos e placas. O zircônio também é utilizado em ligas com ferro, estanho e nióbio, e como metal puro com o háfnio. A zirconita é utilizada nos setores de fundição, cerâmica e de refratários. Os depósitos de zirconita estão, em geral, associados aos minerais pesados de titânio (ilmenita ( $FeTiO_3$ ) e rutilo ( $TiO_2$ )), e de estanho (cassiterita,  $SnO_2$ ). A classificação comercial do minério de zirconita está relacionada à concentração de impurezas, tais como  $Fe_2O_3$  e  $TiO_2$ .

Registrou-se queda acentuada na evolução do consumo aparente de concentrado de zirconita até o início dos anos 90, quando a Mineração Taboca deixou de produzir o concentrado. Acredita-se que houve uma substituição da zirconita por outras substâncias com maior disponibilidade. A partir de 1996, com a volta da produção das Indústrias Nucleares do Brasil (INB), o consumo volta a registrar aumentos expressivos.

As maiores reservas mundiais de zirconita estão localizadas na Austrália, África do Sul, Ucrânia e Estados Unidos que, juntos, detêm 84% do total. As reservas brasileiras de minério de zircônio referem-se à zirconita (ou zircão) e caldasito. Geralmente a zirconita brasileira ocorre associada a depósitos de areias ilmeno-monazíticas.

Líder no mercado mundial, a Austrália é detentora de aproximadamente 43% das reservas terrestres. Ela foi também a maior produtora em 2007 (com 44,4%), sendo a África do Sul a segunda maior produtora (aproximadamente 33%). Em seguida, estão a China (13,7%), Ucrânia (2,8%) e Brasil (2,2%). A região Ásia-Pacífico é a maior consumidora de zircão, com mais de 40% do total, sendo a China responsável por cerca da metade do consumo atual. A perspectiva é que a procura por zircão opacificante em cerâmica continue aumentando em ritmo constante, principalmente na China.

O zircônio produzido no Brasil é utilizado principalmente na fabricação de produtos cerâmicos, pisos e revestimentos. O estado de São Paulo é o maior consumidor desse produto. A produção doméstica de zirconita comercializada em 2006 foi realizada pelas empresas Millennium Inorganic Chemicals e INB, com teores variados de  $ZrSiO_4$ . A Cia. Brasileira de Alumínio (CBA) produziu caldasito para estoque, com teor de 60% de  $ZrO_2$ . A zirconita do minério laterítico da Mina do Pitinga, no norte do estado do Amazonas, ocorre associada à cassiterita, da qual é obtida como subproduto. A zirconita ali produzida ainda não é comercializada devido à presença de elevados teores de  $UO_2$  e  $ThO_2$ .

Em longo prazo, poderá ocorrer significativa diminuição da oferta de concentrado de zircônio, a não ser que novas fontes de produção de concentrado sejam colocadas em produção.

O zircônio pode ser reciclado a partir da sucata gerada durante a produção e a fabricação do metal. Sua substituição é possível em determinadas aplicações de alta temperatura, por dolomita e espinélio. Com limitações, a columbita, a tantalita e o aço inoxidável podem substituir as ligas de zircônio em aplicações nucleares. A cromita e a olivina também podem substituir o zircônio em algumas aplicações de fundição.

**Quadro 31. Sinopse da Mineração de Zircônia**

<b>Grupo:</b>	Não Metálicos	<b>Mineral:</b>	Zircônia	<b>Indicadores de Comportamento Atual</b>		
<b>Indicadores 2007</b>	t	% a.a.	per capita	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	26.739			<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	301
<b>Importação</b>	16.521			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	90
<b>Exportação</b>	1.155			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	27.000
<b>Consumo</b>	42.105		22kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<b>Projeções para 2030</b>	
<b>Demanda</b>	
- t/ ano	100.000
- relação demanda / produção	3,3
- % a.a.	3,58
- kg / habitante / ano	0,46
<b>Produção</b>	
- t/ ano	31.000
- % a.a.	0,64
- t / habitante / ano	
<b>Capacidade Instalada</b>	
- Adicionada (t/ ano)	4.000
- Total (t/ ano)	31.000
<b>Investimento em reservas</b>	
-US\$ /t de reservas adicionadas	-
-US\$ milhões	-
<b>Investimento em produção</b>	
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	
- US\$ milhões	1,418
<b>Mão-de-obra</b>	
- t / cooperador/ ano	
- mão-de-obra adicionada	30
- mão-de-obra total	330

Fonte: Lobato, 2009e.

#### 4.4.6.13. Mica (Lobato, 2009c)

Mica é um termo genérico aplicado ao grupo dos minerais constituído por silicatos de diferentes composições químicas e propriedades físicas. Dentre outras, destacam-se a clivagem fácil, que permite a separação em lâminas muito finas; a flexibilidade; a baixa condutividade térmica e elétrica; a resistência a mudanças abruptas de temperaturas. Tais características conferem a esses minerais múltiplas aplicações industriais. Os principais minerais do grupo das micas em importância comercial são a moscovita (sericita), a flogopita (biotita), e também a vermiculita.

As micas ocorrem em rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares, em concentrações muito variáveis, mas seu aproveitamento econômico é feito predominantemente nos pegmatitos.

A mica é comercializada na sua forma mais primária em folhas que têm preços estabelecidos de acordo com suas dimensões e com defeitos que prejudiquem seu corte ou perfuração. As folhas de mica são classificadas como bloco (*block*), películas (*film*) e lâminas (*splitting*).

Os fragmentos de mica, após um processo de moagem e peneiramento, podem ser utilizados como componente na produção de cimento, como aditivo em lamas de perfuração de poços de petróleo, nas indústrias de tintas, plásticos, de decoração e para moldes de pneus. O Brasil teve, em 2007, um consumo aparente estimado de 3.614t, com queda de 7,3% em relação ao ano de 2006. Os principais estados responsáveis pela produção de mica no País são Paraná, Minas Gerais, Santa Catarina, Tocantins, São Paulo, Rio Grande do Norte.

As principais empresas que operam com minério de mica no País são a Von Roll do Brasil, no Ceará, e a Mineração Federal, a Mineração Caiana e a Diaurus Mineração, em Minas Gerais.

A Von Roll tem suas instalações/plantas de produção voltadas para o tratamento e beneficiamento específico de mica, sendo responsável por mais de 75% do total nacional, com volume de mais de 3.000 mil toneladas ano. Ela também é a maior exportadora de mica. Seus produtos incluem papel de mica calcinado e não calcinado; fitas porosas e resinadas, e também placas de calefação.

Destaca-se ainda a empresa Violani & Cia. Ltda., no Paraná, que produz mica para aplicação em defensivos agrícolas, ração animal, fabricação de peças para freios e produtos farmacêuticos e veterinários, e também para o comércio de materiais de construção.

Segundo estimativas do segmento de produtores e consumidores nacionais de mica (em blocos, fragmentos ou pó, folhas e lâminas), a produção do Brasil no último triênio tem sido em torno de quatro mil toneladas ano. A produção nacional é a quinta maior do mundo. No Nordeste, a produção de mica ocorre em pegmatitos e, sendo influenciada por fatores climáticos, aumenta nos períodos de estiagem.

Informações precisas sobre as reservas mundiais de mica são desconhecidas, mas estima-se que os maiores recursos geológicos situem-se na África do Sul, Brasil, Índia e Rússia. No Brasil, as reservas de minérios de mica em pegmatitos, mica xistos e granitos greizeinizados chegavam a cinco milhões de toneladas no ano de 2007, localizadas na Bahia, Ceará, Espírito Santo, Rio Grande do Norte, São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais, Paraíba e Rio de Janeiro. Minas Gerais detém 80,4% dos recursos brasileiros.

Mesmo existindo a alternativa de fabricar-se mica sintética, esse tipo de produção ainda não se mostra economicamente viável. Porém, buscam-se maneiras para reduzir os custos de produção, tendo em vista que as reservas mundiais podem não atender toda a demanda do mercado.

Em 2007, os Estados Unidos, Rússia e Finlândia foram os maiores produtores mundiais de fragmentos (pó) e flocos de mica; Canadá e China foram os maiores exportadores de mica em pó, sendo ainda o Canadá o maior produtor e principal fornecedor aos Estados Unidos de mica flogopita.

Projeto em andamento, se levado a bom termo, aumentará a produção de mica na região do Seridó, no Rio Grande do Norte. Está sendo estabelecido um comodato entre a Von Roll e uma cooperativa de garimpeiros, a UNIMINA. O projeto prevê a implantação de

uma unidade de beneficiamento, a ser operada pela cooperativa, sendo a produção integralmente adquirida pela Von Roll. O investimento previsto é de R\$700 mil, podendo chegar a R\$1,2 milhão.

**Quadro 32. Sinopse da Mineração de Mica**

<b>Grupo:</b>	Não Metálicos	<b>Mineral:</b>	Mica	<b>Indicadores de Comportamento Atual</b>
---------------	---------------	-----------------	------	---

Indicadores 2007	t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	4.000			<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	
<b>Importação</b>	2.347			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	
<b>Exportação</b>	3.930			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	4.000
<b>Consumo</b>	3.614			<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

<b>Projeções para 2030</b>			
<b>Demanda</b>			
- t/ ano			10.650
- relação demanda / produção			0,90
- % a.a.			4,8
- kg / habitante / ano			0,05
<b>Produção</b>			
- t/ ano			11.830 <sup>1</sup>
- % a.a.			4,8
- t / habitante / ano			
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (t/ ano)			
- Total (t/ ano)			
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões			
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada			
- US\$ mil			655
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada			
- mão-de-obra total			

<sup>1</sup> Supondo que seja mantida a mesma relação entre produção e consumo ocorrida em 2007.  
Fonte: Lobato, 2009c.

## **4.5. Agrominerais**

No conjunto de agrominerais, para três deles (potássio, fosfato e enxofre) o Brasil é um dos grandes consumidores mundiais, sendo altamente dependente de importações. Há apenas uma mina que produz potássio, operada pela Vale. Na produção de fosfato, a produção é concentrada em três empresas, mas embora venha crescendo nos últimos anos, é insuficiente para atender ao consumo interno. Toda produção de enxofre é obtida como subproduto do refino de petróleo e gás e dos processos metalúrgicos. No segmento de calcário agrícola, diferentemente, existe grande número de pequenas e médias empresas, com produção capaz de atender ao mercado nacional, ocorrendo essa produção em quase todos os estados.

### **4.5.1. Investimentos**

Para esse segmento, não foram previstos investimentos para ampliação das reservas. Para o potássio e fosfato, o investimento previsto para aumento de capacidade até 2030, que considerou apenas um cenário, é de US\$7.344 bilhões. Para o calcário agrícola, os investimentos previstos em capacidade são de US\$27 milhões (Cenário Frágil), US\$30 milhões (Cenário Vigoroso) e US\$35 (Cenário Inovador). No caso do enxofre, obtido como subproduto, não há previsão de investimentos específicos.

### **4.5.2. Recursos humanos**

Não tem havido dificuldade para obtenção dos recursos humanos necessários ao desenvolvimento deste conjunto de bens minerais, nem houve previsão de que isso viesse a acontecer. Para o potássio e o fosfato, os recursos humanos previstos para 2030 são de 9.107 colaboradores. Para o calcário agrícola, são de 3.700 (Cenário Frágil), 4.200 (Cenário Vigoroso) e 4.800 (Cenário Inovador). Não há previsão para o enxofre.

### **4.5.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)**

Para o potássio, fosfato, enxofre e calcário agrícola, as tecnologias em uso no Brasil são em geral compatíveis com as praticadas noutros países, tanto nos métodos de lavra quanto de beneficiamento mineral.

No caso do potássio, segundo a Vale, uma série de medidas têm sido tomadas para otimização das operações na mina de Sergipe. São citadas o aumento do ritmo da metragem de sondagem, a implementação de modelamento 3D nos projetos de painéis de lavra para aumentar o volume lavrado. Além disso, está prevista a aquisição de mais um minerador e investimentos em equipamentos de apoio, na automação dos mineradores e revisão do sistema de gerenciamento da manutenção. Prevê-se um também um incremento na recuperação usina, através da implementação da metodologia 6 SIGMA para a recuperação metalúrgica.

Caberia ao MCT-CETEM e MME, em parceria com as empresas produtoras, formatar e implementar programa de tecnologia mineral de longo prazo, em rede, para superar os desafios tecnológicos de aproveitamento dos minérios brasileiros de potássio, especialmente aqueles localizados na Amazônia.

Para o fosfato, existem pesquisas em laboratório para processos que utilizam ácidos clorídrico e nítrico em substituição ao sulfúrico que, se viabilizados técnico-economicamente, trarão melhor aproveitamento do minério e de rejeitos, recuperação de subprodutos e redução dos impactos ambientais. Ainda se pesquisa a utilização direta de pó de rocha (rochagem), produção de fertilizantes organo-fosfatados e de termofosfatos potássicos.

São recomendações (sugestões) do MAPA (Embrapa) e MCT avaliar a eficiência agrônômica brasileira e a possível racionalização do uso de fertilizantes NPK, bem como

apoiar o desenvolvimento de novos produtos fertilizantes mais eficientes (até 20% menos de NPK).

#### **4.5.4. Bens de capital**

Graças à abertura e interação da economia brasileira com o exterior, a mineração desse grupo de minerais, como os demais segmentos de mineração no País, não sofre qualquer restrição para acessar e adquirir as tecnologias necessárias à modernização de suas unidades, comprar equipamentos e serviços de qualquer natureza, seja para lavra, seja para a concentração, ou ainda adquirir outros fatores de produção, tanto interna quanto externamente. A indústria de bens de capital brasileira é competitiva e está perfeita e globalmente integrada.

#### **4.5.5. Incentivos**

Segundo consta do IAN/CVM da Vale, a produção de potássio nacional já conta com total isenção de imposto de renda sobre níveis de produção definidos até 2013.

Os principais incentivos econômico-financeiros relativos ao calcário agrícola têm sido os programas do governo, dirigidos ao estímulo do uso e aplicação do calcário agrícola no campo, com o objetivo de melhorar a produtividade agrícola, reduzir o esgotamento dos solos das novas regiões encampadas pela agricultura brasileira, e impulsionar os benefícios comprovados da calagem no rendimento e desempenho dos fertilizantes utilizados em diversas culturas.

## 4.5.6. Síntese

### 4.5.6.1. Potássio (Kulaif, 2009c)

Junto com fósforo e nitrogênio, o potássio é componente essencial dos fertilizantes químicos. Apesar de o potássio ser relativamente abundante nas rochas, as necessidades deste elemento para a produção agrícola no Brasil são de grande monta, tanto por carências típicas de nossos solos tropicais, quanto por necessidades específicas de nossas culturas de exportação.

O potássio é produzido no Brasil por uma única empresa, a Vale S/A. Porém, a capacidade de produção dessa empresa só é suficiente para abastecer 9% do consumo nacional. O parque produtivo no Brasil restringe-se ao complexo mina/usina Taquari-Vassouras, localizado no município de Rosário do Catete, em Sergipe. A mina é de grande porte, subterrânea, com profundidade variando entre 430 e 640 metros. Desde 2006 a capacidade nominal de produção da Unidade Operacional de Taquari-Vassouras é de 850 mil toneladas.

Nas últimas duas décadas não houve ampliação das reservas brasileiras de potássio. Somente duas unidades da Federação apresentam até agora reservas substanciais, Amazonas e Sergipe, sendo essas referentes a jazidas de sais de potássio presentes em evaporitos. O aproveitamento dos depósitos de potássio do Amazonas enfrenta grandes desafios técnicos e ambientais.

Os preços do potássio publicados pelo DNPM para o Brasil são as médias anuais dos preços (FOB) das importações brasileiras, uma vez que o abastecimento do produto se realiza fundamentalmente pelo mercado externo. O único produtor nacional adota como referência, para suas vendas, os preços internacionais acrescidos dos custos de internalização e transporte até o mercado consumidor.

Cerca de 90% da produção mundial é consumida na agricultura, 90% dos quais na forma de cloreto de potássio, 5% na forma de sulfato de potássio e 5% na de sulfato duplo de potássio e magnésio. O restante, por volta de 13%, é consumido na indústria química, na fabricação de diversos produtos químicos. Dados da distribuição do consumo no Brasil não estão disponíveis.

A evolução dos preços internacionais do potássio mostra tendência de crescimento. Particularmente entre 2007 e 2008, os preços praticamente triplicaram. Isto ocorreu devido ao crescimento da produção de alimentos nesse período para satisfazer à demanda dos mercados emergentes, bem como ao crescimento de culturas utilizadas para produzir biocombustíveis. Em 2008, o preço atingiu US\$901/t de  $K_2O$ , caindo para US\$500/t em julho de 2009. Espera-se que, a partir de 2011, o preço volte ao nível histórico de US\$200/t.

Quatro países, China, Estados Unidos, Brasil e Índia têm sido responsáveis pelo consumo de 60% do potássio utilizado como fertilizante no mundo. Além disso, destaca-se a alta taxa de crescimento anual para estes países e para o Brasil, em especial. Nos últimos cinco anos, houve um crescimento mundial médio anual de 3,5% no consumo. Esse crescimento foi capitaneado pela Ásia de Leste (China), que responde por 33,4% do consumo mundial e que teve uma taxa média de crescimento neste período de 8,3%.

O potássio é o mais raro dos três nutrientes em termos de abundância de jazidas, com sua produção ocorrendo somente em 12 países. As jazidas de potássio estão concentradas em apenas quatro países. Apenas cinco companhias são responsáveis por 65% da produção mundial. E três empresas dominam o mercado mundial de fertilizantes. O Canadá é o principal produtor e exportador de potássio do mundo, e o que detém as maiores jazidas minerais. Apesar dessa concentração, não se espera que venha a ocorrer escassez no mercado internacional de potássio.

Cerca de 36 milhões de toneladas de  $K_2O$  foram produzidas no mundo em 2008, com um aumento de 4% em relação ao ano anterior, e com uma taxa de crescimento significativa para os três maiores produtores, Canadá, Rússia e Bielorrússia. Os dois principais produtores, Canadá e Rússia, detêm 50% da produção mundial e os quatro maiores, 74%.

As principais origens das importações brasileiras de potássio em 2007 foram Canadá (29%), Rússia (19%), Bielorrússia (18%), Alemanha (18%) e Israel (12%). As exportações brasileiras, de dimensões inexpressivas, todas de cloreto de potássio, foram basicamente destinadas a países da América do Sul.

Fontes alternativas de potássio têm sido estudadas e são de várias naturezas. Os estudos indicam a necessidade de práticas diversas na aplicação de fertilizantes, buscando-se novos padrões para a incorporação dos elementos nutrientes aos solos empobrecidos, como a rochagem. Ela baseia-se na aplicação direta das rochas moídas e tem como vantagem a liberação lenta dos elementos, o que implica a otimização do uso dos minerais com poucas perdas por carreamento pela drenagem.

O consumo per capita brasileiro foi, em 2007, de 24,1 kg/hab/ano, valor superior ao dos Estados Unidos. As razões para isto estão tanto nas características dos solos nacionais, empobrecidos pelo clima tropical úmido de grande parte das terras cultivadas, quanto do tipo de adubação exigida por nossas culturas principais, como soja, cana de açúcar e café.

Dois projetos de implantação de nova capacidade estão sendo considerados, ambos em Sergipe: O Projeto Carnalita (capacidade de 1,2 milhões de toneladas) e o Projeto Santa Rosa de Lima (capacidade de 500 mil toneladas). As tecnologias em uso no Brasil são comparáveis às praticadas noutros países, tanto na lavra como no beneficiamento.

### Quadro 33. Sinopse da Mineração de Potássio

Grupo:	Agrominerais	Mineral:	Potássio	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2008</b>	<b>10<sup>3</sup> t*</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	383	-9,7 s/2007	2kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	888
<b>Importação</b>	-			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	948
<b>Exportação**</b>	4.280			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	850
<b>Consumo</b>	4.663	9,2 s/2001	24,1kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	312

\* K<sub>2</sub>O contido.

\*\* As exportações são inexpressivas.

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Gen. Vigoroso	Gen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	10.475.584	22.514.812	46.634.646
- relação demanda / produção	8,5	12,2	17,0
- % a.a.	3,7	7,4	11,0
- kg / habitante / ano	48	104	215
<b>Produção</b>			
- t/ ano	1.226.029	1.849.983	2.736.562
- % a.a.	5,4	7,4	9,3
- t / habitante / ano	6	9	13
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (1.000t/ ano)		1.700	
- Total (1.000t/ ano)		2.550	
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ / t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões	-	-	-
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	703 (Projeto Carnalita); 1.000 (Projeto Santa Rosa)		
- US\$ milhões		1.344	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada		1.869	
- mão-de-obra total		2.757	

Fonte: Kulaif, 2009c

#### 4.5.6.2. Fosfato (Kulaif, 2009b)

Em 2007, o Brasil detinha 319 milhões de toneladas de  $P_2O_5$  contido em reservas medidas mais indicadas, localizadas em Minas Gerais (67%), Goiás (14%) e São Paulo (6%). A principal jazida se encontra em Tapira (MG), seguida das reservas de Patos de Minas (MG), Araxá (MG), Catalão (GO) e Cajati (SP).

O comportamento recente da produção de fosfato no Brasil tem sido de crescimento contínuo, com uma pequena inversão de tendência em 2008, devido à crise financeira global que atingiu todos os setores econômicos. A produção brasileira de fosfato está localizada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, próxima aos principais mercados consumidores. Novas minas e projetos estão em estudo ou início de produção nas regiões Nordeste e Sul, porém não se prevê descentralização acentuada da oferta. O parque produtivo compõe-se de 11 minas e 9 usinas, com capacidades produtivas predominantemente de portes grande e médio. As tecnologias em uso no Brasil são similares às praticadas em outros países. A lavra é totalmente mecanizada e a céu aberto.

A produção nacional de concentrado fosfático é de 6,3 milhões de toneladas. Projetos em implantação ou anunciados, se concretizados, poderiam adicionar até 4,5 milhões de toneladas/ano, um acréscimo de 70% à produção de 2008.

O mercado produtor brasileiro é bastante concentrado, com uma única empresa detendo 59%, as duas maiores, 81% e as três mais importantes com 100% do mercado – em um típico caso de mercado oligopolizado. Além disso, essas empresas são verticalizadas, atuando com produtos das diversas etapas da cadeia produtiva de fertilizantes, até os fosfatados finais. A indústria de rocha fosfática não é intensiva em mão-de-obra, empregando pouco mais de duas mil pessoas, sendo quase a metade destas em regime terceirizado.

O uso principal (68%) do fosfato no Brasil é na indústria de fertilizantes, mas apresenta também um conjunto grande de outras aplicações, como na alimentação animal e nas indústrias químicas. O Brasil é o 4<sup>o</sup> maior consumidor mundial, sendo que, em termos regionais, a Ásia do Leste consome cerca de 40% de toda rocha fosfática produzida, tendo este bloco apresentado uma taxa média de crescimento de 8% ao ano, nos últimos cinco anos.

O consumo de fertilizantes no Brasil tem crescido muito mais do que a produção agrícola nas últimas décadas. Isso resulta tanto da intensificação do processo produtivo no campo, quanto, mais recentemente, da aceleração na produção de biocombustíveis, grandes demandantes desses insumos. Foram importados 1,7 milhões de toneladas de rocha fosfática em 2007, sendo neste ano as principais origens dessas importações o Marrocos, com 53%, e Togo, com 20%. As exportações brasileiras são inexpressivas.

Entre 1990 a 2007 o consumo *per capita* brasileiro anual passou de 21,5kg para 42kg, quase três vezes menor do que o dos Estados Unidos, mas duas vezes maior do que o consumo médio mundial.

As reservas mundiais de rocha fosfática são de 47 bilhões de toneladas, correspondendo a 281 anos do consumo atual. Elas são muito concentradas, pois apenas três países, Marrocos e Saara Ocidental, China e Estados Unidos, detêm quase 75% das mesmas, sendo inexpressivas as reservas brasileiras.

A produção mundial de concentrado de rocha fosfática é de cerca de 167 milhões de toneladas, com a China produzindo 30% do total, Estados Unidos 19%, e Marrocos e Saara Ocidental 17%. O Brasil contribui com apenas 3,7% da produção mundial. Estão previstos projetos que acrescentarão, no médio prazo, 57,4 milhões de toneladas à capacidade mundial de rocha fosfática, ou seja, um aumento de 35%.

Os preços da rocha fosfática tiveram forte aumento entre 2007 e 2008 por conta do crescimento da demanda, mas têm gradativamente voltado a valores mais próximos da média dos últimos anos. Os preços da rocha fosfática são definidos internacionalmente. Porém, apesar de não se tratar de um mercado completamente concorrencial, pois existe concentração tanto do lado dos produtores quanto dos consumidores, a formação de preços desta *commodity* tende a refletir movimentos internacionais da oferta e da demanda, sem

grandes distorções. O frete marítimo influencia os preços da rocha fosfática, uma vez que é componente ponderável de sua composição.

### Quadro 34. Sinopse da Mineração de Fosfato

Grupo:	Agrominerais	Mineral:	Fosfato	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2008	10 <sup>6</sup> t*	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
<b>Produção</b>	6,34	3,4 s/2006	34kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	N <sup>o</sup> de cooperadores	2.159***
<b>Importação</b>	1,68			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	2.600
<b>Exportação**</b>	-			<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	6,5
<b>Consumo</b>	8,02	5,4 s/1999	42kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

\* Concentrado de rocha fosfática.

\*\* As exportações são inexpressivas.

\*\*\* Em 2005.

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	16,2	25,5	39,4
- relação demanda / produção	1,4	1,9	2,5
- % a.a.	3,2	5,4	7,5
- kg / habitante / ano	75	118	182
<b>Produção</b>			
- 10 <sup>6</sup> t/ ano	11,4	13,4	15,6
- % a.a.	2,7	3,5	4,2
- t / habitante / ano	53	62	72
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (1.000t/ ano)		10,0	
- Total (1.000t/ ano)		16,5	
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /t de reservas adicionadas		-	
-US\$ milhões			
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada		600*	
- US\$ milhões		6.000	
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano		2.600	
- mão-de-obra adicionada		3.750	
- mão-de-obra total		6.350	

\* Estimado com base nos projetos relacionados em Kulaif, 2009b.

Fonte: Kulaif, 2009b

#### 4.5.6.3. Enxofre (Kulaif, 2009a)

Em 2007 foram produzidas no Brasil 490 mil toneladas de enxofre. Este montante teve três principais origens: a partir do petróleo obtido nas refinarias existentes no País; a partir do folhelho betuminoso, minerado em São Mateus do Sul, Paraná; e a partir de outras fontes. A produção interna a partir das outras fontes, como co-produto do beneficiamento minero-metalúrgico de ouro, cobre, zinco e níquel, participou com 67% do total. O enxofre obtido a partir do petróleo representou 28% da produção brasileira, o equivalente a 5% do consumo aparente. A terceira fonte de produção, o enxofre a partir do folhelho betuminoso, representou apenas 4,7% da produção anual.

O enxofre tem como seu uso mais importante e preponderante a indústria de fertilizantes, sendo um elo indispensável da cadeia do NPK e um integrante constitutivo dos produtos finais fertilizantes utilizados pelos agricultores brasileiros. O Brasil é (e sempre foi) altamente dependente das importações para atender ao seu consumo.

Razões de caráter ambiental exigem combustíveis mais limpos, de modo que a quantidade de enxofre que é recuperada pela Petrobras a partir do tratamento dos combustíveis tem crescido muito nos últimos anos, a exemplo do que ocorre noutros países. Neles, essa é a forma principal de obtenção do enxofre, tornando-o até superabundante.

Nos últimos anos, os preços internacionais do enxofre tiveram comportamento relativamente estável, com pouca variação entre o preço mínimo e o máximo, destoando do comportamento oscilante observado para as principais *commodities* minerais e para outras substâncias da cadeia do NPK. Entretanto, no período de junho de 2007 a julho de 2009, o comportamento dos preços do enxofre sofreu forte instabilidade, tendo variado de US\$ 900/t FOB, no seu máximo, a US\$ 34/t FOB, no seu mínimo. As previsões de comportamento futuro são de estabilização do preço entre US\$60 e US\$80 por tonelada. No entanto, num horizonte mais longo, prevê-se queda no preço causada pelo aumento forçado da produção de enxofre para atender às restrições ao seu conteúdo e a emissões de SO<sub>2</sub>.

No Brasil, os maiores produtores de enxofre são a Caraíba Metais (40%), Petrobras (33%), AngloGold Ashanti, Votorantim Metais Níquel e Votorantim Metais Zinco. As vendas da produção nacional de enxofre no mercado interno são segmentadas, não abastecendo necessariamente a indústria dos fertilizantes, que representa 82% do consumo total.

As importações ficaram predominantemente vinculadas ao consumo das empresas de fertilizantes. As importações de enxofre são geralmente a granel e com a finalidade de obtenção de ácido sulfúrico. Estas importações realizam-se principalmente através de fornecedores, empresas não ligadas acionariamente aos importadores.

O consumo aparente de enxofre do Brasil, em 2007, foi em torno de 2,7 milhões de toneladas, sendo 2,2 milhões de toneladas de importações e exportações insignificantes. Em 2008 a quantidade total consumida caiu para 2,5 milhões de toneladas. Desagregando as importações totais por países, as principais origens das importações brasileiras foram, em 2006, a Venezuela (46%), o Canadá (20%), e os Estados Unidos (10%).

Cerca de 69 milhões de toneladas de enxofre são produzidas anualmente no mundo. A produção mundial pode ser dividida em voluntária (*discretionary*) e forçada (*nondiscretionary*). Na produção voluntária, a mineração do enxofre é o único objetivo da exploração. Na produção forçada, o enxofre (ou o ácido sulfúrico), é recuperado, ou co-produzido, estando completamente atrelado às especificações, normas do produto e ritmo de produção do produto principal (refino de petróleo e gás natural; beneficiamento de metais). A produção voluntária de enxofre nativo diminui a cada ano, representando apenas 2% da produção mundial. Dos 25 principais países produtores, 18 obtêm sua produção a partir do enxofre recuperado.

Destacam-se como grandes produtores os Estados Unidos, Canadá, China e Rússia, que representam cerca de 45% da produção mundial. O Brasil é um inexpressivo produtor mundial, ocupando o 27º lugar entre os produtores. Os principais países exportadores do mundo são o Canadá, Rússia, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Cazaquistão, Japão e Irã, representando mais de 70% da produção mundial. Os principais países importadores são a China, Marrocos, Estados Unidos, Tunísia, Índia e Brasil.

Em 2008, a produção mundial teve um pequeno crescimento anual de apenas 0,9%, com os quatro principais produtores apresentando crescimento ainda mais inexpressivo. Já em 2007, a produção mundial de enxofre havia crescido 10%, demonstrando as necessidades adicionais decorrentes da demanda aquecida por alimentos e biocombustíveis em dezenas de países.

Segundo os números oficiais, o Brasil detém apenas 1,2% das reservas mundiais (medidas mais indicadas), estimadas em 49,0 milhões de toneladas de enxofre contido. Nesse montante, é considerado apenas o enxofre na forma de co-produto e o contido em xisto e outras rochas betuminosas, não se computando os teores de enxofre contidos nas reservas de petróleo e gás natural. Não se conhecem reservas de enxofre nativo no Brasil. De 1972 em diante, existe uma obtenção regular de pequena quantidade de enxofre a partir do folhelho betuminoso. O Brasil detém ainda, todos não explorados, grandes depósitos estratiformes na Bacia Sedimentar de Sergipe; expressivos depósitos de enxofre nos rejeitos piritosos do carvão mineral, localizados na Bacia do Paraná; as piritas de Ouro Preto; e o enxofre contido nas reservas de gipsita. Finalmente, novos projetos de ouro, cobre e zinco poderão adicionar mais reservas ao enxofre brasileiro. Entretanto, o maior potencial para enxofre está no campo de Júpiter, na Bacia de Santos, no pré-sal, que começará ainda em 2009 a ser explorada pela Petrobras.

### Quadro 35. Sinopse da Mineração de Enxofre

Grupo:	Agrominerais	Mineral:	Enxofre	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>10<sup>3</sup> t</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	480	9,7 s/2005	2kg	<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	0
<b>Importação</b>	2.232			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	
<b>Exportação*</b>				<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	
<b>Consumo</b>	2.712	4,4 s/2000	14kg	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

\* As exportações são inexpressivas.

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Gen. Vigoroso	Gen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- t/ ano	4.145.095	7.062.199	11.726.501
- relação demanda / produção	7	10	15
- % a.a.	2,3	4,8	7,3
- kg / habitante / ano	19	33	54
<b>Produção</b>			
- t/ ano	586.993	686.602	797.057
- % a.a.	0,9	1,6	2,3
- kg / habitante / ano			
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (1.000t/ ano)			
- Total (1.000t/ ano)			
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$/ t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões	0	0	0
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$/ unidade de capacidade adicionada			
- US\$ milhões	0	0	0
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada			
- mão-de-obra total	0	0	0

Fonte: Kulaif, 2009a

#### 4.5.6.4. Calcário agrícola (Silva, 2009b)

A agricultura é um dos principais consumidores do calcário produzido no Brasil e no mundo. No Brasil, o calcário utilizado para fins agrícolas representa mais de 21% do total do calcário produzido. O uso da calagem corrige o excesso de acidez do solo que, nos solos brasileiros, é um dos principais obstáculos para aumentar o rendimento e a produtividade na produção agrícola. O uso do calcário agrícola protege o ambiente, incrementa a eficiência dos nutrientes e dos fertilizantes, melhora a efetividade de alguns herbicidas e aumenta a produtividade do cultivo.

O calcário agrícola é um produto relativamente barato, cujos preços médios em São Paulo, por exemplo, foram de apenas R\$29,85 por tonelada, em 2008, o que implica que os custos de logística, comercialização e outros, são especialmente importantes. Há pouco intercâmbio internacional da produção, de forma que as importações e exportações são pouco significativas. Como não existem estoques significativos, a produção praticamente iguala o consumo.

A produção de calcário para fins agrícolas ocorre em quase todos os estados brasileiros. Segundo o SINDICAL, em 2007 a produção de calcário agrícola no Brasil foi de 22,75 milhões de toneladas, principalmente concentrada na região Sudeste. No estado de São Paulo, um dos principais consumidores de calcário agrícola, o consumo apresentou uma redução de mais de 21%, em 2008. Portanto, apesar de que não haver dados mais recentes para os demais estados, é possível que o consumo nacional também tenha sofrido uma queda significativa em 2008.

O consumo de calcário agrícola não tem acompanhado a evolução do consumo dos fertilizantes agrícolas, os quais somente são plenamente potencializados quando o solo recebe calagem adequada, o que não ocorre, em geral, na agricultura brasileira. Isto sugere que o consumo de calcário agrícola está muito abaixo do ideal e, caso o setor desenvolva uma maior consciência da importância e dos benefícios da calagem, o consumo de calcário agrícola poderá crescer significativamente no futuro.

As reservas lavráveis de calcário no Brasil estão amplamente distribuídas pelos estados brasileiros e, como em muitos países do mundo, representam centenas de anos de produção, nos níveis atuais.

As empresas que se dedicam à mineração (preponderantemente a céu aberto) ou beneficiamento do calcário compõem uma indústria com muitos participantes, mas com produção concentrada nas maiores empresas (as dez maiores empresas representam mais de um terço da produção), cuja produção atende principalmente a demanda do setor de cimento. Resta às demais empresas atender ao mercado de calcário agrícola, de forma distribuída e menos concentrada.

As empresas atuantes na indústria de mineração e beneficiamento do calcário têm, em geral, uma estrutura relativamente fechada (poucas são incorporadas como sociedades anônimas), e poucas detêm certificações relativas à qualidade e ao meio ambiente (ISS 9.001 e ISO 14.001), sendo que essas empresas são majoritariamente ligadas à produção de calcário para a indústria de cimento, não à produção de calcário para fins agrícolas.

Devido ao baixo nível de exigências técnicas para o produto utilizado como calcário agrícola, os fornecedores têm conseguido atender à demanda com as instalações atuais, mesmo se em muitos casos elas não são modernas nem muito eficientes.

É difícil obter dados confiáveis sobre o calcário utilizado para fins agrícolas desagregadas daqueles relativos ao calcário em geral. É provável que os investimentos alocados à produção de calcário agrícola sejam proporcionais à sua produção, em relação à produção total de calcário. Esses investimentos têm sido tímidos (pouco mais de R\$1 por tonelada, em 2005), e as previsões de novos investimentos para o triênio 2006-2008 são pouco melhores (estimadas em menos de R\$2 por tonelada por ano).

Essa realidade, aliada à pouca disseminação da prática de calagem dos solos brasileiros, levou à criação de diversos planos governamentais para estimular o uso do calcário agrícola no Brasil, sem que, no entanto, o baixo consumo de calcário agrícola fosse significativamente alterado. Mesmo assim, há diversas fontes de incentivos e financiamentos

oficiais, com o propósito de beneficiar a produção e o consumo de calcário no Brasil, e especialmente o calcário agrícola.

Da mesma forma que no caso dos investimentos, é provável que a geração de empregos na produção de calcário agrícola seja proporcional à sua produção, em relação à produção total de calcário. Se na produção total de calcário foram empregados aproximadamente 12 mil trabalhadores, em 2005 (menos de 90% de nível superior), é provável que o calcário agrícola seja responsável por aproximadamente 2.500 empregos.

**Quadro 36. Sinopse da Mineração de Calcário Agrícola**

Grupo:	Agrominerais	Mineral:	Calcário Agrícola	Indicadores de Comportamento Atual		
Indicadores 2007	10 <sup>3</sup> t	% a.a.	per capita	Indicadores	Unidade	
Produção	22.747	0,3 s/2002	121kg	Mão-de-obra 2005	Nº de cooperadores	2.500
Importação				Produtividade da MO	t/ cooperador/ ano	9.200
Exportação				Capacidade Instalada	10 <sup>6</sup> t/ ano	23
Consumo	22.747	0,3 s/2002	121kg	Investimento	US\$/t de capacid. instalada	0,65

Projeções para 2030	Cenário Frágil	Cen. Vigoroso	Cen. Inovador
<b>Demanda</b>			
- 10 <sup>3</sup> t/ ano	26.220	29.722	34,166
- relação demanda / produção	1	1	1
- % a.a.	0,6	1,2	1,8
- kg / habitante / ano	123	137	158
<b>Produção</b>			
- 10 <sup>3</sup> t/ ano	26.222	29.722	34.166
- % a.a.	0,6	1,2	1,8
- kg / habitante / ano	123	137	158
<b>Capacidade Instalada</b>			
- Adicionada (1.000t/ ano)	4.000	7.000	12.000
- Total (1.000t/ ano)	27.000	30.000	35.000
<b>Investimento em reservas</b>			
-US\$ /t de reservas adicionadas			
-US\$ milhões			
<b>Investimento em produção</b>			
- US\$ / unidade de capacidade adicionada		1,00	
- US\$ milhões	27	30	35
<b>Mão-de-obra</b>			
- t / cooperador/ ano			
- mão-de-obra adicionada	1.200	1.700	2.300
- mão-de-obra total	3.700	4.200	4.800

Fonte: Silva, 2009b

## **4.6. Gemas**

É grande o potencial brasileiro para a produção de gemas. Com exceção do diamante, rubi e safira, o Brasil é responsável por cerca de um terço da produção mundial de gemas.

### **4.6.1. Investimentos**

Não há, nos relatórios técnicos, previsões de demanda e de produção até 2030, nem estimativas para os investimentos que seriam necessários.

### **4.6.2. Recursos humanos**

Como grande parte das atividades deste segmento ocorre na informalidade, são imprecisas as informações relacionadas aos recursos humanos nela envolvidos. No caso dos diamantes, nas operações formais havia 889 colaboradores em 2005. Atualmente estão todas paralisadas. A informalidade tem diminuído progressivamente desde a implementação da Certificação do Processo Kimberley.

No caso das gemas coradas, estima-se que haja 500.000 postos de trabalho, diretos e indiretos, gerados na cadeia produtiva. As pesquisas realizadas mostraram que, no caso da lapidação, a falta de qualificação da mão-de-obra é um fator crítico no desenvolvimento da atividade sendo, portanto, necessários projetos efetivos de capacitação de pessoal visando ao aproveitamento total do seu potencial.

### **4.6.3. Pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I)**

Nas operações formais de produção de diamante, o padrão tecnológico brasileiro melhorou sensivelmente nos últimos anos na lavra e beneficiamento. Nas operações informais não houve mudanças significativas nos padrões tradicionais.

São nas aplicações industriais do diamante sintético que se encontram os campos mais amplos de realização de P,D&I, como, por exemplo, na produção de superabrasivos e introdução de novos materiais.

No caso de gemas coradas, o setor de lapidação brasileiro precisa investir na padronização da produção através de pedras calibradas, pois esta adequação é essencial para o atendimento da demanda da indústria joalheira e tem forte impacto nas exportações. Tendências tecnológicas incluem irradiação de raios gama em quartzo, que permitiu a criação de novas gemas, e desenvolvimento de máquinas de lapidação mais precisas e automatizadas.

### **4.6.4. Bens de capital**

Há necessidade de modernização dos equipamentos. No caso de gemas coradas, a fabricação de máquinas de lapidação é incipiente.

### **4.6.5. Incentivos**

Tem sido importante para o desenvolvimento da cadeia produtiva de gemas o Programa Setorial Integrado de Apoio às Exportações de Gemas e Joias, patrocinado pelo IBGM em conjunto com a APEX-Brasil. Foi estimado (Watkins *et al.*, 2009) que as exportações de gemas em 2028 poderiam atingir US\$1,021 bilhões, se um programa adequado de incentivos fosse implementado, incluindo medidas como qualificação de mão-

de-obra, financiamento para aquisição de equipamentos, implementação de uma rede de laboratórios credenciados a emitir certificados gemológicos e desoneração fiscal.

#### 4.6.6. Síntese

##### 4.6.6.1. Diamante (Watkins, 2009)

Procedimentos de exploração e lavra de diamantes têm significativo componente tecnológico e sua comercialização envolve procedimentos altamente sofisticados. Segredos de família sobre como libertar o fogo e o brilho das pedras brutas foram aprimorados com grande aporte tecnológico, e as técnicas de lapidação são agora acessíveis. A lapidação de diamantes emprega mais de um milhão de pessoas em mais de trinta países, e outros tantos estão envolvidos em joalheria e comercialização.

Os diamantes são classificados como gemas, quase-gemas e industriais. O uso principal para o diamante industrial natural é como super-abrasivo, em ferramentas para corte, perfuração, desbaste e polimento. Nas aplicações industriais, existe uma tendência crescente para utilização de diamantes sintéticos, cuja granulometria e outras especificações são mais bem controladas. Desde o ano de 1978 as vendas globais de diamantes sintéticos ultrapassaram as vendas de diamantes industriais naturais.

A De Beers, empresa criada em 1888 e até hoje a maior produtora de diamantes brutos do mundo, teve e tem papel importante na profissionalização e incorporação de melhores práticas de governança corporativa no mercado internacional de diamantes. A introdução de estoques reguladores reduziu a volatilidade de preços e foi um dos principais elementos de sustentação da indústria. O sistema único de comercialização adotado pela De Beers permitiu o crescimento ordenado da indústria e evitou que o diamante se tornasse uma *commodity*.

Na década dos anos 80, sucessos exploratórios na Austrália e no Canadá atraíram várias outras empresas que passaram a disputar a onipresença da De Beers. Vendo diminuída sua participação no mercado (que de mais de 80% se viu reduzida aos atuais 50% de participação no mercado mundial de diamantes), a De Beers passou a focar em nichos de mercado de maior rentabilidade e transferiu a responsabilidade pela manutenção de estoques reguladores (que ultrapassavam US\$4 bilhões no início da década e hoje montam a pouco mais de US\$1,5 bilhão) aos elementos a jusante da cadeia produtiva (comerciantes, lapidários e joalheiros em geral). Tal transferência representou um corte brutal de alavancagem, resultou em maior endividamento e insolvência generalizados nos centros de lapidação, e pressionou preços e margens operacionais da cadeia produtiva como um todo.

O desaquecimento econômico global e as restrições de crédito e liquidez no segundo semestre de 2008 afetaram fortemente o mercado de diamantes de menor qualidade e apenas marginalmente o mercado de diamantes de maior qualidade. Até meados de 2008, os preços médios de diamantes das várias categorias tiveram apreciação da ordem de 20% ao ano, enquanto os preços de pedras maiores tiveram apreciação superior a 50% ao ano.

O mercado mundial de diamantes movimenta cerca de US\$70 bilhões por ano, e o Brasil representa menos de 1% deste total. Os fundamentos de oferta e demanda para o mercado mundial de diamantes sugerem restrições de oferta nos próximos anos. As reservas globais de diamantes estão caindo e, na ausência de novas minas em produção, o crescimento em volume produzido deverá ser apenas marginal nos próximos cinco anos. Os quatro maiores produtores mundiais de diamantes (De Beers, Alrosa, Rio Tinto e BHP Billiton) proveem mais de 70% da produção em valor.

O potencial brasileiro para uma maior produção de diamantes é reconhecido mundialmente, considerando principalmente jazimentos aluvionares. Apesar de pouco representativo em termos mundiais, o Brasil tem expressivo potencial geológico não explorado no que se refere a diamantes. Por sua dimensão reduzida, o mercado local é fortemente influenciado e depende visceralmente do mercado internacional.

Dados oficiais coletados, e ainda não publicados, indicam que, em 2007, o Brasil produziu oficialmente 182.032 quilates, sendo que 83,7% em Mato Grosso e 15,5% em Minas Gerais, ou seja, esses dois estados são responsáveis por quase 98% da produção. As empresas atuantes na indústria de mineração e beneficiamento do diamante têm, em geral, uma estrutura relativamente fechada, e não possuem certificações relativas à qualidade e ao meio ambiente (ISO 9001 e ISO 14.001).

A crise financeira mundial afetou fortemente o mercado do diamante e a maioria das minas em atividade no Brasil foi fechada a partir de setembro de 2008. Assim, a produção em 2008 deve ter sido bem inferior àquela de 2007, e a produção atual deve ser insignificante. Atualmente não há minas de diamantes em operação no Brasil. Estão em atividade apenas pequenas operações garimpeiras, na maioria ilegal, especialmente em Minas Gerais, Mato Grosso, Rondônia, Bahia e Paraná. Várias empresas encerraram suas atividades no Brasil e não há perspectiva em curto prazo para que se re-estabeleçam.

No auge da crise, o valor do diamante no mercado mundial, caiu para níveis de 25 anos atrás. Desde então, uma tímida recuperação de preços tem ocorrido, porém a demanda e os preços continuam muito aquém dos níveis registrados em 2007.

A produção de diamantes no Brasil foi historicamente caracterizada pelo predomínio da produção informal, em garimpos espalhados pelas regiões diamantíferas do território brasileiro. Somente mais recentemente, a partir de 2004, com o advento da Certificação do Processo Kimberley, esta clandestinidade começou a se reduzir. Na sua maioria, as empresas produtoras são de pequeno e médio porte, sem qualquer grau de incidência de certificação ISO 9.000, 14.000 ou 18.000, ou adesão às normas de qualidade.

O preço do quilate produzido no Brasil, durante os últimos 30 anos, apresentou valores ascendentes e variou de US\$ 74,59 em 1977, até US\$ 270,89 em 2004. Até hoje toda a produção brasileira de diamantes provém de fontes secundárias (aluviões), extraída na maioria das vezes de maneira artesanal por garimpeiros, sem controle de teores, cuidados com o meio-ambiente, bem como total ausência de controle geológico nas definições de reservas e/ou potencial econômico.

Nas operações para extração de diamantes, no que tange a aspectos ambientais, há muito mais consciência e atenção para os problemas ecológicos do que no passado. O padrão tecnológico brasileiro melhorou consideravelmente nos últimos anos com a modernização dos equipamentos para a metalurgia do diamante, podendo se comparar, embora timidamente, aos países tradicionalmente produtores de diamantes e que usam tecnologia de ponta tais como a África do Sul, Botswana, Canadá, Rússia e Austrália.

### Quadro 37. Sinopse da Mineração de Diamante

<b>Grupo:</b>	Não Metálicos	<b>Mineral:</b>	Diamante	<b>Indicadores de Comportamento Atual</b>		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>ct*</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	179.222			<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	889**
<b>Importação</b>	6.607			<b>Produtividade da MO</b>	t/ cooperador/ ano	
<b>Exportação</b>	168.071			<b>Capacidade Instalada</b>	t/ ano	
<b>Consumo</b>	17.758			<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

\* Quilate

\*\* Em 2005

Fonte: Watkins, 2009 (Não existem elementos, no Relatório Técnico 50, para preenchimento do restante da Sinopse).

#### 4.6.6.2. Gemas Coradas (Watkins *et al.*, 2009)<sup>7</sup>

O Brasil é conhecido pela diversidade e grande número de ocorrências de pedras preciosas. Constitui o único produtor mundial de topázio imperial, o segundo produtor de esmeralda e, até recentemente, também o único produtor de turmalina Paraíba. Também são gemas importantes na produção brasileira a alexandrita, a água marinha, a ametista e citrino, a opala, a turmalina e o topázio. Com exceção de diamante, rubi e safira, o País é responsável por cerca de 1/3 da produção mundial de gemas.

No Brasil, destacam-se duas províncias gemológicas. Em Minas Gerais e Bahia, localiza-se a Província Pegmatítica Oriental, uma das maiores do mundo e onde é encontrada uma grande variedade de minerais-gemas, de onde são retiradas as gemas coradas. A Província Pegmatítica Nordestina, na Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, é outra grande produtora de gemas coradas. Além das províncias pegmatíticas, merecem destaque a esmeralda de Campo Verde (GO) e de Carnaíba e Socotó (BA); o topázio imperial de Ouro Preto (MG); a opala nobre de Pedro II e a opala de fogo de Buritis dos Montes (PI); geodos de ametista de Soledade, Lajeado e Ametista do Sul (RS); e andaluzita de Santa Teresa e Itaguaçu (ES). Atualmente, o garimpo de Carnaíba é a maior lavra garimpeira do Brasil, estimando-se que lá trabalhem mais de 5.000 pessoas garimpando e negociando esmeralda.

A maior parte da produção de pedras preciosas no Brasil é realizada por garimpeiros e/ou pequenas empresas de mineração. No setor de produção de minerais gemas existem apenas seis empresas oficialmente constituídas, sendo o restante da produção realizado em áreas de garimpagem legal ou garimpos.

Segundo o SEBRAE, o setor de gemas e jóias é importante para a economia das micro e pequenas empresas brasileiras. Esse setor, nos últimos anos, cresceu 250% nas exportações, movimentou US\$100 milhões e é responsável por mais de 500 mil postos de trabalho diretos e indiretos. A grande produção brasileira de gemas de cor é proveniente principalmente estado de Minas Gerais, seguido do Rio Grande do Sul, Bahia, Goiás, Pará e Tocantins. Apesar da deficiência de dados, calcula-se em torno de 2.000 empresas de lapidação, joalherias, artefatos de pedras e folheados de metais preciosos atuantes no mercado, concentrados principalmente em São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Bahia.

A lapidação, bem como a fabricação de obras e artefatos de pedras, é feita por pequenas empresas consideradas em grande parte como de “fundo de quintal.” A formação dos lapidários ocorre na própria indústria, ou de “pai para filho”, sendo que poucos deles possuem conhecimento de gemologia. São poucas as indústrias capazes de garantir qualidade, prazos e tipos diferenciados de lapidação. Esta falta de qualificação, aliada aos valores elevados do custo da mão-de-obra, acaba fazendo com que as gemas sejam lapidadas no exterior, gerando um produto interno de baixo valor agregado. A fabricação de máquinas para lapidação é muito incipiente, principalmente por problemas de escala uma vez que muitas indústrias fabricam ou montam suas próprias máquinas.

O setor de lapidação brasileiro precisa investir na padronização da produção através de pedras calibradas, pois esta adequação é essencial para o atendimento da demanda da indústria joalheira e tem forte impacto nas exportações. A confecção de jóias é outro fator importantíssimo e agregador de valor à peça final. Trata-se de um setor onde o Brasil está começando a ser reconhecido a nível mundial.

O setor de gemas e joias apresenta uma crescente informalidade que, em grande parte, deve-se à alta tributação e à necessidade de praticar preços competitivos para obter maior lucratividade. Sem contar os valores referentes ao imposto de renda, é estimada em 53% a carga incidente sobre as vendas de joias no mercado interno. Além da informalidade, isso resulta em evasão fiscal e em falta de incentivo e de competitividade para o desenvolvimento de uma indústria joalheira e de lapidação no Brasil.

---

<sup>7</sup> Não existem elementos no Relatório Técnico 56 (Watkins *et al.*, 2009) que permitam o preenchimento da Sinopse.

As pesquisas realizadas mostraram que a falta de qualificação da mão-de-obra é um fator crítico no desenvolvimento da atividade sendo, portanto, necessários projetos efetivos de capacitação de pessoal visando ao aproveitamento total do seu potencial.

Um aspecto a ser considerado na exploração de minerais pegmatíticos é a presença de minerais industriais de grande interesse para a indústria, e de amostras para coleções muito valiosas para os museus e colecionadores de todo o mundo. A grande maioria das melhores espécimes de todos os museus do mundo foi obtida nas províncias pegmatíticas brasileiras. Também o artesanato mineral merece atenção, pois inúmeros minerais podem ser usados para produzir peças de excelente qualidade e de grande valor.

Estima-se que aproximadamente 80% da produção brasileira de pedra bruta e lapidada, incluindo peças de coleção, sejam exportados. As exportações de pedra bruta destinam-se principalmente para Hong Kong, Índia, China, Estados Unidos, Alemanha, Tailândia, Formosa, Japão e Itália, enquanto as pedras lapidadas vão para os Estados Unidos, Taiwan, Hong Kong, Japão, Tailândia, Alemanha, China e Índia.

Embora o setor seja historicamente um grande gerador de divisas, somente nos últimos anos passou-se a promover sistematicamente os produtos com maior valor agregado. De acordo com o Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM), a implementação desta política só foi possível com a criação do Programa Setorial Integrado de Apoio às Exportações de Gema e Joias, desenvolvido pelo IBGM em conjunto com a APEX – Brasil.

Tendências tecnológicas incluem irradiação de raios gama em quartzo, que permitiu a criação de novas gemas (green gold, beer, whisky e champagne); catação de cristais utilizando raio X (esmeralda); desenvolvimento de máquinas de lapidação mais precisas e automatizadas.

Prevê-se que as exportações brasileiras, que em 2007 atingiram US\$158 milhões, podem chegar a US\$1,021 bilhões em 2028 se forem tomadas as medidas detalhadas no Relatório Técnico 56, entre as quais qualificação de mão-de-obra, financiamento para aquisição de equipamentos, implementação de uma rede de laboratórios credenciados a emitir certificados gemológicos e desoneração fiscal.

#### 4.7. Água mineral (Caetano, 2009)

A água mineral ou potável de mesa apresenta características únicas em relação à pesquisa, lavra e aproveitamento. Além de ser um bem mineral, é também um alimento. Disseminadas por todo o território nacional, o aproveitamento das águas minerais ou potáveis de mesa tem baixo custo de investimento, frente de lavra pontual e baixa possibilidade de exaustão. Além disso, o crescimento nacional em torno de 4% ao ano, e internacional da ordem de 8%, mostra o franco crescimento da indústria de água envasada. Esse segmento também apresenta acentuado desenvolvimento no setor de equipamento de base para a implantação da indústria.

Com o crescimento que vem ocorrendo, o recebimento de uma concessão (outorga) para uso da água mineral para a indústria de envase, fabricação de bebidas e similares, ou em outras indústrias intensivas em água, já encontra dificuldade em ser obtida nos grandes centros urbanos. Como a água tratada, oferecida pelos serviços de tratamento e distribuição de água controlada pelo poder público, em muitos casos, não tem a confiança necessária da população para seu consumo, o hábito de adquirir água mineral ou potável de mesa envasada, principalmente em garrafões de 20 litros para o consumo humano, tem sido adotado por um número crescente de residências nas grandes cidades. Uma vez que a tendência do aumento da taxa de urbanização da população brasileira deve continuar e se o serviço de tratamento de água não apresentar melhorias significativas na qualidade do produto oferecido, é provável que esse hábito continue aumentando.

O envasamento de água é uma atividade desenvolvida mundialmente por empresas dos setores de alimentos, como a Nestlé e Danone, e de bebidas como Coca-Cola e Pepsi-Cola, que dominam o mercado internacional das águas envasadas. No Brasil, apesar da presença de alguns grandes grupos empresariais, entre os quais se destaca o Grupo Edson Queiroz (maior produtor, com 12% de participação na produção em 2005), o setor é pulverizado em centenas de pequenas e micro empresas. Existem 390 indústrias de água envasada instaladas no Brasil, sendo que a Região Sudeste (48%) e o estado de São Paulo (34%) são os maiores produtores e consumidores.

Em países onde a água envasada é destaque na economia mundial como nos Estados Unidos, na França e na Alemanha, a legislação não considera a água envasada como um bem mineral e sim como um produto alimentar. O mercado brasileiro de águas minerais difere do mercado internacional europeu e norte americano por dois fatores: 1) as águas envasadas no Brasil, em quase sua totalidade, são águas classificadas como minerais; 2) as empresas que envasam água mineral no País ainda não estão ligadas a grandes grupos internacionais, com exceção da Empresa de Águas São Lourenço, que pertence à Nestlé.

Dessa forma, enquanto em nível internacional gigantes da indústria de alimentos, como a Nestlé e a Danone, têm adquirido empresas de água envasada em diversos países dos cinco continentes, no Brasil tem ocorrido a pulverização do setor, com inúmeras pequenas e médias empresas instaladas em todo o território nacional.

Atualmente, a maior parcela da produção e consumo da água mineral no Brasil está vinculada aos garrafões retornáveis de 20 litros. A aquisição da água mineral nessas embalagens torna-se mais acessível ao consumidor final, bem como ao minerador, uma vez que tais embalagens comportam um volume elevado de água mineral, sendo retornáveis, necessitando apenas de limpeza e da troca de rótulos, tampas e lacres. Na comercialização das águas envasadas, além da força da marca, investimentos em distribuição e marketing são fundamentais.

A água mineral envasada tem um valor muito baixo, que não permite que ela seja transportada a longas distâncias. A maioria dos pequenos empresários estabelece um raio máximo de 100 km de distância entre a indústria e seus distribuidores. Já as grandes empresas conseguem atingir mercados de até 800 km ou mais. De qualquer forma, o próprio mercado produtor, estabelecido em todas as Unidades da Federação, está bastante próximo dos consumidores, evitando dessa forma custos de frete elevados.

O setor de água mineral não necessita, de modo geral, de pessoal especializado. Mesmo quando há necessidade de funcionários mais qualificados, não existe carência de pessoal para atender à demanda das indústrias envasadoras de água mineral.

No Brasil, existem diversas empresas capacitadas para o trabalho de pesquisa e lavra da água mineral ou potável de mesa. Também existem no País escolas de qualificação para funcionários e técnicos dessas indústrias. São oferecidos desde cursos mais simples, como o de Boas Práticas na Indústria de Alimentos, até cursos de pós-graduação na área de hidrogeologia, que possibilitam a melhoria de qualidade nos trabalhos de consultoria dos profissionais brasileiros.

Os aspectos tecnológicos mais importantes para a mineração de água mineral ou potável de mesa são os equipamentos instalados na indústria de envase da água. No início da década 80, o grande gargalo dessa indústria no Brasil era o de fabricantes de equipamentos. Porém, atualmente, o parque industrial de equipamentos conta com capacidade para servir toda a indústria de envase de água nacional. Apenas parte da linha dos descartáveis não é atendida na sua plenitude pela indústria de equipamentos nacional. Máquinas injetoras e sopradoras ainda são importadas.

O maior incentivo oferecido pelo governo brasileiro para montagem de um empreendimento de água mineral ou potável de mesa envasada é o FINAME, que oferece financiamentos, sem limite de valor, para aquisição de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional e *leasing* de equipamentos nacionais através de instituições financeiras credenciadas.

### Quadro 38. Sinopse da Água Mineral

Grupo:	Não Metálicos	Mineral:	Água Mineral	Indicadores de Comportamento Atual		
<b>Indicadores 2007</b>	<b>1.000 l*</b>	<b>% a.a.</b>	<b>per capita</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>	
<b>Produção</b>	3.801.574	9,6 s/1990		<b>Mão-de-obra 2005</b>	Nº de cooperadores	12.038
<b>Importação</b>				<b>Produtividade da MO</b>	l/ cooperador/ ano	316.000
<b>Exportação</b>				<b>Capacidade Instalada</b>	10 <sup>6</sup> t/ ano	
<b>Consumo Interno</b>	3.801.574	9,6 s/1990	25	<b>Investimento</b>	US\$/t de capacid. instalada	

\* Litro

Projeções para 2028	
<b>Demanda</b>	
- 10 <sup>6</sup> l/ ano	11.369
- relação demanda / produção	1
- % a.a.	4
- l / habitante / ano	52
<b>Produção</b>	
- 10 <sup>6</sup> l/ ano	11.369
- % a.a.	4
- l / habitante / ano	
<b>Capacidade Instalada</b>	
- Adicionada (10 <sup>6</sup> l/ ano)	
- Total (10 <sup>6</sup> l/ ano)	
<b>Investimento em reservas</b>	
-US\$ / l de reservas adicionadas	
-US\$ milhões	
<b>Investimento em produção</b>	
- US\$ / unidade de capacidade adicionada	
- US\$ milhões	
<b>Mão-de-obra</b>	
- l / cooperador/ ano	
- mão-de-obra adicionada	13.000
- mão-de-obra total	25.000

Fonte: Caetano, 2009.

## 5. Conclusões

A mineração brasileira conta com centros de pesquisa de excelência no País para o aproveitamento de seus recursos, podendo ainda buscar alternativas no exterior, notadamente, naqueles países de tradição mineira. Entre eles, podem ser citados o CETEM, CDTN, INT, POLI/USP, UFOP, IPT. Para apoio aos projetos de P&D, as empresas produtoras podem contar com o aporte de financiamentos favorecidos, ou mesmo a fundo perdido, da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), ou das organizações de amparo à pesquisa dos estados (FAPESP, FAPERJ etc.) e do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), órgão do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), que financia programas de pesquisas nos laboratórios dos institutos de pesquisas das universidades ou não, inclusive o CETEM. Os principais geradores de recursos para programas de P&D são os fundos setoriais, entre os quais o de mineração. Também empresas de mineração contam com centros de pesquisa, como é o caso da Vale, CBMM, Votorantim, entre outras.

Graças à abertura e interação da economia brasileira com o exterior, a mineração no País não sofre qualquer restrição para acessar e adquirir as tecnologias necessárias à modernização de suas unidades, comprar equipamentos e serviços de qualquer natureza, seja para lavra, seja para a concentração, ou ainda adquirir outros fatores de produção, tanto interna quanto externamente. A indústria de bens de capital brasileira é competitiva e está perfeita e globalmente integrada.

No conjunto de bens minerais metálicos, não foram identificados gargalos que inibam P,D&I nas grandes empresas. Nos últimos anos houve considerável acúmulo de conhecimento científico e tecnológico desenvolvido e aplicado para aperfeiçoar métodos, bem como processos de lavra e de concentração, especialmente no caso de bens minerais metálicos.

Com maior ou menor intensidade, serão necessários programas continuados de treinamento de pessoal, tanto para operadores quanto para o pessoal de nível médio e superior, pois a sofisticação dos processos ao longo do tempo será inevitável para todos os segmentos da mineração, e ainda mais para aqueles exportadores. Entidades como SEBRAE, SENAI, SENAC, escolas técnicas, consultoria de treinamento no trabalho, centros de treinamento, programas de estágios, deverão ser incentivados e implementados, especialmente na Região Amazônica, ainda carente de recursos humanos especializados em mineração e beneficiamento.

Para os conjuntos de bens minerais não metálicos, as situações são variáveis, havendo segmentos bem estruturados e outros carentes de aperfeiçoamento. No caso da brita para construção civil, areia para construção civil, argilas para cerâmica vermelha, de modo geral a mão-de-obra tem baixa qualificação. Na maioria das vezes, ela é formada dentro da própria empresa, com a experiência sendo passada pelos funcionários mais velhos. A produção de quartzo provém de garimpos. A mineração de titânio e de crisotila é feita de acordo com alto padrão de qualidade e qualificação de pessoal. Para a gipsita e as rochas ornamentais, a situação depende do porte e grau de organização da empresa.

No caso das argilas para cerâmica vermelha, são baixos os investimentos em equipamentos, tecnologia e qualificação da mão-de-obra, componentes fundamentais para a obtenção de um produto de maior qualidade. A falta de profissionais especializados e o baixo padrão da tecnologia utilizada nas operações de lavra reduzem a competitividade do setor minero-cerâmico brasileiro frente aos países que lideram esse segmento no mundo. No entanto, o diferencial competitivo entre a mineração nacional e as similares internacionais não ocorre no rendimento das minas, mas, sobretudo, na qualidade das matérias-primas ofertadas.

Com relação à gipsita, a percepção dos empresários captada em diagnóstico dos gargalos das empresas do Polo Gesseiro do Araripe, realizado pelo SEBRAE em 2007, revela um alto grau de importância para o desenvolvimento de tecnologia (P&D, automação, desenho de processos, *know-how* e procedimentos) como fator de competitividade. O Centro Tecnológico do Gesso, inaugurado em 2006 no Polo Gesseiro do Araripe, sob os auspícios do governo de Pernambuco e de empresários, pode vir a ser um marco em

pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva do setor, enfocando o empreendedorismo, a inovação tecnológica e a educação profissional.

Quanto ao quartzo, a vantagem comparativa do Brasil possuir grandes reservas de quartzo é apenas parcialmente aproveitada, pois o País não dominou ainda o ciclo de capacitação tecnológica para manufaturar os produtos nas qualidades e purezas desejadas. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de silício metalúrgico, mas importa todo o silício de grau eletrônico que consome. Produz-se monocristal de silício, mas se mantém a partir da importação de silício de grau eletrônico. Produz-se fibra óptica, mas importa-se o tubo de quartzo fundido de grau óptico.

Recentemente, o CETEM e a Vale estiveram envolvidos em projetos de pesquisa visando à obtenção de pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo. No caso do CETEM, os estudos conduzidos, em escala de bancada, permitiram obter um produto com especificações próximas das requeridas para bulbo de lâmpada. Quanto à Vale, os estudos desenvolvidos permitiram obter um produto de alta pureza, visando à obtenção de fundidos de quartzo, para a manufatura de: cadinhos, tubos para fibras ópticas, lâmpadas halógenas. A idéia de se produzir no País pó de quartzo de alta pureza, a partir de lascas de quartzo, visando competir com os produtos da UNIMIM, universalmente utilizados pelos fabricantes de quartzo fundido, até o momento não foi viabilizada comercialmente.

A perspectiva para o segmento de rochas ornamentais é de continuação do crescimento acentuado da produção de rochas brutas. No entanto, não se espera que o mesmo aconteça no caso do beneficiamento e acabamento, prejudicando a perspectiva de crescimento da indústria nacional fabricante de máquinas e equipamentos para essas finalidades.

Para a barita, bentonita e feldspato, foram identificadas carências no conhecimento da geologia das jazidas. Além disso, as minas atualmente em operação, salvo raras exceções, carecem de sondagem e acompanhamento geológico de detalhe nas frentes de lavra. As análises químicas são limitadas aos minerais mais importantes e aos contaminantes que penalizam o preço. A lavra do bem mineral é efetuada, em geral, quase sem planejamento. Ainda com relação ao feldspato, na Região Nordeste e no norte de Minas Gerais encontram-se as principais províncias pegmatíticas do País, onde os métodos de lavra até agora empregados são extremamente empíricos, predatórios e sem nenhuma técnica de engenharia de minas.

Os principais incentivos econômico-financeiros relativos ao calcário agrícola têm sido os programas do governo, dirigidos ao estímulo do uso e aplicação do calcário agrícola no campo, com o objetivo de melhorar a produtividade agrícola, reduzir o esgotamento dos solos das novas regiões encampadas pela agricultura brasileira, e impulsionar os benefícios comprovados da calagem no rendimento e desempenho dos fertilizantes utilizados em diversas culturas.

Para as gemas, as pesquisas realizadas mostraram que, no caso da lapidação, a falta de qualificação da mão-de-obra é um fator crítico no desenvolvimento da atividade sendo, portanto, necessários projetos efetivos de capacitação de pessoal visando ao aproveitamento total do seu potencial.

Nas operações formais de produção de diamante, o padrão tecnológico brasileiro melhorou sensivelmente nos últimos anos na lavra e beneficiamento. Nas operações informais não houve mudanças significativas nos padrões tradicionais. São nas aplicações industriais do diamante sintético que se encontram os campos mais amplos de realização de P,D&I, como, por exemplo, na produção de superabrasivos e introdução de novos materiais.

No caso de gemas coradas, o setor de lapidação brasileiro precisa investir na padronização da produção através de pedras calibradas, pois esta adequação é essencial para o atendimento da demanda da indústria joalheira e tem forte impacto nas exportações. Tendências tecnológicas incluem irradiação de raios gama em quartzo, que permitiu a criação de novas gemas e desenvolvimento de máquinas de lapidação mais precisas e automatizadas. Há necessidade de modernização dos equipamentos. No caso de gemas coradas, a fabricação de máquinas de lapidação é incipiente.

## 6. Bibliografia Consultada

ARAÚJO NETO, H. **Perfil da mineração de ouro**. Relatório Técnico 28, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009, 51 p.

BEZERRA, M. S. **Perfil da gipsita**. Relatório Técnico 34, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009, 24 p.

CAETANO, L. C. **Perfil da água mineral**. Relatório Técnico 57, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009, 44 p.

CHIODI FILHO, C. e CHIODI, D. K. **Perfil de rochas ornamentais e de revestimento**. Relatório Técnico 33, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009, 91p.

COELHO, J. M. **Perfil da areia industrial**. Relatório Técnico 44, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 64 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da barita**. Relatório Técnico 42, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 67 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da bentonita**. Relatório Técnico 43, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009c, 67 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da fluorita**. Relatório Técnico 46, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009d, 67 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil de argilas para cerâmica vermelha**. Relatório Técnico 32, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009e, 31 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil do feldspato**. Relatório Técnico 45, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009f, 54 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil do talco, pirofilita e agalmatolito**. Relatório Técnico 47, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009g, 26 p.

FARIAS, J. O. G. **Perfil do caulim**. Relatório Técnico 39, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 59 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da mineração de cobre**. Relatório Técnico 23, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 77 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da mineração de níquel**. Relatório Técnico 24, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009c, 68 p.

KULAIF, Y. **Perfil do enxofre**. Relatório Técnico 54, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 49 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil do fosfato**. Relatório Técnico 53, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 58 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil do potássio**. Relatório Técnico 52, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009c, 60 p.

LIMA, J. M. G. **Perfil da mineração de cromo**. Relatório Técnico 21, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 27 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da mineração de estanho**. Relatório Técnico 27, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 33 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da mineração de nióbio**. Relatório Técnico 21, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009c, 50 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da mineração de tantalita**. Relatório Técnico 29, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009d, 25 p.

LOBATO, E. **Perfil da grafita**. Relatório Técnico 41, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 44 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da magnesita**. Relatório Técnico 40, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 25 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da mica**. Relatório Técnico 51, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009c, 40 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil do quartzo**. Relatório Técnico 37, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009d, 33 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da zirconita**. Relatório Técnico 49, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009e, 42 p.

QUARESMA, L. F. **Perfil da mineração de bauxita**. Relatório Técnico 22, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 49 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da mineração de ferro**. Relatório Técnico 18, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 68 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da mineração de manganês**. Relatório Técnico 19, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009c, 41 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil de areia para construção civil**. Relatório Técnico 31, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009d, 38 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil de brita para construção civil**. Relatório Técnico 30, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009e, 33 p.

SANTOS, J. F. **Perfil do minério de chumbo**. Relatório Técnico 26, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 32 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil do minério de zinco**. Relatório Técnico 25, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 33 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil do titânio**. Relatório Técnico 36, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009c, 27 p.

SILVA, J. O. **Perfil do calcário**. Relatório Técnico 38, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 57 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil do calcário agrícola**. Relatório Técnico 55, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 47 p.

SZNELWAR, J. J. e SCALABRIN, R. **Perfil da crisotila**. Relatório Técnico 35, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009a, 57 p.

\_\_\_\_\_. **Perfil da vermiculita**. Relatório Técnico 48, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009b, 36 p.

WATKINS, J. M. **Perfil do diamante: gema e industrial**. Relatório Técnico 50, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009, 102 p.

WATKINS, J. M. et al. **Perfil das gemas coradas**. Relatório Técnico 56, Projeto ESTAL, MME/SGM – Banco Mundial. Brasília: J. Mendo Consultoria, 2009, 174 p.

## 7. APÊNDICE

## Projeções da Demanda

	2011	2015	2019	2023	2027	2030
<b>Grupo dos metálicos ferrosos</b>						
Min. de ferro (10 <sup>3</sup> t)	127.157	140.358	154.167	171.012	188.766	203.280
Min. manganês(10 <sup>3</sup> t)	1.998	2.311	2.672	3.090	3.573	3.985
Minério de nióbio (t)	144.776	169.694	198.890	233.132	273.256	307.820
Min.de cromo (10 <sup>3</sup> t)	483	622	800	1.029	1.323	1.599
<b>Grupo dos met. não ferrosos</b>						
Min. alumínio (10 <sup>3</sup> t)	23.900	29.608	36.680	45.440	56.292	66.100
Min. de cobre (t)	392.081	430.343	474.891	528.528	591.629	647.239
Minério de níquel (t)	29.481	36.383	44.333	49.376	57.034	63.585
Minério de zinco (t)	287.036	331.933	383.854	443.896	513.329	572.443
Min. de chumbo (t)	219.965	250.470	285.205	324.757	369.794	407.625
Min. de estanho (t)	11.353	12.337	13.406	14.569	15.832	16.850
Minério de ouro	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Minério de tantalita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Grupo dos não metálicos</b>						
Brita (10 <sup>6</sup> t)	216,02	258,59	309,56	370,57	443,60	507,68
Areia con.civil (10 <sup>6</sup> t)	352	421	504	604	723	827
Argilas c. ver. (10 <sup>6</sup> t)	204	244	292	350	418	479
Roch. ornam. (10 <sup>6</sup> t)	5,6	6,9	8,4	10,4	12,8	14,9
Gipsita (10 <sup>6</sup> t)	2,20	2,64	3,16	3,78	4,52	5,18
Crisotila (10 <sup>3</sup> t)	156,3	198,1	251,1	318,2	403,2	481,6
Titânio (10 <sup>3</sup> t)	65,3	85,9	113,0	148,7	195,7	240,4
Quartzo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Calcário (10 <sup>3</sup> t)	118.979	131.843	146.099	161.896	179.402	193.762
Caulim (t)	485.498	509.225	534.111	560.214	587.592	609.000
Magnesita (10 <sup>3</sup> t)	329,5	379,6	437,3	503,8	580,3	645,3
Grafita (10 <sup>3</sup> t)	78,6	101,1	130,0	167,3	215,2	260,0
Barita (10 <sup>3</sup> t)	112,2	121,2	131,0	141,5	152,9	162,0
Bentonita (t)	305.729	328.343	352.630	378.713	406.725	429.086
Areia industrial (10 <sup>6</sup> t)	7,2	10,6	15,7	23,3	34,4	46,2
Feldspato (t)	190.476	227.146	270.876	323.025	385.213	439.592
Fluorita GA (t)	62.698	73.631	86.469	101.546	119.252	134.530
Fluorita GM (t)	51.542	69.347	93.302	125.531	168.894	210.990
Talco, pir. agalm.(t)	409.315	417.563	425.977	434.560	443.317	450.000
Vermiculita (t)	19.130	24.243	30.722	38.932	49.336	58.927
Zirconita (t)	51.257	59.001	67.915	78.175	89.985	100.000
Mica (t)	4.270	5.271	6.359	7.670	9.253	10.650
Potássio (10 <sup>3</sup> t)	5.799	7.716	10.266	13.660	18.174	22.515
Fosfato (10 <sup>6</sup> t)	9,4	11,6	14,3	17,6	21,8	25,5
Enxofre (10 <sup>3</sup> t)	2.898	3.496	4.217	5.086	6.136	7.062
Calcário agríc.(10 <sup>3</sup> t)	23.695	24.853	26.067	27.341	28.677	29.722
Diamante	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gemas coradas	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Água mineral (10 <sup>6</sup> l)	5.396	6.313	7.385	8.640	10.107	11.369

Obs.: As fontes das previsões para o ano 2030 foram as Sinopses dos respectivos bens minerais. Quando foram feitas previsões para mais de um cenário, considerou-se o Cenário Inovador. Os valores intermediários, correspondentes aos anos finais dos PPAs, foram interpolados utilizando a taxa de crescimento da demanda constante em cada Sinopse.

nd: não disponível; GA: grau ácido; GM: grau metalúrgico.

## Projeções da Produção

	2011	2015	2019	2023	2027	2030
<b>Grupo dos metálicos ferrosos</b>						
Min. de ferro (10 <sup>3</sup> t)	401.985	454.197	513.191	579.847	655.162	718.000
Min.manganês(10 <sup>3</sup> t)	4.397	4.988	5.657	6.417	7.279	8.000
Minério de nióbio(t)	144.776	169.694	198.890	233.132	273.256	307.820
Min.de cromo (10 <sup>3</sup> t)	483	622	800	1.029	1.323	1.599
<b>Grupo dos met. não ferrosos</b>						
Min. alumínio (10 <sup>3</sup> t)	30.998	38.256	47.213	58.268	71.910	84.200
Min. de cobre (10 <sup>3</sup> t)	235.500	662.500	674.000	500.000	444.000	374.000
Minério de níquel	175.200	216.000	216.000	216.000	189.000	189.000
Minério de zinco (t)	229.161	271.193	320.934	379.798	449.459	509.968
Min. de chumbo (t)	17.765	21.185	25.264	30.128	35.928	41.000
Min. de estanho (t)	12.698	13.477	14.305	15.182	16.114	16.850
Minério de ouro (t)	53,4	57,4	61,6	66,2	71,1	75,0
Minério de tantalita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Grupo dos não metálicos</b>						
Brita (10 <sup>6</sup> t)	217	260	312	373	446	511
Areia con.civil (10 <sup>6</sup> t)	352	421	504	604	723	827
Argilas c. ver. (10 <sup>6</sup> t)	204	244	292	350	418	479
Roch. ornam. (10 <sup>6</sup> t)	9,73	11,96	14,70	18,08	22,23	25,95
Gipsita (10 <sup>6</sup> t)	2,20	2,64	3,16	3,78	4,52	5,18
Crisotila (10 <sup>3</sup> t)	281,5	310,7	343,0	378,5	417,9	450
Titânio (10 <sup>3</sup> t)	81,2	90,0	96,7	110,5	122,4	132,2
Quartzo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Calcário (10 <sup>3</sup> t)	118.979	131.843	146.099	161.896	179.402	193.762
Caulim (10 <sup>6</sup> t)	3,41	3,47	3,53	3,59	3,65	3,70
Magnesita (10 <sup>3</sup> t)	352,5	436,7	541,0	670,2	830,3	975
Grafita (10 <sup>3</sup> t)	99,7	128,3	165,1	212,3	273,2	330,0
Barita (10 <sup>3</sup> t)	40,9	50,6	62,7	77,7	96,2	113,0
Bentonita (t)	251.891	272.654	295.130	319.458	345.792	366.957
Areia indust. (10 <sup>6</sup> t)	7,3	10,8	16,0	23,7	35,0	47,0
Feldspato (t)	202.196	245.770	298.735	363.115	441.368	510.939
Fluorita GA (t)	40.444	36.549	33.029	29.847	26.973	25.000
Fluorita GM (t)	27.833	37.447	50.383	67.787	91.203	113.935
Talco, pir. agalm.(t)	409.315	417.563	425.977	434.560	443.317	450.000
Vermiculita (10 <sup>3</sup> t)	74	74	74	74	74	74
Zirconita (t)	27.461	28.171	28.899	29.646	30.412	31.000
Mica (t)	4.854	5.855	7.063	8.520	10.278	11.830
Potássio (10 <sup>3</sup> t)	477	634	844	1.122	1.493	1.850
Fosfato (10 <sup>6</sup> t)	7,0	8,0	9,2	10,5	12,1	13,4
Enxofre (10 <sup>3</sup> t)	508	541	577	614	655	687
Calcário agríc.(10 <sup>3</sup> t)	23.695	24.853	26.067	27.341	28.677	29.722
Diamante	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gemas coradas	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Água mineral (10 <sup>6</sup> l)	5.396	6.313	7.385	8.640	10.107	11.369

Obs.: As fontes das previsões para o ano 2030 foram as Sinopses dos respectivos bens minerais. Quando foram feitas previsões para mais de um cenário, considerou-se o Cenário Inovador. Os valores intermediários, correspondentes aos anos finais dos PPAs, foram interpolados utilizando a taxa de crescimento da produção constante em cada Sinopse.

nd: não disponível; GA: grau ácido; GM: grau metalúrgico.

## Projeções dos Investimentos em Produção (US\$ mil)

	2008-2011	2012-2015	2016-2019	2020-2023	2024-2027	2028-2030
<b>Grupo dos metálicos ferrosos</b>						
Min. de ferro (10 <sup>3</sup> )	1.760.000	1.989.000	2.248.000	2.539.000	2.869.000	2.394.000
Min.manganês(10 <sup>3</sup> )	27.836	31.574	35.814	40.623	46.077	38.575
Min. de nióbio (10 <sup>3</sup> )	158.486	185.763	217.734	255.209	299.132	257.675
Minério de cromo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Grupo dos met. não ferrosos</b>						
Min. alumínio (10 <sup>3</sup> )	243.866	300.963	371.429	458.393	565.719	509.629
Min. de cobre (10 <sup>6</sup> )	193	3.093	359	0	0	0
Min. de níquel (10 <sup>6</sup> )	1.366	0	0	0	0	0
Min. de zinco (10 <sup>3</sup> )	142.373	168.486	199.389	235.960	279.239	242.553
Minério de chumbo	0	0	0	0	0	0
Minério de estanho	0	0	0	0	0	0
Min. de ouro (10 <sup>6</sup> )	1.694	1.819	1.954	2.099	2.254	1.799
Minério de tantalita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Grupo dos não metálicos</b>						
Brita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Areia con. civil (10 <sup>6</sup> )	179	215	257	308	368	323
Argilas c. ver. (10 <sup>6</sup> )	86,7	103,8	124,3	148,8	178,1	156,3
Roch. ornam. (10 <sup>6</sup> )	100,6	123,7	152,1	187,0	230,0	206,5
Gipsita (10 <sup>6</sup> )	217,4	260,2	311,5	372,9	446,4	391,6
Crisotila (10 <sup>6</sup> )	21,7	24,0	26,5	29,2	32,2	26,4
Titânio (10 <sup>6</sup> )	4,07	4,51	4,99	5,53	6,13	5,03
Quartzo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Calcário (10 <sup>6</sup> )	12,09	13,40	14,85	16,46	18,24	14,96
Caulim (10 <sup>6</sup> )	70,10	71,31	72,55	73,80	75,08	57,16
Magnesita (10 <sup>6</sup> )	16,1	19,9	24,7	30,6	37,9	34,3
Grafita (10 <sup>6</sup> )	32,1	41,3	53,1	68,4	87,9	82,1
Barita (10 <sup>3</sup> )	984,4	1.219,5	1.510,7	1.871,5	2.318,5	2.095,5
Bentonita (10 <sup>6</sup> )	29,1	31,6	34,2	37,0	40,0	32,2
Areia industr. (10 <sup>6</sup> )	10,0	14,8	21,9	32,5	48,1	50,7
Feldspato (10 <sup>6</sup> )	3,3	4,0	4,9	6,0	7,3	6,5
Fluorita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Talco, pir. e agalm.	46.086	47.015	47.962	48.928	49.914	38.095
Vermiculita (10 <sup>6</sup> )	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
Zirconita (10 <sup>3</sup> )	231,9	237,9	244,0	250,4	256,8	197,0
Mica	69.652	84.020	101.351	122.256	147.474	130.246
Potássio (10 <sup>3</sup> )	106,6	141,9	188,8	251,2	334,2	321,3
Fosfato (10 <sup>6</sup> )	733,9	842,1	966,4	1.108,9	1.272,5	1.076,1
Enxofre	0	0	0	0	0	0
Calcário agríc. (10 <sup>6</sup> )	4,6	4,9	5,1	5,4	5,6	4,4
Diamante	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gemas coradas	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Água mineral	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Obs.: As fontes dos valores totais dos investimentos previstos para aumento da produção foram as Sinopses dos respectivos bens minerais. Quando foram feitas previsões para mais de um cenário, considerou-se o Cenário Inovador. Os valores totais foram distribuídos dentro de cada período de PPA supondo que cresçam à mesma taxa prevista para a produção.  
nd: não disponível.

## Projeções dos Investimentos em Reservas (US\$ mil)

	2008-2011	2012-2015	2016-2019	2020-2023	2024-2027	2028-2030
<b>Grupo dos metálicos ferrosos</b>						
Min. de ferro (10 <sup>3</sup> )	6.634	7.495	8.469	9.569	10.812	9.021
Min.manganês(10 <sup>3</sup> )	1.035	1.174	1.332	1.511	1.713	1.435
Minério de nióbio	0	0	0	0	0	0
Minério de cromo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Grupo dos met. não ferrosos</b>						
Min. alumínio (10 <sup>3</sup> )	14.134	17.444	21.528	26.568	32.789	29.538
Minério de cobre	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Min. de níquel (10 <sup>6</sup> )	270	0	0	0	0	0
Min. de zinco (10 <sup>3</sup> )	7.298	8.637	10.221	12.096	14.314	12.434
Minério de chumbo	0	0	0	0	0	0
Min. estanho (10 <sup>3</sup> )	9.256	9.824	10.427	11.067	11.746	9.280
Min. de ouro (10 <sup>6</sup> )	71,4	76,7	82,4	88,5	95,0	75,9
Minério de tantalita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Grupo dos não metálicos</b>						
Brita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Areia p/ const. civil	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Argilas c. ver. (10 <sup>6</sup> )	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	3,6
Roch. ornamentais	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gipsita (10 <sup>3</sup> )	25,4	30,4	36,4	43,6	52,2	45,8
Crisotila	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Titânio (10 <sup>6</sup> )	1,17	1,30	1,44	1,59	1,77	1,45
Quartzo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Calcário	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Caulim	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Magnesita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Grafita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Barita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Bentonita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Areia industrial	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Feldspato	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluorita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Talco, pir. e agalm.	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Vermiculita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zirconita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mica	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Potássio	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fosfato	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Enxofre	0	0	0	0	0	0
Calcário agrícola	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Diamante	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gemas coradas	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Água mineral	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Obs.: As fontes dos valores totais dos investimentos previstos para aumento das reservas foram as Sinopses dos respectivos bens minerais. Quando foram feitas previsões para mais de um cenário, considerou-se o Cenário Inovador. Os valores totais foram distribuídos dentro de cada período de PPA supondo que cresçam à mesma taxa prevista para a produção.  
nd: não disponível.

## Projeções dos Recursos Humanos

	2011	2015	2019	2023	2027	2030
<b>Grupo dos metálicos ferrosos</b>						
Minério de ferro	25.754	29.099	32.878	37.149	41.974	46.000
Min. de manganês	2.199	2.494	2.829	3.208	3.639	4.000
Minério de nióbio	3.386	3.969	4.652	5.453	6.392	7.200
Minério de cromo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Grupo dos met. não ferrosos</b>						
Minério de alumínio	2.209	2.726	3.364	4.152	5.124	6.000
Minério de cobre	4.597	12.931	13.156	9.759	8.666	7.300
Minério de níquel	5.098	6.286	6.286	6.286	5.500	5.500
Minério de zinco	1.635	1.935	2.289	2.709	3.206	3.638
Minério de chumbo	0	0	0	0	0	0
Minério de estanho	3.429	3.639	3.863	4.100	4.351	4.550
Minério de ouro	21.375	22.956	24.654	26.478	28.437	30.000
Minério de tantalita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Grupo dos não metálicos</b>						
Brita	25.104	30.052	35.975	43.066	51.553	59.000
Areia p/ const. civil	62.974	75.385	90.243	108.029	129.320	148.000
Argilas p/ cer. verm.	4.255	5.094	6.097	7.299	8.738	10.000
Roch. ornamentais	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gipsita	657	787	942	1.128	1.350	1.545
Crisotila	742	819	904	998	1.101	1.186
Titânio	643	712	789	875	969	1.047
Quartzo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Calcário	16.657	18.458	20.454	22.666	25.116	27.127
Caulim	2.311	2.351	2.391	2.433	2.475	2.507
Magnesita	260	322	399	495	613	720
Grafita	233	299	385	495	637	770
Barita	128	159	197	244	302	355
Bentonita	375	406	440	476	515	547
Areia industrial	2.205	3.263	4.830	7.149	10.582	14.200
Feldspato	613	746	906	1.102	1.339	1.550
Fluorita	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Talco, pir. e agalm.	1.519	1.550	1.581	1.613	1.645	1.670
Vermiculita	130	130	130	130	130	130
Zirconita	292	300	308	316	324	330
Mica	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Potássio	710	945	1.257	1.673	2.225	2.757
Fosfato	3.303	3.790	4.349	4.991	5.727	6.350
Enxofre	0	0	0	0	0	0
Calcário agrícola	3.348	3.512	3.683	3.864	4.052	4.200
Diamante	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gemas coradas	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Água mineral	11.866	13.882	16.240	18.998	22.225	25.000

Obs.: As fontes das previsões para o ano 2030 foram as Sinopses dos respectivos bens minerais. Quando foram feitas previsões para mais de um cenário, considerou-se o Cenário Inovador. Os valores intermediários, correspondentes aos anos finais dos PPAs, foram interpolados utilizando a taxa de crescimento da produção constante em cada Sinopse.  
nd: não disponível.

## **RELAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES COM CURSOS DE ENGENHARIA DE MINAS NO BRASIL (2009)**

- Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP), Palmas, TO.
- Faculdade do Noroeste de Minas (FINOM), Paracatu, MG.
- Faculdade Kennedy de Belo Horizonte (FKBH), Belo Horizonte, MG.
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Cachoeiro do Itapemirim, ES.
- Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP.
- Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), João Monlevade, MG.
- Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, BA.
- Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB.
- Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão, GO.
- Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG.
- Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto, MG.
- Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE.
- Universidade Federal do Pará (UFPA), Marabá, PA.
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.
- Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), Conselheiro Lafaiete, MG.
- Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Poços de Caldas, MG.

Fonte: Ministério da Educação