



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 41

A Mineração Brasileira

Relatório Técnico 41

Perfil da Grafita

CONSULTOR

Emílio Lobato

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Setembro de 2009

SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	3
2. CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO PRODUTIVO.....	3
2.1. PRINCIPAIS ESTATÍSTICAS BRASILEIRAS DE GRAFITA.....	6
2.2. PREÇOS	6
2.3. MAIORES EMPRESAS PRODUTORAS	7
2.4. PORTE DAS MINAS RESPONSÁVEIS PELA LAVRA DE GRAFITA NO BRASIL.....	8
2.5. MÃO DE OBRA UTILIZADA	9
3. INFORMAÇÕES SOBRE O PARQUE PRODUTIVO	11
3.1. PROVÍNCIA GRAFÍTICA DE ITAPECERICA, MINAS GERIAS.....	15
3.2. PROVÍNCIA GRAFÍTICA DE PEDRA AZUL, MINAS GERAIS	15
3.3. PROVÍNCIA GRAFÍTICA DE MAIQUINIQUE, BAHIA	16
4. ESTOQUE E EXPEDIÇÃO	17
5. INVESTIMENTOS REALIZADOS NAS EMPRESAS RESPONSÁVEIS PELA GRAFITA NO BRASIL	18
5.1. Usos	19
5.3. ESPECIFICAÇÕES DA GRAFITA	21
5.4. CONSUMO	22
5.5. PRODUÇÃO MINERAL	25
5.6. TENDÊNCIAS DO MERCADO INTERNACIONAL.....	27
6. TECNOLOGIA	30
6.1. LAVRA	30
6.2. PROCESSAMENTO	31
7. INCENTIVOS.....	32
8. CONCLUSÕES GERAIS	32
9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	33

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

A grafita corresponde a uma das três formas alotrópicas do carbono. As outras são o carbono amorfo e o diamante. Cristaliza-se no sistema hexagonal regular com simetria rômica. Em geral, seus cristais são tubulares, de contorno hexagonal e plano basal bem desenvolvido. O mineral pode ser classificado em três tipos comerciais: grafita em flocos, em veio cristalino e amorfa, por fim, subdivididos em várias grades baseando-se no teor de carbono, tamanho da partícula e tipos de impurezas.

A grafita é utilizada em diversas aplicações na indústria sendo as principais: tijolos e peças refratárias, cátodo de baterias alcalinas, aditivo na re-carburação do ferro e do aço, lubrificantes sólidos ou a base de óleo e água, escovas de motores elétricos, minas de lápis e lapiseiras, gaxetas de vedação.

No Brasil, em 2007 o consumo aparente da grafita natural foi de 61.640 toneladas, apresentando decréscimo de 1,3% em relação ao ano de 2006; sendo observado que o consumo aparente está relativamente estável ao longo dos últimos três anos.

A demanda projetada para a grafita para o ano de 2010 é de 51 mil toneladas, que, cotejado com aquele verificado em 1997, de 29,3 mil toneladas, indica a necessidade de suprimento adicional de 21,7 mil toneladas para atendimento ao aumento esperado do consumo.

A China domina a produção mundial de grafite tipo “flake” e amorfo, com acesso a recursos substanciais e baixo custo de mão-de-obra, sendo provavelmente o foco de futuros investimentos. Nota característica deste mercado é que os principais importadores de grafite natural, são também exportadores, sendo: Japão, USA, UK, Alemanha e França.

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.

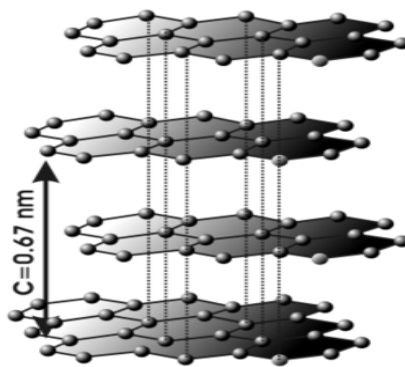
Os recursos mundiais de grafita da ordem de 600 milhões de toneladas são do tipo flake cristalino, 70 milhões de toneladas do tipo lump e 800 milhões de toneladas do tipo amorfo. Os depósitos mais importantes de grafita do tipo amorfo são encontrados no México, Áustria, Coréia e CEI; do tipo lump as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

As reservas brasileiras de grafita são da ordem de 40 milhões de toneladas do tipo flake cristalino, com teor variando de 10% a 18% de carbono.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO PRODUTIVO

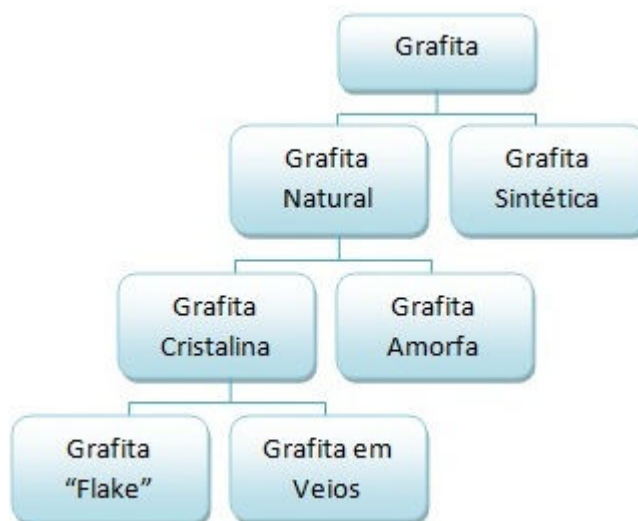
A grafita é um elemento nativo de fórmula química C (carbono), polimórfico com o Diamante. Distingue-se deste pela dureza muito baixa, cor, sistema cristalino.

Os átomos de carbono na grafita estão organizados em anéis ordenados no sistema hexagonal. O conjunto desses anéis ordenados formam lâminas conhecidas como Grafeno, que, por sua vez, estão empilhadas no sentido paralelo ao eixo cristalográfico "c". Veja abaixo:



Os átomos de carbono no plano dos Grafeno ou basal apresentam uma forte ligação covalente. As ligações entre os planos são fracas e podem ser mecanicamente rompidas, dando a grafita sua característica de maciez e lubrificidade. Uma camada de Grafeno, rompida do cristal de grafita, proporcionará um filme resistente e altamente lubrificante, que, de forma efetiva, preencherá espaços e diminuirá o atrito entre as superfícies de contato.

Os principais tipos de grafita são:



A grafita natural cristalina é uma das formas cristalinas do carbono que ocorre naturalmente. A anisotropia extrema torna a grafita um mineral de propriedades únicas, sendo responsável por uma resistividade elétrica de 5×10^3 ohm.m no sentido perpendicular ao plano e 5×10^{-6} ohm.m no sentido paralelo ao plano. A grafita, portanto, é um semicondutor no sentido perpendicular ao plano e um condutor metálico no sentido paralelo ao plano.

Na sua forma física, a grafita natural cristalino apresenta morfologia planar, usualmente com diâmetro muito maior que a espessura da partícula. Sua cor varia do preto ao cinza e apresenta um brilho metálico nas partículas maiores, conhecidas como flocos ou "flakes".

O mineral pode ser classificado em três tipos comerciais: grafita em flocos, em veio cristalino e amorfa, e por fim, subdivididos em vários "graus" baseando-se no teor de carbono, tamanho da partícula e tipos de impurezas. A grafita natural tem a sua equivalente comercial que é a grafita sintética. Neste contexto, tem-se a grafita primária ou eletrografita, a secundária e, por último, a fibrosa.

Grafita em flocos - Como o próprio nome indica, tem a morfologia de flocos. Os ambientes geológicos típicos incluem o contato, ou metamorfismo regional em depósitos de calcários ou argilas, com material orgânico. Os flocos podem ocorrer segundo distribuição homogênea em todo o corpo do minério ou concentrados em lentes na forma de pacotes. A concentração de carbono no

minério pode variar entre 5 e 40%. No entanto, esse teor pode ainda variar o suficiente para, meramente, colorir a rocha, como acontece com os veios existentes nos mármore. As impurezas são, usualmente, minerais comuns de rochas metassedimentares, tais como: quartzo, feldspato, mica, anfibólio e granada. Todos possuem facilidade de remoção, desde que não seja necessária uma moagem muito fina do minério. Lentes de rochas contendo grafita podem atingir a espessura de 35 mm ou mais. Em termos de diâmetro dos flocos de grafita, pode variar desde 1 mm a mais de 2,5 cm, com média de 0,25 cm. Os flocos de grafita diferem em dureza e densidade, entre os jazimentos e, até mesmo, dentro do próprio jazimento.

Grafita em veio cristalino - Esta é a única forma natural do carbono, também chamada de lump ou grafita altamente cristalina. Encontrada em veios cristalinos bem definidos ou acumulada em pacotes ao longo dos contatos intrusivos entre pegmatitos e calcário. Essa forma de grafita exibe uma morfologia acicular com cristais orientados perpendicularmente à rocha encaixante. As impurezas incluem: quartzo, feldspato, pirita, piroxênio, apatita e calcita. Esses depósitos, relativamente raros, fornecem grafita maciça, cujos grãos podem ocorrer segundo vários tamanhos, desde aquele do minério lump, até os microcristais.

Grafita amorfa - O termo amorfo é uma designação incorreta, uma vez que se trata de um material com uma estrutura verdadeiramente microcristalina.

A grafita amorfa possui, caracteristicamente, uma aparência preta terrosa e macia ao tato. Certos depósitos dessa forma do mineral foram formados por metamorfismo de contato, enquanto outros são provavelmente resultados da dinâmica (regional) do metamorfismo. A grafita amorfa pode ser encontrada com teor de carbono que varia entre 75 e 90%, e seu tamanho pode variar desde 75 mm até 5 µm. Todavia os depósitos viáveis economicamente exigem um teor mínimo de carbono da ordem de 8%. A natureza e a quantidade das impurezas dependem da rocha que deu origem ao jazimento. O teor de carbono contido em tais depósitos amorfos tem relação com a quantidade de sedimentos destes depósitos.

A grafita natural é largamente distribuída na natureza em rochas ígneas, sedimentares, metamórficas e em meteoritos de ferro-níquel. A qualidade de um depósito de grafita depende de características físicas dos cristais. As concentrações de origem metamórficas são as que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico. Há ocorrência de grafita natural em quase todos os estados brasileiros, mas as reservas brasileiras economicamente exploráveis estão localizadas, principalmente, nos Estados de Minas Gerais, do Ceará e da Bahia, totalizando 152,6 milhões de toneladas. A melhor ocorrência grafítica, bem como a maior cristalização está no município de Pedra Azul/MG. O Distrito de Pedra Azul compreende uma série de ocorrências de grafita localizadas ao norte; sendo uma das maiores reservas brasileiras. Em 2007, a produção mundial estimada 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. Assim, ocupando em 3º lugar na classificação mundial dos principais produtores.

A China e Índia são os principais produtores mundiais, respondendo por 81,5% da produção mundial em 2007. O Brasil tem 34,8% do total das reservas mundiais e ocupa o segundo lugar no mundo em reservas medida e indicada.

Discriminação	Produção (10 ³ t)				
	Países	2005 ^(r)	2006 ^(r)	2007 ^(p)	%
Brasil		77	76	77	7,5
Canadá		30	28	28	2,7
China		720	720	720	69,9
Coréia do Norte		32	32	32	3,1
Índia		130	120	120	11,6
Madagascar		15	15	15	1,5
México		11	13	11	1,1
República Tcheca		10	3	3	0,3
Outros países		35	23	24	2,3
TOTAL		1060	1030	1030	100

Fonte: Sumário Mineral – DNPM

2.1. Principais Estatísticas brasileiras de Grafita

Discriminação			2005 ^(r)	2006 ^(r)	2007 ^(p)
Produção:	Concentrado	(t)	75.515	76.194	77.163
Importação:	Concentrado	(t)	1.965	849	868
		(10 ³ US\$-FOB)	1.796	1.281	1.478
Exportação:	Concentrado	(t)	15.685	16.188	16.391
		(10 ³ US\$-FOB)	13.591	13.798	12.619
Consumo Aparente: ⁽¹⁾	Concentrado	(t)	61.795	60.855	61.640
Preços:	Bens Primários ⁽²⁾	(US\$/t-FOB)	914	1.509	1.703
	Bens Primários ⁽³⁾	(US\$/t-FOB)	866	852	770

Fonte: Sumário Mineral – DNPM

2.2. Preços

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. O teor de grafita varia de depósito a depósito; como resultado, as proporções entre grafita microcristalina e carbono também variam. Adicionalmente, há também uma tendência pela procura de produtos mais leves e resistentes. Desse modo, o mercado apresenta-se promissor. Estima-se que a demanda de grafita com alta qualidade e alto teor de carbono esteja avaliada em mil t/ano, para aplicações apenas em baterias e células a combustíveis.

A imposição, pela China, de sobretaxas a exportação de grafita, já começou a refletir nos preços de alguns tipos de *flake* a partir do mês de Agosto de 2007, sendo:

- *Flake* cristalino grande, 94 a 97% carbono, +80 mesh – 880-990 USD/mt
- *Flake* cristalino médio, 94 a 97% carbono, +100-80 mesh – 800-900 USD/mt
- *Flake* cristalino fino, 94 a 97%% carbono, +100 mesh – 650-800 USD/mt

Outro fator que tem contribuído com o aumento dos preços no mercado mundial são a situação dos portos na China e o aumento dos preços dos fretes marítimos.

Tipo	2004	2005	2006	2007
Floco Cristalino Grande, 94% a 97% carbono, +80 mesh	570-750	660-795	800-950	800-950
Floco Cristalino Grande, 90% carbono, +80 mesh	480-550	570-655	570-655	570-655
Floco Cristalino Médio, 94% a 97% carbono, +100-80 mesh	560-640	630-710	730-810	730-810
Floco Cristalino Médio, 90% carbono, +100-80 mesh	370-410	440-495	440-495	440-495
Floco Cristalino Médio, 85% a 87% carbono, +100-80 mesh	230-350	450-555	420-475	420-475
Floco Cristalino Fino, 94% a 97% carbono, +100 mesh	450-600	525-640	600-750	600-750
Floco Cristalino Fino, 90% carbono, -100 mesh	350-400	410-475	410-475	410-475
Pó Amorfo, 80% a 85% carbono	NA	240-260	240-260	240-260
Sintético 99,95% carbono, fronteira Suíça	NA	2.007	3,00-10,00	3,25-11,50

Fonte: 2004 e 2005 - USGS Minerals Yearbook; 2006 e 2007 - Minerals Pricewatch

Descrição	Tamanho	% C	Preço (US\$/t)
Powder "amorfo"	-	80-85%	400
Crystalline fine	-100 mesh	90%	550
Crystalline medium	+100-80 mesh	85-87%	650-750
Crystalline fine	-100 mesh	94-97%	700-1050
Crystalline medium	+100-80 mesh	94-97%	950-1200
Crystalline medium flake	-	90%	650-750
Crystalline large flake	-	90%	1000-1250
Crystalline large flake	+80 mesh	94-97%	1050-1300
Sintética	-	99,95%	6,2 - 19 per kg

Fonte: Industrial Minerals, Julho 2009.

2.3. Maiores Empresas Produtoras

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

2.3.1. Nacional de Grafite Ltda.:

Empresa brasileira, fundada em 1939, a Nacional de Grafite concentra suas atividades na mineração e no beneficiamento do grafite natural cristalino de alta qualidade. Em suas três plantas, todas localizadas próximas a importantes jazidas, no estado de Minas Gerais, Brasil, a Nacional de Grafite beneficia o minério, gerando cerca de 70.000 toneladas anuais de grafite de diferentes características. As três unidades de produção estão situadas nos municípios de Itapeçerica, Pedra Azul e Salto da Divisa. Os produtos da Nacional de Grafite são comercializados nos cinco continentes diretamente ou através de distribuidores e estão presentes em diversas aplicações na indústria mundial. Na unidade de Itapeçerica, Minas Gerais, ela conta com um moderno centro de pesquisas. A capacidade anual instalada é de 56 mil toneladas. Os produtos são demandados principalmente pelas indústrias de refratários, de baterias, de lubrificantes, de metais e automobilística. A sede comercial e administrativa da empresa situa-se na cidade de São Paulo.

Em 2004 a produção da Nacional de Grafite na unidade de Itapeçerica foi de 10.530 toneladas, na unidade de Pedra Azul foram produzidas 35.041 toneladas. A produção de Salto da Divisa 8.736 toneladas foi parcialmente de produtos semiacabados que foram transferidos para reprocessamento na unidade de Itapeçerica. O minério de grafita natural depois de lavrado é concentrado em produtos cujo teor de carbono fixo variam de 89,0 a 94%, e se dividem, quanto a granulometria, em três tipos: grafita granulada (*lump*), grafita de granulometria intermediária e grafita fina.

O seu sistema de qualidade é certificado pela norma ISO 9002 desde 1994. A Nacional de Grafite foi uma das primeiras empresas brasileiras a obter a certificação.

2.3.2. Extrativa Metalquímica S/A:

Localizada em Maiquinique no estado da Bahia, iniciou em 2002 a sua atividade de exploração e beneficiamento de grafita cristalina natural de alta qualidade. A mina está localizada no topo da Serra do Macal, a cerca de 14km de Maiquinique. Uma região de grande riqueza geológica na divisa de Bahia com Minas Gerais.

A empresa Extrativa Metalquímica S/A produziu 4.718 toneladas, no município de Maiquinique, no estado da Bahia; em relação à quantidade produzida, em 2003, de 2.501 toneladas, a Extrativa Metalquímica aumentou sua produção em 53% no ano de 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 e Controle de Qualidade Total.

2.3.3. Grafita MG:

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, que foram destinadas ao mercado após simples moagem, vendida para produtores de ferro-gusa.

2.4. Porte das Minas responsáveis pela lavra de grafita no Brasil

Porte e Modalidade de Lavra das Minas		2001	2002	2003	2004	2005
Consideradas as minas com produção ROM acima de 10.000 t/ano						
Grandes	CA (Mina a Céu Aberto)	-	-	-	-	-
	M (Mina Mista)	-	-	-	-	-
	S (Mina Subterrânea)	-	-	-	-	-
Médias	CA (Mina a Céu Aberto)	2	2	3	2	3
	M (Mina Mista)	-	-	-	-	-
	S (Mina Subterrânea)	-	-	-	-	-
Pequenas	CA (Mina a Céu Aberto)	2	2	2	3	2
	M (Mina Mista)	-	-	-	-	-
	S (Mina Subterrânea)	-	-	-	-	-
Subtotal	CA (Mina a Céu Aberto)	4	4	5	5	5
	M (Mina Mista)	-	-	-	-	-
	S (Mina Subterrânea)	-	-	-	-	-
Total		4	4	5	5	5
Porte das Usinas		2001	2002	2003	2004	2005
Consideradas as minas com quantidade de minério processado acima de 10.000 t/ano						
Grandes		-	-	-	-	-
Médias		1	1	1	1	2
Pequenas		3	2	1	2	2
Total		4	3	2	3	4

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro – DNPM

Grafita - Minas Total (n°)

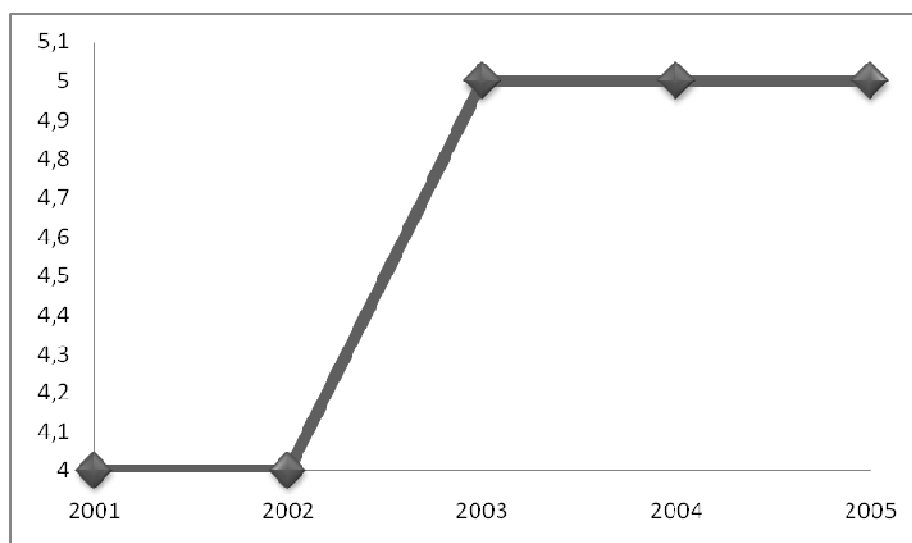


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

Grafita - Usinas Total (n°)

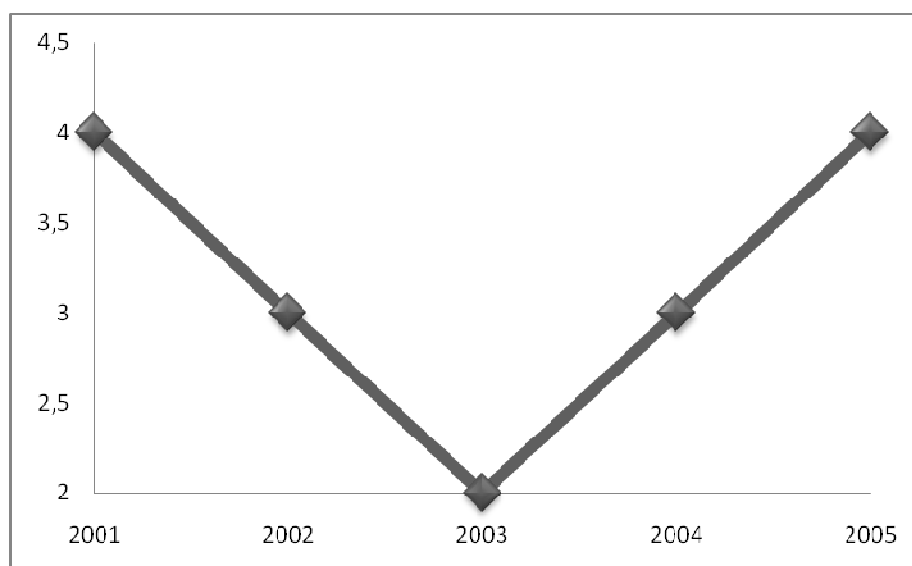


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

2.5. Mão de Obra Utilizada

Mão-de-Obra Utilizada na Mineração		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Por tipo de contrato							
Empregado		-	359	291	491	532	493
Terceirizado		-	39	4	71	69	62
Cooperativado		-	-	-	-	-	12
Mão-de-Obra Utilizada na Mineração		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Por categoria profissional							
Pessoal ocupado nas minas							
Nível Superior	Engenheiro de Minas	8	-	4	9	7	8

	Geólogos	4	1	2	3	3	7
	Outros	-	-	-	-	4	-
Outros	Técnico N. M.	10	2	-	4	7	7
	Operários	76	71	34	120	117	122
	Adm.	38	6	1	9	18	8
	Total nas minas	136	80	41	145	156	152
Pessoal ocupado nas usinas							
Nível Superior	Engenheiro de Minas	14	2	4	5	5	4
	Outros	4	7	-	3	5	1
Outros	Técnico N. M.	34	9	2	5	6	2
	Operários	454	264	201	378	400	386
	Adm.	72	18	41	19	19	22
	Total nas usinas	578	300	248	410	435	415

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro – DNPM

Grafita - Mão-de-Obra Empregada (nº de pessoas)

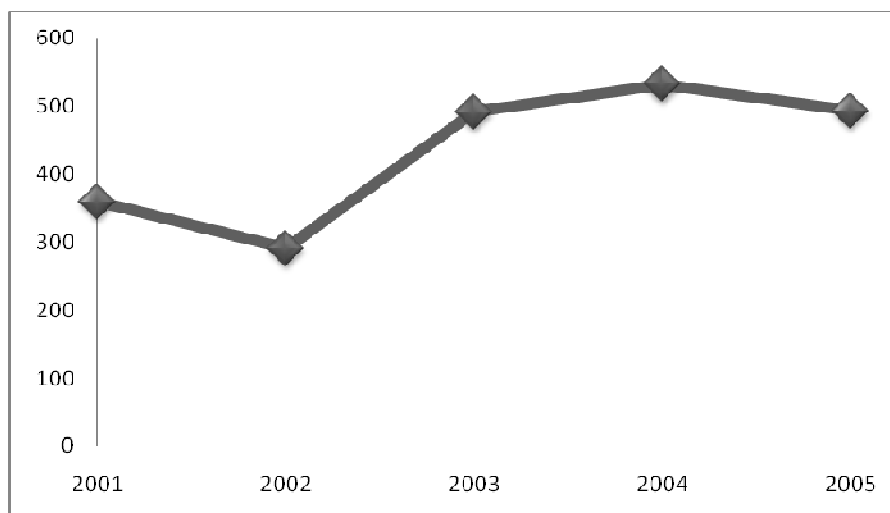


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

Grafita - Mão-de-Obra Terceirizada (nº de pessoas)

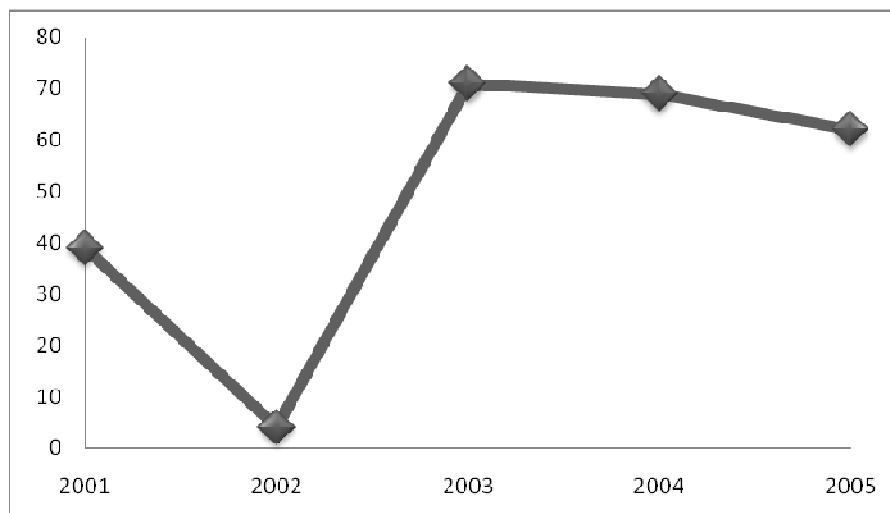


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

Grafita - Mão-de-Obra Total (nº de pessoas)

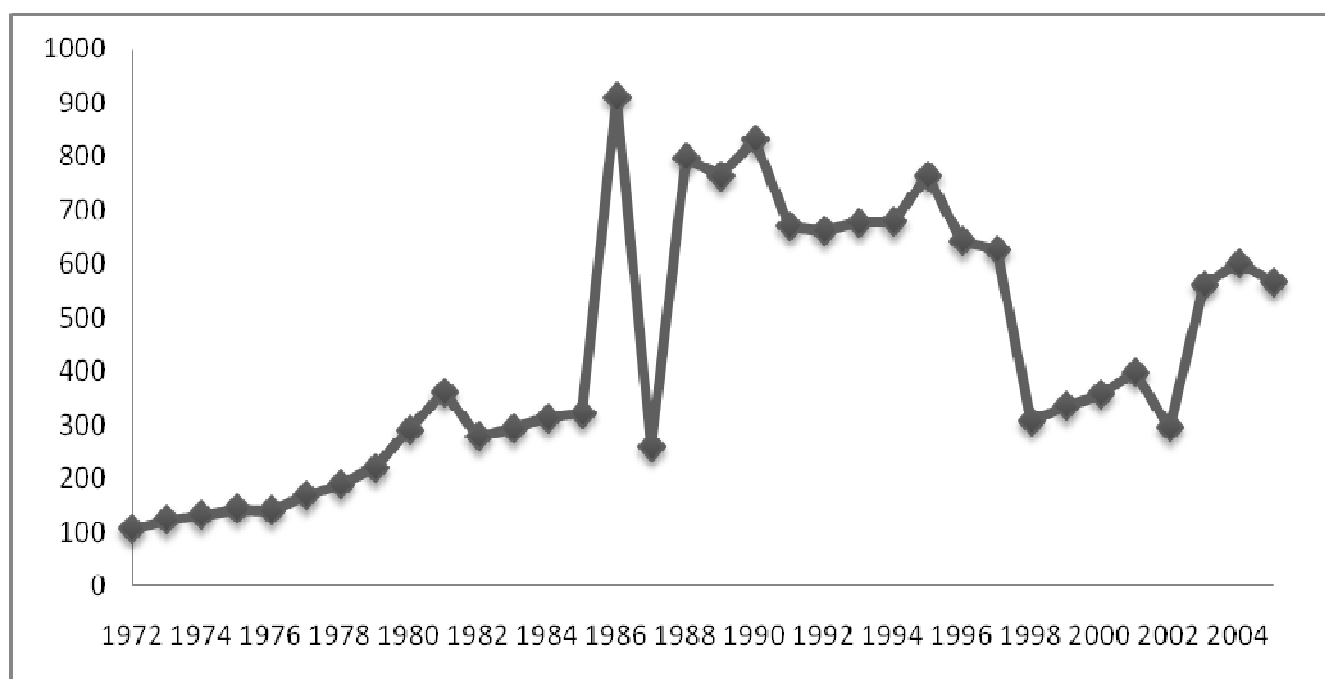


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

3. INFORMAÇÕES SOBRE O PARQUE PRODUTIVO

Na Faixa Araçuaí, os principais depósitos minerais neoproterozóicos conhecidos são: Distrito Fe Porteirinha, Diamante Macaúbas, Distrito de Grafita de Pedra Azul–Salto da Divisa, Província Pegmatítica Oriental e Distrito Uranífero de Lagoa Real.

No extremo nordeste de Minas Gerais e no sul da Bahia, os diversos depósitos de grafita, que se situam nas proximidades das cidades de Pedra Azul, Salto da Divisa e Maiquinique, caracterizam a Província de Grafita Minas–Bahia, a qual possui reservas da ordem de 52 Mt de minério, produzindo 12.000 t/ano de concentrado de grafita tipo flake e 18.000 t/ano de concentrado de grafita fina (Pedrosa-Soares et al. 1999).

Dois tipos de depósitos foram identificados em tal província (Faria, 1997; Reis, 1999; Pedrosa-Soares et al. 1999):

- a) Depósitos Associados à Unidade Xistosa: Tipo Pedra Azul. Nesse caso, as jazidas de grafita são encaixadas em uma seqüência metamórfica de fácies anfíbolito, no início da zona anatética (600 a 700°C e 4kb), representada por silimanita-grafita xistos, grafita-quartzo xistos, quartzitos grafitosos, granada-muscovita-biotita xistos e quartzitos. A mineralização é controlada por zonas de cisalhamento dúcteis de alto ângulo. O grão médio da grafita é geralmente inferior a 1 mm. Esses depósitos são bem representados na região de Pedra Azul, onde diversas jazidas são exploradas pela Cia. Nacional de Grafite. Nesse tipo de depósito, o menor tamanho dos flakes de grafita é acompanhado por uma menor porcentagem de carbono contido, o que resulta numa qualidade inferior do produto.
- b) Depósitos Associados à Suíte Kinzigítica: Tipo Salto da Divisa–Itamaraju. As jazidas de grafita hospedam-se em paragneisses, tendo atingido a transição entre as fácies anfíbolito e granulito com intensa anatexia (700 a 800°C e 4 kbar), constituídos de silimanita-grafita gnaisses, grafita xistos, grafita-silimanita-cordierita-granada-biotita gnaisses (kinzigitos), cordierita-granada-biotita gnaisses, granada-biotita gnaisses, leptitos, calcissilicato

granulitos e quartzitos. A mineralização desse tipo de depósito é também controlada por zonas de cisalhamento dúcteis (Faria, 1997; Pedrosa-Soares et al. 1999). Nesse tipo de jazida, o tamanho maior dos cristais de grafita é acompanhado por um aumento da porcentagem de carbono contido, o que resulta numa qualidade superior do produto. Esses depósitos ocupam a região de Salto da Divisa, Guaratinga e Itamaraju, onde as ocorrências mais significativas se distribuem ao longo de quatro faixas grafitosas denominadas Salto da Divisa, Guaratinga, Nova Alegria e Itamaraju. Em geral, essas faixas são orientadas segundo a foliação regional, que varia de NW-SE a E-W. Na faixa grafitosa Salto da Divisa, situa-se a mina da Fazenda Califórnia, explorada pela Cia. Nacional de Grafite.

Através do contexto tectono-metamórfico regional das rochas grafitosas, principalmente dos arredores de Pedra Azul, Salto da Divisa, Guaratinga e Itamaraju, é possível diferenciar controles diversos para tais mineralizações, sendo eles: o sedimentar, o metamórfico e o estrutural. Verifica-se, nestes complexos, que a disposição de sedimentos carbonosos (hoje grafitosos) intercala-se a arcossianos, grauvaquianos ou essencialmente arenosos. Por sua vez, a temperatura atingida no metamorfismo regional e a granulação dos cristais de grafita assumem uma relação diretamente proporcional. Por fim, entende-se que os esforços tectônicos regionais encontraram, nas regiões grafitosas, locais de menor resistência, acomodando a deformação, as tensões e propiciando o desenvolvimento de zonas de cisalhamento e de dobramento intenso. Com base na caracterização dos diferentes tipos de controles das mineralizações, dois conjuntos maiores de depósitos e ocorrências são aqui denominados como "Tipo Pedra Azul" (PAZ) e "Tipo Salto da Divisa - Itamaraju" (SAI).

- a) As mineralizações de grafita do tipo PAZ tipo encontram-se em rochas atribuídas ao Complexo Jequitinhonha, por sua vez caracterizado pela Formação Chapada do Barbado. Esta formação é constituída por associação metassedimentar grafitosa, apresentando granada-biotita xisto, grafita-quartzo xisto, grafita quartzito, fibrolita-grafita xisto e quartzitos. Está tectonicamente alojada no Complexo Juiz de Fora, através de zonas de cisalhamento dúctil, predominantemente oblíquas, de alto ângulo de mergulho e com direções preferenciais de ENE a E-W. A associação metamórfica característica desta formação (plagioclásio + microclina + quartzo + silimanita + grafita + moscovita + biotita), aliada a indicadores de fusão parcial, evidenciam metamorfismo de fácies anfíbolito, zona inicial da anatexia (600 e 700°C). A análise dos flakes em fibrolita-grafita xistos, mostra que, no plano da clivagem basal, a grafita encontra-se estirada, assumindo formas preferencialmente losangulares. No corte perpendicular à clivagem basal, verifica-se um aspecto esfarrapado ou, por vezes, lamelar. Intercalações de caulim podem ocorrer entre as folhas dos cristais de grafita. A granulação média dos cristais é menor que 1 mm.
- b) As mineralizações do tipo SAI se desenvolvem nos litotipos pertencentes ao Complexo Juiz de Fora. Tal complexo é caracterizado pelo predomínio de gnaisses kinzigíticos e granadaganisses, com maior ou menor grau de migmatização, além de intercalações xistosas e de cálcio-silicáticas. As associações metamórficas indicam metamorfismo de transição fácies anfíbolito-granulito, zona de anatexia intensa (700 e 800°C). A análise estrutural mostra uma penetrativa foliação (Sn), paralela ao bandamento composicional, por vezes dobrada e orientada segundo as direções NW (Salto da Divisa- Guaratinga), N-S (Guaratinga- Itamaraju) e N-S a E-W (ao sul de Itamaraju). Observa-se também, a nível microestrutural, uma foliação Sn + 1 mais nova e incipiente, caracterizada pela orientação de biotitas. As mineralizações de grafita do tipo SAI são aqui subdivididas em três sub tipos: (A, B e C):
 - Subtipo SAI-A - Abrange desde gnaisses pobres em grafita até xistos muito ricos neste mineral. A característica principal é dada pelos flakes que definem exclusivamente, ou em conjunto com a biotita, a foliação Sn. No plano da clivagem basal, os flakes encontram-se

estirados e no corte perpendicular à clivagem basal, os flakes ocorrem esfarrapados, por vezes, lamelares. A granulação média dos cristais situa-se entre 1 a 3mm.

- Subtipo SAI-B - Relaciona-se com intercalações quartzo-feldspáticas, geradas por fusão parcial "in situ" do próprio gnaisse. Os flakes caracterizam-se por estarem imersos em matriz de composição félsica, homófana e de textura ígnea. No plano da clivagem basal, a morfologia dos cristais tende à forma hexagonal, apresentando quase sempre bordas arredondadas. Já no corte perpendicular a clivagem basal do cristal tem-se uma forma lamelar, sem evidências de deslizamentos intrafoliares. A granulação dos flakes varia em média entre 3 e 5 mm.
- Subtipo SAI-C - É tipificado por intercalações de grafita xisto, de espessura entre 0,5 a 1 m e normalmente associadas ao SAI-B. Tais rochas são melanocráticas, compostas essencialmente por grafita flake e apresentam xistosidade muito penetrativa. No plano basal de clivagem, os cristais assumem uma morfologia lamelar. A granulação dos flakes atinge até 2 cm.

O uso de metodologia SIG aplicada à exploração mineral de depósitos não-metálicos, permitiu selecionar alguns alvos prospectivos para grafita no setor noroeste da província grafítica Minas-Bahia, através da criação de um banco de dados alfanumérico, vetorial e raster integrado. Este setor da província está localizado no extremo nordeste de Minas Gerais próximo à divisa com o estado da Bahia. O uso de imagem de sensoriamento remoto permitiu: realçar algumas faixas grafíticas neste setor, por meio da aplicação da técnica de Análise por Principais Componentes, sustentada pelos resultados espectrais obtidos na mina em Morelos (México); destacar os lineamentos estruturais, através de filtros espaciais passa-altas; e ajudou na separação dos domínios litológicos e estruturais reconhecidos em campo.

Os resultados tecnológicos fornecidos pelas treze amostras de grafita apontaram dois tipos distintos de ocorrências em grafita xistos da região. O tipo A é representado pelas ocorrências localizadas próximo às fazendas Bom Jardim, Barra Seca e Altamira, e próximo a Minas da Paquinha, pertencente à Cia Nacional de Grafite S.A. Neste tipo os percentuais acumulados de grafita são maiores na faixa granulométrica menor que 100 mesh, que nas demais faixas (80 e 60 mesh), predominando então a grafita flake (fina) a microcristalina, com teores de mais de 80% de carbono. O Tipo B é representado pelas ocorrências das fazendas Mata Bonita e Panela, contudo com percentuais acumulados de grafita efetivamente menores que no Tipo A.

O modelo de seleção de alguns alvos potenciais para prospecção da grafita é sustentado a partir de quatro parâmetros fundamentais:

- 1) localização das ocorrências minerais e teores médios de carbono das amostras analisadas;
- 2) localização de lineamentos estruturais relacionados ao padrão da xistosidade e foliação gnássica regionais e falhas;
- 3) localização das áreas que efetivamente apresentaram anomalias espectrais na imagem de satélite após a Análise por Principais Componentes;
- 4) e, finalmente, a interseção das áreas de influência dos parâmetros definidos acima. O parâmetro 2 baseia-se na premissa de que as faixas grafíticas se comportam como locais preferenciais de acomodação da deformação dúctil regional, devido às características reológicas da grafita.

A integração dos três primeiros parâmetros permitiu a seleção de áreas potenciais para pesquisas exploratórias detalhadas. As faixas grafíticas próximas às fazendas Barra Seca e Bom Jardim se destacam devido ao elevado percentual acumulado de grafita nas malhas granulométricas e devido à proximidade de lineamentos estruturais interpretados na imagem de satélite. Por outro lado, próximo à faixa localizada a leste da Fazenda Altamira observam-se extensas áreas com respostas espectrais positivas, demonstrando alto potencial para prospecção nessas localidades.

As mineralizações de grafita na região de Almenara encontram-se disseminadas em rochas gnáissica de composição kinzigítica do Complexo Jequitinhonha. A distribuição, concentração e característica da grafita nas zonas mineralizadas está relacionada a processos geológicos de sedimentação, metamorfismo e deformação. Através do mapeamento geológico realizado na escala 1:100.000 em aproximadamente 2/3 da Folha SE.24-V-A-III (IBGE), individualizou-se a suíte kinzigítica do Complexo Jequitinhonha, unidade estratigráfica hospedeira das mineralizações de grafita na área estudada. Além dessa unidade foram mapeadas duas suítes graníticas, coberturas detríticas cenozóicas e rochas intrusivas básicas, todas não portadoras de grafita.

A suíte kinzigítica é constituída por paragneisses, comumente migmatizados, com proporções diversas de biotita, granada, cordierita, sillimanita e grafita, e intercalações subordinadas de grafita gnaiss, quartizito (puro ou portador de grafita, sillimanita, feldspato e/ou biotita), rocha calcissicática e piroxênio hornblendito. Os protólitos destes gnaisses são sedimentos pelíticos marinhos, arcossianos e grauvaquianos depositados na bacia Araçuaí durante o Neoproterozóico. A unidade foi metamorfsada na transição de fácies anfíbolito-granulito associada à intensa anatexia, envolvida em um único evento deformacional progressivo responsável pela geração da foliação principal e dobramento da mesma.

Os corpos graníticos identificados no mapeamento foram agrupados em duas suítes que receberam denominações locais. A suíte Almenara, tipo S, é composta por granada-biotita granito-gnaiss incipientemente foliado e massas disformes de cordierita-granada granitóide (leucogranito). O contato dessas rochas com os gnaisses do Complexo Jequitinhonha é gradacional a abrupto e, geralmente, se caracteriza por zonas de migmatização com enxames de veios félsicos e desaparecimento progressivo do bandamento gnáissico. A Suíte Pedra Grande, tipo I, é constituída por granito porfirítico com enclaves máficos. O contato desta rocha é intrusivo e apresenta auréola de metamorfismo térmico. Três depósitos de grafita (Águas Belas, Fazenda Lameiro e São Domingos) prospectados pela Cia. Magnesita S.A. situam-se área focalizada. Estes depósitos foram avaliados e classificados de acordo com o contexto geológico em que se encontram inseridos, característica macro e microscópica da grafita de seus respectivos minérios, e ensaios tecnológicos do concentrado do minério. De modo geral, as mineralizações de grafita da região de Almenara encontram-se disseminadas em grafita gnaiss, de flake médio a grosso e morfologia microscópica tabular, subordinadamente farrapo, com 77% de teor médio de carbono contido no minério de ferro concentrado.

Os depósitos de grafita de Almenara juntamente com as zonas mineralizadas das regiões de Pedra Azul, Bandeira, Mata Verde e Salto da Divisa compõem a Província Grafítica do Nordeste de Minas Gerais. Optou-se excluir o sul da Bahia devido à escassez de dados, mas a continuidade desta província mineral segue-se além das fronteiras mineiras. Critérios geológicos, estruturais e, principalmente, o tipo de rocha hospedeira da mineralização de grafita foram adotados para distinguir dois distritos: Distrito Grafítico Almenara-Salto da Divisa (tipo grafita gnaiss) e Distrito Grafítico Pedra Azul-Bandeira (tipo grafita xisto).

Esta subdivisão baseou-se em trabalhos anteriores e no acervo de dados relativos a teores de minérios concentrados cedidos pela Magnesita S.A. Ressalta-se a Mina do Emparedado, no município de Jequitinhonha, descrita separadamente devido seu tipo de mineralização não se enquadrar nos dois anteriores.

3.1. Província Grafítica de Itapecerica, Minas Gerias

3.1.1. Localização e acesso

A região da província grafítica esta situada a aproximadamente 4 km, a norte/nordeste da cidade de Itapecerica, MG. Esta situa-se a 180 km de Belo Horizonte.

Com relação às coordenadas geográficas, as minas se situam entre 20°28'00'' de latitude sul e 45°10'00'' de longitude oeste GW.

O acesso pode ser feito a partir de Itapecerica por uma estrada pavimentada (MG-164), num percurso de 4 km até a Nacional Ltda e, a partir daí, o acesso às minas é feito por estrada de terra, com condições de tráfego durante todo o ano.

3.1.2. Descrição dos depósitos

Tejuco Preto – Situa-se a cerca de 2,5 km a oeste da usina de beneficiamento da Cia. Nacional de Grafite. Trata-se de uma camada de xisto grafítico com atitude geral N 40° E mergulhos de 10° a 20° SW (localmente horizontais).

Bambuí – Está situada a cerca de 5 km a leste de Itapecerica, em direção à fazenda do Sr. Belchior Mendes. Trata-se de uma camada de xisto grafítico, de aproximadamente 3 metros de espessura real, porém com dobramento e redobramento secundário, ocasionando espessuras de 6 a 8 m.

Cafoto – Localiza-se aproximadamente 10 km a noroeste de Itapecerica. Na subida da encosta ocorrem gnaisses com grandes diques intrusivos anfíbolíticos. No alto da serra ocorrem restos de quartzo-xisto com lentes grafíticas.

3.2. Província grafítica de Pedra Azul, Minas Gerais

3.2.1. Localização e acesso

A província grafítica de Pedra Azul se localiza na região de médio Jequitinhonha e situa-se somente no município de Pedra Azul a nordeste do estado de Minas Gerais. A área conhecida é de aproximadamente 300 km², limitada pelas coordenadas geográficas 15°49' a 15°58' de latitude sul e de 40°59' a 41°10' de longitude oeste. As ocorrências de xisto grafíticos estão situadas a 26,5 km, em linha reta a nordeste de Pedra Azul ou a 40 km desta, através da estrada que liga Pedra Azul ao povoado de Araçagi. Em relação a este povoado, distrito de Araçagi, as ocorrências se encontram a sudoeste, em linha reta. Pedra Azul dista 15 km da BR-116, através da estrada asfaltada a qual desemboca próximo ao km 41. Com relação aos grandes centros, Pedra Azul, dista de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Salvador, Respectivamente, 1.300 km, 1.050 km, 720 km e 680 km.

O minério de grafite é extraído, das duas minas anteriormente citadas, com o uso de máquinas escavadeiras que carregam caminhões basculantes com o minério bruto. Todo o processo de extração segue um plano de lavra, facilitando a seleção do minério mais adequado a produtos finais.

Homogeneização - A deposição desse minério no pátio de alimentação é sistematizada para formar pilhas de alimentação em camadas. O objetivo é reduzir a variabilidade natural do minério.

Concentração Mecânica - O minério é submetido a sucessivas moagens e processo de separação mecânica das impurezas presentes no grafite. A concentração mecânica objetiva a máxima recuperação do grafite presente no minério, preservando suas características físicas.

Concentração química - A concentração com uso de químicas é utilizada na remoção das impurezas remanescentes no grafite previamente concentrado mecanicamente. Geralmente, o processo utilizado é a flotação em células. Nestas células (tanques), o grafite é introduzido na forma de polpa, agitado com injeção de ar e por agitadores mecânicos. A presença de reagente cria uma espuma à qual o grafite adere e sobe à superfície das células de onde é retirado por um processo de

raspagem. Com sucessivas moagens e flotações atingem-se teores de até 98 % de pureza. Com teores entre 75 e 98 % o grafite já esta pronto para utilização em diversas aplicações.

Algumas aplicações industriais exigem teores de carbono superiores a 98%. Para atender a esse mercado há um processo de purificação química. O grafite - em forma de polpa e já concentrado a um mínimo de 95% de pureza - é tratado com reagentes, em reatores químicos, para eliminação das impurezas. Com este processo, é possível atingir teores de até 99,95% de carbono.

Filtragem e secagem – Após a concentração química, o grafite é lavado intensamente com água desmineralizada, atingindo pH neutro. Em filtros tipo prensa e secadores rotativos, a umidade restante é removida.

Propriedades Físicas

Classificação – Técnicas de peneiramento são utilizadas para classificar as partículas do grafite concentrado, atingindo a distribuição granulométrica desejada.

Moagem – Moinhos de jato e martelo moem o grafite concentrado até que ele atinja o tamanho desejado. As partículas moídas são classificadas possibilitando controlar a distribuição granulométrica do produto gerado. Os diferentes métodos de moagem e classificação permitem formatar a partícula, dando ao grafite características distintas de densidade e de superfície específicas.

Briquetagem – Neste processo produzem-se grãos de grafite aglomerado para o uso como carburante e aditivos de carbono.

Intercalação – Devido à sua anisotropia extrema, o cristal de grafite permite que sais sejam intercalados em sua estrutura. Aquecidos, esses sais evaporam provocando o rompimento de ligações interplanares, "expandindo" o grafite.

3.3. Província gráfitica de Maiquinique, Bahia

A área da jazida de grafita localiza-se na parte sul do estado da Bahia, próximo a divisa com o estado de Minas Gerais, a 14km da sede do município de Maiquinique.

O acesso é feito a partir de Salvador através da BR-324 (Salvador-Feira de Santana), BR-116 (Feira-Vitória da Conquista) e BR-415 (Vitória da Conquista-Ilhéus).

O percurso entre Maiquinique e Salvador é de aproximadamente 640 km. A área dista 242 km do Porto de Ilhéus, 930 km do Porto de Vitória (ES) e 1.680 km da cidade de São Paulo.

O processo de extração do minério é realizado em lavra a céu aberto, as características do minério friável proporcionam o desmonte mecânico através do uso de tratores de lâmina munidos de escarificadores para uso eventual.

O material é desmontado por retroescavadeiras para ser transportado para o pátio de estocagem onde é formada uma pilha de homogeneização.

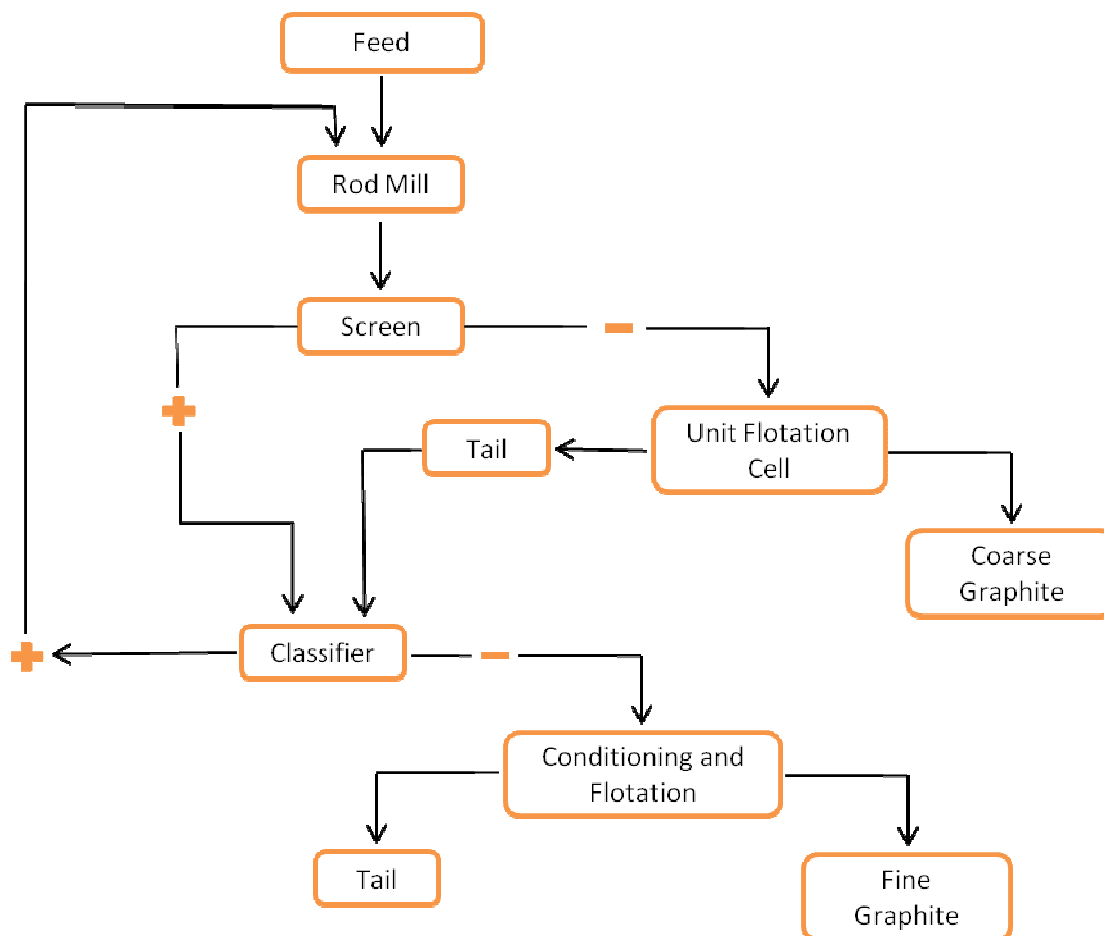
O minério da pilha de homogeneização é transportado ao circuito de preparação mecânica. Nele, o material é descarregado num alimentador vibratório, conjugado ao britador primário, sendo então conduzido por correias à peneira vibratória (de onde o material de maior granulometria é rebritado num britador de rolos). O produto desta operação junta-se com o *undersize* sendo levados por transportadores de correia ao silo de alimentação do moinho de bolas gerando uma polpa com 35% de sólidos. O produto da moagem é separado num classificador espiral de arraste em que o material grosseiro volta ao moinho como carga circulante e os finos são hidrociclonizados. Nesta hidrociclonagem o material é deslamado para entrar num primeiro circuito de flotação enquanto a lama retirada vai para a bacia de rejeito.

O *overflow* do *Cleaner*, que forma o primeiro concentrado, resultado do processo de flotação, sofre remoagem em moinho de bolas, é reciclado para eliminação de finos produzidos para então vir a ser condicionado e entrar num outro circuito de flotação.

O concentrado, resultante desse novo circuito, após ser desaguado em um hidrociclone sofre uma filtragem a vácuo para então passar por um secador rotativo vindo a ser ensacado após sofrer uma última moagem.

Os produtos assim obtidos são acondicionados em sacos de papel *Kraft* multifolhado e empilhados em prateleiras até três metros de altura no depósito.

A seguir, um exemplo de fluxograma para a recuperação de partículas finas e grossas da grafita:



Fluxograma elaborado baseado no International Journal of Processing

4. ESTOQUE E EXPEDIÇÃO

Na exportação de produtos, o grafite é estufado em contêineres na própria fábrica, para garantir qualidade de acondicionamento e transporte seguro. Tanto o mercado interno quanto o externo contam com estoque de produtos-padrão para o atendimento imediato dos pedidos. A cada embarque é expedido um certificado de análise, garantindo a conformidade do produto.

A empresa de maior destaque foi contatada através de formulários a fim de fornecer informações relevantes, como: qualificação de empregados e coeficientes de ocupação por unidade de produção do produto mineral; parque produtivo (capacidade, localização e tipologia das Minas e das Usinas de Tratamento/Processamento do minério); produtividade (t/homem/ano); consumo energético [kwh/t; kcal/t; total (tep/t)]; utilização de água; geração de resíduos minerais; custo atual de investimento em pesquisa (exploração) mineral; custo atual de investimento [R\$ (US\$)/t].

Empresa contatada para responder aos questionários: Nacional de Grafite Ltda
Contato: (11) 8354-1675 - Sândio
Porém, tal empresa do setor não respondeu aos dados solicitados.

5. INVESTIMENTOS REALIZADOS NAS EMPRESAS RESPONSÁVEIS PELA GRAFITA NO BRASIL

Investimentos realizados nas minas	2001	2002	2003	2004	2005
Geologia e pesquisa mineral	30.000	322.653	302.593	310.433	63.200
Infra-estrutura	-	-	35	8	586.816
Inovações Tecnológicas e de Sistemas	-	-	120	-	152.458
Aquisição e/ou reforma de equipamentos	190	184,7	1.234.467	1.308.300	695.657
Outros	-	-	453.700	1.059.485	701.808
Total	220	507.353	2.145.760	2.686.218	2.199.940
Investimentos realizados nas usinas	2001	2002	2003	2004	2005
Infra-estrutura	-	-	663.106	166.028	6.741.743
Inovações Tecnológicas e de Sistemas	-	751.886	460.324	1.239.444	317.480
Aquisição e/ou reforma de equipamentos	-	2.234.210	3.139.842	8.965.859	1.088.431
Meio Ambiente	-	-	727.508	132.962	1.403.898
Outros	-	-	43,354	743,255	251,434
Total	-	2.986.096	5.034.135	11.247.549	9.802.986
Investimentos Previstos nas minas	2001	2002	2003	2004	2005
Geologia e pesquisa mineral	-	70.000	924.780	340.000	94.000
Infra-estrutura	-	-	3.553.000	30.000	740.000
Inovações Tecnológicas e de Sistemas	-	-	150.500	-	200.000
Aquisição e/ou reforma de equipamentos	-	55	2.738.400	755	1.490.000
Outros	-	130	1.878.601	891	1.033.000
Total	-	255	9.245.280	2.016.000	3.557.000
Investimentos previstos nas usinas	2001	2002	2003	2004	2005
Infra-estrutura	-	210.000	18.842.419	20.223.000	845.000
Inovações Tecnológicas e de Sistemas	-	195	14.327.891	19.243.000	6.315.000
Aquisição e/ou reforma de equipamentos	-	150.000	7.981.789	17.213.000	250.000
Meio Ambiente	-	15.000	2.185.124	310,000	310.000
Outros	-	10.000	191.283	1.700.000	235.000
Total	-	580	43.528.505	58.689.000	7.955.000
Total	-	2.986.096	5.034.135	11.247.549	9.802.986

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro – DNPM

A demanda projetada para a grafita para o ano de 2010 é de 51 mil toneladas, que, cotejado com aquele verificado em 1997, de 29,3 mil toneladas, indica a necessidade de suprimento adicional de 21,7 mil toneladas para atendimento ao aumento esperado do consumo.

A exportação projetada atinge 22,6 mil toneladas, que comparada à de 1997 de 12,6 mil toneladas, indica a necessidade de mais 10 mil de toneladas para atender a esse segmento do mercado.

O investimento médio na mineração de grafita por tonelada adicional produzida no período histórico foi de US\$ 1.461. O investimento necessário para atender à demanda (consumo interno +

exportação) em 2010 ficou, assim, estimado em US\$ 46,3 milhões, sendo US\$ 31,6 milhões para atender à expansão do consumo e US\$ 14,7 milhões para atender ao crescimento do mercado externo.

Grafita

Consumo Interno (t)	1997:	29.328
Exportação (t)	1997:	12.614

Projeções da Demanda Nacional e Exportação

Mercados		Pessimista	Base	Otimista
Variação do PIB		2,80%	3,80%	4,70%
Demanda	2005	39.767	42.164	44.423
Interna (t)	2010	45.802	50.991	56.112
Taxa de Cresc.		3,4%	4,61%	5,82%
Exportação	2005	16.482	18.089	19.833
(t)	2010	19.481	22.662	26.316

Dados do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM

5.1. Usos

As propriedades únicas da grafita, resultante de sua distinta estrutura em camadas e sua inércia química, fazem da mesma o material escolhido para muitas aplicações. Sendo elas:

- Excelente condutividade elétrica e térmica;
- Excelentes propriedades lubrificantes, particularmente a elevada temperatura e pressão;
- Alta resistência a oxidação e durabilidade contra agressividades químicas;
- Ambientalmente amigável e não apresenta riscos à saúde;
- Não apresenta riscos de explosão;
- A habilidade de moléculas químicas serem intercaladas entre as camadas da grafita (entre os Grafenos).

Devido a essas propriedades a grafita tornou-se um sinônimo de qualidade e performance nos equipamentos esportivos, na nova geração de bens elétricos e eletrônicos. Assim, a sua demanda acentuada pelos mercados mais tradicionais, entre outros, refratários, materiais de engenharia, lubrificantes e lápis, incentivaram os investimentos em alta tecnologia. Como resultado, no caso dos refratários, laminados e peças automotivas, o mercado cresceu significativamente. Esses fatos justificam os investimentos na busca de novas aplicações para os produtos de grafita, cada vez mais com melhor qualidade.

A grafita em flocos é usada em maiores proporções na manufatura de cadinhos para a indústria de fundição, facilitando o manuseio de aço fundido e outros metais. Na confecção de cadinhos, os flocos maiores ligam-se mais facilmente à argila, fazendo o mesmo suportar muito bem a pressão térmica. O cadinho tradicional de argila-grafita enfrenta o desafio do seu correlato, o cadinho de carbetto de silício-grafita, que contém apenas 30% de grafita. Esse produto permite a utilização de uma mistura de várias origens. Quando misturada com agentes ligantes, como argila refratária, talco, areia ou mica, a grafita provê um polimento final à superfície do molde fundido.

Uma inovação recente é a utilização de grafita em flocos, na manufatura de tijolos refratários em combinação com magnesita, magnesita-carbono (mag-carbon bricks). Esse tipo de tijolo tornou-se um refratário com vida longa, particularmente nos ambientes severos do forno elétrico a ar refrigerado, a água e o BOF (basic oxygen furnace). O carbono contido no tijolo resulta, em geral, de uma mistura ponderada de grafitas com um mínimo de 85% de carbono e uma pequena quantidade de grafita em flocos. Impurezas, como sílica, alumina e ferro, são evitadas, por favorecerem reações com o óxido de magnésio, formando compostos de baixo ponto de fusão.

Alumina combinada com grafita tem aplicação nos refratários para controlar e proteger o fluxo do metal nas operações contínuas de fundição. A grafita proporciona resistência à corrosão e ao choque térmico, bem como um bom condutor de calor, não molhável pelo metal fundido. Também é utilizada como moderador nos reatores atômicos e como uma substância adequada para a produção de componentes de foguetes. Uma mistura de grafitas, natural e sintética, é usada no revestimento de freios. A grafita em flocos é aplicada como lubrificante, devido à sua maciez, à baixa fricção, inércia e resistência ao calor. Grafita amorfa com baixo teor de carbono, 50 a 55%, é usada em certas tintas para proteger as superfícies metálicas ou como agente anti-estático na tinta para piso.

Uma mistura de óleo e grafita é usada como lubrificante e uma mistura de argila e grafita é empregada na fabricação do grafite do lápis. Também é utilizada na proteção de pinturas de estruturas metálicas. Outras aplicações destacam-se: fundição, baterias, eletrodos, revestimento de fricção e células a combustíveis.

5.2. Aplicações da Grafita nas indústrias

APLICAÇÃO	FLAKE	AMORFO	LUMP
Baterias	•		•
Aditivos de Carbono		•	
Panelas de carbono	•		
Escovas de Carbono	•	•	
Catalises	•		
Tecidos e Fibras			
Conerturas	•	•	
Candinhos	•	•	
Eletrodos			
"Foil"	•		
Retardantes de Fogo	•		
Materiais de Fricção	•	•	
Células de Combustível	•		
Moldes	•	•	
Ladles	•	•	
Lubrificantes	•	•	•
Tintas		•	
Lápis	•	•	
Metalurgia	•		•
Refratários	•	•	
Retortas	•		

Fonte: Industrial Minerals Novembro 2000 e Industrial Minerals Handybook III

5.3. Especificações da Grafita

Especificações da grafita baseadas em suas aplicações		
Aplicações	Teor de C (%)	Tamanho médio dos flocos
Fundição		
Metalurgia de moldagem (F)	80-90	75 μ m
Negro de Moldagem (A)	40-70	55 a 74 μ m
Sinterização	98-99	APS 5 μ m
Refratários		
Cadinho, moldes, panelas de fundição	85-95	+100 μ m
Tijolos refratários (A)	70-80	-20mm +20 μ m
Tijolos refratários (F)		-150 +180 μ m
Tijolos magnesita-carbono (F)		-710 +150 μ m
Refratários Al Grafita (F)		-600 +150 μ m
Outras		
Revestimentos de freios	98 (min)	-75 μ m
Baterias, pilhas secas	88 (min)	85% -75 μ m
Baterias alcalinas	98 (min)	-75 +5 μ m
Escova de carvão	95-99	-50 μ m
Revestimento condutor (A)	50-55	-
Explosivos	-	-150 μ m
Grafita Expandida	90 (min)	-2 mm +250 μ m
Grafita Laminada	90 (min)	-
Lubrificantes	98-99	-106 +55 μ m
Moderador de nêutron	99	-
Lápis	80-82	Extra fino
A - Grafita Amorfa F - Grafita em flocos		

Tabela baseada no livro Série Rochas e Minerais Industriais – CETEM - 2005

5.3.1. Grafita expandida

Esta forma da grafita é produzida pela oxidação dos flocos cristalinos do mineral, com auxílio do ácido crômico, seguido da adição de ácido sulfúrico. Isso permite o enfraquecimento das ligações gama entre as placas de grafita e concede, após aquecimento, uma expansão de até 700%. O produto final assemelha-se à vermiculita expandida. Esse produto de grafita é empregado como agente isolante na fundição de aço, para isolar lingotes aquecidos e diminuir a perda de calor. Também é aproveitada, com elevado desempenho, como material de vedação nos equipamentos que trabalham com alta pressão e com fluidos radioativos ou corrosivos.

5.3.2. Grafita sintética

A grafita sintética, dita primária, é essencialmente carbono puro, cuja manufatura consiste na grafitização do coque de petróleo, um resíduo da destilação de petróleo contendo cerca de 95% de carbono. O coque mais o carvão betuminoso e uma pequena quantidade de óleo de petróleo são aquecidos e submetidos à extrusão, formando uma barra verde (apresentação usual do produto

final). Em seguida, o produto é aquecido numa faixa de temperatura de 800 a 1.000°C para converter o piche em coque e permitir a sua contração. O produto resultante, sob a forma de bolo, é impregnado com carvão betuminoso ou piche de petróleo para reduzir a porosidade. A grafitação é realizada em um forno tipo Acheson, numa temperatura que vai de 2.600 a 3.000°C. Esta operação tem por finalidade ordenar os átomos de carbono na rede cristalina da grafita.

A grafita sintética, dita secundária, é produzida pelo tratamento a quente, temperatura de 2.800°C, do coque de petróleo calcinado sem aditivos. O produto é similar à grafita natural em termos de pureza, entretanto com menor densidade, maior resistência elétrica, e porosidade mais elevada. A grafita fibrosa é obtida por meio de pirólise de piche e fibra ou outra matéria-prima com carbono fibroso, numa faixa de temperatura entre 700 e 1.400°C, seguido de aquecimento até 2.800°C em forno elétrico. A denominação grafita fibrosa deve-se ao fato de serem obtidos filamentos extremamente fortes e elásticos.

A grafita sintética tem propriedades comparadas àquelas da grafita natural, ambas, com seus próprios mercados. Em geral, a grafita sintética é caracterizada pela pureza mais elevada e mais baixa cristalinidade que sua correlata natural, propriedades necessárias às várias aplicações como na fabricação dos eletrodos de fornos elétricos a arco, de baterias alcalinas, entre outras. Na fabricação de eletrodos são consumidos, aproximadamente, três quartos da grafita sintética produzida em todo o mundo e são exigidas elevadas condutividade elétrica, resistência térmica e ao choque térmico, bem como baixo coeficiente de expansão. Outras características incluem: resistência à corrosão para uso em processos químicos, moderadores e refletores em reatores térmicos de usinas nucleares. A fibra de grafita é usada na manufatura de um grupo de produtos para aviões e até raquetes de tênis. A produção mundial de grafita sintética, cerca de 1,5 milhões de toneladas, está restrita aos países desenvolvidos, os quais não dispõem de reservas de grafita natural.

5.4. Consumo

No Brasil, em 2007 o consumo aparente da grafita natural foi de 61.640 toneladas, apresentando decréscimo de 1,3% em relação ao ano de 2006; sendo observado que o consumo aparente está relativamente estável ao longo dos últimos três anos. 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, entre outros. Em termos mundiais, o crescimento do consumo de grafita está vinculado aos avanços tecnológicos da indústria referentes à aplicabilidade em novos usos. Apesar dos recentes estudos para ampliação da aplicação e usos da substância, especialmente para as de alta concentração de teor, predomina o consumo em setores tradicionais como siderurgia, no Brasil, e a indústria de refratários, nos Estados Unidos. A siderurgia representa o principal uso-final para a grafita natural. O mercado mundial apresentou crescimento robusto da produção de alumínio e aço, e se espera aumento no consumo de grafita. Mundialmente, os produtores de grafita natural têm recuperado seu poder de elevar os preços de comercialização do produto, com a ampliação da aplicação da substância nas áreas siderúrgica, indústria aeroespacial, energia nuclear, produtos eletrônicos, fundição, lubrificantes e pilhas.

A demanda projetada para a grafita para o ano de 2010 é de 51 mil toneladas, que, cotejado com aquele verificado em 1997, de 29,3 mil toneladas, indica a necessidade de suprimento adicional de 21,7 mil toneladas para atendimento ao aumento esperado do consumo.

Mercado Consumidor da Grafita no Brasil

Mercado Consumidor - Produto Bruto		2003	2004	2005
Distribuição Setorial da Quantidade Consumida por Substância				
Setor de Consumo - Uso		-	-	Siderurgia (100%)
Mercado Consumidor - Produto Beneficiado		2003	2004	2005
Distribuição Setorial da Quantidade Consumida por Substância				
Setor de Consumo - Uso		Siderurgia (26.78%), Refratários (21.48%), Fundição (14.83%), Pilhas (13.99%), Fabricação de	Siderurgia (27.81%), Fundição (18.52%), Refratários (18.05%), Pilhas (10.98%), Fabricação de	Siderurgia (27.07%), Refratários (17.85%), Fundição (12.99%), Pilhas (10.44%), Fabricação de
Mercado Consumidor - Produto Bruto		2003	2004	2005
Distribuição Regional da Quantidade Consumida por Substância				
UF		-	-	MG (22.5%), RS (10.77%), SP (7.87%), RJ (3.28%), PR (2.52%), SC (1.77%), BA (1.29%), ES (0.98%), CE (0.81%), Mercado Externo (27.33%), Não informado (20.43%).
Mercado Consumidor - Produto Beneficiado		2003	2004	2005
Distribuição Regional da Quantidade Consumida por Substância				
UF		MG (25.20%), RS (9.48%), SP (8.86%), SC (5.31%), RJ (2.35%), ES (1.97%), PR (1.72%), BA (1.08%), CE (0.79%), PE (0.64%), Mercado Externo (29.32%), Não Informado (13.28%).	MG (25.76%), SP (12.46%), RS (9.85%), SC (6.91%), ES (2.63%), RJ (2.38%), PR (2.01%), CE (1.12%), PE (0.47%), BA (0.09%), Mercado Externo (23.53%), Não Informado (12.79%).	MG (22.95%), RS (10.77%), SP (7.87%), RJ (3.28%), PR (2.52%), SC (1.77%), BA (1.29%), ES (0.98%), CE (0.81%), Mercado Externo (27.33%), Não Informado (20.43%).

Grafita - Consumo Aparente Concentrado (t)

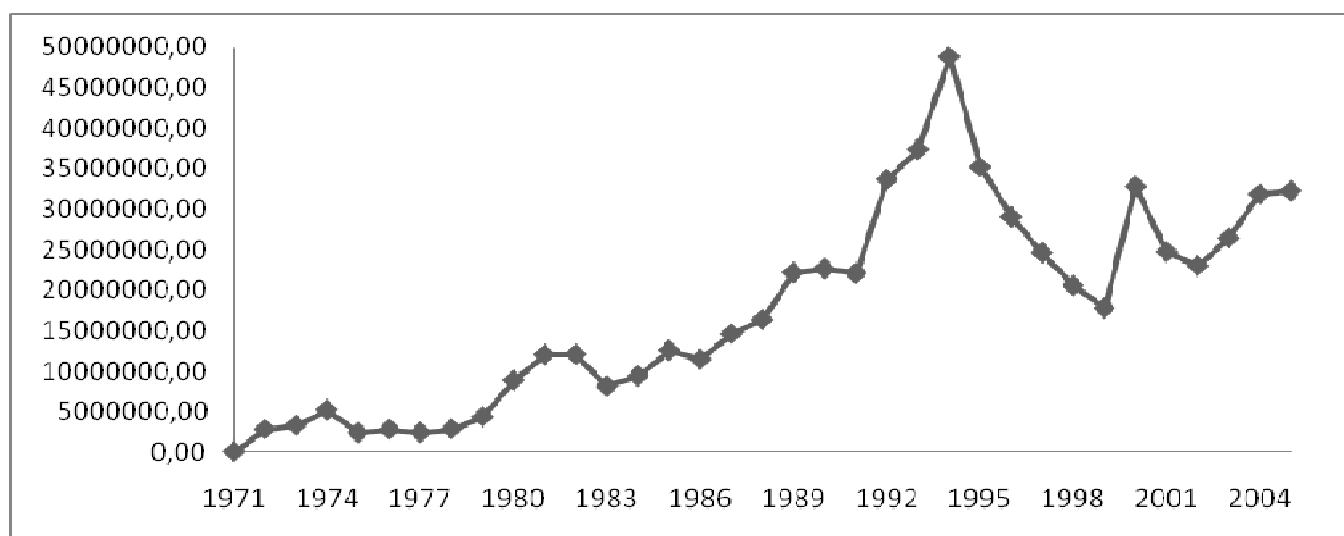
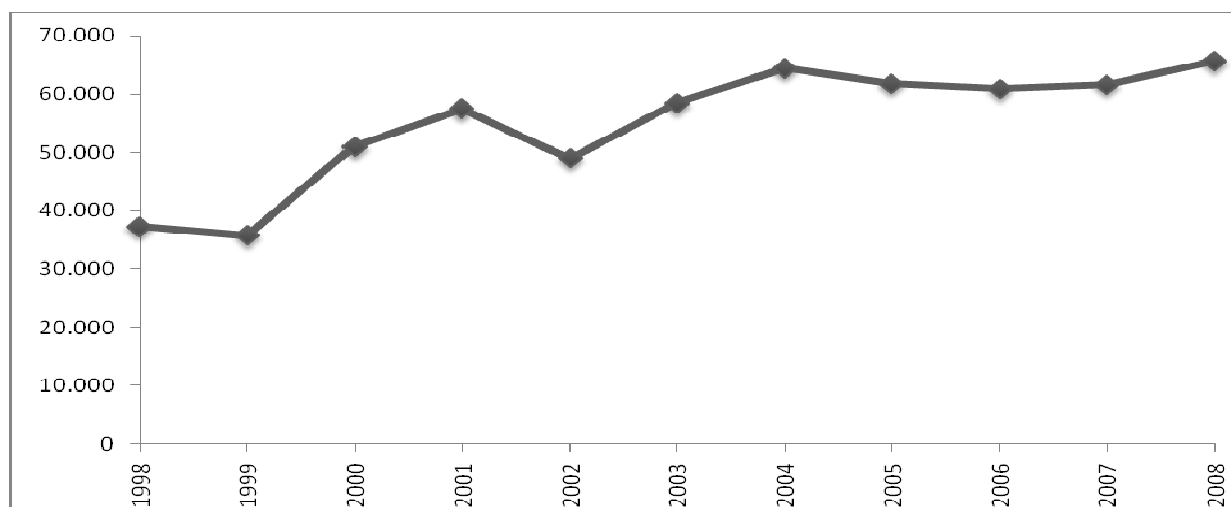


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

Grafita - Consumo Aparente Interno (t)



Fonte: ALAFAR, estimativas

Grafita - Importação Total (t)

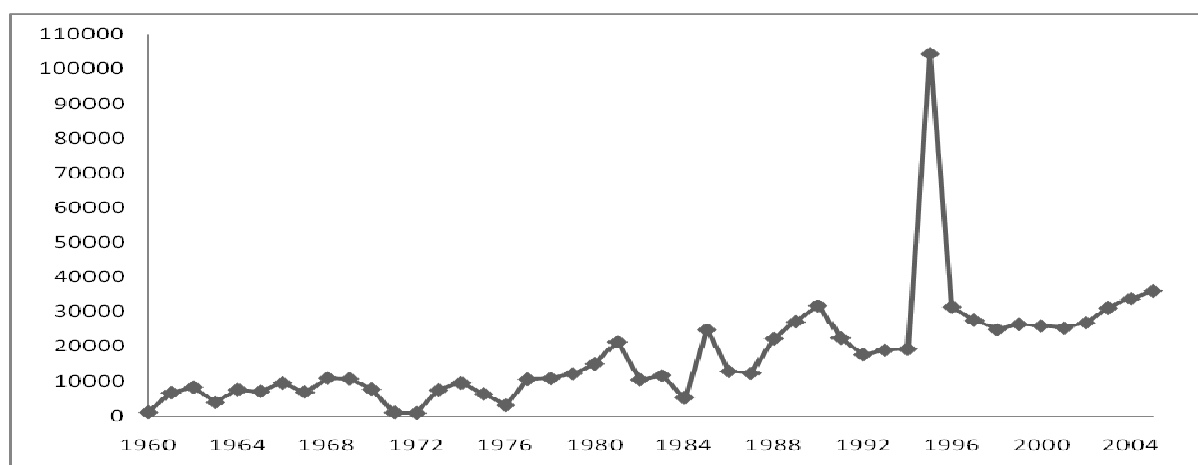
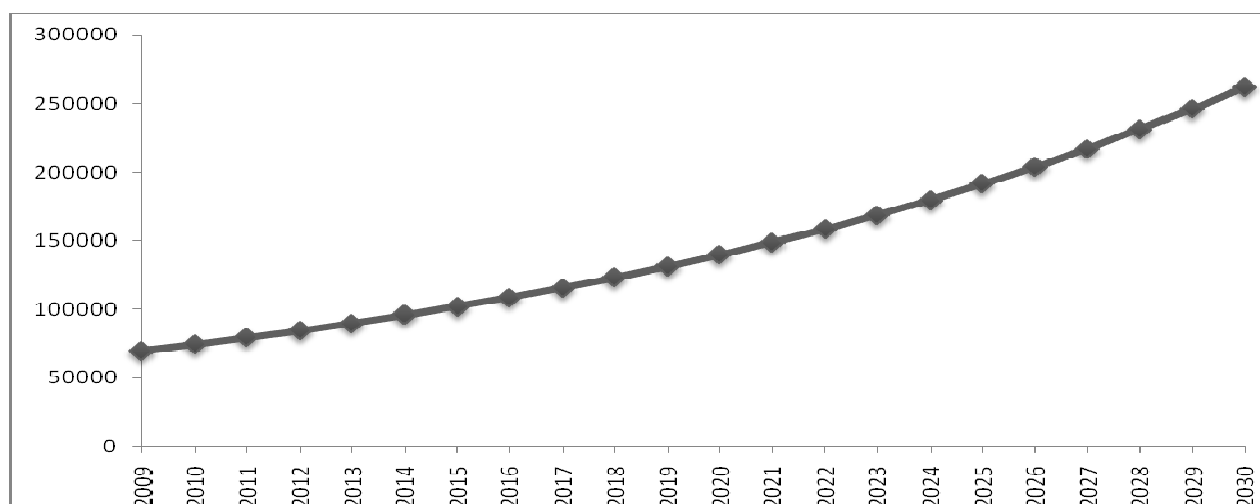


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

Durante o período de coleta de dados históricos de consumo aparente, percebeu-se uma inconsistência muito grande entre as bases consultadas (DNPM, Mineraldata, etc.). Assim, nos pareceu mais coerente usar um modelo simples de projeção já que a própria base de dados não é absolutamente confiável. O critério então adotado para cálculo da projeção foi a da determinação do crescimento anual composto nos últimos 14 anos e com o crescimento até 2030 sendo projetado a partir deste índice. O valor do crescimento anual composto referente ao período 1994 a 2007 e usado na projeção do consumo aparente até 2030 foi de 6.50%.

Projeção



Fonte: ALAFAR, estimativas

Substitutos da Grafita

Anodos (sintéticos): titânio;

Baterias: lítio, manganês e terras raras;

Fundição: olivina;

Retardo: ATH, amianto, boratos, bromo, diatomita, perlita;

Material Atrito: amianto, barita, granada, mica, pedra-pomes, zircão;

Lubrificante: mica, talco, lítio.

5.5. Produção Mineral

A China domina a produção mundial de grafite tipo “flake” e amorfo, com acesso a recursos substanciais e baixo custo de mão-de-obra, sendo provavelmente o foco de futuros investimentos. Nota característica deste mercado é que os principais importadores de grafite natural, são também exportadores, sendo: Japão, USA, UK, Alemanha e França.

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. A empresa Nacional de Grafite (maior produtora brasileira e que lavra no Estado de Minas Gerais) produziu 26.067,44 toneladas, comercializou além da produção do semestre, 1.488,17 toneladas de estoque da substância. Ela manteve ainda o mesmo nível de produção do concentrado. No mesmo período, a Empresa Extrativa Metalquímica S.A., que lavra no Estado da Bahia, produziu 6.365,89 toneladas no primeiro semestre/2008, apresentando queda na produção de 0,9 % em relação ao segundo semestre do ano de 2007. Os preços por tonelada de concentrado de grafita natural apresentaram pequena variação.

No mercado mundial de grafita natural observa-se uma pequena diminuição na produção e há o conhecimento de que novas tecnologias e técnicas de purificações mais eficazes de processamento da substância vêm sendo desenvolvidas, aumentando as possibilidades de aplicabilidade. 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.

A previsão futura de demanda de grafita natural é de difícil análise. Pode não refletir a nível mundial os padrões de consumo. Assim, com esta informação da indústria, os observadores são um pouco pessimistas quanto á demanda de grafita no futuro imediato, mas há esperanças de que as

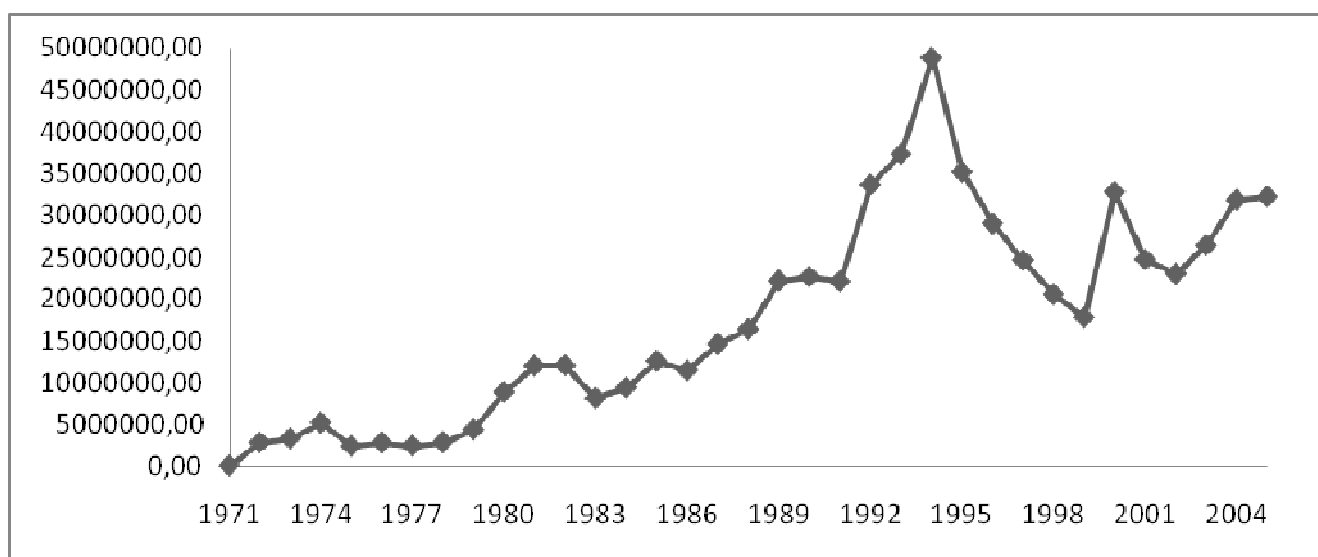
células de combustível, em especial, irão aumentar a demanda a longo prazo. Enquanto isso, se espera a previsão de um ambiente estável ou de um pequeno aumento.

A atual produção brasileira atende a demanda interna de grafita natural do tipo “flake” cristalino e gera excedente exportável.

Produção Bruta de Minério	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Quantidade (ROM)	-	1.109.707 t	1.166.692 t	1.162.943 t	1.165.805 t	1.318.737 t
Contido	-	80.116,70 t	81.511,42 t	37.529,68 t	81.814,84 t	95.082,94 t
Teor Médio	-	7,22% Graf.	6,99% Graf.	3,23% Graf.	7,02% Graf.	7,21% Graf.
Produção Beneficiada	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Quantidade	-	47.926 t	50.438 t	56.112 t	61.665 t	77.494 t
Contido	-	31.706 t	45.916 t	50.713 t	53.839 t	51.901 t
Teor Médio	-	66,16% Graf.	91,04% Graf.	90,38% Graf.	87,31% Graf.	66,97% Graf.

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro – DNPM

Grafita - Produção Mineral Total Comercializada (US\$)



Produção Quantidade Grafita – TONS

	Beneficiada					Comercializada				
	2001	2002	2003	2004	2005	2001	2002	2003	2004	2005
Brasil - Total	47926	50438	58112	61665	61305	31643	44477	48244	54180	-
Minas Gerais	47762	50438	53611	56947	56848	31597	44477	46032	51815	-
Bahia	164	-	2501	4718	4457	45	-	2213	2364	-

Fonte: Empresa Nacional de Grafite Ltda

Quantidade e valor da produção mineral comercializada		2005	2006	2007
Bruta	Quantidade	1.560 t Graf.	1.600 t Graf.	791 t Graf.
	Valor (R\$)	39.023	484.520	219.397
Beneficiada	Quantidade	49.557 t Graf.	1.658.380 t Graf.	59.683 t Graf.
	Valor (R\$)	94.298.299	91.535.614	94.283
Valor Total		94.337.322	92.020.134	94.503

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro – DNPM

5.6. Tendências do Mercado Internacional

A demanda por refratários, materiais de fundição e eletrodos está associada com a produção da indústria siderúrgica. A siderurgia, por sua vez, depende da venda de bens de consumo duráveis e da construção civil, ambas atreladas ao PIB e ao crescimento da população. O consumo de refratários por unidade de aço produzida é reduzido a cada ano devido a desenvolvimentos tecnológicos. Não obstante, o uso de grafita é positivo uma vez que os tijolos refratários a base de grafita (mag-carbon bricks) ganham participação nos sistemas de produção BOF e EAF e também há uma maior aceitação dos tijolos de alumina-grafita pelo aumento da popularidade do sistema contínuo de casting.

Por outro lado, o uso da grafita como eletrodo na produção de aço tem diminuído nos últimos vinte anos devido ao aumento da eficiência. O uso de grafite em lonas de freio e outros materiais de fricção, em substituição ao asbesto, é movida por questões legais e legislações proibindo o uso de asbestos e também uma maior produção de veículos e crescente mercado de peças de reposição. O uso de grafita natural em aplicações lubrificantes também tem diminuído devido a mudanças nos requerimentos das composições dos lubrificantes e nas tecnologias de processos.

Estima-se que a demanda global de grafita sintética e natural para produção de baterias dobre nos próximos 05 anos, principalmente em baterias alcalinas e à base de lítio. Recentes avanços em pesquisa e desenvolvimento como aprimoramento da lixiviação ácida levaram a produção de grafita de maior pureza e inovações como a grafita flexível (GRAFOIL). Este material tem encontrado novas aplicações em materiais de fricção, bobinas e aplicações de lubrificação especiais. Esta será uma área de rápido crescimento.

5.7. Reservas Minerais

Os recursos mundiais de grafita da ordem 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, Coréia e CEI; do tipo *lump* as maiores reservas estão no Sri Lanka, enquanto tipo *flake*, estão em Madagascar.

As reservas brasileiras de grafita são da ordem de 40 milhões de toneladas do tipo *flake* cristalino, com teor variando de 10% a 18% de carbono.

A produção mundial de grafita natural, em 1993, foi estimada em 580 mil toneladas e o Brasil participou com 5% deste total.

5.7.1. México

Os depósitos mais importantes de grafita amorfa do hemisfério ocidental ocorrem no Estado de Sonora, no México.

São depósitos homogêneos, contendo aproximadamente 80% de carbono grafítico. O minério ocorre em camadas de carvão do Triássico Superior, metamorfisadas por diques de granito.

Os depósitos foram, a princípio, descritos como camadas de carvão intercaladas com arenito, dobradas e depois intrudidas por granito, originando dessa forma a grafita. Seis camadas de grafita foram constatadas.

Pesquisas detalhadas, recentes mostram que os depósitos da mina Moradilhas são derivados de veios hidrotermais, não havendo nenhuma evidência de que tenham sido camadas de carvão metamorfisadas. Os veios são encontrados preenchendo fissuras, que cortam o acamamento das rochas preexistentes, em baixo ângulo. A grafita mexicana de alto grau atinge uma média de 80% de carbono, podendo ser encontrada concentrações de até 95% de carbono.

5.7.2. Áustria

Duas regiões mineralogicamente distintas, Styria e Baixa Áustria, combinam-se para fazer da Áustria o segundo maior produtor mundial de grafita natural.

Como em todos os outros depósitos europeus, a grafita é considerada como originada pelo metamorfismo e deformação de rochas contendo substâncias carboníferas e betuminosas sob alta pressão e temperatura. Os depósitos conseqüentemente ocorrem em pequenas lentes e a mineração é necessariamente subterrânea.

A Styria contém os mais importantes depósitos com reserva estimada em vários milhões de toneladas. Geologicamente, esses depósitos alpinos estão encaixados em uma zona de xistos escamosos de granulação fina e ocorre como lentes ou finas camadas individuais.

O minério é preto, mole, de granulação fina e denso com teor de 40,88% de carbono. Após a flotação, obtém-se grafita com até 92% de carbono, apropriada para lubrificação, lápis, pigmento e lama de perfuração.

A grafita da Baixa Áustria é mais dura e cristalina do que a de Styria, sendo a maior parte usada em fundição e em alto forno. Os depósitos ocorrem ao norte do maciço da Boêmia, em um cinturão altamente metamorfisado, contendo xistos de granulação grosseira, parcialmente de origem sedimentar e sempre acompanhada por mármore. A grafita contém 40 a 45% de carbono.

5.7.3. Coréia

A Coréia é o maior produtor de grafita natural, produzindo tanto a do tipo amorfa como a do tipo *flake*, sendo que 96% desta produção é do tipo amorfa.

Os depósitos ocorrem em camadas e lentes, paralelas à estrutura dos xistos e filitos encaixantes, muitos dos quais estão em contato com granitos cretáceos. Alguns depósitos são formados pela dinâmica e metamorfismo de contato das camadas de carvão, outros são argilitos grafíticos metamorfisados.

O grafite coreano tem baixo conteúdo de carbono e a maior parte é exportada para o Japão, sendo utilizada como revestimento de fundição e pigmento. Uma boa parte é queimado como combustível.

5.7.4. Rússia

Informações sobre os depósitos da Rússia são fragmentárias. Apesar dos recursos da grafita, principalmente na Rússia asiática, serem consideradas como abundantes, existem quase todos os tipos de depósitos, por exemplo: camadas de carvão termalmente metamorfisadas na Bacia de Carvão de Tungusk, o oeste de Irkutsk, produzem grafita amorfa contendo 87 a 94% de carbono; depósitos de grafita *flake* ocorrem na Ucrânia; depósitos de metassomatismo de contato são encontrados na parte ocidental de Uzbekistão; pequenos depósitos de veios são citados na mina Alibert e na região de Krasnaya Polyana, norte de Cáucaso. Os depósitos principais de Alibert são de um tipo raro, neles a grafita ocorre como *flakes* disseminada e em massas no nefelina-sienito e como lentes ao longo do contato do nefelina-sienito com o mármore.

5.7.5. Sri Lanka

Sri Lanka contém o maior depósito conhecido de grafita de veios, localizado na parte sudoeste, em sedimentos do Arqueano que foram extremamente metamorfisados. A grafita disseminada em gnaisses foi provavelmente formada pelo metamorfismo de carbonatos impuros, enquanto que a grafita de veio é secundária e preenche fendas, fissuras, foliações e planos de juntas. A grafita de veios pode ter se formado pela redução, em altas temperaturas e pressão, do dióxido de carbono liberado durante a assimilação de calcários e dolomitos, pelos magmas charnokíticos.

Os maiores teores de grafita atingem 97 a 98% de carbono. Ela é recomendada para fins de lubrificação, lápis, escovas eletromotivas e outros usos que requeiram grafita de alta qualidade.

5.7.6. Madagascar

A Ilha de Madagascar é um dos mais importantes produtores de grafita devido ao tamanho e a qualidade dos *flakes*. As reservas não foram medidas, mas são consideradas excepcionalmente grandes.

Os depósitos ocorrem junto a depósitos lateríticos de ferro e bauxita. O conteúdo grafítico da rocha original forma relevo positivo por serem resistentes ao intemperismo, apesar do processo natural de lixiviação.

A grafita ocorre em xistos e gnaisses micáceos altamente metamorfisados e intemperizados, portanto, grãos de quartzo da rocha original são comuns, os constituintes feldspáticos são convertidos completamente em argilas e as micas, geralmente encontradas entre as lamelas, permanecem com a forma parcialmente alterada.

O minério bruto alcança de 3 a 10% de grafita. O *flake* é grande, forte e flexível, sendo o melhor grafite para refratários e o favorito para a produção de cadinhos.

5.7.8. Alemanha

O distrito de Passau (Bavária) há muito tempo produz grafita *flake* apropriada para cadinhos.

Atualmente, Graphitwerke Kropfmuhl A. G. produz grafita *flake* excedendo 95% de carbono grafítico, apropriado para cadinhos, minas de lapiseiras e lubrificante. Essa companhia também purifica a grafita quimicamente até 99,9% de carbono, em vários graus de granulometria. As rochas hospedeiras são gnaisses e xistos antigos do Maciço da Boêmia, pertencente ao embasamento cristalino; as rochas gnáissicas são consideradas como tendo sido metamorfisadas durante o Carbonífero.

Camadas mais espessas são encontradas onde há dobramento. Algumas minas têm até oito camadas. O minério atinge 20 a 25% de carbono grafítico, que é beneficiado e processado por flotação, moagem e peneiramento.

5.7.9. Reservas no Brasil

Existem ocorrências de grafita em quase todos os estados brasileiros, mas economicamente, somente são aproveitados os depósitos de Minas Gerais e da Bahia.

Estados / Municípios	Reservas				
	Minério	Contido	% C	Indicada	Inferida
BAHIA	8.894.229	1.334.645	-	6.183.648	10.306.080
Itanhém	2,200	844	38,01	-	-
Maiquinique	8.892.009	1.333.801	14,99	6.183.648	10.306.080
MINAS GERAIS	6.597.303	833,481	-	15.246.698	19.362.601
Arcos	3,747	637	17,00	-	-
Itapecerica	36,483	3,575	9,79	204,145	209,596
Itatiaiuçu	36,508	5,414	14,82	3,009	26,279
Mateus Leme	91,668	12,834	14,00	-	-
Pedra Azul	6.393.642	805,380	12,59	15.019.744	19.066.006
S. Francisco de Paula	35,255	5,641	16,00	19,8	60,720
TOTAL	15.491.532	2.168.126		21.430.346	29.668.681

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro – DNPM - 2004

6. TECNOLOGIA

6.1. Lavra

No Sirilanka, a grafita “*lump*” que ocorre em veios estreitos e profundos é lavrada por métodos subterrâneos. A perfuração manual é usada para realizar lavra seletiva e evitar produção de finos, bem como produtos de contaminação. O minério lavrado é transportado por caminhões até a superfície, para catação manual e classificação.

Os minérios de grafita em veio cristalino são lavrados a céu aberto e por método subterrâneo. Em alguns casos, a catação manual é usada para separar a grafita tipo lump, para obtenção de concentrados de vários teores de carbono com pureza entre 90 e 99%. A granulométrica da grafita nos depósitos de veio cristalino varia desde 10 cm até 3 µm.

Leitos de grafita amorfa também são usualmente lavrados por método subterrâneo; contudo, os leitos são mais espessos que os de “*lumps*” amorfos e cristalinos. O minério, desmontado por explosivos, é transportado à superfície por métodos convencionais.

Depósitos de grafita em flocos são lavrados por métodos subterrâneos e a céu aberto. Usualmente, os depósitos subterrâneos são de rocha fresca e requerem desmonte por explosivos. Muitas das lavras a céu aberto estão limitadas à parte do depósito submetida ao intemperismo e empregam o mínimo de explosivos e equipamentos convencionais de escavação, como escavadeiras e tratores.

6.2. Processamento

Os minérios de grafita encerram teores de carbono que variam desde 3% até valores superiores a 15%. As principais impurezas consistem em: silicatos, silimanita, óxidos de ferro, pirrotita, biotita, granada, caolinita, alumina, minerais sulfetados. A granulometria de liberação da grafita e as impurezas dos minérios imprimem, não só, a rota de processamento do minério bruto, como também influí significativamente nas etapas de purificação dos concentrados.

A concentração do minério de grafita no Brasil não difere muito da prática convencional utilizada em todo o mundo. O processo consiste de sucessivos estágios de moagem e flotação. Neste contexto, o processamento de minério de grafita inicia-se com as operações de britagem e moagem (feita em moinhos de barras e bolas que possibilitam atingir a granulometria de liberação da grafita). Em seguida, na etapa de concentração, o minério é submetido a um processo de flotação em células convencionais. Ainda se observa o emprego do método de catação manual para a concentração da grafita com granulometria de liberação muito grossa, todavia, tratam-se de situações raras, específicas do Sri Lanka e Coreia.

Constata-se que os métodos de concentração gravítica e separação magnética são usados no processamento de minério de grafita, como etapas auxiliares de beneficiamento. Mesmo assim, a flotação ainda é o processo de concentração de grafita mais usado em todo o mundo. O mineral responde muito bem a esse processo, segundo uma variedade de coletores (óleos não polares), como querosene e óleo combustível. Geralmente, são usados como espumantes óleo de pinho ou álcool. Em muitos aspectos físico-químicos de superfície, a grafita responde à flotação de modo similar ao carvão e à molibdenita, minerais que possuem flotabilidade natural. A adição de silicato de sódio auxilia na seletividade do processo, evitando a flotação da ganga silicatada. Mesmo assim, são obtidos concentrados com teores entre 80 e 95% de carbono, ainda que, usando estágios de remoagem e flotação em multi-estágios. Os mesmos pesquisadores também concluíram que na região de pH abaixo de 4, a grafita pode ser deprimida com maior facilidade, a despeito da sua flotabilidade natural. Todavia, para valores de pH acima de 9, o índice de flotabilidade da grafita é muito elevado.

A concentração dos minérios de grafita em flocos é feita também, em geral, por meio de flotação, que permite obter concentrados finais de grafita com teores de carbono variando entre 80 e 95%. A granulometria do produto final, que depende da sua aplicação, varia desde alguns milímetros até menos de 3 μm .

No caso da grafita, pode haver a necessidade de um produto final com teor da ordem de 99%, em termos de carbono. Por meio de flotação, não se conseguem obter concentrados com tal pureza. Mesmo com os avanços na tecnologia de reagentes e otimização de processo, empregando várias etapas de limpeza e ainda considerando a flotabilidade natural da grafita, são raros os casos de sucesso com recuperações aceitáveis. Neste aspecto, outras operações associadas à flotação proporcionam melhor desempenho ao processo, como as enumeradas a seguir.

- Processo de atrição, seguido de flotação seletiva em concentrados finos de grafita permite obter um produto final com teor de carbono acima de 94%, com base em minério com teor de 88%.
- Para minérios com cerca de 10 a 15% de carbono, cujas impurezas consistem em pirrotita, biotita, quartzo/feldspato, emprega-se uma combinação de separações gravítica e magnética, seguidas de flotação para se obter um concentrado com 94% de carbono e recuperação de 90%.
- A utilização de células convencionais de flotação comprovou ser possível obter pré-concentrados com teores de carbono de até 79% e recuperação de 80%, utilizando cinco etapas de limpeza, para eliminar as seguintes impurezas do minério: ortoclásio, quartzo,

plagioclásios, biotita, granada, silimanita, caolinita, dentre outras. Para o mesmo minério, o processamento por meio de colunas de flotação viabilizou a obtenção dos mesmos resultados com apenas dois estágios de limpeza e maior flexibilidade operacional.

É habitual utilizar processos químicos, como a lixiviação, para purificação dos concentrados.

Na fase seguinte, o concentrado de grafita passa pelas etapas de lavagem, filtragem e secagem. Finalmente, esse produto é submetido aos estágios de peneiramento e moagem, em moinhos de martelo ou a jato, para adequação da granulometria às exigências do mercado.

7. Incentivos

Grafita - CFEM Arrecadada (MBCS)

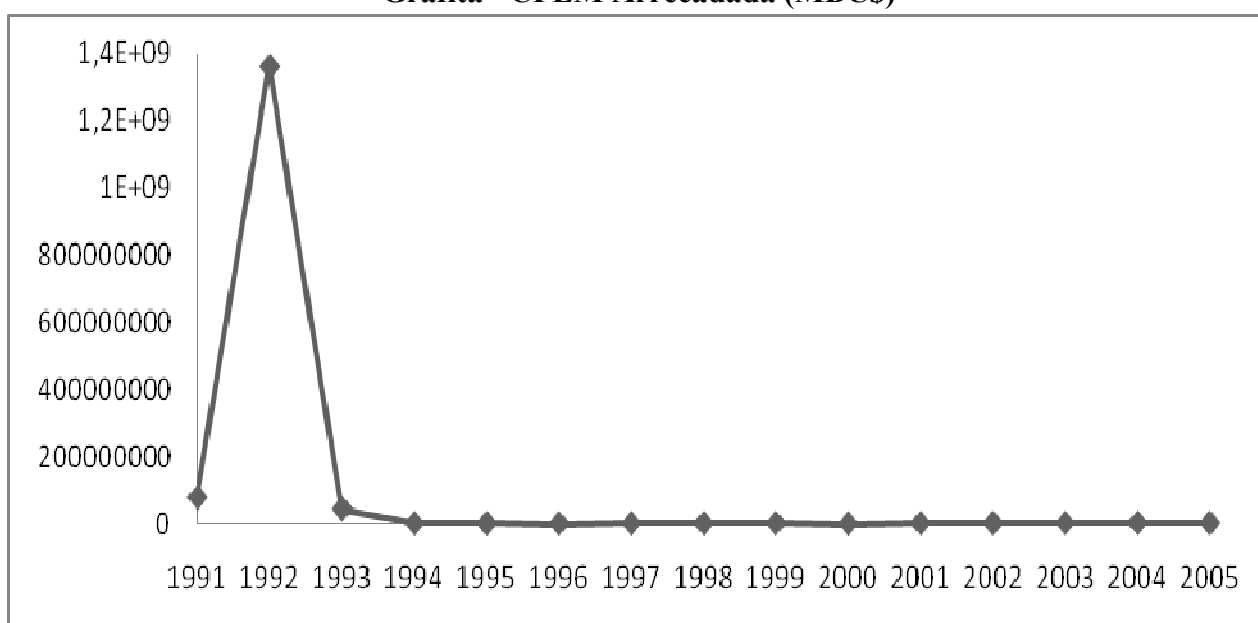


Gráfico elaborado baseado em informações do Mineraldata

8. CONCLUSÕES GERAIS

Uma das perspectivas para a utilização da grafita está na construção de asfalto eletricamente condutor, com a finalidade de aquecimentos de pistas de alguns aeroportos e pontes em regiões frias.

O advento do automóvel híbrido utilizando célula a combustível de grafita constitui a maior demanda futura da grafita, estimada em 100.000t/ano.

Os avanços na tecnologia de purificação da grafita natural concederam ao produto especificações peculiares, tornando-o competitivo nas aplicações de alta tecnologia. Como resultado, hoje a grafita natural é utilizada na manufatura de baterias alcalinas. Outrora, esse mercado era exclusivamente da grafita sintética.

Quanto à reciclagem da grafita, as oportunidades são limitadas, já que o produto se degrada durante o seu uso, como acontece com os refratários, revestimento de freios, entre outros. Entretanto, existe a possibilidade de reciclagem para a grafita utilizada em eletrodos. Neste caso, o produto é britado e reutilizado na reforma de eletrodos ou como um substituto da grafita sintética.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- *Industrial Minerals*
- *Mineração no Brasil: Previsão de demanda e necessidade de investimentos – MME*
- *Daconti, B.C. 2004. Contexto geológico, controle e correlação regional das mineralizações de grafita da região de Almenara, Província Grafítica do Nordeste de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais.*
- *DARDENNE, M.A. & SCHOBENHAUS, C. (2001). Metalogênese do Brasil. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2001. 392 p. ISBN: 85-230-0647-8.*
- *Departamento Nacional da Produção Mineral (1986). Principais depósitos minerais do Brasil.*
- *DNPM. Anuário Mineral Brasileiro, Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, MME. www.dnpm.gov.br.*
- *DNPM. Sumário Mineral, Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, MME. www.dnpm.gov.br.*
- *Faria, L.F. 1997. Controle e tipologia de mineralizações de grafita flake do nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia: uma abordagem regional. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais.*
- *Guimarães, F.R. 2000. Uso de imagem do satélite Landsat TM5 e de sistema de informações geográficas no estudo geológico da Província Grafítica Minas-Bahia – Setor Noroeste. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais.*
- *LUZ, Adão Benvindo; LINS, Fernando Freitas (eds.). (2005). Serie Rochas e Minerais Industriais – CETEM*
- *Reis, L.B. 1999. Estudo de mineralizações de grafita no extremo nordeste de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, p.87*