

## BEM MINERAL

O zircônio é um metal cinza prateado, que pode ocorrer na tonalidade azul escura, dúctil, refratário, com elevada resistência à tração, alta dureza e resistente à corrosão. Na tabela periódica de elementos químicos, está situado no grupo IV e tem as seguintes características: símbolo, Zr; número atômico (Z), 40; massa atômica (MA), 91,224 u; massa específica, 6,4 g/cm<sup>3</sup>; energia de ionização, 659,2 kJ/mol; ponto de fusão, 1.850°C; ponto de ebulição, 4.377°C; raio atômico, 155pm; eletronegatividade, 1,33; e distribuição eletrônica, 2-8-18-10-2. Seu estado físico é apresentado na forma sólida.

É possível que formas de zircônio sejam conhecidas desde os templos bíblicos, mas somente em 1789 o químico alemão M. H. Klaproth isolou o óxido do elemento zircônio de um mineral proveniente do Ceilão (atualmente Sri Lanka), conhecido como zircão ou zirconita (ZrSiO<sub>4</sub>). A origem do nome zircônio é uma derivação do árabe, *zargun*, que significa cor dourada, que é uma característica do silicato. Em 1824, o estudioso J.J. Berzelius isolou o metal por redução de K<sub>2</sub>ZrF<sub>6</sub> com potássio, embora de forma ainda impura, sendo que a obtenção da primeira amostra dúctil do metal, com razoável grau de pureza, aconteceu na Alemanha em 1914, realizada por Lely e Hamburger. Em 1925, foi desenvolvido pelos pesquisadores van Arkel e de Boer o primeiro processo de refinação na busca de um zircônio mais puro.

Na crosta terrestre, o zircônio ocorre normalmente associado ao háfnio, na proporção de 50 para 1. A principal fonte de zircônio é a zirconita, que também é conhecida como zircão. Trata-se de um silicato de zircônio de fórmula ZrSiO<sub>4</sub>, cuja apresentação pode variar nas seguintes cores: marron, verde, azul, vermelho, amarelo e incolor. Em termos teóricos, a composição da zirconita é formada de 67,2% de ZrO<sub>2</sub> e 32,8% de SiO<sub>2</sub>.

Outros minerais de zircônio conhecidos são a baddeleyta e o caldasito ou zirkita. A baddeleyta (óxido de zircônio) é o segundo minério mais importante de zircônio. Contém teores de óxido de zircônio contido que variam entre 96,5% a 98,5%. Como esse minério apresenta teores tão significativos, é conhecido como uma fonte de extrema pureza na obtenção de zircônio metálico e compostos químicos. O caldasito, também conhecido como zirkita, cuja ocorrência só tem registro no Brasil, é um minério de zircônio que se apresenta como uma mistura de zirconita e baddeleyta, idêntica a uma massa compacta homogênea acimentada, podendo variar, quando oxidado, para as cores marron ou vermelho. Conhecidos como outros minérios de zircônio, a malaconita e a zirquelita ocorrem com menor frequência, e suas explorações econômicas não são viáveis, até o momento.

No que concerne a propriedades físico-químicas, o zircônio é pouco reativo. Sofre transformação quando atacado pelo ácido clorídrico e pela água-régia (três partes de HCl para uma parte de HNO<sub>3</sub>). Quando submetido a altas temperaturas, há reação com o oxigênio, formando o ZrO<sub>2</sub>, e com o nitrogênio e o carbono, resultando, respectivamente, em nitreto (ZrN) e carbeto (ZrC). Pelo baixo poder absorvente de nêutrons, o zircônio é usado, principalmente, na indústria nuclear, para recobrir as barras de urânio nas pilhas nucleares. Na indústria química é usado em equipamento resistente à corrosão, e na indústria eletrônica compõe-se em placas e filamentos. Aplica-se o zircônio, também, em ligas de ferro, estanho e nióbio, e como metal puro, junto com o háfnio.

Nos setores de fundição, cerâmica e de refratários, a zirconita é amplamente utilizada por causa de seus teores de  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$  e  $Fe_2O_3$ . A indústria cerâmica utiliza a zirconita moída nos opacificantes e cerâmicas, esmaltes vitrificados e materiais cerâmicos especiais. Na indústria de refratários, o minério é utilizado na fabricação de tijolos para fornos de alumínio, vidro e no revestimento de peças para fusão na indústria siderúrgica. No setor de fundição, usa-se o minério adicionado à confecção de moldes em fundição de ligas especiais devido à alta refratariedade, baixo coeficiente de expansão térmica, boa estabilidade química e elevada difusibilidade térmica. Na indústria de vidros, tintas e soldas, aplica-se a zirconita como abrasivo.

A substituição da zirconita na indústria de fundição faz-se pela cromita ou olivina; na indústria siderúrgica podem ser substituída pela alumina sílica em revestimentos, em painéis de aço; na pigmentação das tintas pode ser utilizado o óxido de estanho. O óxido de zircônio, também conhecido como zircônia, é um composto que vem sendo usado, nos últimos anos, no setor de cerâmica avançada.

## 1. RESERVAS

As maiores reservas conhecidas no mundo estão localizadas na Austrália, África do Sul, Ucrânia e EUA, e totalizam cerca de 84%.

As reservas brasileiras de minério de zircônio referem-se a zirconita (ou zircão) e caldasito. Geralmente, a zirconita brasileira ocorre associada a depósitos de areias ilmeno-monazíticas.

Mundialmente conhecida pelo grande porte de suas reservas estaníferas, a Mina de Pitinga, localizada no Município de Presidente Figueiredo, Amazonas, sob a responsabilidade da Mineração Taboca S/A (Grupo Paranapanema), é constituída por um complexo polimetálico com reservas em avaliação de zircônio (cerca de 1,7 milhão de toneladas de zirconita), nióbio, tântalo e ítrio, com perspectiva de aproveitamento econômico em análise. A zirconita, nesse caso, é uma substância mineral secundária proveniente do minério de saprolito, e suas reservas representam 74,5 % do total do Brasil.

O litoral brasileiro abriga a ocorrência de zirconita associada a depósitos de areias ilmeno-monazíticas, com predominância de ilmenita. As ocorrências conhecidas estão localizadas no Ceará, Maranhão, Piauí, Paraíba, São Paulo, Rio Grande do Norte, Paraná e Santa Catarina.

No Município de Mataraca, no Estado da Paraíba, está localizada a Mina do Guaju, com os maiores depósitos desse tipo de zirconita, cujos direitos minerários pertencem à empresa Millennium Inorganic Chemicals. No passado, os direitos pertenceram à empresa RIB – Rutilo e Ilmenita do Brasil. Juntamente com as reservas localizadas em Baía Formosa, no Estado do Rio Grande do Norte, a participação no total das reservas brasileiras representa 11,2 %.

As reservas conhecidas e aprovadas da INB – Indústrias Nucleares do Brasil, que sucedeu à NUCLEMON-Mínero-Química, estão distribuídas nos Estados da Bahia (Alcobaça e Prado), Espírito Santo (Anchieta, Guarapari e Aracruz) e Rio de Janeiro (São Francisco de Itabapoana e São João da Barra), e referem-se a 6,0 % das reservas brasileiras conhecidas.

No maciço alcalino de Poços de Caldas, nos Municípios de Águas da Prata/SP e Poços de Caldas/MG, estão localizadas as reservas de caldasito pertencentes à empresa CBA –

Cia. Brasileira de Alumínio (Grupo Votorantim), que outrora pertenceram à empresa MINEGRAL, com participação da ordem de 2,2 % no total nacional.

A empresa SAMITRI – S.A Mineração da Trindade detém 2,2 % das reservas no Estado de Minas Gerais, onde a ocorrência de zirconita está associada à ilmenita e monazita encontradas no leito, aluviões e drenagens do Rio Sapucaí. Aspectos legais ambientais estão em análise no plano de aproveitamento econômico a ser aprovado para lavra.

Reservas menores, sem previsão de produção, pertencem às empresas Rio Brilhante Mineração Ltda., Multiquartz Mineração Ltda., Mineração Catolé Ltda., Arev Patrimonial Ltda., Mineração Curimbaba Ltda. e Mineração Porto Real Ltda.

No Estado do Rio Grande do Sul, a empresa Paranapanema detém uma reserva onde pretende explorar e industrializar minerais pesados, conforme prevê o seu projeto denominado Jaburu. Estima-se uma produção de concentrados de ilmenita, rutilo e zirconita

No Estado do Tocantins, a empresa Mito-Mineração Tocantins Ltda. solicitou autorização ao DNPM para pesquisar zirconita naquele Estado. A ocorrência mineral é caracterizada por colúvios ricos em zirconita.

O cadastro mineiro do DNPM registra, ainda, outros pedidos de requerimento e autorização de pesquisa de zirconita nos Estados do Rio Grande do Sul, Tocantins, Pará, Minas Gerais, Amapá, Amazonas, Roraima, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro.

<b>Tabela 01</b>		<b>Reservas Oficialmente Aprovadas de Zircônio – 2000</b>		
UF	Medidas			Empresas
	Minério	Contido (ZrSiO <sub>4</sub> )	Teor(%)	
AM	195.000.000	1.657.500	0,85	Mineração Taboca S.A.
BA	19.377	12.595	65,0	INB-Indústrias Nucleares do Brasil
BA	34.620	22.157	64,0	Rio Brilhante Mineração Ltda.
BA	64.722	42.069	65,0	Mineração Catolé Ltda.
BA	24.366	15.594	64,0	Multquartz Mineração Ltda.
MG	68.568	39.502	57,6	CBA-Cia. Brasileira de Alumínio
MG	4.233	2.667	63,0	Arev Patrimonial Ltda.
MG	79.112	49.841	63,0	SAMITRI-S.A. Mineração da Trindade
MG	820	517	63,0	Mineração Porto Real Ltda.
MG	3.000	1.800	60,0	Mineração Curimbaba Ltda.
PB	310.295	210.380	67,8	Millennium Inorganic Chemicals
RJ	161.477	115.468	64,7	INB-Indústrias Nucleares do Brasil
RN	61.620	40.053	65,0	Millennium Inorganic Chemicals
SP	15.646	9.388	60,0	CBA-Cia. Brasileira de Alumínio
ES	...	5.765	...	INB-Indústrias Nucleares do Brasil
<b>Total</b>	<b>195.847.856</b>	<b>2.225.296</b>		

Unidade: t

Fonte: DNPM/DIRIN

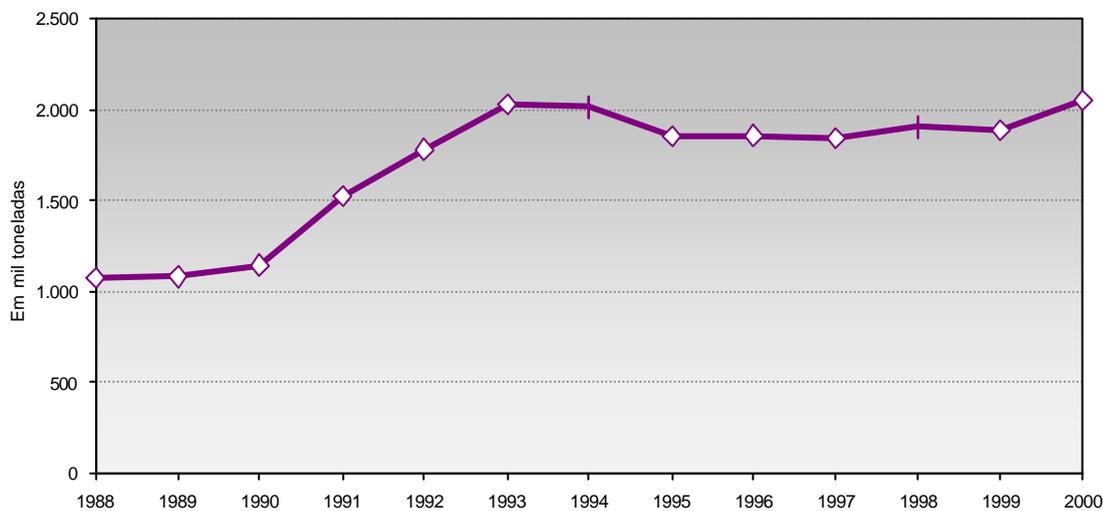
As reservas medidas brasileiras de zircônio aprovadas pelo DNPM, no ano de 2000, totalizaram 195.847.856 toneladas de minério, com teor médio de 59%, resultando em 2.225.296 toneladas de zirconita contida, concentradas, principalmente, nos Estados do Amazonas (74,5 %), Paraíba (9,5 %), Rio de Janeiro (5,2 %), Minas Gerais (4,2 %) e Bahia (4,1 %).

<b>Tabela 02</b>	<b>Descrição das Reservas Brasileiras no período 1988 - 2000 (Reservas Medidas em Metal Contido)</b>
<b>Ano</b>	<b>Metal Contido (ZrSiO<sub>4</sub>)</b>
1988	1.079,0
1989	1.081,8
1990	1.144,7
1991	1.526,6
1992	1.782,3
1993	2.027,8
1994	2.014,3
1995	1.853,8
1996	1.858,7
1997	1.841,9
1998	1.903,4
1999	1.887,9
2000	2.225,3

Unidade: 10<sup>3</sup> t

Fonte: DNPM/DIRIN

**Gráfico 01 - Evolução das Reservas de Zirconita (Metal Contido - ZrSiO<sub>4</sub>) - 1988 - 2000**



Fonte: DNPM/DIRIN

—+— Metal Contido (ZrSiO<sub>4</sub>)

## 2. PRODUÇÃO

### Origem da Produção/Estrutura de Mercado

Líder no mercado mundial, a Austrália é detentora de 45% das reservas terrestres, dividindo com a África do Sul o primeiro lugar em produção (37,8% cada). Em seguida, estão os EUA (9,4%) e Ucrânia (6,2%, a partir da década de 90). O Brasil produziu 30.000 toneladas de concentrado de zirconita em 2000, que representaram 2,8% do total mundial.

A produção brasileira de concentrado de zirconita em 2000 foi efetuada somente por duas empresas: Millennium Inorganics Chemicals S.A, no Estado da Paraíba (64%), apesar do seu produto apresentar um teor de ferro contido no minério de sua reserva, que diferencia a qualidade de seu produto no mercado interno; e Indústrias Nucleares do Brasil – INB, no Estado do Rio de Janeiro (36%).

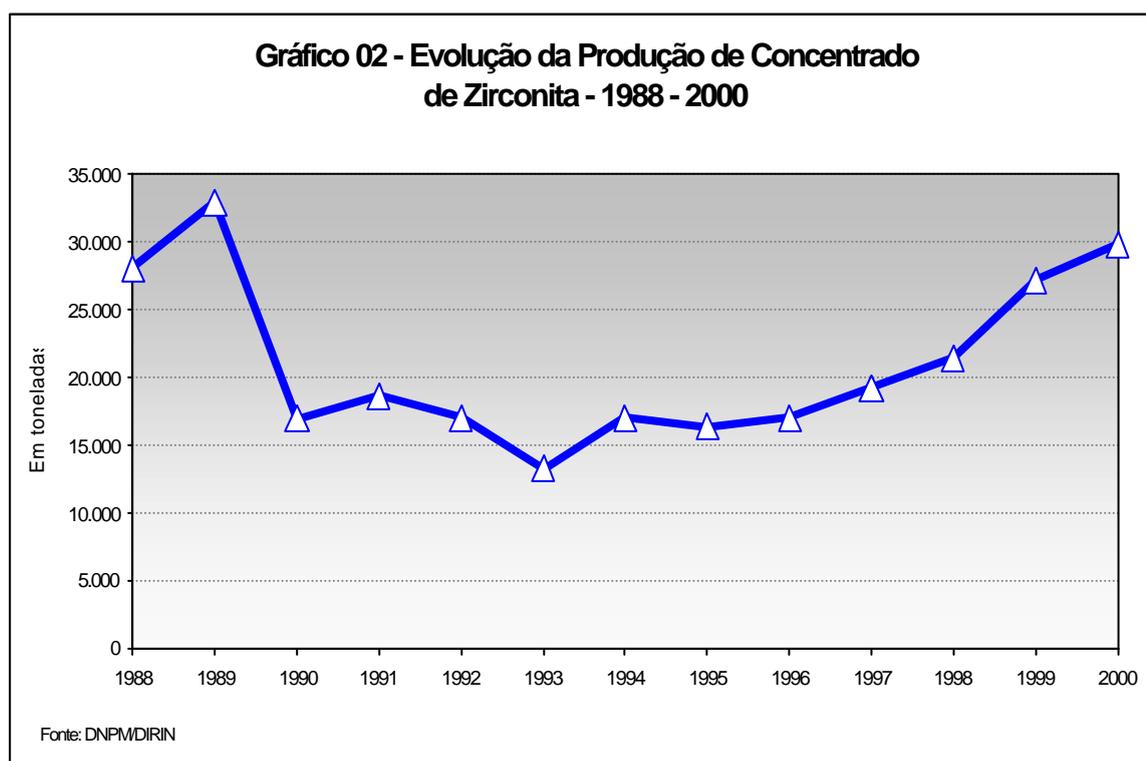
No período objeto da análise da evolução da produção (88/2000), ocorreu um discreto crescimento na produção do concentrado de zirconita. No final da década de 80, em virtude da entrada em operação do Projeto Mataraca, na Paraíba, então pertencente à empresa RIB – Rutilo e Ilmenita do Brasil, a demanda era, então, suprida pelos produtos da RIB, NUCLEMON e Mineração Taboca. Em 1990, a queda na produção do concentrado de zirconita foi conseqüência do ano difícil para a economia brasileira: queda do PIB em 4,6%, decréscimo do setor industrial da ordem de 7%. Nesse cenário, a Mineração Taboca não produziu o concentrado de zirconita e comercializou apenas o seu estoque. A produção daquele ano ficou restrita às empresas NUCLEMON, RIB e Minegral. Já em 91, as empresas Multquartz, Rio Brillhante e SAMITRI procuraram ocupar o mercado do zircônio, aguardando outorgas de suas portarias de lavra. Além disso, a mineração Taboca paralisou sua produção por problemas de mercado e a SAMITRI passou a aguardar a aprovação do RIMA para início de sua lavra. Até 93, apesar do aumento das reservas de zircônio no Brasil e no mundo, não houve impacto significativo na produção. Naquele ano, das cinco empresas detentoras de títulos de lavra para minérios de zirconita, apenas duas produziram: RIB e Minegral, que não comercializou sua produção por ter sido pequena. Paralisaram suas lavras: Taboca/AM (devido a problemas tecnológicos do minério e mercado), SAMITRI/MG (produção paralisada em Minas Gerais por motivos ambientais; a área de várzea é considerada antieconômica, além da ocorrência do mineral zircônio vir associada com ilmenita, monazita e ouro) e NUCLEMON/BA, ES e RJ (a Usina de Santo Amaro/SP foi fechada em 92 devido a problemas econômicos e ambientais, pois o processamento da zirconita envolvia material radioativo e a usina era localizada próxima a bairros residenciais na cidade de São Paulo). Com o início do plano real em 1994, registrou-se um crescimento da economia brasileira em cerca de 5%, ao mesmo tempo em que o setor industrial registrou um crescimento da ordem de 6%. Nota-se a recuperação na produção de concentrado de zirconita, deixando o mercado mais otimista. Os efeitos da crise mexicana em 95 reduziram aplicações e investimentos no mercado latino-brasileiro. O mercado interno sofreu algumas conseqüências e passamos a ter somente a RIB como produtora de zirconita. Naquele ano, a empresa Minegral, já com suas lavras paralisadas, repassou seus direitos minerários para a CBA – Cia. Brasileira de Alumínio, do grupo Votorantin. Em 96, a ex-NUCLEMON, agora INB, retornou ao ávido mercado de zircônio, produzindo para os setores cerâmico e refratários. Em 1997, sofrendo os efeitos da crise econômica que atingiu o Sudeste da Ásia, o Brasil evitou a perda de seus investimentos e de suas reservas cambiais elevando as taxas de juros. Apesar desse cenário de incertezas, o mercado foi abastecido pela produção das empresas RIB e

INB. A crise econômica russa e a desvalorização do real em 1998 não prejudicaram a recuperação na produção do concentrado de zircônio. A década de 90 chegou ao fim com duas empresas produzindo zirconita, Millennium e INB, e mesmo com a inserção de novas reservas, a produção desse final de milênio não atende ao mercado, que continua ávido por zircônio, notadamente o setor cerâmico, cujas empresas do setor industrial vêm desenvolvendo projetos ao longo da década de 90.

<b>Tabela 03</b>		<b>Evolução da Produção do Concentrado de Zirconita - 1988 - 2000</b>	
<b>Anos</b>	<b>Concentrado de Zirconita</b>		
1988	28.000		
1989	32.900		
1990	16.900		
1991	18.600		
1992	17.000		
1993	13.200		
1994	17.000		
1995	16.300		
1996	17.000		
1997	19.200		
1998	21.400		
1999	27.160		
2000	29.805		

Unidade: t

FONTE: DNPM/DIRIN



## Métodos de Produção e/ou Processos Tecnológicos

Atualmente, a produção nacional é obtida pelo total produzido por duas empresas: Millennium e INB.

A empresa Millennium Inorganic Chemicals do Brasil, com capital acionário inicial formado pela Andrade Gutierrez e Bayer do Brasil, é uma subsidiária da Millennium Chemicals, Incorporation. Sua importância mundial é por ser reconhecida como a maior produtora de dióxido de titânio. Sua empresa matriz está localizada em Hunt Valley, Maryland, EUA, com filiais na Inglaterra, França, Austrália e Brasil. Em nosso país, a empresa sucedeu à RIB – Rutilo e Ilmenita do Brasil, então uma subsidiária da TIBRÁS – Titânio do Brasil SA, que iniciou suas operações no Município de Mataraca, na Paraíba, numa mina localizada a 96 km de João Pessoa, em fevereiro de 1978. A jazida de Mataraca contém uma reserva mineral de 227 milhões de toneladas de areia bruta e 4,4 milhões de toneladas de minerais pesados. Segundo informações da empresa, a vida útil da jazida está prevista para os próximos vinte anos. A mina começou a produzir ilmenita em 83, atingindo sua plena capacidade de produção em 86. O início da produção de zirconita e rutilo ocorreu em 88. A mina foi comprada pela Millennium em julho/98, quando o capital acionário passou a pertencer ao grupo, sendo que a integração legal ocorreu em outubro/98. Conhecida como a Mina do Guaju, a planta está localizada no litoral paraibano, cujas maiores atrações são a recreação marítima, o surfe e o lazer. Turismo e a produção de cana de açúcar são as principais atividades econômicas da área. De forma a cultivar boas relações com a comunidade de Mataraca e Municípios vizinhos, a gerência da mina do Guaju, atendendo à programação de sua matriz intitulada “Atuação Responsável” (*Responsible Care*), tem investido ostensivamente em programas comunitários, segurança, saúde e meio ambiente, a partir da capacitação de seus funcionários e conscientização de seus familiares. Apesar de já ter sido agraciada por certificados de qualidade, a empresa tem como princípio básico a melhoria constante de seus meios de processamento e de seus produtos. A capacidade anual de produção da mina é a seguinte: 100.000 toneladas de ilmenita (usada na produção de pigmento branco de dióxido de titânio, que é matéria-prima para fabricação de plásticos, tintas, borrachas, papel, cosméticos); 2.000 toneladas de rutilo (matéria-prima para fabricação de eletrodos de solda e ligas metálicas), cianita (matéria-prima para fabricação de refratários); e 16.000 toneladas de **zirconita**, matéria-prima que abastece a indústria de cerâmica, refratários e fundição de elevada precisão. O processo de extração e beneficiamento da mina inicia-se em lavra a céu aberto com desmonte mecânico, utilizando-se tratores de esteiras. Na base da duna, ocorre o preenchimento das calhas vibratórias móveis gravimétricas. Daí, o material é enviado para a usina de beneficiamento através de correias. No beneficiamento, há quatro etapas: duas plantas via úmida e duas plantas via seca, a saber: 1) via úmida de minerais pesados - por processos gravimétricos, os minerais pesados são separados da areia bruta, gerando dois pré-concentrados, magnético (ilmenita) e não magnético (zirconita, rutilo e cianita); 2) via úmida de zirconita, rutilo e cianita – a produção de pré-concentrados ricos em zirconita, rutilo e cianita é proveniente dos pré-concentrados não magnéticos da via úmida de minerais pesados; 3) via seca de zirconita, rutilo e cianita - é quando ocorre a produção final da zirconita, rutilo e cianita através de separadores magnéticos e eletrostáticos; e 4) finalmente, a via seca de ilmenita recebe o pré-concentrado magnético produzido na via úmida de minerais pesados, alimentando o concentrado de ilmenita, utilizando-se separadores magnéticos e eletrostáticos. No processo de beneficiamento mineral não há adição de produtos químicos. Depois de devidamente processados e secos, os concentrados são transportados em caminhões e carretas. A ilmenita alimenta a fábrica da Millennium localizada em Camaçari, na Bahia, enquanto zirconita, rutilo e cianita abastecem clientes localizados no eixo Rio-São Paulo, dentre eles as empresas Johnson

Matthey Cerâmica Ltda., Trebol Brasil Ltda. (antiga Atofina Brasil Química Ltda.), Colorobbia Brasil Produtos para Cerâmica Ltda., Cinco Emmes Indústria e Comércio Ltda. e Esab SA Indústria e Comércio. A distância entre o produtor e consumidores é de menos de 1.500 km.

A empresa denominada INB – Indústrias Nucleares do Brasil SA é uma sociedade de economia mista que, pela legislação vigente, é a empresa autorizada a explorar urânio no Brasil, desde a mineração e o beneficiamento primário, até a colocação dos elementos combustíveis que acionam os reatores de usinas nucleares. A prospecção e pesquisa, a lavra e a industrialização e a comercialização das areias monazíticas brasileiras que contêm minerais pesados também é da competência da INB. Dessas areias, são obtidos os produtos ilmenita, rutilo, **zirconita** e monazita, amplamente utilizados pelo parque industrial brasileiro. Essas ações são realizadas em Buena, no Município de São Francisco de Itabapoana, localizado ao norte do Estado do Rio de Janeiro. Até o início dos anos 90, a produção de minerais pesados era realizada na Usina de Santo Amaro – USAM, localizada no bairro do Brooklin Paulista, na cidade de São Paulo. Por questões ambientais, em 1994 a INB liberou a área da Usina para outros usos, através de processo de descomissionamento, que significa, segundo a Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA, “tomar todas as providências necessárias para a desativação de uma instalação nuclear ao final de sua vida útil, observando-se todos os cuidados para proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores e das pessoas em geral, e ao mesmo tempo, o meio ambiente.” Com efeito, a mineração, o beneficiamento e a comercialização de minerais pesados, dentre eles a zirconita, passaram a ser realizados na Usina de Buena/RJ. Por se tratar de atividade nuclear, todas as ações da Usina são rigorosamente acompanhadas e fiscalizadas por autoridades regulatórias de proteção do meio ambiente e pela CNEN- Comissão Nacional de Energia Nuclear, no que concerne à proteção radiológica e licenciamento.

A capacidade de produção da mina, em termos de concentrado de minerais pesados, é de 5.000 toneladas por mês. No processo de extração e beneficiamento em mina a céu aberto, a areia é retirada da reserva em caminhões e transportada até a usina de Buena. Através de processo hidrogravimétrico, é feita a concentração de minerais pesados: o que é estéril retorna para recomposição do solo lavrado, enquanto o concentrado segue para unidade de separação seca. Por processo de separação magnética e eletrostática, é feita a separação em quatro produtos: 1) ilmenita (20.000 toneladas por ano: matéria-prima usada na fabricação de pigmentos de dióxido de titânio, abrasivos, ferros-liga e revestimento de altos fornos; 2) rutilo (720 toneladas por ano: produção de solda elétrica e como matéria-prima para a fabricação de derivado de titânio; 3) monazita (1.000 toneladas por ano: elementos de terras raras para produção de componentes de alta tecnologia para telefones celulares, tubos de imagem de televisores, cerâmica de alto desempenho); e 4) **zirconita** (9.000 toneladas por ano: opacificante para cerâmica industrial de louças, pigmentos para esmalte porcelanizado, moldes para fundição, tintas de faceamento para moldes de fundição, polimento de lentes, fabricação de isolantes térmicos e elétricos, tijolos refratários). O minério é transportado em caminhões, principalmente para indústrias localizadas nos Estados de São Paulo e Santa Catarina. A empresa transportadora Mato Verde, cuja sede está localizada na BR-101, facilita as exigências dos clientes, quando o minério tem que ser transportado para as regiões Sudeste e Sul. A INB tem como seus principais clientes as empresas ZIRCONBRAS Ind. e Com. Ltda (SP), Trebol Brasil Ltda.(SP) (antiga Atofina Brasil Química Ltda.) e Caravaggio Beneficiamento e Moagem (SC).

Na indústria de transformação, a Johnson Matthey Cerâmica Ltda. é uma multinacional inglesa, que está no Brasil desde 1996, e sua unidade de produção está localizada em Vargem Grande Paulista/SP. Trabalhando com sua capacidade plena, seus produtos – areia

de zircônio, farinha de zircônio e zircônio micronizado, processados por vias úmida e seca, são consumidos pelos setores cerâmico (80%) e fundição (20%).

A Trebol Brasil Ltda. é uma empresa mexicana que adquiriu a divisão de zircônio da francesa Atofina Brasil Química Ltda., localizada no Município de Rio Claro/SP. O processamento da zirconita é físico, por via úmida, resultando num opacificante que atende os setores cerâmico de revestimento (90%) e de metalurgia e fundição (10%). Na nova gerência, há uma previsão de investimentos na modernização física da planta, bem como na sua capacidade de produção, que atualmente gira em torno de 50%.

A ZIRCONBRAS Indústria e Comércio Ltda. é uma empresa nacional e está localizada no Município de Tietê/SP. A moagem da zirconita é por via úmida e a tecnologia específica da empresa direciona sua produção a várias finalidades: revestimentos cerâmicos, louças sanitárias, coloríficos cerâmicos, refratários especiais, microfusão de aço, fundição, polimento ótico e siderurgia.

### **3. COMÉRCIO EXTERIOR**

#### **IMPORTAÇÃO**

No final dos anos 80, havia uma expectativa de diminuição das importações de zircônio, por conta da entrada no mercado doméstico dos produtos de zircônio das empresas RIB e SAMITRI. De fato, registrou-se queda nos itens concentrados e compostos químicos até 1992. Com o fechamento da Usina de Santo Amaro (NUCLEMON) em 92, a dependência externa voltou a aumentar, principalmente de concentrados. Ao longo do período objeto deste estudo (1988/2000), o Brasil importou concentrados (zirconita, baddeleyta e areia de zircônio micronizada) e compostos químicos (principalmente óxido de zircônio). Os gastos com as importações só não foram maiores em virtude de queda gradativa dos preços, registrado no mercado mundial na década de 90. Os principais países fornecedores, de 1988 a 2000, foram: Espanha, África do Sul, Austrália, EUA e França.

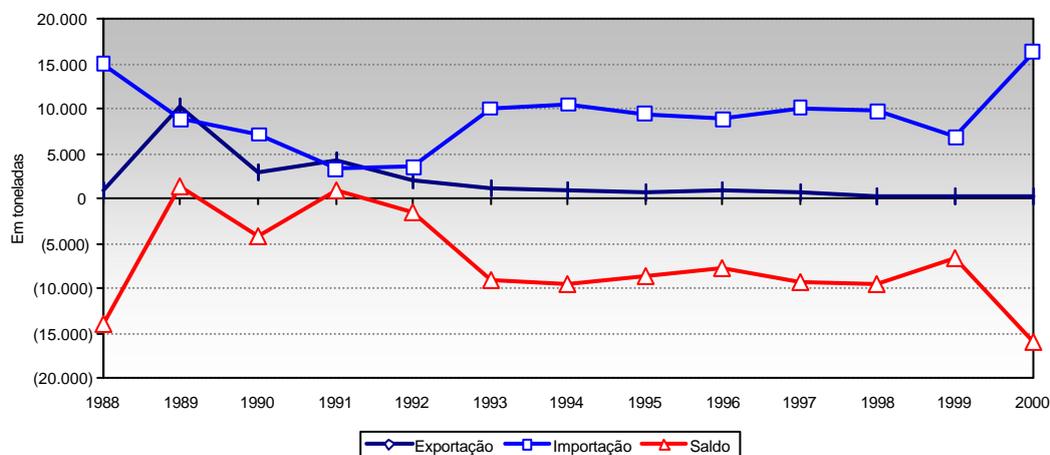
#### **EXPORTAÇÃO**

Não era esperado crescimento expressivo das exportações de produtos de zircônio (concentrado e compostos químicos) durante a década de 90, em vista da saída do cenário exportador de empresas produtoras como a M&T, Paranapanema, NUCLEMON, RIB, entre outras. Ainda em 1990, apesar da recessão sofrida pelo setor produtivo brasileiro, as empresas RIB e Marzicon chegaram a exportar zirconita e areia de zircônio micronizada, principalmente para a Espanha. Porém, registrou-se queda de pequena variação até meados de 90, chegando ao final da década com valores pouco expressivos. Exportaram-se, nesse período, principalmente concentrados e compostos químicos, para Espanha, Argentina, Uruguai e França.

**Tabela 04****Comércio Exterior de Zircônio - 1988/2000**

<b>CONCENTRADOS</b>						
ANOS	EXPORTAÇÃO (A)		IMPORTAÇÃO (B)		SALDO (A - B)	
	Quantidade (t)	Valor (10 <sup>3</sup> US\$)	Quantidade (t)	Valor (10 <sup>3</sup> US\$)	Quantidade (t)	Valor (10 <sup>3</sup> US\$)
1988	991	794	15.057	7.470	(14.066)	(6.676)
1989	10.354	7.362	8.908	6.463	1.446	899
1990	2.993	947	7.179	6.759	(4.186)	(5.812)
1991	4.166	851	3.289	2.144	877	(1.293)
1992	2.137	761	3.551	1.244	(1.414)	(483)
1993	1.104	535	10.058	3.370	(8.954)	(2.835)
1994	930	443	10.526	3.413	(9.596)	(2.970)
1995	817	496	9.435	3.624	(8.618)	(3.128)
1996	1.004	1.140	8.841	5.581	(7.837)	(4.441)
1997	712	627	10.109	6.503	(9.397)	(5.876)
1998	280	263	9.745	6.212	(9.465)	(5.949)
1999	230	180	6.902	3.757	(6.672)	(3.577)
2000	362	278	16.321	5.805	(15.959)	(5.527)
<b>Total</b>	<b>26.080</b>	<b>14.677</b>	<b>119.921</b>	<b>62.345</b>	<b>(93.841)</b>	<b>(47.668)</b>

Fonte: SRF - SECEX - DNPM/DIRIN

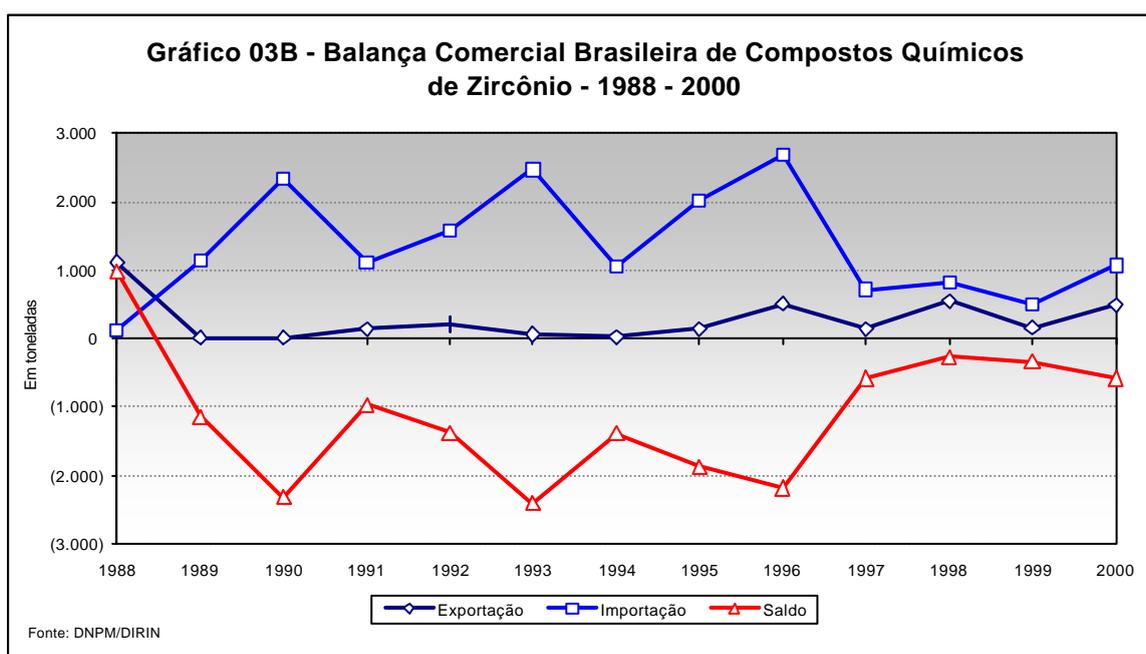
**Gráfico 03A - Balança Comercial Brasileira de Concentrado de Zirconita - 1988 - 2000**

Fonte: DNPM/DIRIN

**Tabela 04****Comércio Exterior de Zircônio - 1988/2000****COMPOSTOS QUÍMICOS**

ANOS	EXPORTAÇÃO (A)		IMPORTAÇÃO (B)		SALDO (A - B)	
	Quantidade (t)	Valor (10 <sup>3</sup> US\$)	Quantidade (t)	Valor (10 <sup>3</sup> US\$)	Quantidade (t)	Valor (10 <sup>3</sup> US\$)
1988	1.111	839	125	492	986	347
1989	9	42	1.144	2.342	(1.135)	(2.300)
1990	21	115	2.335	4.176	(2.314)	(4.061)
1991	144	235	1.106	2.176	(962)	(1.941)
1992	209	290	1.582	2.527	(1.373)	(2.237)
1993	62	109	2.471	3.064	(2.409)	(2.955)
1994	24	37	1.046	1.701	(1.382)	(1.664)
1995	148	158	2.014	2.343	(1.866)	(2.185)
1996	510	580	2.689	3.683	(2.179)	(3.103)
1997	141	334	717	1.795	(576)	(1.461)
1998	550	3.296	821	3.078	(271)	218
1999	161	774	501	1.793	(340)	(1.019)
2000	497	2.365	1.073	3.112	(576)	(756)
<b>Total</b>	<b>3.587</b>	<b>9.174</b>	<b>17.984</b>	<b>32.282</b>	<b>(14.430)</b>	<b>(23.117)</b>

Fonte: SRF - SECEX - DNPM/DIR/N



## 4. CONSUMO APARENTE

Na evolução do consumo aparente de concentrado de zirconita (tabela abaixo) registrou-se queda acentuada até o início dos anos 90, quando a mineração Taboca deixou de produzir o concentrado e destinou pequena quantidade ao mercado externo. Nesse período, a produção da RIB foi toda destinada ao setor cerâmico, enquanto a NUCLEMON atendeu a demanda dos setores cerâmico, metalurgia e fundição. O caldasito da MINEGRAL abasteceu os setores de ferro-ligas, soldas e cerâmica. Até 1995, o consumo aparente não apresentou significativas variações, com o mercado interno sendo suprido pelas importações em virtude do desaquecimento da produção doméstica. A partir de 96, com a volta da produção da INB, o consumo volta a registrar aumentos expressivos.

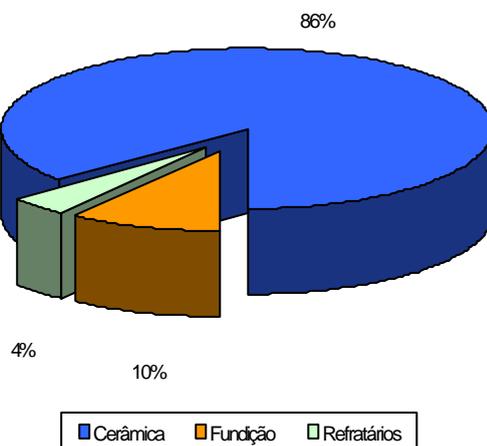
<b>Tabela 05</b>	<b>Consumo Aparente<sup>(*)</sup> de Concentrado de Zirconita - 1988 - 2000</b>
<b>ANOS</b>	<b>Concentrado de Zirconita</b>
1988	42.066
1989	31.554
1990	21.186
1991	17.123
1992	18.414
1993	21.954
1994	26.596
1995	24.618
1996	34.837
1997	22.397
1998	22.465
1999	33.672
2000	45.959

Unidade: t

Fonte: DNPM/DIRIN

(\*) Produção + Importação - Exportação

Consumo Setorial Brasileiro de Concentrado de Zirconita - 2000



## 5. PREÇOS

Os preços internacionais da zirconita praticados nos EUA, que têm como referência a cotação do mercado australiano, reconhecidamente o maior exportador desse mineral, apresentaram discretas variações no período compreendido entre 87/97. Nos últimos três anos da década de noventa, o preço médio ficou em torno de US\$ 341 a tonelada.

No Brasil, os preços da zirconita, no período compreendido entre 88/93, foi determinado com base nos custos de produção da então NUCLEMON (hoje INB). A partir de 94, com a paralisação da Usina de Santo Amaro, utilizaram-se os preços praticados pela empresa RIB (hoje Millennium). A queda expressiva até 1993 acompanhou a desaceleração da economia brasileira, principalmente do setor industrial (indústria de transformação), que não alcançou o desempenho esperado. A partir de 1994, com a implementação do Plano Real na economia brasileira, os preços estabilizaram-se até 1998, em virtude do controle inflacionário brasileiro e aumento de competitividade e produtividade da economia, porém acompanhados da elevação das taxas de juros brasileiras, aumento das dívidas interna e externa, déficit da balança comercial, entre outros.

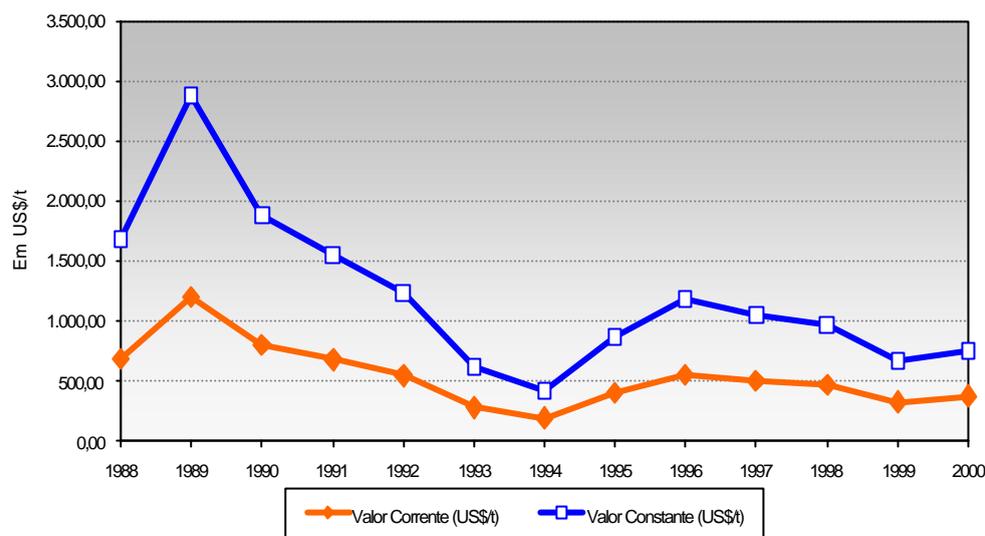
O mercado brasileiro chegou ao final do ano de 2000 registrando US\$ 378 para o preço da tonelada do concentrado de zirconita. No mesmo ano, estimou-se em US\$ 340/t a comercialização do produto no mercado doméstico americano.

<b>Tabela 06</b>		<b><i>Evolução dos Preços do Concentrado de Zirconita – 1988-2000</i></b>
<b>Anos</b>	<b>Valor Corrente (US\$/t)</b>	<b>Valor Constante* (US\$/t)</b>
1988	685	1.008
1989	1.199	1.683
1990	806	1.074
1991	684	874
1992	551	683
1993	282	340
1994	195	229
1995	409	467
1996	559	620
1997	508	550
1998	474	503
1999	327	338
2000	378	378

Fonte: DNPM/DIRIN

\* Valores deflacionados com base no IGP-DI – USA (ano base: 2000 = 100)

Gráfico 04 - Evolução dos Preços Constantes e Correntes de Concentrado de Zirconita (US\$/t) - 1988 - 2000



Fonte: Empresas do Setor. Elaborado DNPMDIRIN

## 6. BALANÇO CONSUMO – PRODUÇÃO

Nos anos derradeiros da década de 80, 88/90, a produção de concentrado de zirconita atendeu modestamente a demanda, em virtude de uma possível diminuição do consumo, resultante do chamado “Plano Collor” e seus reflexos. A partir de 1991 até 93, a produção mostrou uma tendência a equilibrar-se com o nível de consumo, que foi efetivamente prejudicada pela paralisação de produção de algumas empresas. Em 1994, o plano de estabilização da moeda brasileira gerou o fortalecimento do real perante o dólar americano, resultando em importações expressivas para atender a demanda doméstica. Esse cenário projetou-se até 1997, quando a crise econômica do Sudeste asiático resultou em desvalorização do real e alta das taxas de juros, prejudicando sobremaneira as importações. Porém, o discreto aumento da produção equilibrou o saldo do balanço. O ano de 2000 registrou um déficit na relação consumo/produção, resultando num aumento expressivo do consumo, atendido principalmente pelas importações. Este déficit só não foi maior porque as empresas consumidoras do concentrado, principalmente o setor cerâmico, não colocaram em prática seus projetos de expansão.

Nas projeções de produção efetuadas para 2005 e 2010, consideramos os seguintes fatores:

- 1) a empresa Millennium tem uma previsão de produção de zirconita em torno de 20.000 toneladas em 2010, tendo como meta um aumento desse valor em torno de 20%, incluindo a modernização de sua planta de beneficiamento, preservação do meio ambiente e inovação no processo tecnológico. Essas ações de expansão tem um orçamento previsto da ordem de US\$ 1,18 mil;
- 2) a empresa INB prevê restrições ao aumento da produção, principalmente em função da não descoberta de novas jazidas economicamente viáveis. Portanto,

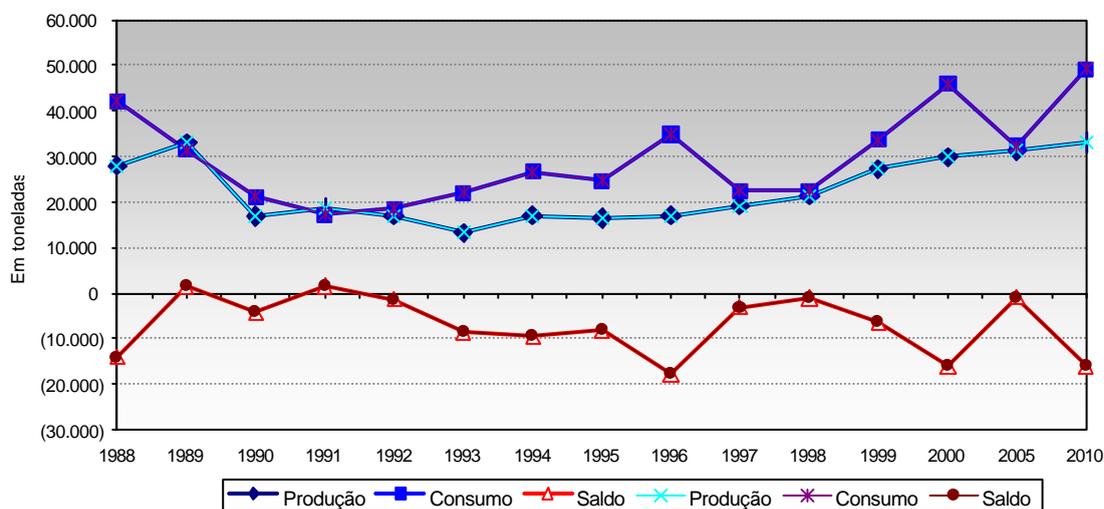
há uma previsão de investimentos na reavaliação de suas reservas minerais e na modernização de sua planta de beneficiamento em torno de US\$ 300.000.

<b>Tabela 07</b>		<b>Balanço Consumo-Produção de Concentrado de Zirconita - 1988-2010</b>	
Anos	Produção (A)	Consumo (B)	Saldo (A - B)
<b>HISTÓRICO</b>			
1988	28.000	42.066	(14.066)
1989	32.900	31.554	1.346
1990	16.900	21.186	(4.286)
1991	18.600	17.123	1.477
1992	17.000	18.414	(1.414)
1993	13.200	21.954	(8.754)
1994	17.000	26.596	(9.596)
1995	16.300	24.618	(8.318)
1996	17.000	34.837	(17.837)
1997	19.200	22.397	(3.197)
1998	21.400	22.465	(1.065)
1999	27.160	33.672	(6.512)
2000	29.805	45.959	(16.154)
<b>PROJEÇÃO</b>			
2005	31.400	32.367	(967)
2010	33.000	49.114	(16.114)

Unidade: t

Fonte: DNPM/DIRIN

Gráfico 05 - Balanço Consumo-Produção de Concentrado de Zirconita - 1988 - 2010



Fonte: DNPM/DIRIN

No período histórico objeto deste estudo, 1988/2000, o investimento médio na mineração por tonelada a mais produzida foi de US\$ 22. Para atender o consumo interno, faz-se necessário investir cerca de US\$ 487 mil. Esse valor estimado deverá ser aplicado diretamente no bem mineral zircônio. É importante lembrar que outros investimentos deverão ser direcionados na produção de minerais pesados, já que o zircônio geralmente ocorre associado a eles.

Nos números do balanço produção/consumo projetados para o período 2001/2010 há indicativo de que a produção prevista de zirconita para os próximos dez anos deverá permanecer insuficiente, tanto para atendimento do mercado como para subsidiar projetos que aguardam um cenário econômico mais atrativo, apesar da avidez do setor por esse bem mineral e das taxas de crescimento indicando percentuais de até 5%.

Investimentos em pesquisas mineral e tecnológica, descobertas de novas jazidas economicamente viáveis, políticas públicas voltadas para o incremento da produção e desenvolvimento do mercado de minerais pesados, entre outras, poderão ser algumas das medidas a serem tomadas de modo a equilibrar o cenário econômico para a produção e consumo de zirconita.

## **ZIRCÔNIA CÚBICA**

No ramo joalheiro, a forma cúbica do óxido de zircônio, a zircônia cúbica, é um produto sintético que tem sido usado na substituição do diamante. Essa forma de  $ZrO_2$  é instável, sendo necessária a combinação com outros óxidos, como  $CaO$  ou  $Y_2O_3$ . Quando ocorre essa combinação, chega-se a um índice de refração de 2,17, 0,060 de dispersão e dureza 8,5 na escala Mohs. Esses números, quando combinados com a transparência e falta de cor, tornam a zircônia cúbica apta para compor com ouro e prata, amplamente utilizada no ramo joalheiro.

Conforme descreveu B.W. Anderson, para diferenciar a zircônia cúbica do diamante natural, devem-se observar na primeira as junções levemente arredondadas nas facetas das pedras lapidadas. Além disso, um gemologista pode identificar a diferença pela dupla refração que a zircônia apresenta, que duplica as quinas das faces anteriores da pedra. Esses são alguns procedimentos que devem ser conjugados com outros testes, em aparelhos de alta precisão.

No mercado, outros nomes são dados para a zircônia cúbica: diamante Z, diamonair II, diamonesque, diamonita, djevalita, diamante sintético (errôneo), zircão (errôneo).

## **7. APÊNDICE**

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABREU, Sylvio Fróes – Recursos Minerais do Brasil, vol. I, MIC/INT, Editora Edgar Blücher Ltda., São Paulo/SP, 1973.

ANDERSON, B.W., Gem Testing, Butler & Tanner Ltd, 1988, England.

HEDRICK, James B. Mineral Commodity Summaries, 1988/2001, USGS/USA.

SCHOBENHAUS, Carlos e SANTANA, Paulo Ribeiro de – Principais Depósitos Minerais do Brasil, vol. IV, Parte C, ZIRCÔNIO, DNPM/CPRM, BSB/DF, 1997.

SILVA, Mônica Beraldo Fabricio da, REIS, Ananias Esteves dos, SANTANA, Paulo Ribeiro de, SUMÁRIO MINERAL, 1988/2001, DNPM/MME, BSB/DF.

\_\_\_DNPM/MME. Anuário Mineral Brasileiro. 1988/2001, BSB/DF.

\_\_\_Brasil Mineral. Revista. Diversas Edições. São Paulo/SP.

\_\_\_UFRJ. Instituto de Física. 2000. Material de Divulgação.

\_\_\_Millennium Inorganic Chemicals. SETRE: Setor de Treinamento. Material de Divulgação. 2001.

\_\_\_INB – Indústrias Nucleares do Brasil. Material de Divulgação. 2001.

\_\_\_DNPM/IBGM, Manual Técnico de Gemas, 1998, BSB/DF.

\_\_\_ZIRCONBRAS Indústria e Comércio Ltda. Tietê/SP.

\_\_\_TREBOL Brasil Ltda. Rio Claro/SP.

\_\_\_Johnson Matthey Cerâmica Ltda. Vargem Grande Paulista/SP.

## **POSIÇÃO DA TAB ( Tarifa Aduaneira Brasileira)**

### **Bens Primários:**

25309020 – areia de zircônio micronizada

26151090 – outros minérios de zircônio e seus concentrados

26151010 – badeleita ( minério de zircônio)

26151020 – zirconita (minério de zircônio)

### **Compostos Químicos:**

28256020 – dióxido de zircônio

28273940 – cloreto de zircônio

28399030 – silicato de zircônio

28274912 – oxocloreto de zircônio

28369912 – carbonato de zircônio

32071010 – pigmento, opacificante a base de zircônio.

## **GLOSSÁRIO DE SIGLAS E SÍMBOLOS**

AIEA: Agência Internacional de Energia Atômica

DIRIN: Diretoria de Desenvolvimento Mineral e Relações Institucionais

DNPM: Departamento Nacional de Produção Mineral

EUA: Estados Unidos da América

FOB: Mercado livre a bordo, sem frete, seguro e taxas (free on bord)

IGP-DI: Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna

INB: Indústrias Nucleares do Brasil

M&T: M&T Produtos Químicos Ltda.

MINEGRAL: Cia. Brasileira de Minerações, Ind. e Comércio  
NUCLEMON: Nuclebrás de Monazita e Associados Ltda.  
RIB: Rutilo e Ilmenita do Brasil As  
SAMITRI: S.A Mineração da Trindade  
SECEX: Secretaria de Comércio Exterior  
SRF: Secretaria da Receita Federal  
TIBRÁS: Titânio do Brasil S.A  
USAM: Usina de Santo Amaro  
ZIRCONBRAS: Zirconbras Indústria e Comércio

**Símbolos:**

$ZrSiO_4$ : zirconita; silicato de zircônio  
 $ZrO_2$ : óxido de zircônio; zircônia cúbica  
CaO: óxido de cálcio  
 $Y_2O_3$ : óxido de ítrio

**METODOLOGIA DAS PROJEÇÕES**

Com base em estudos desenvolvidos pela Secretaria de Minas e Metalurgia/Ministério de Minas e Energia e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM utilizaram-se, para as projeções da demanda, análises de regressão simples e múltipla, cujas variáveis foram o PIB (Produto Interno Bruto), PIB per capita, preço do bem mineral, preço do bem substituto, intensidade de uso e indicadores setoriais da indústria de transformação.

---

*\*Economista do DNPM Brasília*  
Tel. (61) 226-9025, (61) 312-6879  
E-mail – [monicaberaldo@dnpm.gov.br](mailto:monicaberaldo@dnpm.gov.br)  
[mberaldo@solar.com.br](mailto:mberaldo@solar.com.br)