

# Titânio

Antonio Alves Amorim Neto  
Tel. (83) 3321 8148  
E-mail: antonio.amorim@dnpm.gov.br

Arnaldo Bezerra Lopes de Almeida  
Tel. (83) 3321 7230  
E-mail: arnaldo.almeida@dnpm.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

O titânio (Ti) é o nono elemento mais abundante da terra. É um elemento litófilo e tem uma forte afinidade por oxigênio, fazendo com que a maior parte do titânio na litosfera esteja na forma de óxido. As crostas oceânicas e continentais contêm em torno de 8.100 ppm e 5.300 ppm de titânio, respectivamente. O titânio é um metal de brilho prateado, mais leve do que o ferro, quase tão forte quanto o aço, e quase tão resistente à corrosão como a platina. No campo industrial o titânio é usado principalmente sob forma de óxido, cloreto e metal. Os óxidos de titânio que apresentam interesse econômico são a ilmenita, o leucoxênio, o rutilo e, mais recentemente, o anatásio e a perovskita.

A ilmenita ( $\text{FeTiO}_2$ ) é o mineral de titânio de ocorrência mais comum e abundante. Apresenta-se na cor preta do ferro, cristalização hexagonal, romboédrica. Teoricamente possui 53% de  $\text{TiO}_2$  e 47% de Fe; pode conter pequenas quantidades de magnésio e manganês e, em muitos casos, até 6% em peso de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . É um mineral opaco, brilho submetálico, dureza entre 5,0 e 6,0, possui massa específica entre 4,10 e 4,80 g/cm<sup>3</sup>, pode ser magnética sem aquecimento.

O leucoxênio é geralmente reconhecido como um rutilo ou anatásio em granulometria muito fina, ou mistura dos dois com material amorfo. É um produto de alteração, contendo geralmente acima de 60% de  $\text{TiO}_2$ . Ocorre com titanita, ilmenita, perovskita ou outros minerais de titânio.

O rutilo ( $\text{TiO}_2$ ) é um mineral escasso, apresenta-se nas cores vermelha e castanho avermelhado a preta, cristaliza-se no sistema tetragonal, tem brilho adamantino a submetálico, dureza 6,00 a 6,50, massa específica 4,18 a 4,25 g/cm<sup>3</sup>. É um mineral subtranslúcido, podendo ser transparente, composto quase que essencialmente de  $\text{TiO}_2$ , podendo conter até 10% de impurezas.

O anatásio ( $\text{TiO}_2$ ) era um mineral conhecido, até pouco tempo, apenas em termos acadêmicos. Essa situação mudou com a descoberta de importantes ocorrências no Brasil. O anatásio, também conhecido como octaedrita, é um produto de alteração do rutilo e da brookita, cristaliza-se no sistema tetragonal, apresenta-se na coloração castanha no estado natural, contém de 98,4 a 99,8% de  $\text{TiO}_2$ . A massa específica do anatásio é de 3,9 g/cm<sup>3</sup>, sua dureza varia de 5,5 a 6,0, tem brilho adamantino.

A perovskita ( $\text{CaTiO}_3$ ) é um mineral isométrico, encontrado usualmente nas rochas metamórficas. Apresenta-se nas cores preta, vermelha ou amarela, contém de 38 a 58% de  $\text{TiO}_2$ , massa específica 4,01 g/cm<sup>3</sup>, cristaliza-se no sistema ortorrômbico ou monoclinico, mas pode ocorrer no sistema pseudo-isométrico.

Há certos minerais, como os das reservas do Canadá e da África do Sul, que após tratamento metalúrgico, ou seja, com a fusão destes minerais de titânio em mistura com o carbono, resultam no que se chama escória titanífera (*slag*), que possui alto teor de  $\text{TiO}_2$ , chegando a 85%. O titânio, face às suas propriedades de tenacidade, leveza, resistência à corrosão, opacidade, inércia química e oxidação nula, elevado ponto de fusão, brancura, alto índice de refração e alta capacidade de dispersão, possui diversificado campo de utilização. Todavia, cerca de 96% dos concentrados provenientes dos minerais de titânio são destinados à produção de pigmentos de titânio, (titânio branco). O resto é empregado na fabricação de esponja de titânio, carbetos,

vidros e cerâmicas especiais. O maior emprego dos pigmentos de dióxidos de titânio (+/- 50%) é na fabricação de tintas vernizes, devido ao seu alto índice de refração, opacidade, poder de encobrir imperfeições das superfícies onde são aplicados, inércia química e toxicidade nula. O segundo maior campo é na indústria de papel, na fabricação de papel fotográfico e de todo tipo de papel para impressão, exceto de jornal. Outras grandes aplicações são na indústria de plástico e outras, como borrachas de pneus, esmaltes para porcelanas, encerados, revestimentos de paredes e fibras de vidros. Para a fabricação de pigmentos de  $TiO_2$ , existem dois processos comerciais: o processo “sulfato” e o processo “cloreto”. O processo sulfato, mais antigo, utiliza a ilmenita ou escória titanífera (*slag*) para reação com ácido sulfúrico, sendo removida uma porção do sulfato de ferro formado; o hidróxido de titânio é precipitado por hidrólise, filtrado e calcinado. O processo “cloreto”, mais recente, utiliza o rutilo como matéria-prima ideal, podendo utilizar o rutilo sintético, a escória titanífera e o anatásio como opções. Poucos problemas de poluição ambiental são encontrados na produção de pigmentos a partir do rutilo, ao contrário da ilmenita. O processo por cloretação, utilizando alimentação de rutilo, gera cerca de 0,2 tonelada de rejeito por tonelada de  $TiO_2$  produzido; o processo de sulfatação, usando ilmenita, gera 3,5 t de rejeitos por tonelada do produto. Quanto à fabricação do titânio metálico, existem atualmente seis tipos de processo disponíveis: “Kroll”; “Hunter”; processo de redução eletrolítica; processo de redução gasosa; redução com plasma e processos de redução metalotérmica. Dentre estes, destaca-se o processo Kroll, que é o responsável, até hoje, pela maioria do titânio metálico produzido no mundo ocidental.

Na forma de metal e suas ligas, cerca de 60% do titânio são utilizados nas indústrias aeronáuticas e aeroespaciais, sendo aplicado na fabricação de peças para motores e turbinas e fuselagem de aviões e foguetes. O restante é utilizado nas:

- Indústria química, devido à sua resistência à corrosão e ao ataque químico;
- Indústria naval: o titânio metálico é empregado em equipamentos submarinos e de dessalinização de água do mar;

- Indústria nuclear: é empregado na fabricação de recuperadores de calor em usinas de energia nuclear;
- Indústria bélica: o titânio metálico é sempre empregado na fabricação de mísseis e peças de artilharia;
- Na metalurgia, o titânio metálico, ligado com cobre, alumínio, vanádio, níquel e outros, proporcionam qualidades superiores aos produtos. Outra aplicação, que se dá somente com o rutilo, é o revestimento de eletrodos de soldar.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

A produção mundial de concentrado de Titânio é de aproximadamente 6.250.000 toneladas. Entre os anos de 2007 e 2008 a produção teve um pequeno decréscimo (0,64%), isto ocorreu devido à mudança de políticas públicas na produção de titânio no Vietnã, além de problemas com o maquinário de uma grande mineradora em Serra Leoa que reduziu em aproximadamente 100.000 toneladas por ano a capacidade de produção rutilo natural, na África do Sul questões energéticas também prejudicaram a produção. O Brasil possui 6% das reservas mundiais de titânio e produziu, no ano de 2008 aproximadamente 2,1% da produção mundial. Os maiores produtores mundiais de Titânio são: Austrália (25%), África do Sul (17,5%) e Canadá (14,4%). A China, que detém as maiores reservas mundiais de Titânio (27,3%) produziu aproximadamente 9% do total mundial em 2008.

## 3. RESERVAS

A reserva medida de minério contido em 2008 totalizava aproximadamente 116 milhões de toneladas. O teor médio das reservas de minério brasileiras era de 17,25% em 2008. Minas Gerais é o estado brasileiro com a maior reserva de minério de titânio com aproximadamente 111 milhões de toneladas em reserva medida de minério contido,

seguido pelo estado da Paraíba, com uma reserva de aproximadamente 4 milhões de toneladas, além desses, ainda existem reservas significativas de titânio nos estados de Goiás, Pernambuco e Rio de Janeiro.

**Tabela 1**  
**RESERVAS OFICIAIS DE TITÂNIO 2003-2008**

ANOS	MINÉRIO	MEDIDA	
		CONTIDO	TEOR (% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
2003	536.785.339	82.512.395	15,37
2004	508.865.529	84.550.607	16,62
2005	661.208.570	100.034.093	15,13
2006	980.201.114	148.067.862	15,11
2007	603.698.271	98.537.302	16,32
2008	673.765.906	116.241.438	17,25

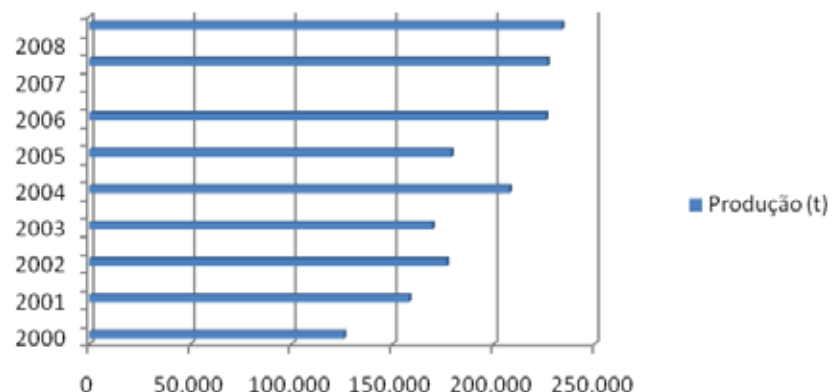
Fonte: AMB/DNPM

## 4. PRODUÇÃO

A produção brasileira de titânio concentrado aumentou gradativamente a uma taxa de aproximadamente 8% ao ano entre os anos de 2000 e 2008. Neste período a produção brasileira elevou-se mais de 100%. No ano de 2008, a Millennium Inorganic Chemicals Mineração Ltda., localizada no município de Mataraca (PB) foi responsável por produzir aproximadamente 80% do beneficiamento nacional do titânio contido, ressalta-se que a Millenium Inorganic Chemicals Mineração Ltda. é a única produtora de dióxido de titânio da América do Sul.

Os principais municípios produtores de titânio no Brasil são Mataraca (PB), Santa Bárbara de Goiás (GO), Floresta (PE), e São Francisco de Itabapoana (RJ).

**Gráfico 1**  
**PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CONCENTRADO DE TITÂNIO 2000-2008**  
Produção (t)



**Tabela 2**  
**PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CONCENTRADO DE TITÂNIO 2000-2008**

ANOS	Titânio Concentrado (em mil t)
2000	126.162
2001	158.443
2002	177.027
2003	169.852
2004	208.103
2005	179.297
2006	226.165
2007	226.865
2008	234.115

Fonte: AMB/DNPM

## 5. COMÉRCIO EXTERIOR

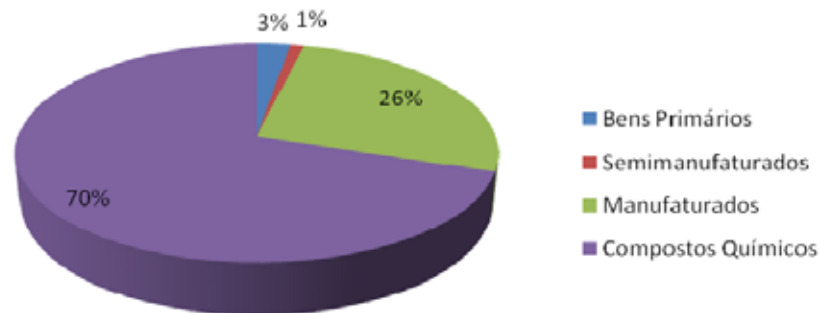
O Brasil é um importador líquido de titânio. Enquanto o valor total das importações brasileiras (FOB) de 2008 foi de US\$ 379,96 milhões, o valor das exportações totalizou apenas US\$ 40,07 milhões.

No último período analisado, 2007 e 2008, o valor das exportações caiu aproximadamente 7,56%, enquanto que o valor das importações elevou-se em 28,4%.

As importações em 2008 foram em sua maior parte compostos químicos (70%), seguido por manufaturados (26,5%), bens primários (2,6%) e semimanufaturados (1%). Os maiores fornecedores de compostos químicos de Titânio para o Brasil são: EUA (44,7%), México (21,6%), Alemanha (8%), China (6,1%), e Reino Unido (4,2%).

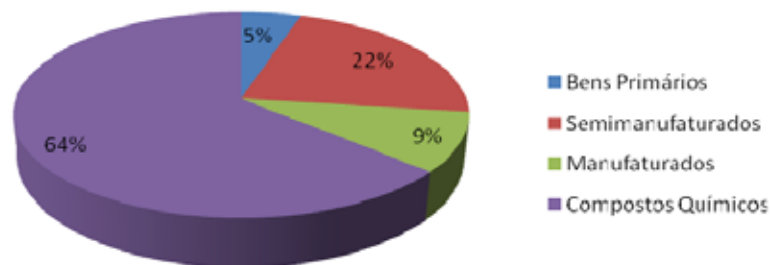
As exportações brasileiras de Titânio em 2008 corresponderam a US\$ 40,07 Milhões. A maior parte do valor total das exportações brasileiras de Titânio refere-se a compostos químicos (63,6%), seguido por semimanufaturados (22%), manufaturados (9,4%) e bens

**Gráfico 2**  
**COMPOSIÇÃO DAS IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE TITÂNIO EM 2008**



Fonte: SECEX/MDIC

**Gráfico 3**  
**COMPOSIÇÃO DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE TITÂNIO EM 2008**



Fonte: SECEX/MDIC

primários (5,0%). Os maiores consumidores de compostos químicos exportados pelo Brasil são: Argentina (56,42%), Uruguai (5%), Equador (4,64%), Alemanha (4,35%) e Paraguai (3,8%) e nos manufaturados o país que mais importa é os EUA (51,36%), seguido por Espanha (8,57%) e França (7,93%). Os semimanufaturados de titânio possuem uma demanda menos concentrada do que as demais formas, sendo a Holanda (38,12%), Japão (17,33%) e Suécia (15,89%) os maiores importadores. A demanda mais concentrada dentre as exportações de Titânio foi a de bens primários, em 2008 somente a Suíça e a Holanda importaram bens primários de titânio do Brasil, sendo a Holanda responsável por 99% do valor das exportações brasileiras.

O dióxido de titânio é o produto de maior peso na balança comercial de titânio, pois corresponde a aproximadamente 70% das importações e 64% das exportações, gerando um déficit no consolidado das operações de comércio exterior de titânio em 2008 de US\$ 240 milhões (vide quadro 5.4), ou seja mais de 70% do déficit total das operações de titânio.

**Tabela 3**  
**SALDO DAS OPERAÇÕES DE COMÉRCIO EXTERIOR DE COMPOSTOS QUÍMICOS A BASE DE TITÂNIO 1995-2007**

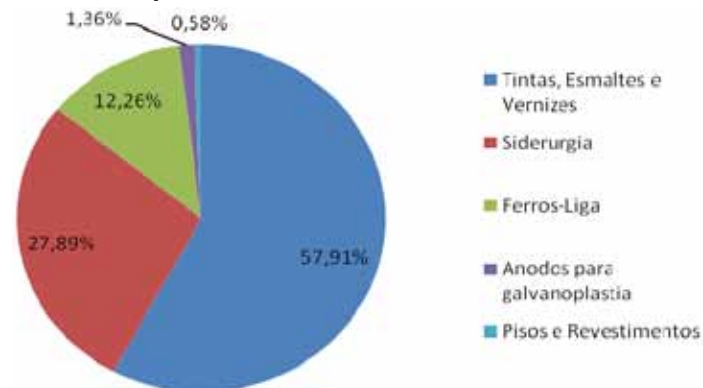
Anos	Exportação		Importação		Saldo (A-B)	
	Compostos Químicos	Valor	Compostos Químicos	Valor	Compostos Químicos	Valor
	(t)	US\$ FOB	(t)	US\$ FOB	(t)	US\$ FOB
2000	8.320	15.526	70.462	130.996	(62.142)	(115.470,00)
2001	7.128	13.522	74.100	13.5429	(66.972)	(121.907,00)
2002	10.878	17.002	68.790	113.556	(57.912)	(96.554,00)
2003	7.969	13.185	67.240	113.429	(59.271)	(100.244,00)
2004	9.666	16.480	80.372	139.953	(70.706)	(123.473,00)
2005	12.217	24.129	87.277	167.868	(75.060)	(143.739,00)
2006	18.000	33.420	93.491	189.000	(75.491)	(155.580,00)
2007	12.746	25.739	100.190	202.910	(87.444)	(177.171,00)
2008	10.990	25.497	124.280	265.478	(113.290)	(239.981,00)

Fonte: SECEX/MDIC

## 6. DESTINAÇÃO DO USO DO TITÂNIO

O consumo aparente das diversas formas de titânio vem crescendo nos últimos anos. Em 2008, no Brasil, o maior consumo do titânio foi destinado a fabricação de tintas, esmaltes e vernizes (57,9%), seguido pela siderurgia (27,9%), ferro-ligas (12,2%), produção de soldas e anodos para a galvanoplastia (1,4%) e por último pisos e revestimentos (0,6%). A Indústria brasileira de pigmentos é representada pela Millennium Inorganic Chemicals Mineração Ltda, líder de mercado e pela Dupont do Brasil S.A., sua maior concorrente.

**Gráfico 4**  
**DESTINAÇÃO DO USO DO TITÂNIO NO BRASIL EM 2008**



Fonte: AMB/DNPM

## 7. PREÇOS

Os preços de titânio possuem uma heterogeneidade muito grande em relação a sua classificação (bens primários, semimanufaturados, manufaturados e compostos químicos), dado que em uma mesma classificação podem existir subprodutos diferentes com maior ou menor valor agregado, assim os preços oscilam bastante mesmo dentro de uma mesma classificação de um ano para outro, além de observarmos grandes distorções entre os preços praticados para exportação e

**Tabela 4**  
**PREÇO DE IMPORTAÇÃO DOS BENS PRIMÁRIOS E**  
**COMPOSTOS QUÍMICOS DE TITÂNIO 1995-2008 – US\$ FOB**

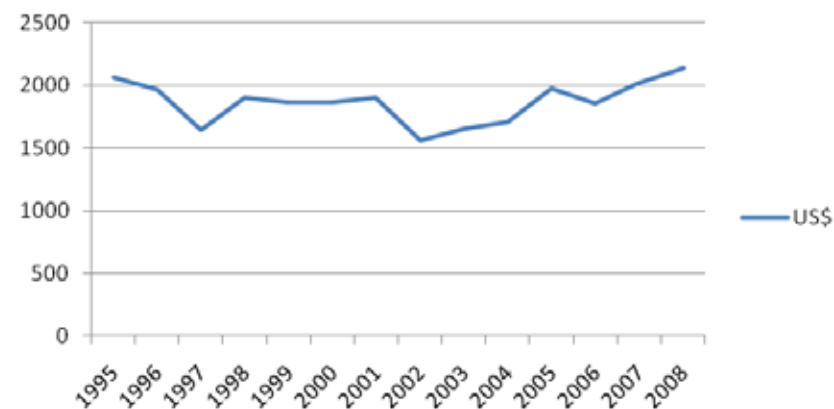
Anos	Compostos Químicos US\$ FOB (US\$/t)
1995	2062,68
1996	1966,21
1997	1643,33
1998	1895,45
1999	1861,88
2000	1866,11
2001	1897,03
2002	1562,97
2003	1654,54
2004	1704,95
2005	1975,03
2006	1856,67
2007	2019,38
2008	2136,12

Fonte: Secex/MDIC

importação, sem que os mesmos sigam um padrão definido. As séries de preço que possuem maior homogeneidade são as referentes aos preços de importação dos compostos químicos de titânio, dado que as mesmas possuem maior volume financeiro, além dos produtos terem uma maior semelhança dentro dessa classificação, possibilitando assim uma análise mais consistente da série.

O preço dos compostos químicos praticamente se manteve constante no período que vai do ano de 1995 (US\$ 2062,68/t) ao ano de 2008 (US\$ 2136,12/t). Observando a série (quadro 7.1) verifica-se que houve sucessivas retrações de preços entre 1995 e 2002, totalizando uma redução de aproximadamente 25% no preço da tonelada, e a partir desse ponto houve uma gradativa recuperação dos preços até o ano de 2008, a taxa média de crescimento anual entre 2002 e 2008 foi de 5,34%.

**Gráfico 5**  
**PREÇO DE IMPORTAÇÃO DOS BENS PRIMÁRIOS**  
**DE TITÂNIO 1995-2007 – US\$ FOB**



Fonte: Secex/MDIC

## 8. BALANÇO PRODUÇÃO E CONSUMO

Se observarmos o saldo consolidado das operações de comércio exterior de titânio (tabela 8.1) podemos observar uma tendência ao crescimento do déficit no longo prazo. Enquanto o déficit era de US\$ 138,4 milhões em 2000, em 2008 esse valor se aproximou dos US\$ 340 milhões, ou seja, um aumento de mais de 145% no referido período. Em relação à quantidade comercializada no período, houve um aumento do saldo líquido de importações dos compostos de titânio (quadro 5.4), principal produto da pauta, de 62.142 t em 2000 para 113.290 t em 2008, ou seja, uma elevação de 82,3%. No mesmo período a produção brasileira de concentrado de titânio mais do que duplicou (tabela 4.1), mostrando que o consumo aparente de titânio no Brasil cresce a taxas elevadas. O crescimento do déficit na balança comercial denota que a demanda brasileira vem subindo numa magnitude mais elevada do que a produção, necessitando, portanto, de maiores volumes de importação para suprir o mercado interno.

**Tabela 5**  
**SALDO CONSOLIDADO COMÉRCIO EXTERIOR DE TITÂNIO 2000-2008**

Anos	Saldo Consolidado Comércio Exterior de Titânio (US\$ mil)
2000	(138.400)
2001	(149.866)
2002	(123.414)
2003	(127.195)
2004	(167.801)
2005	(205.100)
2006	(206.301)
2007	(252.537)
2008	(339.886)

Fonte: SECEX/MDIC

## 9. PERSPECTIVAS

Em 2007 a empresa britânica de consultoria Merchant Research & Consulting Ltd elaborou um estudo sobre a demanda mundial de titânio, nesse estudo a empresa de consultoria mostra que historicamente a demanda de titânio se expande rapidamente em breves intervalos e retrai em períodos mais longos. Nesse estudo a empresa afirma que devido ao crescimento da indústria aeroespacial, maior consumidora do minério, responsável por 80% da demanda mundial, a tendência é de crescimento até o ano de 2025, quando a indústria aeroespacial terá o dobro do tamanho da atual.

O estudo da consultoria britânica mostra ainda que um dos motivos do aumento da demanda de titânio pela indústria aeroespacial é maior eficiência da aeronave devido à maior leveza do titânio, reduzindo assim os custos com combustível. No segundo semestre de 2008, no entanto, instaurou-se uma crise mundial, que afetou fortemente o mercado mundial de commodities dificultando as previsões para o mercado neste momento em que ainda não se sabe a extensão da crise.

É provável que uma vez ultrapassada a crise, e retomado o crescimento econômico internacional haja uma elevação da demanda por dióxido de titânio, utilizado na produção de tintas para o mercado automotivo e imobiliário, assim como no titânio utilizado para o revestimento de fornos nas siderúrgicas. A produção brasileira também deve manter-se aquecida, visto que o déficit entre a produção e consumo de titânio sinaliza continuar a crescer nos próximos anos.

## 10. APÊNDICES

### • Lista de Gráficos

- Gráfico 4.1 Produção Brasileira de Concentrado de Titânio 1995-2007
- Gráfico 5.2 Composição das Importações brasileiras de Titânio em 2007
- Gráfico 5.3 Composição das Exportações brasileiras de Titânio em 2007
- Gráfico 6.1 Destinação do uso do titânio no Brasil em 2007
- Gráfico 7.2 Preço de Importação dos Bens Primários de Titânio 1995-2007 – US\$ FOB
- Gráfico 7.3 Preço de Importação dos Bens Primários de Titânio 1995-2007 – US\$ FOB.

### • Glossário de Siglas e Símbolos

AMB – Anuário Mineral Brasileiro.

MDIC – Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio.

US\$ (FOB) – Dólar *free on board*. Valores de exportação isentos de custo, frete e seguro.

PIB – Produto Interno Bruto.

### • Referências Bibliográficas

**Balanço Mineral Brasileiro.** Departamento Nacional da Produção Mineral, 2001.

**Merchant Research e Consulting Ltd.**, Resumo da Pesquisa: <http://mcgroup.co.uk/researches/T/03/Titanium%20and%20Titanium%20sponge%20Market%20Research.html>

**Millenium Inorganic Chemichals:** [www.millenniumchem.com](http://www.millenniumchem.com)

**Sumário Mineral Brasileiro** – [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br) – Anual: 1997-2008:

Titânio Goiás: <http://www.titaniomineracao.com.br>

Titanium and titanium dioxide. **Mineral commodity summaries**, U.S. Geological Survey – 2009.



