

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS E DE PETRÓLEO

MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS
RECURSOS MINERAIS FERROSOS - NIÓBIO



PROPRIEDADES DO NIÓBIO (Nb)

- Número Atômico (Z): 41 (Metal de transição 5B)
- Peso Atômico: 92,90638 u
- Branco prateado, ou ainda cinza azulado por motivo de reações químicas com gases presentes no ar
- Dúctil, resistente à corrosão e temperaturas extremas
- Sólido em temperatura ambiente
- Densidade: 8,570 g/cm³
- Ponto de Fusão (PF): 2750,0 K
- Ponto de Ebulição (PE): 5017,0 K



APLICAÇÕES E RELEVÂNCIA DO NIÓBIO

- **75%** em aços Microligados: **aços sujeitos a intempéries**, como gasodutos, oleodutos, base p/ plataforma de petróleo, trilhos, indústria automotiva e vergalhões estruturais
- **12%** em aços Inoxidáveis: uso industrial, como trocadores de calor, coletores solar, processamento de alimentos
- **10%** em super-ligas: indústria de alta tecnologia, como aeronáutica e aeroespacial (resistência a extremos de temperatura $-200+1.100$ °C)
- **3%** outros usos: óxidos de nióbio: capacitores cerâmicos, lentes, monocristais de niobato de lítio (base dos dispositivos opto-eletrônicos)

APLICAÇÕES E RELEVÂNCIA DO NIÓBIO

- O elemento tem propriedades supercondutoras e, com o zircônio, é usado em **magnetos supercondutores**
- Usado em indústrias nucleares devido a sua baixa captura de nêutrons termiais
- Usado em soldas elétricas
- Em forma de liga na produção de jóias e outros ornamentos
- O nióbio está sendo avaliado como uma alternativa ao tântalo para a utilização em capacitores

APLICAÇÕES E RELEVÂNCIA DO NIÓBIO

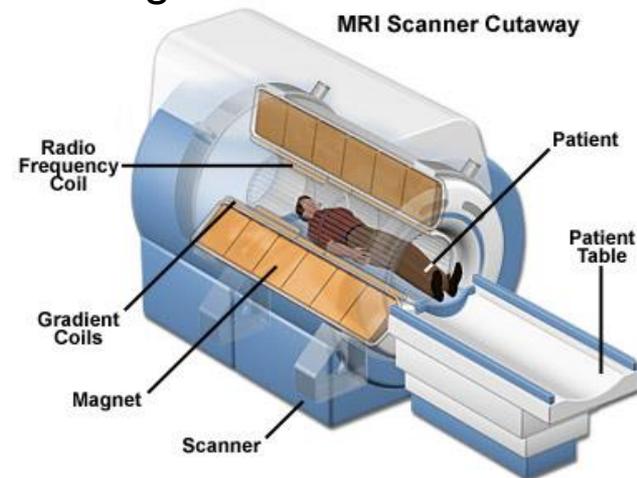
aços Microligados:
aços sujeitos a intempéries



super-ligas: resistência a extremos
de temperatura



Nb metálico: magnetos para
ressonância magnética Nb-Ti



PRINCIPAIS MINERAIS DE NIÓBIO

- Associado e encontrado junto com o Tântalo na maioria das rochas e dos minerais em que ocorrem
- Mais de **90 minerais de nióbio e tântalo conhecidas**
- A **Columbita-Tantalita** e o **Pirocloro**, que para efeitos de simplificação utiliza-se a terminologia química (Nb_2O_5), são as principais fontes de nióbio no Brasil e no mundo
- Bariopirocloro $(\text{Ba}, \text{Sr})_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2 (\text{O}, \text{OH})_7$
- Loparita $(\text{Ce}, \text{Na}, \text{Ca})_2 (\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$
- Pandaíta $(\text{Ba}, \text{Sr})_2(\text{Nb}, \text{Ti}, \text{Ta})_2 (\text{O}, \text{OH}, \text{F})_7$

PRINCIPAIS MINERAIS DE NIÓBIO

Columbita-Tantalita

- $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$
- Teor máximo de 76% Nb_2O_5
- Dureza relativa - 6
- Cor - Preto, sendo os tipos ricos em ferro opacos mesmo em seções bem delgadas e os ricos em Mn marrom a vermelho-escuro em seção delgada



PRINCIPAIS MINERAIS DE NIÓBIO

Pirocloro

- $(\text{Na}_3, \text{Ca})_2(\text{Nb}, \text{Ti})(\text{O}, \text{F})_7$
- Teor máximo de 71% Nb_2O_5
- Dureza - 5 - 5,5
- Densidade relativa - 4,5
- Cor - verde, amarelo-claro, avermelhado, preto e marrom





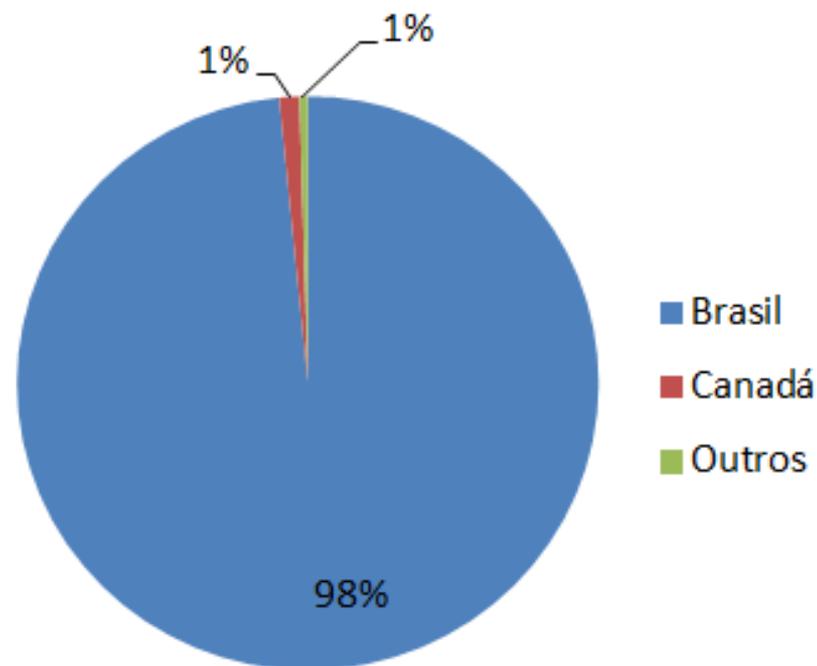
Foto própria das amostras do Museu Dona Beja em Araxá

RESERVAS MUNDIAIS DE NIÓBIO

- 1º - Brasil (98,11%)
- 2º - Canadá (1,89%)

Discriminação	Reservas ⁽¹⁾ (t)
Países	2015 ⁽²⁾
Brasil	10.391.846
Canadá	200.000
Outros países	nd
TOTAL	10.591.846

Fontes: DNPM / DIPLAM (RAL), USGS Mineral Commodity Summaries-2015



Com relação a dados de 2010

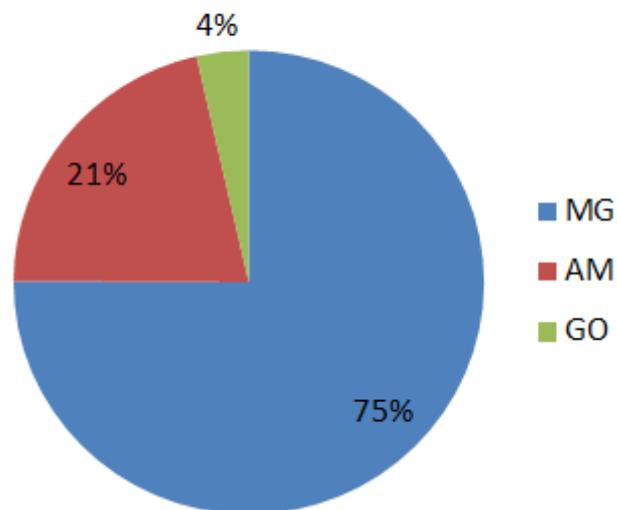
<http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2016>

RESERVAS BRASILEIRAS DE NIÓBIO

- Minas Gerais: **Araxá** com uma reserva lavrável de 387,8 Mt de pirocloro
- Goiás: **Catalão** com uma reserva lavrável de 147,2 Mt de pirocloro
- Amazonas: **Pitinga** com uma reserva lavrável de 154,5 Mt de columbita-tantalita
- Grande potencial geológico: muitas intrusões alcalinas no Brasil e muitas formações de pegmatitos e granitos estanhíferos

RESERVAS BRASILEIRAS DE NIÓBIO

Minério



As reservas medidas da CBMM atenderiam a demanda mundial por 150 anos

TOTAL DAS RESERVAS DE NIÓBIO EM 2008

Unid: 1000 ton

UF	Minério 1.000 t	Medida		Indicada 1000 t	Inferida 1000 t	Total 1000 t
		Contido em Nb ₂ O ₅ (ton)	Teor (%)			
MG	632.560	3.851.232	0,61	15.400	1.100	649.060
AM	179.795	2.038.523	1,13	460.640	2.852.893	3.493.328
GO	30.105	97.504	0,32	39.638	8.208	77.951
TOTAL	842.460	5.987.259	0,71	515.678	2.862.201	4.220.339

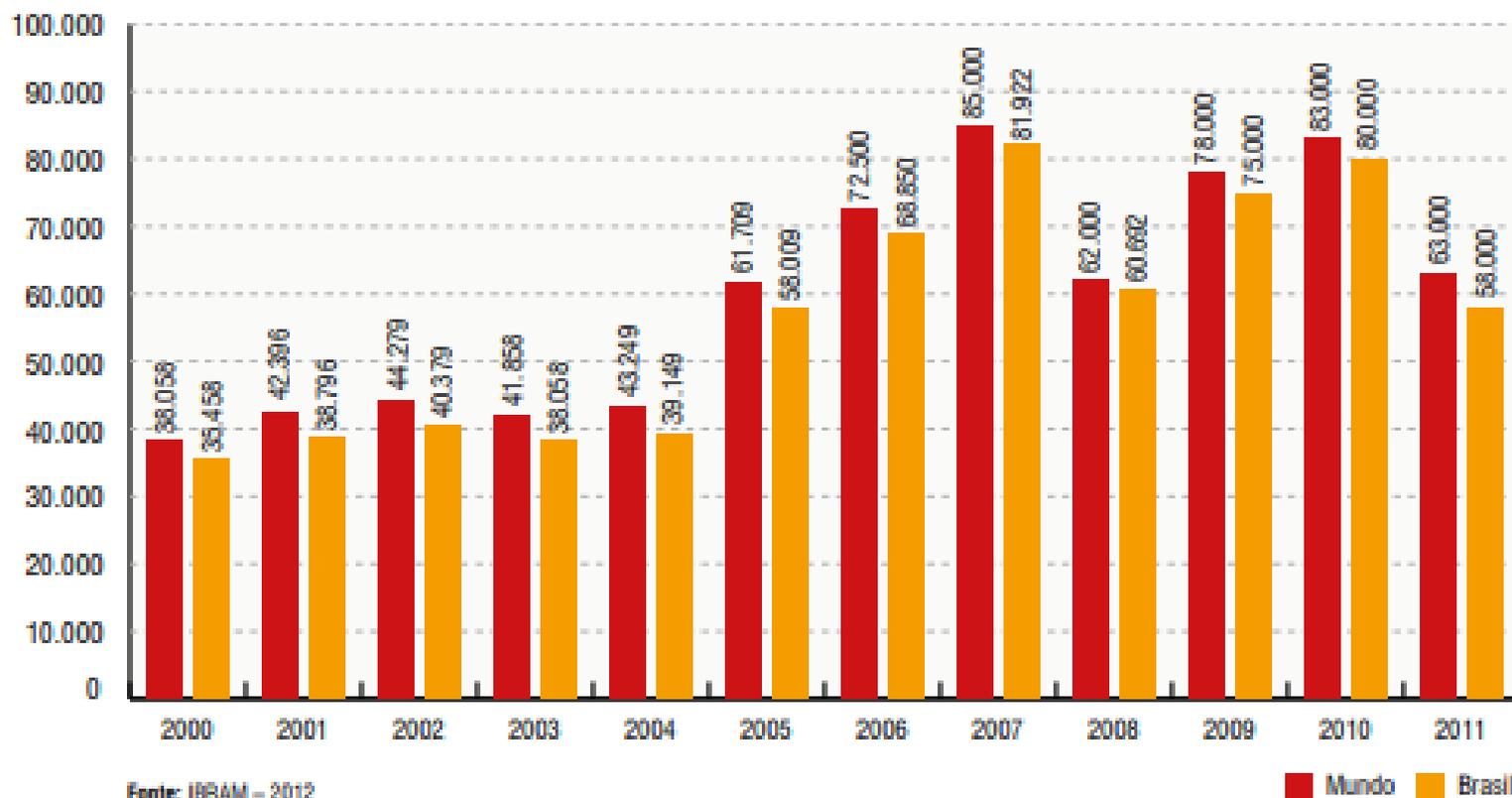
PRODUÇÃO MUNDIAL DE NIÓBIO

- Brasil é o principal produtor mundial com cerca de 93% da produção total

País	Produção (t)			
	2013	2014	2015	%
Brasil	76.899	88.771	80.465	93.06
Canadá	5.260	5.480	5.000	6
Outros países	1.000	420	1.000	1,16
Total	83.159	94.671	86.465	100

PRODUÇÃO BRASILEIRA DE NIÓBIO X MUNDO

PRODUÇÃO – NIÓBIO
EM TONELADAS



Fonte: DNPM

PRODUÇÃO BRASILEIRA DE NIÓBIO

- A produção nacional vem crescendo devido ao **aquecimento no mercado de ferroligas**, provocado pela elevada expansão do PIB dos países asiáticos e pelo aumento da **produção mundial de aço bruto**
- Os principais estados com empresas produtoras de nióbio são **Minas Gerais** (6 Mt pirocloro/ano) e **Goiás** (0,9Mt pirocloro/ano)
- A produção nestes dois principais estados produtores foi da ordem de 147.375 t de concentrado Nb_2O_5 , 52.500 t de liga FeNb e 4.300 t de óxido de nióbio de alta pureza.
- As duas principais cidades produtoras são **Araxá-MG e Catalão-GO.**

BALANÇA COMERCIAL DO NIÓBIO

COMÉRCIO EXTERIOR DE NIÓBIO – 1997/2008

ANOS	EXPORTAÇÃO (A)				IMPORTAÇÃO (B)		SALDO (A-B)	
	Liga FeNb ⁽¹⁾		Óxido de nióbio ⁽²⁾		de liga FeNb ⁽¹⁾			
	Em t.	10 ³ US\$-FOB	Em t.	10 ³ US\$-FOB	Em t.	10 ³ US\$-FOB	Em t.	10 ³ US\$-FOB
1997	13.947	211.600	1.387	22.229	-	-	15.334	233.829
1998	18.504	239.964	1.138	19.504	-	-	19.642	259.468
1999	16.821	223.945	1.064	18.170	-	-	17.885	242.115
2000	17.407	232.084	639	11.080	-	-	18.046	243.164
2001	18.339	242.024	903	13.986	-	-	19.242	256.010
2002	18.405	237.595	217	4.158	5	41	18.617	241.712
2003	18.600	233.967	340	5.860	-	-	18.940	239.827
2004	20.145	249.326	592	9.739	5	57	20.732	259.008
2005	34.725	468.844	495	7.552	-	-	35.220	476.396
2006	39.130	528.730	433	4.660	-	-	39.563	533.390
2007	47.514	1.081.614	702	12.138	-	-	48.216	1.093.752
2008	48.562	1.601.902	890	24.054	-	-	49.452	1.625.956

Fonte: DNPMDIDEM; MDIC/SECEX

(1) Dados em Nb₂O₅ contido na liga ferro-nióbio (Nb/Fe-Nb=0,66)

(2) Dados em Nb₂O₅ apenas a CBMM exporta este produto.

Entre os anos de 1999 e 2002, ocorreu uma queda no volume exportado, reflexo das crises do sudeste asiático e da Rússia. Em 2003, ocorreu uma recuperação nos níveis exportados em 1998, sobretudo pelo crescimento econômico mais expressivo na Zona do Euro.

A partir de 2004, foram observados sucessivos aumentos nas exportações, principalmente em 2006 e 2007, devido ao crescimento da economia chinesa.

BALANÇA COMERCIAL DO NIÓBIO

Discriminação		Unidade	2013 ⁽¹⁾	2014 ⁽¹⁾	2015 ⁽¹⁾
Produção	Concentrado ⁽²⁾	(t)	76.899	88.771	80.465
	Liga Fe-Nb ⁽²⁾ (NCM 72029300)	(t)	46.555	51.737	51.874
	Óxido de Nióbio	(t)	6.200	4.857	2.630
Importação	Liga Fe-Nb ⁽²⁾ (NCM 72029300)	(t)	24	15	1
		(10 ³ US\$-FOB)	1.140	628	27
	Óxido de nióbio ⁽³⁾	(t)	0	0	0
		(10 ³ US\$-FOB)	0	0	0
Exportação	Liga Fe-Nb ⁽²⁾ (NCM 72029300)	(t)	42.075	47.034	45.260
		(10 ³ US\$-FOB)	1.606.353,00	1.735.529,00	1.568.413,00
	Óxido de nióbio ⁽³⁾	(t)	1.700	880	526
		(10 ³ US\$-FOB)	56.770,34	33.741,01	19.885,26
Consumo Aparente	Liga Fe-Nb ⁽²⁾ (NCM 72029300)	(t)	4.504	4.718	6.615
	Óxido de Nióbio ⁽³⁾	(t)	4.500	3.977	2.104
Preço Médio*	Liga Fe-Nb ⁽²⁾ (NCM 72029300)	(US\$/t-FOB)	38.178,32	36.899,45	34.653,40
	Óxido de nióbio ⁽³⁾	(US\$/t-FOB)	33.394,32	38.342,05	37.804,67

COMERCIALIZAÇÃO

- Concentrados de Nióbio
 - base de **58% de Nb_2O_5** contido
- Ligas ferro/Nióbio
 - base de **65% de Nb contido**
- Óxido de Nb de alta pureza
 - Tecnologia recente que o Brasil já domina e exporta para a produção de materiais especiais.

EMPRESAS PRODUTORAS DE NIÓBIO

- Niobras Mineração - <http://cmocbrasil.com/br> (GO) – 50,05%
- CIA Mineira do Pirocloro de Araxá (<https://www.cbmm.com/>) – 42,5%
- Mineração Taboca (<http://www.mtaboca.com.br/>) – 2,89%
- Outras 4,56%.



Mineração em Araxá

LAVRA E BENEFICIAMENTO DE NIÓBIO

- Minério brasileiro é de **alto teor**: cerca de **3% de Nb₂O₅** (no **Canadá é 0,3%**)
- Existem reservas bem localizadas: infraestrutura física, humana, e de transporte para o uso interno ou exportação

Reservas	Tipo	10 ⁶ ton a teor de Nb ₂ O ₅
Barreiro, Araxá, MG	residual	461,7 a 2,5%
(explorado pela CBMM)	primário	936,2 a 1,57%
Catalão, GO	residual	31,0 acima de 0,5%
(explorado pela Min. Catalão)	primário	Não disponível
M. dos Seis Lagos, AM	residual	2.897,9 a 2,81%
(ainda não explorado)	primário	Não disponível

LAVRA E BENEFICIAMENTO DE NIÓBIO

- **Mineração Catalão:** o minério de pirocloro é extraído em três minas, a mina de **Boa Vista** e pelas **minas 1 e 2**
- A primeira mina contém um alto **teor de sílica** e as duas últimas contêm um **alto teor de ferro**
 - **beneficiamento separadamente**
- Da mina, o minério é levado em caminhões convencionais até a unidade de **britagem e moagem**, até atingir uma granulometria ideal, em seguida é feita uma **separação magnética, a deslamagem e a flotação**
- Após estes processos, ocorre o processo aluminotérmico, onde todo o concentrado é transformado em ferro-nióbio

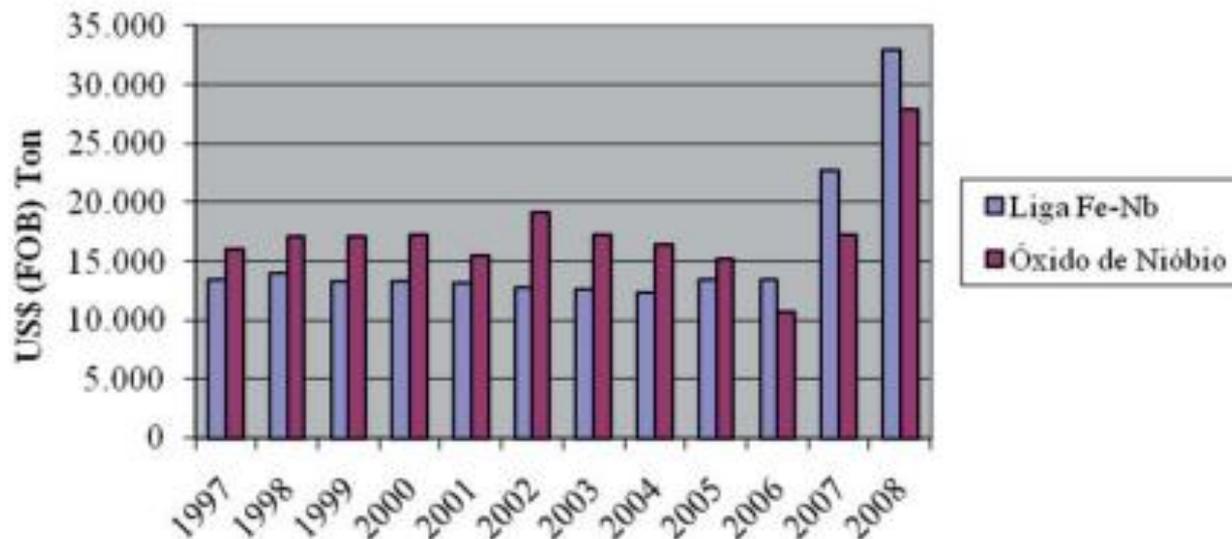
LAVRA E BENEFICIAMENTO DE NIÓBIO

- **CBMM:** área mineralizada está circundada por uma cobertura laterítica, composta por elementos como apatita e barita
- A mineração é feita a céu aberto por bancos de 10m de altura sem a necessidade de uso de explosivos
- Minério é transportado por **correia transportadora** até a unidade de concentração, lá passa por desagregação e decomposição, **sem a necessidade de britagem**, salvo para pequenos blocos ou torrões. Depois, passa por processo de **separação magnética, deslamagem, flotação e filtragem**.
- O processo de produção da liga FeNb é feito a partir de uma reação aluminotérmica

PRODUTOS COMERCIALIZADOS

- Não existe no Brasil comercialização do mineral pirocloro e de concentrado de pirocloro, desde 1981 → comercialização de liga (FeNb) e óxido de nióbio pelas empresas que atuam com o insumo, tanto como liga (FeNb), como óxido de nióbio

**EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DA LIGA FERRO-NIÓBIO
E DO ÓXIDO DE NIÓBIO – 1997-2008**



"QUESTÃO NIÓBIO"



PONTOS ESTRATÉGICOS

Documento publicado pelo Wikileaks revela locais considerados estratégicos no Brasil pelos EUA



"QUESTÃO NIÓBIO"

- Um metal raro no mundo, mas abundante no Brasil, considerado fundamental para a indústria de alta tecnologia e cuja demanda tem aumentado nos últimos anos
- Teorias conspiratórias e mitos sobre a dimensão da sua importância para a economia mundial e do seu potencial para elevar PIB do país.
- Vantagem competitiva em relação ao nióbio desperta cobiça e preocupação por parte das grandes siderúrgicas e maiores potências econômicas.
- O nióbio já chegou a ser relacionado até com o mensalão

REFERÊNCIAS

<http://www.dnpm.gov.br>

<http://www.ibram.org.br>

<http://www.infoescola.com/elementos-quimicos/niobio/>

<http://www.rc.unesp.br>

<http://g1.globo.com>