

MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS
RECURSOS MINERAIS NÃO FERROSOS
APLICAÇÕES E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA



MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS

ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

- Uso na construção civil (agregados, minerais para cimento, rochas ornamentais, argila para cerâmica, isolantes, fundentes, abrasivos, minerais de carga, pigmentos, **agrominerais**)

GEMAS

- Diamante, esmeralda, safira, turmalina, opala, topázio, água marinha, ametista

ÁGUAS

- Minerais e subterrâneas

ENERGÉTICOS

- Radioativos (U, Th) e combustíveis fósseis (carvão, petróleo)

MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS

MINERAIS METÁLICOS

- **FERROSOS**

- uso intensivo na siderurgia (aço) → Fe, Mn, Cr, Co, Mo, Nb, Ti, V, (Ni)

- **NÃO-FERROSOS**

- Al, Cu, Pb, Zn, Ni, Sn (anuário mineral DNPM/ANM)

- **PRECIOSOS**

- Au, Ag, PGE (Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os)

- **RAROS**

- Es, In, Ge, Ga

O que são os metais não-ferrosos?

- Apresentam propriedades como
 - Baixo peso (Al)
 - Alta condutividade (Cu)
 - Alta resistência à corrosão (Zn)
- As duas últimas propriedades os distinguem dos metais ferrosos (aço-carbono, por exemplo)
- São constituídos predominantemente por minerais sulfetados (esfalerita – ZnS), exceto a bauxita (óxidos de alumínio) e a cassiterita (SnO_2), que são óxidos
- Outra característica é a recuperação secundária e a reciclagem. No Brasil, destaque para reciclagem de latas de Al. Na Alemanha destaque para a reciclagem de 95% do Pb de baterias.

O que são os metais não-ferrosos?

- Utilização
 - Engenharia mecânica (bombas, válvulas, maquinário industrial no geral, etc.)
 - Transporte
 - Indústria aeroespacial
 - Embalagens
 - Eletricidade e Energia
 - Eletrônicos

MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS

PRODUÇÃO MINERAL BRASILEIRA (Ex:2009)

Classe	Bruta (R\$)	Beneficiada (R\$)	Total (R\$)	%
Brasil	4, 6 Bi	47,7 Bi	52,3 Bi	100
Metálicos	222,7 Mi	35,2 Bi	35,4 Bi	67%
Não metálicos	4,3 Bi	11,6 Bi	15,9 Bi	30%
Gemas e diamantes	1,5 Mi	10,8 Mi	12,3 Mi	0,02%
Energéticos *	107,1 Mi	837,7 Mi	944,8 Mi	1,8%

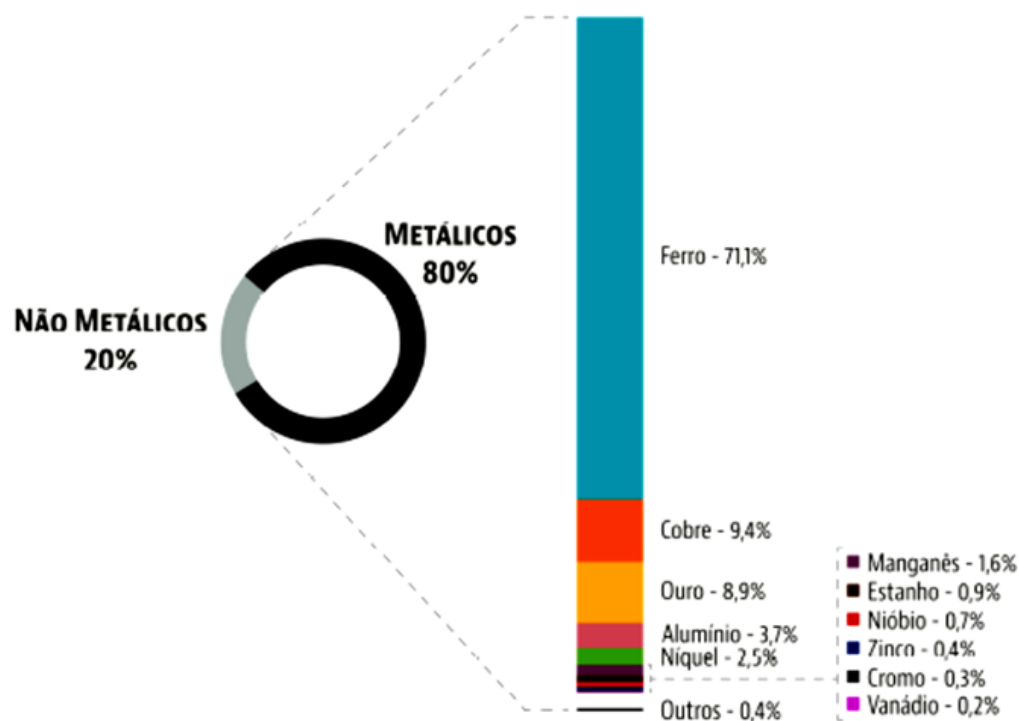
* carvão, turfa, radioativos

Em 2021, as substâncias da classe dos metálicos responderam por cerca 89% do valor total da produção mineral brasileira. Dentre essas substâncias, onze destacam-se por corresponderem a 99,7% do valor da produção da referida classe, quais sejam: alumínio, cobre, cromo, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel, ouro, vanádio e zinco.

MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS

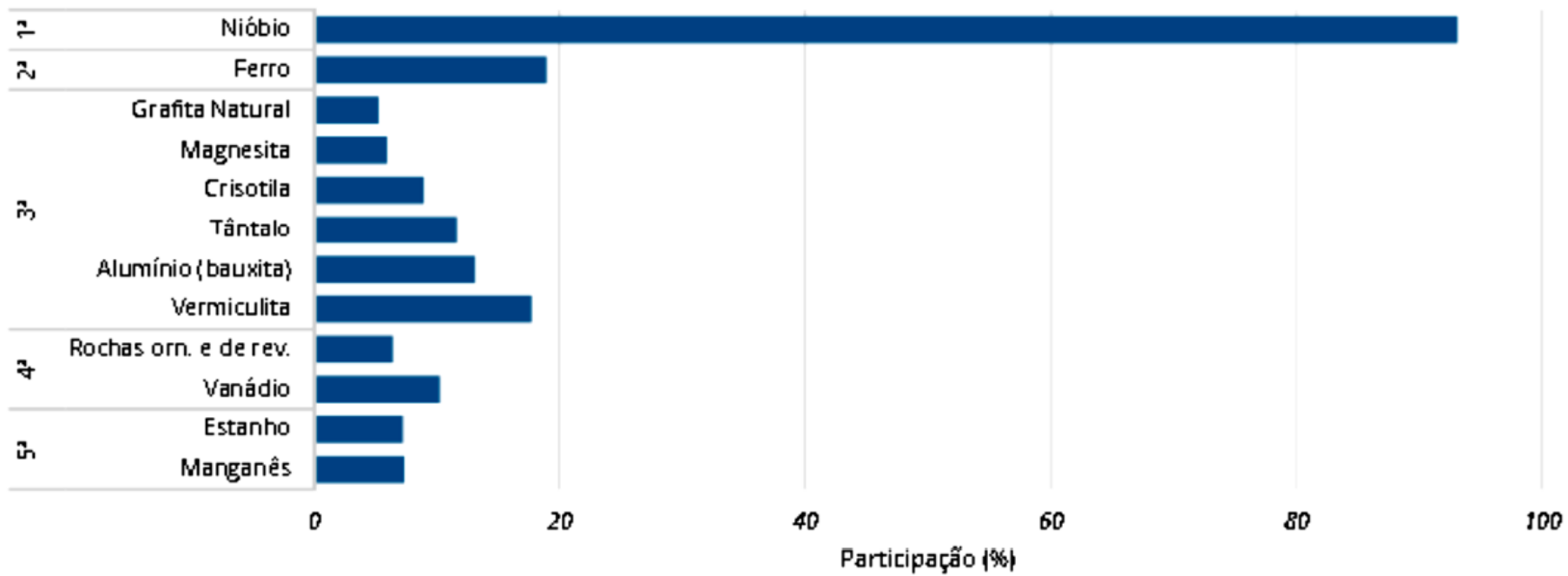
PRODUÇÃO MINERAL BRASILEIRA (Anuário Mineral 2017)

**PARTICIPAÇÃO DAS PRINCIPAIS SUBSTÂNCIAS METÁLICAS
NO VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL COMERCIALIZADA - 2017**



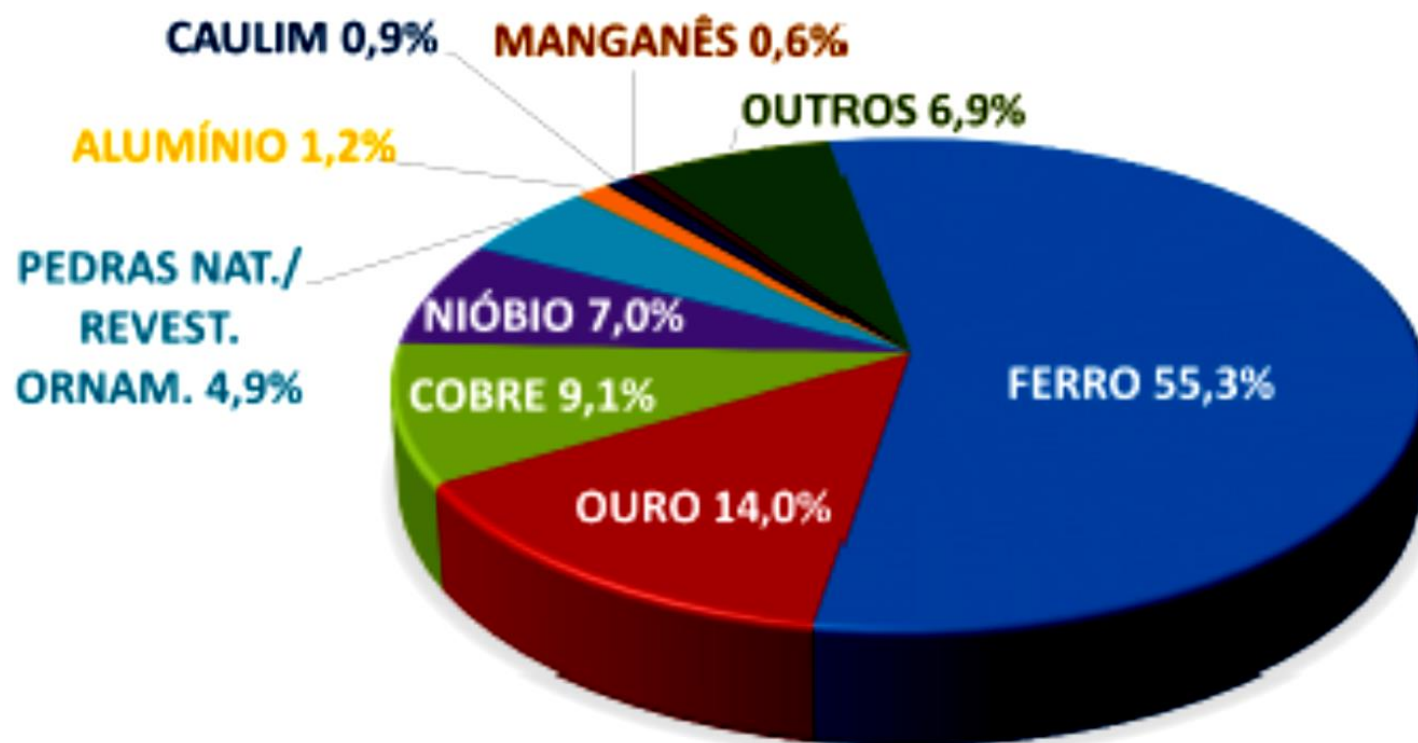
MATÉRIAS-PRIMAS MINERAIS

CENÁRIO MUNDIAL - PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NA PRODUÇÃO MINERAL – 2016



Fonte: ANM/SRD

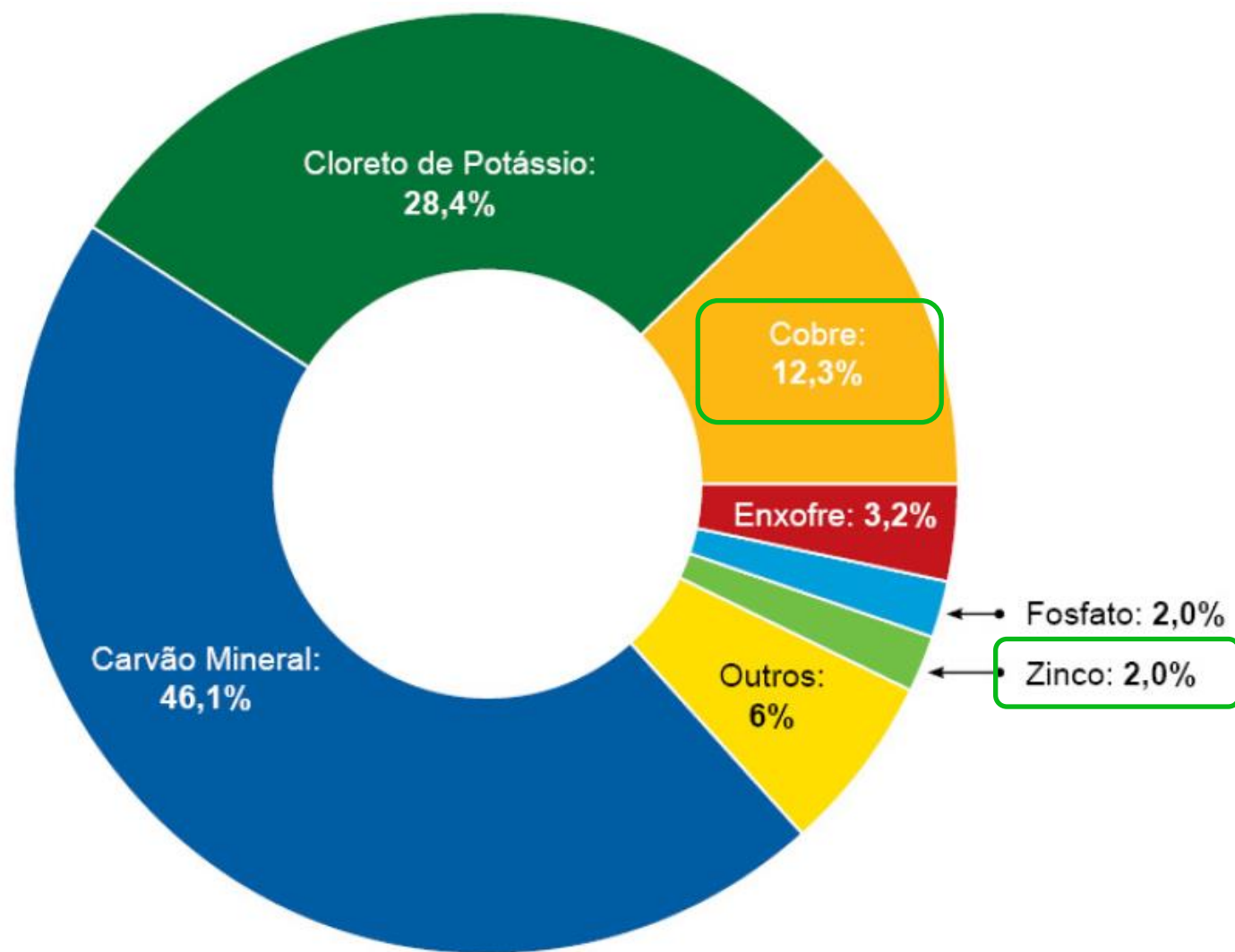
Principais produtos exportados



Fonte: DNPM, MDIC

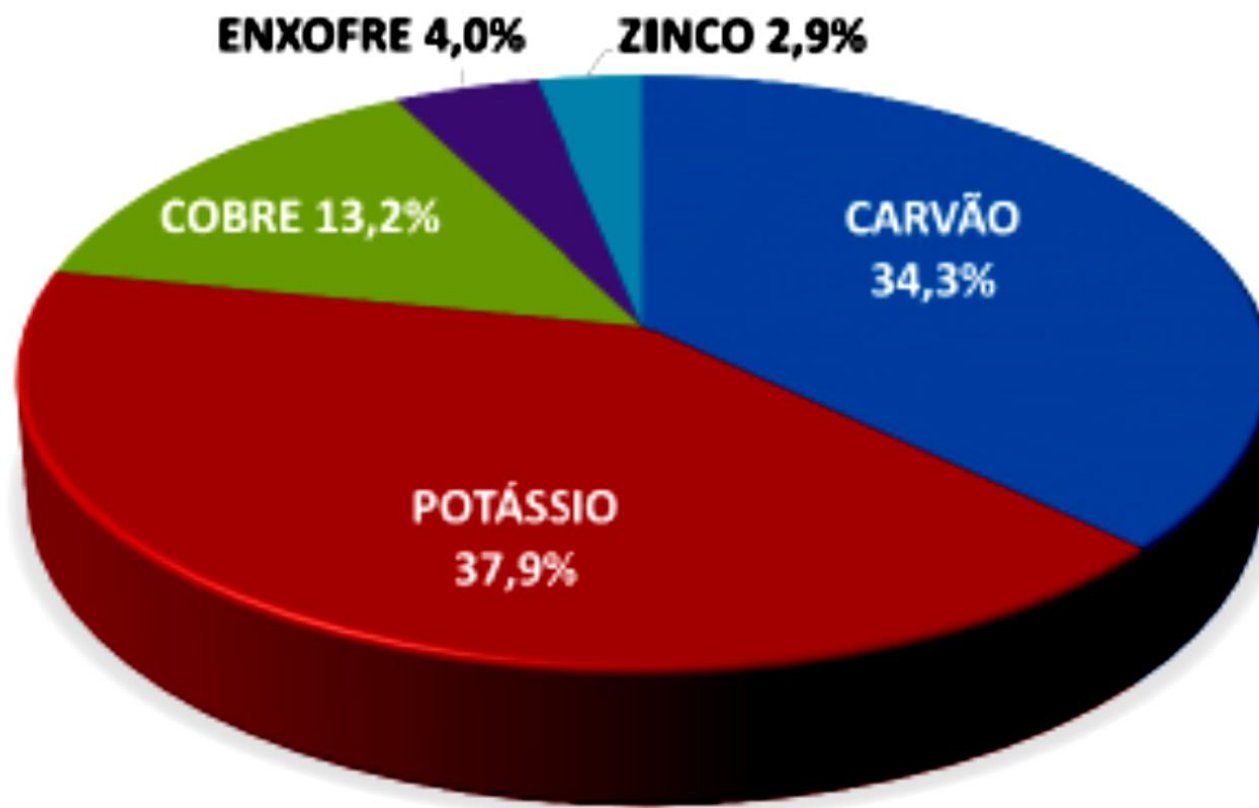
Distribuição das exportações por produto (1º/2016)

Principais produtos importados



Participação % do
valor Importado do
Setor Mineral em US\$

Principais produtos importados



Fonte: DNPM, MDIC
Distribuição das importações por produto (1º/2016)

CHUMBO

PROPRIEDADES

- Metal pesado, tóxico
- Muito macio e altamente maleável
- Baixa condutividade elétrica
- Resistente à corrosão

APLICAÇÕES

- **Baterias (96%)**
- Outros (4%) → ind. química, eletrônica, ligas, soldas, pigmentos, vidros, cerâmicas, munição, proteção contra raios X, ligas metálicas para soldas,....

CHUMBO

PROPRIEDADES

- Metal pesado, tóxico
- Muito macio e at. metal leve
- Baixa condutividade elétrica
- Resistente à corrosão

CUIDADO!!!!!!

METAL PESADO

APLICAÇÕES

- Baterias (96%)
- Outros (4%) → ind. Química, eletrônica, ligas, soldas, pigmentos, vidros, cerâmicas, munição, proteção contra raios X, ligas metálicas para soldas,....

DANOS À SAÚDE

CHUMBO – MINERAÇÃO

Reservas

- **MT** (240.000 t Pb), **PR** (131.796 t Pb), **MG** (90.375 t Pb) **RS** (70.035 t Pb)

Produção

- Restrita à Mina de Morro Agudo em Paracatu - **MG** (NEXA – ex-Votorantim)
 - 2010 → **10.283 t Pb** (0,3% mundial)
R\$ 16.065.868

*Única mineradora
de Pb no Brasil*



Produção mundial

- China 1,7 Mt, Austrália 0,6 Mt, EUA 0,4 Mt

CHUMBO – ECONOMIA

Discriminação		Unidade	2014 ⁽¹⁾	2015 ⁽¹⁾	2016 ⁽¹⁾
Produção	Concentrado/Metal contido	(t)	19.831/10.978	11.559/9.440	15.165/8.134
	→ Metal primário	(t)	-	-	-
	Metal secundário	(t)	160.393	152.161	156.186
Importação ⁽⁴⁾	Bens primários	(t)	0	0	0
		(10 ³ US\$-FOB)	0	0	0
	Semimanufaturados	(t)	70.486	64.800	64.586
		(10 ³ US\$-FOB)	155.903	126.722	124.596
	Manufaturados	(t)	16	725	228
		(10 ³ US\$-FOB)	154	2.659	944
Exportação ⁽⁵⁾	Compostos químicos	(t)	1.476	309	340
		(10 ³ US\$-FOB)	6.612	994	652
	Bens primários	(t)	19.954	18.726	18.716
		(10 ³ US\$-FOB)	15.797	14.428	14.323
	Semimanufaturados	(t)	62	505	10.630
		(10 ³ US\$-FOB)	250	915	20.942
	Manufaturados	(t)	21	130	120
		(10 ³ US\$-FOB)	264	1.257	810
	Compostos químicos	(t)	577	521	400
		(10 ³ US\$-FOB)	2.508	1.506	1.057

CHUMBO – ECONOMIA

Exportação

100% concentrado de Pb de Paracatu

Principais destinos China (74%), e Japao (26%)

Semimanufaturados

Principal destino EUA (98%)

Produção secundária de Pb

Reciclagem de baterias. Usinas refinadoras nos estados: PE, RS, PR, SP, RJ e MG

ZINCO

PROPRIEDADES

- Pouco abundante na crosta terrestre (23º)
- Resistência à corrosão (metal de sacrifício)

APLICAÇÕES → **Grande variedade de utilização**

- **Galvanização** (revestimento anticorrosão para proteção de peças metálicas → aço) **55%** ind. nacional
 - Ind. Automobilística 48%, construção civil 11%, utensílios domésticos e comerciais 6,5%
- Ligas metálicas de zinco **18%**
- Latão **13%**

ZINCO

APLICAÇÕES

- Medicamentos → estimula atividade de >100 enzimas, cicatrização de ferimentos, encontrado nas insulinas
- Tratamento de solos (deficiência de Zn)
 - Suplemento nutritivo para crescimento das plantas
- Vulcanização de borrachas
- Indústria cerâmica e cimentícia
- Óxido de zinco → base para pigmentos brancos para pintura
- ZnCl_2 → desodorante, separações sequenciais por densidade (caracterização)

ZINCO – MINERAÇÃO

Reservas (em mais de 40 países!!!)

- 250 Mt (mundo) → China, Austrália, Peru, Cazaquistão, México, EUA, Índia → **68%** reservas mundiais
- **Brasil 6,5 Mt → MG 88%** MT **11%**, PA+PR <1%

Produção

- Brasil **12º** mundo (2,4% da produção) → 288 mil t (2010)
- Mundo → 12 Mi t
 - China 3,5 Mt (29% produção mundial)
 - Peru 13% e Austrália 12%

ZINCO – MINERAÇÃO

Produção e consumo nacional

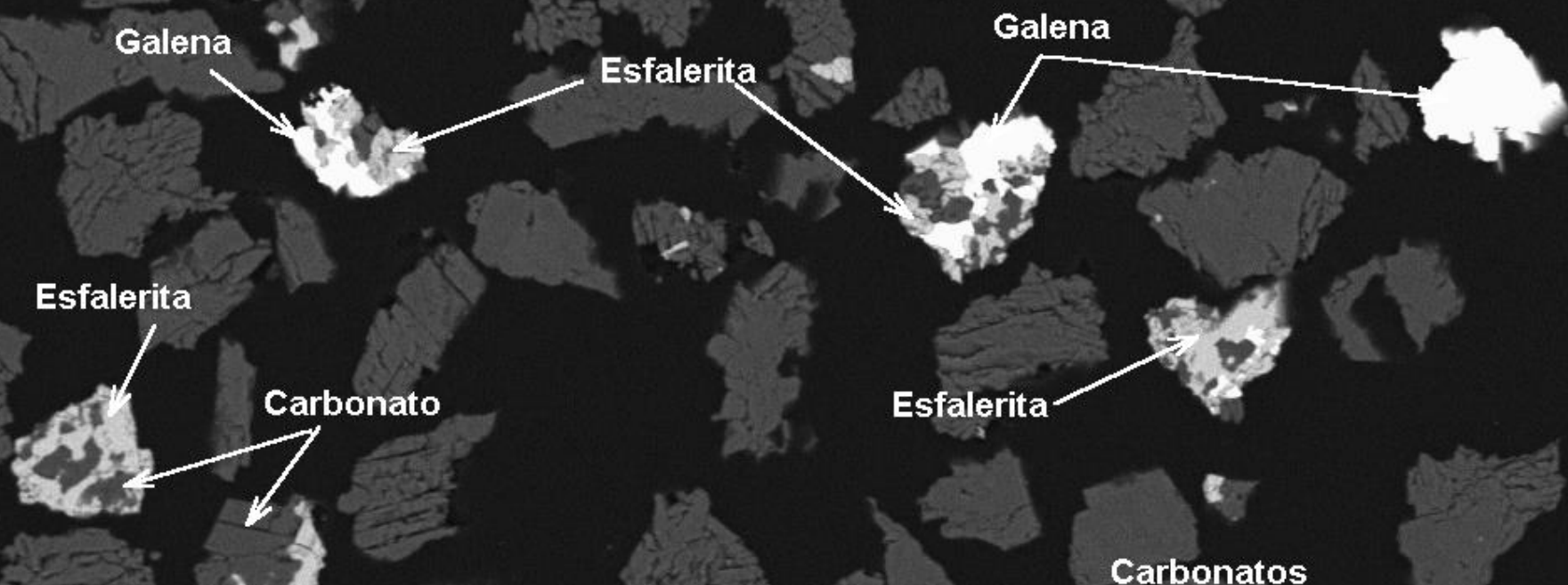
- Atende 67% do mercado nacional → **33%** demanda de concentrado de Zn são importados
 - Nexa - Votorantim Metais
 - As minas de Vazante (céu aberto e subterrânea) e de Morro Agudo (subterrânea)
 - duas metalúrgicas (Três Marias e Juiz de Fora)
- Mineral de minério: esfalerita **ZnS** (7,5%)
 - Outros: Galena PbS (2,5%), Pirita FeS₂ (6,8%), Dolomita (75%), Quartzo (6,0%), Outros (2,5%)

ZINCO - ECONOMIA

Discriminação		Unidade	2014	2015	2016 ^(p)
Produção	Minério	(t)	2.384.977	2.362.917	2.414.052
	Concentrado ⁽¹⁾	(t)	169.766	157.041	158.192
	Metal Primário ⁽²⁾	(t)	246.120	270.714	284.458
Importação	Concentrado ⁽³⁾	(t)	71.776	73.258	96.548
		(10 ³ US\$-FOB)	131.746	130.961	158.083
	Metal Primário	(t)	21.226	24.846	29.202
		(10 ³ US\$-FOB)	48.057	54.623	63.539
Exportação	Concentrado ⁽³⁾	(t)	2.314	1.143	26
		(10 ³ US\$-FOB)	6.864	3.091	20
	Metal Primário	(t)	25.485	55.988	77.298
		(10 ³ US\$-FOB)	51.289	112.893	156.398

CHUMBO (galena - PbS) e ZINCO (esfalerita - ZnS)

**Como recuperar
PbS e ZnS?**



Fração -325+400#

Morro Agudo Red 1.18 nm 350rj -325+400#

100µm Detector = QBSD EHT = 20.00 kV LCT - LEO 440 Mag = 300 X

WD = 25 mm

Tassinari= et al, 2005

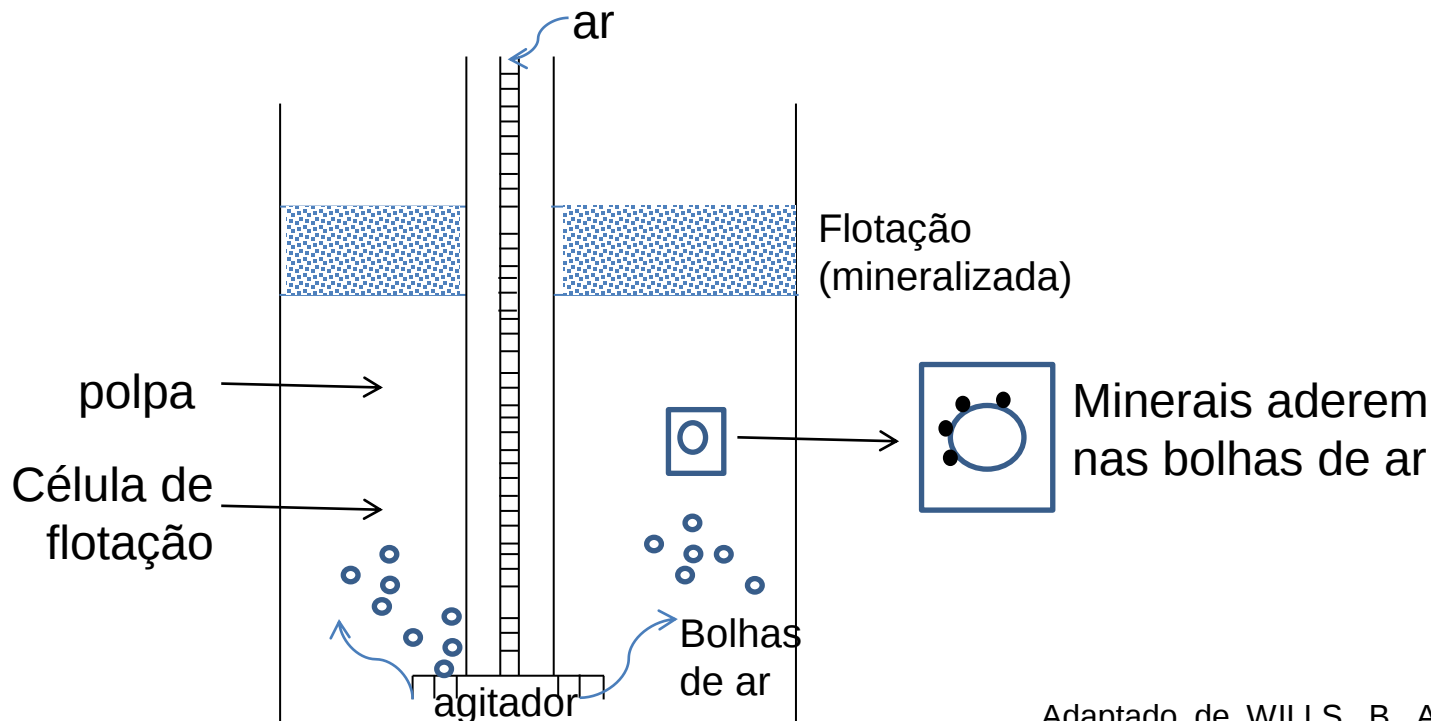


FLOTAÇÃO

FLOTAÇÃO

Separação de minerais por diferenças interfaciais

- Substância hidrofóbica – superfície apolar (> afin com ar)
- Substância hidrofílica – superfície polar (> afin. com água)

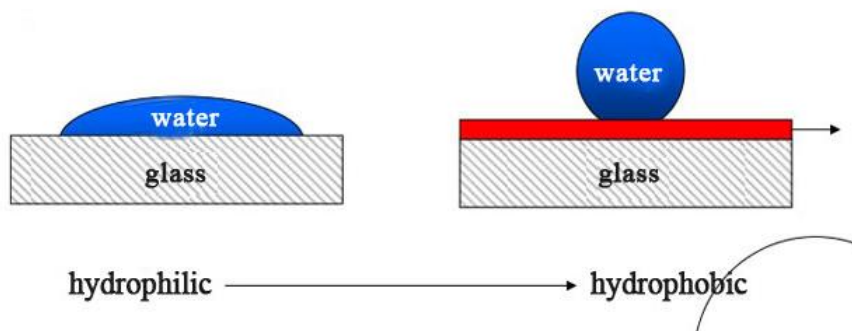


Adaptado de WILLIS, B. A., Mineral Processing Technology: An introduction to the practical aspects of ore Treatment and Mineral Recovery, 2005.

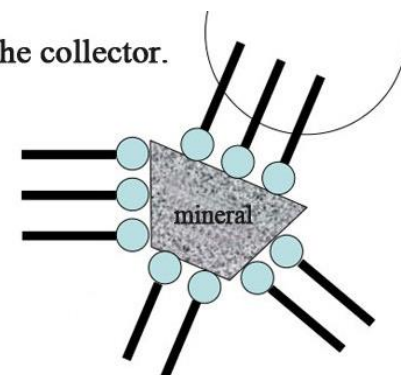
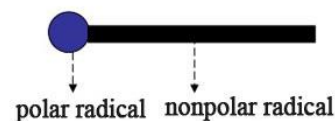
FLOTAÇÃO

COLETA: é necessário que a molécula do reagente migre da solução para a superfície da partícula. As moléculas na solução:

- são atraídas para as vizinhanças da partícula
- adsorvem na superfície
- reagem com as moléculas ou íons da superfície
- A substância capaz de adsorver à superfície do mineral, tornando-o hidrofóbico é denominada **coletor**.



The paraffin play the role of the collector.



FLOTAÇÃO

REGENTES

- **COLETORES** (hidrofobizar a interface mineral/solução)
- **ESPUMANTES** (fornecer o contato partícula/bolha)
- **MODIFICADORES**
 - **ATIVADORES**: ativa a superfície do mineral, tornando-a atrativa para o coletor
 - **DEPRESSORES**: deprime a ação do coletor nas partículas indesejadas
 - **SEQÜESTRADORES**: precipitam íons (Fe^{3+} , Ca^{2+} , Al^{3+}) que exercem ação depressora indesejável
 - **REGULADORES DE pH**: controle do pH

NÍQUEL

PROPRIEDADES

- Condutor de eletricidade e calor
- Dúctil e maleável
- Resistente à corrosão

APLICAÇÕES

- 65% → aço inoxidável *Ferrosos??*
- 12% → superligas de níquel
- 23% → outras ligas metálicas, baterias recarregáveis, reações de catálise, moedas, revestimentos metálicos e fundição (23%)
- Cadinhos de laboratórios químicos, cordas de guitarra e outros instrumentos

NÍQUEL – MINERAÇÃO

Níquel sulfetado (primário)
 $(Fe, Ni)_9S_8$ (ex.: pentlandita)

- Mirabela (Ipiaçu – BA)
- Fortaleza de Minas (GO)
- Americano do Brasil (GO)

Níquel laterítico (oxidado)

Ex.: limonita $(Fe, Ni)O(OH)(H_2O)_n$

- Niquelândia (GO) (CNT, Codemin)
- Barro Alto (GO)
- Onça-Puma (PA, março 2011)

Empresa	Produção 2010	
Anglo American	GO	59%
Votorantim Metais Níquel	GO/MG	27%
Prometalica	GO	10%
Mirabela	BA	3%

Reservas
8,7 milhões t (5º mundo)

Produção
39.135 t Ni
R\$ 565.627.510

NÍQUEL – ECONOMIA

PRODUÇÃO MINERAL (não refinado)

- Brasil 8º produtor de Ni → 80.000 t em **2018** (3%)
- Indonésia 26%
- Filipinas 15%
- Outros: Rússia/Nova Caledonia/Canadá/Austrália/China 37%
- Outros: 22%

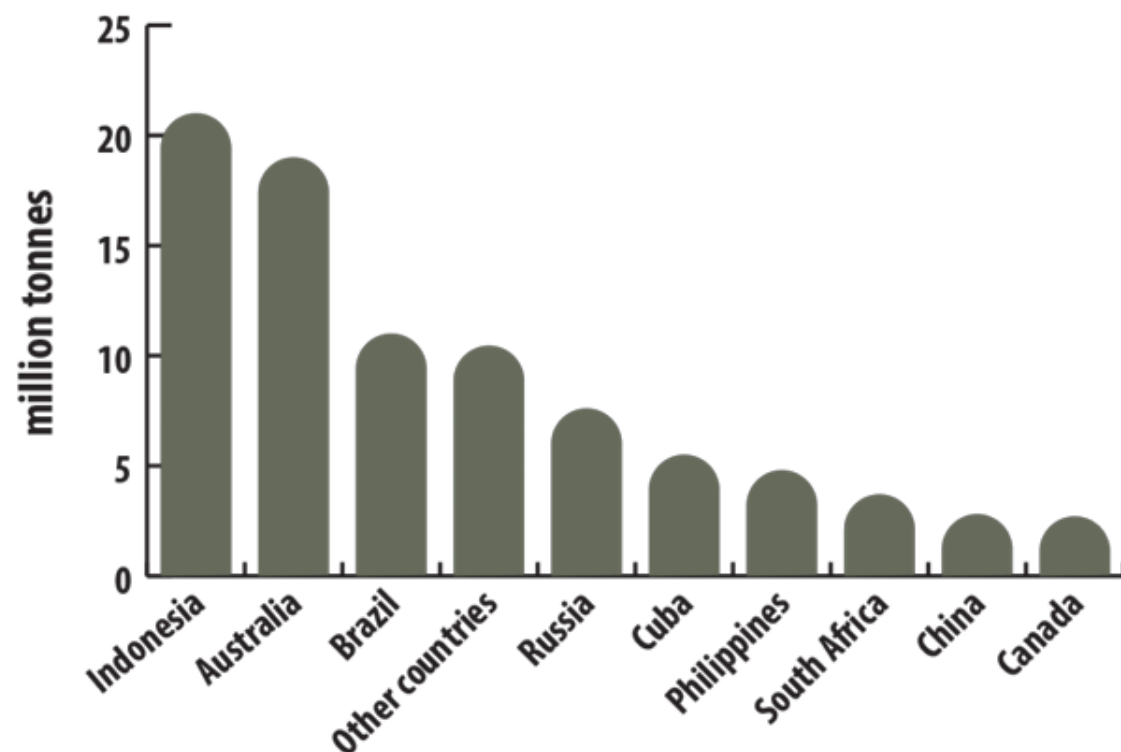
Principais

CONSUMO MUNDIAL

- 1,31 milhões t 2008 (crise)
- 1,5 milhão até 2015 (↑ aço inoxidável)

NÍQUEL – ECONOMIA

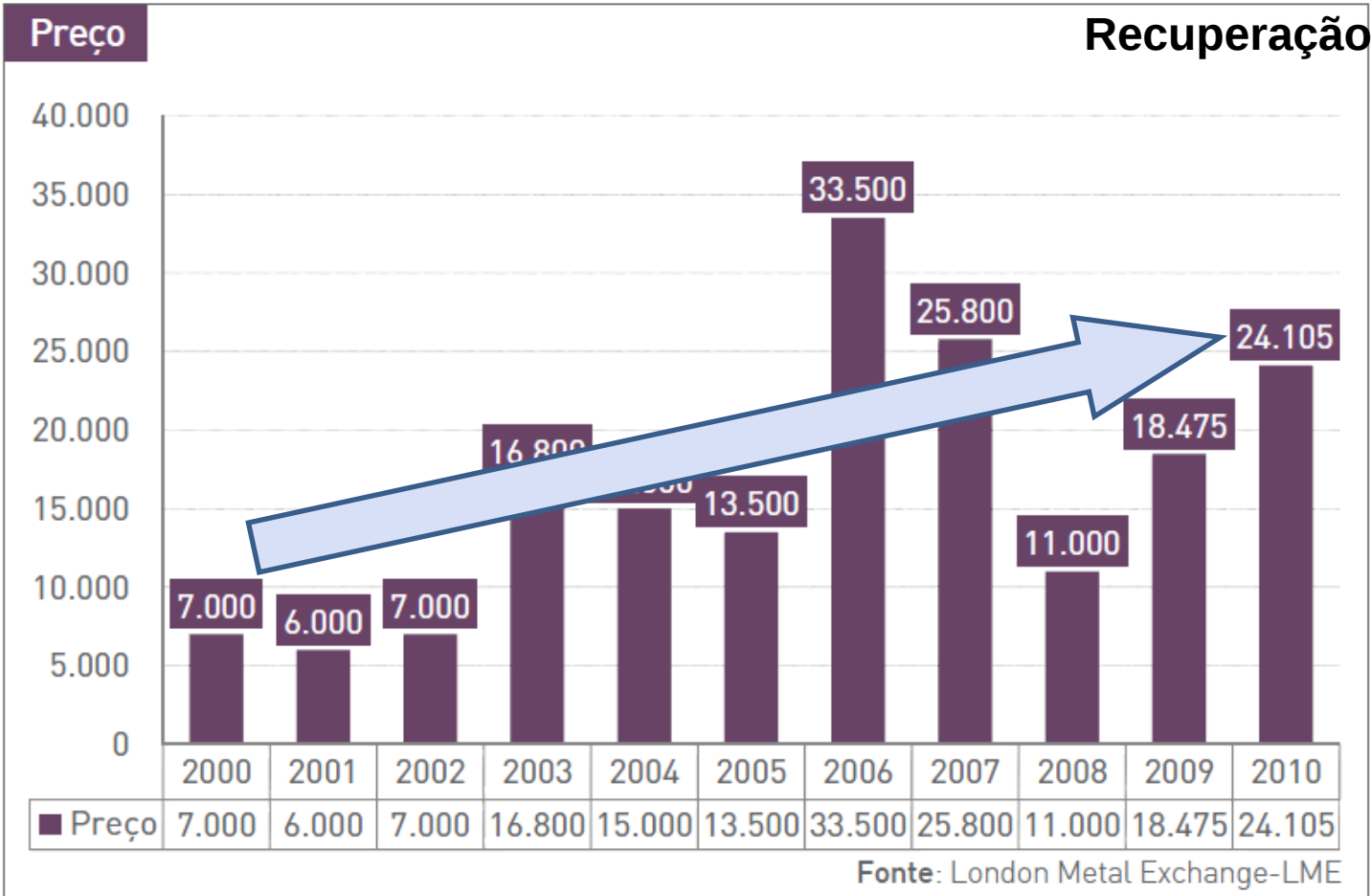
Reservas - Mundo - 2018



Fonte: <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/minerals-metals-facts/nickel-facts/20519#L3> (Minerals & Metal Facts / Nickel facts)

NÍQUEL – ECONOMIA

Bastante flutuação!!!
Recuperação após crise 2008



2000
7.000 USD/t

2010
24.105 USD/t

NÍQUEL – ECONOMIA

Classe I: Derivados com grande pureza, com no mínimo 99% de níquel contido (Ex.: níquel eletrolítico 99,9%) tendo assim larga utilização em qualquer aplicação metalúrgica.

Classe II: Derivados com conteúdo entre 20% e 96% de níquel (ferro– níquel, e matte de níquel) com grande utilização na fabricação de aço inoxidável e ligas de aço

Matte de Níquel (Ni_3S_2): Um produto intermediário nos processos metalúrgicos com teor de níquel variando entre 30-70%

NÍQUEL – ECONOMIA

Discriminação		Unidade	2014 ^(r)	2015 ^(r)	2016 ^(p)
Produção	Minério/contido	(t)	13.006.961/104.829	15.939.807/182.854	8.594.313/134.602
	Liga Fe-Ni	(t)	107.243	71.521	155.953
	Ni contido no Carbonato de Níquel	(t)	19.958	18.500	6.077
	Ni cont. Matte de Níquel	(t)	11.641	0	0
	Ni eletrolítico	(t)	19.823	25.000	8.524
	Ni contido na Liga Fe-Ni	(t)	34.501	21.286	44.538
Importação	Eletrolítico	(t)	1.136	1.005	3.493
		(10 ³ US\$-FOB)	18.438	13.767	34.814
	Ferroníquel	(t)	1	3	2
		(10 ³ US\$-FOB)	55	48	35
Exportação	Eletrolítico	(t)	17.577	17.216	5.635
		(10 ³ US\$-FOB)	253.439	192.346	41.611
	Ferroníquel	(t)	79.752	150.320	202.821
		(10 ³ US\$-FOB)	354.180	500.181	500.613

Importação - ligas de ferroníquel e ligas brutas de Ni não ligado

Exportação - produtos de maltes de níquel e cátodos de Ni não ligado