

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



ALUMÍNIO

PROPRIEDADES

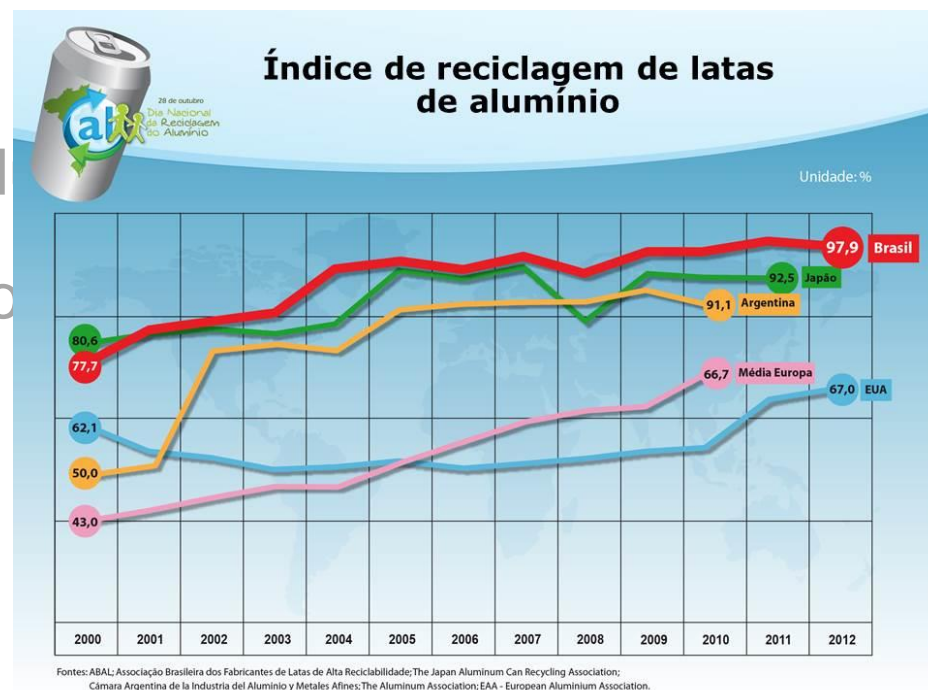
- Metal mais abundante na crosta terrestre (8%)
- Metal leve (1/3 densidade do Cu)
- Resistente
- Maleável (2º após Au) e dúctil
- Excelente resistência à corrosão (camada protetora de óxido)
- Bom condutor
- Baixo ponto de fusão

ALUMÍNIO

PROPRIEDADES

Baixo custo para reciclagem (dec. 60)

- Metal mais abundante na crosta terrestre (8%)
- Metal leve (1/3 densidade do Cu)
- Resistente
- Maleável (2º após Au) e dúctil
- Excelente resistência à corrosão (de óxido)
- Bom condutor
- Baixo ponto de fusão



ALUMÍNIO

PROPRIEDADES

**Baixo custo para
reciclagem (dec. 60)**

- Metal mais abundante na crosta terrestre (8%)
- Metal leve (1/3 densidade do Cu)

**Elevado custo energético
para produção**

- Resistente
- Maleável (2º após Au) e dúctil
- Excelente resistência à corrosão (camada protetora de óxido)
- Bom condutor
- Baixo ponto de fusão

ALUMÍNIO

PROPRIEDADES

**Baixo custo para
reciclagem (dec. 60)**

- Metal mais abundante na crosta terrestre (8%)
- Metal leve (1/3 densidade do Cu)

**Elevado custo energético
para produção**

- Resistente
- Maleável (2º após Au) e dúctil
- Excelente resistência à corrosão (camada protetora de óxido)

**Elevado impacto ambiental
(lama vermelha)**

- Bom condutor
- Baixo ponto de fusão

ALUMÍNIO (98% do destino da bauxita brasileira)

APLICAÇÕES

- **Ligas com pequenas qtd Cu, Mn, Si, Mg**
 - Características adequadas à **diversas aplicações**
 - Componentes de aviões e foguetes
- **Meio de transporte**
 - Elementos estruturais em aviões, barcos, automóveis, bicicletas, tanques, blindagens e outros
- **Embalagens**
 - Papel de alumínio, latas, embalagens Tetra Pak e outras

ALUMÍNIO

APLICAÇÕES

- Construção civil → Janelas, portas, divisórias, grades,...
- Bens de uso comum → Utensílios de cozinha, ferramentas,...
- Transmissão elétrica
 - Condutibilidade elétrica 60% menor que Cu
 - **Mais leve** e menos custoso permitindo maior distância entre as torres de transmissão
- Chapas e lâminas (39%)

ALUMINA (2% do destino da bauxita brasileira)

- Refratários, abrasivos, produtos químicos

Produção do Al – Do Minério ao Metal

Processo Bayer

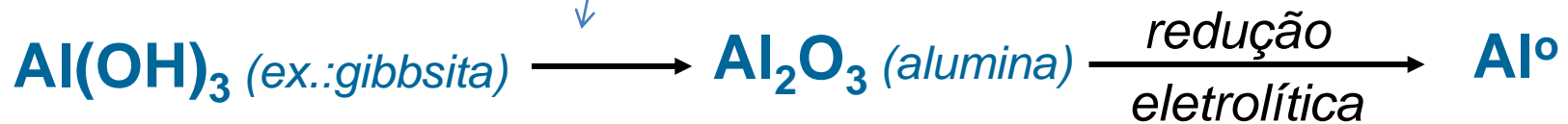
Processo Eletrolítico



Alumínio

Diásporo [α -AlO(OH)], Bohemita [γ -AlO(OH)] e Gibbsita [Al(OH)₃]

- É obtido do minério de alumínio, a **bauxita**, que é uma mistura de óxidos hidratados de alumínio (diásporo, bohemita e gibbsita), além de contaminantes como sílica, óxidos de ferro e silicatos de alumínio
- Bauxita → processo Bayer → alumina

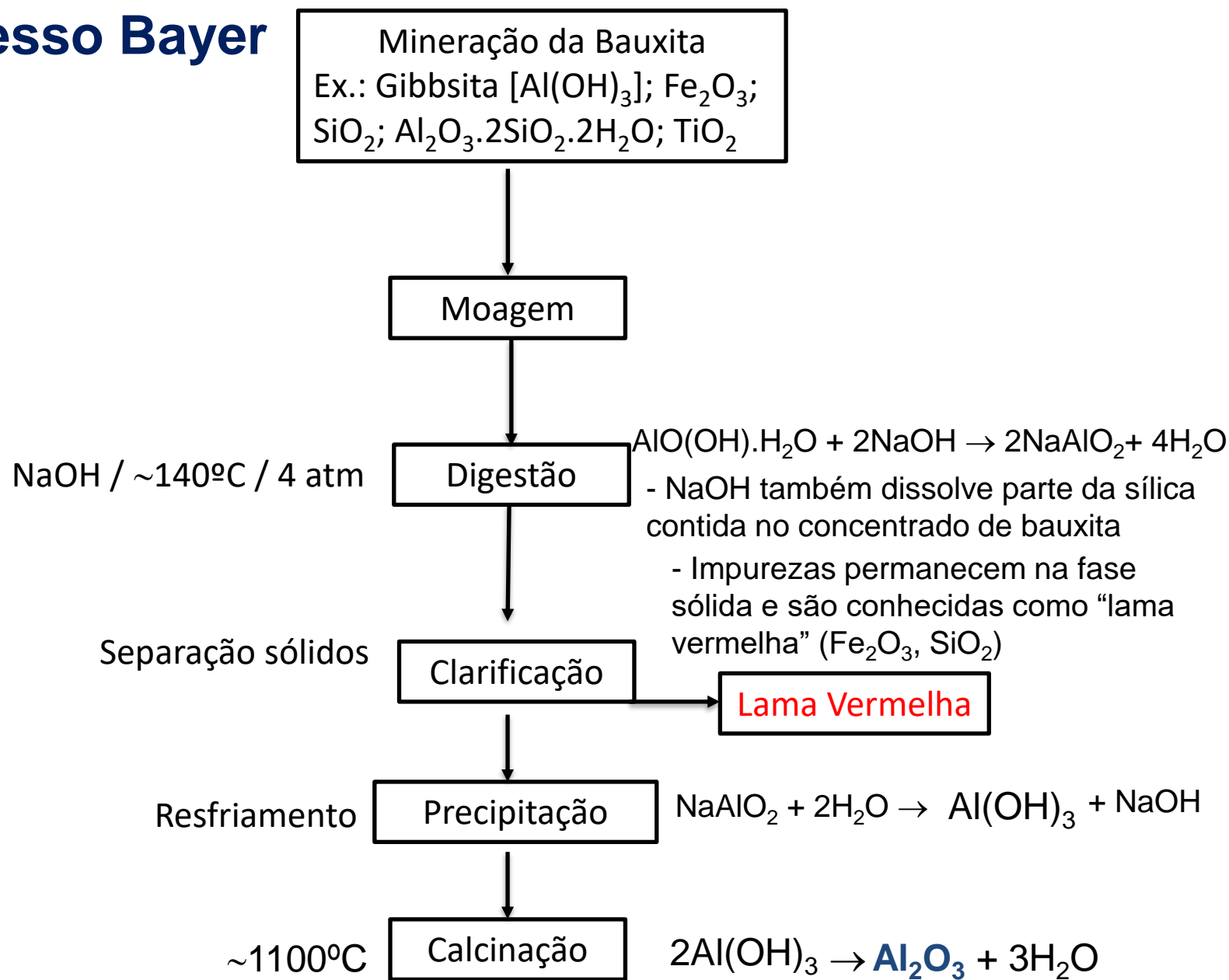


Processo Bayer

Hall-Heróult

Impurezas (quartzo, hematita, goethita) não são dissolvidas → **lama vermelha**

Processo Bayer



Digestão (Processo Bayer)

- Gibbssita pode ser digerida a 135-150°C (pressões e temperatura mais baixas)
- Diásporo pode ser digerido acima de 250°C

- Quanto maior a concentração de gibbssita, menor será a temperatura da digestão

- Portanto, essa temperatura se eleva quando há predominância de diásporo na composição da bauxita.

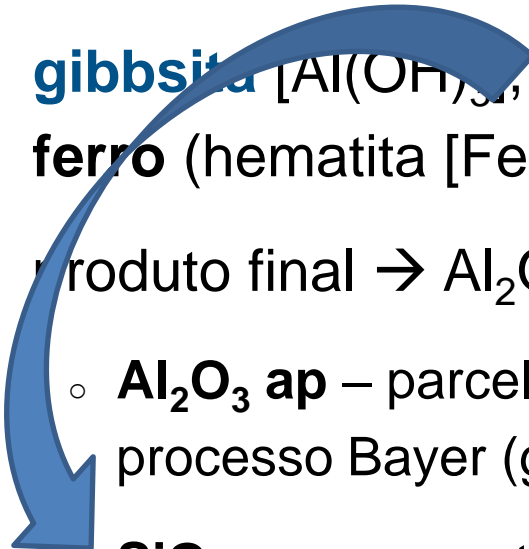
Bauxita (minério de Al - Brasil)

gibbsita [Al(OH)₃], **caulinita** [Al₂(Si₂O₅)(OH)₄], **óxidos de ferro** (hematita [Fe₂O₃] e goethita [FeOOH]) (principais)

- produto final → Al₂O₃ ap >50% e SiO₂ re <4%
- **Al₂O₃ ap** – parcela de alumina solubilizada por NaOH no processo Bayer (gibbsita)
- **SiO₂ re** – aumento do consumo NaOH e perdas de alumina (argilominerais reagem com NaOH formando composto insolúvel denominado sílico-aluminato de sódio, descartado junto à lama vermelha)

ALUMÍNIO – PROCESSOS DE OBTENÇÃO

Bauxita (minério de Al - Brasil)

- **gibbsita** [$\text{Al}(\text{OH})_3$], **caulinita** [$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$], **óxidos de ferro** (hematita [Fe_2O_3] e goethita [FeOOH]) (principais)
 - produto final \rightarrow Al_2O_3 ap >50% e SiO_2 re <4%
 - **Al_2O_3 ap** – parcela de alumina solubilizada por NaOH no processo Bayer (gibbsita)
 - **SiO_2 re** – aumento do consumo NaOH e perdas de alumina (argilominerais reagem com NaOH formando composto insolúvel denominado sílico-aluminato de sódio, descartado junto à lama vermelha)
- 

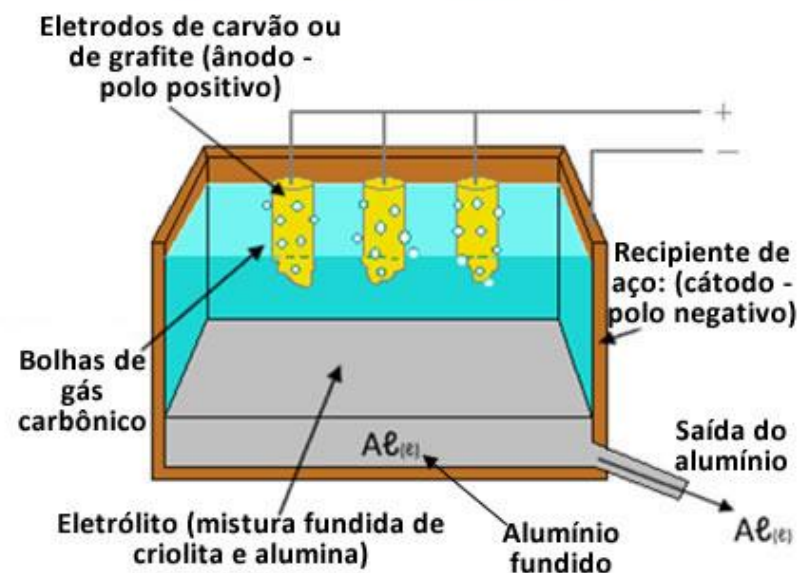
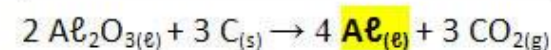
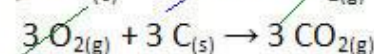
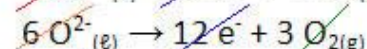
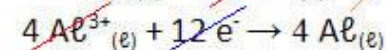
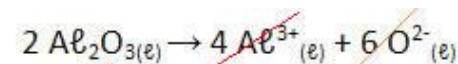
Série Eletroquímica (Potencial padrão de redução – E°) a 25⁰C das principais reações

Reação	E° (V _H)
$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,67
$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,76
$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,40
$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,25
$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,13
$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,12
$\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2$	0
$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,34
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	+0,40
$\text{Fe}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,80
$\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1,35
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,36

Potencial
Padrão de
Referência

Alumínio (Processo Eletrolítico)

- Devido ao alto consumo energético, os maiores produtores de alumínio primário estão localizados muito próximos de grandes plantas de geração de energia e de portos, visto que usam alumina importada.



Al_2O_3 – mp 2000°C

Criolita – Na_3AlF_6 (mp. 1100°C) - fundente

**BAUXITA
MINERAÇÃO****Reservas
brasileiras**

UNIDADES DA FEDERAÇÃO/ MUNICÍPIOS	Medida	
	Minério (t)	Teor % Al ₂ O ₃
ALUMÍNIO (BAUXITA)	1.934.606.897	48,12
BAUXITA METALÚRGICA	1.755.640.452	46,84
BAUXITA REFROTÁRIA	178.966.445	60,58
AMAPÁ	44.938.205	33,85
ESPÍRITO SANTO	9.484.931	41,67
GOIÁS	75.096.657	54,69
MARANHÃO	73.316.561	50,02
MINAS GERAIS	216.967.128	36,67
PARÁ	1.496.311.695	49,82
RIO DE JANEIRO	2.624.221	51,98
SANTA CATARINA	8.432.791	47,57
SÃO PAULO	7.434.708	47,38

BAUXITA – MINERAÇÃO

Reservas de bauxita (maioria encontrada em regiões tropicais ou subtropicais)

- Maiores reservas: Austrália (23%), Guiné (25%), Brasil
- Brasil 3^a do mundo → 10% das reservas mundiais
 - *95% das reservas conhecidas - Pará*

Produção de minério de bauxita (em 2014)

- Austrália (34,1%), China (19,7%), Brasil (14,9%)

BAUXITA – MINERAÇÃO

Empresa	Produção (2010)	
MRN-Oriximiná	PA	52%
Vale-Paragominas	PA	12%
CBA	MG	11%
Curimbaba	MG	8,4%
Outros		16,6%



Vale - Paragominas (PA)



MRN - Oriximiná (PA)

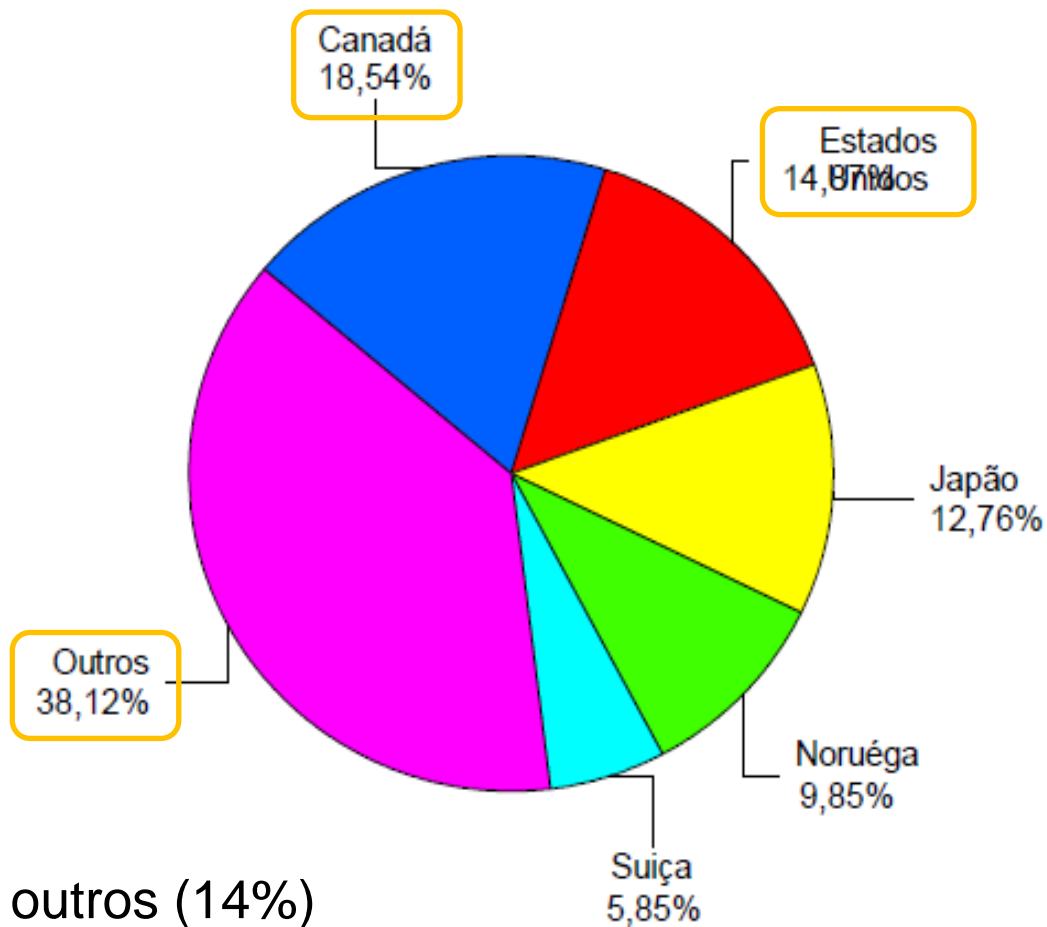
PRINCIPAIS ESTATÍSTICAS - BRASIL

Discriminação		Unidade	2014 ^(t)	2015 ^(t)	2016 ^(p)
Produção	Total Bauxita ⁽¹⁾	(10 ³ t)	34.376,3	35.715,4	37.389,1
	Bauxita metalúrgica	(10 ³ t)	34.280,5	35.708,0	37.389,1
	Bauxita não metalúrgica	(10 ³ t)	95,8	7,4	-
	Alumina	(10 ³ t)	10.404,0	10.451,5	10.885,5
	Metal primário	(10 ³ t)	962,0	772,2	792,7
	Metal reciclado	(10 ³ t)	551,0	602,0	582,0
Importação	Bauxita	(10 ³ t)	5,2	6,9	205,1
		(10 ⁶ US\$-FOB)	2,0	3,0	1,7
	Alumina	(10 ³ t)	31,5	29,0	21,9
		(10 ⁶ US\$-FOB)	30,0	25,0	24,0
	Metal primário, sucatas, semiacabados e outros	(10 ³ t)	572,6	536,2	452,2
		(10 ⁶ US\$-FOB)	1.977,0	1.736,0	1.308,0
Exportação	Bauxita	(10 ³ t)	8.352,9	9.334,9	10.449,4
		(10 ⁶ US\$-FOB)	273,0	266,0	265,0
	Alumina	(10 ³ t)	8.182,1	8.467,6	8.778,5
		(10 ⁶ US\$-FOB)	2.334,0	2.505,0	2.219,0
	Metal primário, sucatas, semiacabados e outros	(10 ³ t)	457,0	453,0	495,0
		(10 ⁶ US\$-FOB)	1.334,0	1.169,0	1.092,0

BAUXITA ECONOMIA

EXPORTAÇÃO - 2009 Principais Países de Destino - Valor FOB (US\$)

Fonte: MDIC - SECEX



2010 Exportação

9.504.695 t

3.071.971 USD

Consumo interno

Brasil **3,9** kg/hab

EUA **37** kg/hab

Japão **31** kg/hab

Exportação

Chapas (40%), fios (22%),
folhas (19%), barras (5%), outros (14%)

COBRE

PROPRIEDADES E RELEVÂNCIA

- Utilizado desde 6.500 a.C. (idade do Bronze: Cu,Sn)
- Corpo humano → participa fixação do Fe na hemoglobina do sangue
- *Elevada condutividade elétrica e térmica* → 2ª maior após a Ag
- Dúctil
- Maleável
- 100% reciclável

COBRE

APLICAÇÕES

- Indústria eletro-eletrônica (cabos elétricos) **50%**
- Ligas metálicas
 - Debilmente ligadas (<3% de outros elementos) → Sn, Cd, Fe, Te, Zr, Cr, Be
 - Outras ligas: latão (Zn), Bronze (Sn), cuproalumínios (Al), cuproníqueis (Ni), cuprosilício (Si)
- Construção naval, civil, automotiva, aeronaves

COBRE

APLICAÇÕES

- Monumento (estátua da Liberdade)
- Tubos e conexões (tubulação de gás)
- Objetos de adoração religiosos e joias
- Medalhas em competições, moedas, panelas, objetos de decoração,...

COBRE – DEPÓSITOS BRASILEIROS

Reservas

11,2 milhões t Cu contido
(2016) – 85% no PA (2015)

Produção Brasil 2015

338 mil t Cu

82,7% PA

15,9% GO

1,4% BA

Concentrado (2015):

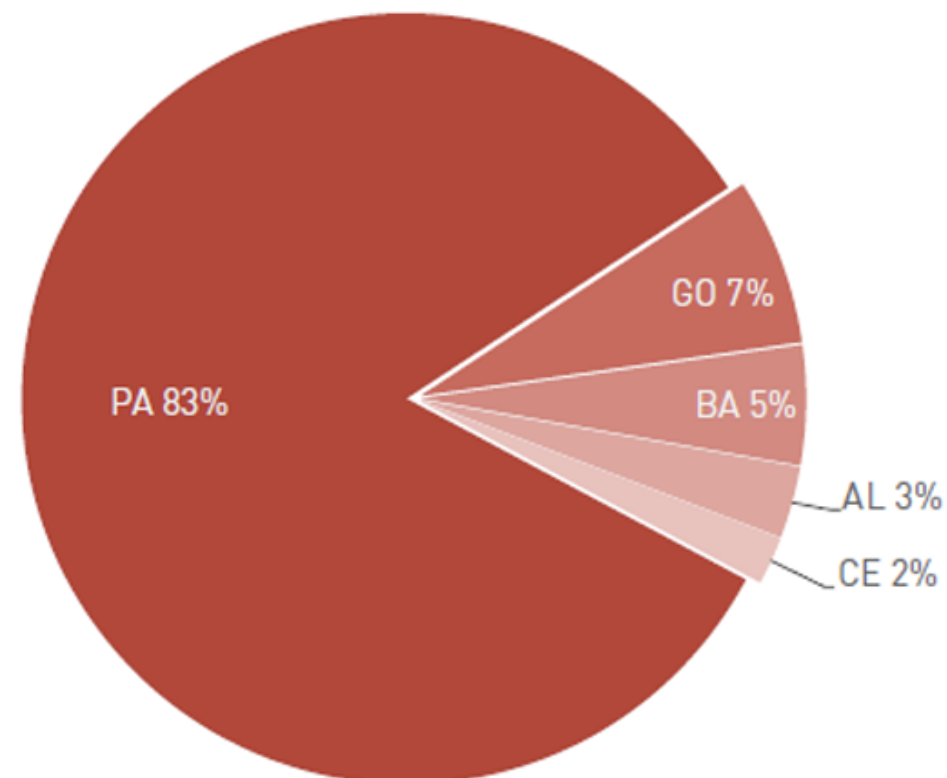
Chile - 27%

Peru – 11,3%

China – 8,5%

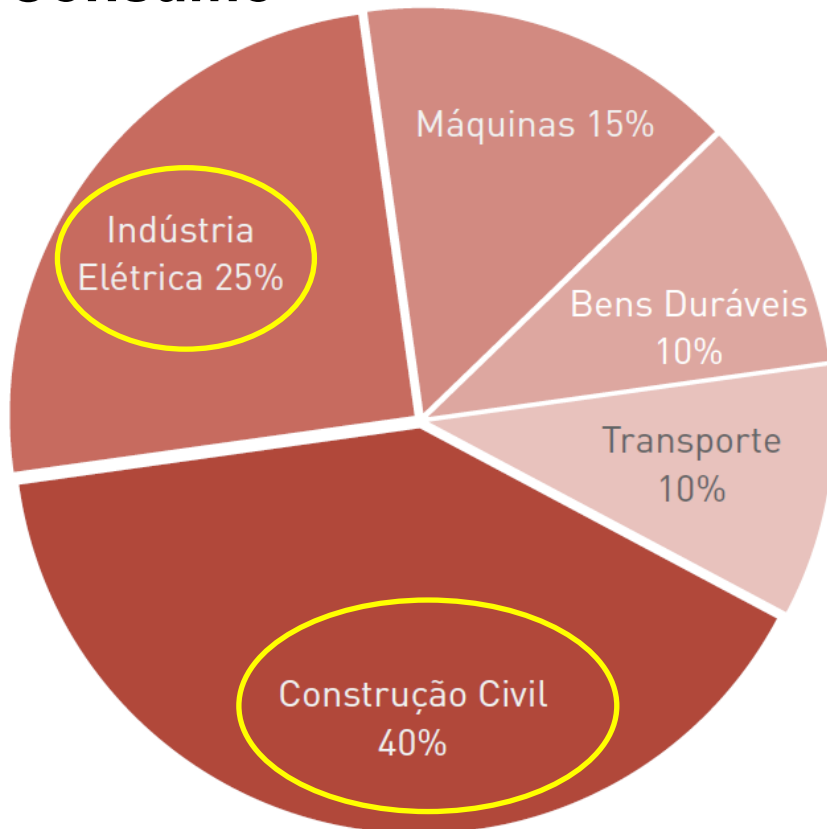
EUA – 6,9%

Brasi – 1,7%

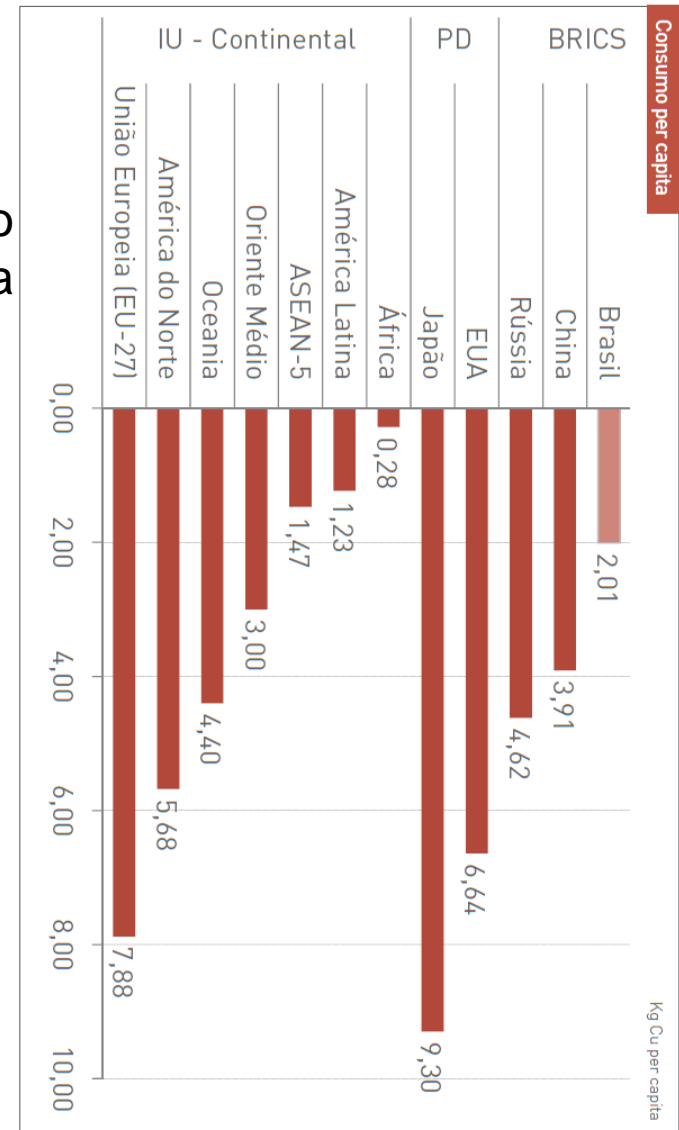


COBRE – ECONOMIA

Consumo



Baixo consumo per capita



Consumo → crescimento de 39% até 2016 (~295 mil ton)

BOOM construção → projetos de habitação, Copa do Mundo, Olimpíadas

Cobre

- Suprimento provém do metal primário produzido a partir de concentrados obtidos nas minas e da recuperação secundária, como subproduto de outros metais, além da reciclagem

Discriminação		Unidade	2014 ^(t)	2015 ^(t)	2016 ^(p)
Produção	Concentrado ⁽¹⁾	← (t)	301.197	350.940	338.921
	Metal primário	← (t)	213.085	241.469	225.558
	Metal secundário	← (t)	23.600	29.000	38.500
Importação	Concentrado ⁽¹⁾	(t)	148.403	179.069	166.487
		(10 ³ US\$-FOB)	976.817	973.315	688.745
	Metal ⁽²⁾	(t)	246.437	263.800	209.984
		(10 ³ US\$-FOB)	1.711.258	1.618.559	1.041.895
Exportação	Concentrado ⁽¹⁾	(t)	239.548	325.444	346.643
		(10 ³ US\$-FOB)	1.805.255	1.984.114	1.928.278
	Metal ⁽²⁾	(t)	92.710	196.300	181.449
		(10 ³ US\$-FOB)	643.778	1.020.350	868.940

COBRE – MINERAÇÃO

Minerais de cobre

- Calcosina Cu_2S (79% Cu), covelina, bornita, calcopirita
- **Cobre porfirítico** → grandes depósitos hidrotermais de baixo teor, cujo mineral de Cu é calcopirita (CuFeS_2 disseminada)
 - Minerações de grande escala e baixo custo

Outras fontes de cobre

- Reciclagem!!!

COBRE – MINERAÇÃO

**Vale - Projeto Sossego
Canaã dos Carajás (PA)**



COBRE – MINERAÇÃO

**Mineração Caraíba
Jaguarari (BA)**



**Mineração Maracá
Alto Horizonte (GO)**



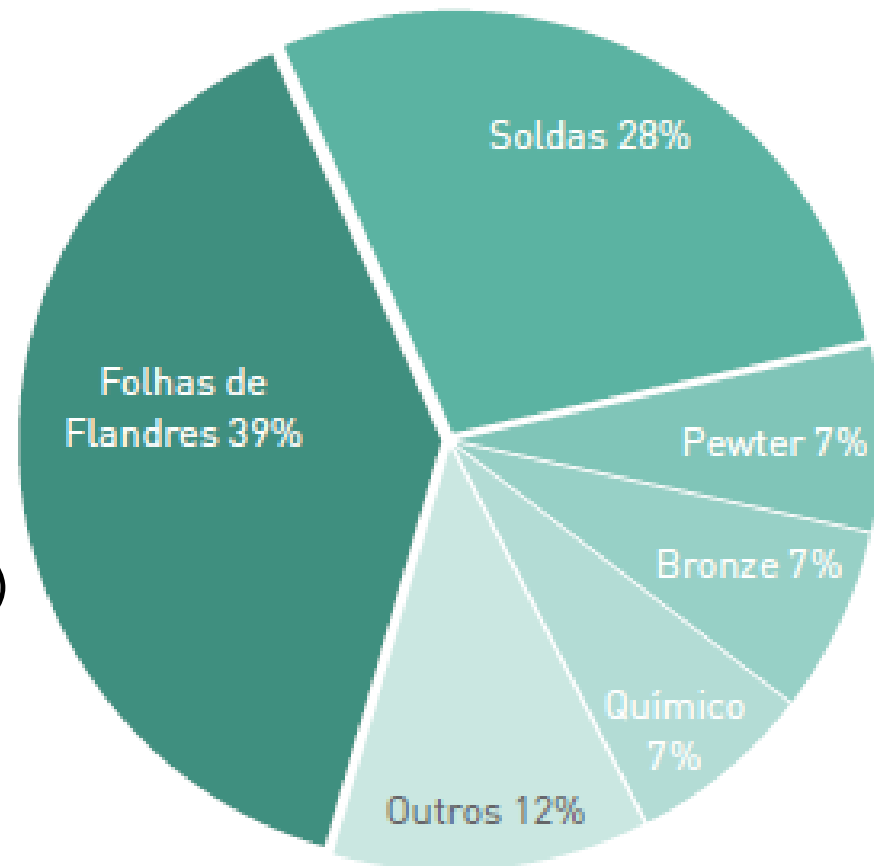
ESTANHO

PROPRIEDADES

- Maleável em baixas temperaturas e frágil quando aquecido
- Baixa ductibilidade
- Baixo ponto de fusão
- Resistente à corrosão

APLICAÇÕES

- Folha de flandres (39%)
 - Embalagens (latas, tetra pak)
- Soldas (28%)
- Outros



ESTANHO – MINERAÇÃO

As reservas brasileiras estão localizadas em sua maior parte na região amazônica: província mineral do Mapuera (mina do Pitinga), no Amazonas e na província estanífera de Rondonia (minas de Bom Futuro, Santa Bárbara, Massangana e Cachoeirinha).

RESERVAS (2016)

- **5ª reserva do mundo (8% total no mundo)**
 - Ásia 44% (China 30%, Indonésia 14%)
 - Brasil – 8%
 - Bolívia – 9%
 - Outros – 39%
- Localizadas na **região Amazônica**
 - Mina do Pitinga (**AM**)
 - Rondônia – Bom Futuro, Santa Bárbara, Massangana, Cachoeirinha (RO)

ESTANHO – ECONOMIA

RESERVAS

- **6º maior produtor**
 - **12 mil ton 2010 (4,5% produção mundial = 261 mil ton)**
 - China 1ª → 115 mil ton

Empresa	Produção	
Mineração Taboca (Mina do Pitinga)	AM	43%
Cooperativa de garimpeiros de Santa Cruz	RO	23%
Cooperativa Estanífera de Mineradores da Amazônia Legal	RO	9%
Cooperativa dos Garimpeiros do Estado de Rondônia	RO	8%
Outras (cooperativas)	RO (PA)	17%

ESTANHO – ECONOMIA

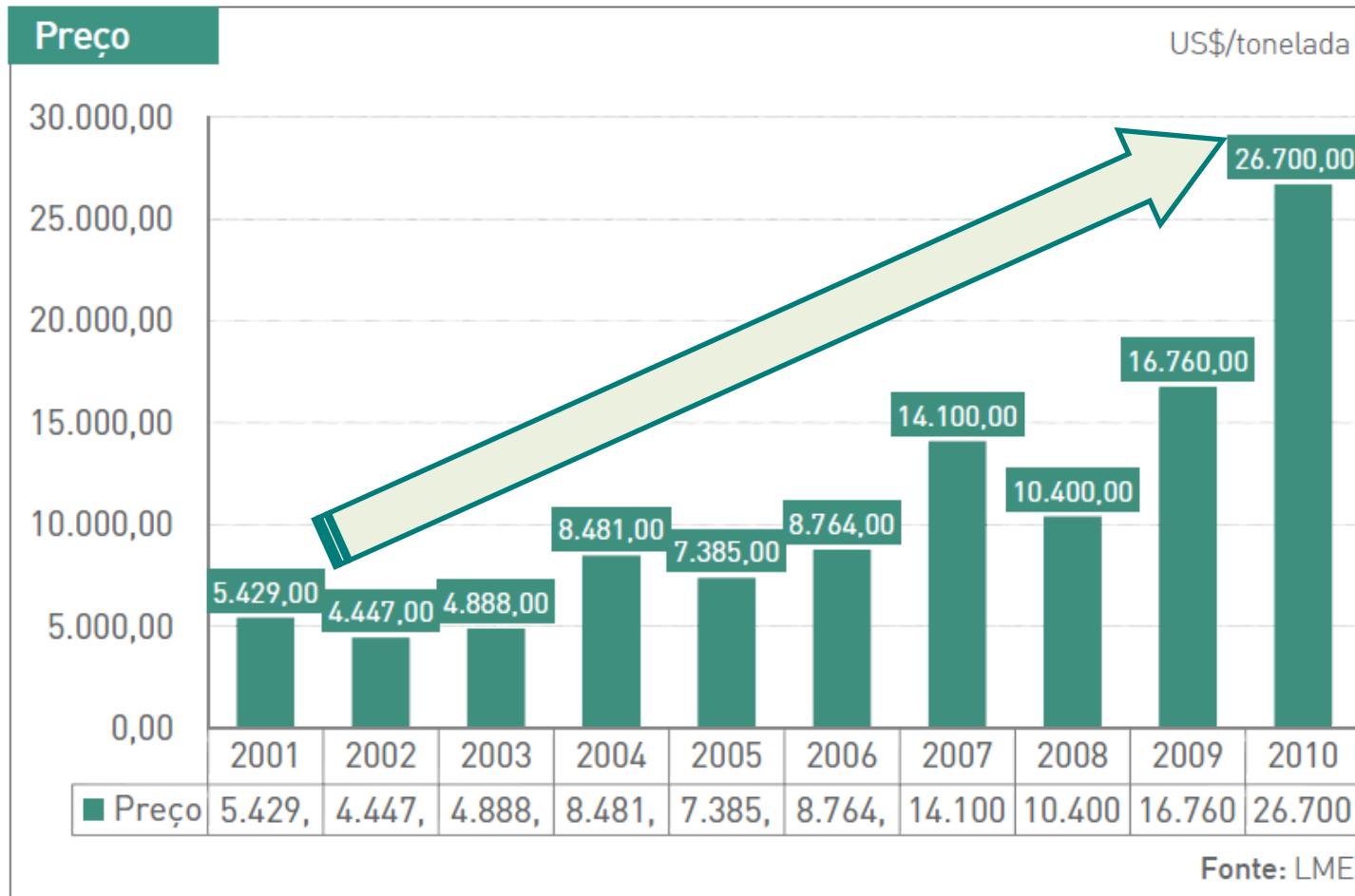
TABELA 2

PRINCIPAIS ESTATÍSTICAS - BRASIL

Discriminação		Unidade	2014 ^(r)	2015 ^(r)	2016 ^(p)
Produção	Concentrado (metal contido)	(t)	25.534	18.900	19.705
	Metálico	(t)	22.334	16.531	17.235

ESTANHO – ECONOMIA

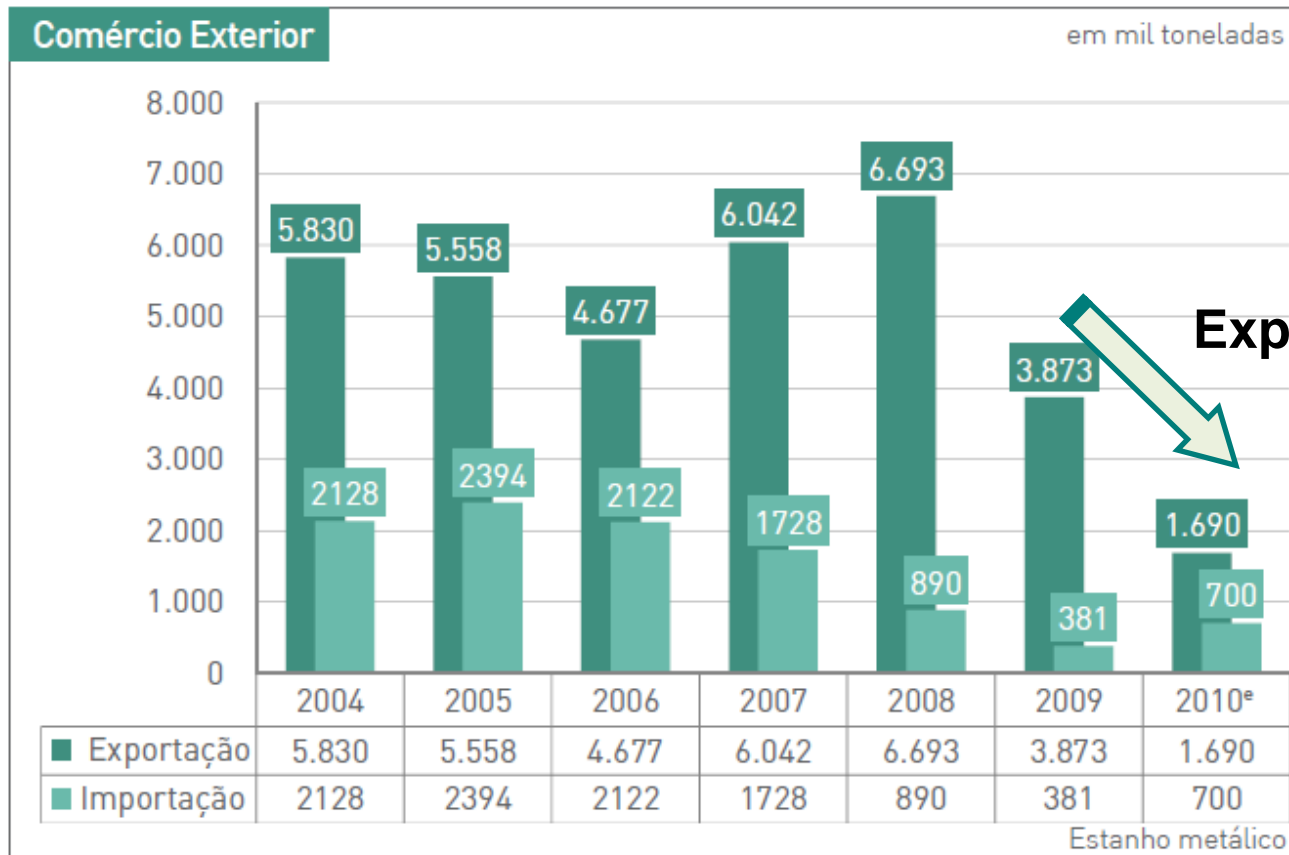
O avanço do segmento eletro-eletrônico (soldas) pode ser explicado pela restrição progressiva da combinação do chumbo na composição das soldas, implicando no maior adicional de Sn-metálico.



2001
5.429 USD/t

2010
26.700 USD/t

ESTANHO – ECONOMIA

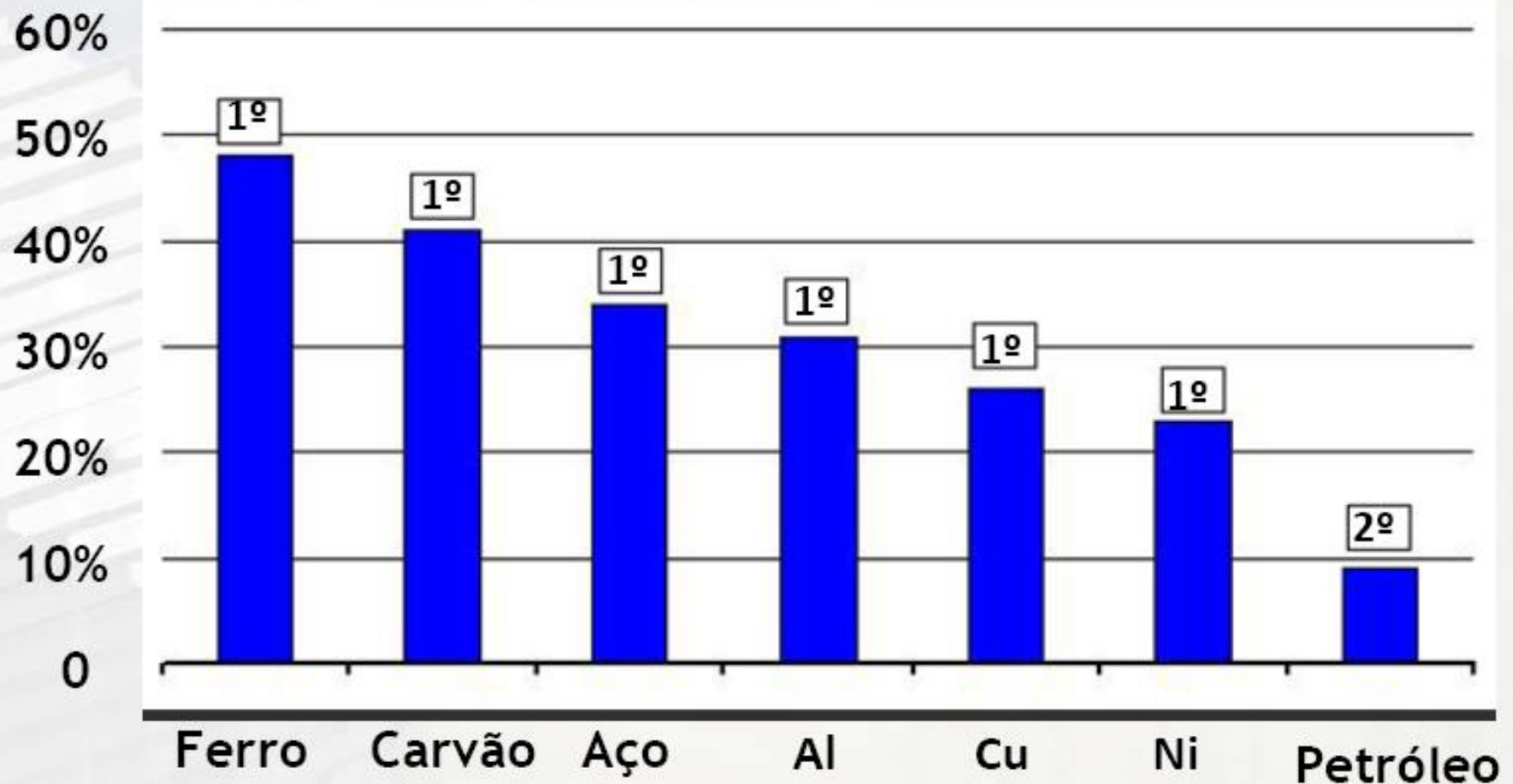


Exportação

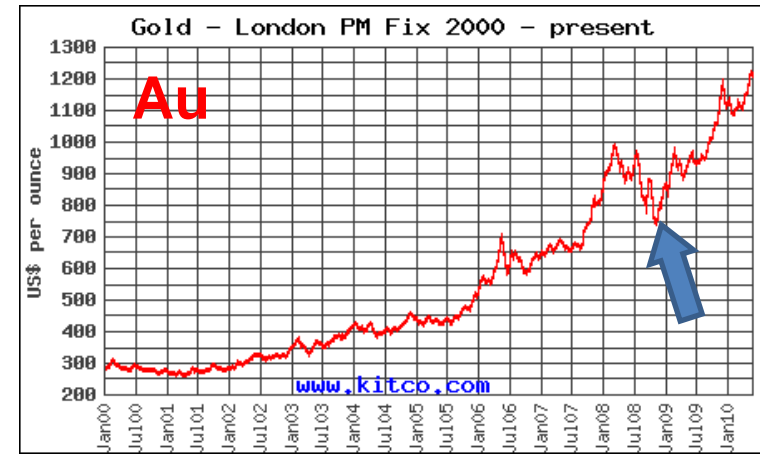
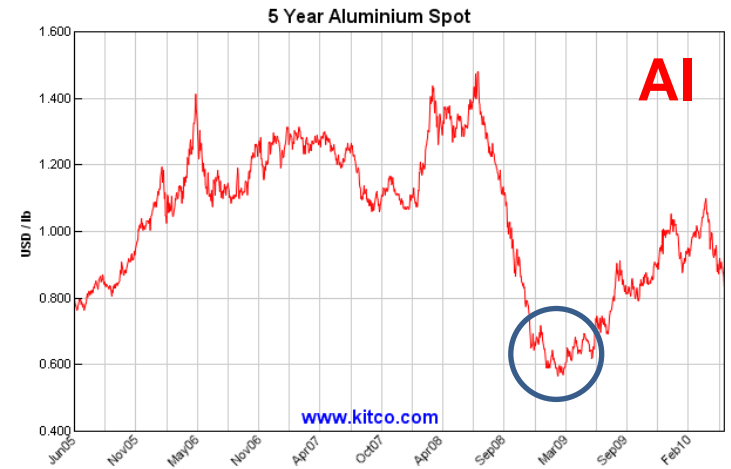
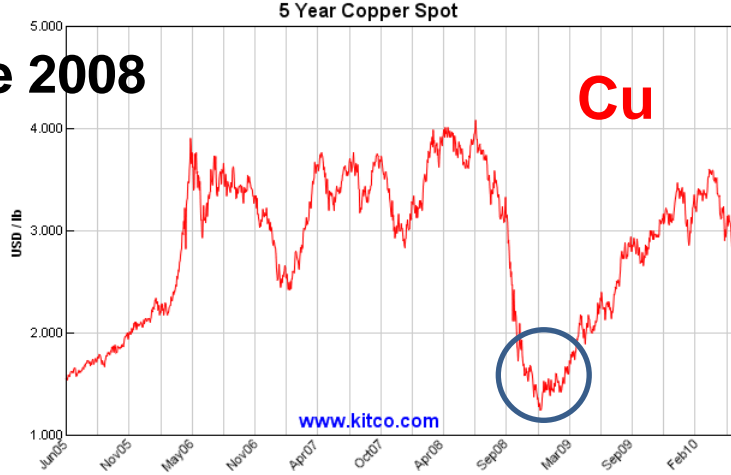
↓ consumo EUA

CHINA: “A Consumidora”

“A Força no Mercado Mundial de Commodities Minerais”



Crise 2008



MERCADO INTERNACIONAL

Reservas (2010)

Posição	Substância Mineral	Participação (%)
1º	Nióbio	98,4
2º	Tântalo	59,0
4º	Estanho	9,6
4º	Ferro	11,5
5º	Bauxita	7,0

Fonte: DNPM (DIPLAM)

Produção (2010)

Posição	Substância Mineral	Participação (%)
1º	Nióbio	91,9
2º	Tântalo	15,5
2º	Ferro	16,5
3º	Bauxita	13,9
5º	Estanho	3,9

Fonte: DNPM (DIPLAM)

PROJETOS – OUTROS FATORES

Alumínio

- **Alcoa: Projeto Juruti, PA** (set 2009)
 - 6-8 Mt/ano (2011 = 3,8 Mt)
 - Margens rio Amazonas, coração da Amazônia
 - Cidade > 50mil pessoas

- **Vale**
 - Transferiu todas suas participações na área do Al para: Albras, Alunorte, CAP, Norsk Hydro

PROJETOS – OUTROS FATORES

Cobre

- **Vale-Sossego, PA:** aumento para 140 mil t/ano de Cu-cont
- **Min. Caraíba-Pilar, BA:** rotas alternativas de lavra e beneficiamento
- **Vale-Salobo, PA:** 154 mil t Cu contido/ano (2012!!!)
- **Vale-PA (previstos 2015)**
 - Corpo 118 – 38 mil t/ano Cu contido
 - Cristalino - 30 mil t/ano Cu contido
 - Alemão - 80 mil t/ano Cu contido
- **Caraíba, PA:** (2014) R\$ 150 milhões – 154 mil t Cu-cont/ano
- **Vale Verde, AL:** (2014) R\$ 450 milhões – 40 mil t Cu-cont/ano

PROJETOS – OUTROS FATORES

Chumbo

- **Votorantim Metais - Morro Agudo, MG**
 - 2010: **R\$ 5,7 Mi** na mina + **R\$ 18 Mi** usina
 - +3 anos: **R\$ 42,9 Mi** → aquisição de máquinas e equipamentos, inovações tecnológicas, sistemas de saúde, segurança e meio ambiente
- **Produção de Pb metálico (2014)**
 - **R\$ 670 Mi** Votorantim, Juiz de Fora → 75 mt/ano

PROJETOS – OUTROS FATORES

Zinco

- **Votorantim Metais**

- assumiu Milpo (Peruana) jun-2010 (16,4% das ações)
 - 3 minas polimetálicas no Peru
 - 1 mina de Cu Peru
 - 1 mina de Cu no Chile
- 2010 – duplicação da refinaria de Cajamarquilla (Peru) para 320 mil t/ano

PROJETOS – OUTROS FATORES

Níquel

- **Onça-Puma, Vale, PA** – início em 2010, capacidade de 53 mil t/ano Ni (liga Fe-Ni)
- **Mirabela, BA** – maior mina de Ni sulfetado a céu aberto do mundo (2010 – primeira exportação Rússia – 8 mil t conc.Ni)
- **Anglo American, GO** – início produção de Barro Alto. Previsão de até 150 mil t/ano Ni contido
- **Vale-PA: R\$ 760 Mi** usina pirometalúrgica de beneficiamento de níquel (2012 – previsão 25 mil t/ano)
- **Votorantim Metais, MG: R\$ 151 Mi** para produção de sulfeto de Ni (previsto 14 mil t) e pesquisa para aumento da vida útil jazida

PROJETOS – OUTROS FATORES

Estanho

- **Projeto rocha são do Pitinga**
 - Redefinição da rota de beneficiamento – alteração para processamento a seco (eletrostática)
 - **USD 43 Mi** (2010-2013)
- **COOPERMETAL**
 - Processo de modernização com instalação de britagem
 - Aumento de 200 para 320 t/mês

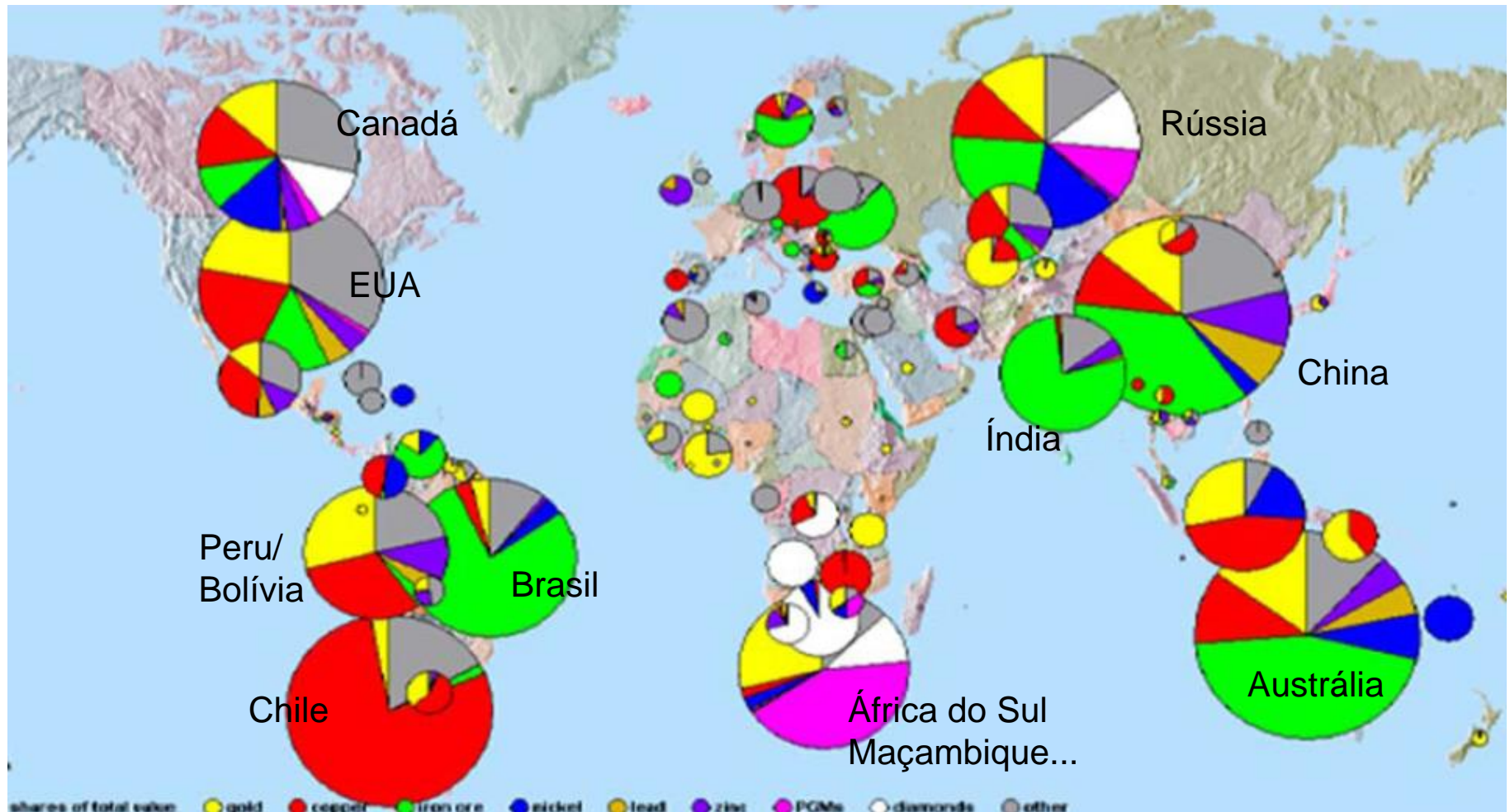
MINERAÇÃO BRASILEIRA

PRODUÇÃO DE MINERAIS: POSIÇÃO MUNDIAL DO BRASIL

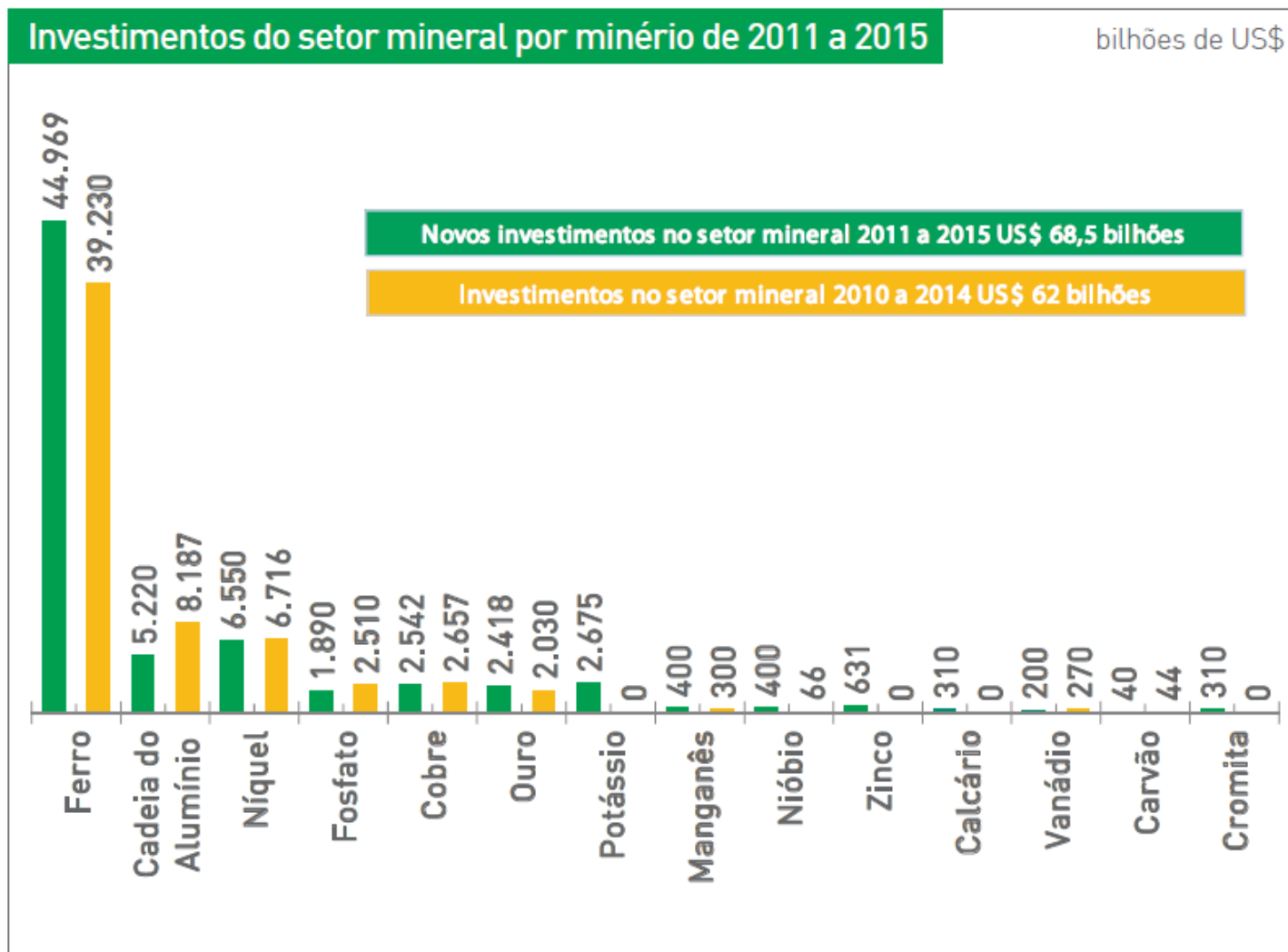
EXPORTADOR (GLOBAL PLAYER)	EXPORTADOR	AUTOSSUFICIENTE	IMPORTADOR / PRODUTOR	DEPENDÊNCIA EXTERNA
Nióbio (1º) Minério de ferro (1º) Manganês (2º) Tantalita (2º)	Níquel Magnésio Caulim Estanho	Calcário Diamante Industrial Titânio		Carvão Metalúrgico Potássio
Grafite (3º) Bauxita (2º) Rochas Ornamentais (4º)	Vermiculita Cromo Ouro	Cobre Tungstênio Talco	Fosfato Diatomito Zinco	Enxofre Terras raras
ESTRATÉGICOS				

O Brasil é um importante player mundial no Setor Mineral. No entanto, apresenta dependência de alguns minerais que são essenciais para a economia. É o quarto maior consumidor de fertilizantes, mas responde por apenas 2% da produção mundial. O Brasil importa 91% de todas as suas necessidades de potássio e 51% de fosfato, insumos minerais utilizados na fabricação de fertilizantes.

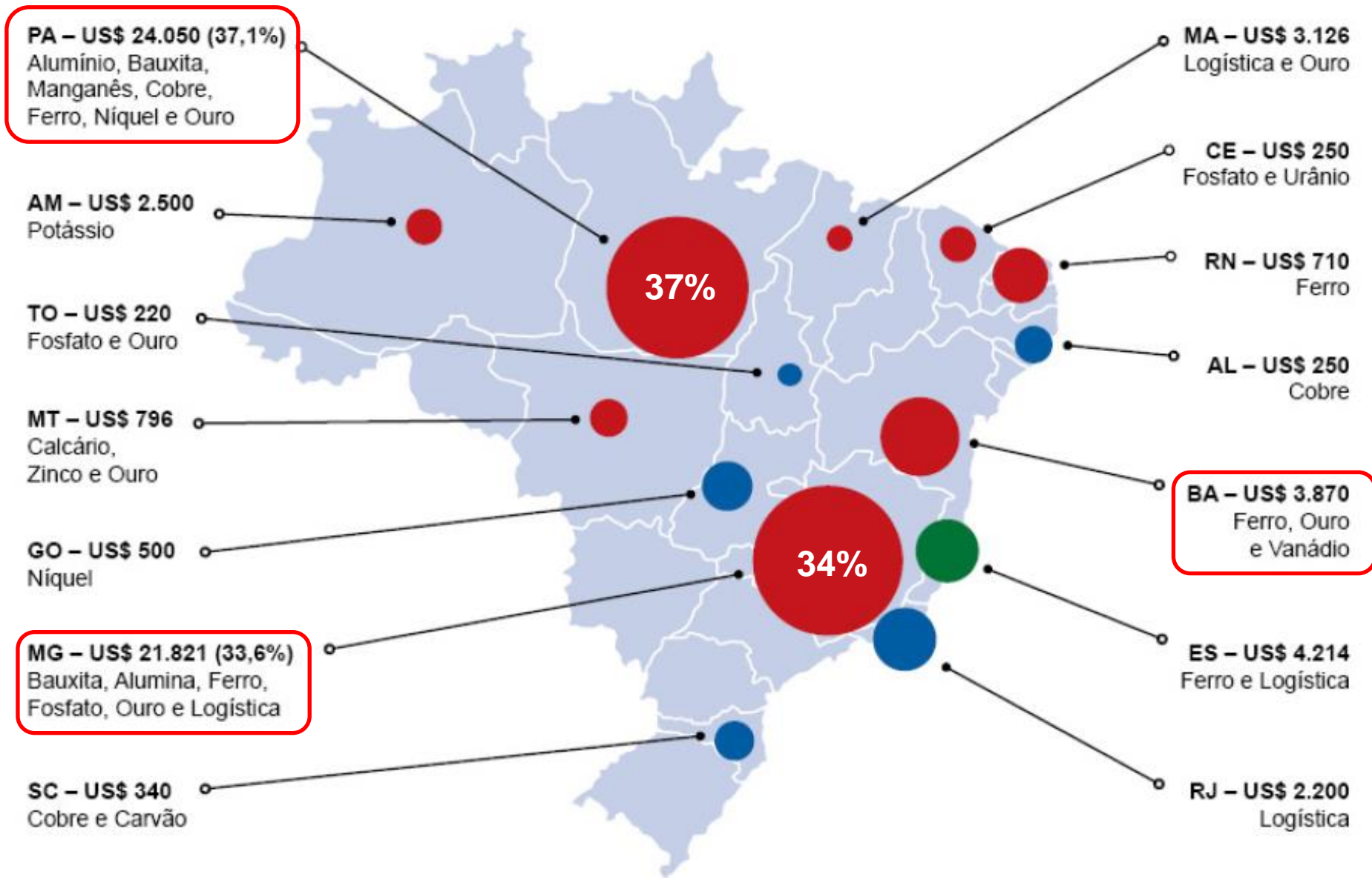
GEOGRAFIA MINERAL



MINERAÇÃO BRASILEIRA - INVESTIMENTOS

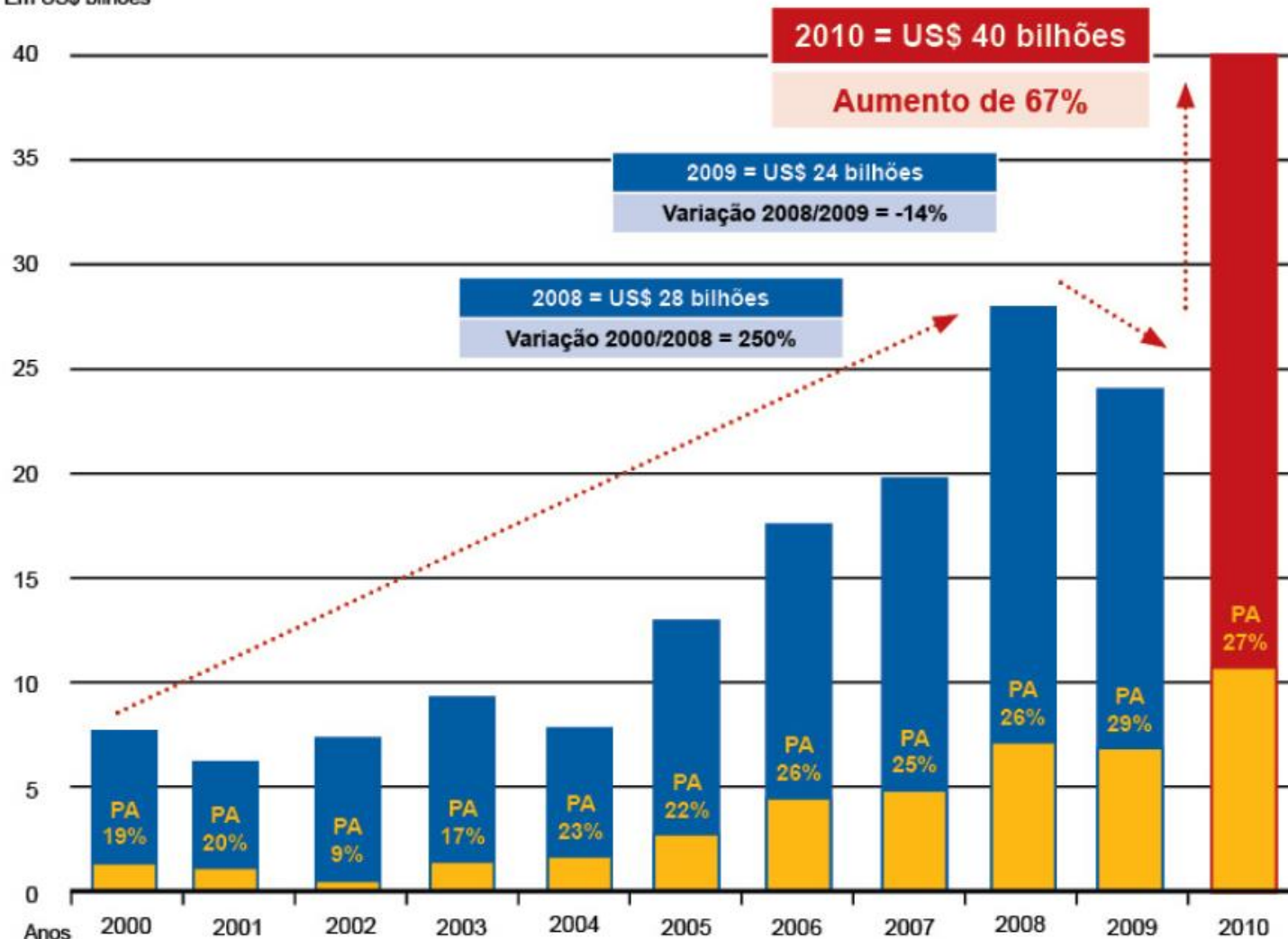


Principais investimentos do setor mineral



PARTICIPAÇÃO DO ESTADO DO PARÁ

Em US\$ bilhões



Em 2010 a PMB alcançou **US\$ 40 bilhões**, um novo recorde

Produção 2010 do Estado do Pará foi de 27% do total = **US\$ 10,8 bilhões**

Participação do Estado do Pará (%)

Não incluídos Petróleo e Gás

PARTICIPAÇÃO DO ESTADO DO PARÁ



POTENCIAL DA MINERAÇÃO BRASILEIRA

BRASIL 8,5 milhões km² → diversidade de terrenos e formações geológicas e de minérios

Recursos minerais → 72 substâncias: 23 metálicos, 45 não metálicos e 4 energéticos

**Minerações de pequeno porte
71% das minas**



159 são de **grande porte**
(acima de 1 milhão de t/ano
de run-of-mine, 5% do
total).

837 de **médio porte**
(abaixo de 1 milhão de t/ano
e acima de 100 mil t/ano de
run-of-mine, 24% do total).

2.358 de **pequeno
porte** (abaixo de 100 mil
t/ano e acima de 10 mil
t/ano de run-of-mine, 71%
do total).