



Curso de Introdução à Mineração
Para as Embaixadas Brasileiras

CLASSES DE BENS MINERAIS - METÁLICOS FERROSOS

Jose Luiz Amarante <jlamarante@gmail.com>>

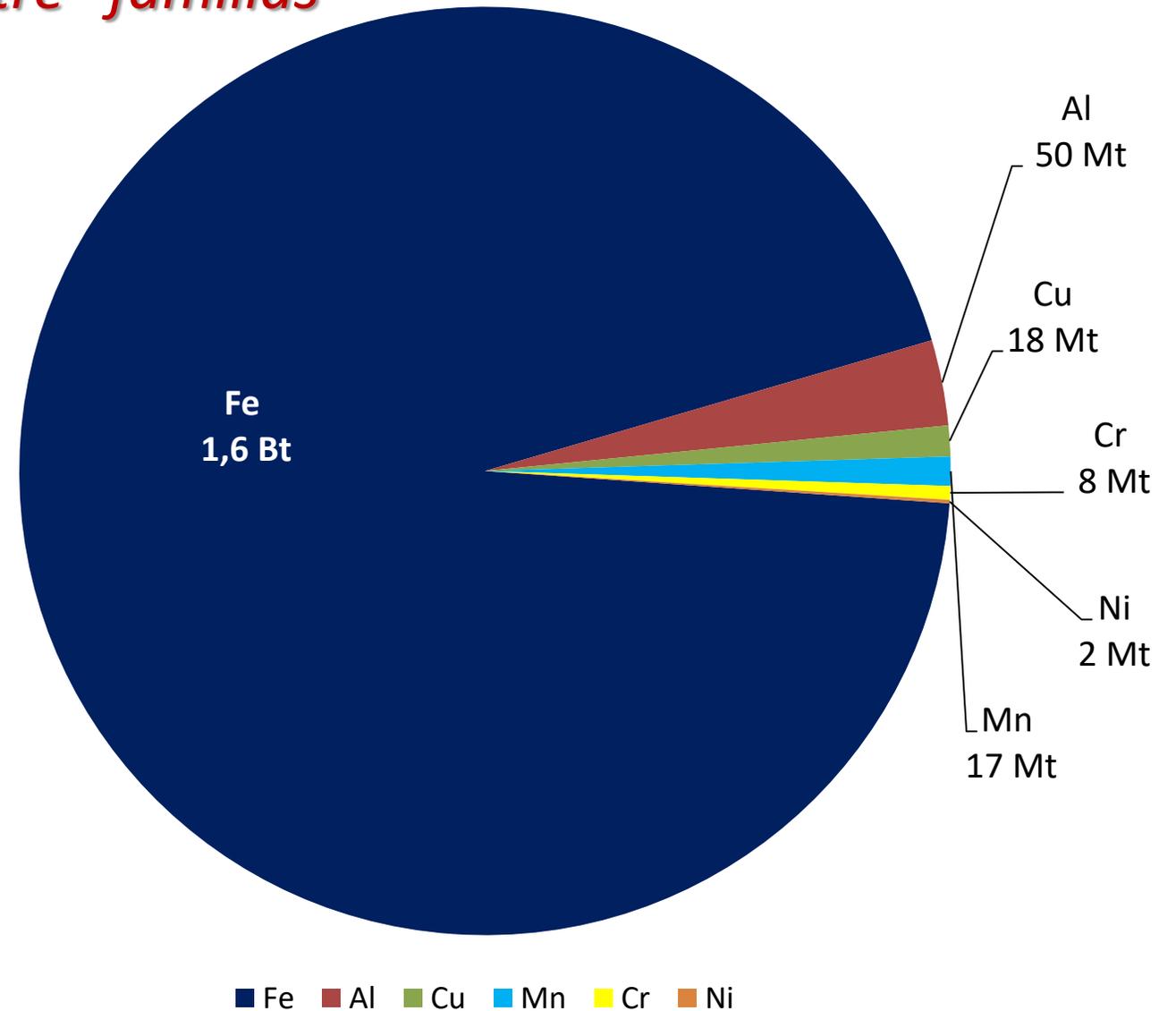


Sumário

- ✓ Siderurgia
- ✓ Minério de Ferro
- ✓ Ferro-ligas metálicas aplicadas no refino do aço
 - ✓ Manganês
 - ✓ Nióbio
 - ✓ Vanádio
 - ✓ Silício Metálico

Minerais Metálicos: Comparativo entre “famílias”

O Ferro e seus derivados correspondem a 94% de todo o consumo de metais.



SIDERURGIA

O minério de ferro é a pedra fundamental do todo e qualquer segmento industrial.



Cerca de 99% de todo minério de ferro produzido é consumido pela indústria siderúrgica.

SIDERURGIA - História

Primeiros Registros, Egito, 8000 A.C.

- ✓ Ferro meteórico
- ✓ Contas de ferro nas tumbas da Pirâmide de Gizé (2900 A.C.)
- ✓ Portões da Babilônia de Nabucodonosor reforçados com ferro

Idade do Cobre, Iraque, 5000 A.C.

- ✓ Material macio, dúctil e facilmente deformável a frio
- ✓ Primeiro metal a ser usado pelo homem

Idade do Bronze, Oriente Médio, 3300 A.C.

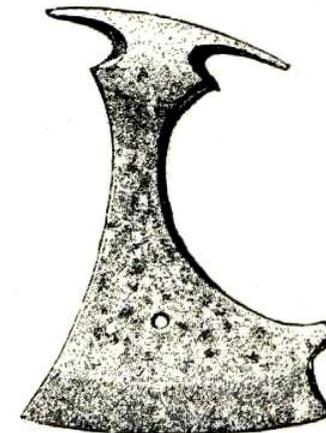
- ✓ Descoberta do estanho

Idade do Ferro, Oriente Médio, 1200 A.C.

- ✓ Escassez do estanho
- ✓ Desenvolvimento da tecnologia do ferro



Imagem de Marcus
Aurelius em bronze
no Museu do
Louvre



Lâmina de
machado
sueco da
Idade do
Ferro
achado em
Gotland

SIDERURGIA - História

FERRO COMO VANTAGEM BÉLICA

Gladius Hispanus

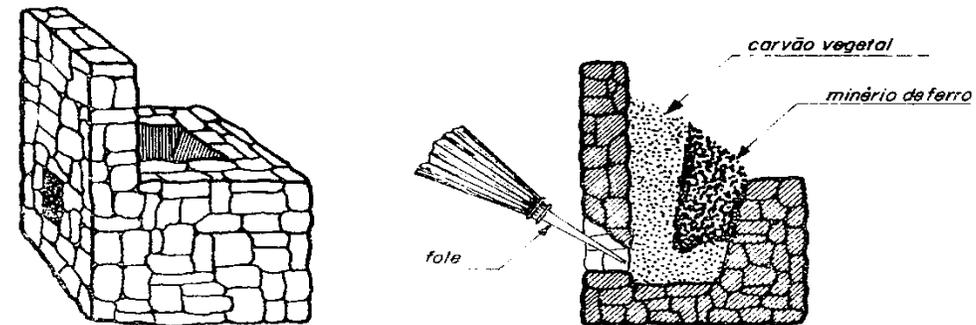
- ✓ Espada (gládio) romana fabricada a partir de ferro da Península Ibérica para os legionários



*Gladius
Hispanus*

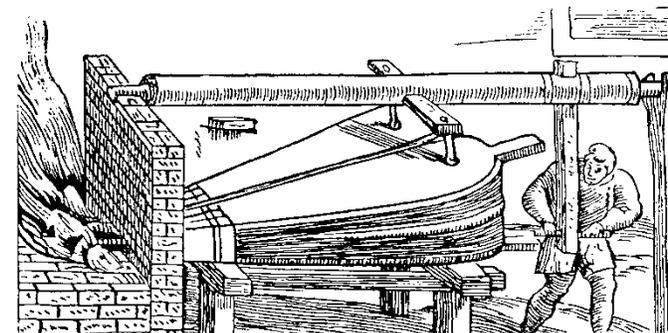
Espanha (Toledo)

- ✓ Lâminas de aço de Toledo
- ✓ Forja Catalã



Alemanha (Söllingen)

Inglaterra (Sheffield)



Forja
Catalã

SIDERURGIA - História

REVOLUÇÃO INDUSTRIAL - Europa

Inglaterra (Sheffield)

Bélgica (Liège e Charleroi)

Luxemburgo

Alemanha (Vale do Ruhr)

REVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA NOS EUA

Pensilvânia (Mr. Carnegie – US Steel)

SIDERURGIA - História

A Segunda Guerra Mundial acelerou a exaustão das minas de ferro na Europa....

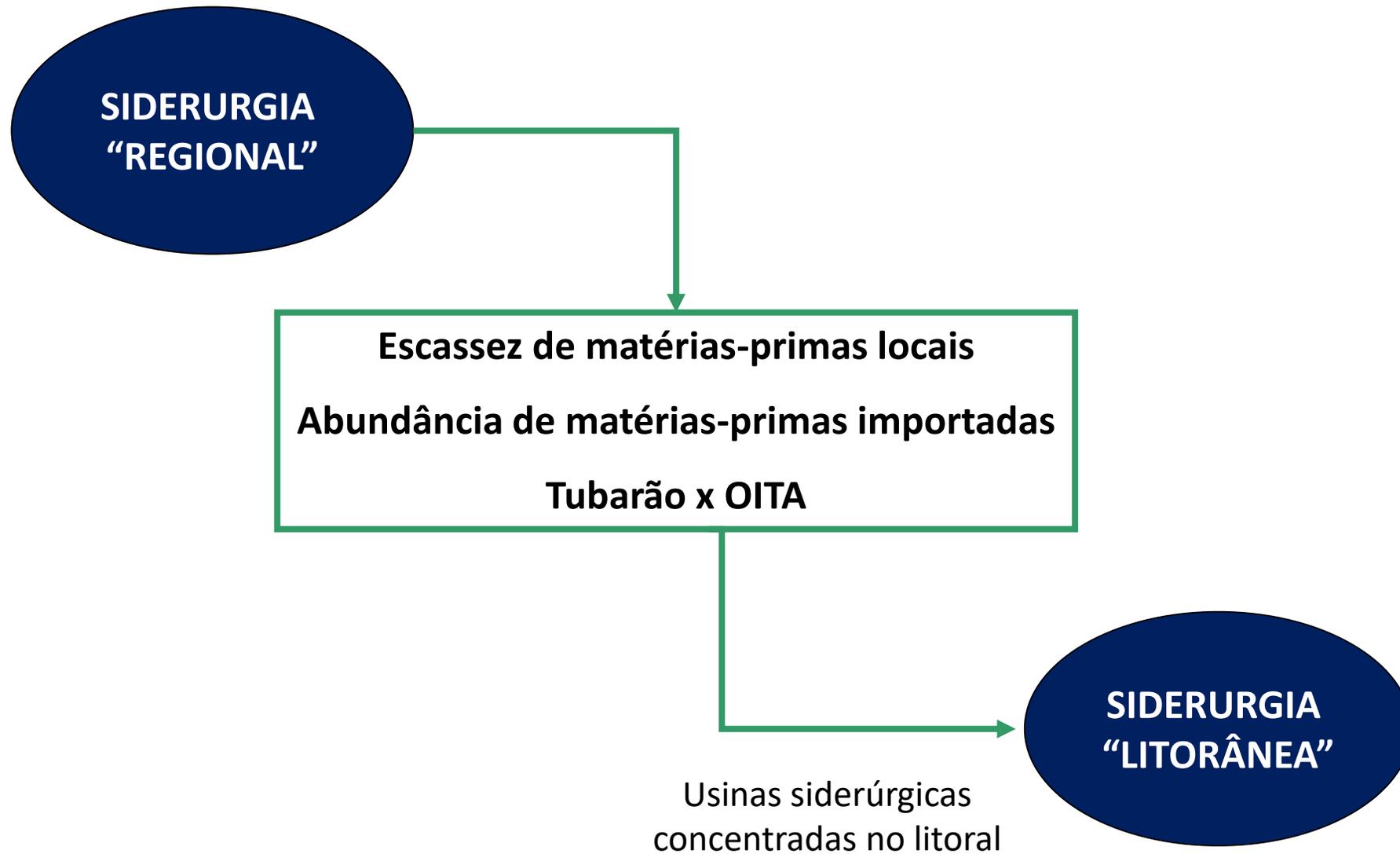


REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA SIDERURGIA JAPONESA

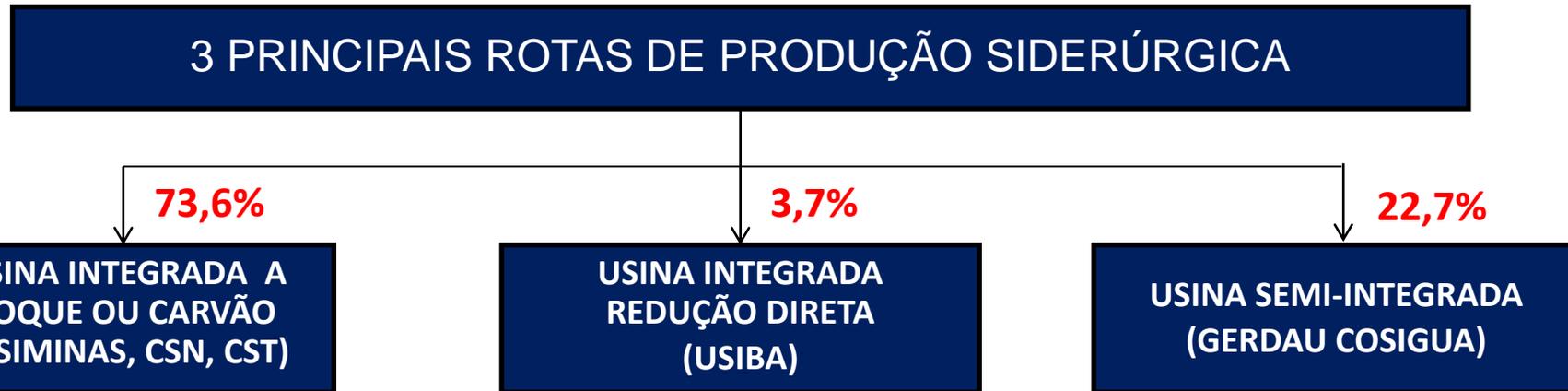
- ✓ Após a Segunda Guerra Mundial
- ✓ Viabilização da indústria mineral australiana para atender apenas indústria siderúrgica japonesa
- ✓ Altos investimentos em tecnologia
- ✓ Utilização da sinterização em larga escala
- ✓ Dissecação de altos-fornos (1970)

SIDERURGIA - História

Até 1970



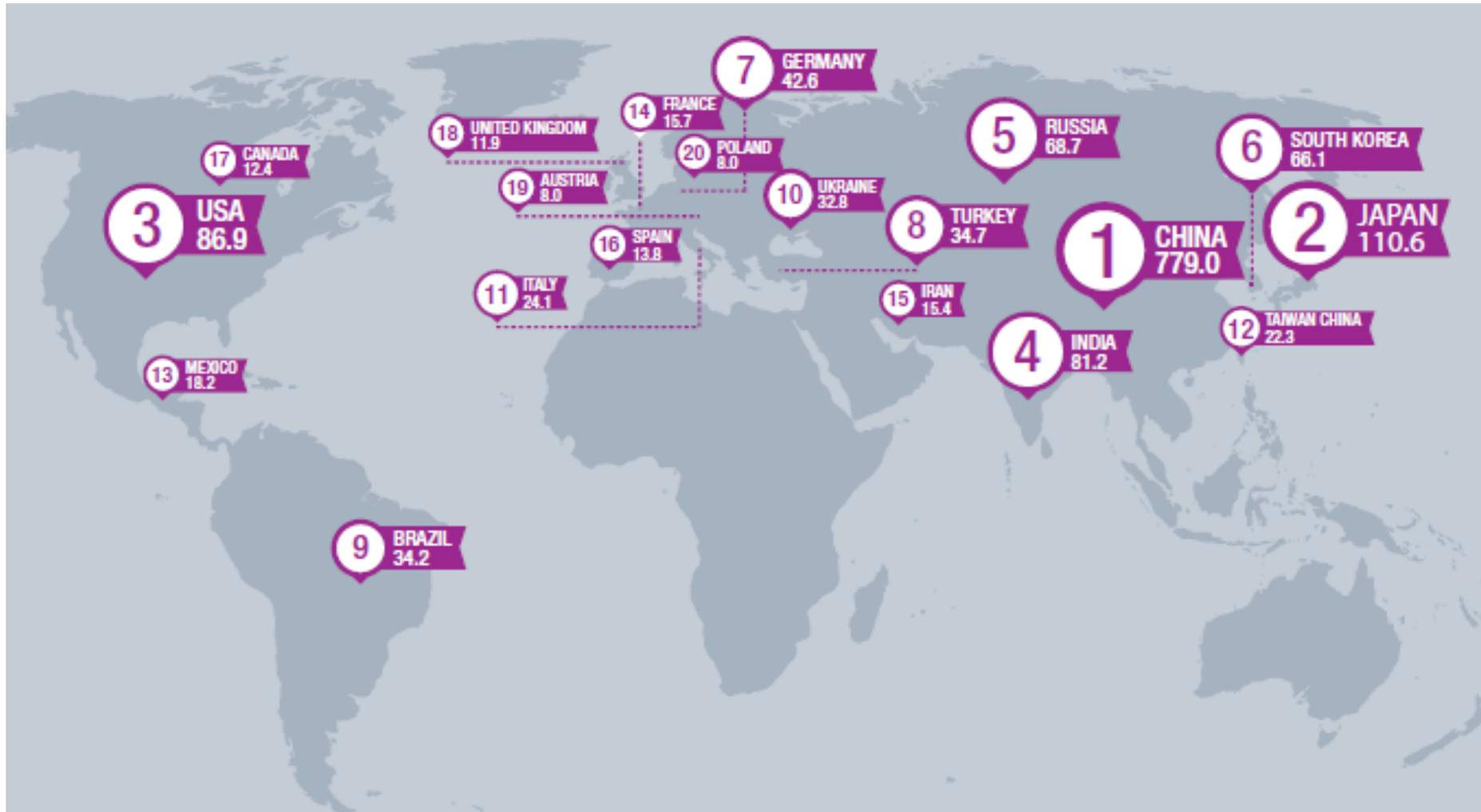
SIDERURGIA – Rotas de produção



Fonte Energética: Carvão	Fonte Energética: Gás Natural	Fonte Energética: Eletricidade
Muito Intensiva em Capital	Menos Intensiva em Capital	Menos Intensiva em Capital
Alta Dependência de Escala	Média Dependência de Escala	Baixa Dependência de Escala
Utiliza a Rota: Coqueria + Alto Forno + Aciaria a Oxigênio	Utiliza a Rota: Redução Direta + Aciaria Elétrica	Utiliza a Rota: Sucata de Aço + Aciaria Elétrica
Prod. Mundial 2012: 1.165 Mt	Prod. Mundial 2012: 59 Mt	Prod. Mundial 2012: 359 Mt

SIDERURGIA – Principais países produtores

20 Principais países produtores de Aço





MINÉRIO DE FERRO

MINÉRIO DE FERRO – PRINCIPAIS MINERAIS – MINÉRIOS

Tipos de Ocorrência:

- ✓ **Sideritas:** compactos e duros, % Fe máx = 48,3%
- ✓ **Limonitas:** frágeis e porosos, % Fe máx = 52 a 61
- ✓ **Magnetitas:** compactos e duros, % Fe máx = 73,3
- ✓ **Hematitas:** % Fe máx = 67%

Ocorrência: Europa Ocidental

Ocorrência: Austrália

Ocorrência: Rússia, EUA, Suécia e China

Ocorrência: Brasil e África

Tipos de Produto



Pellet Feed < 0,15mm

Pelotização



0,15mm < Sinter Feed < 6,3mm

Sinterização



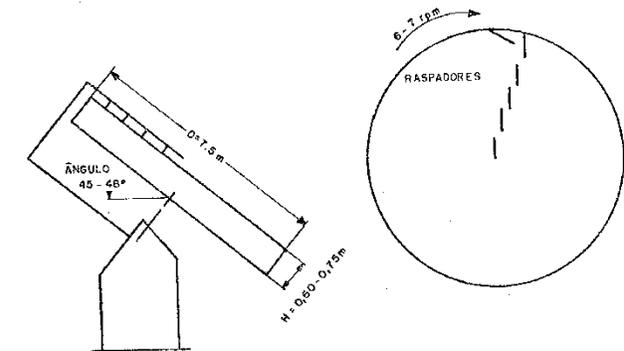
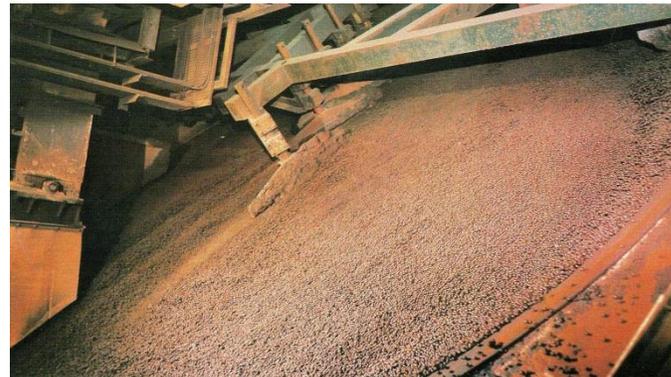
6,3mm < Granulado < 45mm

Alto-Forno

MINÉRIO DE FERRO - PELOTIZAÇÃO / SINTERIZAÇÃO

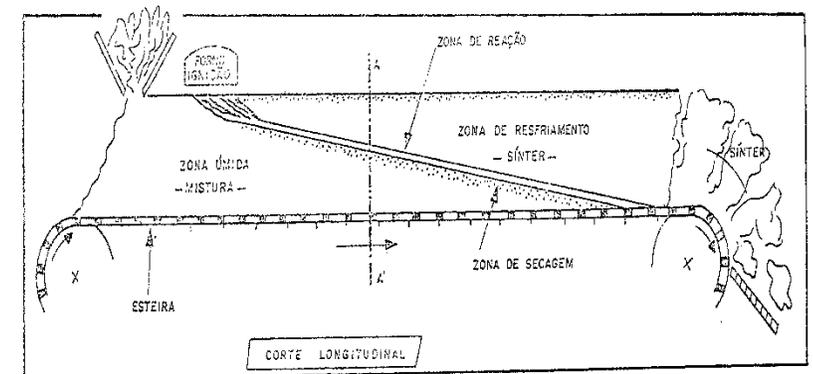
✓ Pelotização:

- Transforma fração ultrafina do minério em pelotas entre 5 e 18 mm
- Matéria prima pellet feed, aglomerantes e finos de carvão
- Pelota possui alta resistência mecânica



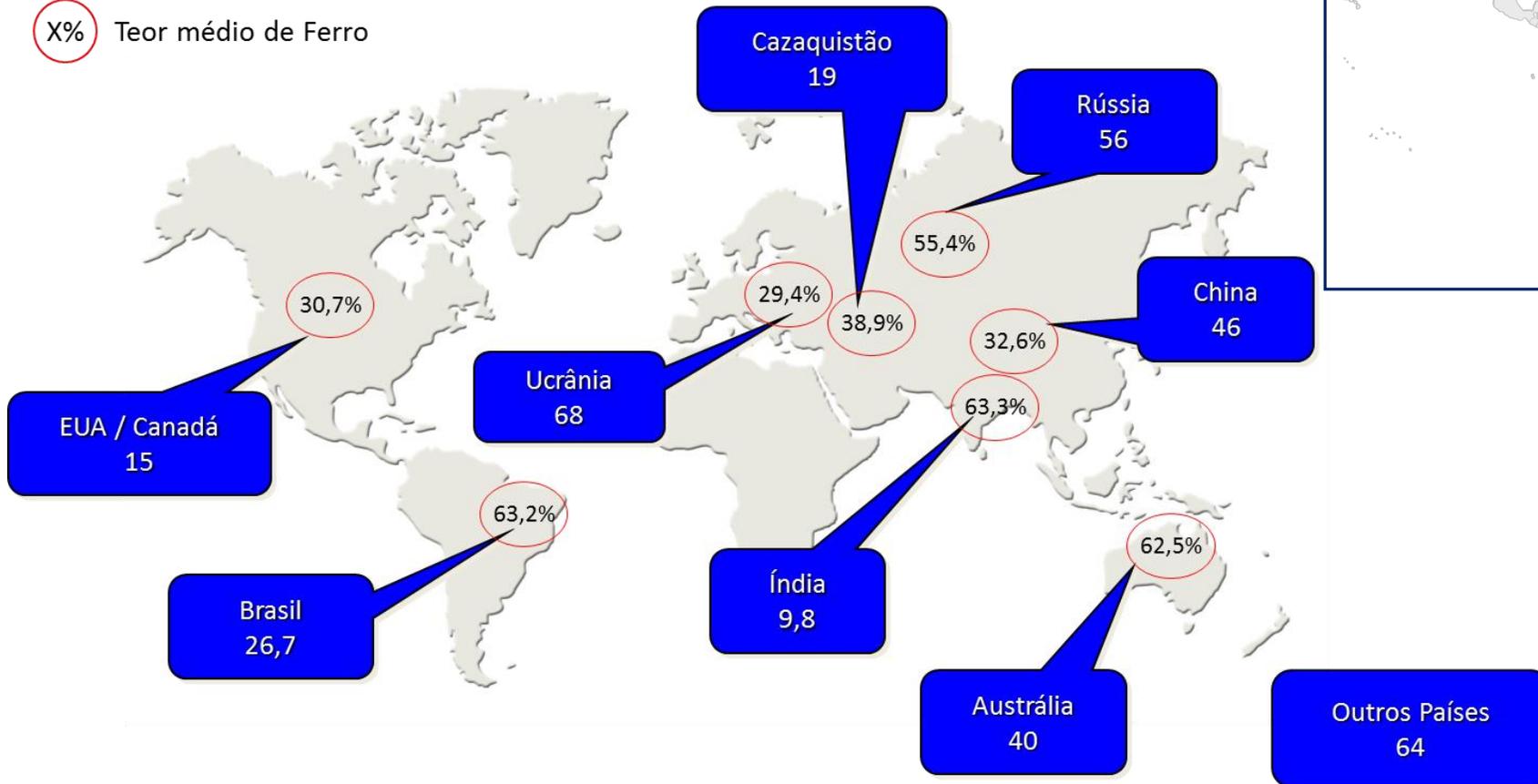
✓ Sinterização

- Transforma fração fina do minério em sinter
- Processo Dwight & Lloyd: contínuo, esteira rolante com fundo de grelha
- Sinter possui baixa resistência mecânica



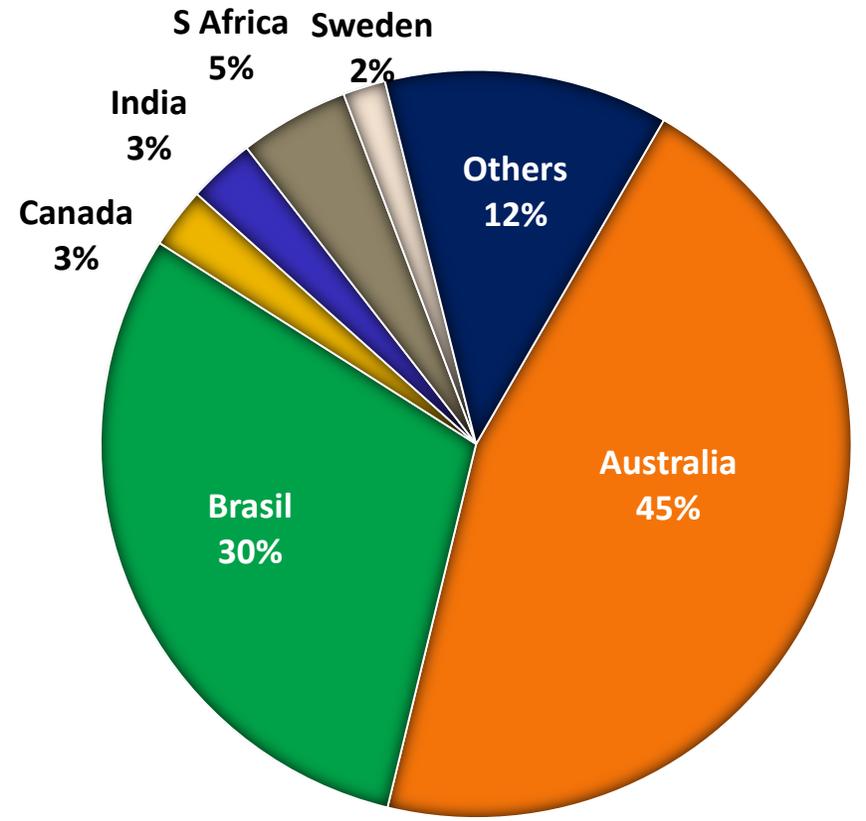
MINÉRIO DE FERRO – Recursos e Reservas (em bilhões t)

X% Teor médio de Ferro



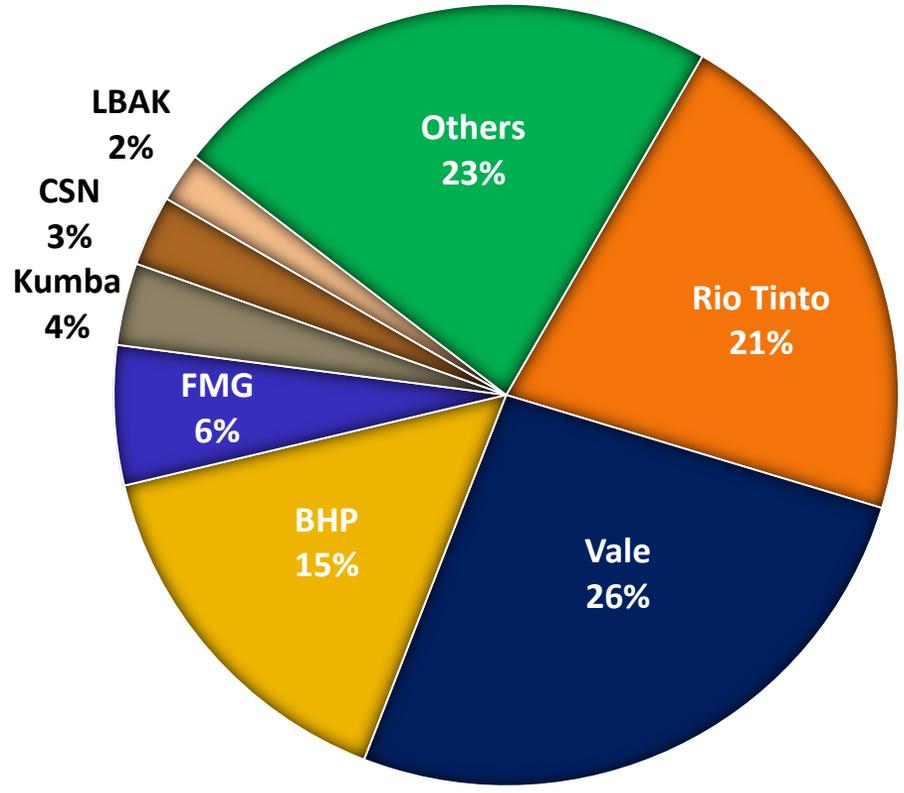
MINÉRIO DE FERRO – Concentração

% Oferta seaborne por país - 2013



Total: 1.264 Mt

% de produtos exportados por empresa - 2013



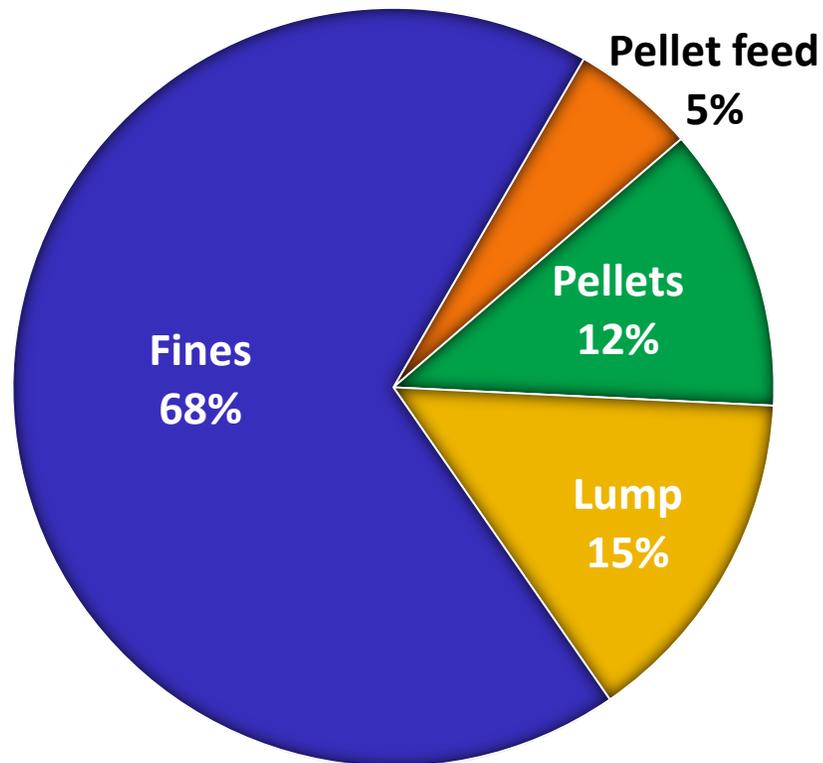
Grandes empresas de MF:



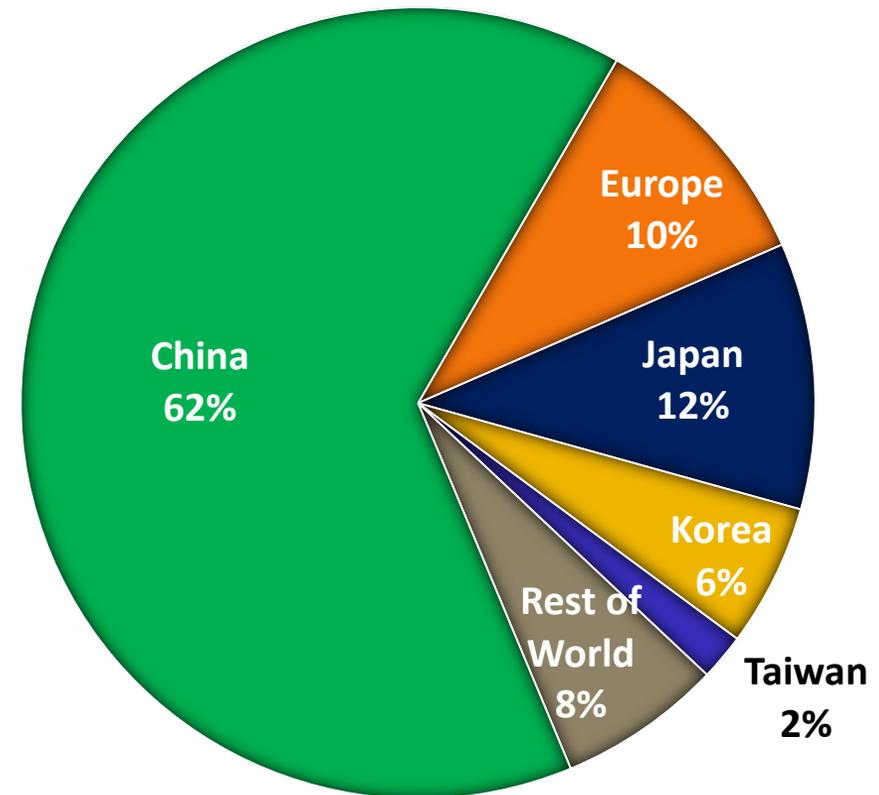
Source: Customs Statistics, worldsteel, Macquarie Research, January 2014

MINÉRIO DE FERRO – Exportação x Importação

Exportação por tipo de produto (%) - 2013

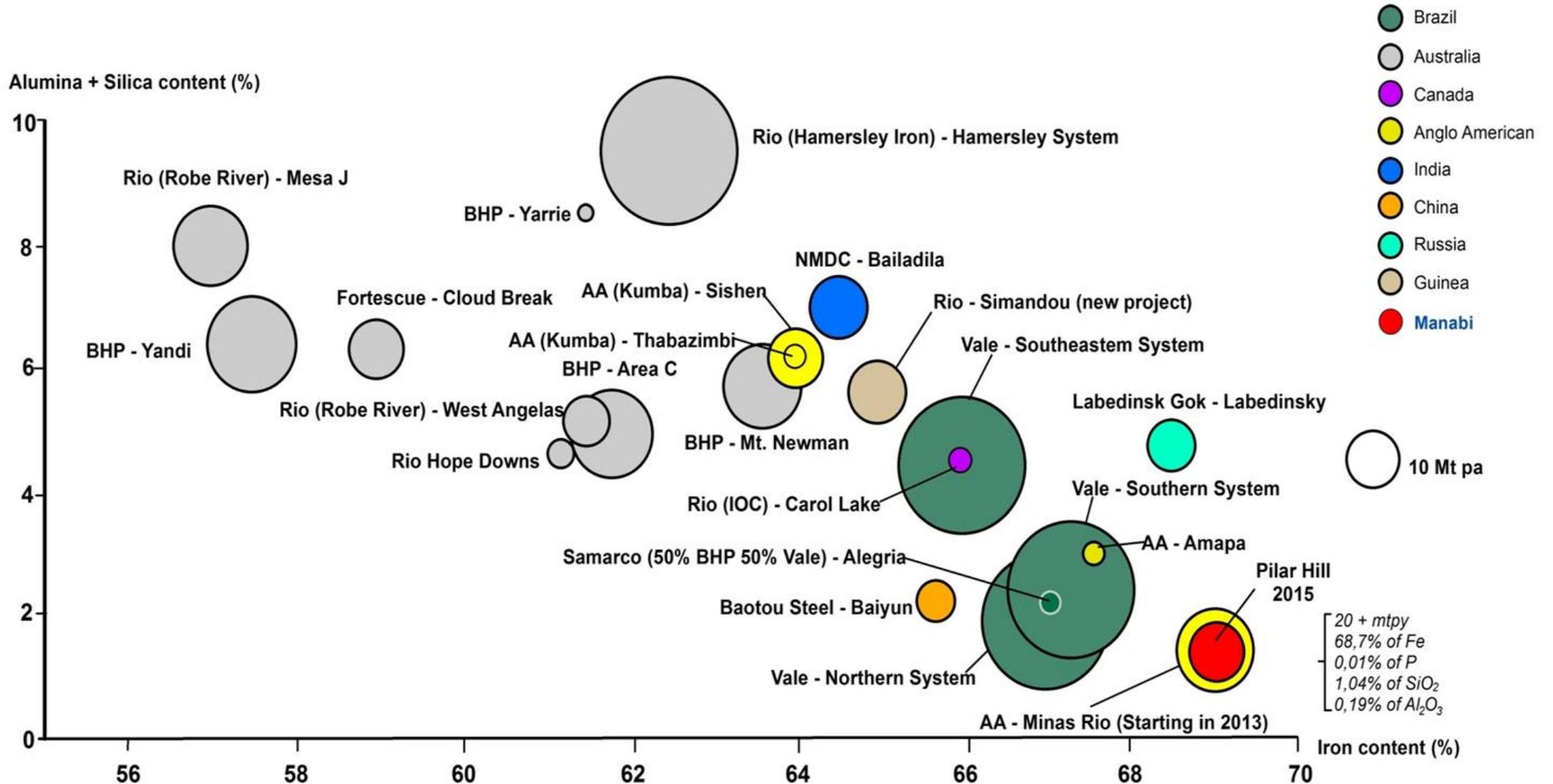


Importação por região - 2013



Oferta seaborne: 1.264 Mt

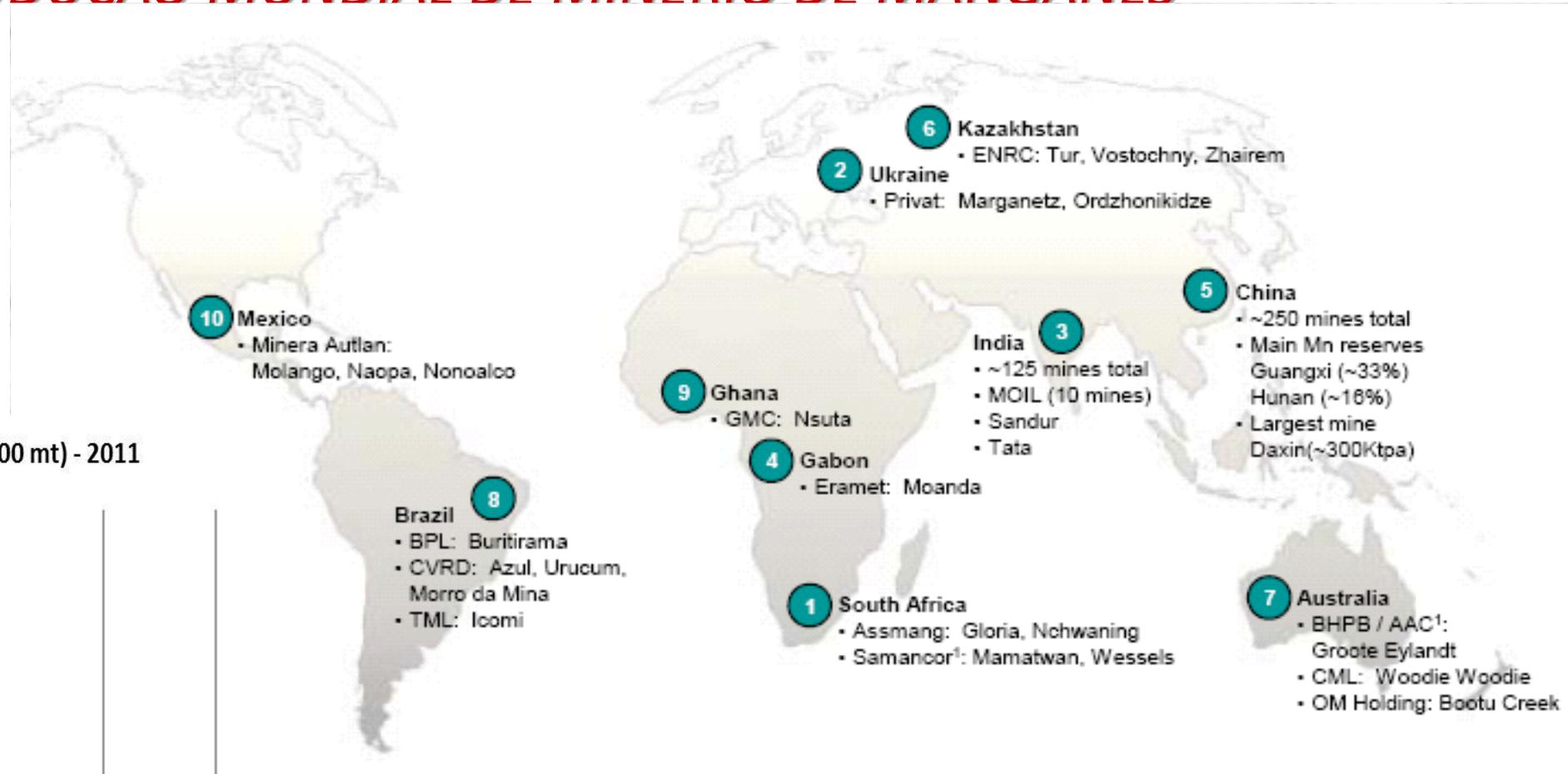
MINÉRIO DE FERRO – QUALIDADE DOS PRODUTOS DISPONÍVEIS NO MERCADO



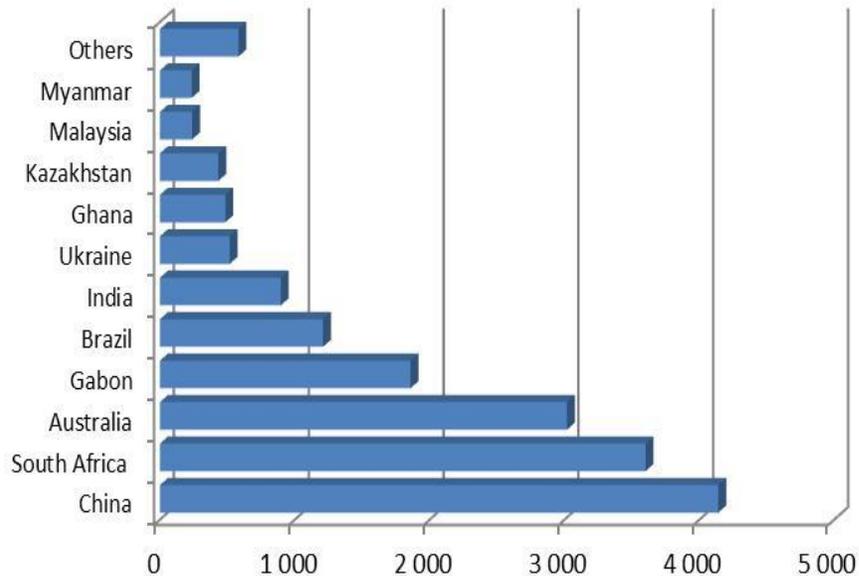
MANGANÊS



MANGANÊS - PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINÉRIO DE MANGANÊS

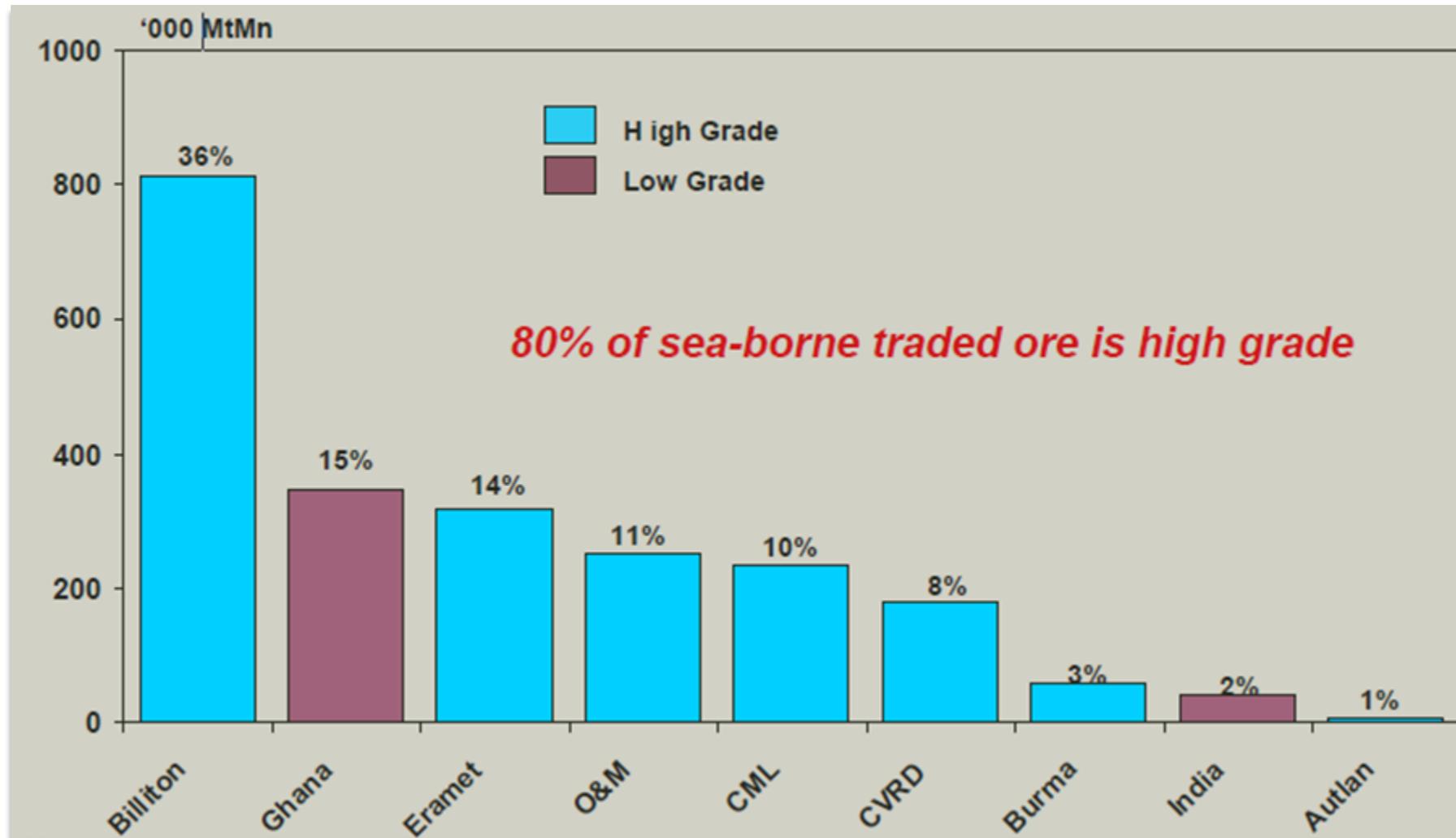


Mn Ore Production (in Mn units, 000 mt) - 2011



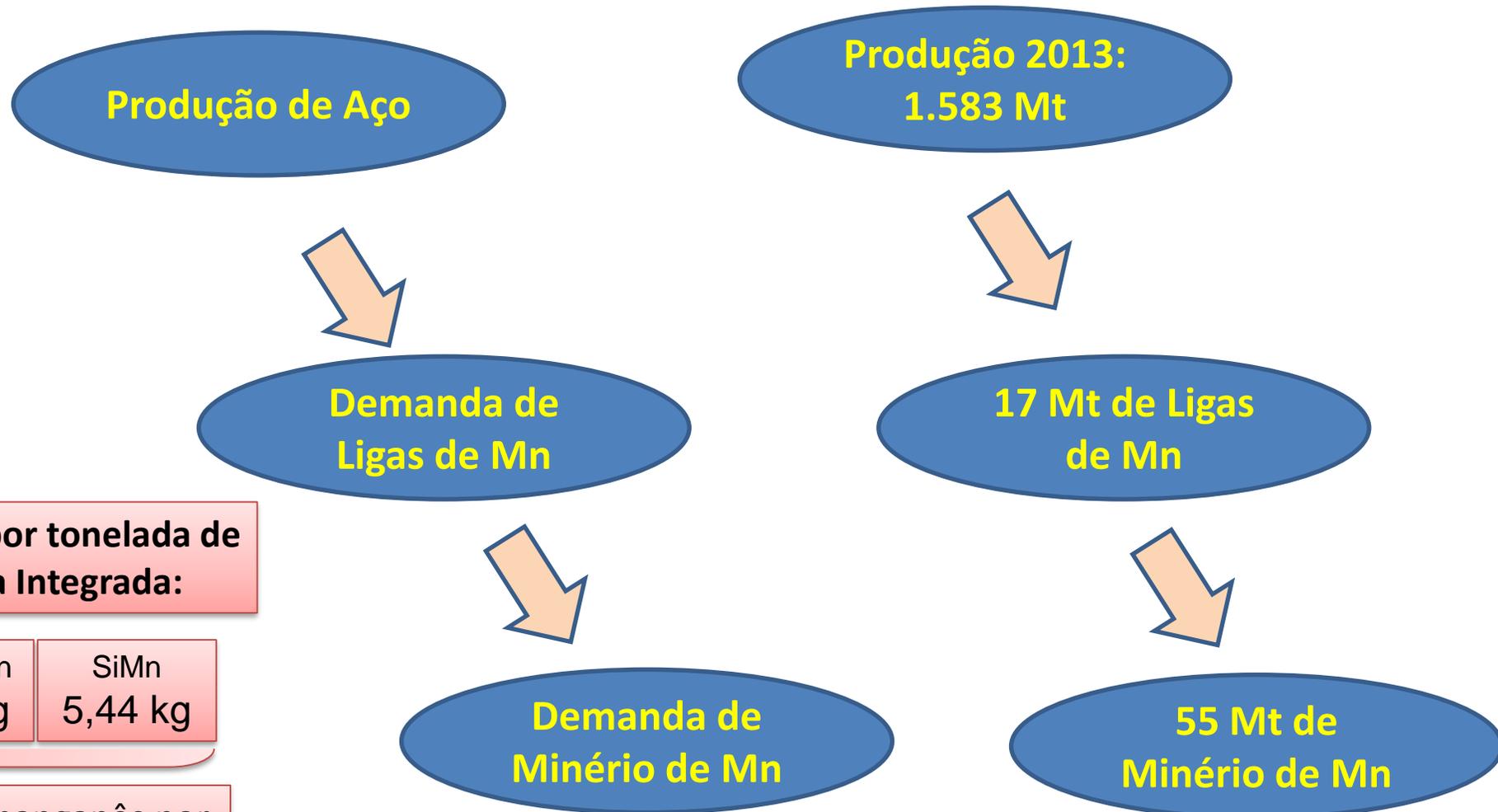
A produção de minério de Manganês em 2011 atingiu 55 Mt.

FERRO LIGAS – PRINCIPAIS EXPORTADORES DE MINÉRIO DE Mn



80% de todo minério exportado por via marítima tem teor superior a 40% Mn Contido.

FERRO LIGAS – Demanda



Consumo específico por tonelada de aço em uma Usina Integrada:

HC FeMn	Ref FeMn	SiMn
3,34 kg	0,93 kg	5,44 kg

9,71 kg de ligas de manganês por tonelada de aço

MANGANÊS –

Fatores Críticos de Sucesso

- ✓ Energia elétrica
- ✓ Logística
- ✓ Qualidade do Minério
- ✓ Proximidade do mercado



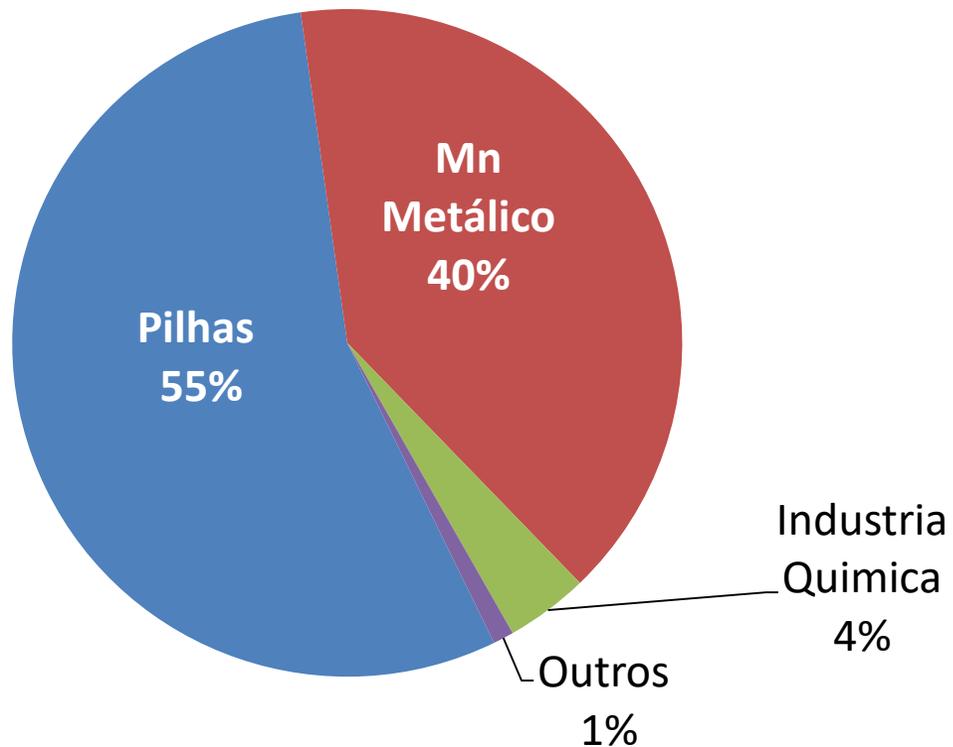
Foto: Morro da Mina em Conselheiro Lafaiete / MG (vale)



Foto: Mina do Azul em Carajás (Vale)

FERRO-LIGAS - Outros Usos do Manganês

**Processamento especializado
(5% do consumo total de Mn)**



✓ Pilhas

- Grau bateria natural (NMD) (50%)
- Dióxido de manganês eletrolítico (EMD) (50%)

✓ Indústria Química

- Aditivos para solda elétrica
- Agricultura
- Tratamento de água
- Aditivo para combustível
- Remoção de dióxido de enxofre
- Controle de odor
- Catalisador
- Selantes

✓ Outros

- Corantes / Pigmentos
- Ferritas
- Hidrometalurgia
- Agentes oxidantes
- Revestimento de metal
- Indústria Eletrônica

NIÓBIO



NIÓBIO - Overview

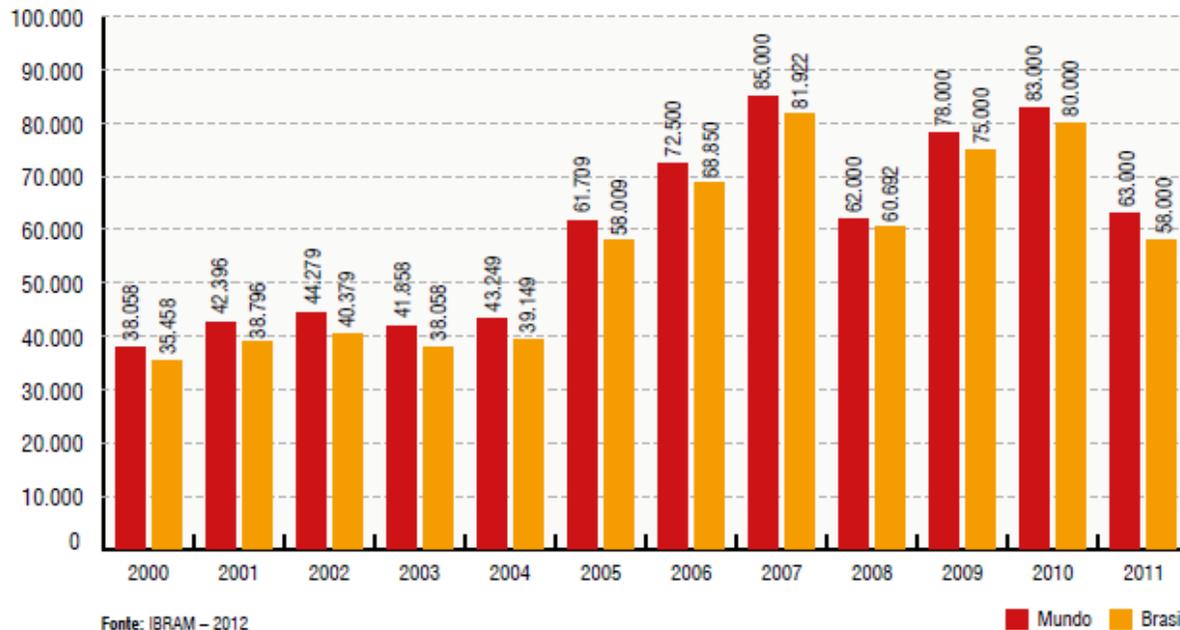
- ✓ Extraído principalmente a partir do pirocloro (Brasil e Canadá) e columbita-tantalita.
 - Pequena parcela como subproduto de operações de tântalo e lítio (concentrado mineral).
- ✓ Comercializado na forma de liga FeNb (35%Fe, 63-67%Nb), óxido de nióbio e ligas especiais.
 - Cerca de 90% do Nb é comercializado na forma de FeNb.



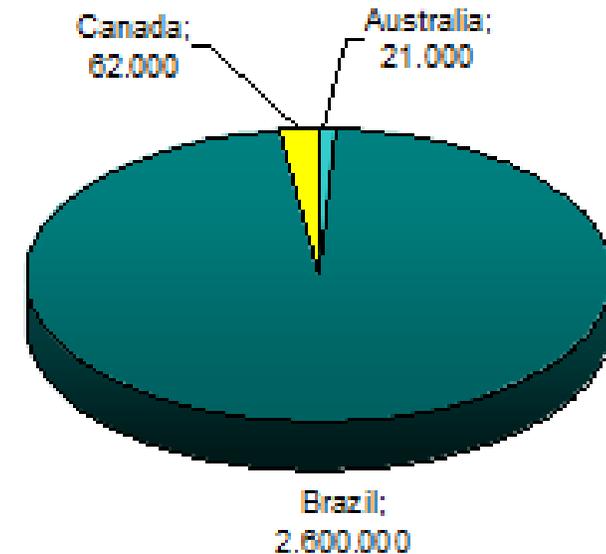
NIÓBIO - Reservas e Produção Mundial

- ✓ As reservas mundiais estão concentradas no Brasil (96%), com pequena parcela no Canadá (2%) e Austrália (1%).

Produção de Nióbio (ton)



Reservas mundiais (Nb ton)



O Brasil é o maior produtor mundial de Nióbio, com aproximadamente 58 mil toneladas de Ferro-Nióbio (FeNb) em 2011, ou 92,06% do total mundial (USGS/DNPM/IBRAM - 2012).

NIÓBIO - Principais aplicações

- ✓ **Indústria do aço:** HSLA (High Strength Low Alloy) e microligas:
 - Aumento de resistência, força, durabilidade.
 - o HSLA contém de 0,35kg-0,5kg/t de Nb; pode chegar a 1Kg/t.
 - Indústria automotiva, construção civil e pipelines.
- ✓ **Aços Inoxidáveis e superligas** (NiNb, FeNb grau vácuo, outros):
 - Ferrítico (sem níquel)
 - Aços ultra resistentes em indústrias petroquímicas e usinas elétricas
 - Turbinas e motores para indústria aeronáutica
- ✓ **Outros:**
 - Aceleradores de partículas
 - Equipamentos de ressonância magnética
 - Capacitores de óxido de nióbio



O Ferro-Nióbio pode, por exemplo, ajudar a produzir carros mais leves, que consomem menos combustível.

Um carro médio tem entre 800 e 1.000 quilos de aço. Se forem retirados 100 a 150 quilos do automóvel, ele economizará um litro de gasolina para cada 200 km rodados.

Em obras grandes de infraestrutura, é possível usar um aço mais resistente e construir a mesma estrutura 60% mais leve.

VANÁDIO



VANÁDIO - Overview

- ✓ Os principais recursos de vanádio são exploradas comercialmente na Austrália, China, África do Sul, Rússia, Nova Zelândia e América do Norte.
- ✓ Fontes de produção: Co-produção, primário e secundário.
- ✓ O vanádio é geralmente subproduto de outro elemento, como ferro, urânio, carvão e fósforo. Por este motivo, os depósitos minerais mundiais do elemento não são totalmente indicativos de oferta disponível, pois ficam na dependência de mercado das substâncias principais.
- ✓ **Produção no Brasil**
 - Desde maio de 2014, o Brasil tem expressiva produção de vanádio;
 - Única mina é a Menchen Maracás, BA, com produção anual ~5,5 mil t V; 80 e 90% serão exportadas.
 - A mina o alto teor 1,34% V, contra 0,5% em algumas das principais minas do mundo .



VANÁDIO - Reservas e Produção Mundial

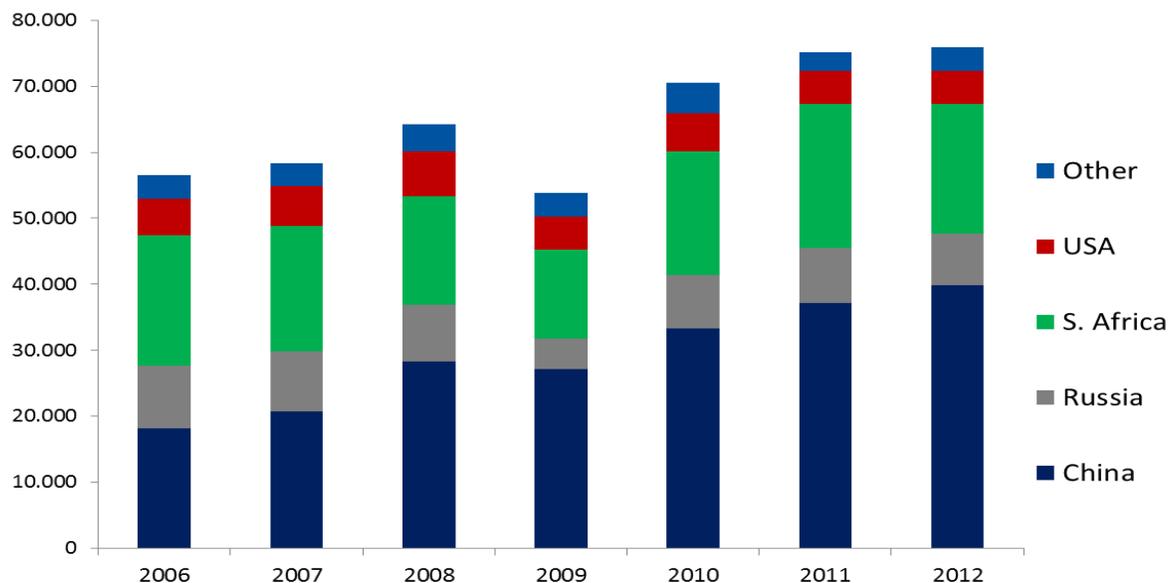
Em 2011, as reservas mundiais, em termos de metal contido, corresponderam a 13,8 milhões de toneladas (Mt); as reservas brasileiras representaram 1,27% deste total.

As maiores reservas no mundo, que estão sendo lavradas, estão localizadas na China (5,1 Mt), Rússia (5,0 Mt) e África do Sul (3,5 Mt).

Reservas mundiais (M ton)

País	Reservas (10 ³ t)
Brasil	175
EUA	45
China	5.100
África do Sul	3.500
Rússia	5.000
Outros países	...
Total	13.820

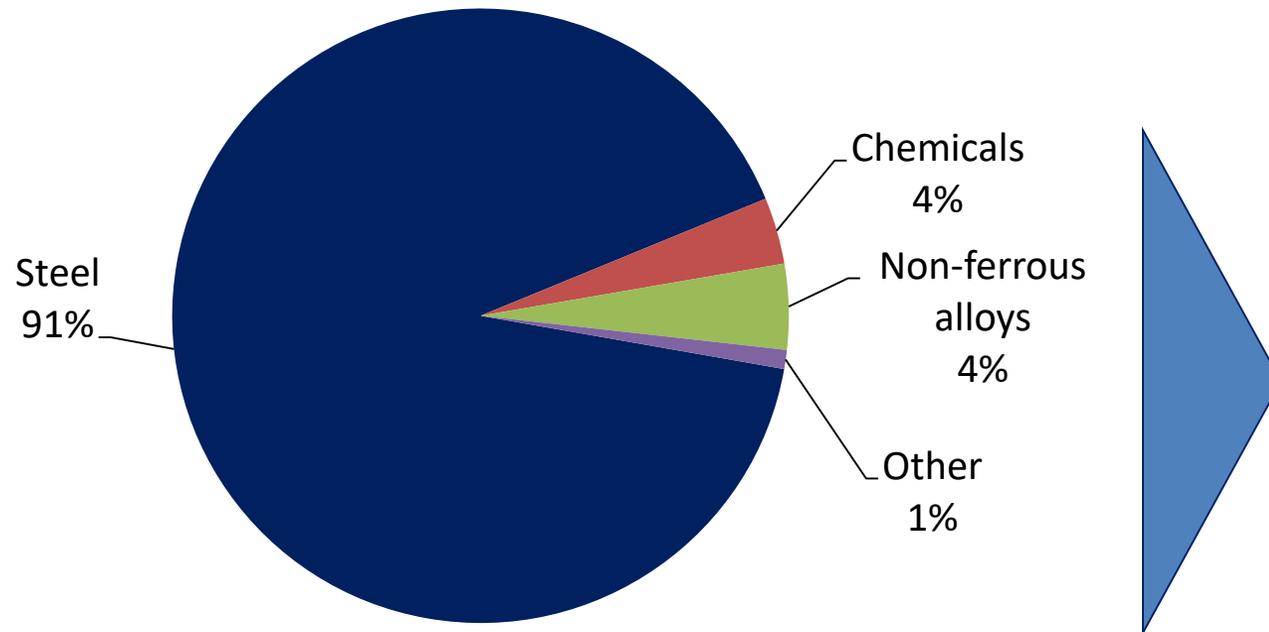
Produção mundial (t V contido)



- ✓ Em 2012, a produção mundial de vanádio foi de 76.000 t de vanádio contido.
- ✓ A China é o principal produtor de matérias-primas e produtos de vanádio com 52% da oferta mundial com 44 empresas atuantes.

VANÁDIO - Principais aplicações

Principais usos de Vanádio (2012)



✓ O consumo de vanádio está diretamente ligado à produção de aço.

- ✓ 91% é consumido em siderurgia na produção de aços de alta dureza.
- ✓ 4,5% do consumo de vanádio é usado na produção de ligas especiais leves.
- ✓ 3,5% é consumida em aplicações químicas, tais como catalisadores para ácido sulfúrico e petróleo.
- ✓ 1% a ser consumido em baterias e aplicações menores.



SILÍCIO METÁLICO

SILÍCIO METÁLICO - Principais aplicações

- ✓ Principal aplicação é na fabricação de ligas de alumínio para fundição, utilizadas nas indústrias automobilísticas, aeronáuticas, etc.
- ✓ Na indústria química é utilizado na fabricação de inúmeras resinas, silicones e lubrificantes.
- ✓ É ainda utilizado na produção de silício de altíssima pureza, via química ou via metalúrgica, para componentes eletrônicos usados em campos de tecnologia avançada como a computação, a comunicação espacial, os sistemas de defesa, em painéis foto-voltáicos, etc.

Especificações

	Standard	Grau Químico	Grau Eletrônico	Alta Pureza
Si mínimo	98,5 %	98,5 %	98,5 %	99,0 %
Fe+Al+Ca máximo	1,3 %	0,68 %	0,83 %	0,25 %

- ✓ A produção nacional de quartzo (cristal de quartzo) foi de 7.163 t em 2014, com destaque para os estados da BA, GO, MT, MG, SC, PA e ES. Produção feita por pequenos mineradores e os mineradores informais.
- ✓ Brasil é detentor de 95% das reservas mundiais, o equivalente a 78 milhões de toneladas; as jazidas se concentram: PA (64%), MG (17%), SC (15%), BA (2%) e GO (2%).

Muitíssimo grato!

José Luiz Amarante
jlamarante@gmail.com