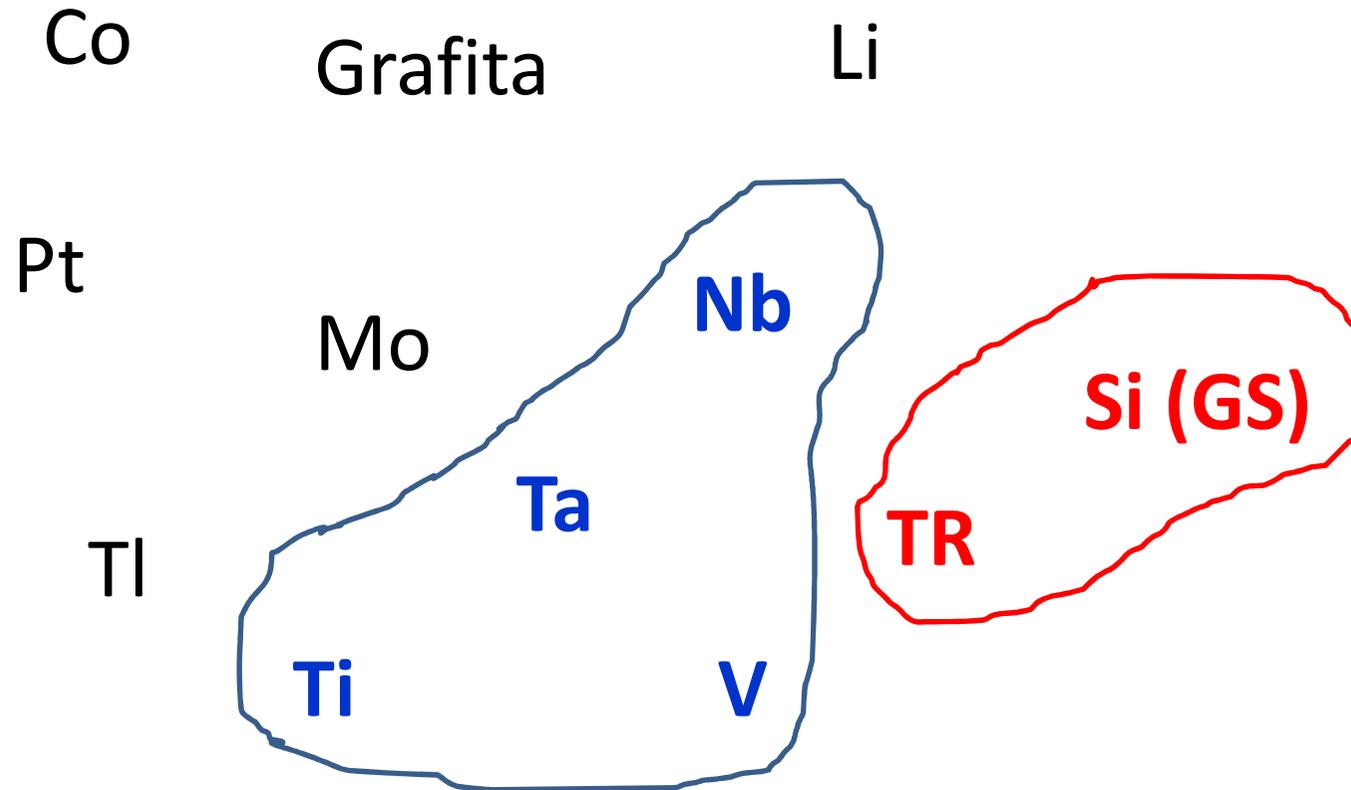


Oportunidades de Desenvolvimento e Inovação em Mineração e Metais – Tecnologias Críticas e Estado da Arte na Cadeia Minero-Metalúrgica

João Batista Ferreira Neto
Laboratório de Processos Metalúrgicos
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT

Minerais/Metais estratégicos



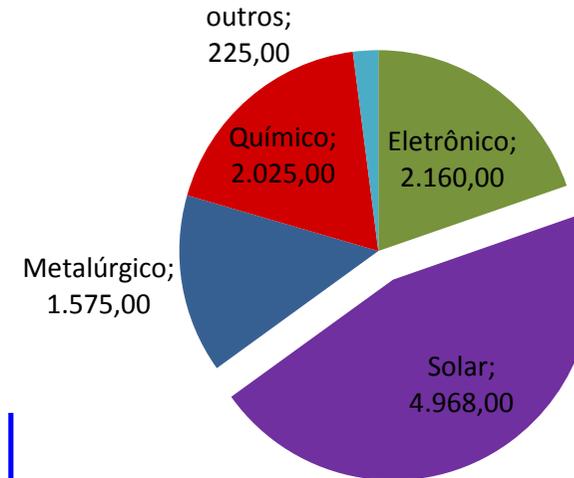
Aprimoramento e Escalonamento de Tecnologias de Mineração

SiGS

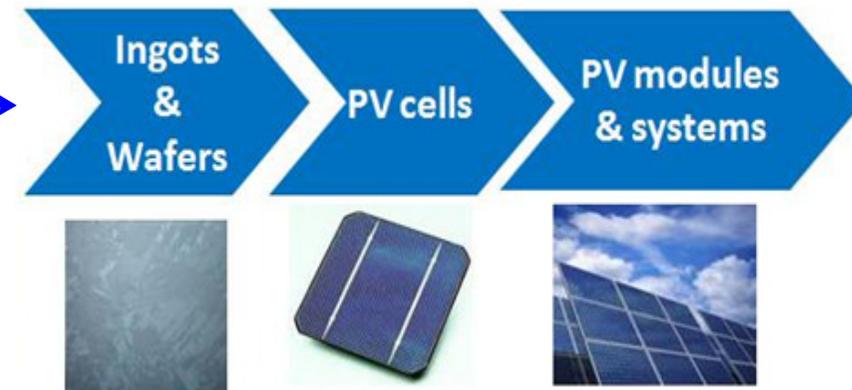
Cadeia de Valor (Rota Química)



Rota metalúrgica



Valor de mercado:
US\$ Milhões

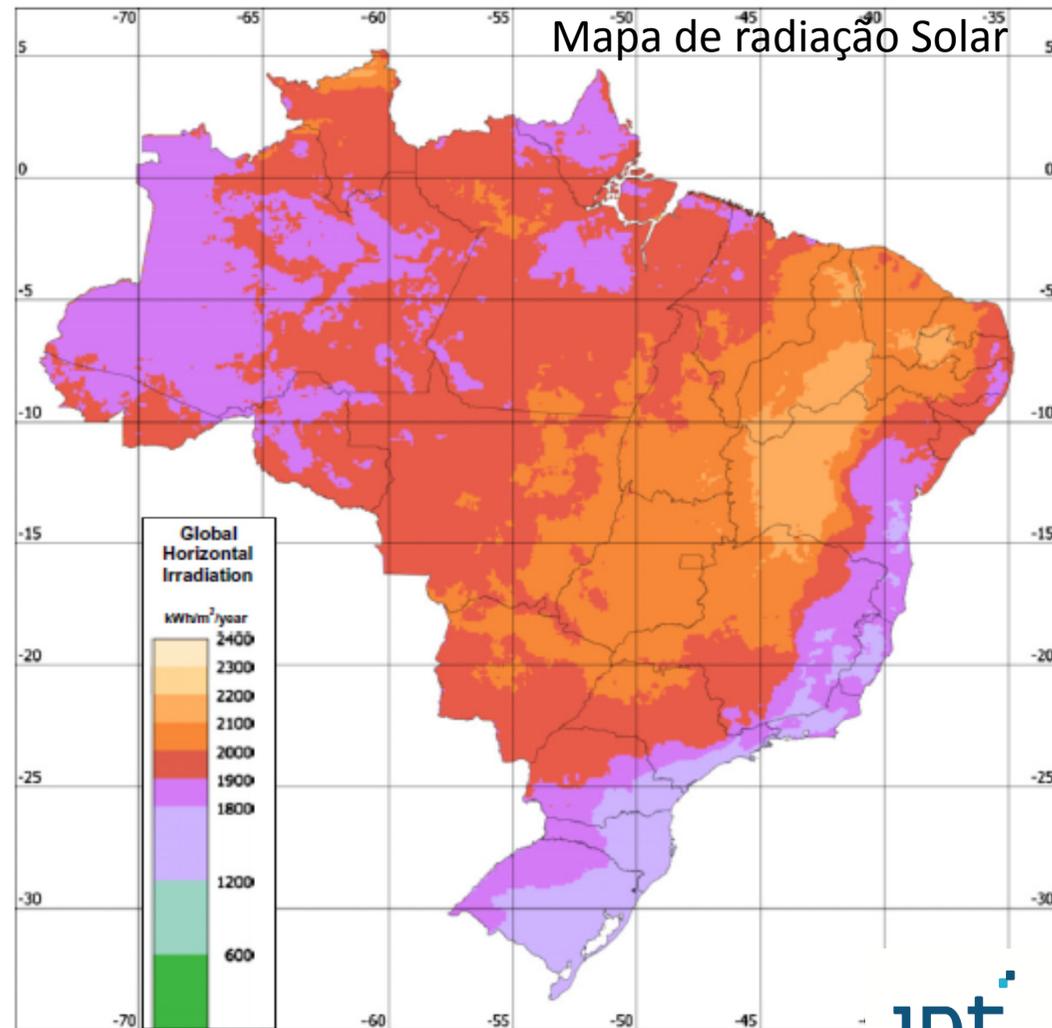


Energia Fotovoltaica no Brasil

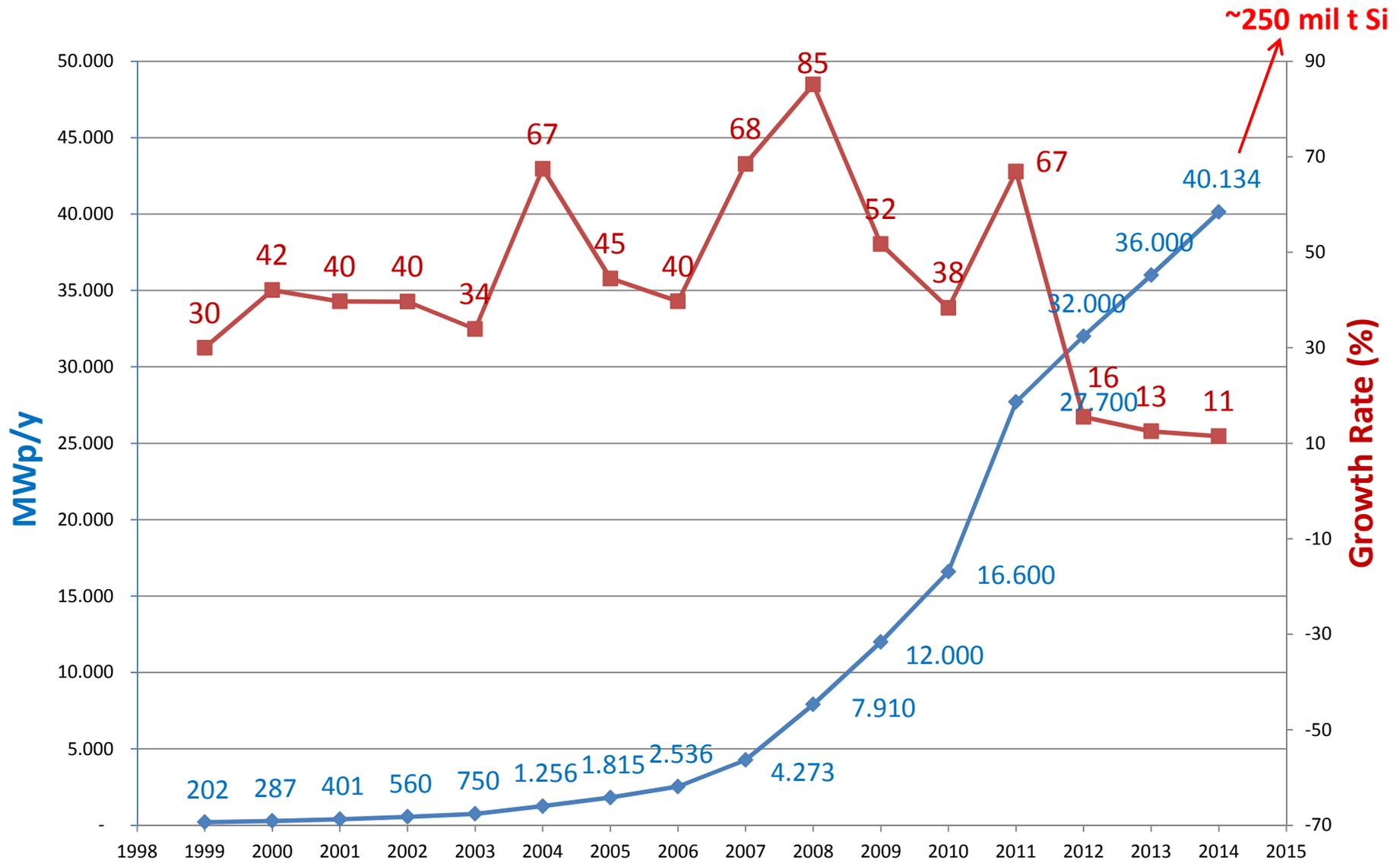
- ~30 MW instalados
- Maior parte não conectados à rede

Definição dos aspectos regulatórios para micro (100 kW) e mini sistemas (1 MW)

- 1º Leilão exclusivo fotovoltaica 2014: 31 empreendimentos - ~900 MW
- 2º Leilão 2015: 1043 MW (preço médio de R\$ 301,79/MWh)
- Linhas de crédito BNDES –Diretos ou indiretos:
Finem – até 65% do valor do módulo ou do sistema fotovoltaico
Fundo Clima – até 15% do valor.
Participação do BNDES aumenta com o conteúdo nacional.



Mercado FV (instalações/ano)

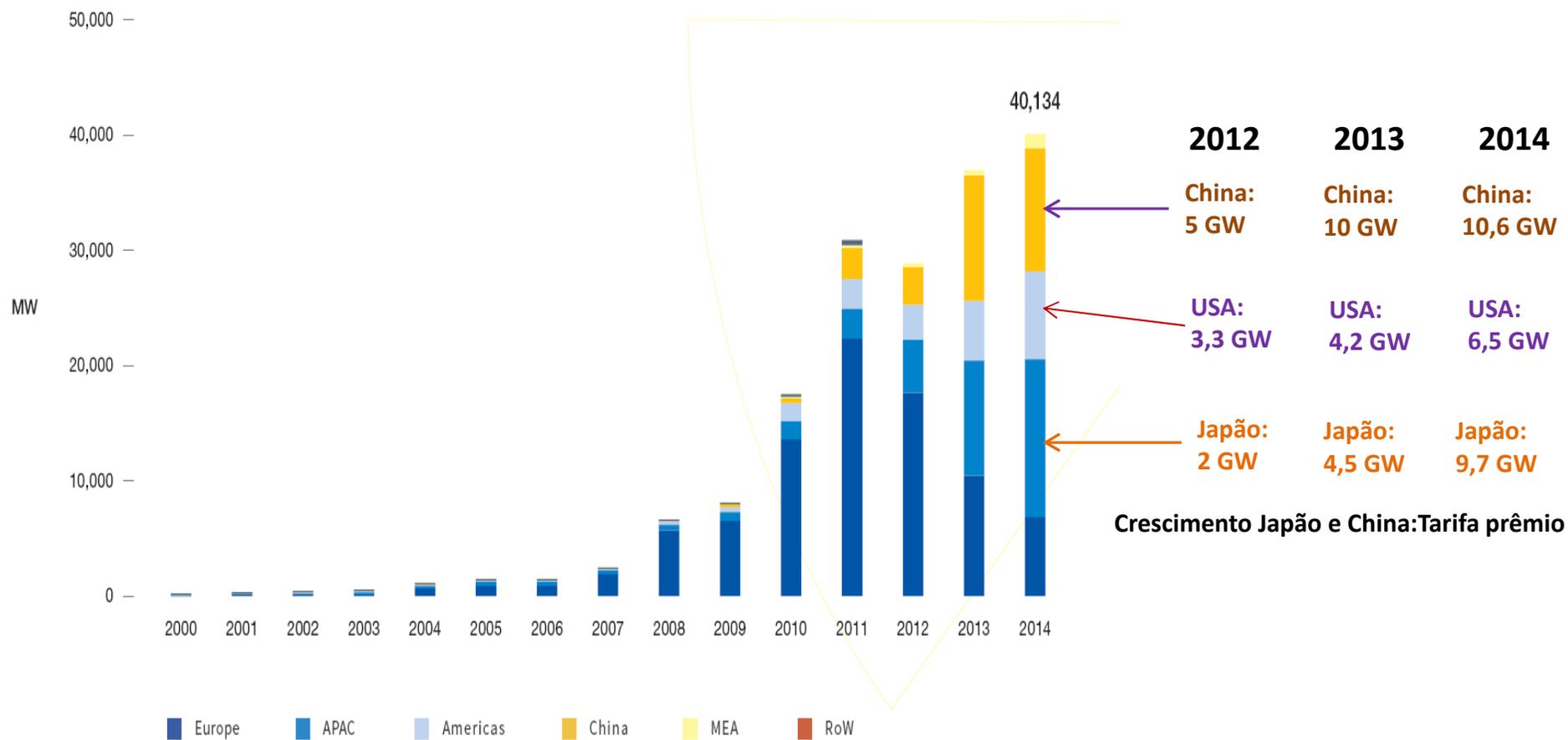


~250 mil t Si

2015: + 50 GW (em dois anos atingiria ~ o nível de 100 GW do acumulado até 2012)

Mercado FV – Instalações/ano

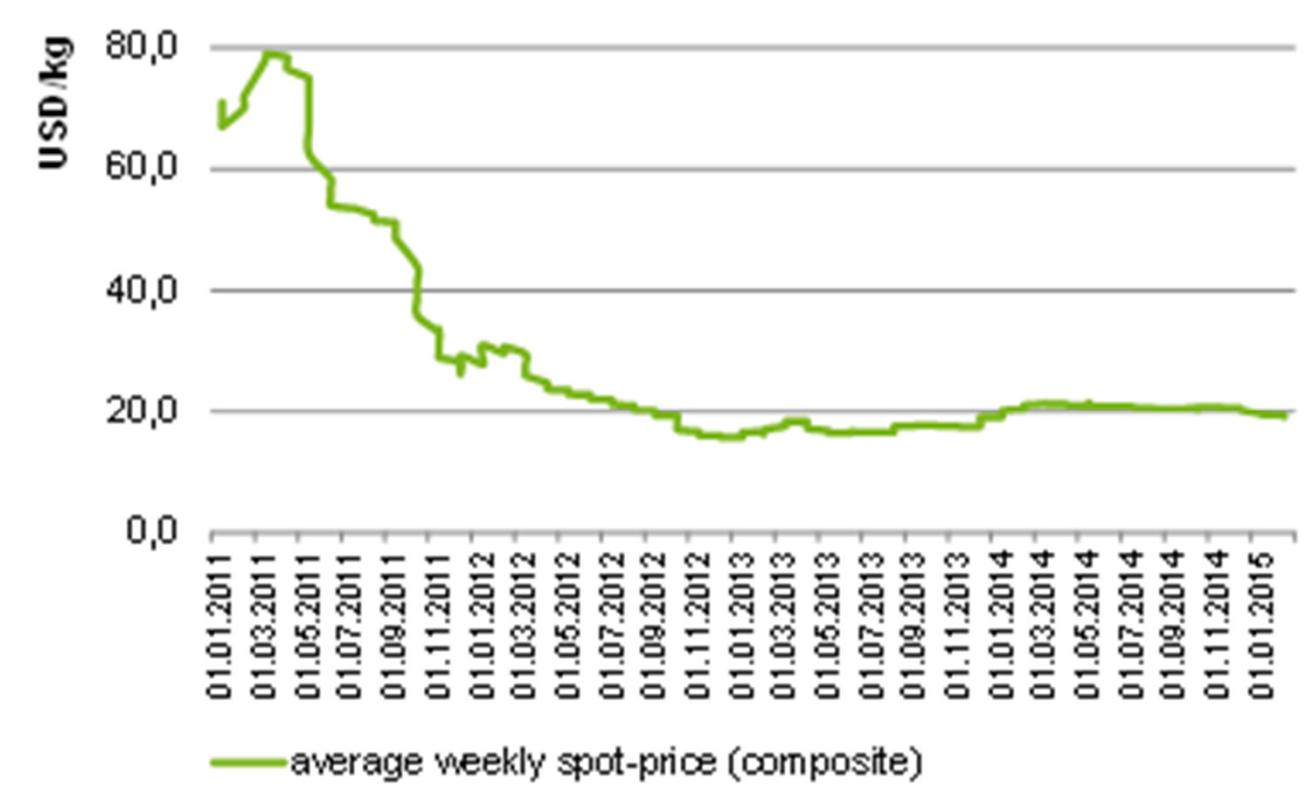
FIGURE 2 EVOLUTION OF GLOBAL SOLAR PV ANNUAL INSTALLED CAPACITY 2000-2014



ROW: Rest of the World. MEA: Middle East and Africa. APAC: Asia Pacific (Japão, Coréia, Taiwan e Tailândia)

Capacidade instalada acumulada: 102 GW em 2012

Preços do SiGS



Controle de matérias primas:
Quartzo e Redutor

SiGM com imp controladas

Remoção de B (Tratamento
por escória/gás reativo)

Remoção de P por vácuo

Refino por solidificação
controlada

Cristalização

Produção de wafers

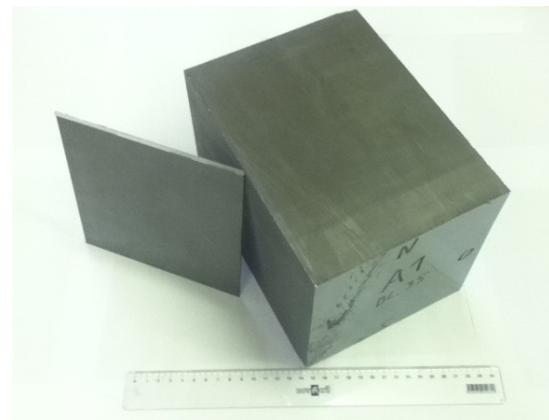
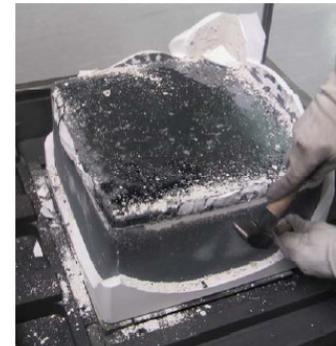
Caracterização

Elemento	Teor (ppm)	
	Matéria Prima (ICP)	Si refinado (GDMS)
Fe	2100	< 0,05
Mn	283	< 0,01
Ca	348	<0,5
Ni	347	<0,01
Ti	244	<0,01
Cu	7	<0,05
Cr	13	<0,1
Mg	11,5	<0,05
Zr	12	<0,05
V	12	<0,05
B	10	< 1
P	35	< 1

FUNTEC/BNDES
MinasLigas
R\$ 11,6 Milhões

Inova Energia:
Planta piloto: 100 t/ano

Exportação/mercado interno



Cadeia de Valor (Rota Química)

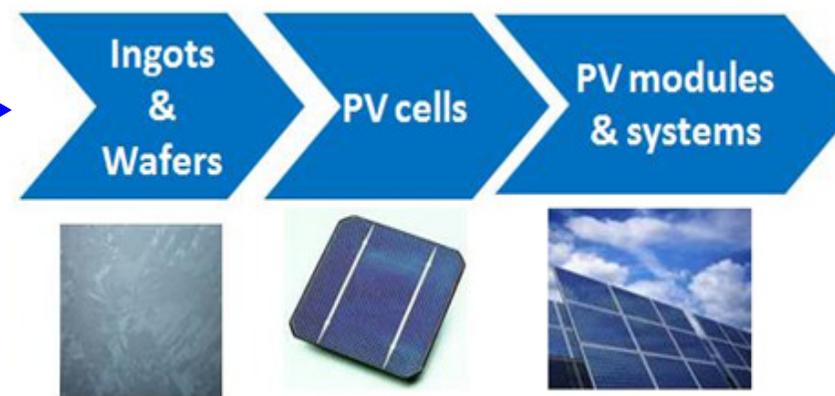


Rota metalúrgica



IPT pode colaborar também nos desenvolvimentos da etapa de cristalização e obtenção de wafers

- Eletrosul: Usina 1 MW solar Florianópolis
- CTI – Renato Archer – Campinas-SP (P&D para planta piloto de painéis)



- NT-Solar - PUC-RS (Planta piloto células e painéis à base de Si)
- IEE/USP – Etiquetagem e simulação solar, sistemas fotovoltaicos
- UFSC – Lab Solar – sistemas fotovoltaicos
- UFPA – Sistemas/eficiência energética
- Empresa Tecnometal: Módulos

Terras Raras: Aplicações

Usos mais
comuns e
históricos

Catalisadores (FCC e
automotivos), vidros, metalurgia
e fósforos

Usos de alta
tecnologia
(principalmente
na geração
alternativa)

Baterias de carros híbridos, imãs
para motores elétricos, turbinas
eólicas, drives de discos rígidos

112 mil em 2013 (94 mil China)
80 mil consumidos na China

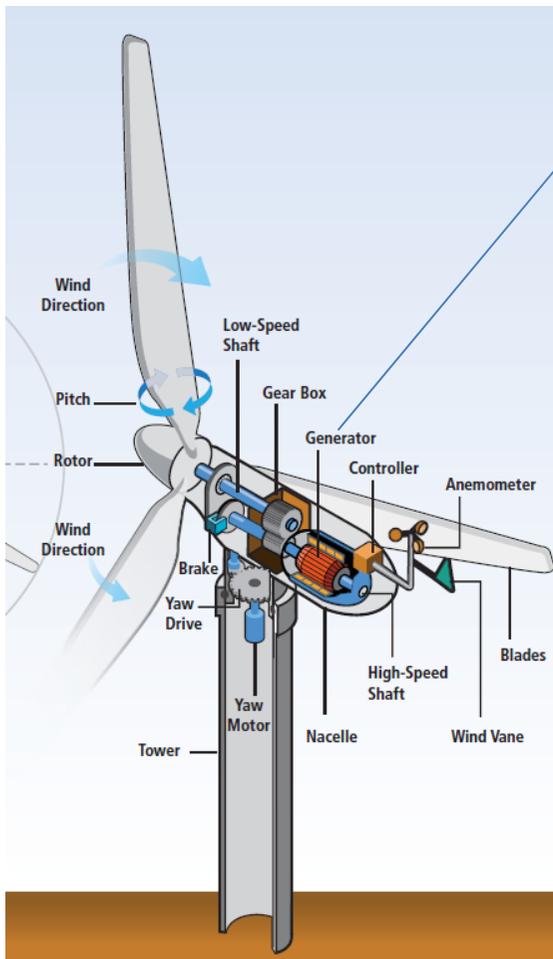
Brasil ~1% da demanda mundial: ~1.200 t (maior parte para FCC)

US\$ 2 a 3 bilhões em TR

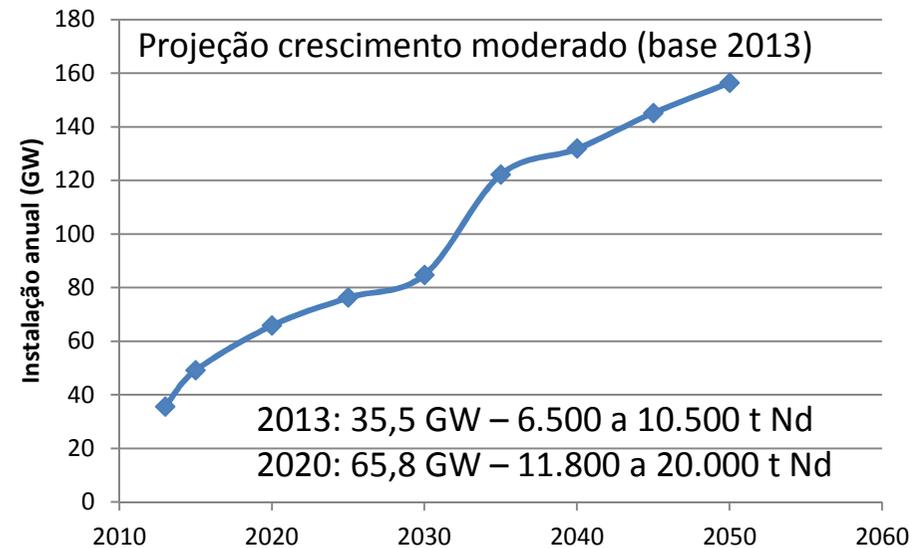
Aplicações:

Imãs permanentes (37% mercado em valor): Geradores de turbinas eólicas, veículos elétricos e híbridos, drives de disco rígido, amplificadores de áudio, motores industriais, ressonância magnética por imagem, dispositivos eletrônicos (celulares, tablets, etc)

Geradores de turbinas eólicas



Consumo de 0,6 a 1 t imã NdFeB (180 a 300 kg Nd/MW eólico e cerca de 20-35 kg de Dy por MW



Fonte: Global Wind Energy Council

Potencial de consumo no Brasil:

Operação: 3,1 GW

Construção: 3,3 GW

Outorgados: 5,3 GW

Construção + outorgados: potencial de até 2.580 t Nd

Aplicações:

Carros elétricos e Híbridos



Cerca de 0,5 kg a 1 kg Nd/veículo – Toyota Prius usa ~1 kg de Nd no seus imãs

Baterias NiMH - Lantânio

Liga de La é usada como anodo: 26% do peso da bateria (La é o principal elemento de TR usado na bateria)

Carros elétricos e híbridos que usam aproximadamente 2,3 kg de La por veículo

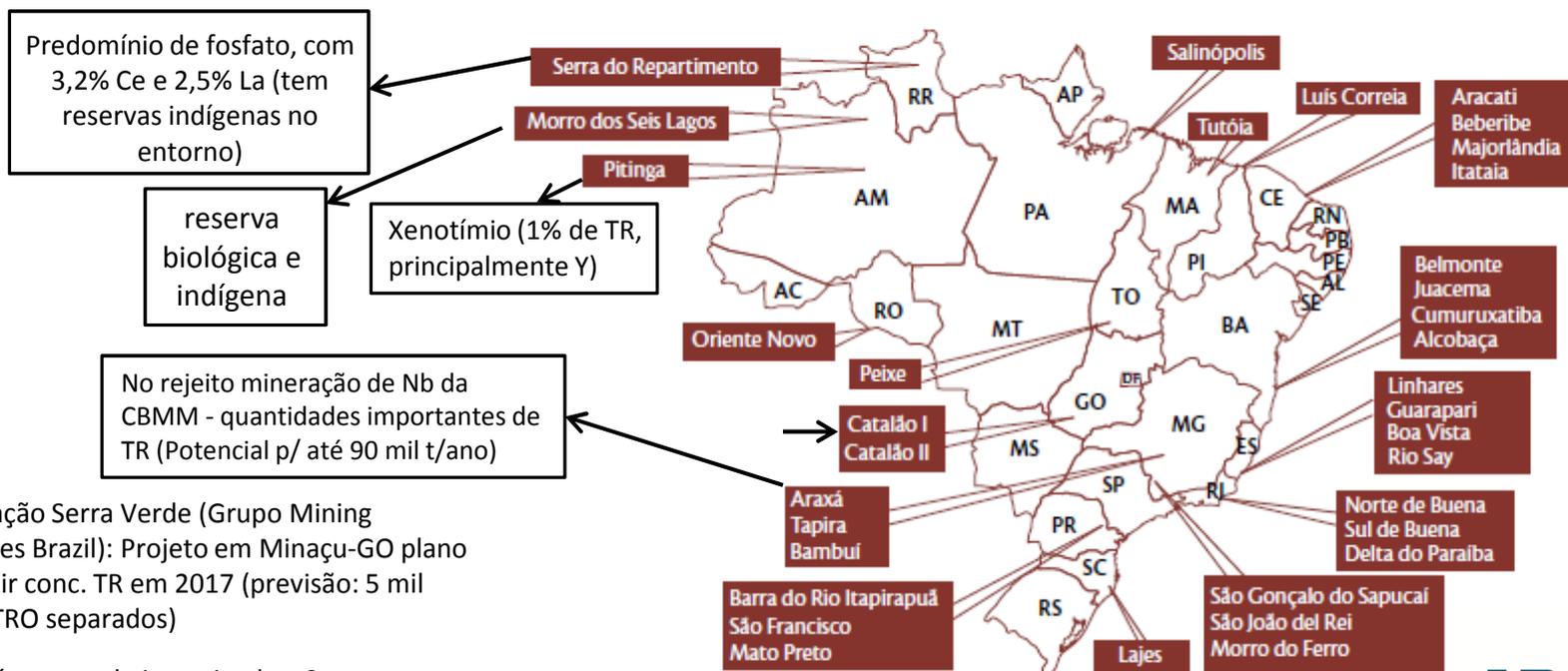
Outras aplicações: bicicletas elétricas, *scooters*, transporte público coletivo, etc..

Produção fora da China: Molycorp (Califórnia, Estônia e China), Lynas (Austrália + Malásia: capac: ~20 mil t/ano invest ~US\$ 1 bilhão) e Depósito na Índia e Dong Pao – Vietnam (pertencente a várias companhias asiáticas) Ambas produzem 5.000 t de REO, das 6.000 t produzidas fora da China em 2010

	Mine production ^e		Reserves ⁵
	2013	2014	
United States	5,500	7,000	1,800,000
Australia	2,000	2,500	⁶ 3,200,000
Brazil	330	—	22,000,000
China	95,000	95,000	55,000,000
India	2,900	3,000	3,100,000
Malaysia	180	200	30,000
Russia	2,500	2,500	(⁷)
Thailand	800	1,100	NA
Vietnam	220	200	(⁷)
Other countries	NA	NA	41,000,000
World total (rounded)	110,000	110,000	130,000,000

Fonte: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2015

Dados em t de óxidos de TR



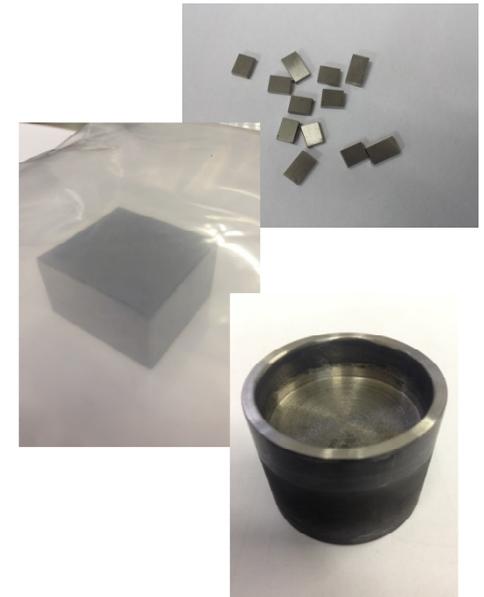
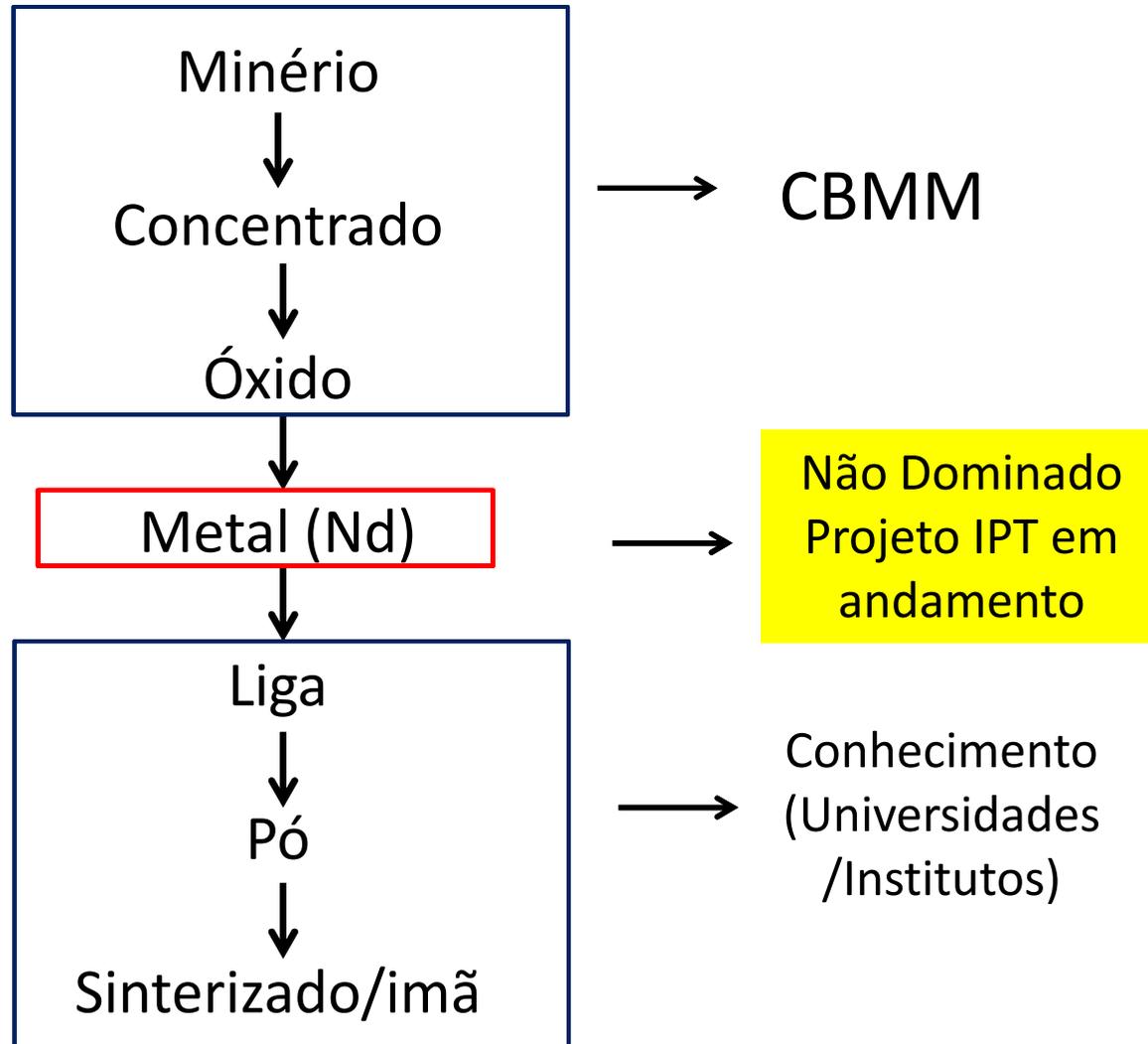
- Mineração Serra Verde (Grupo Mining Ventures Brazil): Projeto em Minaçu-GO plano produzir conc. TR em 2017 (previsão: 5 mil t/ano TRO separados)
- Outras áreas sendo investigadas: Costa Marques (RO) e Maicuru (PA) - pesquisada pela Vale.

Fonte: MCTI, apresentação no CT-Mineral (2010).

Oportunidades para o Brasil

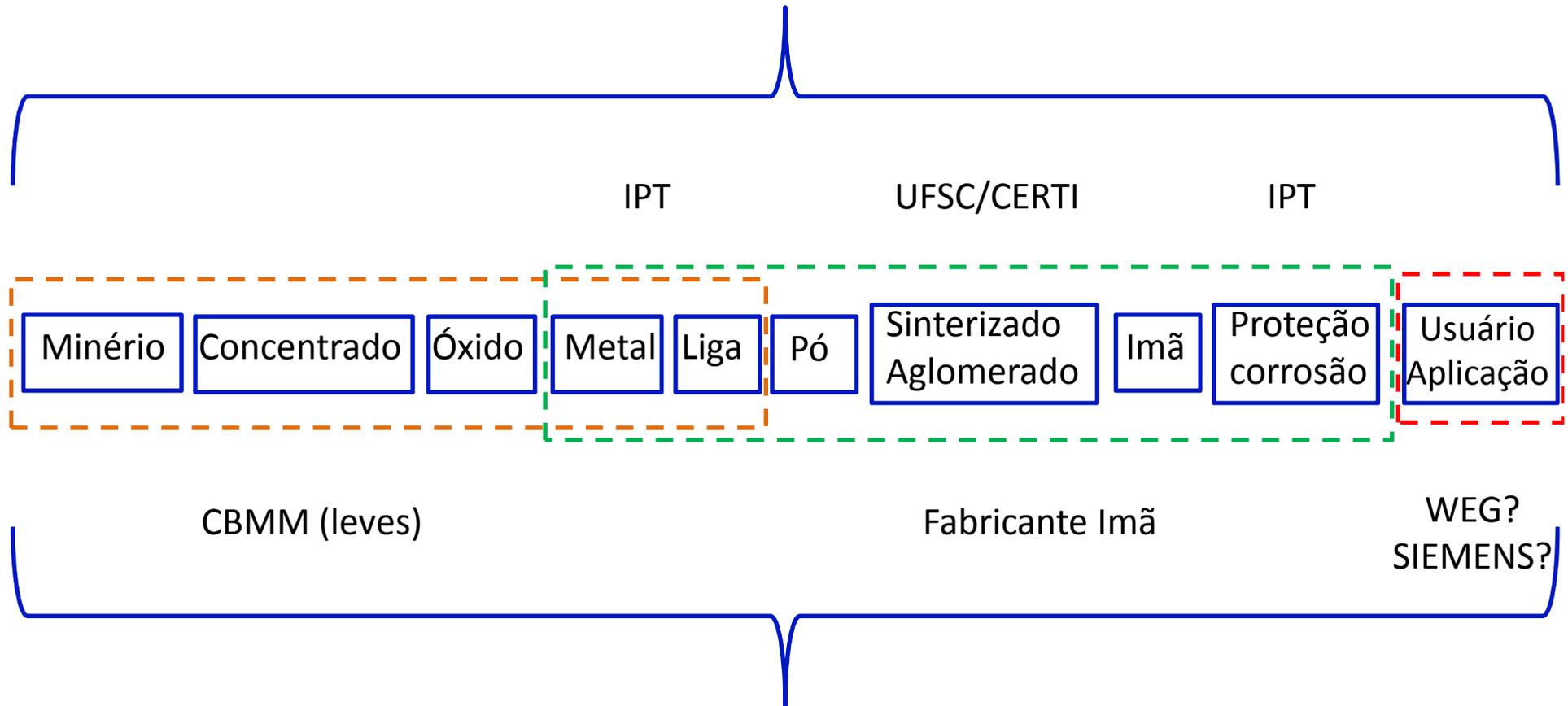
- Motor do crescimento futuro das TR deve estar no desenvolvimento de **tecnologias limpas e sustentáveis**, tais como turbinas eólicas e veículos elétricos e híbridos
- Fora da China ausência de produtores na cadeia de fornecimento para converter minério e óxidos de terras raras em produtos
- Há pouca massa crítica no mundo fora da china na produção dos metais de terras raras. Necessita tecnologia para tratar com os radionuclídeos.
- Necessidade de criar políticas de formação de pessoal e capacitação. Existem grupos que tem trabalhos importantes na cadeia de produção como CETEM, IPT, UFSC, IPEN, etc. Precisamos ampliar para sermos competitivos.
- Existe dificuldade de competir - oportunidade para Brasil se colocar como importante player. Quem tiver vantagens comparativas vai ter oportunidade de se estabelecer. Necessidade de criar a cadeia.
- China reduziu preços – não houve interesse de outros países (inclusive do Brasil). O quadro se repete em 2014/2015. Vamos repetir o erro do passado?
- O Brasil tem oportunidade de reforçar seu papel estratégico no fornecimento de TRs, matérias-primas e produtos finais das cadeias produtivas.

Produção dos imãs Nd-Fe-B



Proposta Articulação Projeto Embrapii/BNDES

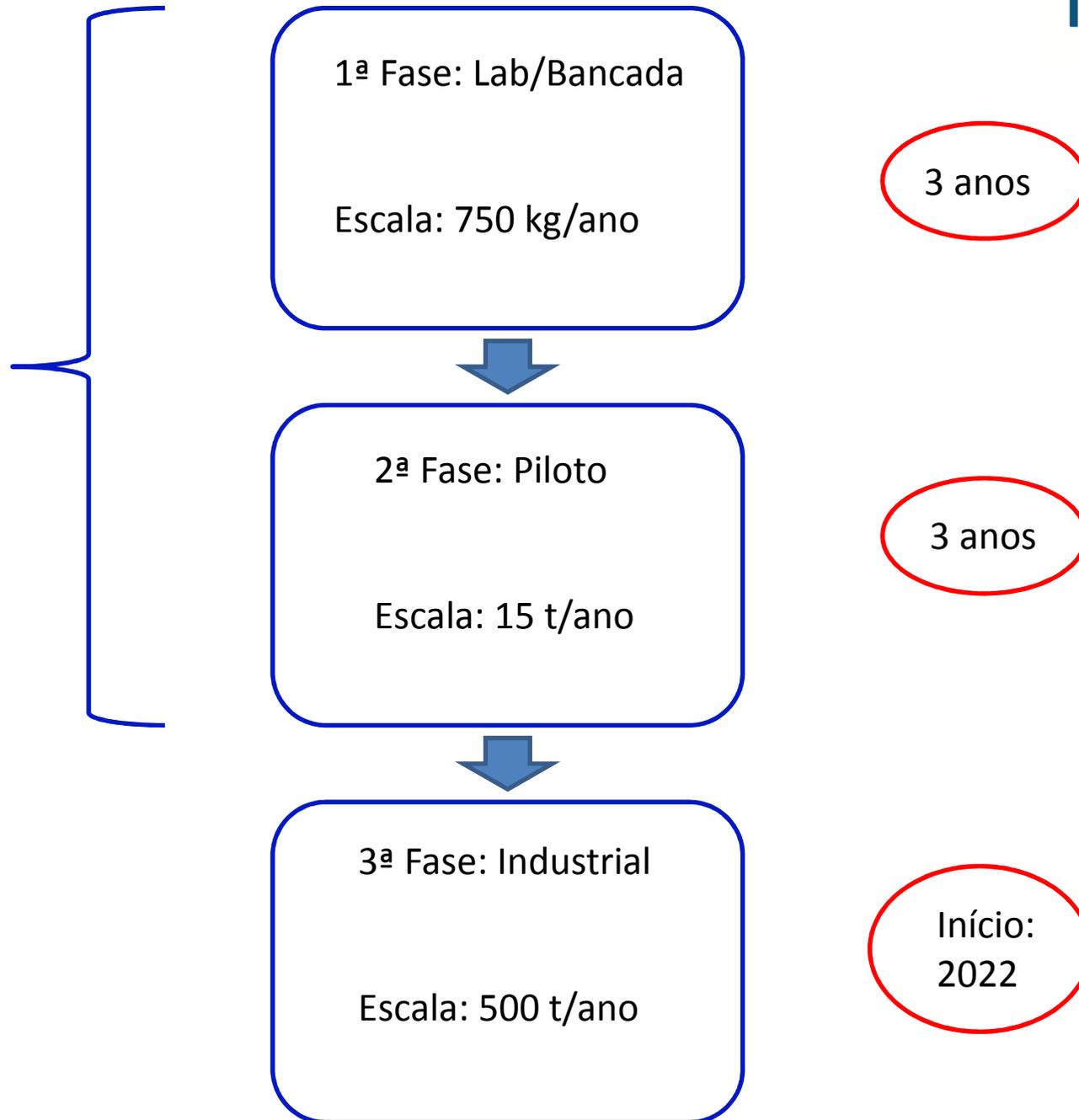
ICT's



TR pesadas: CETEM + ICT's e empresas

Proposta Articulação Projeto Embrapii/BNDES

**Embrapii
BNDES**



Materiais resistentes a desgaste

Nb:

Aços microligados (75% do consumo de Nb)

Aços inoxidáveis, aços resistentes ao calor e superligas

Oportunidades

Nb, Ta, V são formadores de carbonetos \Rightarrow

Emprego em ligas resistentes a desgaste baseadas no sistema Fe-C-X (X=formadores de carbonetos)

Substituição do WC-Co

Aplicações (perdas por desgaste representam 3% do PIB das nações)

- Componentes da indústria de mineração (corpos moedores, revestimentos, britadores, corpos de bombas)
- Ferramentas de conformação a quente e a frio (cilindros de laminação, matriz de forjamento)
- Ferramentas de usinagem
- Componentes de desgaste em geral

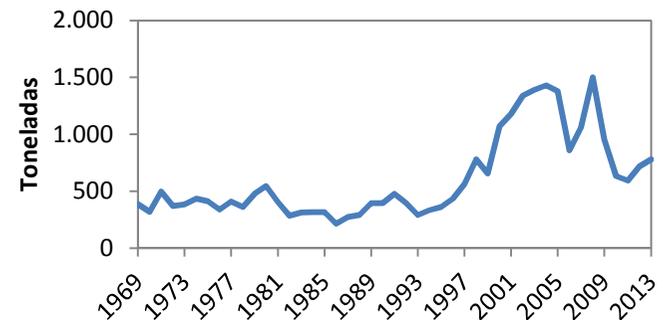
Tântalo

Fontes de Ta – Matérias Primas.

Source	Percentage 2008	Percentage 2012
Primary concentrates	60%	40%
Secondary concentrates	10%	10%
Tin slag	10%	20%
Scrap recycling, synthetic concentrates	20%	30%

Produção primária de Ta₂O₅ contido em 2012 ~ 1500 t

Produção Mundial de Ta



World Mine Production and Reserves:

	Mine production ⁷		Reserves ⁸
	2013	2014 ^e	
United States	—	—	—
Australia	—	—	⁹ 67,000
Brazil	98	98	36,000
Burundi	20	14	NA
Canada	5	—	NA
China	60	60	NA
Congo (Kinshasa)	*200	*200	NA
Ethiopia	8	40	NA
Mozambique	115	85	NA
Nigeria	60	60	NA
Rwanda	*600	*600	NA
World total (rounded)	*1,170	*1,200	>100,000

Reservas brasileiras – 36 mil t de Ta contido.

Localizadas principalmente em Pitinga (Mineração Taboca no AM) da MINSUR S.A.

Reservas lavráveis nesta mina ~ 175 Mt de minério (columbita-tantalita), com 35 mil toneladas de Ta₂O₅ contido

Preços de matéria prima (ref. 30% Ta₂O₅ contido) em 2012 – 100 a 130 USD/lb ou 220 a 290 USD/kg

Tântalo

Principais aplicações:
Ferramentas de corte
Capacitores

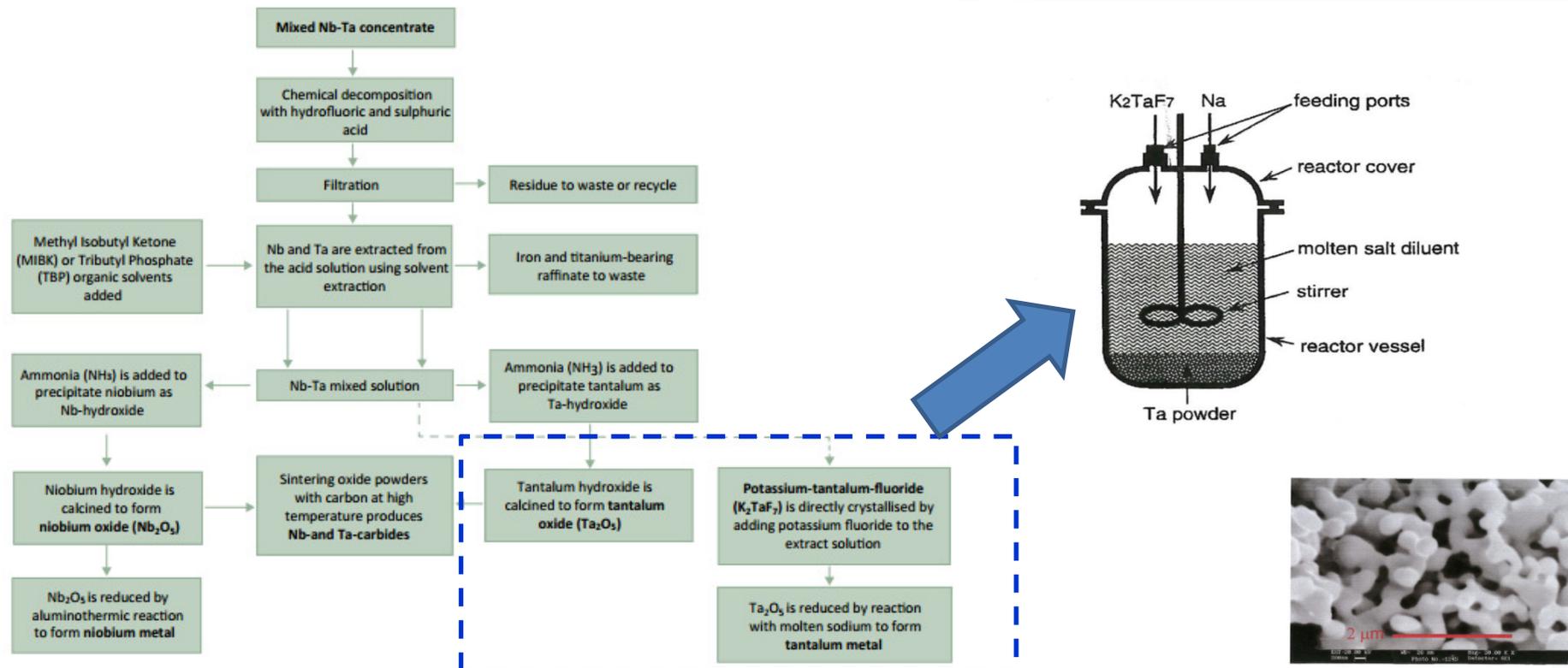


Figure 5 Chemical processing of niobium and tantalum concentrates.

Ti, V, Co

Produção de pós metálicos para MA

Desde o surgimento da tecnologia de impressão 3D em 1984 nos Estados Unidos, o mercado mundial de fabricação aditiva vem avançando rapidamente, atingindo a cifra de **USD 4,1 bilhões em 2014** e com um crescimento médio de **34% nos últimos 3 anos**

Aplicações:

- Ligas Ti-CP, Ti6Al4V, Ti6Al7Nb, Ti13Nb13Zr e outras para aplicações nas áreas das indústrias aeronáutica, médica, odontológica e automotiva.
- Oportunidade para produção de pós e ligas



Additively manufactured developmental bracket produced by Airbus for the A350 XWB aircraft



- Co-Cr-Mo para aplicações nas áreas das indústrias aeronáutica, médica e odontológica.



Aprimoramento das tecnologias de Mineração: Cenário atual

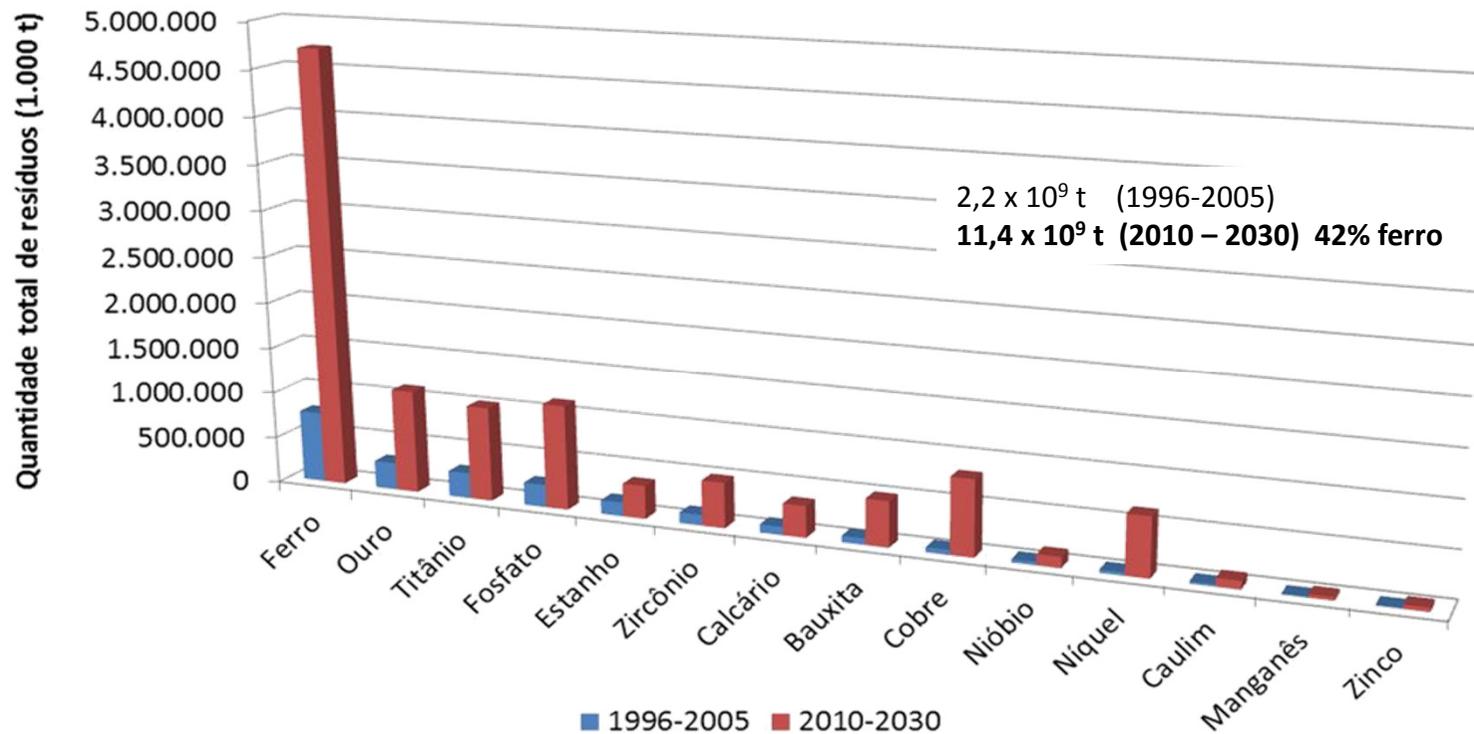
Desafios da
mineração
são cada
vez maiores

- Pressões comerciais/sociais/legais e ambientais;
- Redução da qualidade das reservas (teores mais baixos, liberação mais fina, maior geração de rejeitos, maior consumo de energia e de corpos moedores);
- Perspectivas de crescimento futuro devem ter foco na eficiência operacional e otimização de custos.

Mineração: Cenário atual

- Rejeitos: mais de 90% da produção bruta (em massa), entre 1996 - 2005

Estimados pela \neq entre a produção bruta e a produção beneficiada das 14 principais substâncias exploradas no Brasil



Fonte: PNRS (2012).

Desafios

Agregação de valor e adensamento da cadeia

- Abordagem integradora que inclui geologia, mineração, tratamento e metalurgia
 - Geometalurgia
 - Desenvolvimento integral de processamento de terras raras e para agrominerais

Desenvolvimento de tecnologias do futuro

- Visando uma considerável melhora da eficiência energética e do aproveitamento das matérias-primas
 - Tecnologias apropriadas às particularidades dos minérios brasileiros
 - Tecnologias de processamento a seco ou rotas de mínimo consumo de água

Mineração: Aprimoramento de tecnologias

Desenvolvimento de tecnologias para recuperação de minérios de baixo teor e rejeitos

- Aplicadas ao processamento de materiais com alterações em suas propriedades superficiais e morfológicas e **com granulometria inferior a 30 μm**
 - Tecnologias tradicionais são aplicadas a materiais com granulometria entre 50 e 100 μm
 - Visa o aproveitamento dos rejeitos como um minério de baixo teor (impacto na quantidade de rejeito lançado nas barragens), amenizando as dificuldades de manutenção e estabilidade das mesmas.
- Destaca-se nesse cenário, a desenvolvimento de rotas tecnológicas de aglomeração e de aglomerantes para viabilizar a utilização dos concentrados ultrafinos nos processos metalúrgicos