



Projeto CBMM Terras Raras

EXPOSIBRAM - Setembro/2017

Agenda

Terras Raras

- Aspectos Gerais
- Mercado
- Desenvolvimento Tecnológico
- Desafios do Projeto

Agenda

Terras Raras

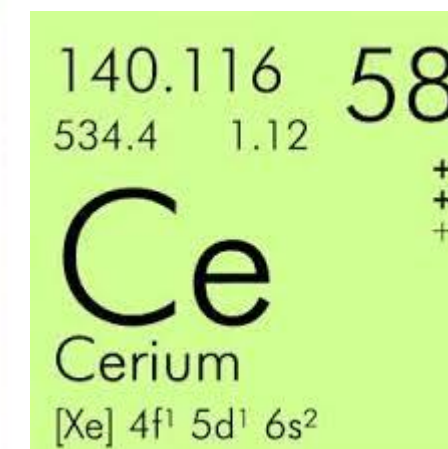
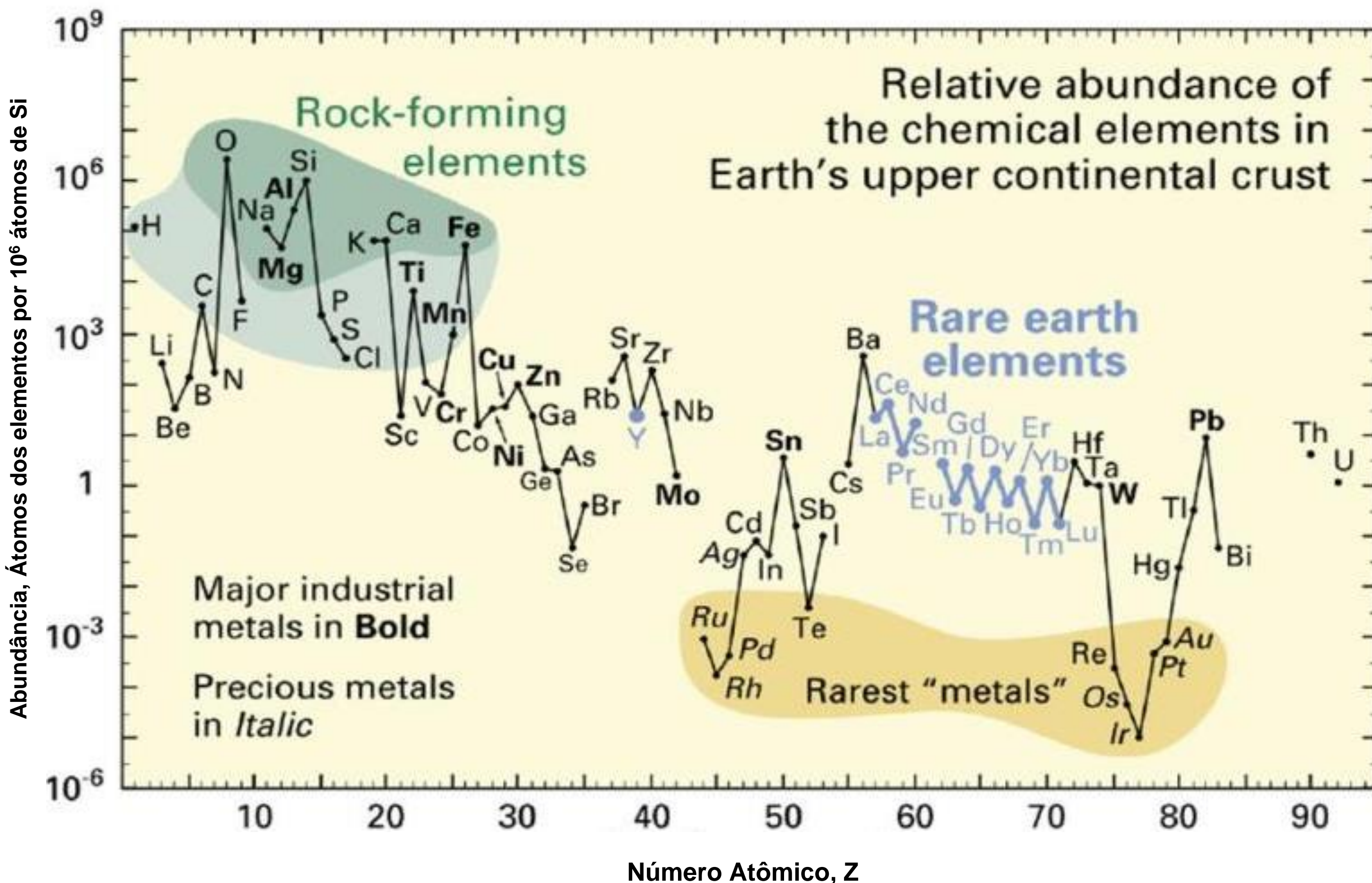
- Aspectos Gerais
- Mercado
- Desenvolvimento Tecnológico
- Desafios do Projeto

Period	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7	Group 8	Group 9	Group 10	Group 11	Group 12	Group 13	Group 14	Group 15	Group 16	Group 17	Group 18
1	1 H 1.008																	2 He 4.003
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16	9 F 19	10 Ne 20.18
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.47	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.9	36 Kr 83.8
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.9	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197	80 Hg 200.5	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (257)	105 Db (260)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (292)	117 Uus 0	118 Uuo 0
			6	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 152	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173	71 Lu 175	
			7	90 Th 232	91 Pa (231)	92 U (238)	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)	

- Nonmetals
- Alkali metals
- Alkaline Earth metals
- Transition elements
- Other metals
- Metalloids
- Halogenes
- Noble gases
- Lanthanides
- Actinides



Não são terras...Nem são raras



Ce é o 25º elemento mais abundante dos 78 elementos da crosta terrestre (60 partes por milhão)

Existem cerca de 200 minerais conhecidos que contém terras raras, entretanto a produção vem de 6 fontes:

95% das reservas mundias conhecidas de Terras Raras

- Bastnaesite [(Ce,La)(CO3)F] - Leves
- Monazite [(Ce,La)PO4] - Leves
- Xenotime (YPO4) - Pesadas

Produzido somente na Rússia (Lovozero)

- Loparite [(Ce,Na,Ca)(Ti,Nb)O3] - Leves

Terras raras como sub produto de fertilizantes fosfatados

- Apatite [(Ca,REE,Sr,Na,K)3Ca2(PO4)3(F,OH)] - Leves

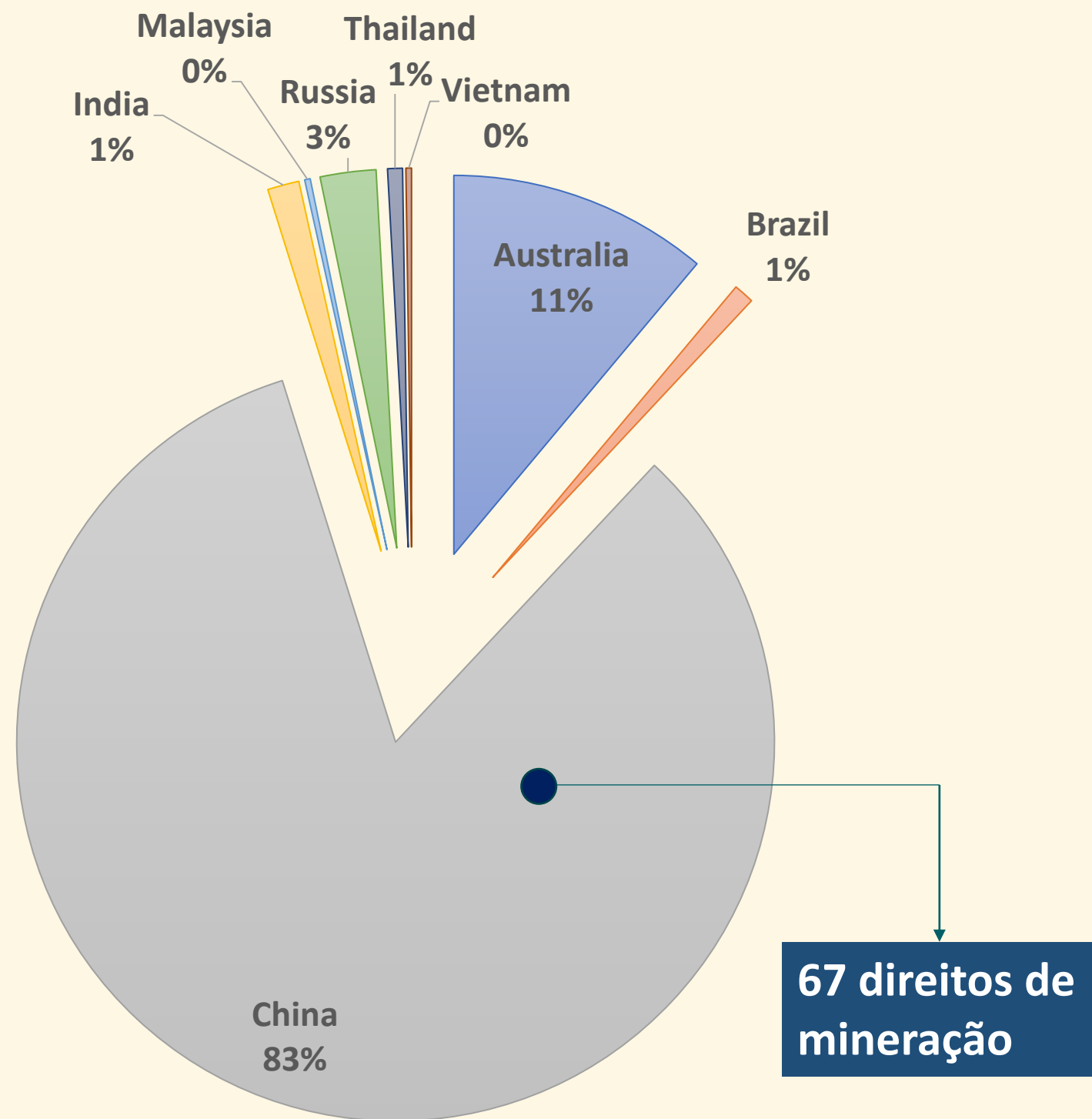
Terras raras absorvidas da superfície de algumas areias. Baixo custo de produção.

- Ion-adsorption clays - Pesadas

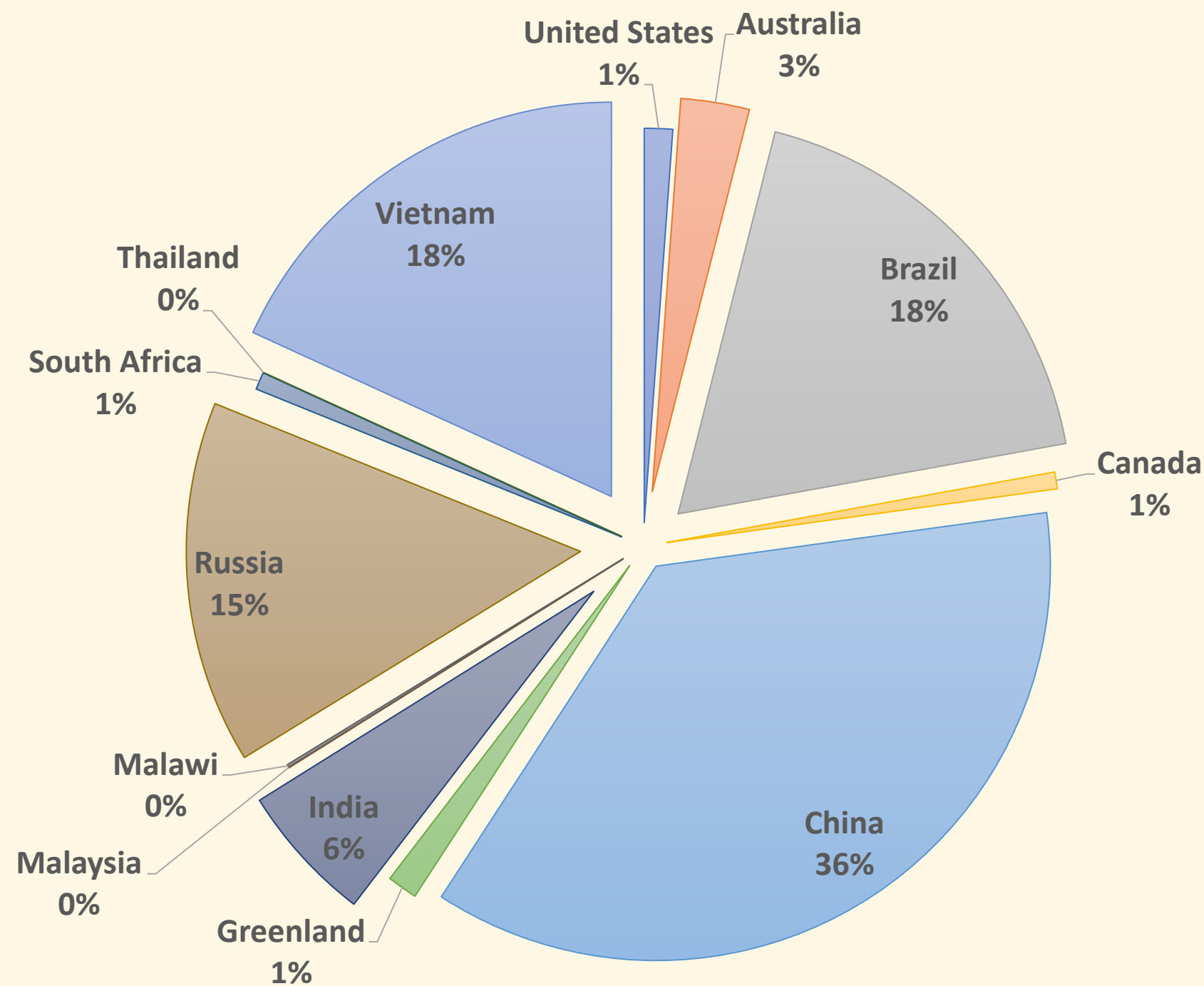
Potencial fonte de TR pesadas e leves (especialmente na Groenlândia e Rússia):



**Produção Mundial em 2016
(Terras raras contidas)**



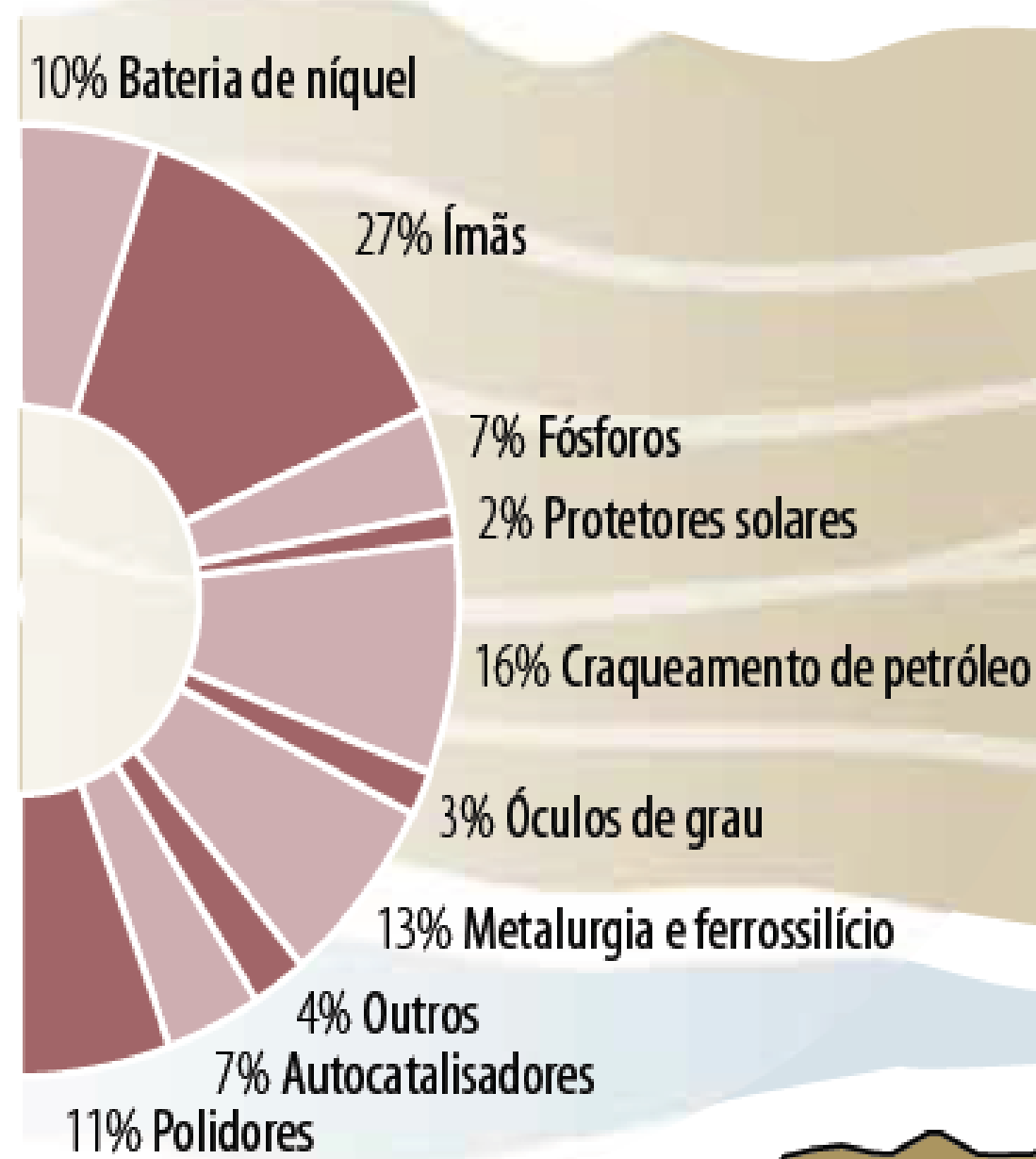
**Recursos Mundiais em 2016
(Terras raras contidas)**



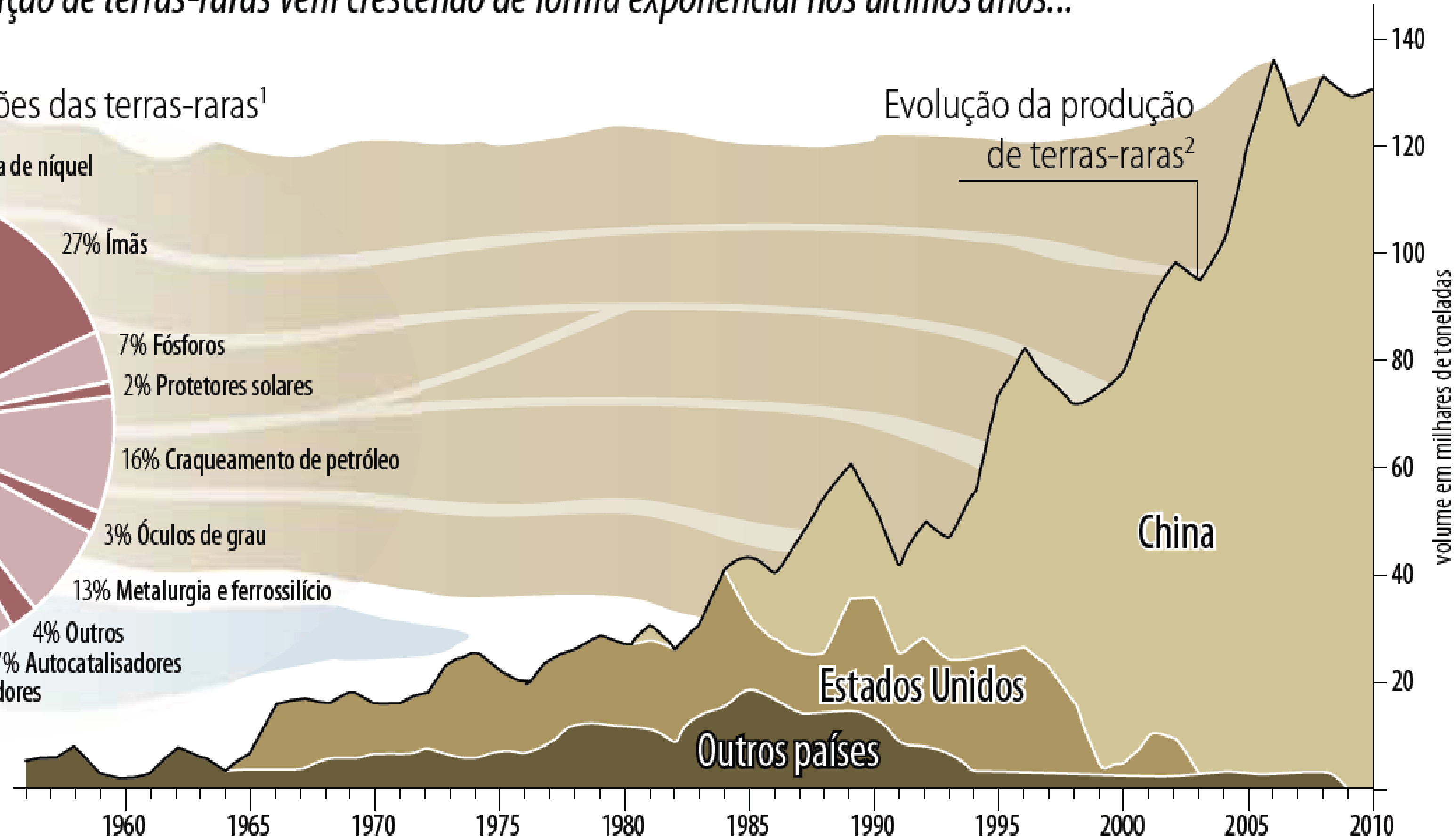
Total de Recursos: 120 Mt OTR

A produção de terras-raras vem crescendo de forma exponencial nos últimos anos...

Aplicações das terras-raras¹



Evolução da produção de terras-raras²



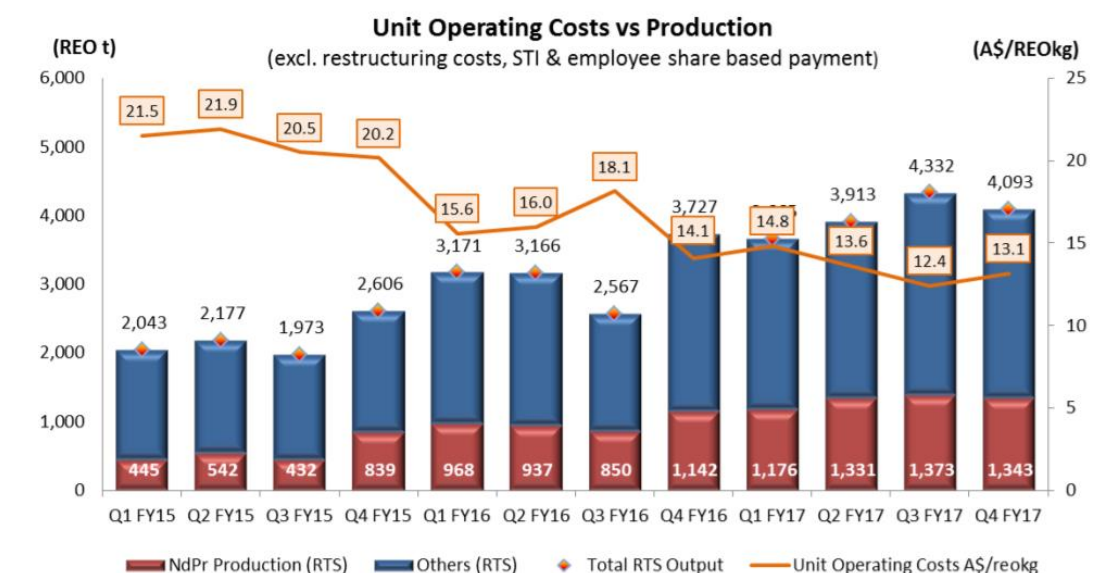
Country of origin	Hosting mineral	Production stages				
		Mining and beneficiation	Cracking	Separation		Manufacturing
				LREE	HREE	
USA	bastnaesite	Molycorp Mountain Pass, US		Silmet, EE	Magnequench, CH and TH	
Australia	monazite-carbonatite	Mt Weld, AU	LAMP, MY			
Russia	loparite	Lovozerky GOK, RU	SMW, RU	Silmet, EE IRESKO, KZ		
India	monazite	IREL, IN			Toyota, JP	
Kazakhstan	uranium tailings	SARECO, KZ			Sumitomo, JP	

Previsão de Recorde de Vendas no Q42017:

4,783 t REO (1,348 t NdPr)

Custo Unitário **11,1 US\$/Kg REO**






















Unit Operating Costs Trend



Lynas:

- a) Maior fornecedor global de NdPr, fora da China;
- b) Reservas estimadas em 25 anos;

 Completo
  Em andamento
  Não iniciado ou parado

Projeto	País	Empresa	Capacidade Nominal (t/a OTR)	Estudos de Viabilidade	Licenças	Estudos Financeiros
Dubbo	Austrália	Alkane Resources	6.664			
Nechalacho	Canadá	Avalon	6.810			
Kringlerne	Groelândia	Tanbreez	-			
Tomtor	Rússia	ThreeArc Mining	11.500			
Zandskopsdrift	África do Sul	Frontier Rare Earth	12.121			
Bear Lodge	EUA	Rare Element Resource	7.510			
Kvanefjeld	Groelândia	Greenland Minerals	-			



Janela de Oportunidade para novos negócios



Magnetos

- **Nd, Pr**
- **Tb, Gd, Dy**
- Computadores HD
- Partes Automotivas
- Refrigeração Magnética
- Tubos de Microondas
- Geração de Energia
- Microfones
- Ressonância Magnética



Fosforescentes

- **Ce, Pr**
- **Er, Gd, Eu, Tb, Y**
- Display Fosforescentes – CRT, LPD, LCD
- Lâmpadas Fosforescentes
- Imagens Médicas
- Lasers
- Fibras Óticas



Baterias

- **La, Ce, Nd, Pr**
- **Y**
- Células Combustível
- Aço
- Super Ligas
- Alumínio/Magnésio



Catalisadores

- **La, Ce, Nd, Pr**
- Refinaria de Petróleo
- Conversores Catalíticos
- Aditivos de Combustíveis
- Processamentos Químicos
- Controle de Poluição Atmosférica



Cerâmicos

- **La, Ce, Nd, Pr**
- **Gd, Lu, Dy, Eu, Y**
- Capacitores
- Sensores
- Corantes
- Cintiladores
- Refratários



Vidro & Polimento

- **La, Ce, Nd, Pr**
- **Gd, Er, Ho**
- Compostos para Polimentos
- Pigmentos & Coatings
- Vidros Resistentes a UV
- Vidros Óticos
- Imagens de Raios X



Defesa

- **La, Nd, Pr**
- **Nd, Eu, Tb, Dy, Lu, Sm Y**
- Comunicações por Satélite
- Sistemas de Localização
- Estruturas de Aeronaves



Terras Raras Leves



Terras Raras Pesadas

Agenda

Terras Raras

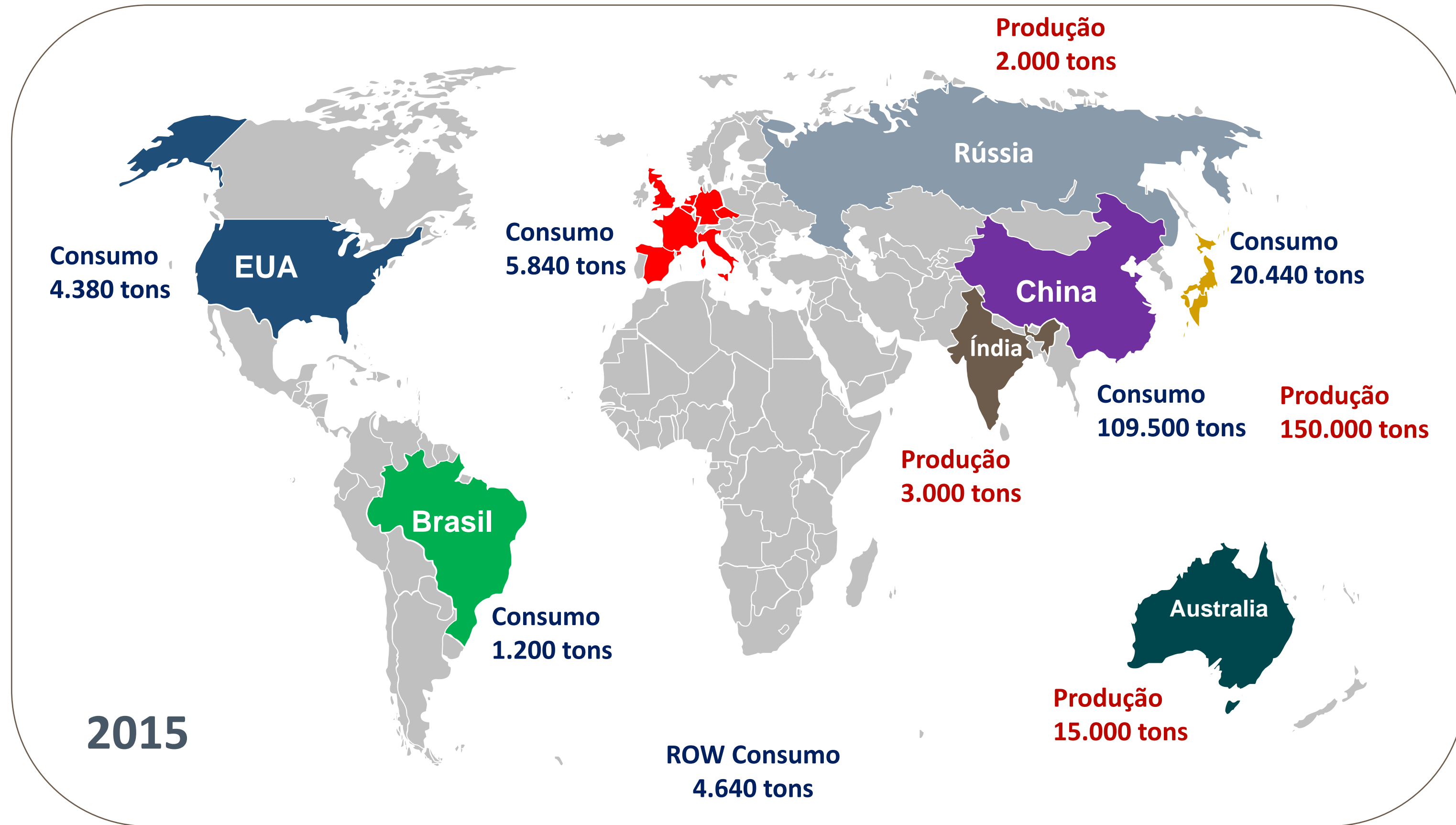
- Aspectos Gerais
- Mercado
- Desenvolvimento Tecnológico
- Desafios do Projeto

Highlights

- Demanda Mundial (2015): 146.000 t/a
- Demanda ditada por Neodímio – Praseodímio – magnetos
- Oxido de Lantânio – Catalizadores e Baterias
- Excesso de oferta de oxido de cério
- Cadeia produtiva dominada pela China
 - *Pressão sobre a indústria chinesa por controle ambiental*
 - *'Queixa' de baixas margens*
 - *Pressão por controle da mineração ilegal (oficialmente **40%**)*
 - *Exaustão das reservas de areias iônicas*
 - *Consolidação em 6 grandes grupos*

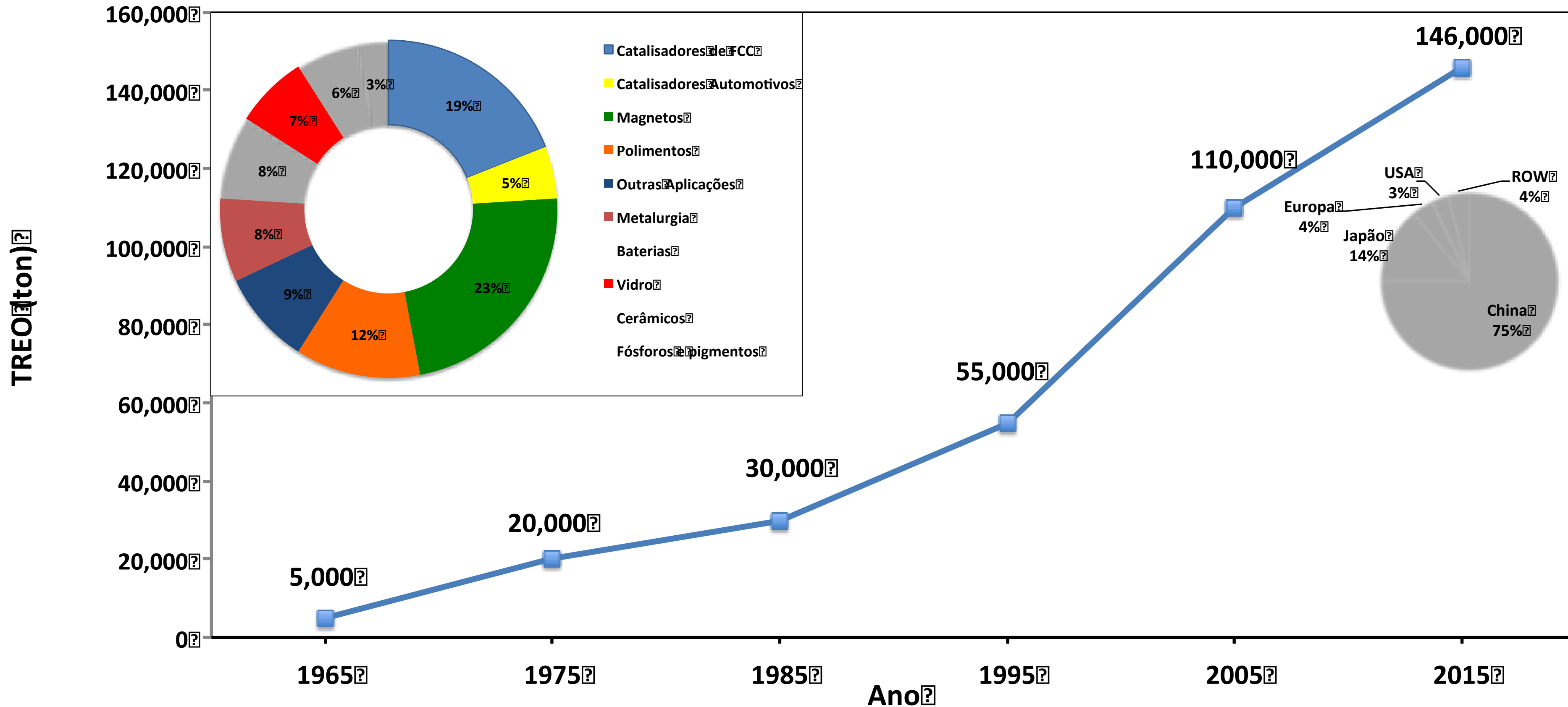


- China Northern Rare Earth Group
- China Southern Rare Earth Group
- Aluminium Corp of China
- Fujian Rare Earth Group
- Guangdong Rare Earth Group
- China Minmetals



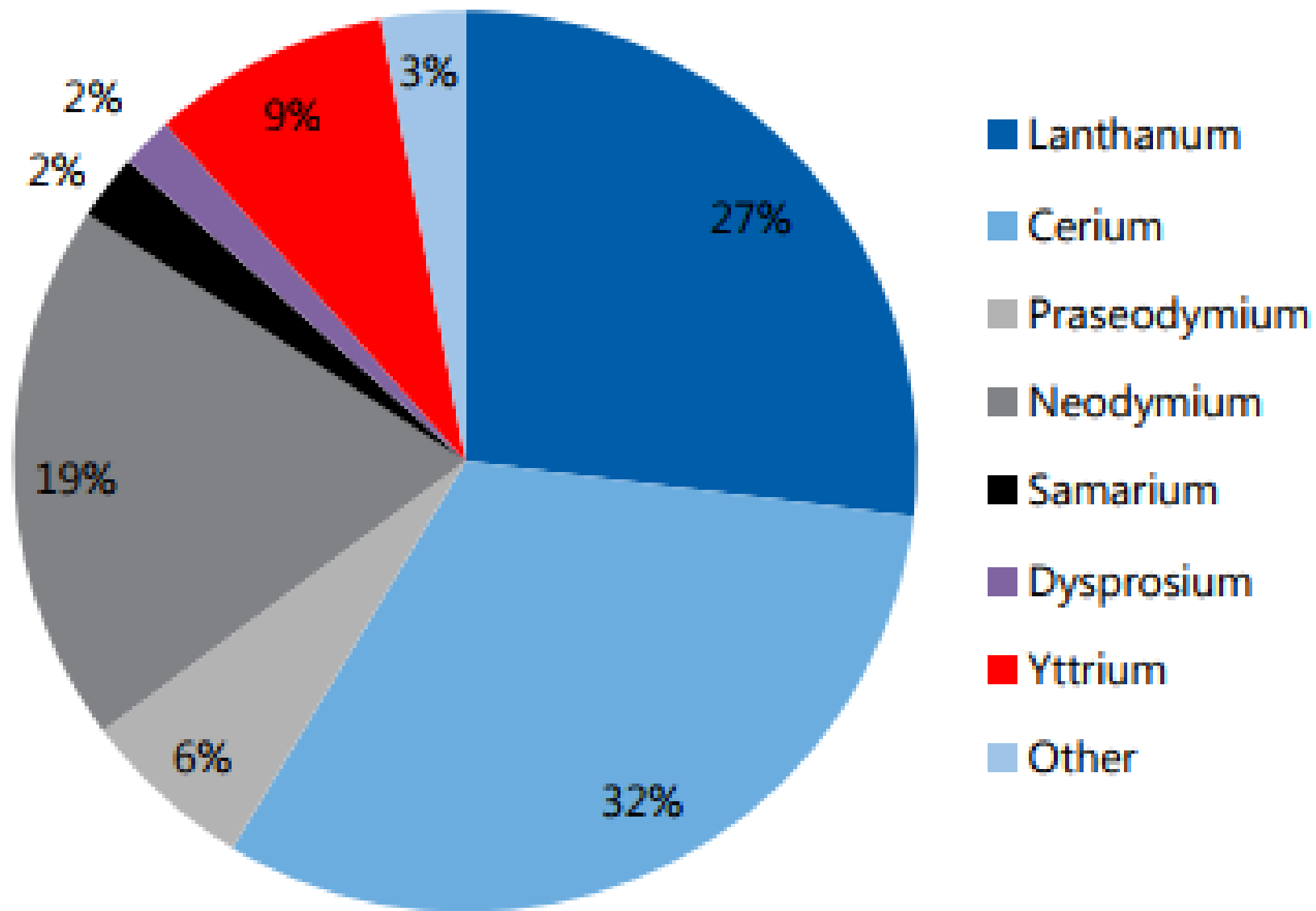
Produção: 170.000 tons

Demanda: 146.000 tons

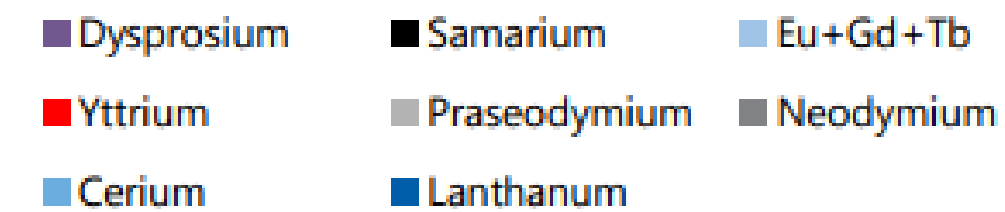
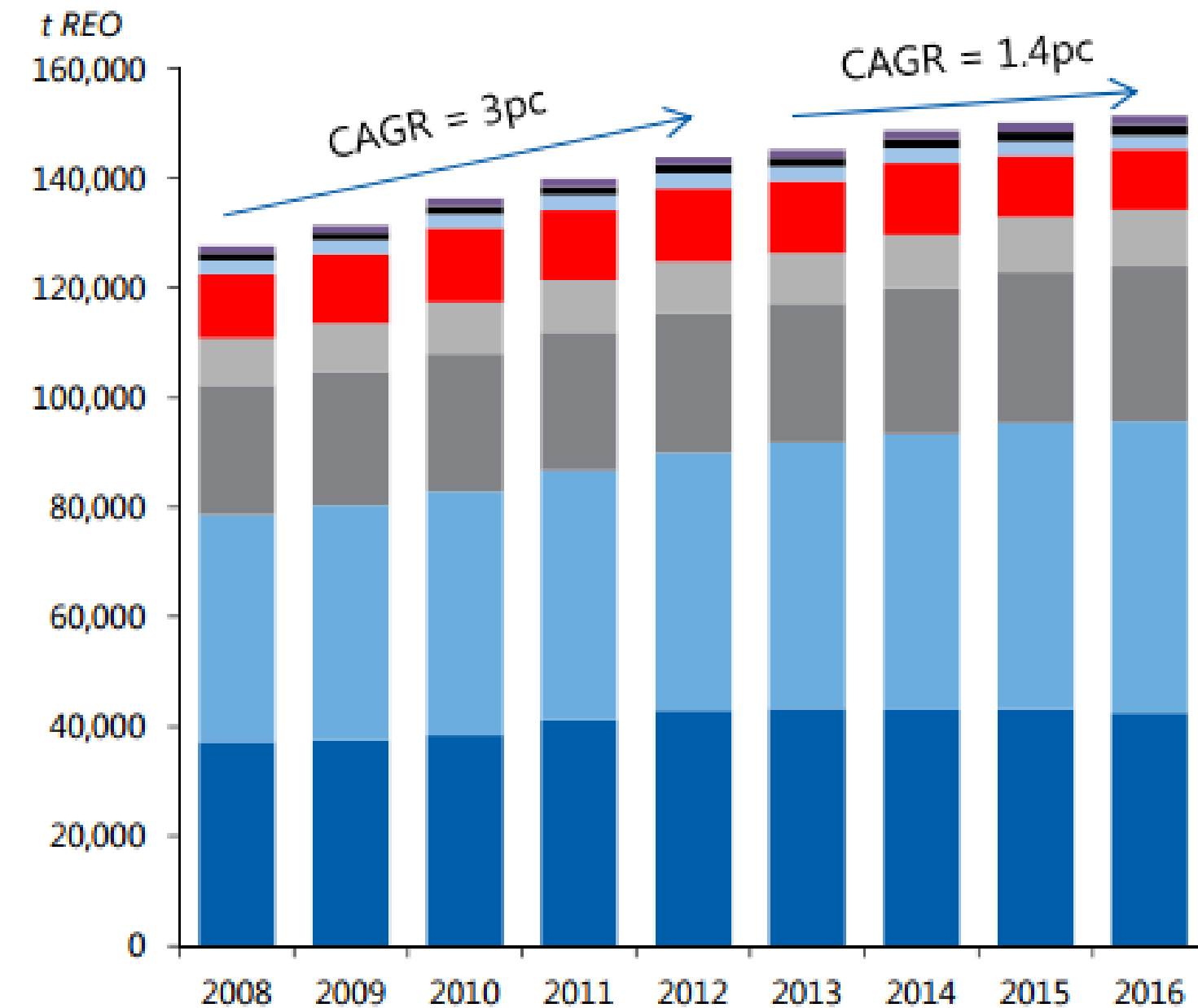


Fonte: European REE Market Survey, 2017

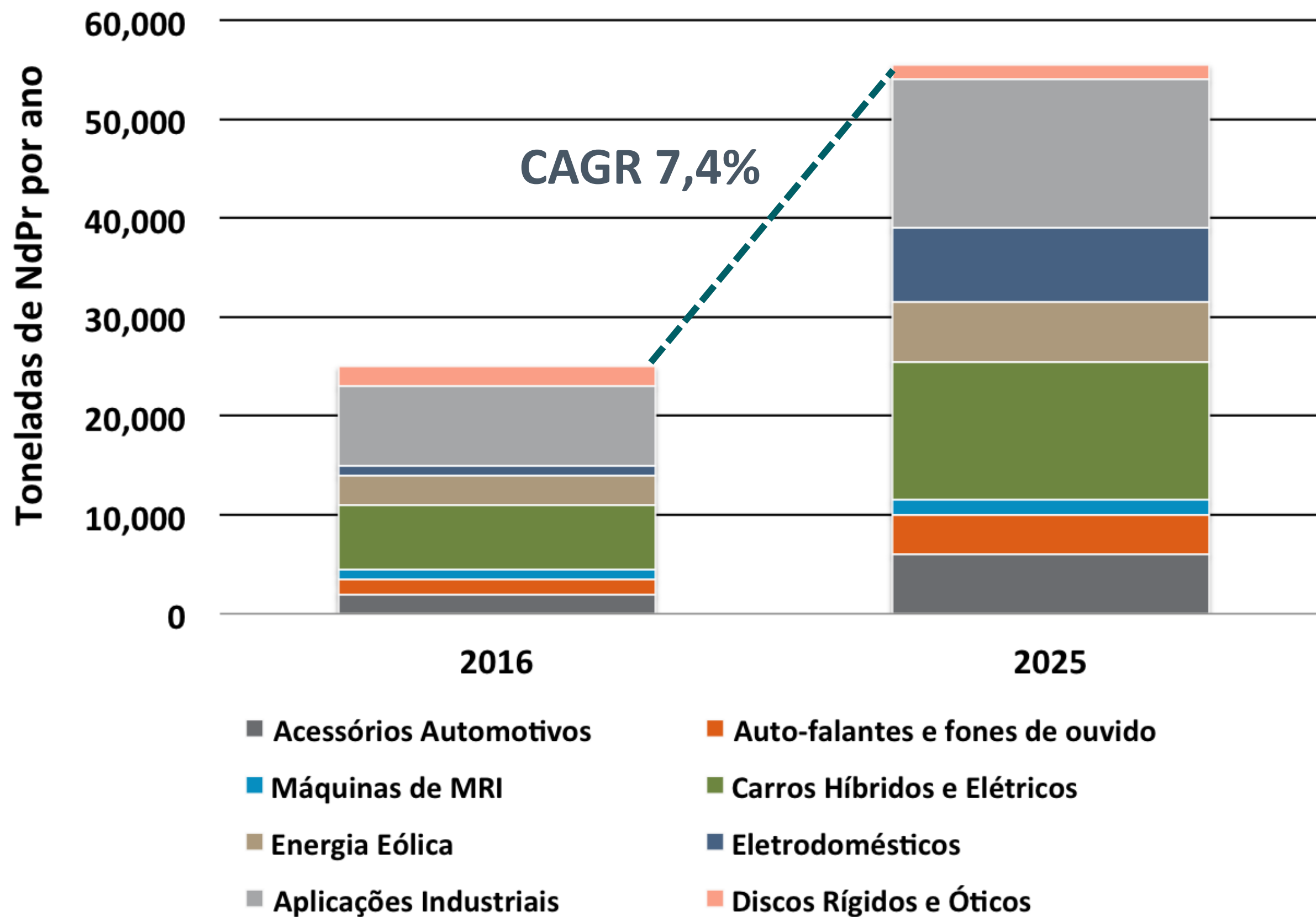
Produção Estimada de Terras Raras por produto, 2015 (170.000 t)



Demanda Global de Óxidos de Terras Raras, 2008 - 2016



— Argus



~ 0,1 g de Nd/Pr por telefone

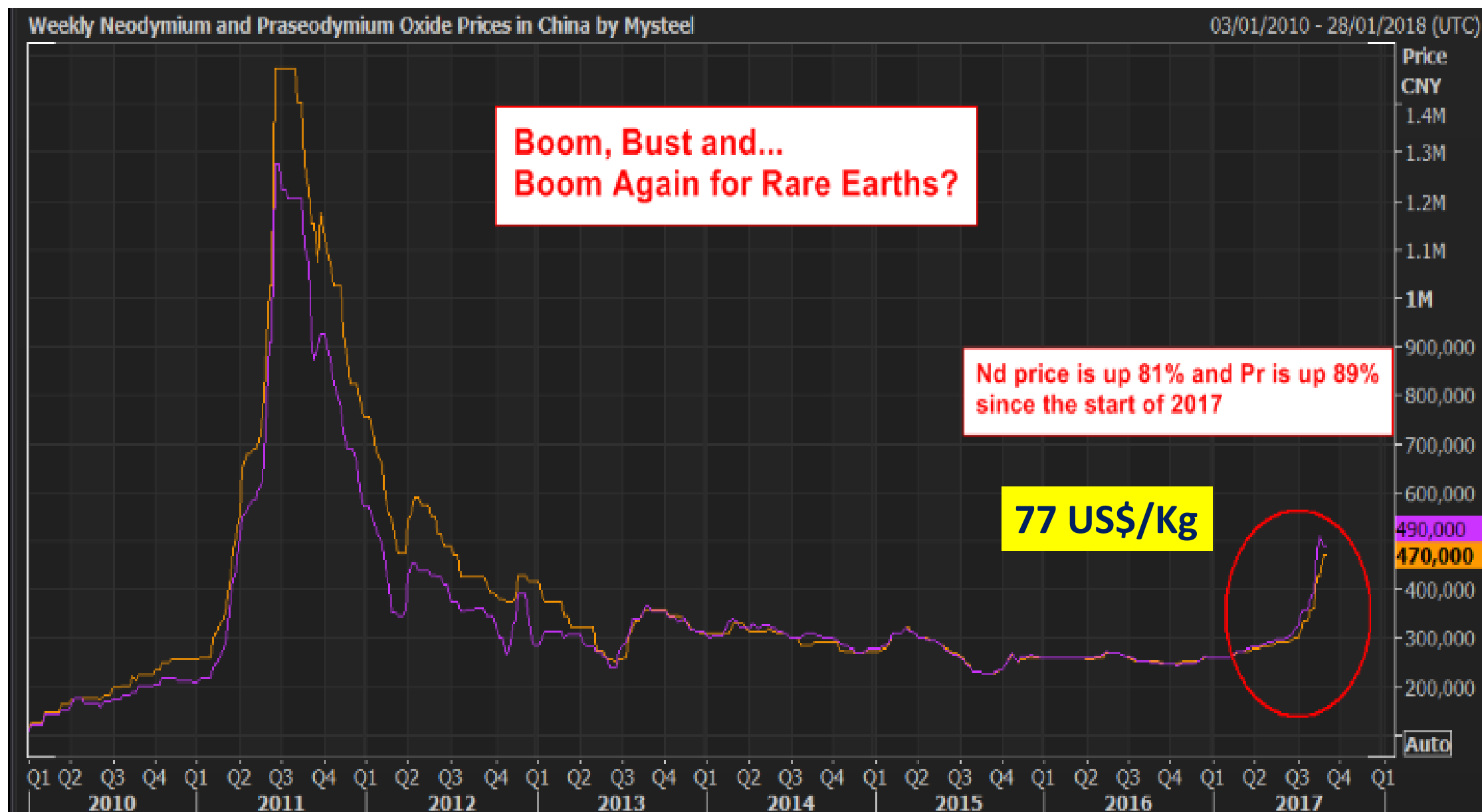


Cada 2 MW de uma turbina eólica contém 340 – 420 kg REE



Cada carro híbrido elétrico contém 2,7 kg REE

Produto	Fórmula	Concentração	US\$/ kg (23 Fev. 2017)
Óxido de Lantânio	La ₂ O ₃	99 - 99,9% min	2,3 - 2,5
Lantânio metálico	La	99% min	4,9 - 5
Óxido de Cério	CeO ₂	99,9 – 99,99% min	1,8 - 1,9
Cério metálico	Ce	99% min	5,2 - 5,3
Mistura La/Ce metálico	LaCe	TREM > 99%; Ce/TREM > 65%	3,7 - 3,8
Óxido de Praseodímio	Pr ₂ O ₃	99,9% min	48,5 - 49,5
Praseodímio metálico	Pr	99% min	85 - 86
Óxido de Neodímio	Nd ₂ O ₃	99,9% min	42 - 45
Neodímio metálico	Nd	99% min	54 - 56
Mistura Nd/Pr metálico	NdPr	99% min; Nd 75%	54 - 56
Óxido de Disprósio	Dy ₂ O ₃	99,9% min	179 - 182
Ferrita de Disprósio	Dy ₃ Fe ₃ O ₁₂	99% min; Dy 80%	185 - 187
Óxido de Tércbio	Tb ₄ O ₇	99,9% min	442 - 445
Tércbio Metálico	Tb	99% min	587 - 590
Óxido de Európio	Eu ₂ O ₃	99,999% min	66 - 68
Óxido de Ítrio	Y ₂ O ₃	99,999% min	2,95 - 3,5

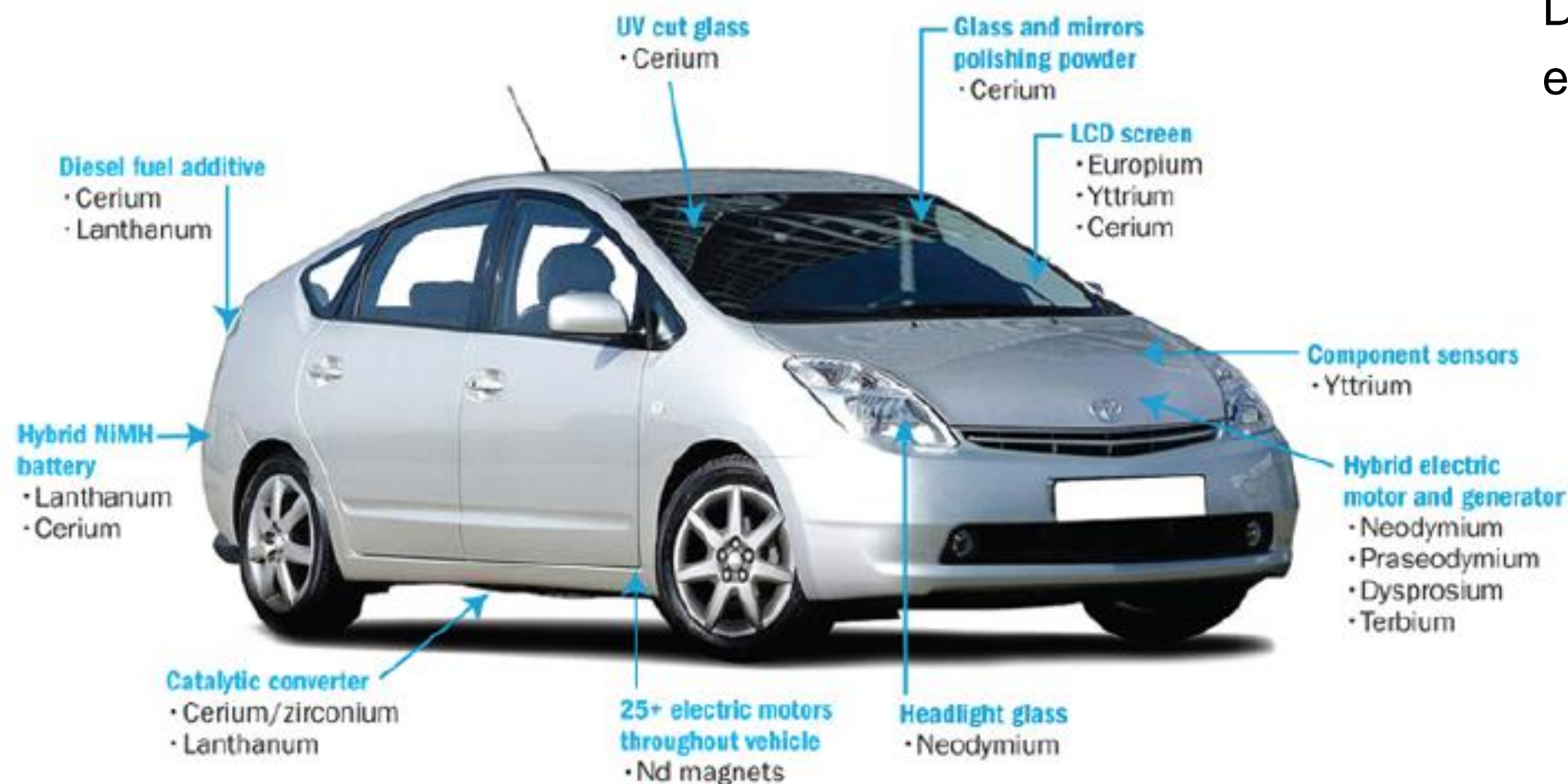


- Cotas de Mineração e Produção inspecionadas e regulamentadas
- Auditorias ambientais para garantir “compliance”
- Auditorias em materias primas para eliminar suprimentos ilegais
- Novos e mais restritivos padrões ambientais a partir de 2018

<http://www.mining.com/web/boom-bust-boom-rare-earths/>,
August/2017



O preço do NdPr aumentou no ultimo quarto e a tendência é que o preço continue subindo.



Desde 2010 tem havido um aumento exponencial em veículos elétricos principalmente devido à:

- Forte progresso tecnológico
- Redução de custos (especialmente em baterias)
- Política de incentivos governamentais
- Aumento de infraestrutura de recarga

**2,7 kg REE
por Híbrido EV**

Assumindo as previsões de vendas de veículos elétricos, o Mercado vai precisar de uma nova “Lynas” a cada 4 anos até 2030

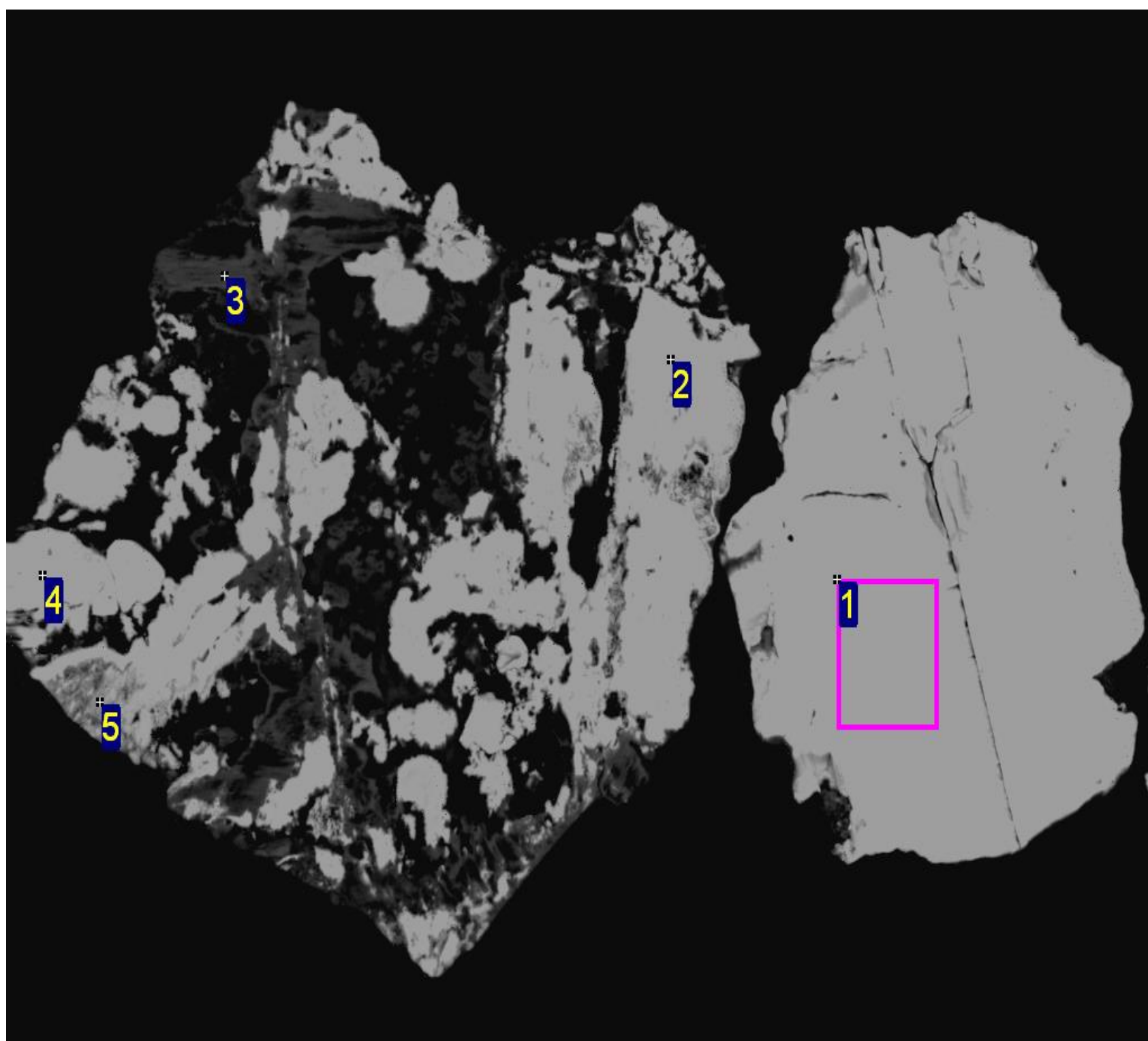
1. Em outubro de 2016 o ministério da indústria da China divulgou um plano de desenvolvimento industrial para terras raras até 2020 com os principais objetivos:
 1. *Limitar a produção de terras raras em 140.000 tpa;*
 2. *Reduzir a capacidade de separação de terras raras em 30%;*
 3. *Garantir que 90% das operações de produção de terras raras atendam aos padrões ambientais mais restridentes;*
 4. *Garantir que as exportações de terras raras como matéria prima seja reduzidas significativamente*
2. Uma vez implementado, o plano vai restringir a produção doméstica de terras raras, consequentemente restringindo exportações;
3. Se os objetivos forem atendidos será bastante difícil para os produtores chineses garantirem a demanda doméstica no longo tempo. Empresas terão que desenvolver novas fontes de matérias primas fora da China.

Agenda

Terras Raras

- Aspectos Gerais
- Mercado
- **Desenvolvimento Tecnológico**
- Desafios do Projeto

Leves				Médias			Pesadas							
La ₂ O ₃	CeO ₂	Pr ₆ O ₁₁	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Tb ₄ O ₇	Dy ₂ O ₃	Ho ₂ O ₃	Er ₂ O ₃	Tm ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	Lu ₂ O ₃	Y ₂ O ₃
30,6	44,1	4,6	15,3	1,58	0,38	1,28	0,12	0,42	0,06	0,15	0,01	0,06	0,01	1,29
94,6%				3,24%			2,12%							



100µm

Teor da monazita pura = 65,2% OTR

Mineral	%
Bariopirocloro	4
Limonita, goetita	36
Barita	20
Magnetita	16
Gorceixita	6
Monazita	4
Ilmenita	5
Quartzo	4
Outros	5
Total	100

A **monazita** é o principal mineral portador de Óxidos de Terras Raras (OTR)

Partículas mistas com óxidos de ferro e barita

Preferencialmente nas frações finas do mineiro/rejeito

Base **4 MM ton de minério**

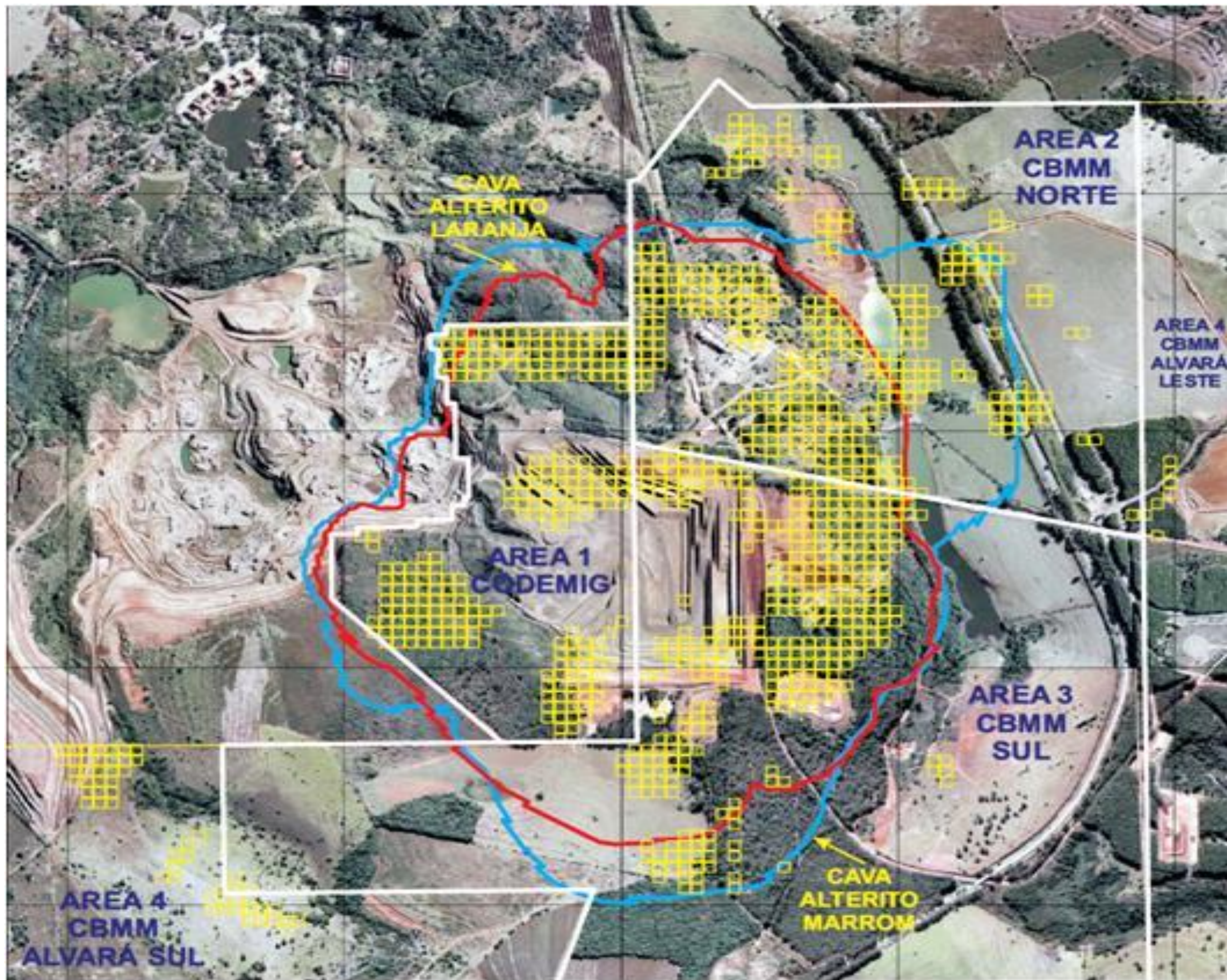
Recuperação cadeia OTR de **50%**

60.000 t/a OTR contido

* 2 e 5 Monazita

1 e 4 Barita

3 Óxidos de ferro



BRASIL

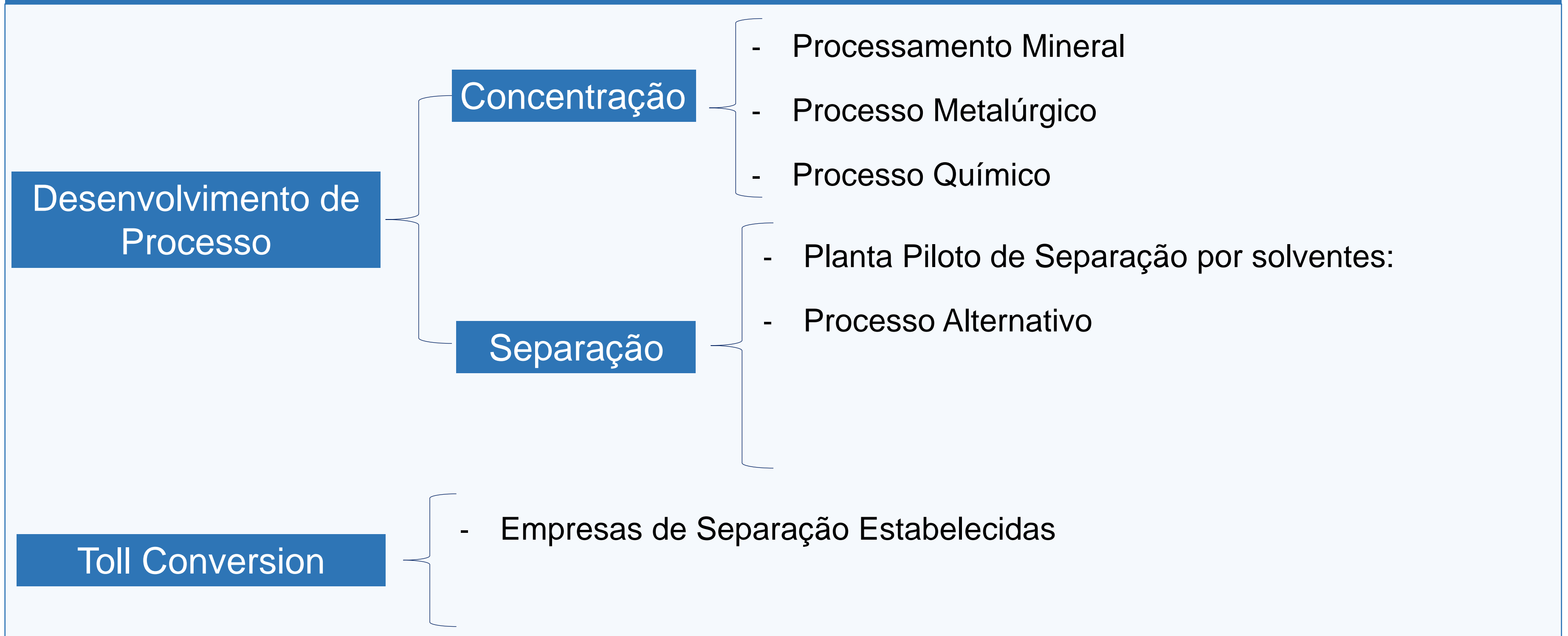
SEGUNDA MAIOR RESERVA MUNDIAL DE TERRAS RARAS (2014)

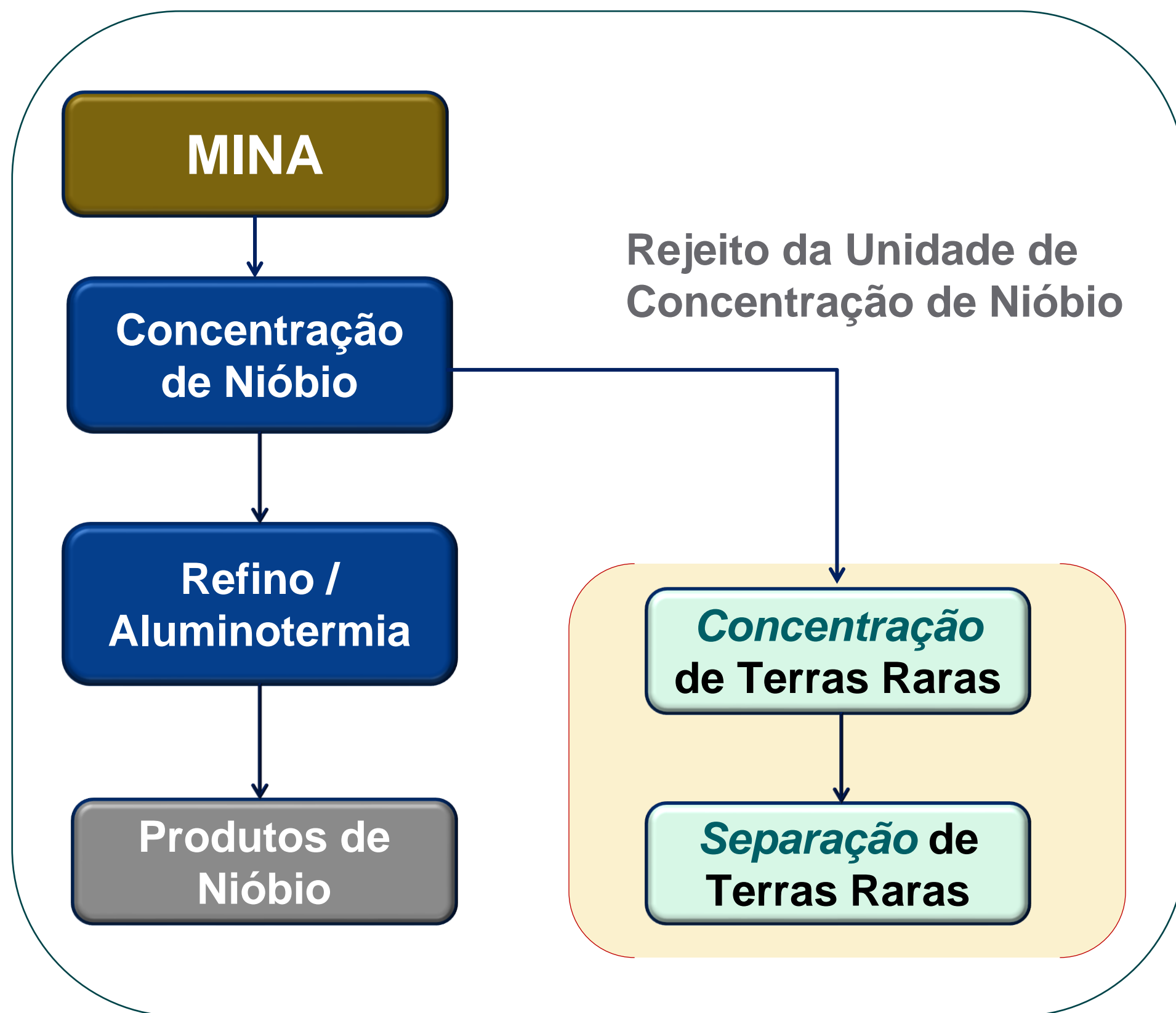
22.000.000 toneladas

Malha μm	Massa retida (%)	Teor por faixa (%)		
		Nb ₂ O ₅	OTR	Fe ₂ O ₃
300	15,1	0,30	2,91	4,68
150	31,4	0,30	4,28	3,60
75	39,7	0,32	6,64	4,50
37	49,0	0,74	31,1	11,0
-37	100	0,59	43,4	27,0

Objetivos:

1. Desenvolvimento da tecnologia de concentração dos OTR e remoção dos radionuclídeos
2. Desenvolvimento de tecnologia, capaz de estabelecer produção nacional de produtos de terras raras - “Estratégia Brasil”





Concentração
 Capacidade: 1.000 t/a
 Sulfato Duplo de TR
 Hidróxido de TR



Separação
 Planta Piloto
 Extração por Solvente
 15-20 t/ano OTR
 3,0-3,5 t/ano NdPr

%	SULFATO DUPLO	HIDRÓXIDO
CeO₂	20	40
La₂O₃	12	25
Pr₆O₁₁	2	4
Nd₂O₃	5	11
MHREO	1	2
Total REO	40	81

Elementos	Pureza Média %
La	99,5
Pr-Nd	99,4
Ce	82,1
MHRE	99,6

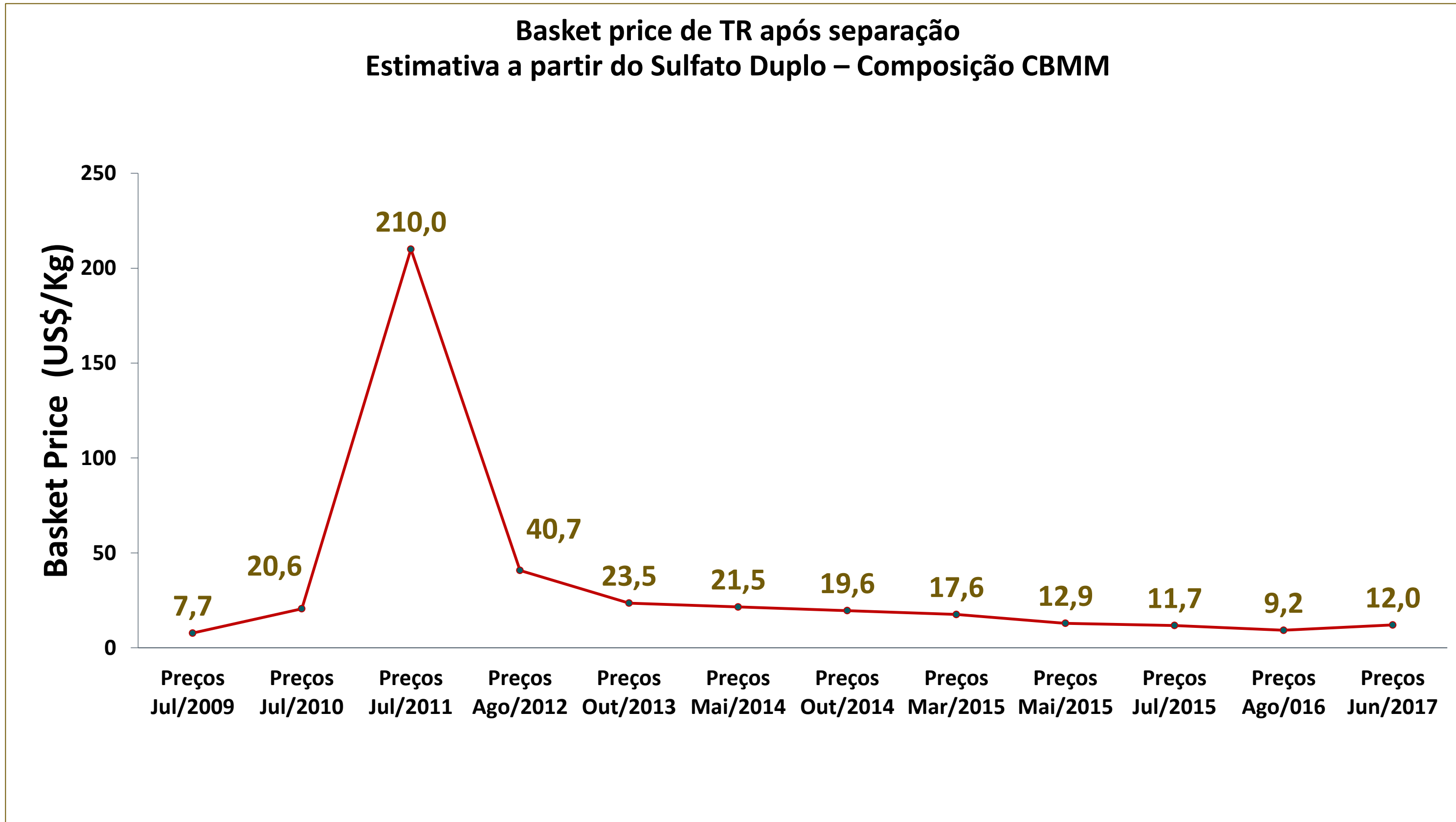


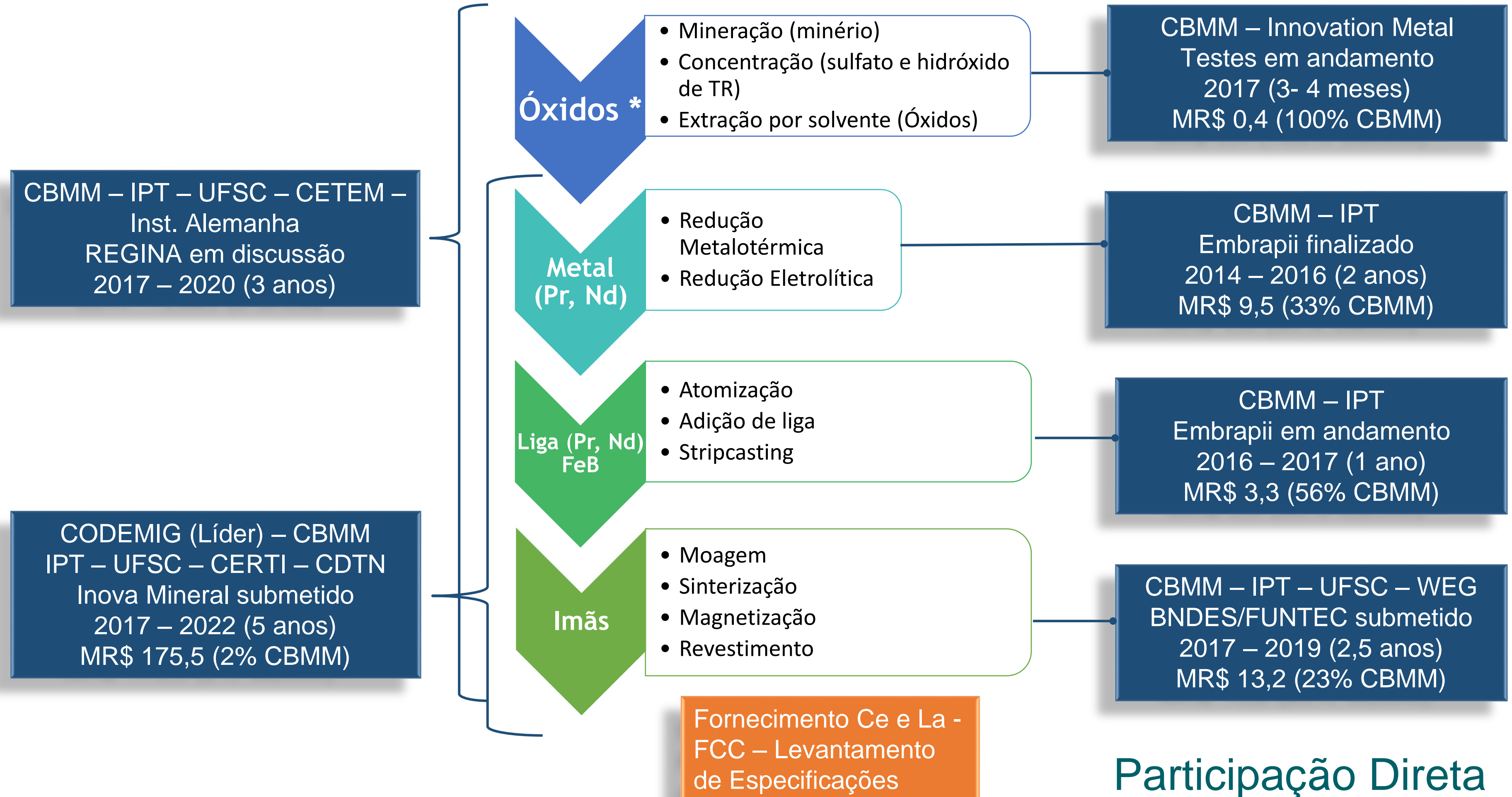
RADIOATIVIDADE < 1 Bequerel/grama

Agenda

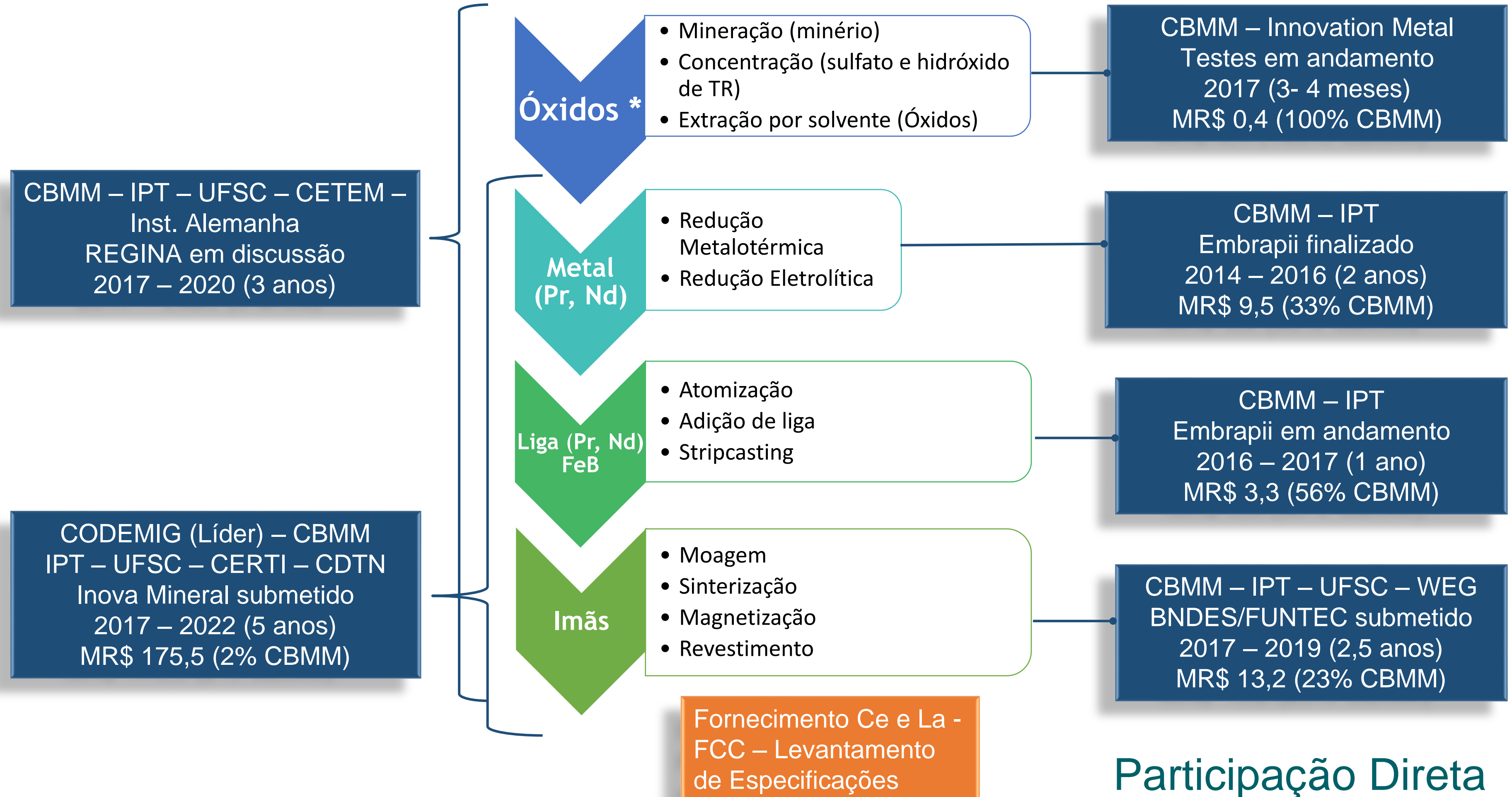
Terras Raras

- Aspectos Gerais
- Mercado
- Desenvolvimento Tecnológico
- Desafios do Projeto





Participação Direta



Participação Direta

EMBRAPII 1- Obtenção Nd/Pr metálico

- Jul/14 – Jun/16 – MR\$ 9,54 – (MR\$ 3,2 CBMM)

EMBRAPII 2 – Obtenção liga NdFeB

- Set/16 – Ago/17 – MR\$ 6,0 – (MR\$ 3,33 CBMM)

BNDES/FUNTEC – Obtenção Imãs NdFeB – Scale up EMBRAPII 2

- Em análise BNDES – MR\$ 13,2 (MR\$ 3,0 CBMM)
- Parceria CBMM/IPT/UFSC/WEG

	% (peso)
Nd	58 - 92
Pr	7 - 44
Mg	0,027
Al	0,015
TR	0,1





OBRIGADO

Clovis Antonio de Faria Sousa

Superintendente de Produção CBMM

clovis.sousa@cbmm.com

Rogério Contato Guimarães

Superintendente de Produção CBMM

rogerio.guimaraes@cbmm.com