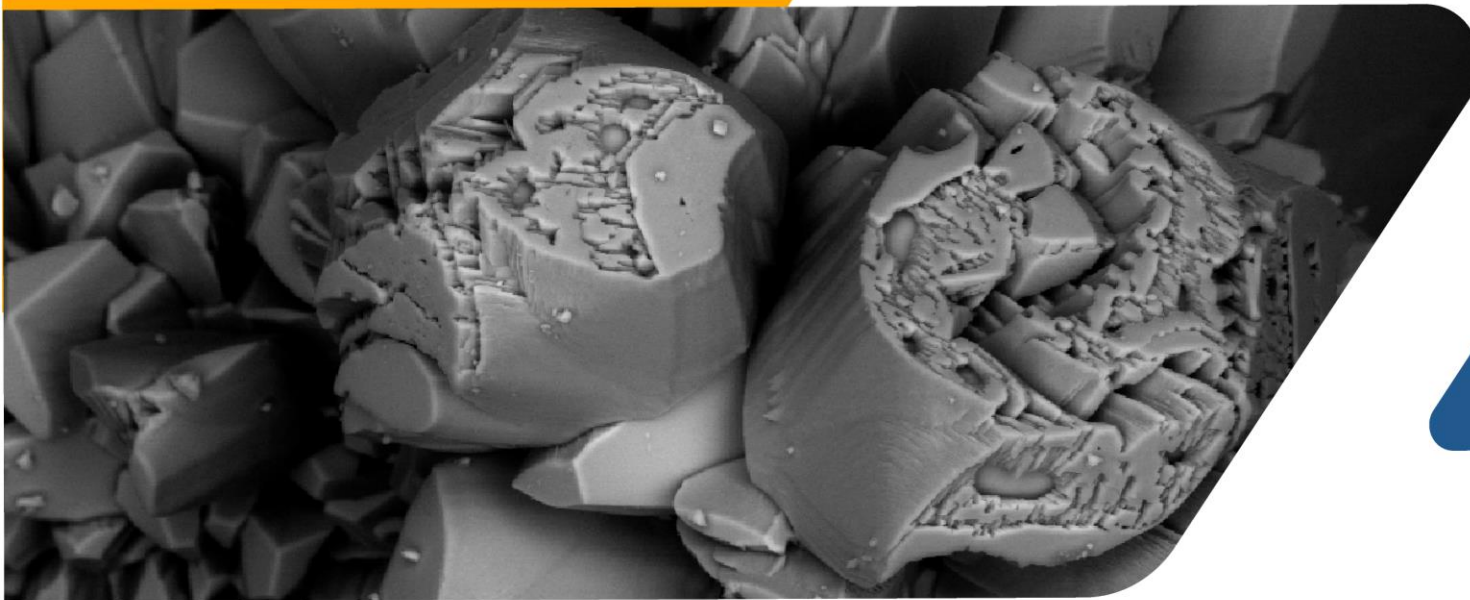




Laboratório de
Caracterização
Tecnológica

Terras raras

Matérias primas, aplicações, contexto econômico, reservas e beneficiamento

2020

Saulo Colenci

Contexto das Terras Raras (TR)

O que são as TR?



ETRL: La ao Eu + Sc

ETRP: Gd ao Lu + Y

1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]	2 He helium 4.0026											13 B boron 10.81 [10.805, 10.821]	14 C carbon 12.01 [12.009, 12.012]	15 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.009]	16 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	17 F fluorine 18.998	18 Ne neon 20.180
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.967]	4 Be beryllium 9.0122											13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.086 [28.084, 28.088]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.071]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948 [39.952, 39.963]
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]	3 Sc scandium 44.956	4 Ti titanium 47.867	5 V vanadium 50.942	6 Cr chromium 51.996	7 Mn manganese 54.938	8 Fe iron 55.845(2)	9 Co cobalt 58.933	10 Ni nickel 58.693	11 Cu copper 63.546(3)	12 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium 98.906(2)	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.38]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium [209]	85 At astatine [210]	86 Rn radon [222]
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	113 Nh nihonium [284]	114 Fl flerovium [289]	115 Mc moscovium [288]	116 Lv livermorium [293]	117 Ts tennessine [294]	118 Og oganesson [294]
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium [261]	105 Db dubnium [262]	106 Sg seaborgium [266]	107 Bh bohrium [264]	108 Hs hassium [277]	109 Mt meitnerium [268]	110 Ds darmstadtium [271]	111 Rg roentgenium [272]	112 Cn copernicium [285]	113 Nh nihonium [284]	114 Fl flerovium [289]	115 Mc moscovium [288]	116 Lv livermorium [293]	117 Ts tennessine [294]	118 Og oganesson [294]



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium [145]	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium [237]	94 Pu plutonium [244]	95 Am americium [243]	96 Cm curium [247]	97 Bk berkelium [247]	98 Cf californium [251]	99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]	101 Md mendelevium [258]	102 No nobelium [259]	103 Lr lawrencium [262]

Fonte: https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.pdf

Contexto das Terras Raras (TR)

Principais minerais portadores de ETR

+ de 250 minerais

Classes de minerais:

- ✓ Carbonatos
- ✓ Fluorcarbonatos
- ✓ Fosfatos
- ✓ Silicatos
- ✓ Fluoretos
- ✓ Óxidos



Monazita (65%)

Fosfato de Terras Raras e Tório
(ETR,Th)PO₄

La₂O₃ – 16,95%

Ce₂O₃ – 34,16%

Nd₂O₃ – 14,01%

ThO₂ – 5,50%

P₂O₅ – 29,55%



Bastnaesita (75%)

Fluorcarbonato de terras raras
(ETR)(CO₃)F

Ce₂O₃ – 74,90%

CO₂ – 20,08%

F – 8,67%



Xenotima (61%)

Fosfato de Ítrio e Terras Raras
(Y,ETR)PO₄

Y₂O₃ – 61,40%

P₂O₅ – 38,60%

- Loparita (ETR,Na,Ca)(Ti,Nb)O₃
- Argilas iônicas



Aplicações

Principais aplicações dos ETR



- Ímãs permanentes (Dy, Nd, Pr, Sm e Tb)
 - ✓ Motores de veículos elétricos e híbridos
 - ✓ Energia eólica
 - ✓ Ferramentas elétricas sem fios
- Catalisadores (Ce, La, Nd e Pr)
 - ✓ Leito fluidizado (FCC)
 - ✓ Automotivo
- Ligas metálicas ferrosas (Todos ETR)
 - ✓ Indústria metalúrgica e siderúrgica



(CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012)

Aplicações

Principais aplicações dos ETR



- Ligas metálicas não ferrosas (Todos ETR)
 - ✓ Indústria aeroespacial
 - ✓ Geração de energia nuclear
- Fósforo (Ce, Eu, Gd, La, Pr, Tb e Y)
 - ✓ Lâmpadas de LED
 - ✓ Telas de LCD
- Pós para polimentos de vidros e lentes (Ce)
- Fabricação de vidros e lentes especiais (Ce, La)

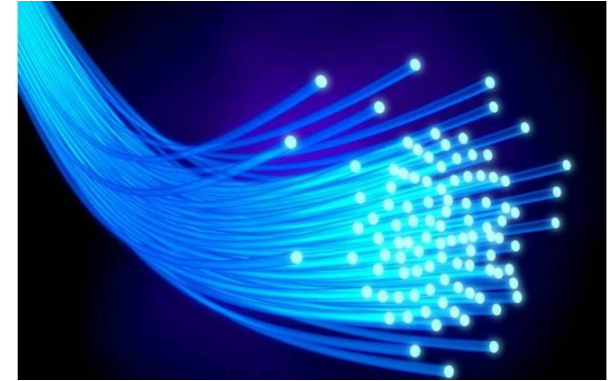


Aplicações

Principais aplicações dos ETR



- Fibras ópticas dopadas (Eu, Er, Ho, Nd, Tb e Y)
- Baterias de níquel-metal-hidreto (La)
 - ✓ Baterias de alta eficiência p/ carros elétricos
- Cerâmicos (Todos ETR)
 - ✓ Capacitores

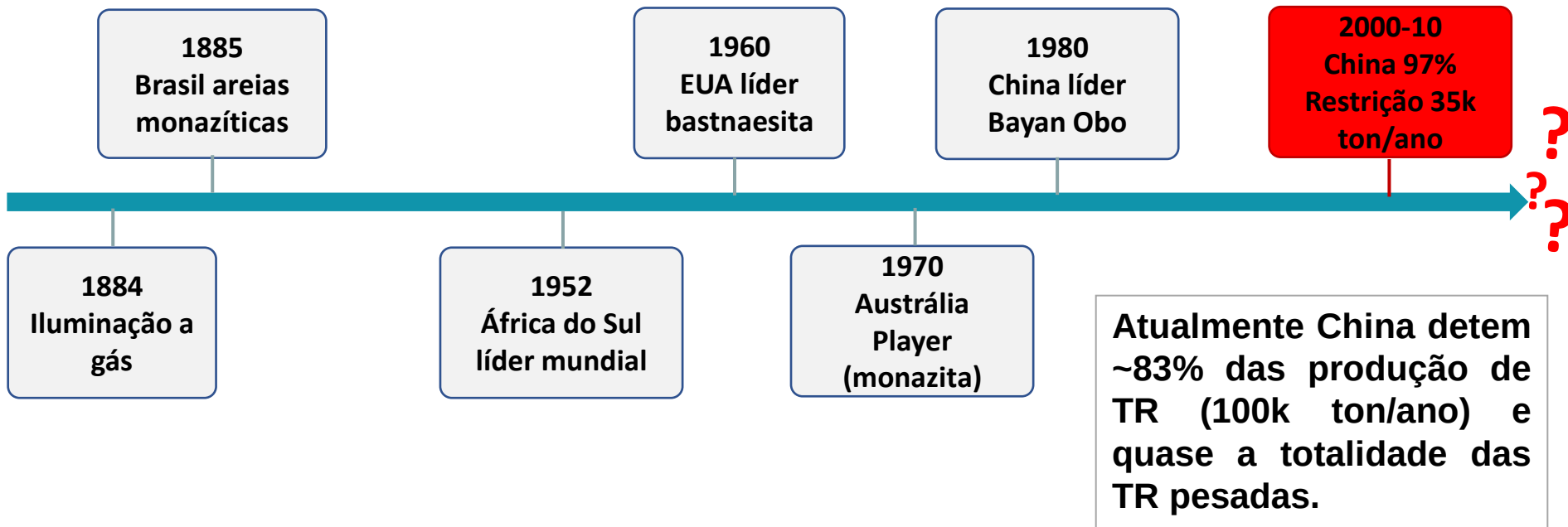


Contexto econômico

Timeline



- A importância das TR está intrinsecamente associada a corrida tecnológica e muito aplicado a energia limpa



Contexto econômico

Timeline



Bayan Obo China



China: 1º lugar

Bayan Obo (Mongólia)

Rochas carbonatíticas expostas a processos hidrotermais (poliminerálico Fe-ETR-Nb)

OTR = 5-6%

*Mineral de minério: **bastnaesita** (subproduto)*

Mountain Pass EUA



EUA: 2º lugar

Mountain Pass (Califórnia)

Rochas carbonatíticas

OTR = 5-10%

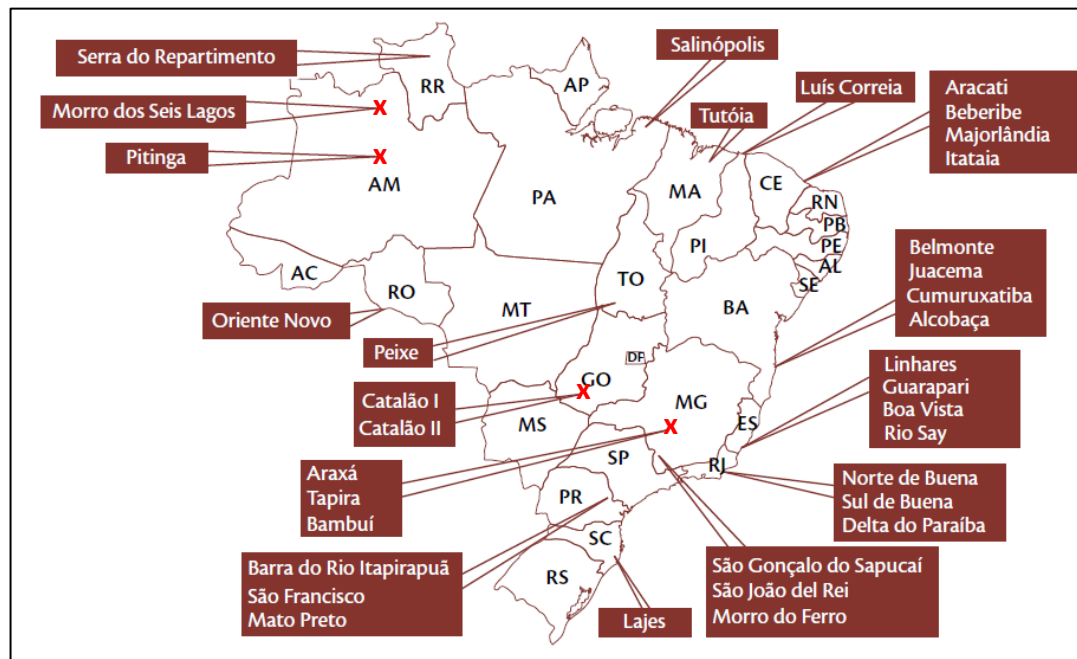
*Mineral de minério: **bastnaesita***

*Mina fechada desde 2002

Recursos



- numerosas e importantes reservas geológicas, **principalmente relacionadas a complexos alcalino-carbonatíticos**



Ocorrência	Quantidade (t)	Teor de óxidos de TRs (%)	Quantidade total de óxidos de TRs (t)
Araxá (MG)	450.000.000	1,80	8.100.000
Catalão I (GO)	10.000.000	0,90	90.000
Pitinga (AM)	164.000.000	13,60	246.000
Poços de Caldas (MG)	-	-	115.000
Seis Lagos (AM)	2.900.000.000	1,50	43.500.000
Tapira (MG)	5.200.000	10,5	546.000
Total	3.529.200.000		52.597.000

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

Recursos



Recursos (10 ³ toneladas)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	% 2016	% 2018
Estados Unidos	13.000	13.000	13.000	1.800	1.800	1.400	1	16,7
Austrália	1.600	1.600	2.100	3.200	3.200	3.400	3	
Brasil	48	36	22.000	22.000	22.000	22.000	18	
China	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	44.000	37	
Índia	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	6.900	9	
Malásia	30	30	30	30	30	30	<1	
Outros	41.000	41.000	41.000	41.000	41.000	42.500	35	
Total	115.000	115.000	140.000	130.000	130.000	120.000	100	
Produção (toneladas)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	% 2016	% 2018
Estados Unidos	-	800	5.500	5.400	5.900	-	-	1,50
Austrália	2.200	3.200	2.000	8.000	12.000	14.000	11	
Brasil	250	140	330	-	880	1.100	1	
China	105.000	100.000	95.000	105.000	105.000	105.000	83	
Índia	2.800	2.900	2.900	-	1.700	1.700	1	
Malásia	280	100	180	240	500	300	<1	
Outros	-	2.400	2.500	2.500	3.800	4.100	3	
Total	110.000	110.000	110.000	123.000	130.000	126.000	100	

Fonte: (USGS, 2017). Obs: - = dados não disponíveis.

ESTAGNAÇÃO!!!

Ações do Governo Brasileiro



≡ O GLOBO ECONOMIA

China avalia retaliar EUA com veto a exportações de terras

raras, us
alta tecn
substância

ipt

INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

120
anos

BRASIL
mineral

NOTÍCIAS EDIÇÕES

Últimas Edições



Edição 390

Maio 2019

Busca

Sobre o IPT

Soluções Tecnológicas

Centros Tecnológicos

Consultas Online

Calibrações
Ensaios
Materiais de Referência
+ Mais Consultas

Plataforma
Municípios

Notícias

Notícias

compartilhe



03.01.17

Cadeia de superímãs

Após produção do didímio metálico, parceria entre IPT e CBMM visa obtenção de liga didímio-ferro-boro



12/06/2019

TERRAS RARAS

Serra Verde obtém LI para Minaçu

Edição 390

Maio 2019

Busca

to de mineral estratégico no Plano Nacional de
com rec
o situadas

≡ O GLOBO MUNDO

LA ROCHE-POSAY
LABORATOIRE DERMATOLOGIQUE

NADA SUPERA
A TECNOLOGIA
AIRLICIUM



maior

| Metalurgia | Petróleo

MÍDIA KIT

CONTATO



21/09/2017

TERRAS RARAS

Brasil terá laboratório-fábrica em 2018

Métodos de lavra e técnicas de beneficiamento variados, pois provem dos tipos bastante variados de depósitos, muitas vezes extraídos como subprodutos.

Bastnaesita da China (Bayan Obo) - 6% OTR

cominuição (P_{95} 0,074 mm) → concentração magnética de baixo campo (magnetita) → flotação (fluorita, calcita, barita) → conc. Magnético de alto campo (hematita) → concentração densitária (bastnaesita / monazita)

Concentrado físico ~60% OTR
(alimentação do processo químico)

No Brasil, os minerais de TR usualmente estão na forma de agregados de cristais com granulação micrométrica, o que dificulta a concentração física

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

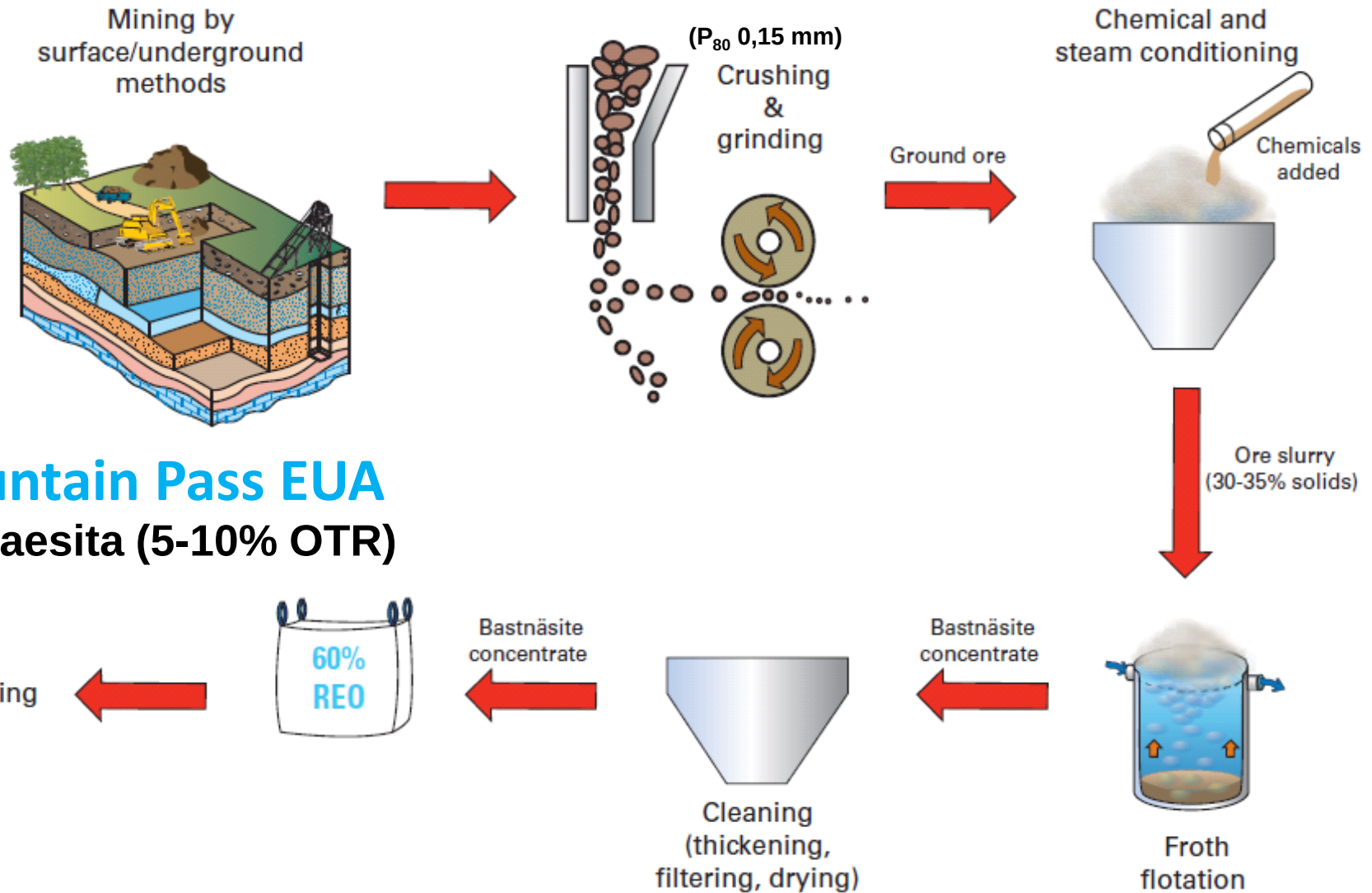
Lavra

Concentração física

Processamento
químico

Extração e beneficiamento

Bastnaesita



Mountain Pass EUA

Bastnaesita (5-10% OTR)

Extração e beneficiamento

Monazita



“Areias monazitas”: areias contendo minerais pesados (titânio e zircônio)

Monazita → amarelo

Ilmenita → preto

Técnica de extração mais utilizada é a dragagem

Beneficiamento:

Densitária

Ilmenita / Zircão / Monazita
(produto pesado)

Eletrostático

Zircão / Monazita
(não condutores)

Magnético

Monazita → 55 a 65% OTR
(magnetismo)

Obrigado



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo
Av. Prof. Mello Moraes 2373
CEP 05508030

lct@lct.poli.usp.br
www.lct.poli.usp.br

+55 (11) 30915151
+55 (11) 94152-7407

[lct-usp-laboratório-de-caracterização-tecnológica](#)

