



UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



GEOCIÊNCIAS



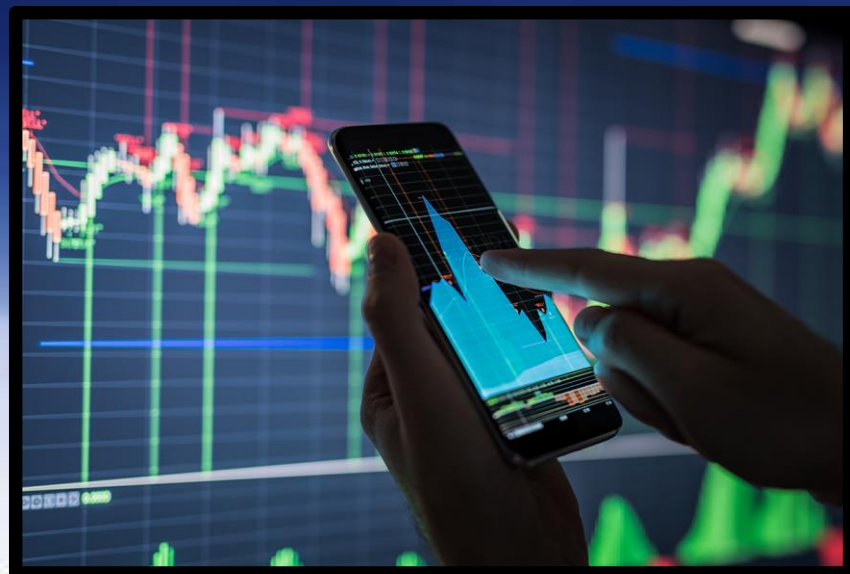
RECURSOS MINERAIS **(0440413)**

CONCEITOS INICIAIS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
SEDIMENTAR E AMBIENTAL

Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis

assis.rafael@usp.br



OBJETIVOS

Apresentar ao aluno os **principais tipos de minérios e sua formação**, além das noções básicas da **legislação mineral** e etapas da **prospecção, pesquisa e avaliação de jazidas**, assim como o funcionamento de um empreendimento mineiro, com relação à **lavra e beneficiamento**, e seus **principais impactos ambientais**.

Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis (responsável)

.... ABORDAGEM

Aulas teóricas e práticas

- Conceitos Iniciais e histórico da mineração
- Legislação Mineral
- Pesquisa e Prospecção Mineral
- Lavras e tratamento de minério
- Impactos ambientais
- Contexto Mineral brasileiro (Províncias Metalogenéticas)

... Práticas e teóricas com alguns dos principais grupos de substâncias designadas como “Recursos Minerais”

- *Sulfetos*
- *Óxidos*
- *Alumínio*

AVALIAÇÃO

RECURSOS MINERAIS

Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis (responsável)

FORMAS DE AVALIAÇÃO:

(1) Atividades extraclasse e descrições (A)	15%
(2) Trabalho de <i>Commodity</i> Mineral (CM)	20%
(3) Média das duas Provas Teóricas (MP)	35%
(4) Prova Prática (PP)	30%

$$Média Final = \frac{0,15 * A + 0,2 * CM + 0,35 * MP + 0,30 * PP}{1}$$

RECURSOS NATURAIS

RECURSO NATURAL

São componentes/materiais que ainda não tenham sido transformados pelo trabalho humano e cuja própria origem é independente do homem (origem natural), mas aos quais lhes foram atribuídos, historicamente, valores econômicos, sociais e culturais. Portanto, só podem ser compreendidos a partir da relação homem-natureza.



RECURSOS NATURAIS

RECURSO NATURAL RENOVÁVEL

É aquele que pode ser reposto (pela NATUREZA), após extraído pelas atividades antrópicas, dentro da escala humana de tempo. A reposição pode ocorrer de tempos em tempos. Reposição é equivalente ou superior a sua taxa de consumo pela sociedade.



RECURSOS NATURAIS

RECURSO NATURAL NÃO RENOVÁVEL

É um recurso natural que não pode ser produzido, regenerado ou reutilizado a uma escala que possa sustentar a sua taxa de consumo. Esses recursos existem muitas vezes em quantidades fixas, ou são consumidos mais rapidamente do que a natureza pode produzi-los.

Cobre



© SUE FULLER, 1995

Ouro



Petróleo

RECURSOS NATURAIS

TIPOS DE RECURSOS:



◀ **RECURSOS HÍDRICOS**

RECURSOS MINERAIS ▼



◀ **RECURSOS ENERGÉTICOS**



RECURSOS NATURAIS

RECURSOS MINERAIS

(exceto recursos energéticos e recursos hídricos)



BENS MINERAIS METÁLICOS E NÃO METÁLICOS *(commodities)*



Commodities (mercadoria) são materias-primas (que não passaram por processo industrial), que são produzidas em larga escala, comercializadas em nível mundial e negociadas em bolsas de valores. Portanto, têm seus preços definidos em nível global, pelo mercado internacional. São produzidas por diferentes produtores, mas com características uniformes. Geralmente, são produtos que podem ser estocados por um determinado período de tempo sem que haja perda de qualidade.

- ✓ *Commodities agrícolas*
- ✓ *Comoditites financeiras*
- ✓ *Commodities ambientais*
- ✓ COMMODITIES MINERAIS

Economia
Políticas Públicas

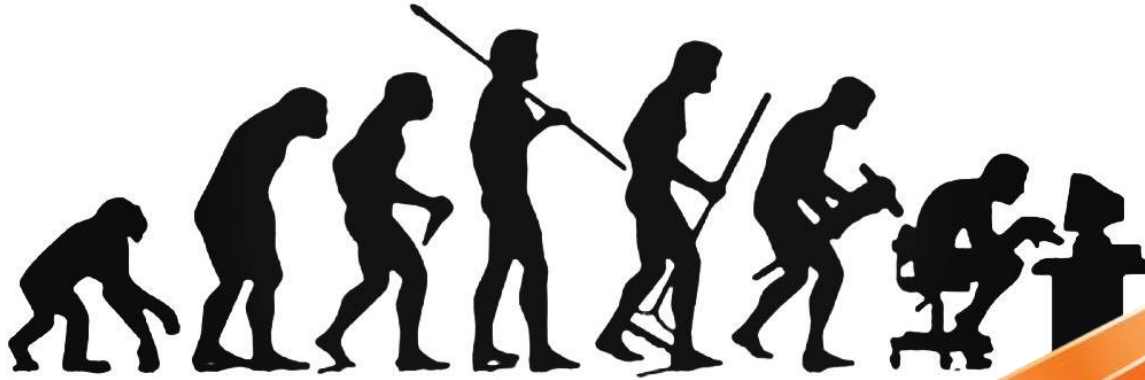
**RECURSOS
MINERAIS**

Meio Ambiente
Saúde Pública
Segurança

Sustentabilidade
Necessidade da Sociedade

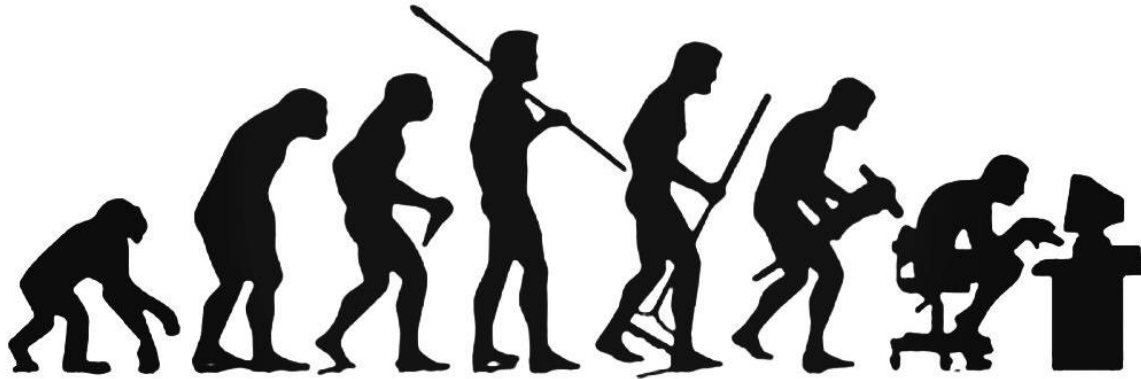
IMPORTÂNCIA

IMPORTÂNCIA DOS METAIS



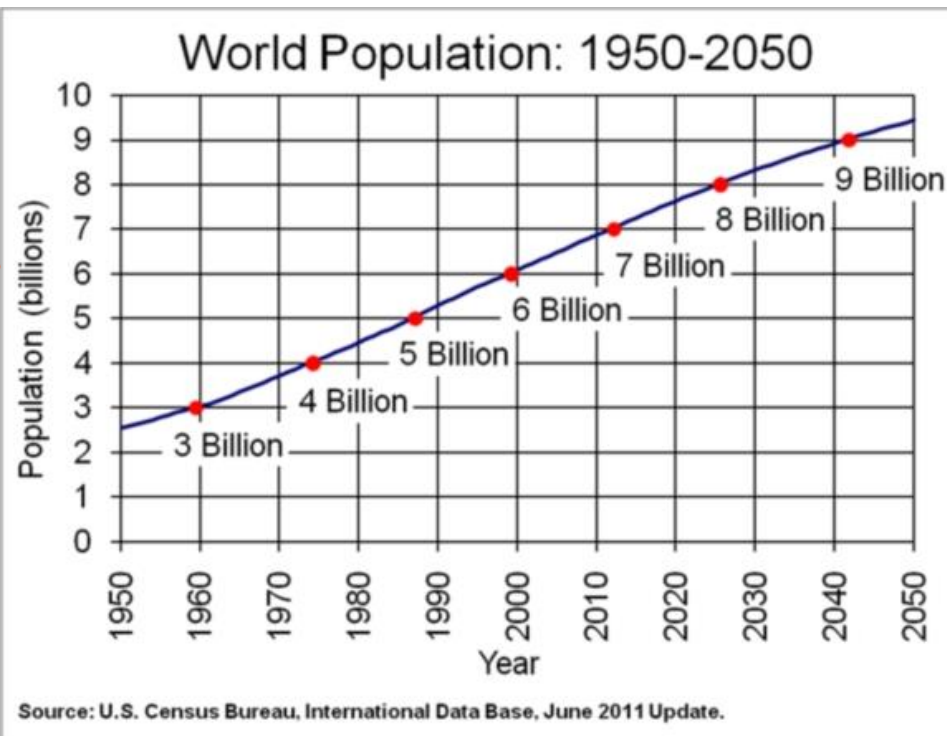
IMPORTÂNCIA

IMPORTÂNCIA DOS METAIS



Recursos minerais têm sido utilizados de forma contínua, crescente e cada vez mais complexa pela humanidade desde ca. de 3 Ma.

A demanda mundial por metais dobra a cada 20-30 anos



Crescimento populacional continuamente crescente...

04/agosto/2019; 0:01h

7,722,158,256

[view all people on 1 page >](#)

TODAY

Births today

318

Deaths today

134

Population Growth today

184

THIS YEAR

Births this year

82,928,505

Deaths this year

34,794,151

Population Growth this year

48,134,354

03/março/2020; 18:28h

7,768,444,235

[view all people on 1 page >](#)

TODAY

Births today

295,523

Deaths today

124,068

Population Growth today

171,455

THIS YEAR

Births this year

24,090,964

Deaths this year

10,113,964

Population Growth this year

13,977,000

World Population

10000000000

8000000000

6000000000

4000000000

2000000000

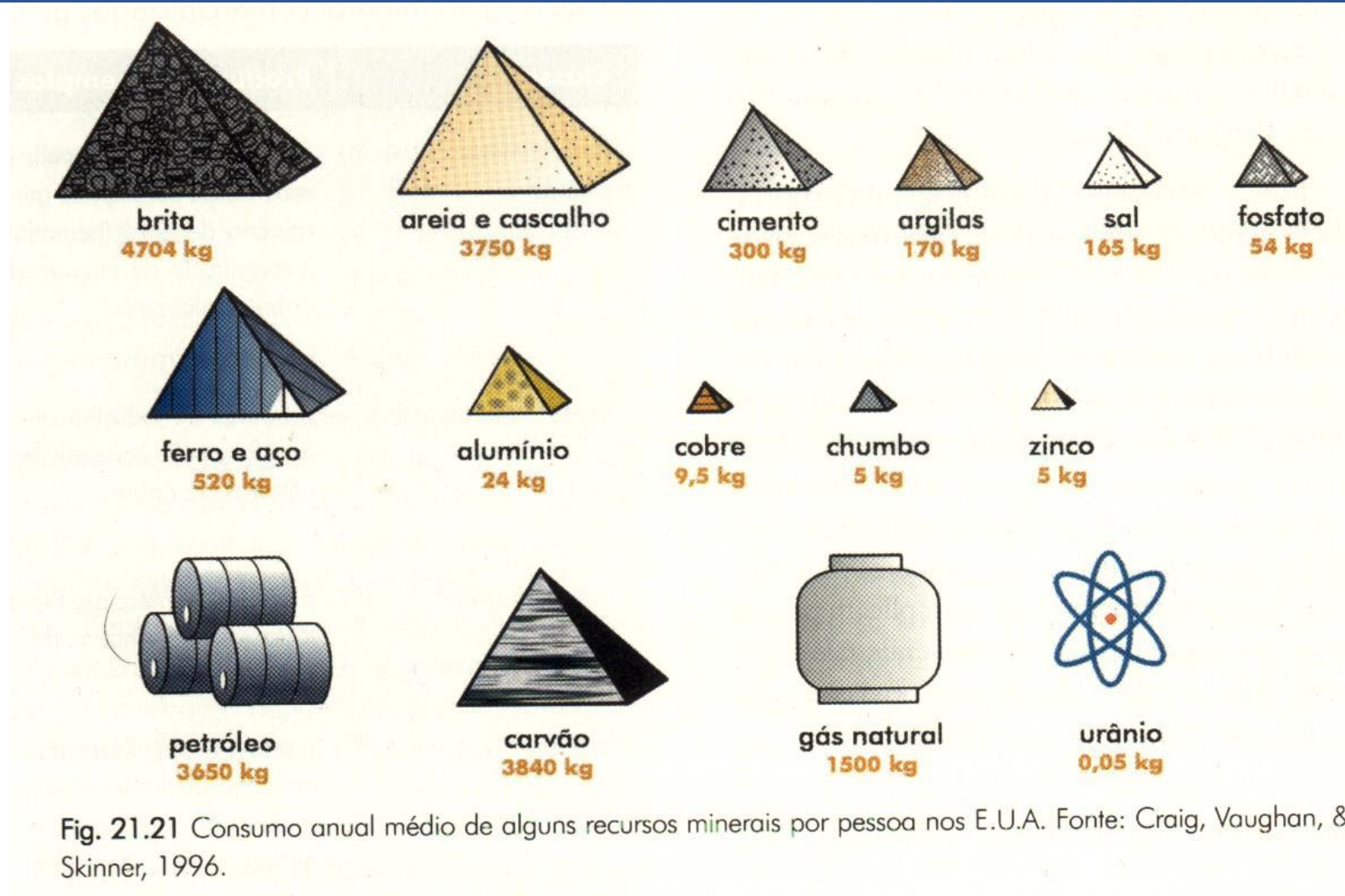
1900 2000 2100

46.285.979 habitantes em ~07 meses.

... CIDADE DE SÃO PAULO: 12,18 milhões habitantes
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO: ~21,5 milhões habitantes

... Crescente necessidade por insumos minerais (dentre eles, os industriais).

DEMANDA POR RECURSOS MINERAIS



A humanidade utiliza 40 bilhões de tons de material mineral/ano
➤ 2x superior à taxa de erosão anual global.

IMPORTÂNCIA

IMPORTÂNCIA DOS METAIS

Possuem certas propriedades que outros materiais não apresentam: **resistência mecânica, dureza alta, condutividade térmica e elétrica, resistência à corrosão**, etc.

Possuem aplicações que outros materiais não podem facilmente, ou com baixos custos, substituir.

A civilização é dependente dos recursos naturais da crosta terrestre.

Liste cinco itens que considere essenciais para a sua vida diária...

Ítems considerados essenciais na vida diária*	
Automóvel	63%
Lâmpada	54%
Telefone	42%
Televisão	22%
Aspirina	19%
Fogão micro-ondas	13%
Secador de cabelo	8%
Computador	8%

Automóvel utiliza aproximadamente 39 minerais e metais diferentes.

Lâmpada utiliza W, Mo, bauxita, Cu, e Li na sua confecção.

Pasta de dente: Si, Al, calcário, mica, fluorita, fosfatos e Ti.

Papel de revistas: Na, calcário, gipsita, caolinita, enxôfre, Mg, Ti, Ca.

DEMANDA POR RECURSOS MINERAIS

Demanda por recursos naturais em 1932

1																	2						
H																	He						
3	4																	5	6	7	8	9	10
Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne
11	12																	13	14	15	16	17	18
Na	Mg																	Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36						
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr						
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54						
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe						
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86						
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn						
87	88	89																					
Fr	Ra	Ac																					
			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71							
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu							
			90	91	92																		
			Th	Pa	U																		

O número de *commodities* minerais na demanda por produtos pela sociedade tem aumentado de forma exponencial nos últimos 80 anos.

DEMANDA POR RECURSOS MINERAIS

Demanda por recursos naturais em 2012

1	Energia Transporte Saúde Informática Construção Investimento																2				
H																	He				
3	4															5	6	7	8	9	10
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
11	12															13	14	15	16	17	18
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86				
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
87	88	89																			
Fr	Ra	Ac																			
			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71					
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
			90	91	92																
			Th	Pa	U																

A maioria dos elementos apresenta, atualmente, maior participação na construção da economia

A maioria dos elementos apresenta, atualmente, mais do que três tipos de aplicações.

O número de *commodities* minerais na demanda por produtos pela sociedade tem aumentado de forma exponencial nos últimos 80 anos.

DEMANDA E NECESSIDADES

Por quê necessitamos de Recursos Minerais?

Fornecem os minerais, substâncias e metais necessários para a sociedade.

Grande parte do que utilizamos direta ou indiretamente na vida diária depende de recursos minerais.



Rare earth minerals

Group of 17 elements used in a wide range of consumer products

Features:

- ▶ Gray to silvery metals
- ▶ Soft, malleable and ductile

China supplies at least 95 percent of world's rare earths

Some products that contain rare earth elements:

- **iPods**
dysprosium, neodymium, praseodymium, samarium, terbium
- **Wind turbines**
dysprosium, neodymium, praseodymium, terbium
- **Hybrid vehicles**
dysprosium, lanthanum, neodymium, praseodymium
- **Fibre optics**
erbium, europium, terbium, yttrium
- **Energy-efficient fluorescent light bulbs**
europium, terbium, yttrium

Source: USGS

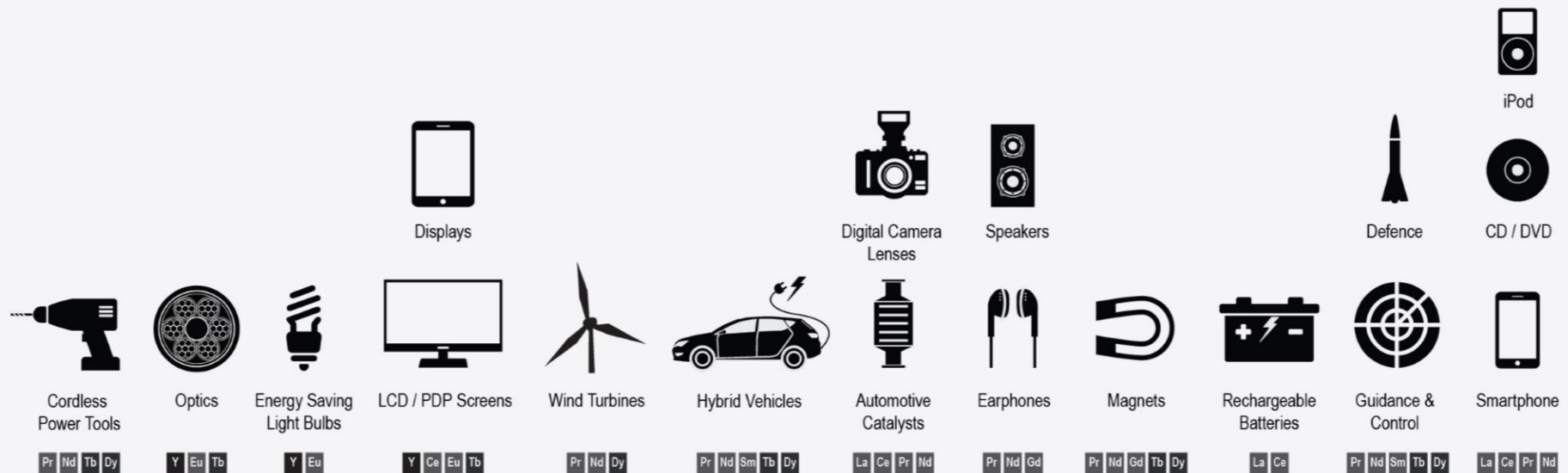
AFP

DEMANDA E NECESSIDADES

RARE EARTHS AT A GLANCE

APPLICATIONS

FONTE: <https://earthjournalism.net/stories/the-dark-side-of-renewable-energy>



CLASSIFICATION

21 Sc Scandium	39 Y Yttrium	57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
Light Rare Earth Elements (LREE)										Heavy Rare Earth Elements (HREE)						

DEMANDA E NECESSIDADES

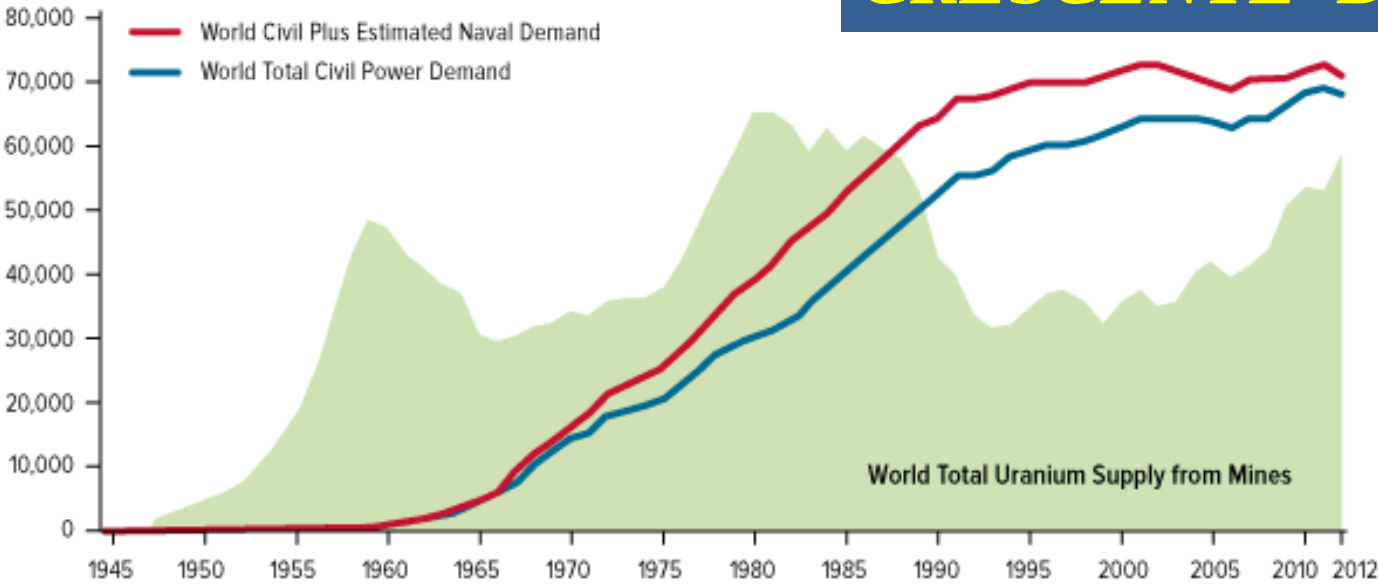


1. **RADIO:** Includes aluminum, copper, gold, iron, and petroleum products.
2. **TOASTER:** Includes copper, iron, nickel, mica, chromium, and petroleum products.
3. **ELECTRICAL WIRING:** Includes copper, aluminum, and petroleum products.
4. **MICROWAVE:** Includes copper, gold, iron, nickel, and silica.
5. **STOVE:** Includes aluminum, copper, iron, nickel, and silica.
6. **REFRIGERATOR:** Includes aluminum, copper, iron, nickel, petroleum products, and zinc.
7. **TABLE SALT:** Includes halite; light salt can be made from sylvite. Most salt has added iodine.
8. **PLATES:** Includes clays, silica, and feldspar.
9. **CUTLERY:** Includes iron, nickel, silver, and chromium.
10. **CLOCK:** Includes iron, nickel, petroleum products, and silica.
11. **STAINLESS STEEL SINK:** Includes iron and nickel.
12. **BLACKBOARD:** Includes clays. Chalk includes limestone or petroleum products.
13. **MAGNET:** Includes cobalt.
14. **DISH RACK:** Made of petroleum products.

FONTE: <https://www.thinglink.com/scene/587412793989267459>

World Uranium Demand Outpacing Mine Supply

Tonnes of World Production

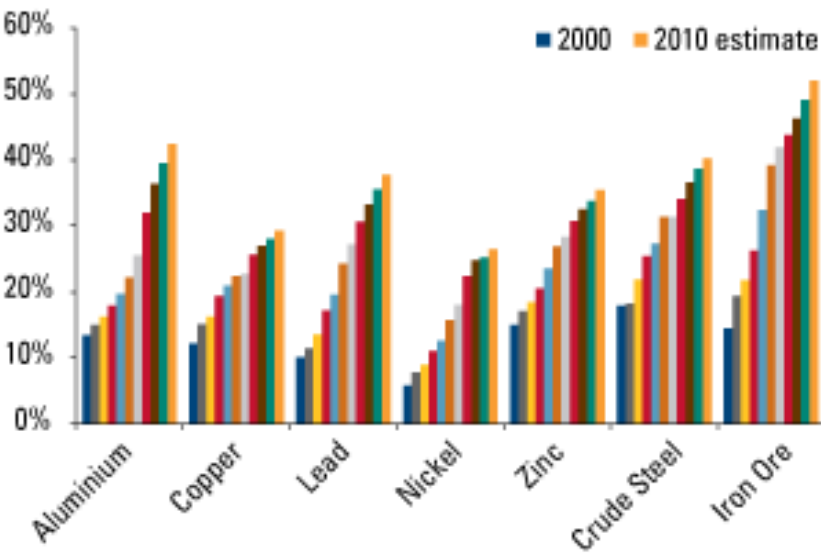


CRESCENTE DEMANDA

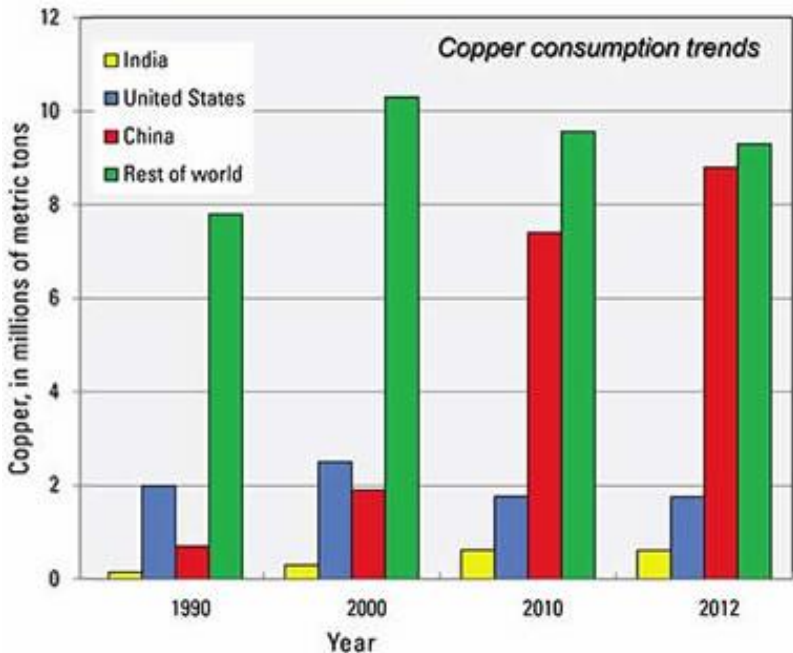
FONTE:
<http://www.usfunds.com/investor-library/investor-alert/?pageNum=461&nextNID=BF9D8F35-AF2A-838E-891B004B005607A1#.XGxQsbh7nIU>

Source: World Nuclear Association, U.S. Global Investors

Chinese consumption as a percentage of world demand

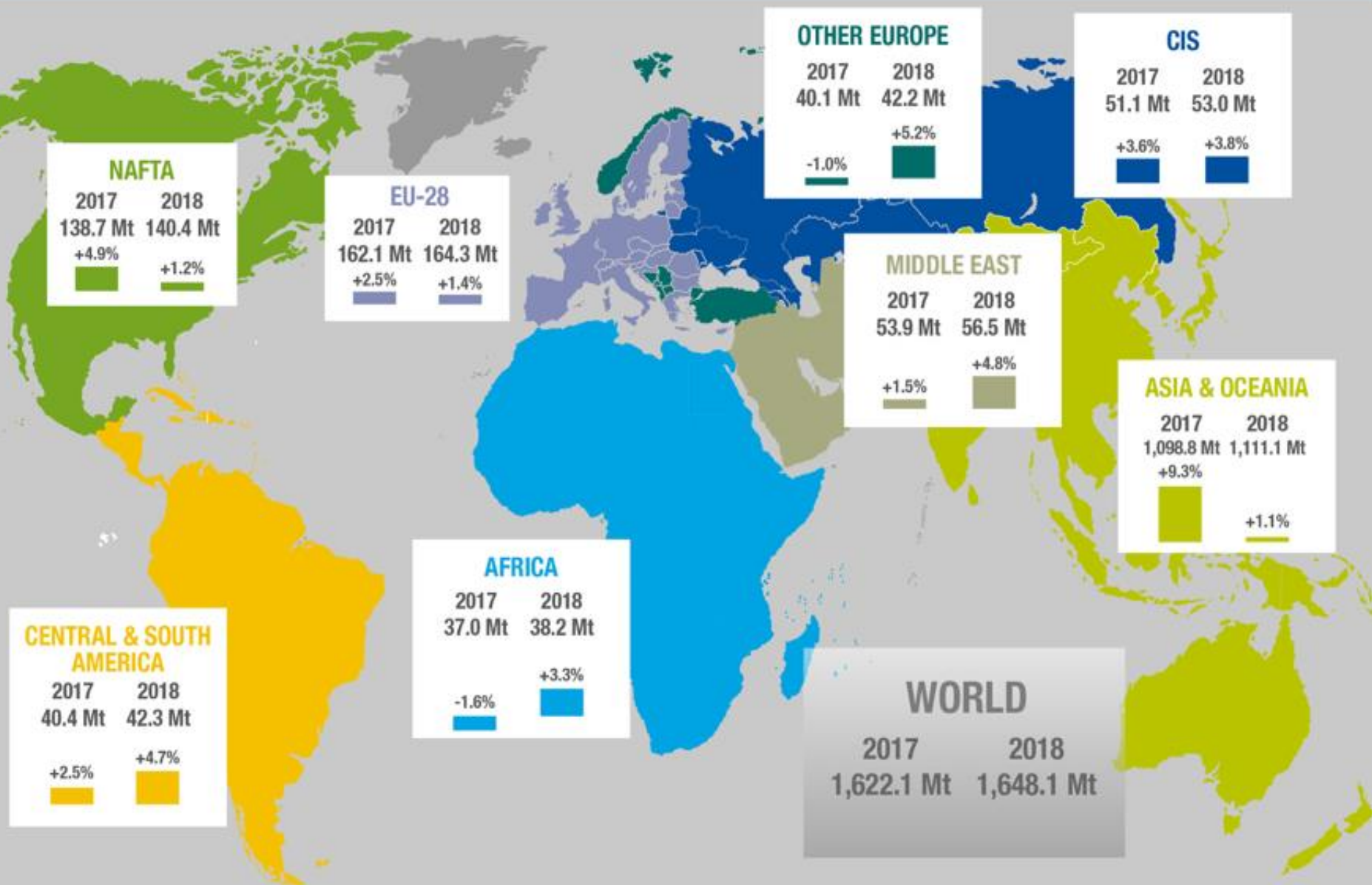


Source: Deutsche Bank, CEIC, Brook Hunt



STEEL DEMAND, FINISHED STEEL

Mt =million tonnes
y-o-y growth rate is expressed in %

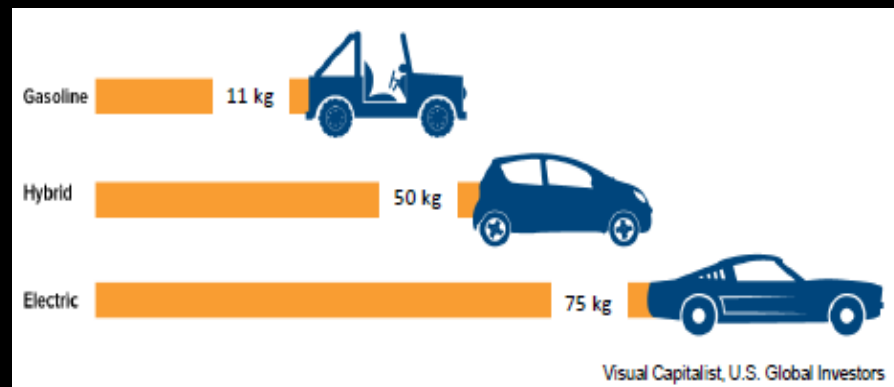




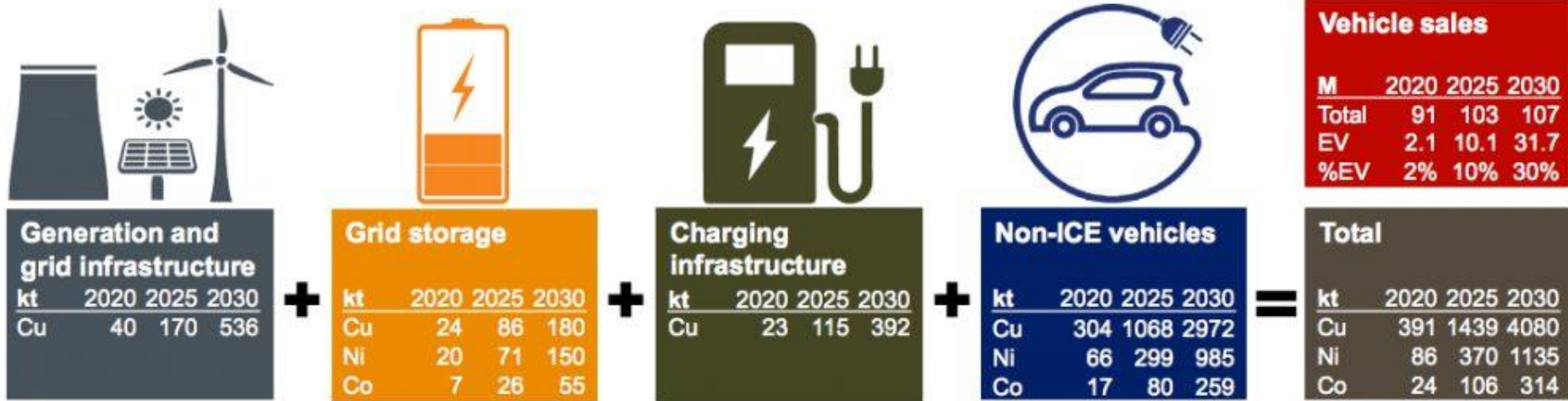
CONSUMO VS. DEMANDA

“A Indústria mundial de **cobre** precisa de **um novo depósito** do porte da Mina de Escondida **a cada 15 meses**, pelos próximos 10 anos, para atender a demanda global...”

Jean-Sebastien Jacques – Gerente de Cobre da Rio Tinto



CONSUMO VS. DEMANDA



Source: CRU "Mobility and Energy Futures – Perspectives towards 2035", prepared for Glencore by CRU Consulting – "Green" Scenario. See slide 26 for more detail on modelling framework. (1) The Electric Vehicles Initiative is a multi-government policy forum comprising Canada, China, Finland, France, Germany, India, Japan, Korea, Mexico, Netherlands, Norway, Portugal, South Africa, Sweden, UK and USA. <http://www.cleanenergyministerial.org/News/new-cem-campaign-aims-for-goal-of-30-new-electric-vehicle-sales-by-2030-85068>.

FONTE: <http://www.mining.com/much-copper-nickel-cobalt-electric-vehicle-world-needs/>

Traditional incandescent

100
watts

Wasted energy

1,600
lumens

Electric current heats an incandescent bulb's tungsten filament until it glows.

LIFE SPAN: 750 hours



PRICE: \$0.37 per bulb



Halogen incandescent

77*
watts

1,600
lumens

Halogen gas such as iodine inside the bulb prevents wear on the filament, allowing it to glow brighter.

1,000 hours



\$1.59 per bulb



Compact fluorescent (CFL)

23
watts

1,600
lumens

Excited gas in a CFL tube emits ultra-violet photons, which coax the bulb's coating to emit visible light.

10,000 hours



\$2.23 per bulb



Light-emitting diode (LED)

20
watts

1,600
lumens

An LED bulb contains many small semi-conductor units; each emits light when a voltage is applied.

20,000 hours



\$45 per bulb



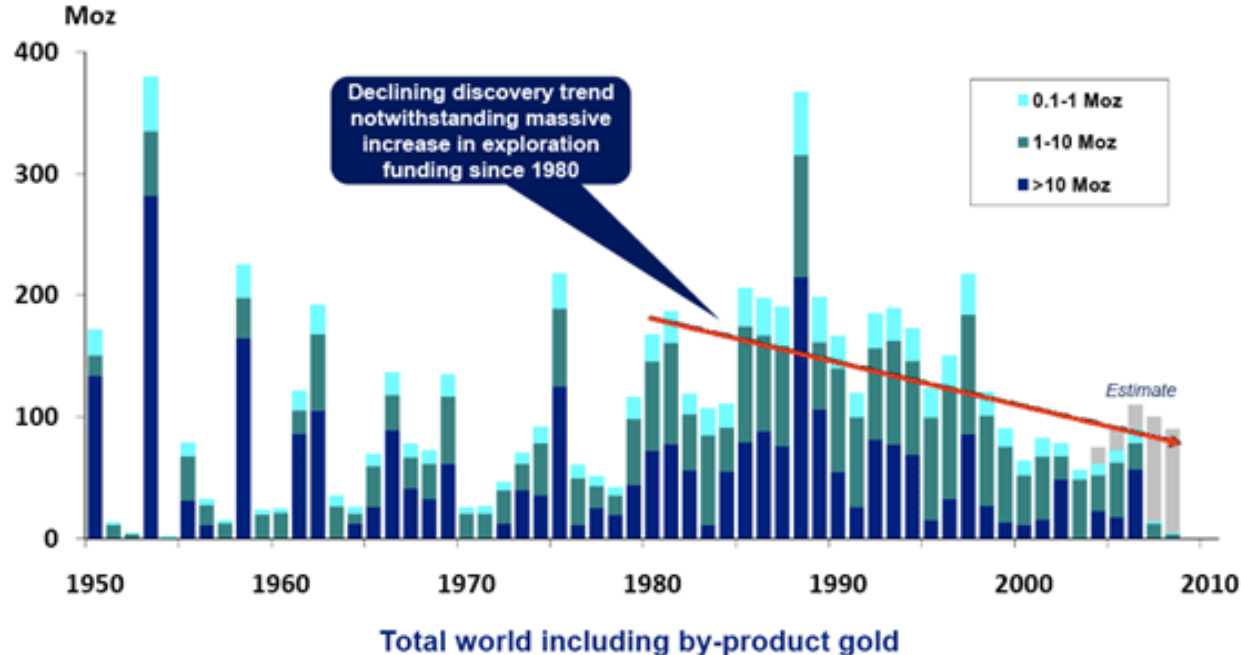
Aumento na economia, luminosidade e na quantidade de insumos metálicos.

CONSUMO VS. DEMANDA



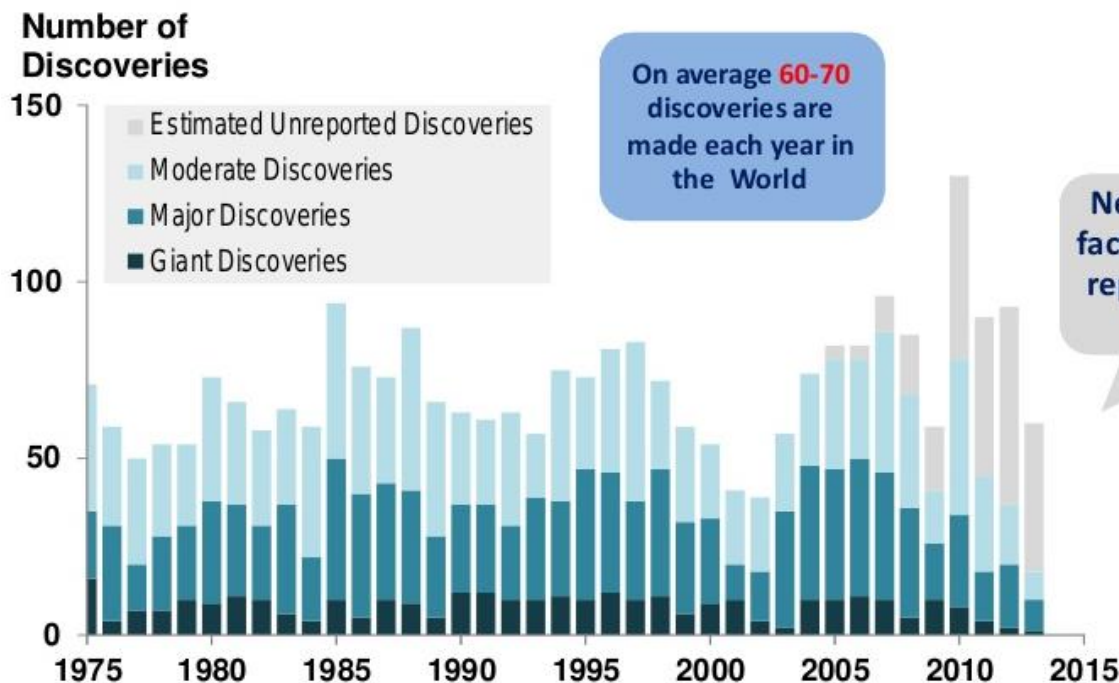
- **Aggregates and Crushed Stone (for concrete):** Mined in the United States.
- **Bauxite (aluminum):** Mined in Australia, China, Brazil, India, Guinea, Jamaica, Russia, Venezuela, Suriname, Kazakhstan, Guyana and Greece.
- **Clay and Shale (for cement):** Mined in United States.
- **Coal (by-product coke is used to make steel):** Coal is mined world-wide, and constitutes 45% of the generation of U.S. electricity.
- **Cobalt (magnets):** Mined in Congo-Kinshasa, Canada, Zambia, Russia, Australia, China, Cuba, Morocco, New Caledonia and Brazil.
- **Copper (wiring):** Mined in Chile, United States, Peru, China, Australia, Russia, Indonesia, Canada, Zambia, Poland and Mexico.
- **Gypsum (for cement):** Mined in China, United States, Iran, Spain, Thailand, Japan, Canada, Italy, France, Australia, Turkey, India, Russia, Saudi Arabia, Brazil, Egypt, Germany, United Kingdom, Algeria, Poland, Argentina and Austria.
- **Iron ore (steel):** Mined in China, Brazil, Australia, India, Russia, Ukraine, United States, South Africa, Iran, Canada, Sweden, Kazakhstan, Venezuela and Mexico.
- **Limestone (for cement):** Mined in United States.
- **Molybdenum (alloy in steel):** Mined in China, United States, Chile, Peru, Mexico, Canada, Armenia, Iran, Russia and Mongolia.
- **Rare Earth Oxides (magnets; batteries):** Mined in China, India and Brazil.
- **Zinc (galvanizing):** Mined in China, Peru, Australia, United States, Canada, India, Kazakhstan, Ireland and Mexico.
- **Silica Sand (for cement):** Mined in United States, Italy, Germany, United Kingdom, Australia, France, Spain, Japan, Poland, Hungary, South Africa, Mexico, Austria, Iran, Republic of Korea, Slovakia, Canada, Belgium, India, Bulgaria, Norway, Chile, Gambia, Turkey and Czech Republic.

CONSUMO VS. DEMANDA VS. DESCOBERTAS



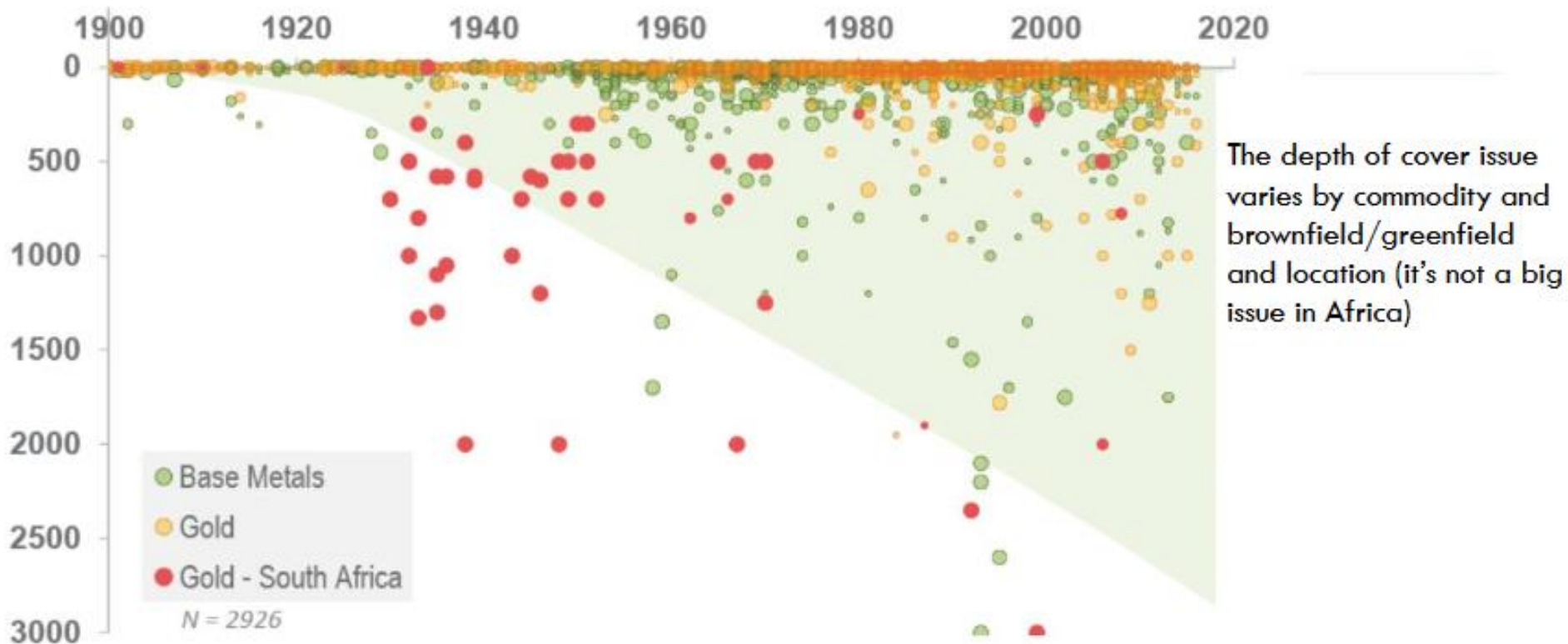
Note: Figures increased by 27% to reflect deposits not in the database or those deposits with no reported discovery date

Source: GFL/MinEx Consulting



CONSUMO VS. DEMANDA VS. DESCOBERTAS

Depth of cover versus discovery year:
Gold and Base metal discoveries in the World: 1900-2016

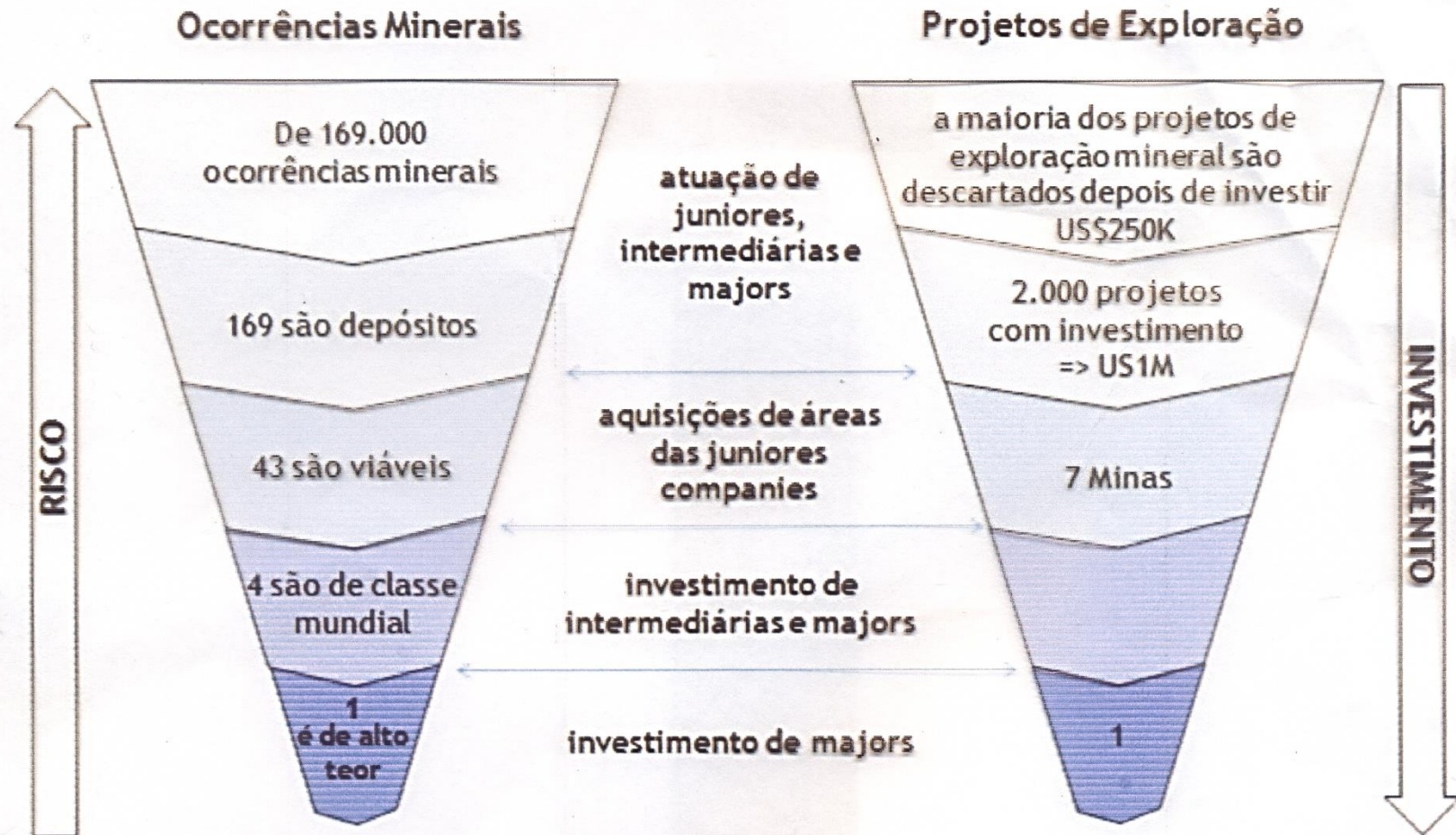


Depth (Metres) Note size of bubble refers to Moderate, Major and Giant discoveries. Source: MinEx Consulting© March 2017

Footprints de grande parte dos depósitos de classe mundial tem sido identificados na superfície ou à profundidades < 100 - 200 m.

MINERAÇÃO: Risco vs. Investimentos

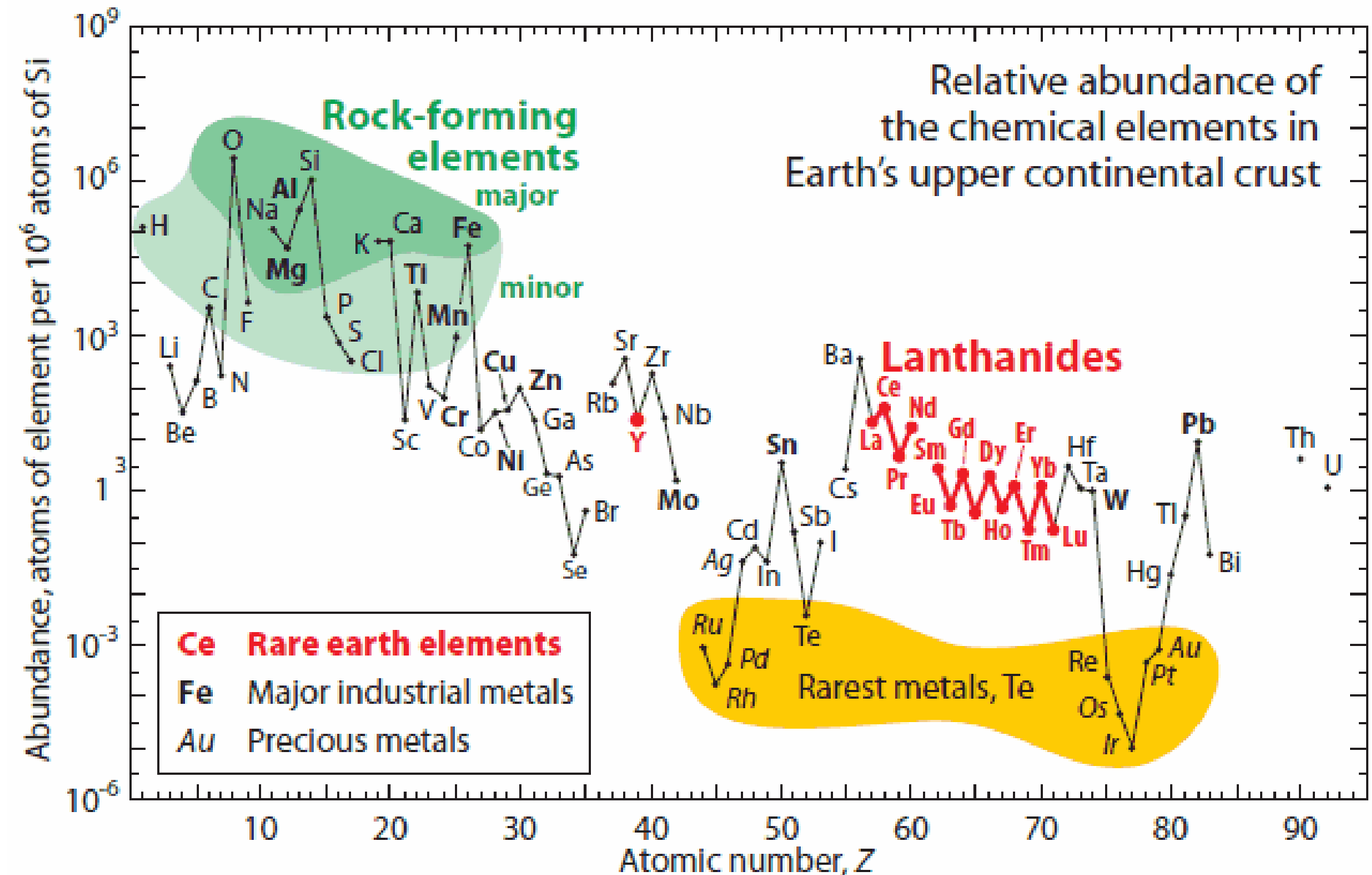
Mineração um negócio de alto risco



Fonte: Mine Valuation - Michael Dogget - Queens University / Canada.

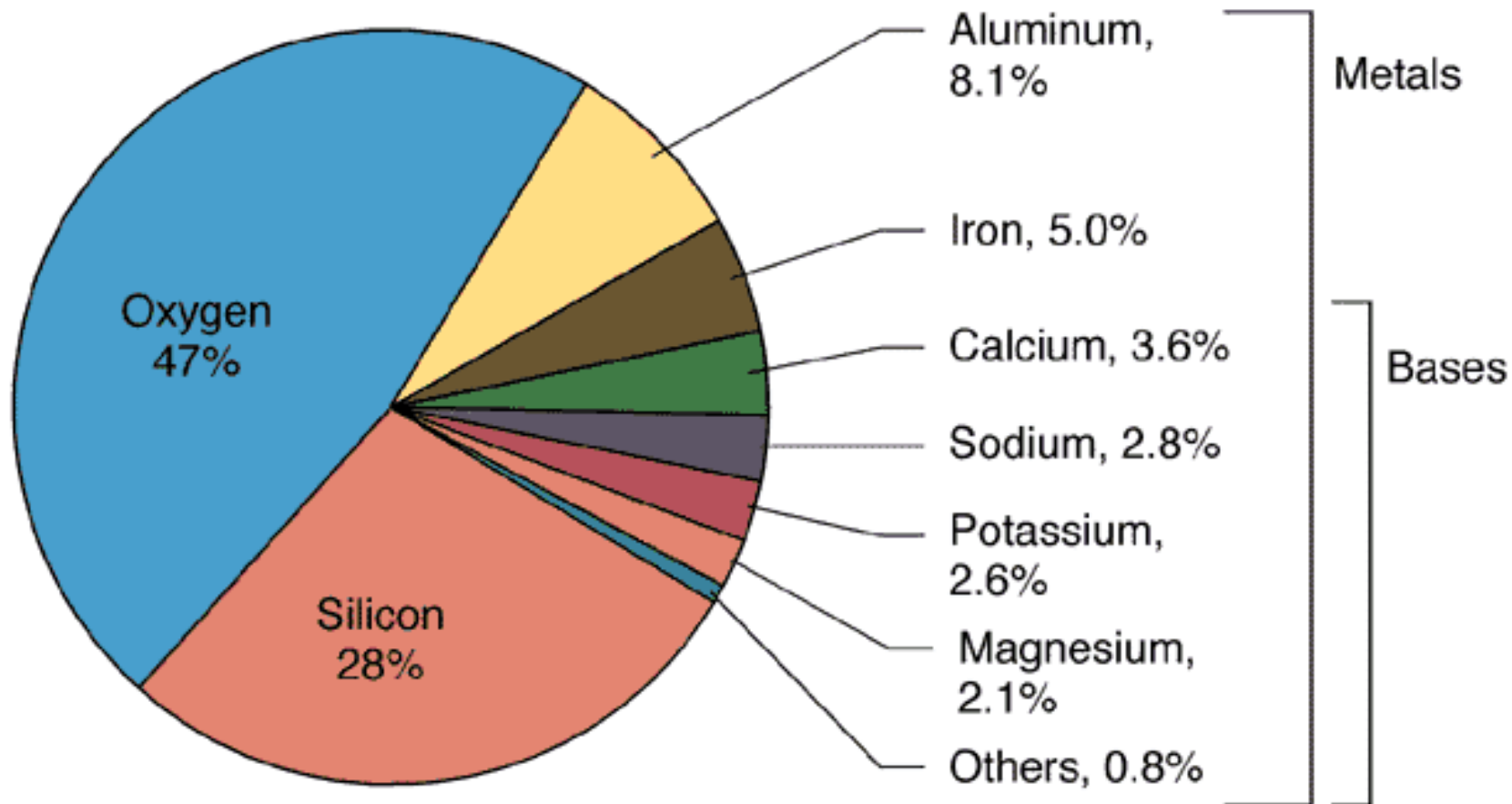
Fonte: How to profit on the road to failure - Richard S. Appel Estudo realizado pela Cominco na década de noventa.

ABUNDÂNCIA DOS ELEMENTOS



INTRODUÇÃO

Abundância dos elementos



INTRODUÇÃO

Abundância dos elementos

SYMBOL	NAME	WEIGHT PER CENT	SYMBOL	NAME	WEIGHT PER CENT	SYMBOL	NAME	WEIGHT PER CENT
O	Oxygen	46.4	Nd	Neodymium	0.0028	Mo	Molybdenum	0.00015
Si	Silicon	28.15	Zr	Zirconium	0.0005	Eu	Europium	0.00012
Al	Aluminum	8.23	Co	Cobalt	0.0025	Tb	Terbium	0.0001
Fe	Iron	5.63	Sc	Scandium	0.0022	Lu	Lutetium	0.00008
Ca	Calcium	4.15	N	Nitrogen	0.0020	I	Iodine	0.00005
Na	Sodium	2.36	Li	Lithium	0.0020	Tl	Thallium	0.000045
Mg	Magnesium	2.33	Nb	Niobium	0.0020	Tm	Thulium	0.000025
K	Potassium	2.09	Ga	Gallium	0.0015	Sb	Antimony	0.00002
Ti	Titanium	0.57	Pb	Lead	0.00125	Cd	Cadmium	0.00002
H	Hydrogen	0.14	B	Boron	0.0010	Bi	Bismuth	0.000017
P	Phosphorus	0.105	Th	Thorium	0.00096	In	Indium	0.00001
Mn	Manganese	0.095	Sm	Samarium	0.00073	Hg	Mercury	0.000008
F	Fluorine	0.0625	Gd	Gadolinium	0.00073	Ag	Silver	0.000007
Ba	Barium	0.0425	Pr	Praseodymium	0.00065	Se	Selenium	0.000005
Sr	Strontium	0.0375	Dy	Dysprosium	0.00052	A(r)	Argon	0.000004
S	Sulphur	0.026	Yb	Ytterbium	0.0003	Pd	Palladium	0.000001
C	Carbon	0.020	Hf	Hafnium	0.0003	Pt	Platinum	0.000001
Zr	Zirconium	0.0165	Cs	Cesium	0.0003	Te	Tellurium	0.000001
V	Vanadium	0.0135	Er	Erbium	0.00028	Ru	Ruthenium	0.000001
Cl	Chlorine	0.013	Be	Beryllium	0.00028	Rh	Rhodium	0.0000005
Cr	Chrome	0.010	U	Uranium	0.00027	Os	Osmium	0.0000005
Rb	Rubidium	0.009	Br	Bromine	0.00025	Au	Gold	0.0000004
Ni	Nickel	0.0075	Ta	Tantalum	0.0002	He	Helium	0.0000003
Zn	Zinc	0.0070	Sn	Tin	0.0002	Re	Rhenium	0.0000001
Ce	Cerium	0.0067	As	Arsenic	0.00018	Ir	Iridium	0.0000001
Cu	Copper	0.0055	Ge	Germanium	0.00015			
Y	Yttrium	0.0033	W	Tungsten	0.00015			

Veja o link para maiores informações:

http://www.quimlab.com.br/guiadoselementos/abundancia_elementos.htm

ALGUNS CONCEITOS PRINCIPAIS

Conceitos relacionados a depósitos minerais

Clarke de concentração

Concentração média normal (e natural) de um determinado elemento na crosta terrestre.

ELEMENTO QUÍMICO	CLARKE (ppm)
Ouro (Au)	0,004
Prata (Ag)	0,07
Urânio (U)	1,8
Estanho (Sn)	2,0
Chumbo (Pb)	13,0
Cobre (Cu)	55,0
Ferro (Fe)	50.000

Background natural

Composição medida e natural, de um determinado material (ou metal), dentro de um contexto geológico específico (contexto geológico, geomorfológico, climático, etc) => *valores de concentração considerados normais*.

CONCENTRAÇÃO DOS METAIS NO PLANETA

Metais	Concentração (ppm) na crosta	Teor de corte (ppm)
Cr	100	300.000
Ni	75	10.000
Zn	70	20.000
Cu	55	5.000
Sn	2	2.000
Au	0,04	8

ONDE e **COMO** os metais se concentram na crosta terrestre?



ELEMENTOS QUÍMICOS DISPERSOS NA LITOSFERA

redistribuídos ciclicamente sob a influência de processos geológicos no interior e na superfície do planeta.

ALGUNS CONCEITOS PRINCIPAIS

**Fator de concentração (F.C.) /
Fator de enriquecimento (F.E.)**

É a razão entre o conteúdo (**teor**) de uma substância no minério e o seu clarke .

$$\text{F.C. (ou F.E.)} = \frac{\text{conteúdo no minério}}{\text{Clarke de contração}}$$

1 ppm	0,0001%
1 ppm	1000 ppb
1 ppm	1 g/ton

...aplicando para os casos do Al e do Pb da tabela ao lado:

$$\text{F.C.}_{\text{Al}} = 22\% / 8,25 = 2,5 \text{ a } 3 \text{ vezes}$$

$$\text{F.C.}_{\text{Pb}} = 3,5\% / 14 \text{ ppm} = 2.500 \text{ vezes}$$

Tabela 21.1 Conteúdos médios de alguns metais na crosta continental (clarke) e em seus depósitos minerais (teores aproximados). 1 ppm = 0,0001%

Metal	Clark (ppm)	Teores aproximados (%)	
		mínimo	médio
alumínio	82.300	17	22
ferro	56.300	20	40
titânio	5.650	3	7
manganês	1.000	7	20
zircônio	165	—	0,5
vanádio	120	0,12	0,2
cromo	102	7	30
níquel	84	0,25	1,1
zinco	70	1,5	4,5
cobre	60	0,35	1,0
cobalto	25	0,1	0,3
nióbio	20	0,34	0,6
chumbo	14	1,5	3,5
tório	9	0,01	0,05
urânio	3	0,005	0,13
estanho	2,3	0,1	0,4
arsênio	1,8	—	—
tungstênio	1,2	0,1	0,4
antimônio	0,2	0,5	1,2
ouro	0,004	1 (ppm)	6 (ppm)

Fonte: P. Laznicka, 1985.

ONDE ENCONTRA-LOS?

Onde podem ser encontrados?

Os recursos naturais e energéticos **ocorrem na litosfera!**

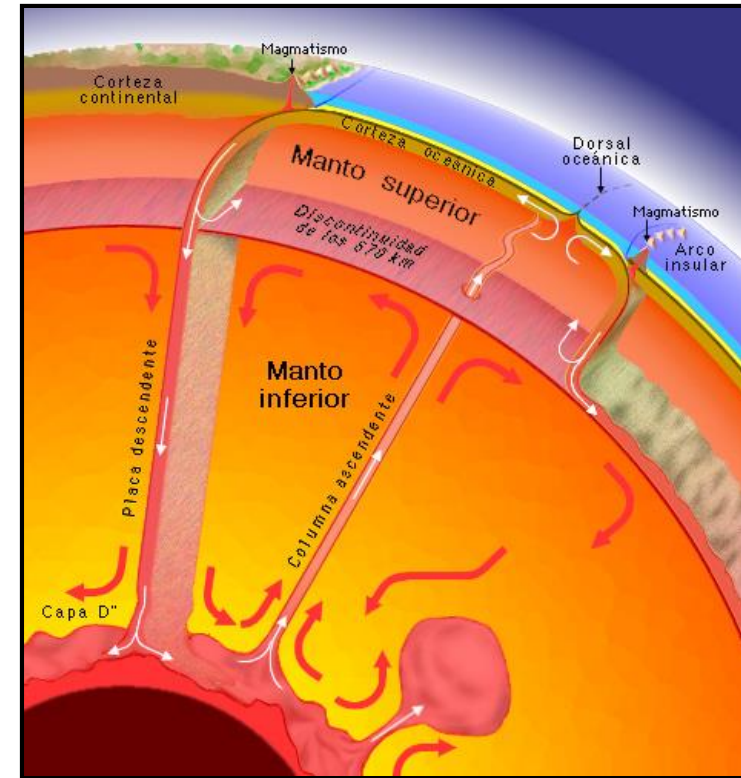
Depósitos Minerais

Concentração mineral de **DIMENSÃO** e **TEOR** suficientes para que nas mais favoráveis circunstâncias possa ser **considerado de potencial econômico**.

Um **depósito mineral** apresenta **concentrações naturais e anômalas** de determinados elementos ou substâncias na crosta terrestre, cuja **origem** é devida a uma série de **interações de processos geológicos (processos biogeoquímicos)**.

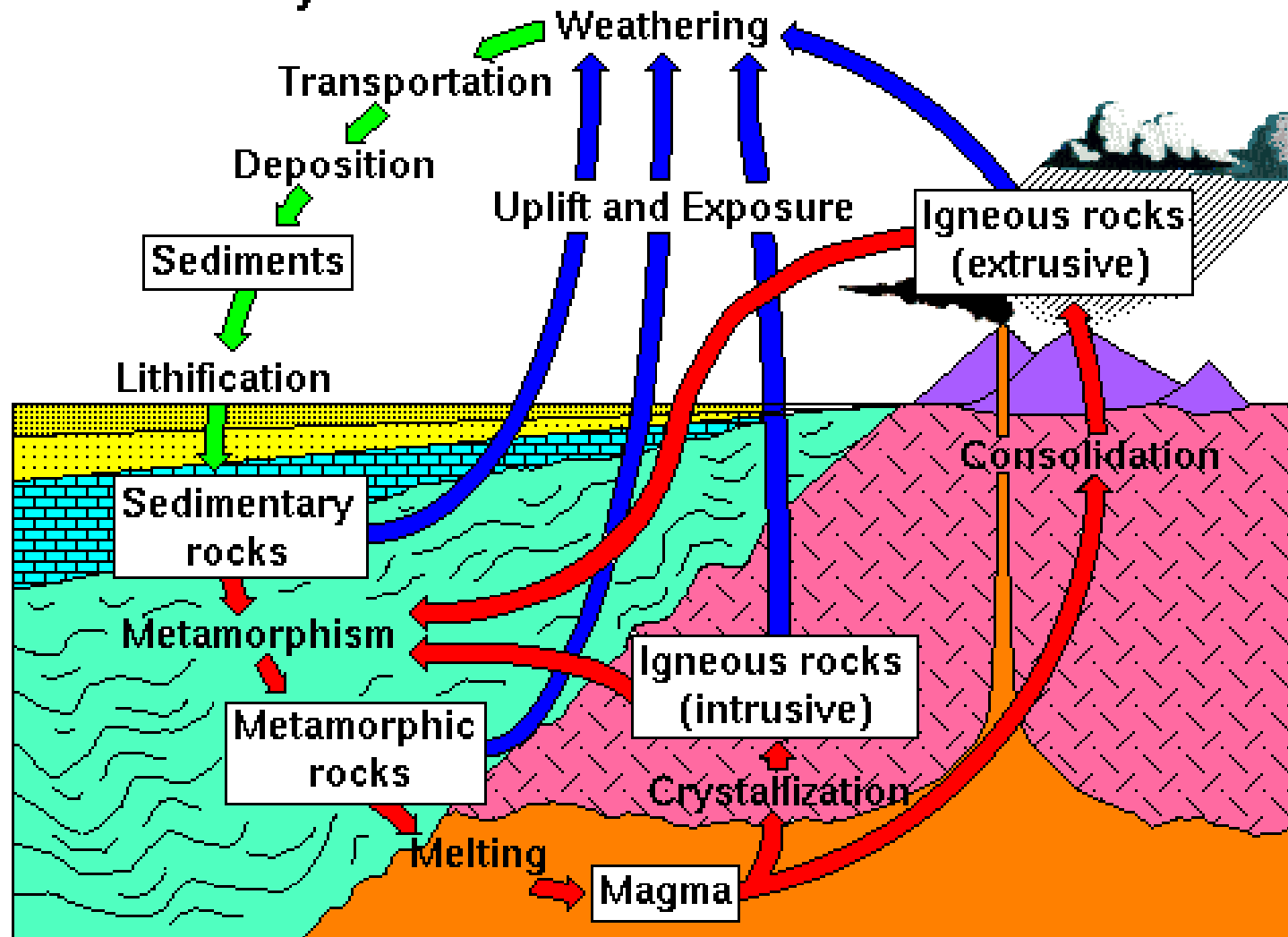
Minério

Concentrações naturais anômalas de elementos, ou de minerais que contenham esses elementos e que, portanto, **podem ser extraídos com lucro** (termo econômico).



CICLO DAS ROCHAS

The Rock Cycle



Processos geológicos + tectônicos + geoquímicos

ALGUNS CONCEITOS PRINCIPAIS

Conceitos relacionados a depósitos minerais

MINÉRIO

Corresponde a ROCHA de interesse econômico, constituída pelos minerais de minério + minerais de ganga.

Mineral de Minério

Mineral cujo elemento de interesse econômico (usualmente metal) está contigo e, portanto, foco da extração.

Mineral de Ganga

Associados aos minerais de minério, mas que não apresentam interesse econômico (não contêm o elemento de interesse).

Subproduto

Minério cuja a extração não se justifica economicamente a não ser que ela seja realizada em conjunto com um mineral minério principal (economicamente mais rentável).

Estéril

Rocha encaixante em conjunto com a porção de minério que não contém a mineralização.

Minério de Au

Mineral de minério
Au

Mineral de Ganga
Quartzo

Hangtown, Placerville, El Dorado County, California



Pirita disseminada e confinada a veios (Depósito aurífero Pé Quente, Peixoto de Azevedo, MT)



Mineral de minério
Au + "pirita"

Mineral de ganga
Silicatos (quartzo, feldspato, micas)

ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES

MINÉRIO É UMA ROCHA

PORÉM, é o fator econômico que determina se uma rocha é minério, e não a geologia.

Fatores condicionantes do valor econômico:

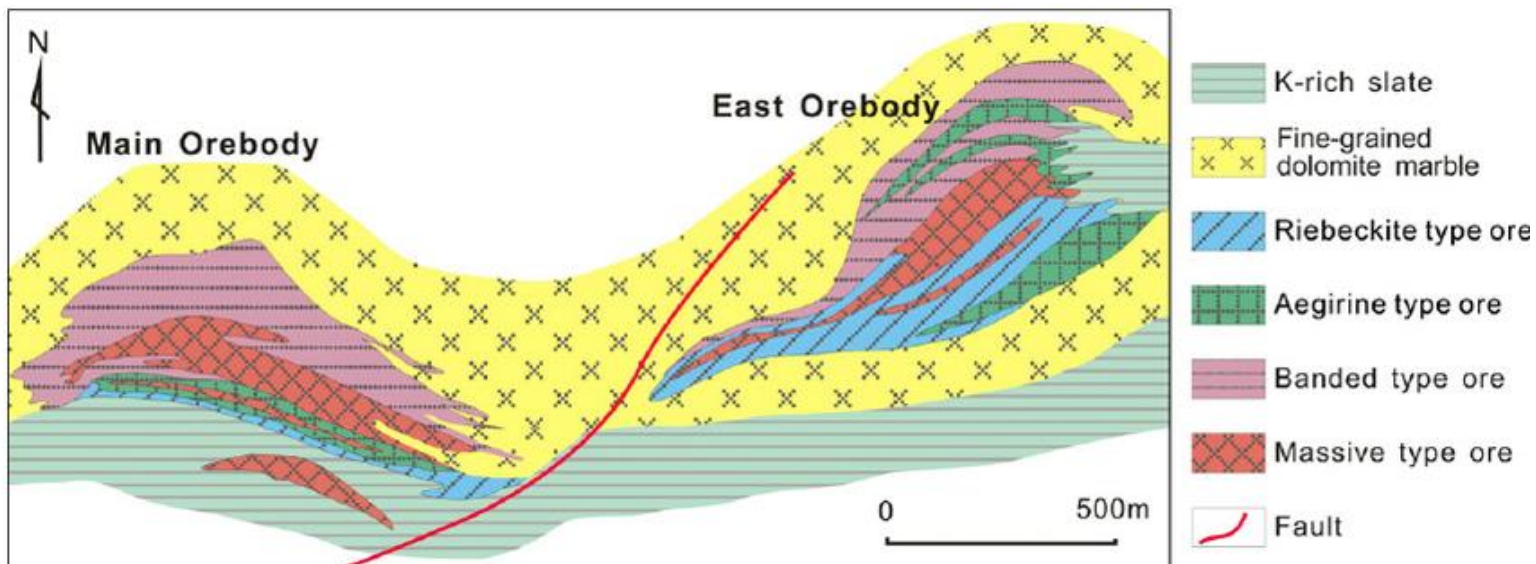
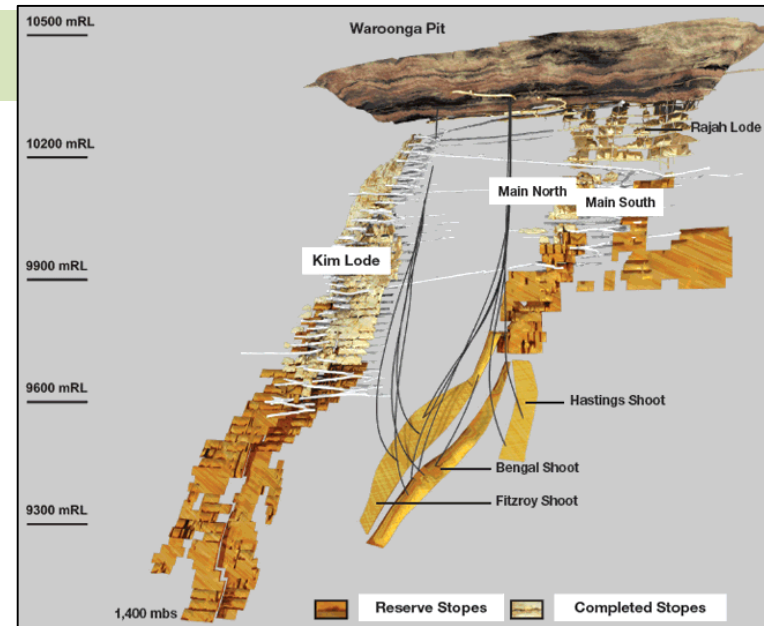
- (1) Teor => *conteúdo em metal de um depósitos que pode ser explotável. Teor de corte.*
- (2) Ocorrência de subprodutos.
- (3) Relação custo/benefício preço do metal no mercado vs. custo de extração (equipamentos, mão de obra, restauração ambiental) e beneficiamento.
- (4) Localização geográfica e situação política.
- (5) Desenvolvimento/Nível tecnológico.

ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES

Conceitos relacionados a depósitos minerais

Corpo de minério (orebody)

Volume específico de material em um depósito mineral que pode ser lavrado e comercializado com lucro razoável sob as condições prevalentes do preço da *commodity*, custos e tecnologia.



ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES

Depósitos Minerais

Um “**depósito mineral**” é uma ocorrência mineral de **tamanho e teor suficientes** para que nas mais favoráveis circunstâncias possa ser considerado de **potencial econômico**.



Um “**depósito mineral**” apresenta **concentrações naturais e anômalas** de determinados elementos ou substâncias na crosta terrestre, cuja origem é devida a uma série de interações de processos geológicos

Bingham Canyon Mine, or Kennecott Copper Mine (Utah, USA)

ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES

JAZIDA

Uma jazida (*ore deposit*) é um **depósito mineral que foi avaliado**, que apresenta tamanho, teor e acessibilidade que o torna **viável e lucrativa sua exploração**.

Um depósito mineral não possui um valor econômico em si; só o adquire após necessária avaliação.



The Diavik Diamond Mine (no inverno canadense).

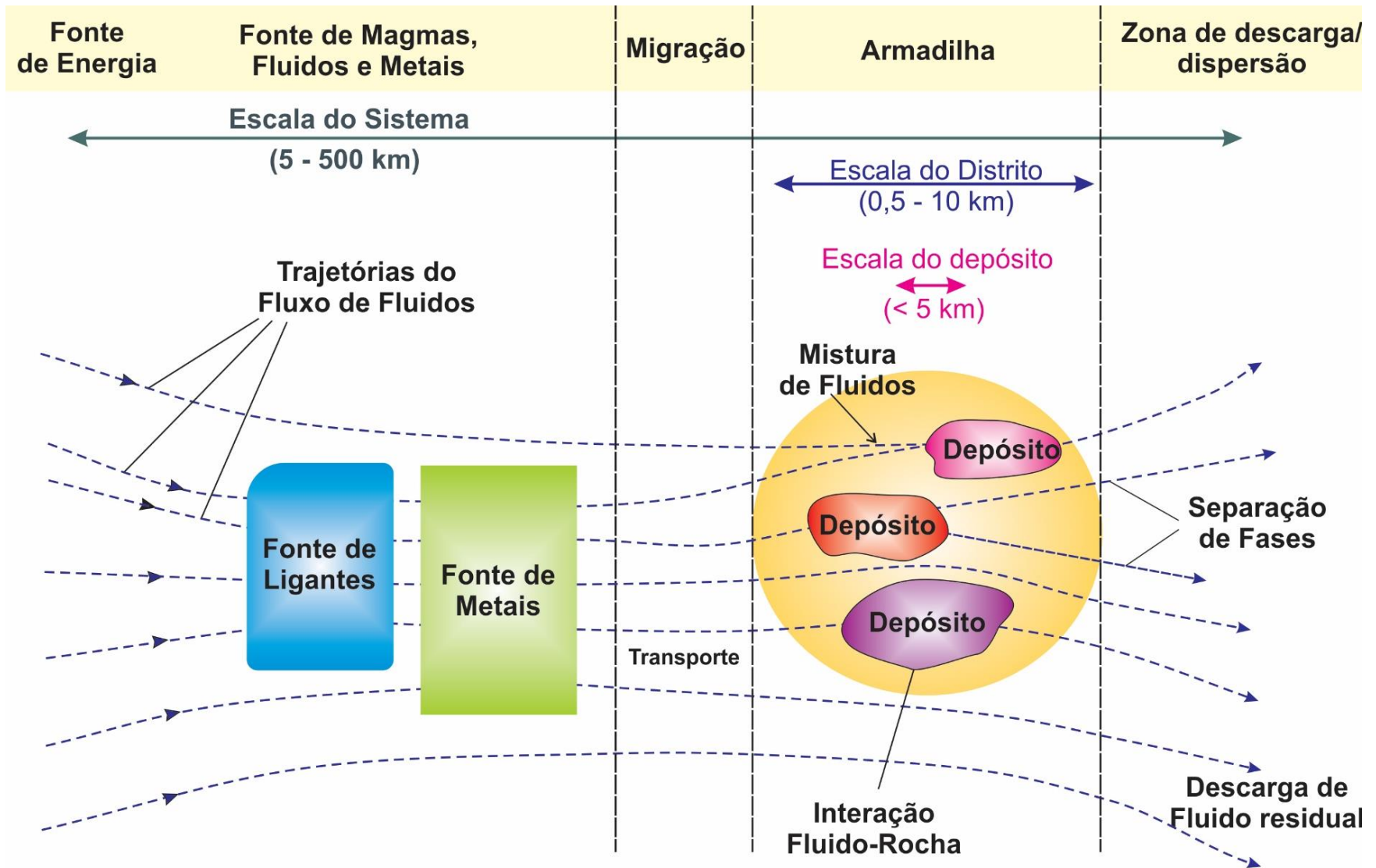
MINA

Mina representa a jazida em lavra **(com aval/autorização de funcionamento)**

The Diavik Diamond Mine (North Slave Region, Northwest Territories, Canada)



SISTEMA MINERAL



Modelo conceitual de Sistema Mineral e seus atributos críticos

(Fonte: Knox-Robinson e Wyborn 1997)

ALGUNS CONCEITOS PRINCIPAIS

METALOTECTES

São associações naturais (*afinidades químicas*) já conhecidas e esperadas de determinados elementos químicos com determinados tipos de rocha que não necessariamente formam depósitos minerais.

Crômio	<i>Peridotito</i>
--------	-------------------

Níquel	<i>Peridotito</i>
--------	-------------------

Tório	<i>Granito</i>
-------	----------------

Estanho	<i>Granito</i>
---------	----------------

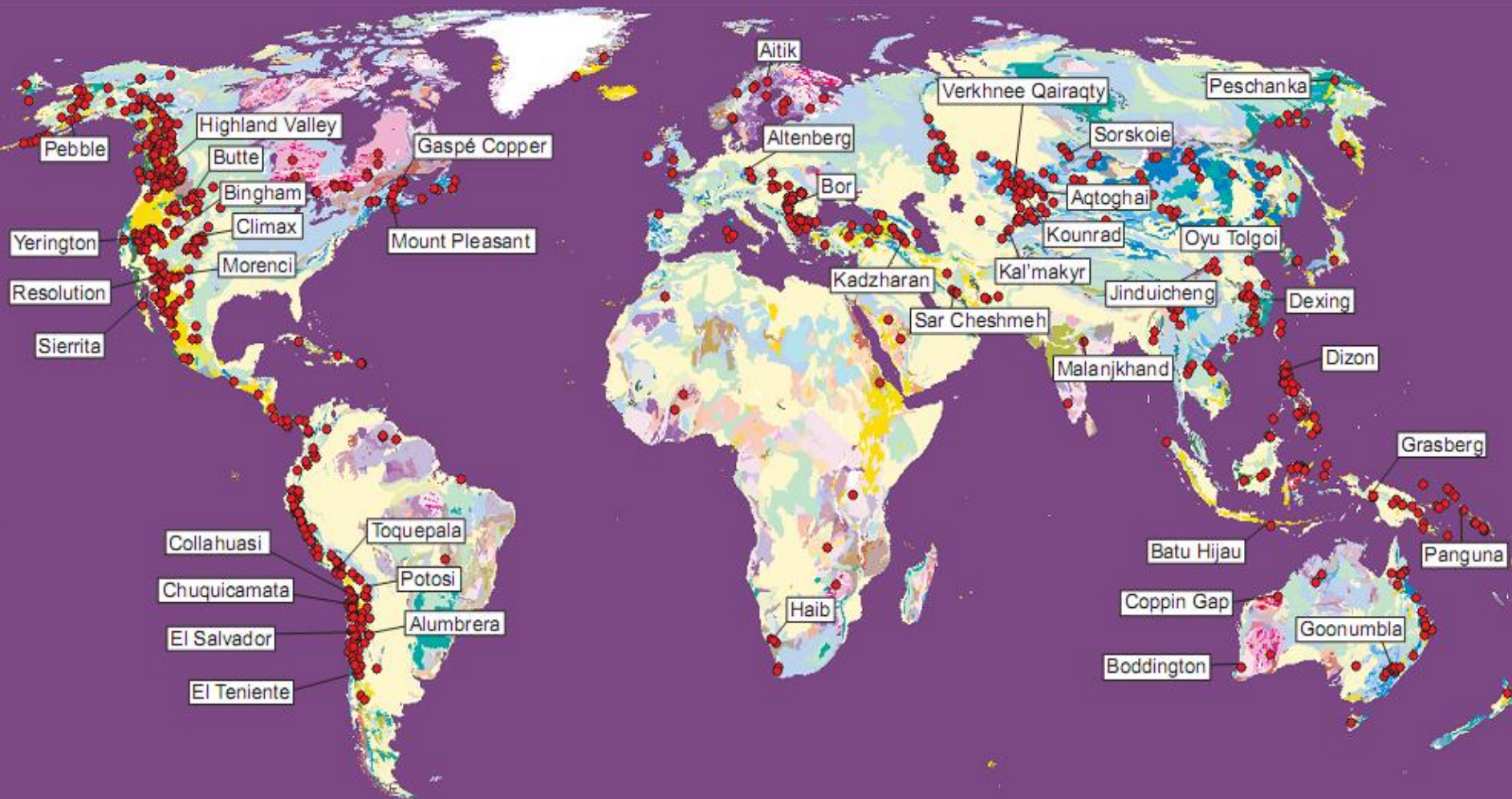
Ex: *Garnierita ou silicato hidratado de níquel e magnésio, que se encontra associado às rochas básicas (peridotitos), concentrando-se por processos de intemperismo.*

Os processos naturais pela geração de minérios terão maior efetividade e eficiência partindo de fontes previamente enriquecidas.

Concentração de alguns metais nas rochas ígneas

Metal	Abundância (ppm)			
	peridotito	gabro	diorito	granito
Ouro	0,01	0,008	0,005	0,003
Crômio	2.000	200	20	5
Cobre	20	70	50	10
Ferro	50.000	90.000	40.000	12.000
Nióbio	5	15	30	50
Níquel	2.000	130	20	5
Platina	0,05	0,01	0,005	0,001
Estanho	1	1,5	2	3,5
Tântalo	0,25	0,75	1,5	2,5
Tório	1	4	8	20
Titânio	1.000	10.000	5.000	1.000
Urânio	0,03	1	2	3,5
Vanádio	60	400	100	30
Zinco	50	100	75	40

OCORRÊNCIA DOS DEPÓSITOS MINERAIS



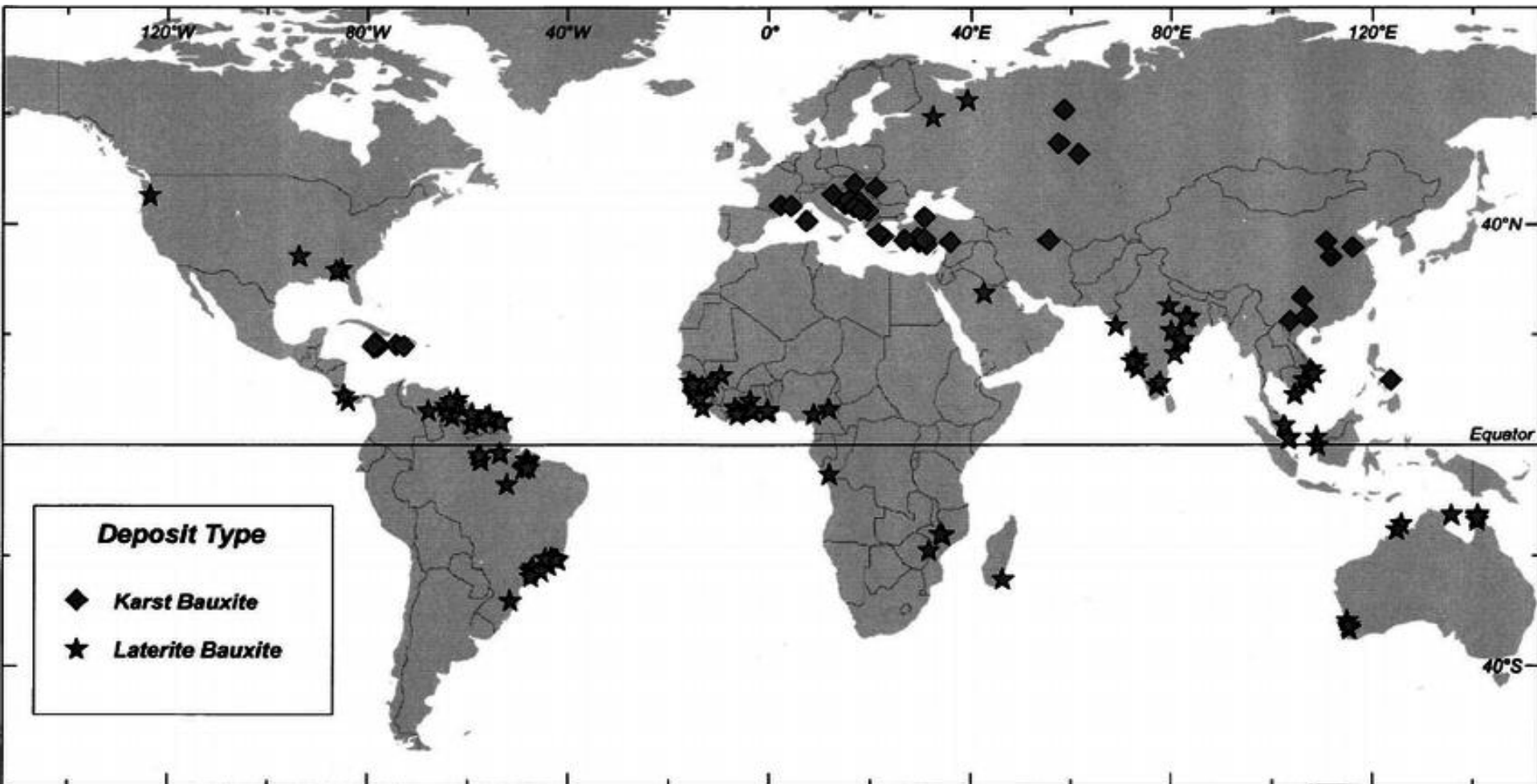
A ocorrência dos depósitos minerais embora heterogênea (tempo e espaço), não é aleatória.

Está condicionada a processos geológicos (geosfera, atmosfera, biosfera, hidrosfera) operantes ao longo do tempo.

OCORRÊNCIA DOS DEPÓSITOS MINERAIS

Principais zonas de ocorrência global dos depósitos de bauxita.

(Metalotecte: **controle climático**).



Localização temporal de alguns dos principais tipos de depósitos.

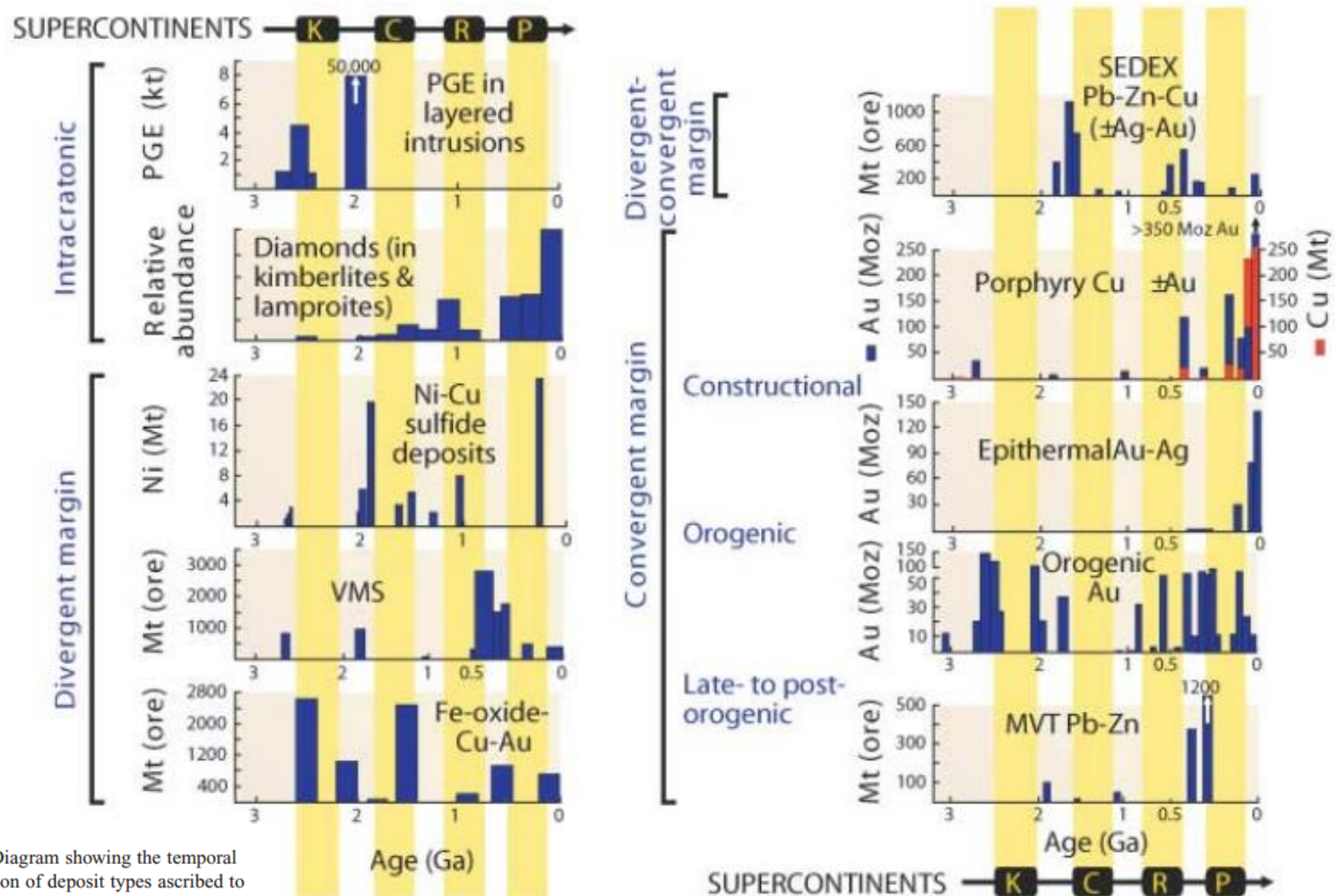


Fig. 4. Diagram showing the temporal distribution of deposit types ascribed to broad geodynamic settings in terms of the supercontinent cycle, as summarized from Figure 1. Temporal distributions are from Groves *et al.* (2005b) and references therein. K, Kenorland; C, Columbia; R, Rodinia; P, Pangaea.

Ocorrência dos depósitos minerais

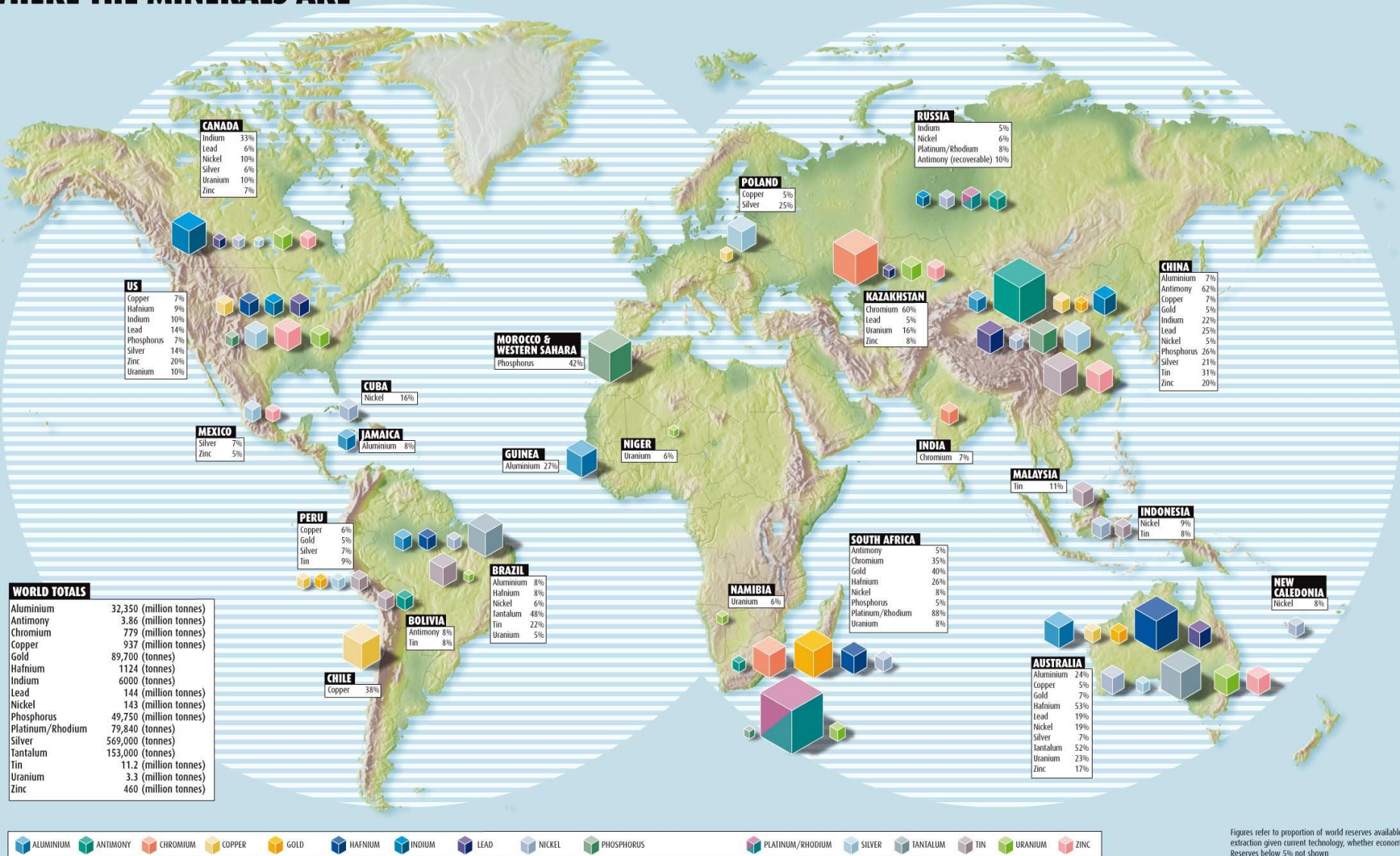
O que se pode concluir do mapa e gráficos anteriores?

A concentração/ocorrência dos depósitos minerais embora heterogênea (tempo e espaço), não é aleatória.

➔ *Está condicionada a processos geológicos (geosfera, atmosfera, biosfera, hidrosfera) operantes ao longo do tempo.*

Ocorrência dos depósitos minerais

WHERE THE MINERALS ARE



Figures refer to proportion of world reserves available for extraction given current technology, whether economic or not. Reserves below 5% not shown

Ocorrência dos depósitos minerais



