



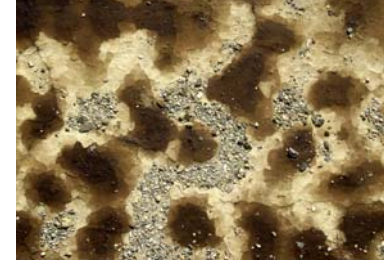
Seminários

Ciências

Engenharia

Terra

SEMINÁRIOS EM CIÊNCIAS DE ENGENHARIA



AULA

- Breve revisão sobre Aplicações dos isótopos estáveis
- Introdução ao Projecto Mineiro num quadro de desenvolvimento sustentado – Componentes principais do Projecto e actividades associadas

Visualização de vídeos sobre actividade mineira:
da produção à utilização do volfrâmio



ESTUDOS ISOTÓPICOS – ISÓTOPOS ESTÁVEIS

PRINCÍPIOS E INTERESSE

Quem me dera
ter a **Massa** dele
para dar mais
uma voltinhas..



Tchau !
Não posso com
este frio!

Estudos isotópicos

- Isótopos estáveis

As diferenças ocorrentes nas composições isotópicas estáveis de um elemento devem-se a pequenas diferenças de comportamento químico dos seus isótopos, assumindo que as respectivas razões isotópicas desse elemento se mantêm, cosmicamente, fixas e inalteradas ao longo do tempo geológico

Hidrogénio-Deutério ($Z=1$, $^1\text{H}=99.985\%$, $^2\text{H} = \mathbf{D} = 0.015\%$)

Carbono ($Z=6$, $^{12}\text{C} = 98.89\%$, $^{13}\text{C} = 0.205\%$)

Oxigénio ($Z=8$, $^{16}\text{O} = 99.756\%$, $\mathbf{^{18}\text{O}} = 0.205\%$)

Enxofre ($Z=16$, $^{32}\text{S}=95.05\%$, $^{34}\text{S} = 4.21\%$)

- Isótopos radioactivos

Aguns isótopos correspondem ao produto final de decaimento radioactivo de elementos com longos tempos de decaimento



Isótopos estáveis

Técnica muito utilizada!

As variações encontradas na natureza dependem de pequenas diferenças no comportamento físico e químico dos isótopos nos ambientes naturais

A separação dos isótopos estáveis – **fraccionamento** - baseia-se no facto de as massas dos átomos afectarem as propriedades termodinâmicas dos iões, radicais ou moléculas, exibindo por isso comportamentos diferenciados

De um modo geral, as ligações formadas pelos iões mais leves são mais fracas; deste modo os iões isotopicamente mais leves têm maior mobilidade e são mais reactivos que os seus equivalentes pesados

Processos que produzem fraccionamento isotópica

- **Oxidação-redução**
- **Evaporação**
- **Condensação**
- **Reacções reversíveis de dissolução-precipitação a partir de soluções aquosas**
- **Reacções de adsorção-desadsorção**
- **Reacções catalizadas por micróbios (ambientes sedimentares-diagenéticos)**
- **Difusão**

Isótopos de hidrogénio e Oxigénio

- O vapor de água é isotopicamente mais leve do que o líquido donde evaporou
- Usa-se como padrão a razão das composições isotópicas do SMOW (Standard Mean Ocean Water)

δD vs. $\delta^{18}O$ (‰)

- O vapor evaporado a partir do SMOW é sempre isotopicamente mais leve
- A condensação da chuva é praticamente um processo de equilíbrio com proporcionalidade directa entre a fraccionação D/H e $^{18}O/^{16}O$

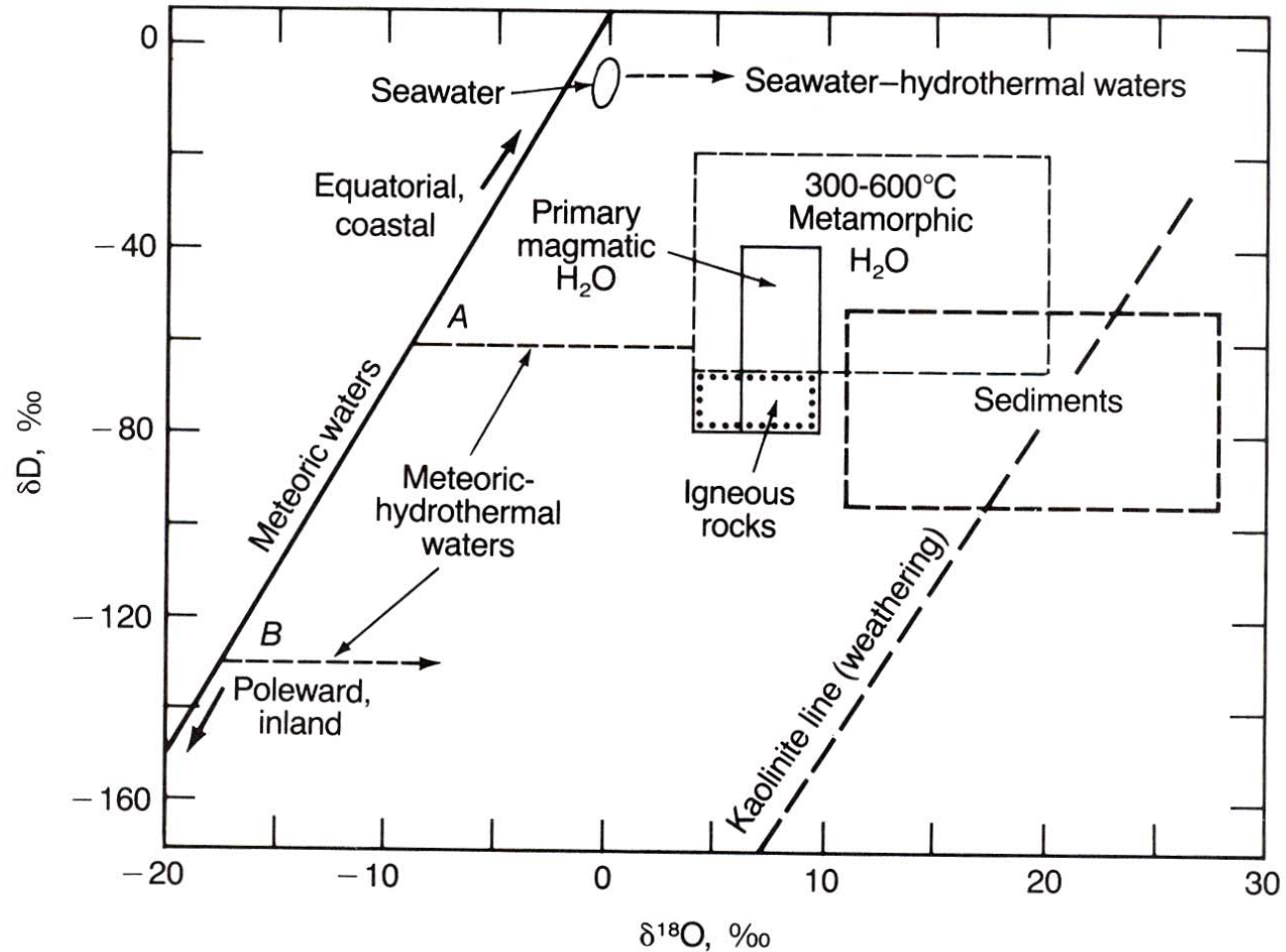
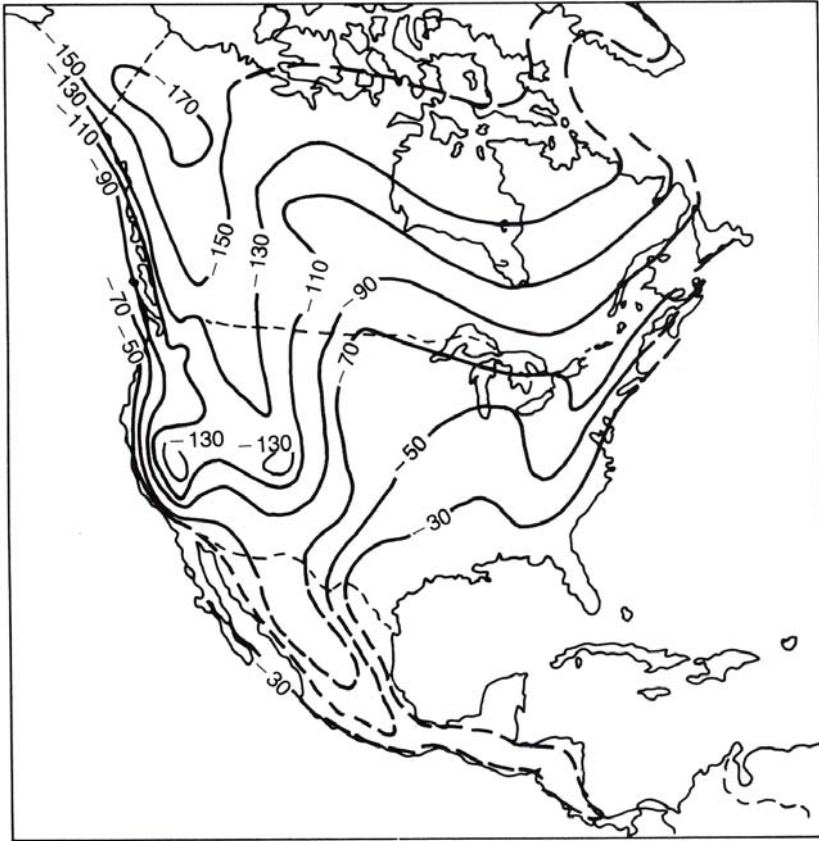


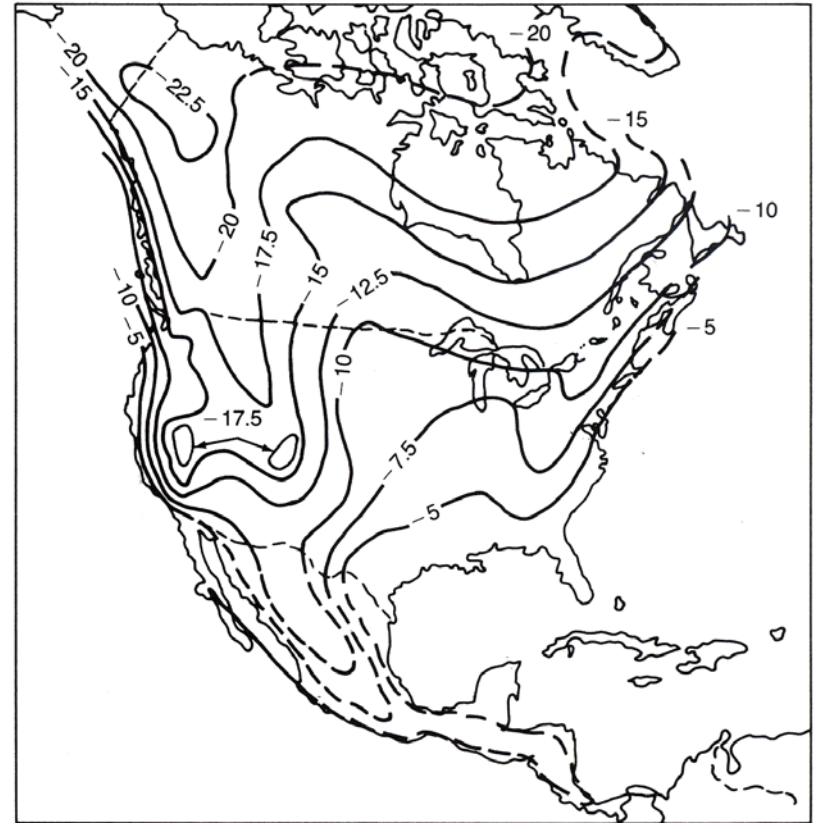
Figure 7-13. Summary diagram of isotope composition of waters of different origins. Trends of ^{18}O shift due to water-rock interaction and exchange are shown for seawater and meteoric waters of compositions A and B. (After Taylor, 1967.)

SMOW

$$\delta D = \delta^{18}O + 10 \quad (\text{‰})$$

δD 

(a)

 $\delta^{18}O$ 

(b)

Figure 7-12. Maps of North America showing contours of the approximate average δD values (a) and $\delta^{18}O$ values (b) (*facing page*) of meteoric surface waters. Similar maps have been prepared for all continents. Note that the values decrease landward, especially near coastal mountains, and poleward. (*After Taylor, 1974.*)

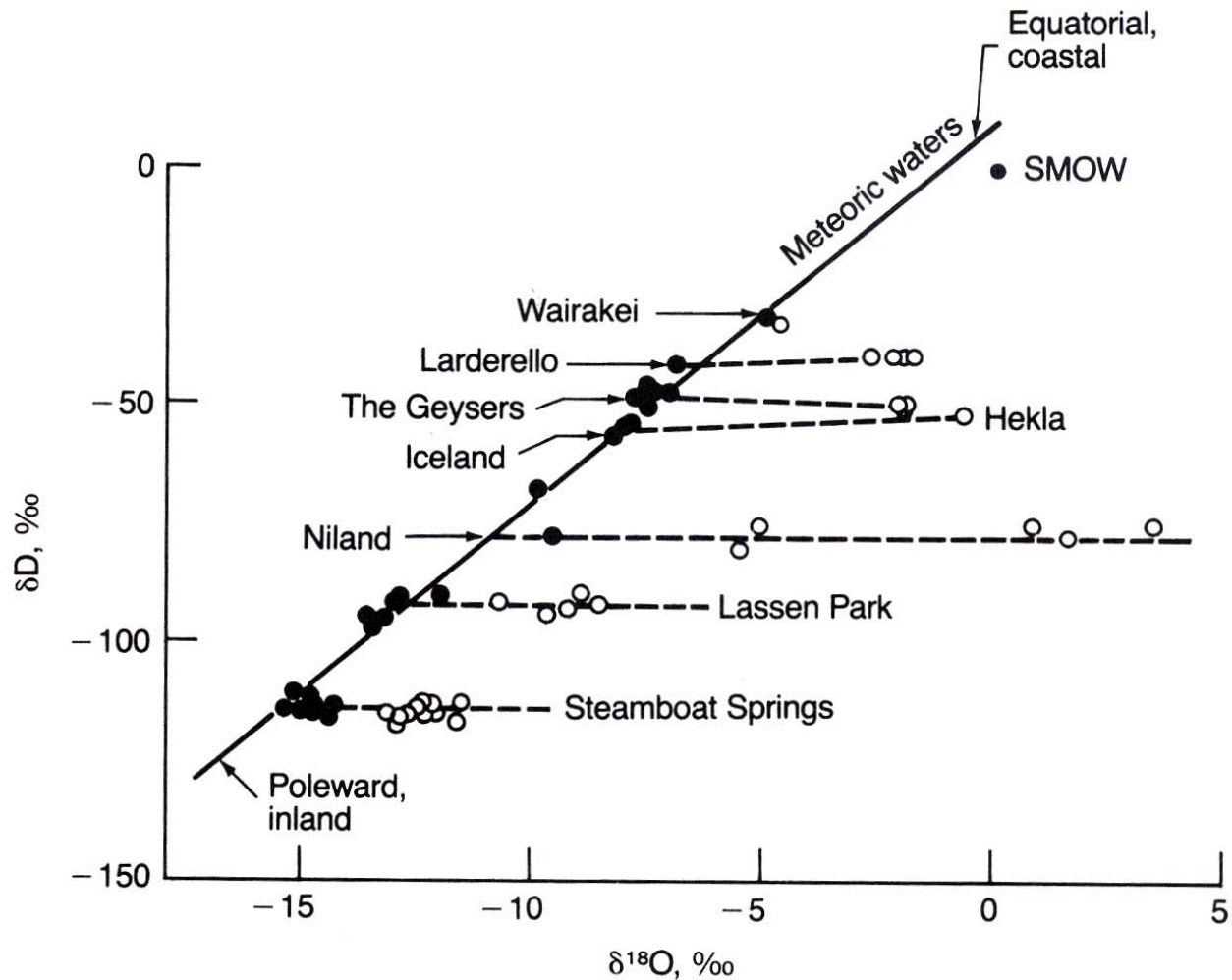


Figure 7-14. Plot of δD versus $\delta^{18}O$ for near-neutral chloride-rich geothermal waters (open circles) and local rain or snow (dark symbols) from a variety of hot spring areas throughout the world. Localities: Wairakei, New Zealand; Larderello, Italy; Niland (Salton Sea), The Geysers, and Lassen Park, California; Hekla, Iceland; and Steamboat Springs, Nevada. Notice that the precipitating waters get isotopically lighter both inland and poleward. The open circles define the degree to which the spring waters are diluted with magmatic water or equilibrated with isotopically heavier wall rocks by alteration and isotopic exchange. (From Taylor, 1974, Table 2-2.)

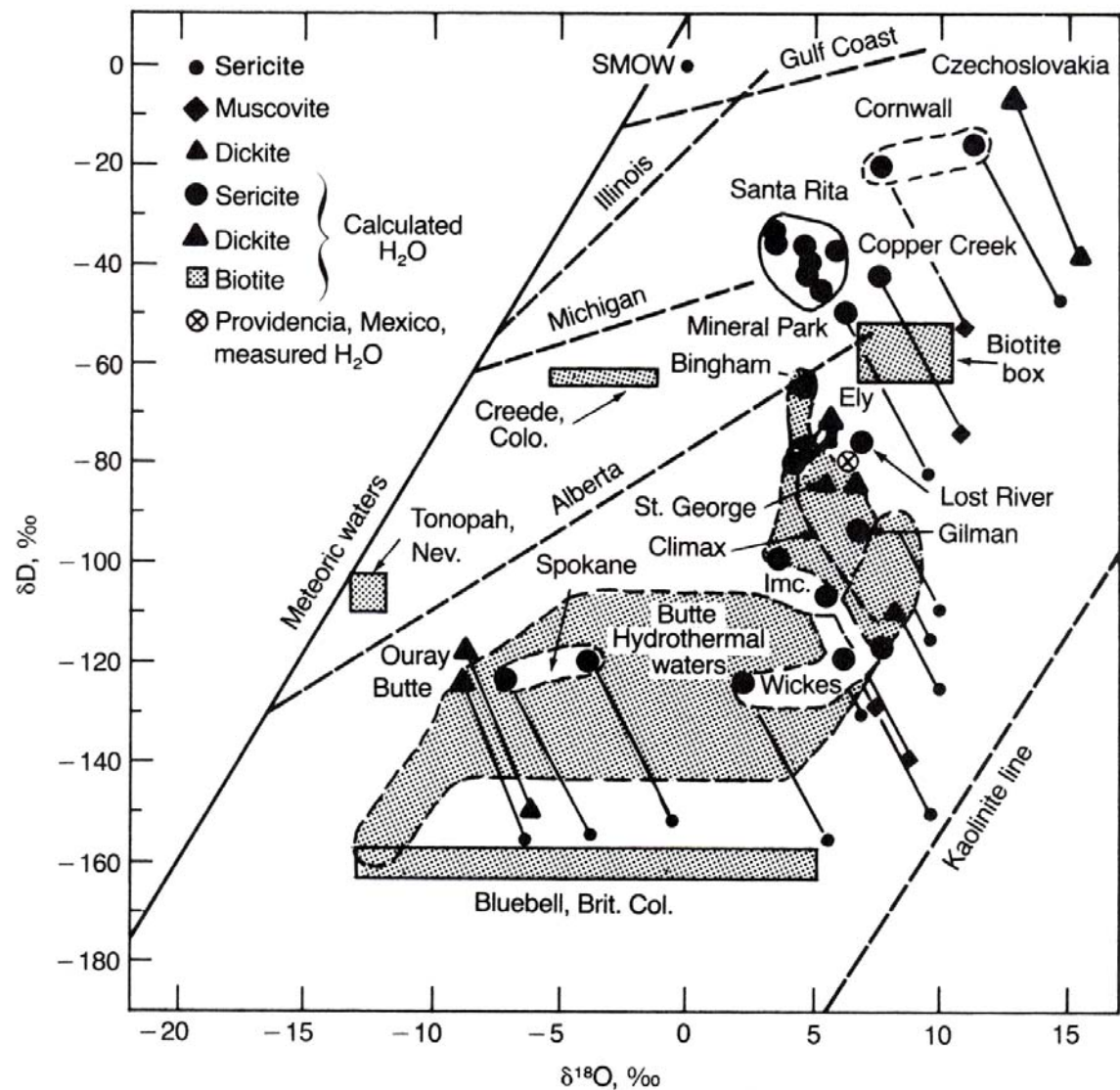


Figure 7-15. Plot of δD versus $\delta^{18}O$ for calculated hydrothermal waters from a variety of ore deposits, mainly from western North America. The stippled biotite "box" represents the "magmatic water box" of Figure 2-11 and describes waters that would have coexisted in equilibrium with hydrothermal biotites from Ely, Bingham, and Santa Rita at 650°C. Also shown are the trend lines for oil-field formation waters from various sedimentary basins in the midcontinent of North America. See also Figures 7-12, 7-13, 7-14, and 2-11. (From Taylor, 1974.)

Isótopos de Enxofre ^{34}S e ^{32}S

- A fraccionação ocorre em meios orgânicos e inorgânicos
- Usa-se como padrão a razão das composições isotópicas da troilite (FeS) meteorítica (Canion Diablo no Arizona) – cosmicamente primitivo e inalterado por processos orgânicos

Isótopos estáveis

$^{32}\text{S} = 95.02 \%$ $^{33}\text{S} = 0.75\%$ $^{34}\text{S} = 4.21 \%$ $^{34}\text{S} = 4.21 \%$

$$\delta^{34}\text{S} = \frac{{}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S}_{\text{amostra}} - {}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S}_{\text{padrão}}}{{}^{34}\text{S}/{}^{32}\text{S}_{\text{padrão}}}$$

- Os meteoritos, as rochas ígneas e os sulfuretos têm valores próximos de zero (0).

Fracção orgânica

As bactérias anaeróbicas consomem SO_4^{2-} nos rios, lagos e oceanos, quebrando as ligações entre o oxigénio e o enxofre e libertando H_2S gasoso

Bactérias

Desulfovibrio desulfuricans (mais activa e abundante)

Desulfovibrio orientis (espécie de temperatura média)

Clostridium nigrificans (espécie de alta temperatura)

H_2S pode reagir com outros elementos (Cu, Pb, Zn) e formar sulfuretos sedimentares (são isotopicamente mais leves e designados como bacteriogénicos)

Fraccionação inorgânica

É mais complexa e mais subtil que a biogénica

^{34}S apresenta-se em maior quantidade nos iões mais oxidados como o sulfato e em posições estruturais dos minerais onde as ligações são mais fortes

As composições isotópicas dos sulfuretos precipitados a partir de fluidos hidrotermais são controladas pelas características físico-químicas desses fluidos.

As espécies mais importantes são H_2S , HS^- , S^{2-} , SO_4^{2-} , HSO_4^- , NaSO_4^- , KSO_4^- e alguns iões com S mais complexos

Actividades destes iões dependem do **pH** e da **f(O₂)**

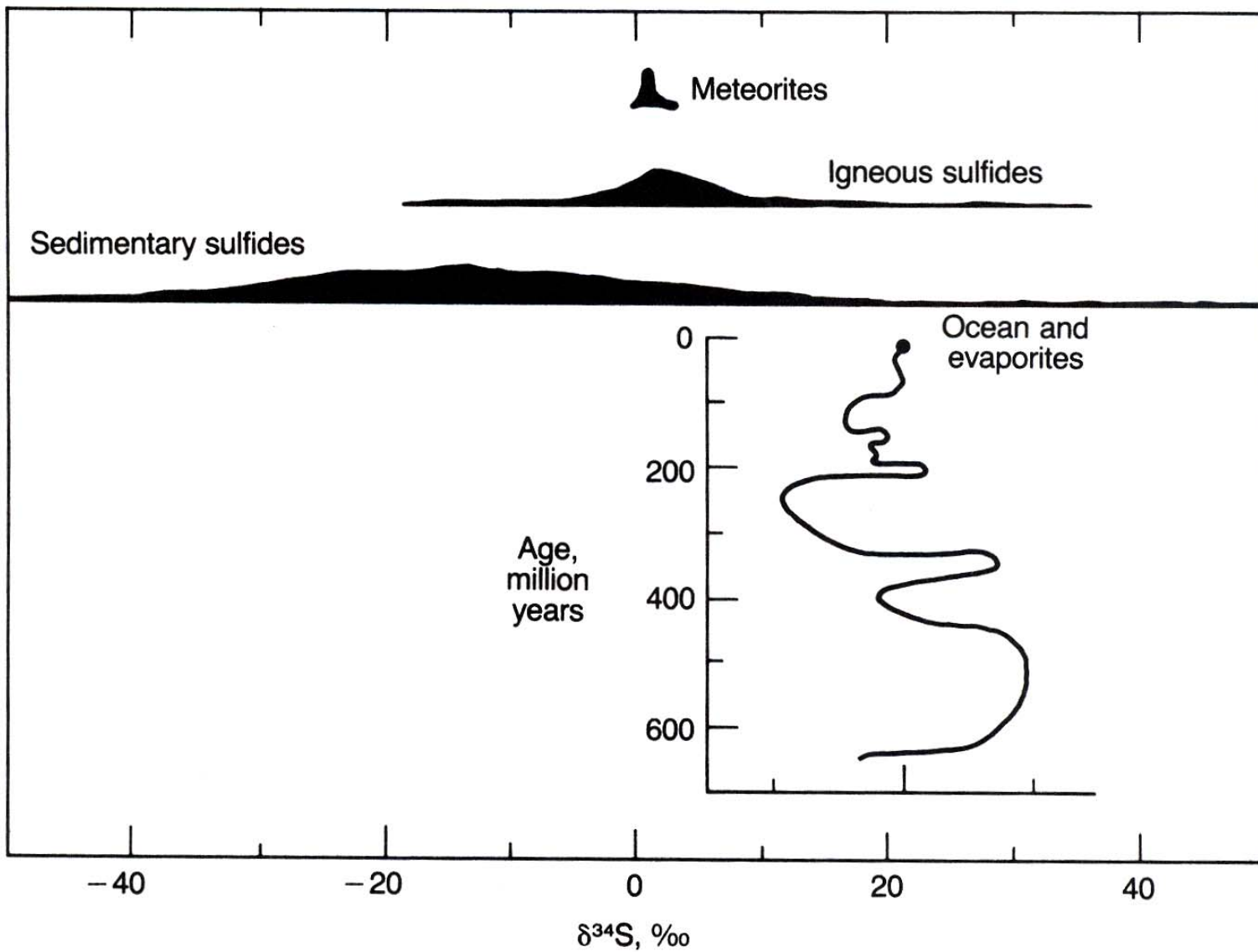
Jazigos da Faixa Piritosa Ibérica (FPI)

Medições isotópicas ($\delta^{34}\text{S}$ - ‰)

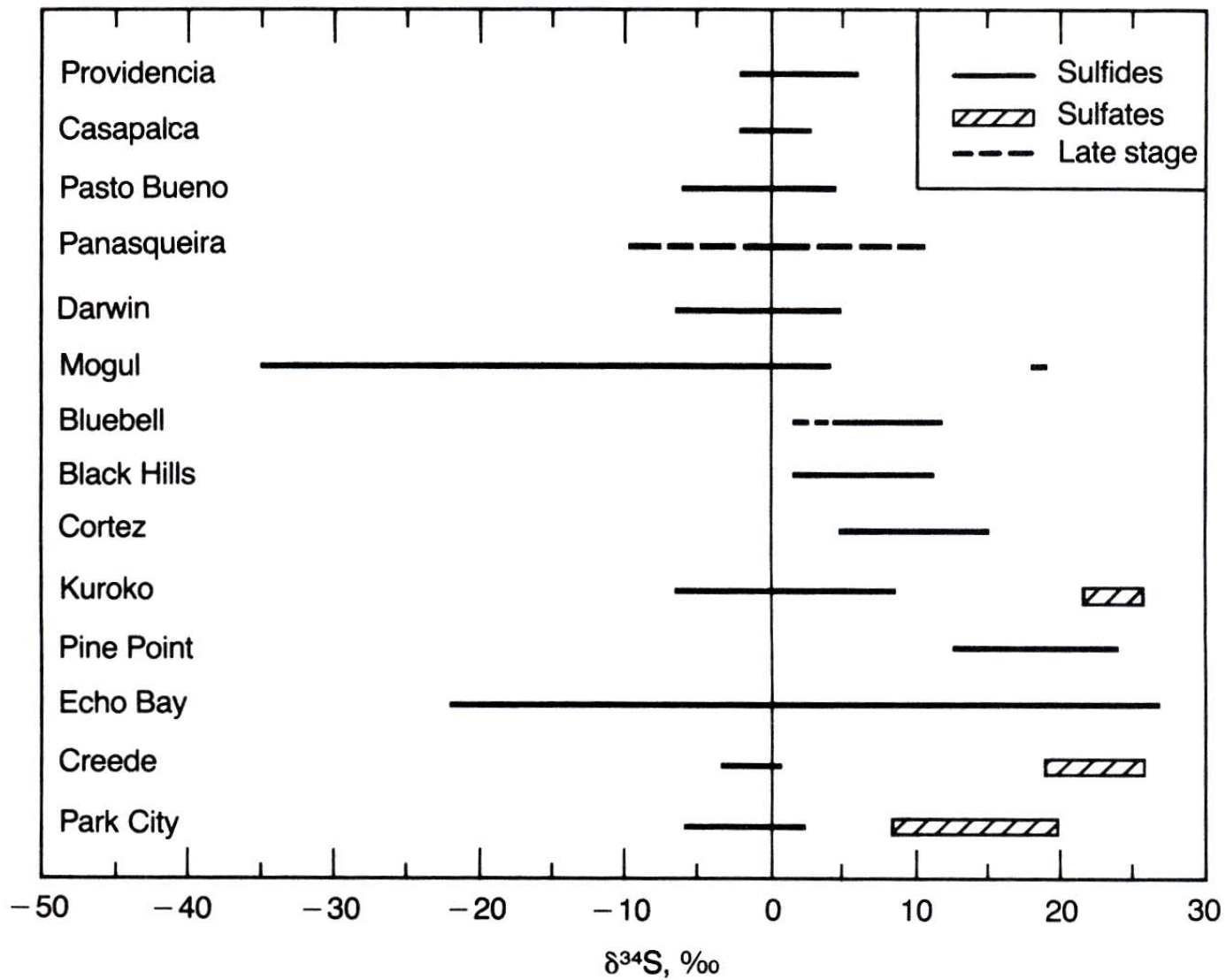
pirite, calcopirite, blenda e barita

- **Jazigos autóctones vs. para-autóctones e alóctones**
- **Contribuição magmática vs. contribuição biogénica**
- **Zonamento de jazigos**
(stockwork, minérios bandados, tecto, muro, zona intermédia)

Estabelecer os ambientes de formação de jazigos, sob o ponto de vista do processo ou da termometria



(a)



(b)

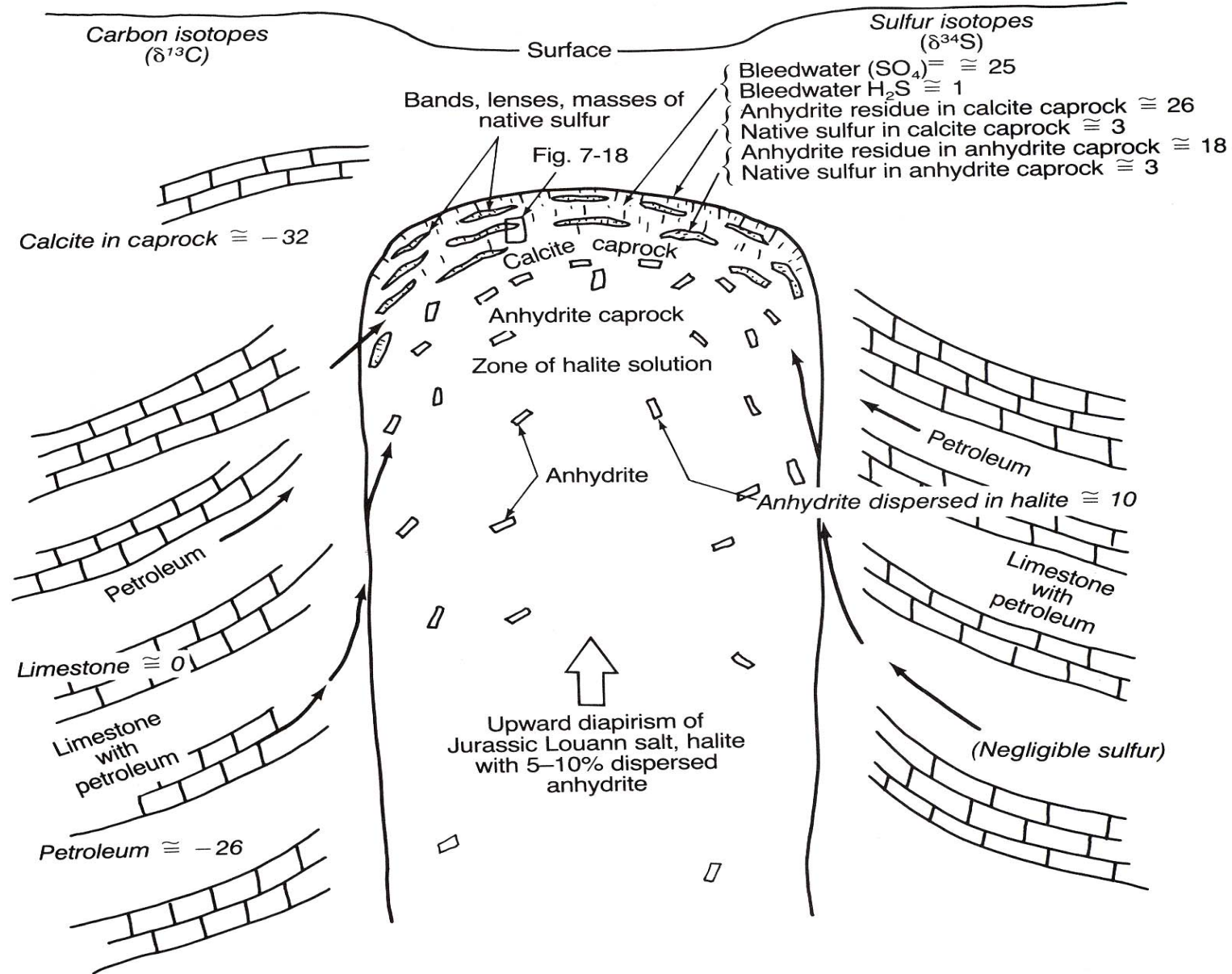
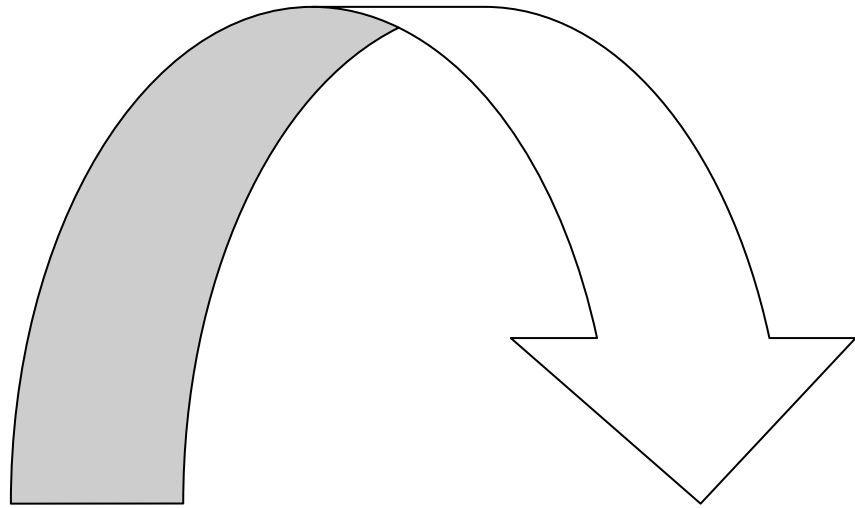
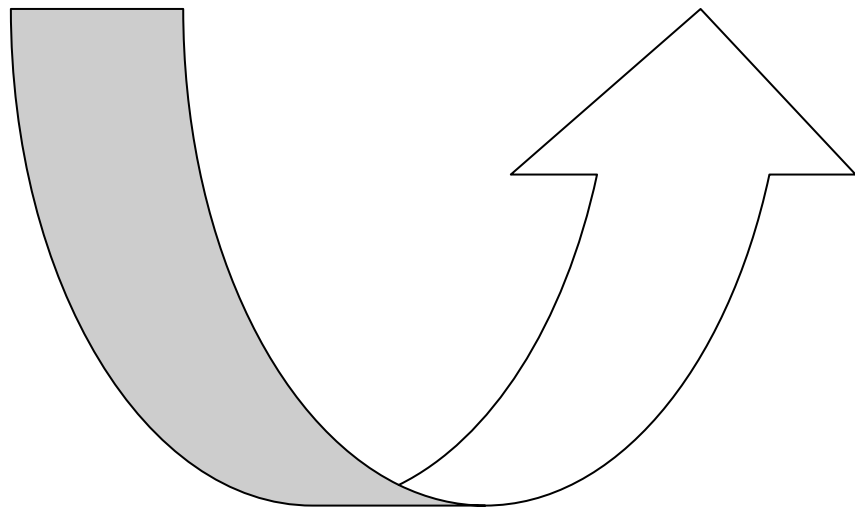


Figure 7-17. Sketch of geologic and isotope relations in salt dome systems. See also Figure 7-19. (Isotope data from Feely and Kulp, 1957.)



ANÁLISE GLOBAL DE GEORRECURSOS

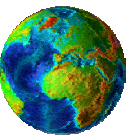
LEGISLAÇÃO PORTUGUESA DL 90/90





Recursos Geológicos





Definições básicas

Recursos Naturais

Bens naturais que o Homem utiliza em diversas actividades, incluindo as que afectam a sua sobrevivência



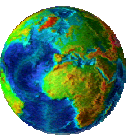
Crescimento populacional



Desenvolvimento económico

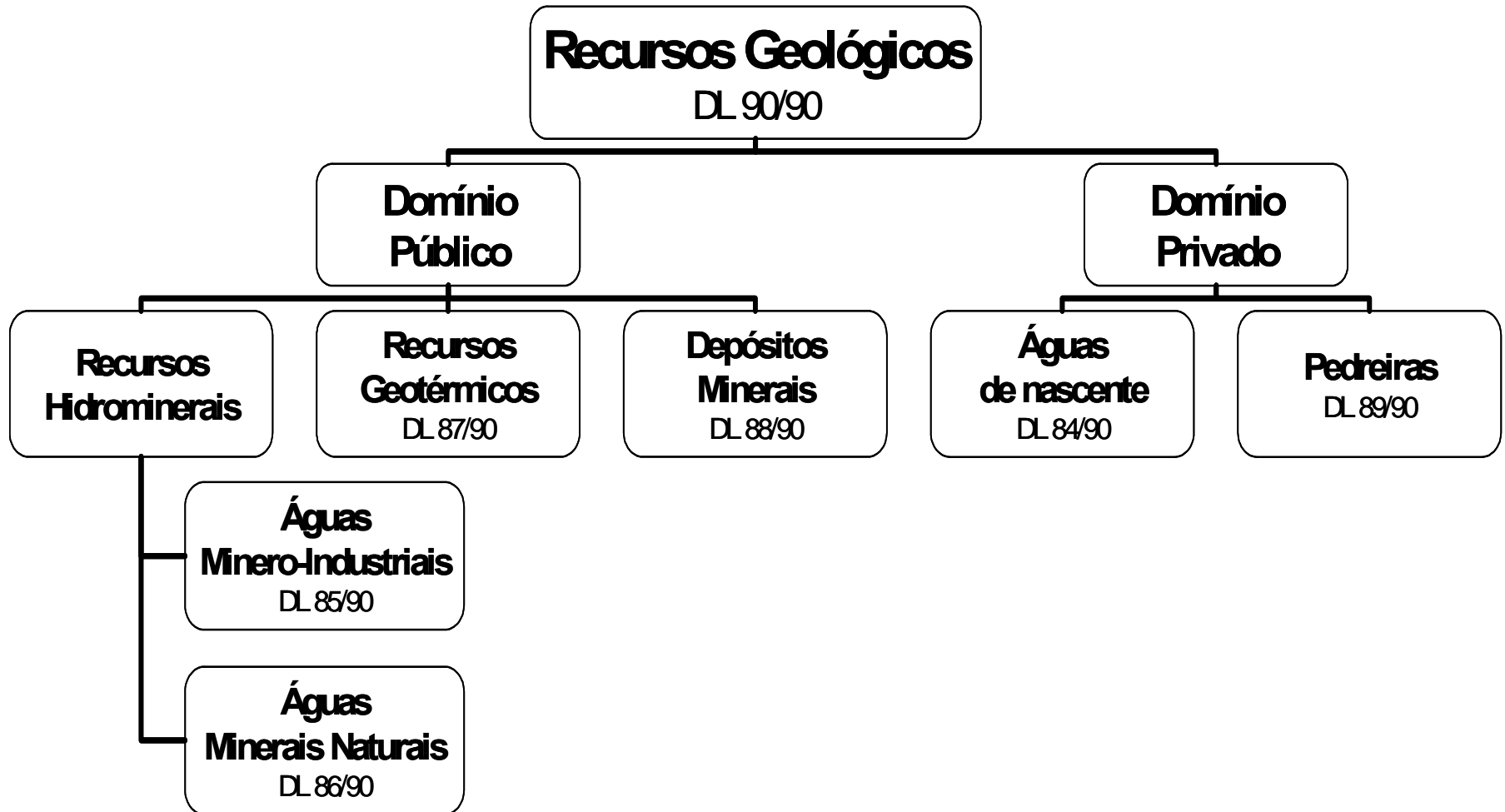


Exploração de recursos naturais



Definições básicas

Recursos Geológicos

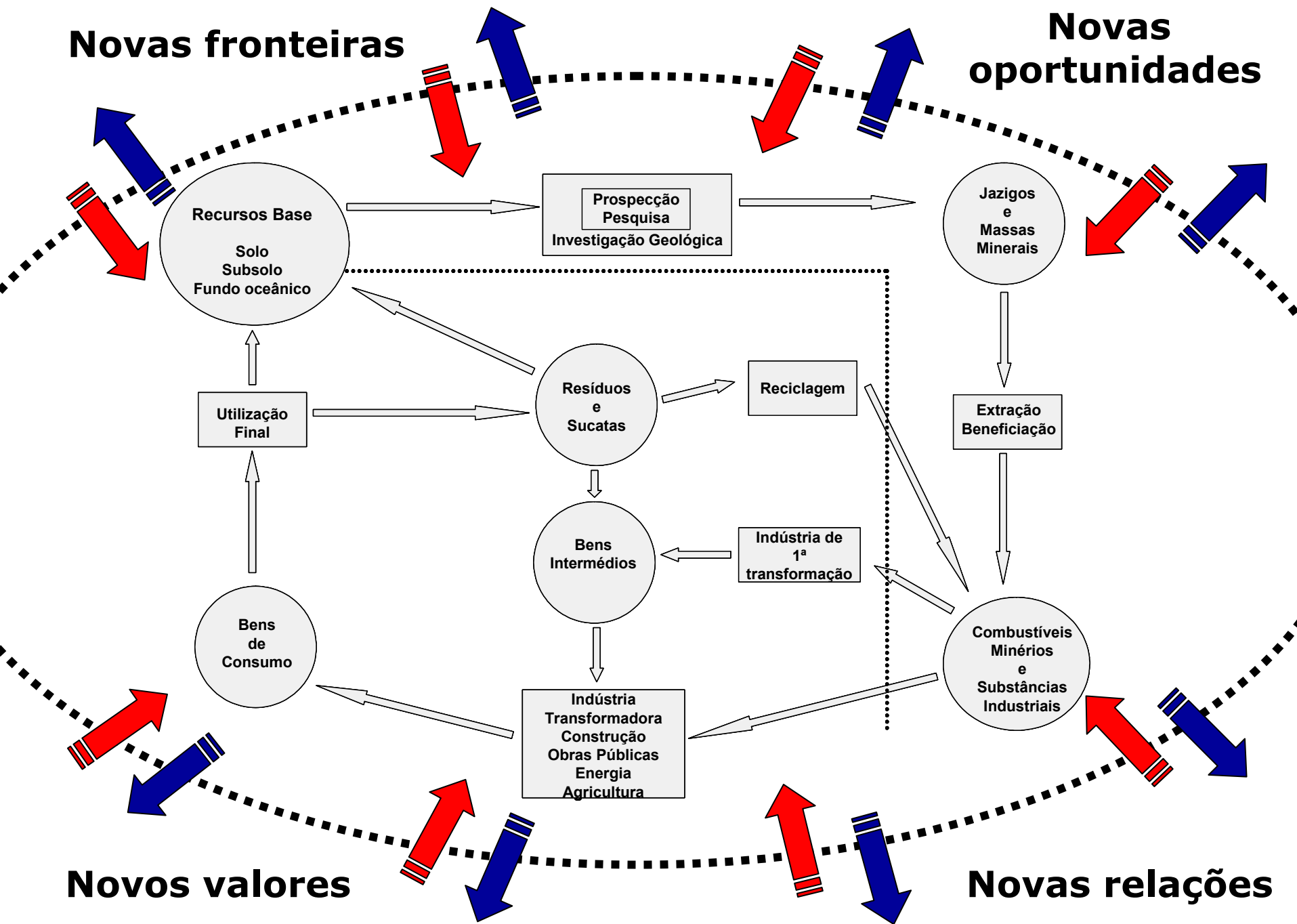


Nota: Legislação Portuguesa. Não se incluem aqui os hidrocarbonetos!

Componentes principais do Projecto Mineiro e actividades associadas

Novas fronteiras

Novas oportunidades



Novos valores

Novas relações

ESTRUTURA DA INDÚSTRIA

HISTORIAL

**DIMENSÃO E
ORGANIZAÇÃO**

**DISTRIBUIÇÃO
GEOGRÁFICA**

**DEFINIÇÕES
TEORES E
ESPECIFICAÇÕES**

RESERVAS E RECURSOS

**LOCAIS REGIONAIS
E MUNDIAIS**

GEOLOGIA

Recursos geológicos

Bens naturais existentes na crosta terrestre susceptíveis de aproveitamento económico no presente ou, admissivelmente, no futuro

Substâncias minerais (minérios metálicos, recursos energéticos, as rochas industriais e minerais não metálicos), encaradas como **recursos não renováveis** e, por tal razão, são geridas como um **stock**.

Os recursos **hidrominerais** e **geotérmicos** são encarados como **recursos renováveis** sendo, por isso, geridos como um **fluxo**.

Existe enquadramento jurídico específico para cada recurso geológico atrás citado, como foi abordado em aulas anteriores.

DEPÓSITO MINERAL é definido pelo Decreto-Lei nº 88/90 do estado português como a

Ocorrência mineral existente no território nacional e nos fundos marinhos da ZEE que, pela sua raridade, alto valor específico ou importância, na aplicação em processos industriais das substâncias nelas contidas, se apresentar com especial interesse económico e como tal seja qualificada.

CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS

United States Geological Survey – United States Bureau of Mines)

	Recursos identificados		Recursos por descobrir
	Demonstrados Medidos / indicados	Inferidos	Prováveis Hipotéticos/ especulativos
Económicos	RESERVAS	Reservas inferidas	
Económicos marginais	Reservas marginais	Reservas marginais inferidas	
Sub-económicos	Recursos sub-económicos demonstrados	Recursos sub-económicos inferidos	

↑
Viabilidade económica

←
Grau de conhecimento geológico

Recursos totais – recursos identificados ou conhecidos e aqueles que, embora ainda não descobertos, se presume existirem com base em evidências geológicas

Recursos identificados – corpos bem definidos de um recurso cuja localização, qualidade e quantidade são conhecidas (já temos determinações analíticas, cálculos)

Recursos não identificados – corpos mal definidos dum recurso que se supõe existir com base no conhecimento geológico regional e teórico

RESERVA – parte dos recursos conhecidos que podem no momento ser legal e economicamente explorados

O conceito de Reserva é um **conceito dinâmico** porque para além das propriedades intrínsecas da mineralização e da própria jazida, tem ainda em conta outros factores de **natureza tecnológica, económica** (ex. a cotação em mercado das substâncias é um dos factores mais determinantes) e **política** para que esse depósito possa ser considerado um jazigo e dar lugar a uma exploração mineira

Reservas indicadas ou prováveis – aquelas cuja tonelagem e teor foram calculadas com base em amostragem ainda escassa

Reservas inferidas ou possíveis – aquelas cujas estimativas foram baseadas quase unicamente nas características geológicas regionais e com muito poucas determinações analíticas

Recursos sub-económicos - aqueles que não sendo hoje reservas, podem vir a sê-lo no futuro como resultado de alterações económicas ou legais

Recursos paramarginais – porções dos recursos sub-económicos que se encontram no limite de se tornarem economicamente produtivos ou ainda não são apenas por questões legais ou políticas

Recursos submarginais – porções dos recursos sub-económicos que necessitam de um aumento substancial do preço no mercado ou do uso de tecnologia mais avançada e que permita a rentabilização dos custos de exploração

Recursos não descobertos hipotéticos – são os que, embora ainda não descobertos, espera-se que existam numa dada região já conhecida e de acordo com a geologia da região já conhecida

Recursos especulativos – são os que podem ocorrer em determinados tipos de depósitos em locais geologicamente favoráveis, quer em depósitos já conhecidos, quer em depósitos ainda desconhecidos

TECNOLOGIA

**1. PROSPECÇÃO
E DESENVOLVIMENTO**

2. MINERAÇÃO
Exploração Mineira

3. PROCESSAMENTO
Tratamento de matérias-primas

4. PRODUTOS
MERCADO E INDÚSTRIA

5. INVESTIGAÇÃO ACTUAL E APLICAÇÕES

USOS

RELAÇÕES OFERTA-PROCURA

COMPONENTES DA OFERTA	PRODUÇÃO LOCAL E MUNDIAL	CONSUMO LOCAL E MUNDIAL	MERCADO MUNDIAL	FONTES SECUNDÁRIAS E RECICLAGEM	SUBSTITUTOS
----------------------------------	---	--	----------------------------	--	--------------------

SUBPRODUTOS E COPRODUTOS

CONSIDERAÇÕES ESTRATÉGICAS

FACTORES ECONÓMICOS

PREÇOS

**CUSTOS DE
CAPITAL**

TARIFAS

TAXAS

FACTORES OPERATIVOS

**REQUISITOS
AMBIENTAIS**

TOXICIDADE

EMPREGO

**REQUISITOS
ENERGÉTICOS**

**USO DE
ÁGUA**

**TENDÊNCIAS DE
PRODUTIVIDADE**

PROBLEMAS

PREVISÕES

PROCURA

**DISPONIBILIDADE
DE OFERTA**

**ALTERAÇÕES POSSIVEIS
OFERTA/PROCURA**

**PROGRESSOS
TECNOLÓGICOS POSSIVEIS**

FONTES DE INFORMAÇÃO