



**PROCESSOS FORMADORES DE DEPÓSITOS
MINERAIS (GSA 0302)**

**DEPÓSITOS HIDROTERMAIS EM BACIAS
SEDIMENTARES
(SISTEMAS DO TIPO SEDEX)**

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis

1 cm

assis.rafael@usp.br

DEFINIÇÃO

Sedimentary **ex**alative deposits (**SEDEX**)

(carbonate-hosted [carb-hst], shale-hosted [shale-hst], coarse clastic-hosted [cc-hst])

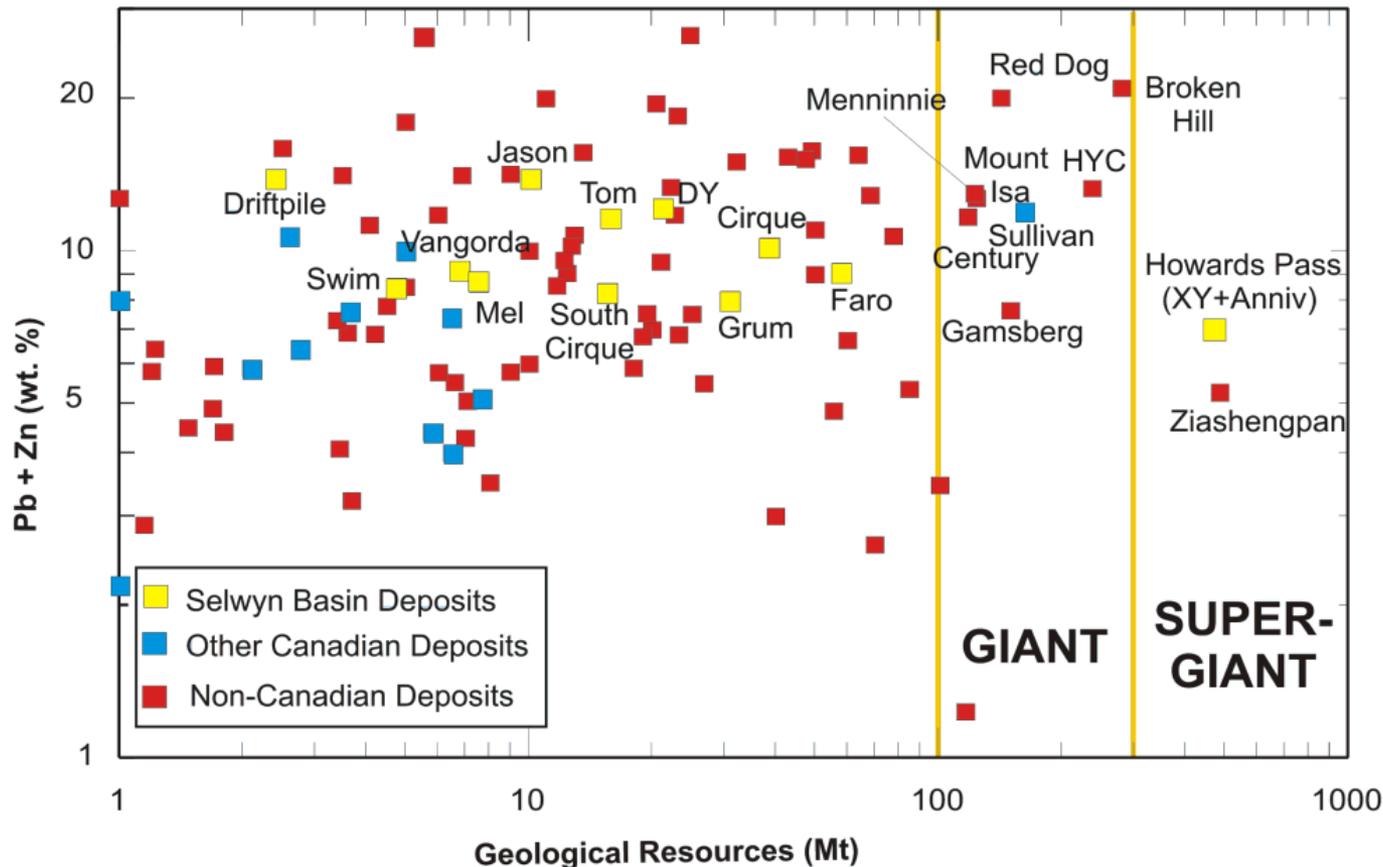


Depósitos de Pb-Zn-(-Cu) de natureza sin-sedimentar a hidrotermal, relacionados à circulação de fluidos em bacias sedimentares intracratônicas.

DEPÓSITOS SEDEX

IMPORTÂNCIA

Os depósitos contêm as maiores reservas mundiais de Pb (50%) e Zn (60%)
> 25-30% da produção mundial desses metais



Grade (Pb + Zn wt. %) versus geological resources (million tonnes) for global, Canadian and Selwyn Basin SEDEX deposits

Importância

10 dos 12 depósitos considerados gigantes ou super-gigantes (*classe mundial*) são do Mesoproterozóico.

Teor metalífero

0,97% Cu
6,76% Zn

3,28% Pb
63g/t Ag

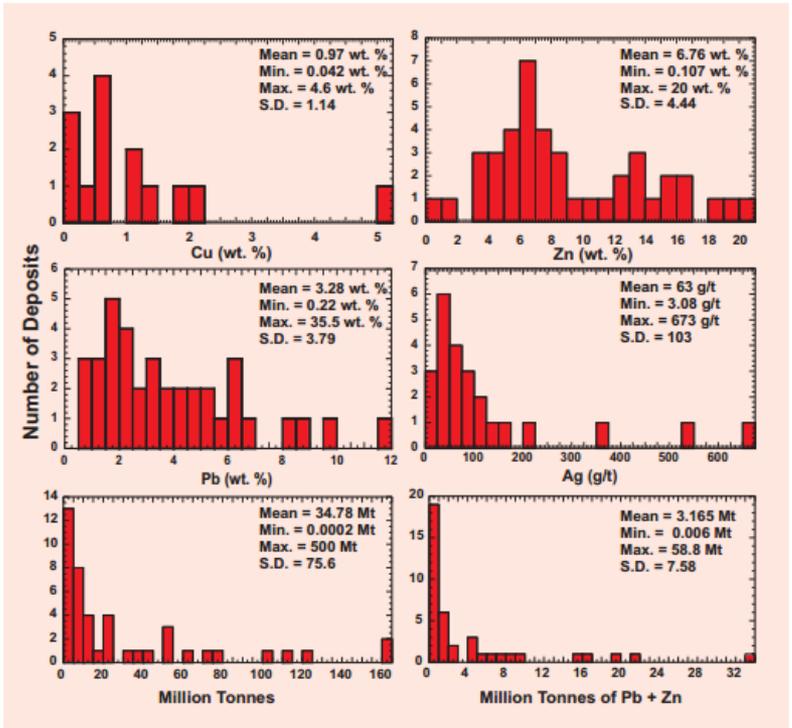


FIG. 4. Histograms of metal grades and tonnage for global SEDEX deposits.

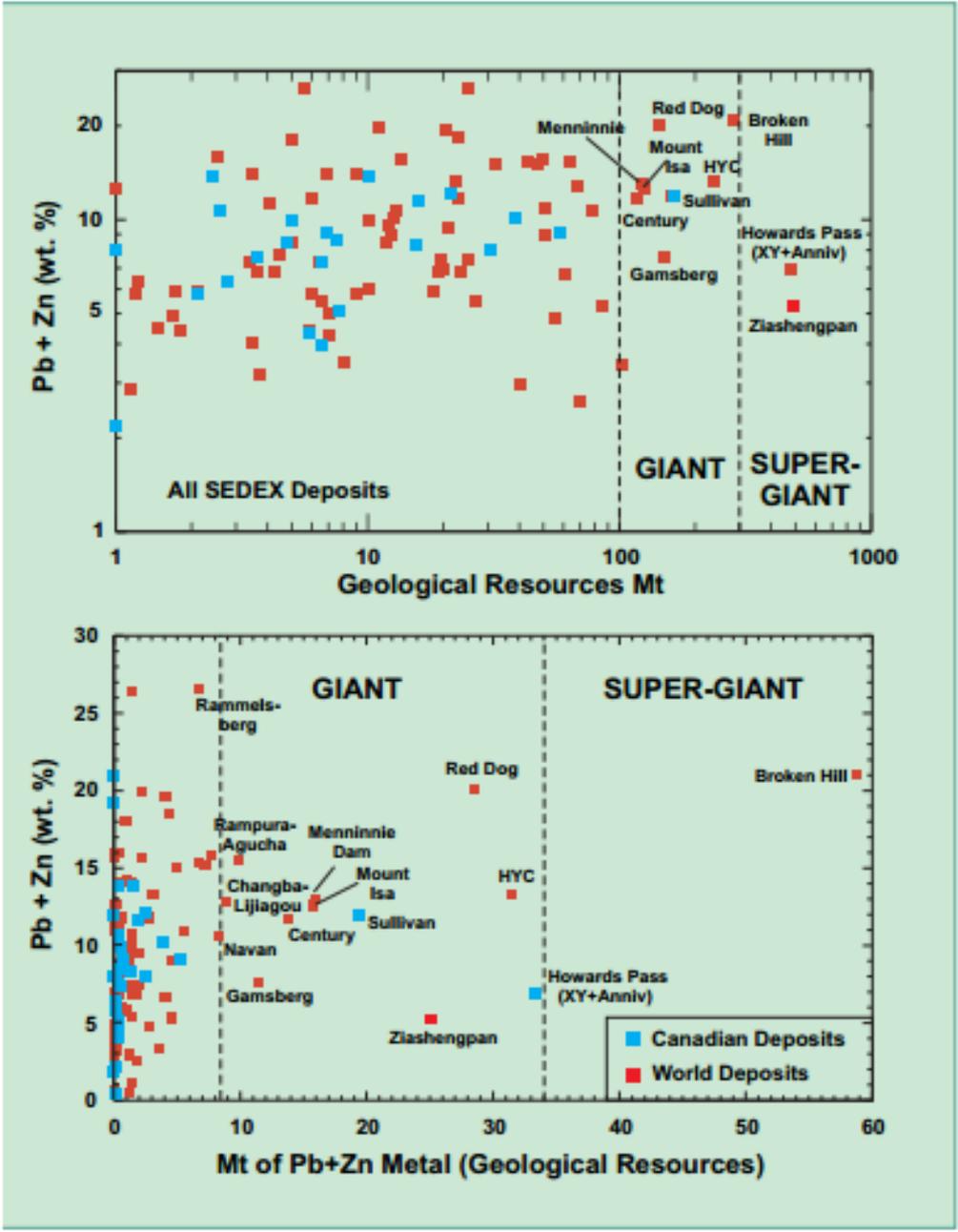


FIG. 3. Grade versus tonnage plots for SEDEX (including Irish and BHT) deposits world-wide with geological resources of total ore (A) and Pb + Zn metal (B).

Distribuição Espacial



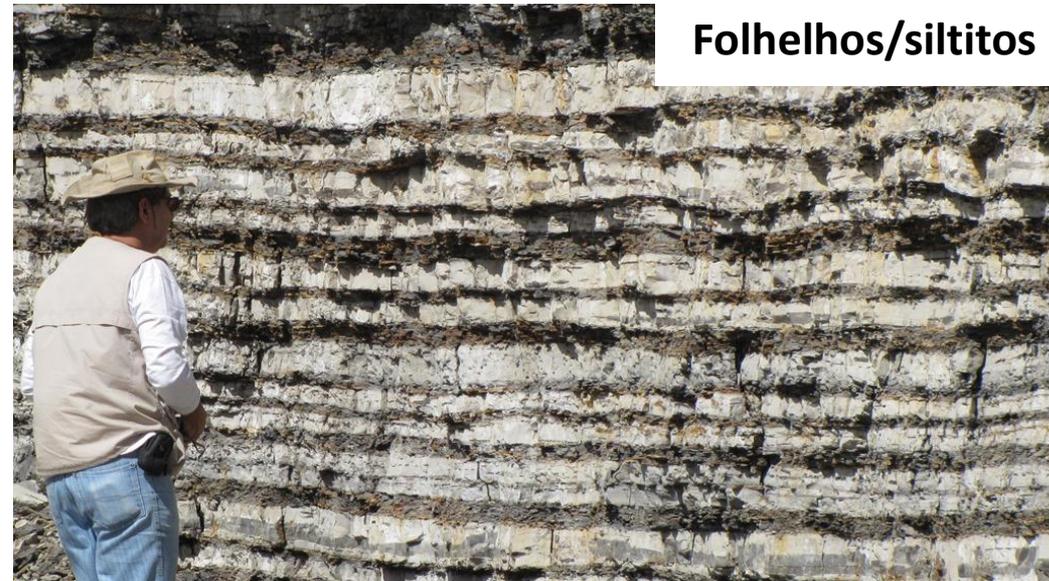
FIG. 1. SEDEX, BHT, VHMS and MVT deposits plotted on a simplified geological map of the world (World's Minerals Project). Irish-type deposits are included in the broad group of SEDEX deposits.

DEPÓSITOS SEDEX

Rochas Hospedeiras

Atributos importantes:

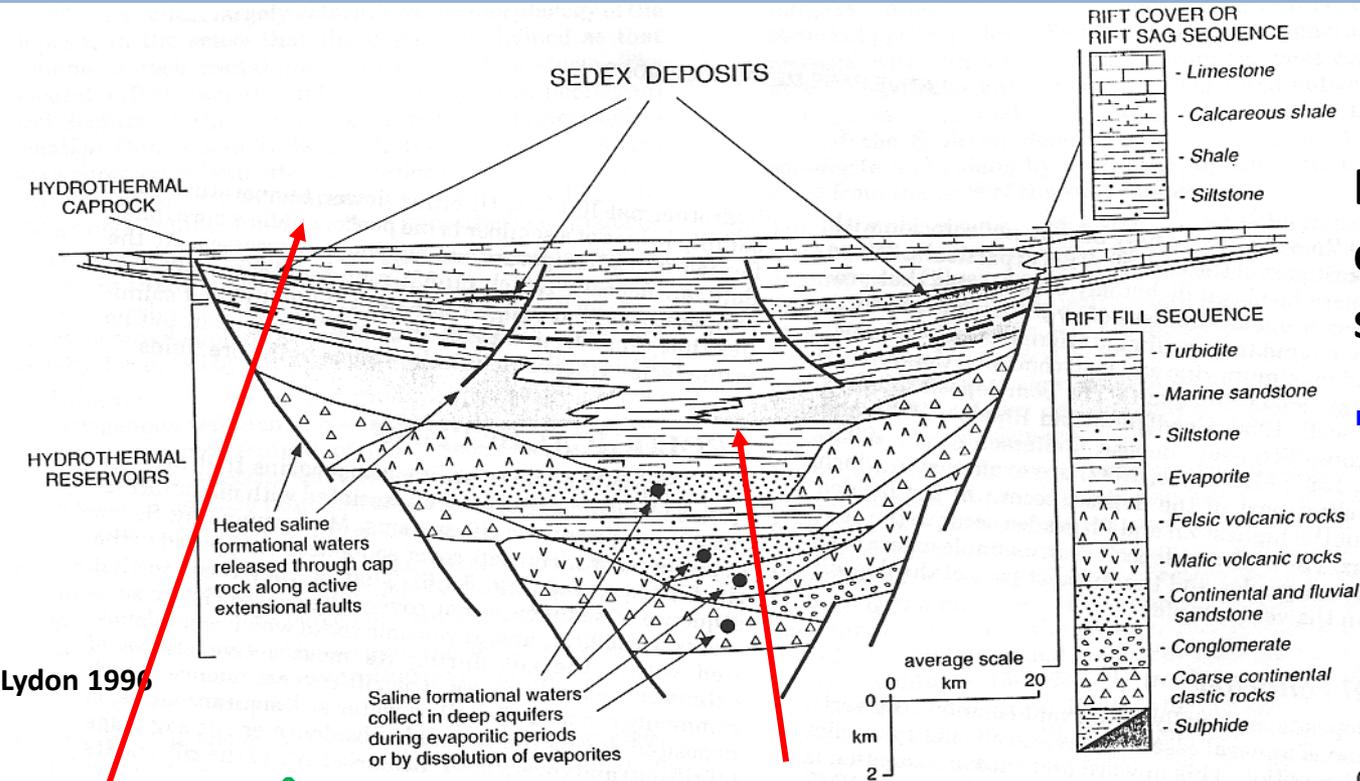
(1) hospedam-se em diversos tipos de rochas sedimentares carbonáticas e siliciclásticas; (2) sem relação genética óbvia (*ausente ou muito subordinada*) com atividade ígnea



Rochas hospedeiras são folhelhos, siltito, calcário, dolomito, *chert* com alta concentração de matéria orgânica.

DEPÓSITOS SEDEX

Rochas Hospedeiras



Bacias sedimentares controladas por subsidência tectônica

→ sistemas de rifte

SEQUÊNCIA BASAL: sucessão de vulcânicas, sedimentares clásticas + turbiditos

→ extensão e subsidência ativas

SEQUÊNCIAS DE TOPO: folhelhos/siltitos/argilitos carbonosos e rochas carbonáticas

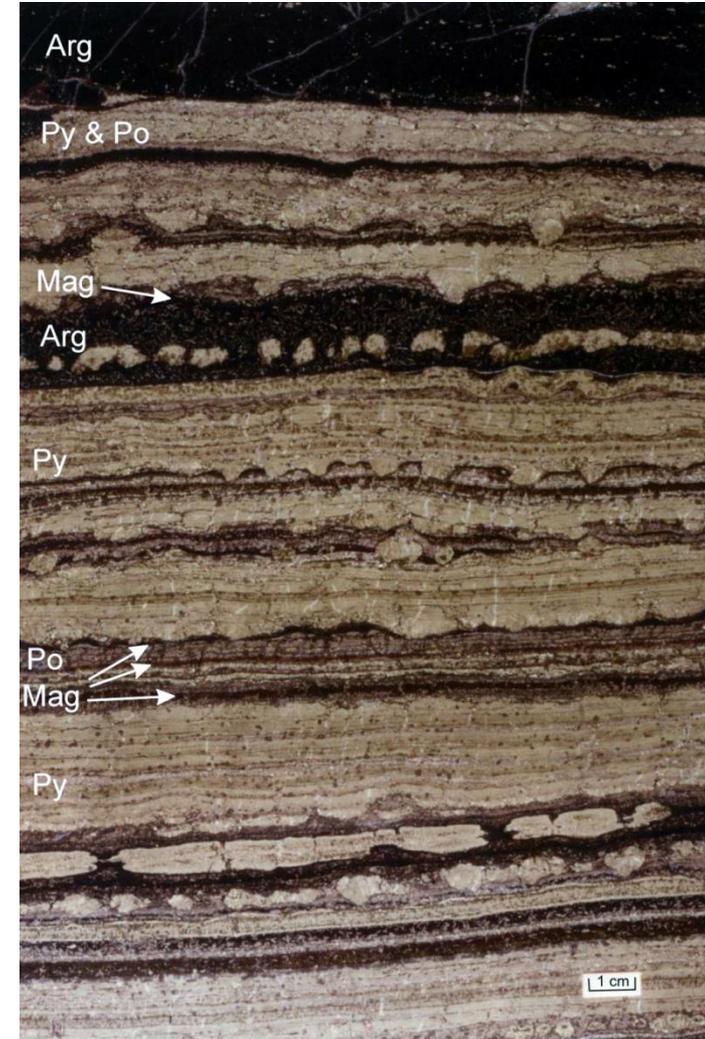
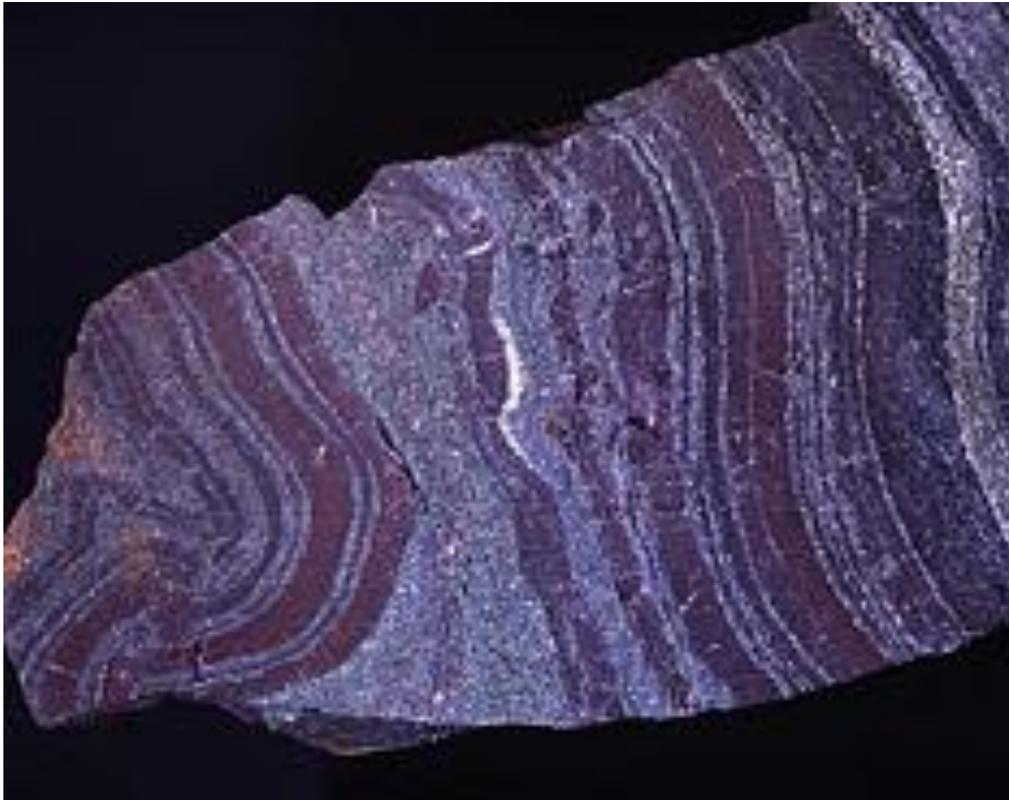
→ principais hospedeiras

Ocorrência de falhas sin-sedimentares

DEPÓSITOS SEDEX

Estilo da mineralização

- ❖ **Corpos estratiformes, lenticulares ou tabulares ricos em sulfeto e intercalados a níveis de sedimentos**
- ❖ **Camadas ou lâminas de sulfetos intercaladas com *chert*, barita, carbonatos e apatita**

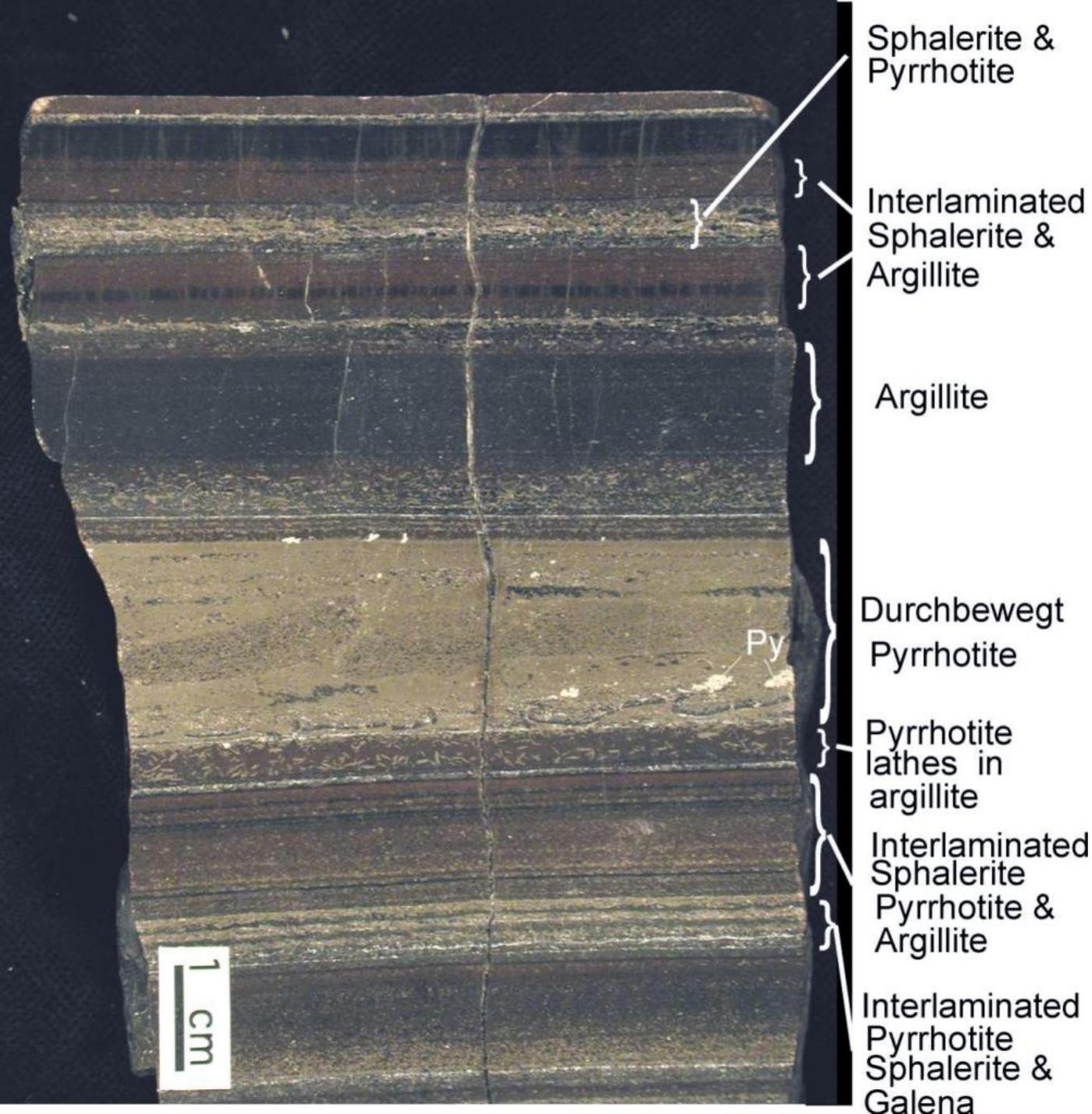


- ▶ Pirita finamente laminada em rocha metassedimentar carbonosa (*Alaska; 4,8 cm de largura*).



- ▶ Zona rica em esfalerita ± pirita ± galena (*Alaska; 4,8 cm de largura*).





Sphalerite &
Pyrrhotite

Interlaminated
Sphalerite &
Argillite

Argillite

Durchbewegt
Pyrrhotite

Pyrrhotite
lathes in
argillite

Interlaminated
Sphalerite
Pyrrhotite &
Argillite

Interlaminated
Pyrrhotite
Sphalerite &
Galena

Polished slab from the "B" Band, 3200 SE Crosscut, Sullivan mine, showing the typically laminated nature of the Bedded Ores. Note the layer of durchbewegt pyrrhotite-rich sulphides which reflects bedding-parallel tectonic movement - a common feature of the Bedded Ores. From Lydon and Reardon, 2000.

1
cm

DEPÓSITOS SEDEX

Mineralogia do Minério

Galena



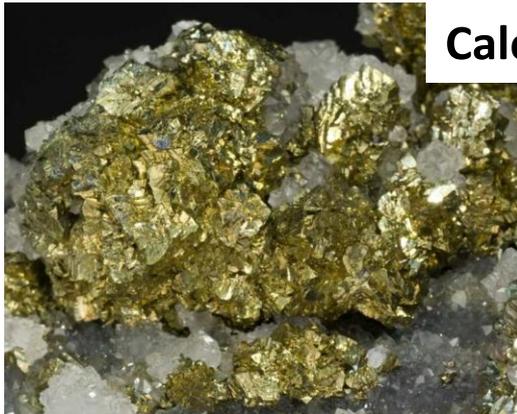
Esfalerita



Pirita



Calcopirita



Pirrotita



PRINCIPAIS

Pirita (dominante), esfalerita e galena

SUBORDINADOS

Pirrotita e calcopirita em alguns depósitos

DEPÓSITOS SEDEX

Alteração Hidrotermal

- Depende da composição, porosidade e permeabilidade das hospedeiras
- Quando comparado aos depósitos MVT: intensidade da alteração é menor, porém, sua extensão é maior.

DOIS TIPOS GERAIS PRINCIPAIS

(I) Halos de alteração com Fe-Mg carbonatos.

(II) Halos de alteração silicática.

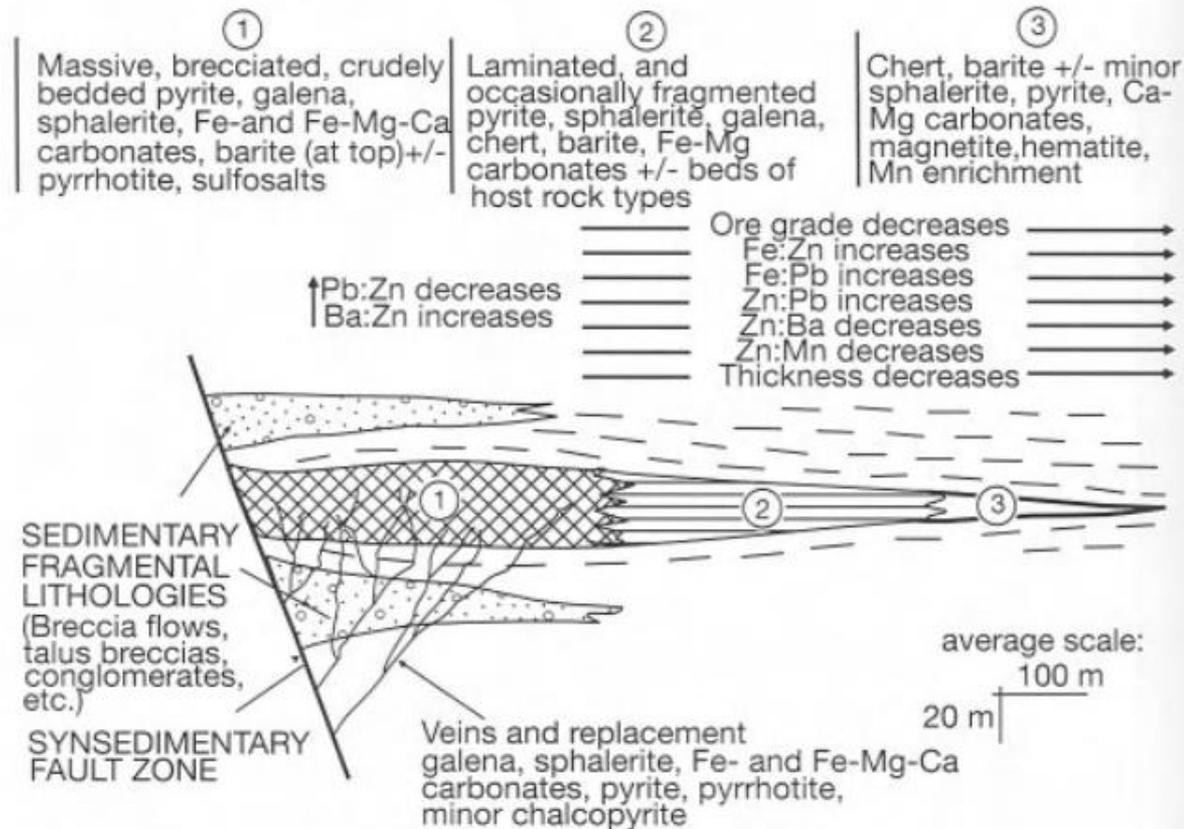
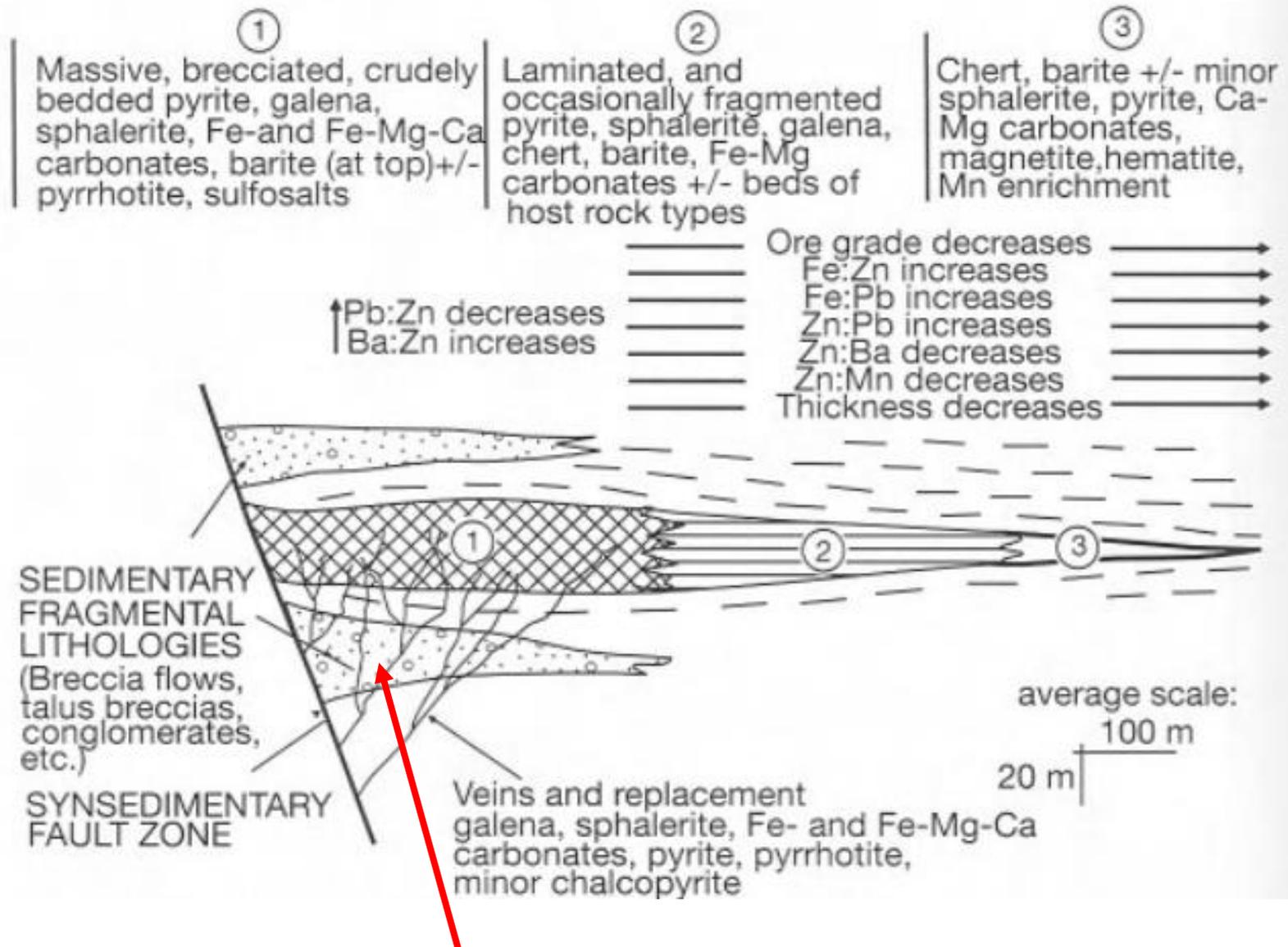
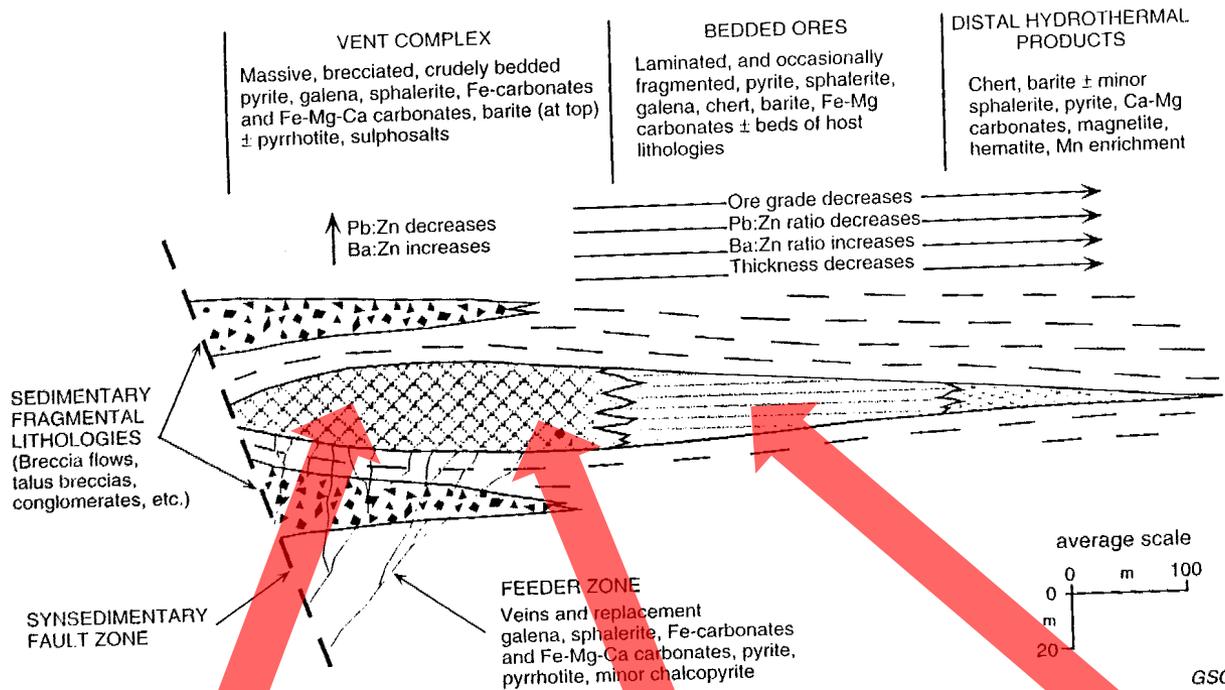


FIG. 17. Cross section through an idealized SEDEX deposit showing geochemical zoning (modified from Lydon, 2004a).



Complexo de escape (*feeder zone*) ➔ veios irregulares e/ou disseminações de sulfeto, zonas brechadas, alteração intensa das rochas sedimentares sotopostas ao minério estratiforme.



Esfalerita finamente laminada em rocha metassedimentar carbonosa (*Century Mine*).



Zona rica em esfalerita ± pirita ± galena (*Alaska*; 4,8 cm de largura).



Pirita finamente laminada em rocha metassedimentar carbonosa (*Alaska*; 4,8 cm de largura)

DEPÓSITOS SEDEX

Modelo Genético

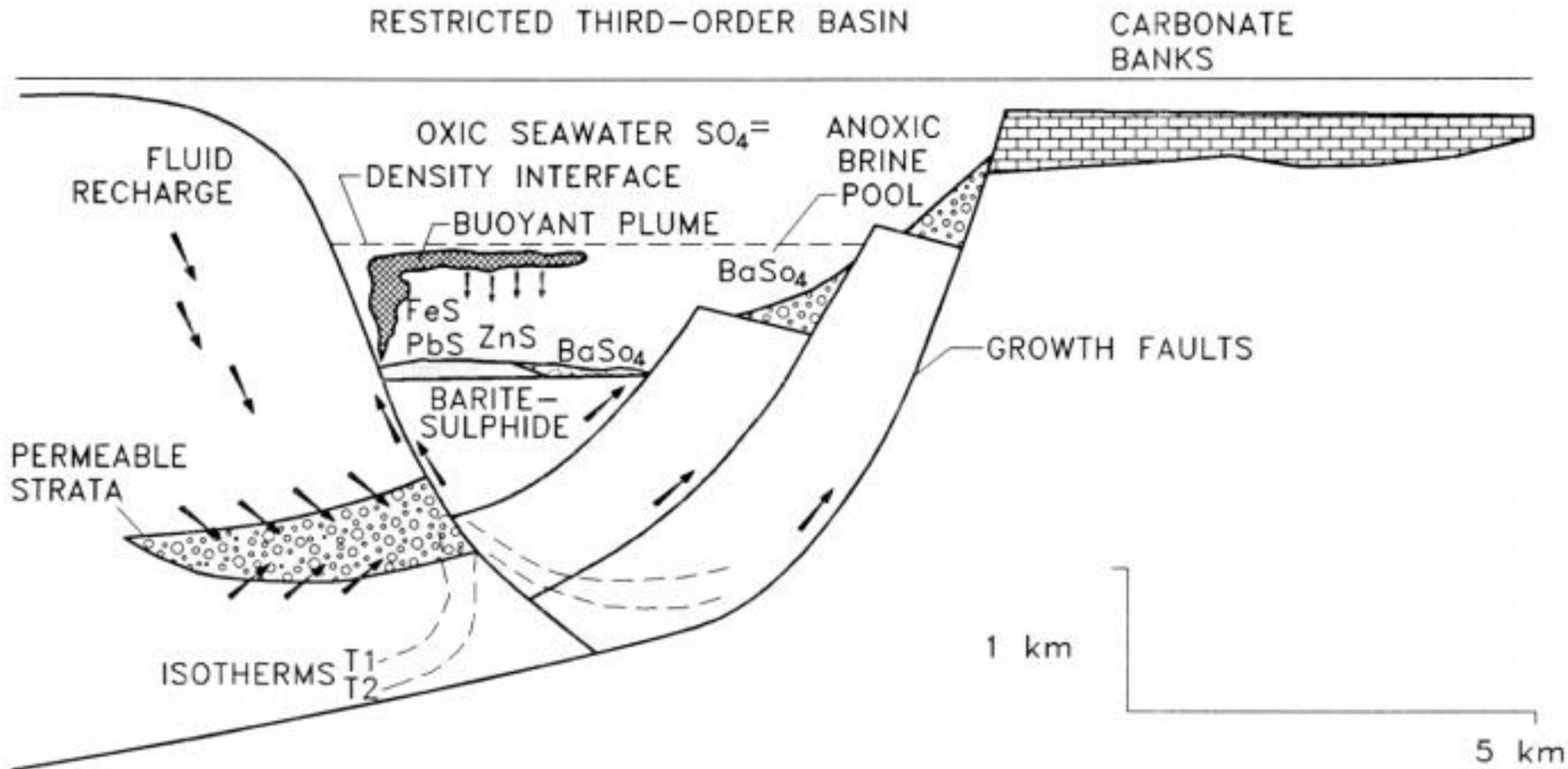


Figure 3-24. Interpretive model for formation of the Cirque deposit. Modified from a model for the Jason deposit (Turner et al., 1989).

DEPÓSITOS SEDEX

Modelo Genético

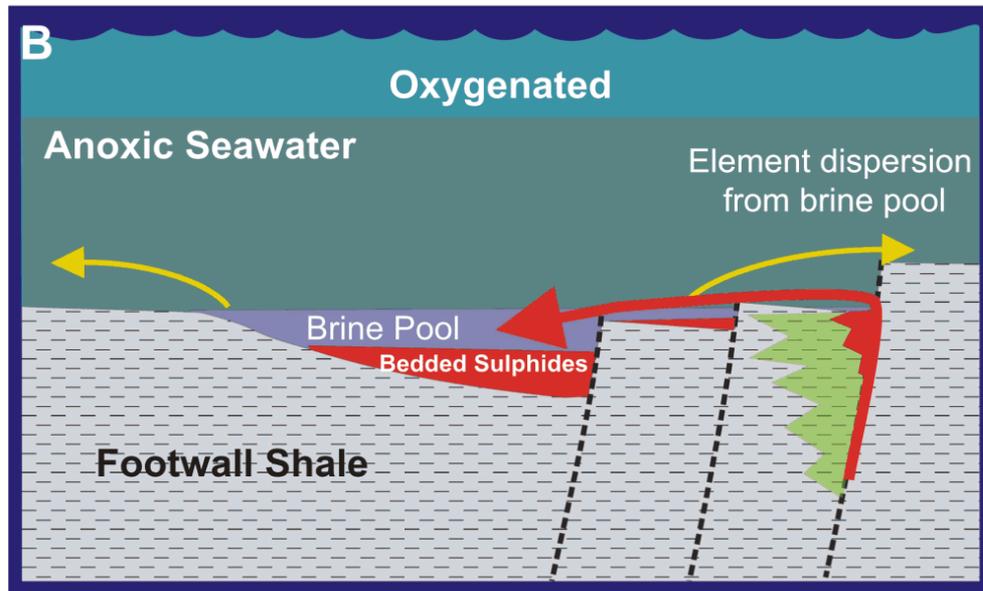
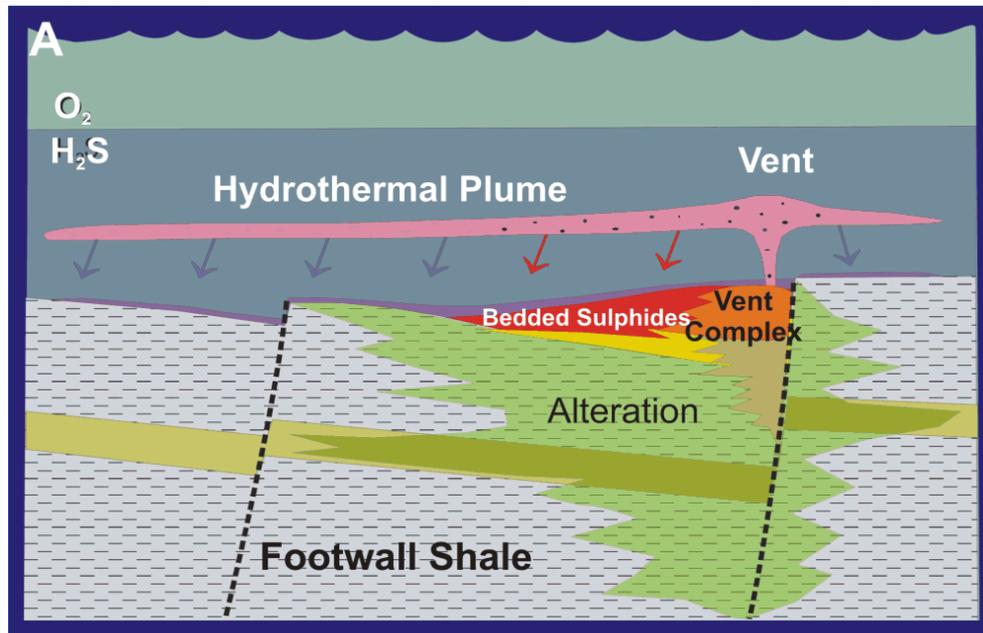
1. Depósitos proximais ao complexo de escape formados por pluma hidrotermal (e.g. *Sullivan, B.C.; Tom e Jason, Yukon; Rammelsberg, Germany*)

2. Depósitos distais ao complexo de escape formados pelo acúmulo de salmouras (*brines*) salinas (e.g. *Howards Pass e Anniv, Yukon; HYC deposit, Australia*)

3. Substituição das rochas hospedeiras em sub-superfície

FONTE:

http://gsc.nrcan.gc.ca/mindep/metallogeny/sedex/selwyn/index_e.php



DEPÓSITOS SEDEX

Modelo Genético

Minério singenético (*sin-sedimentar*) ou epigenético (*hidrotermal*)?



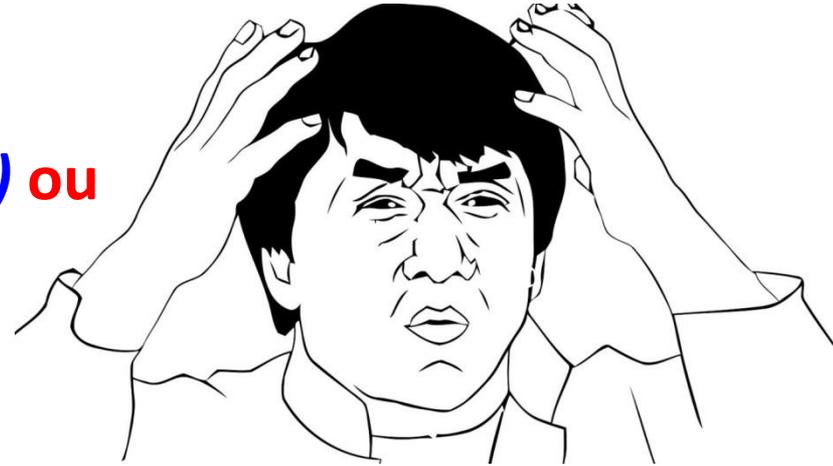
EVIDÊNCIAS SINGENÉTICAS

- (1)** bandas ricas em sulfetos rigorosamente intercaladas a sedimentos e com limites retilíneos entre minério e sedimento;
- (2)** leitos de micro-brechas e clastos de sulfetos em sedimentos clásticos (retrabalhamento?);
- (3)** camadas compostas por múltiplas lâminas de sulfetos (deposição a partir de diferença de densidade de fluxo)

DEPÓSITOS SEDEX

Modelo Genético

Minério singenético (*sin-sedimentar*) ou epigenético (*hidrotermal*)?



EVIDÊNCIAS EPIGENÉTICAS

(1) leitos/nódulos de carbonato ou barita substituídos por sulfetos; **(2)** substituição de pirita por sulfetos de metais de base; **(3)** fósseis em carbonatos substituídos por sulfetos de metais de base; **(4)** pseudomorfose de sulfetos a partir da substituição da barita; **(5)** chards e vidro substituídos por sulfetos
(texturas de substituição!!!)

DEPÓSITOS SEDEX

Modelo Genético

Alta T e salinidade: alto gradiente térmico em áreas de tectônica extensional (*riftes*); dissolução de evaporitos na sequência sedimentar sotaposta ao depósito.

Fonte dos metais: derivados da sequência sedimentar.

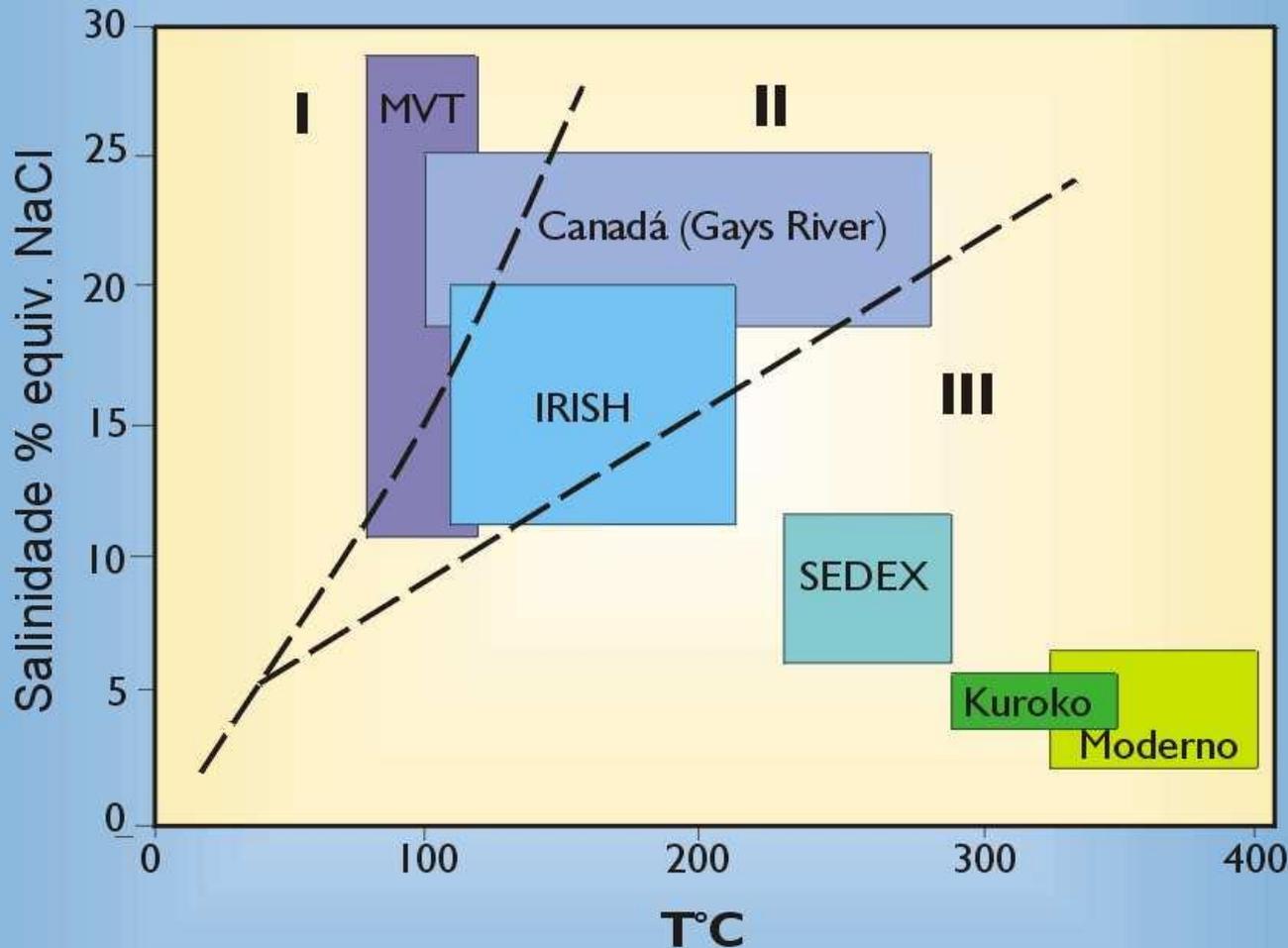
Fonte de enxofre: sulfatos presentes na água do mar. Em geral o fluido metalífero ($T > 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $\text{pH} = 5-6$) não pode transportar quantidades significativas de enxofre reduzido juntamente com os metais. Pelo menos parte do enxofre reduzido deve ser transportado por outro fluido ou estar presente no sítio deposicional.

Precipitação dos sulfetos: falhas sin-sedimentares associadas a rifteamento permitem a circulação de fluidos bacinais aquecidos e sua ascensão ao assoalho oceânico. Os sulfetos podem ser precipitados/depositados por rápido **resfriamento** dos fluidos.

Idade da mineralização: tende a ser próxima a da rocha sedimentar hospedeira ou da diagênese; depósitos de substituição (*e.g. Century*) - 20 Ma após sedimentação

DEPÓSITOS SEDEX

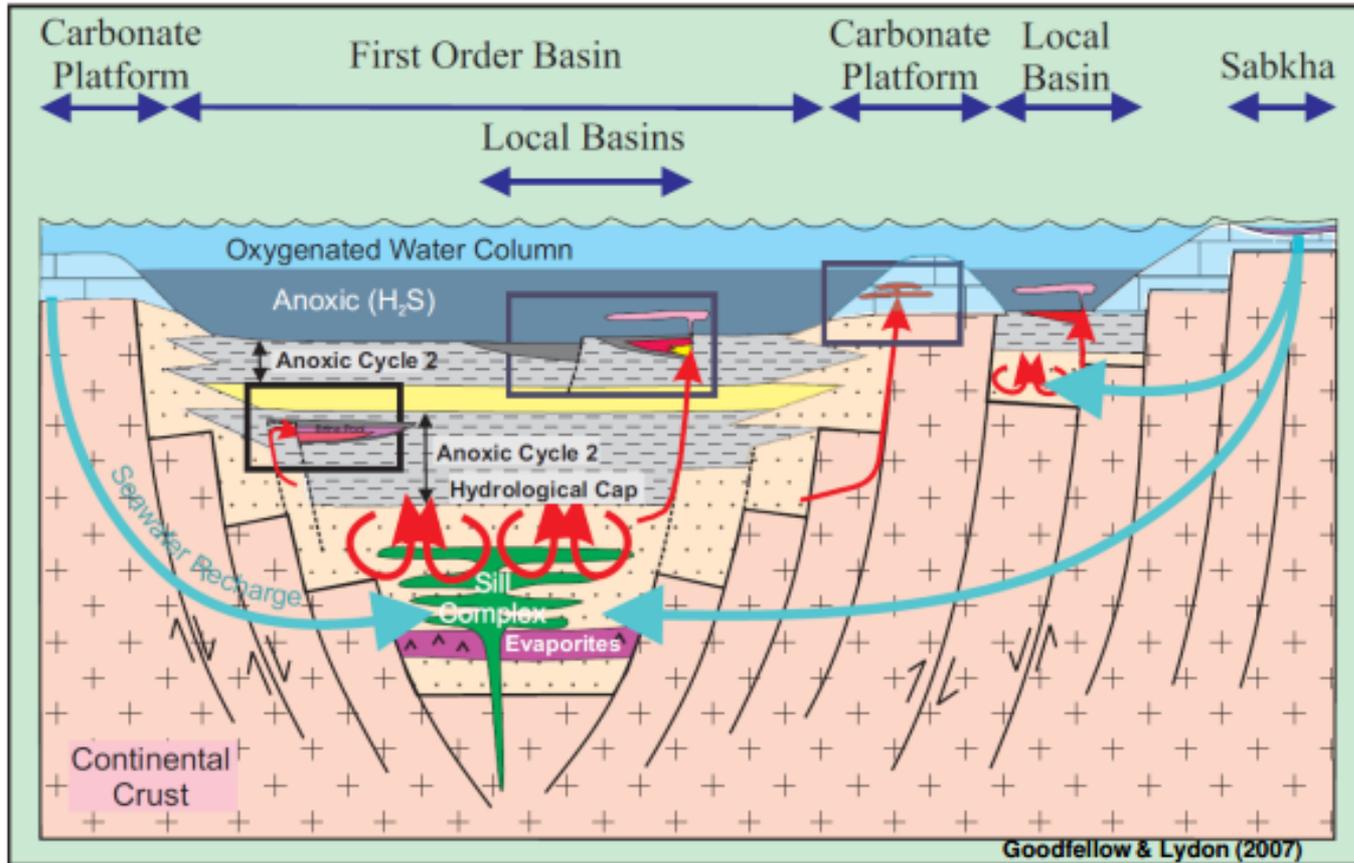
Características do fluido mineralizante



**Maiores
temperaturas
e menores
salinidades
em relação
aos depósitos
MVT**

DEPÓSITOS SEDEX

Modelo Genético

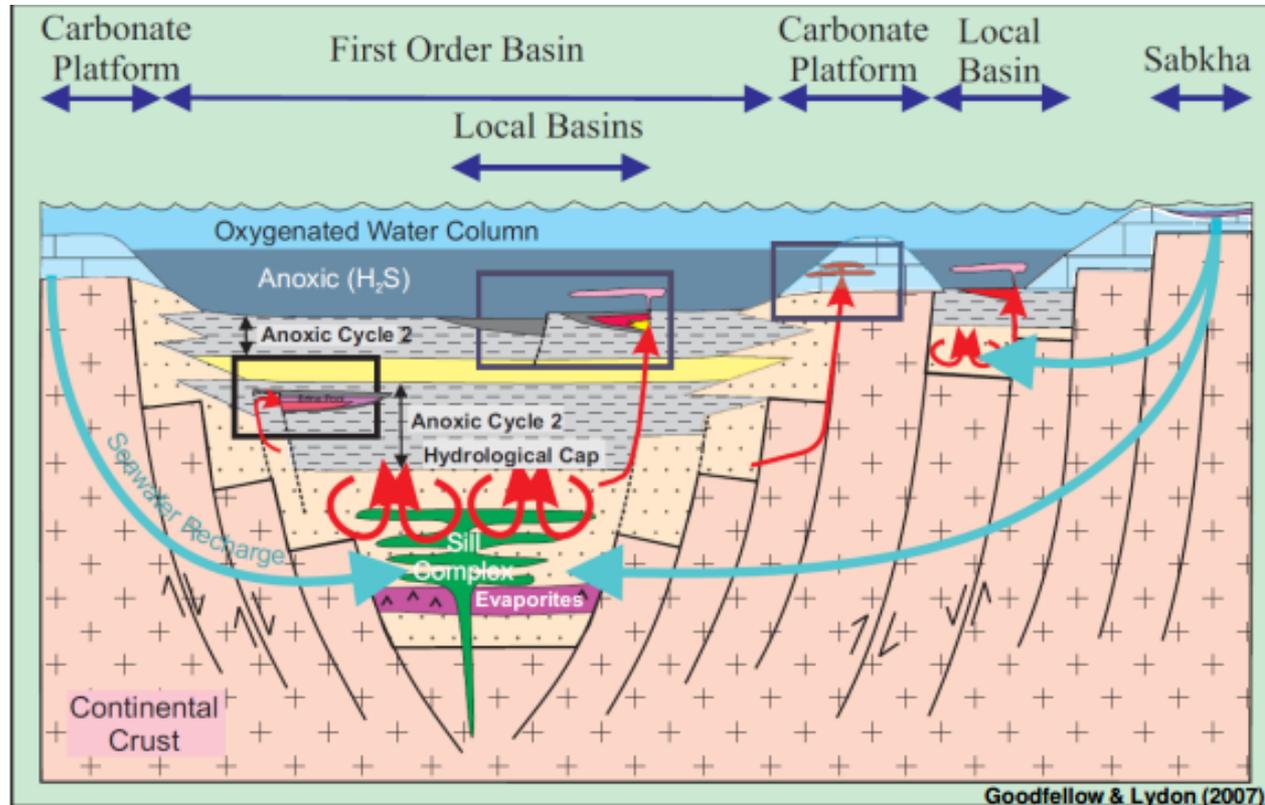


Bacia riftada com seqüência de pelo menos 2 – 5 km de espessura de rochas sedimentares clásticas grossas (permeáveis) e vulcânicas/vulcanoclásticas associadas, sobrepostas por uma seqüência impermeável de folhelhos e/ou rochas carbonáticas

Pequenas sub-bacias de ambiente redutor ⇒ suprimento de H₂S bacteriogênico

DEPÓSITOS SEDEX

Modelo Genético



Alta T e salinidade: alto gradiente térmico em áreas de tectônica extensional (riftes); dissolução de evaporitos na sequência sedimentar sotoposta ao depósito

Ampla circulação convectiva de fluidos na bacia durante rifteamento ou inversão

Falhas normais são utilizadas para a ascensão dos fluidos

