



**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo**

“CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS”

PMI 1673 - Mecânica de Fluidos Aplicada a Reservatórios

Prof. Eduardo César Sansone



PRINCIPAIS TIPOS DE RESERVATÓRIOS BRASILEIROS

Reservatórios Turbidíticos (arenitos).
Reservatórios Carbonáticos.

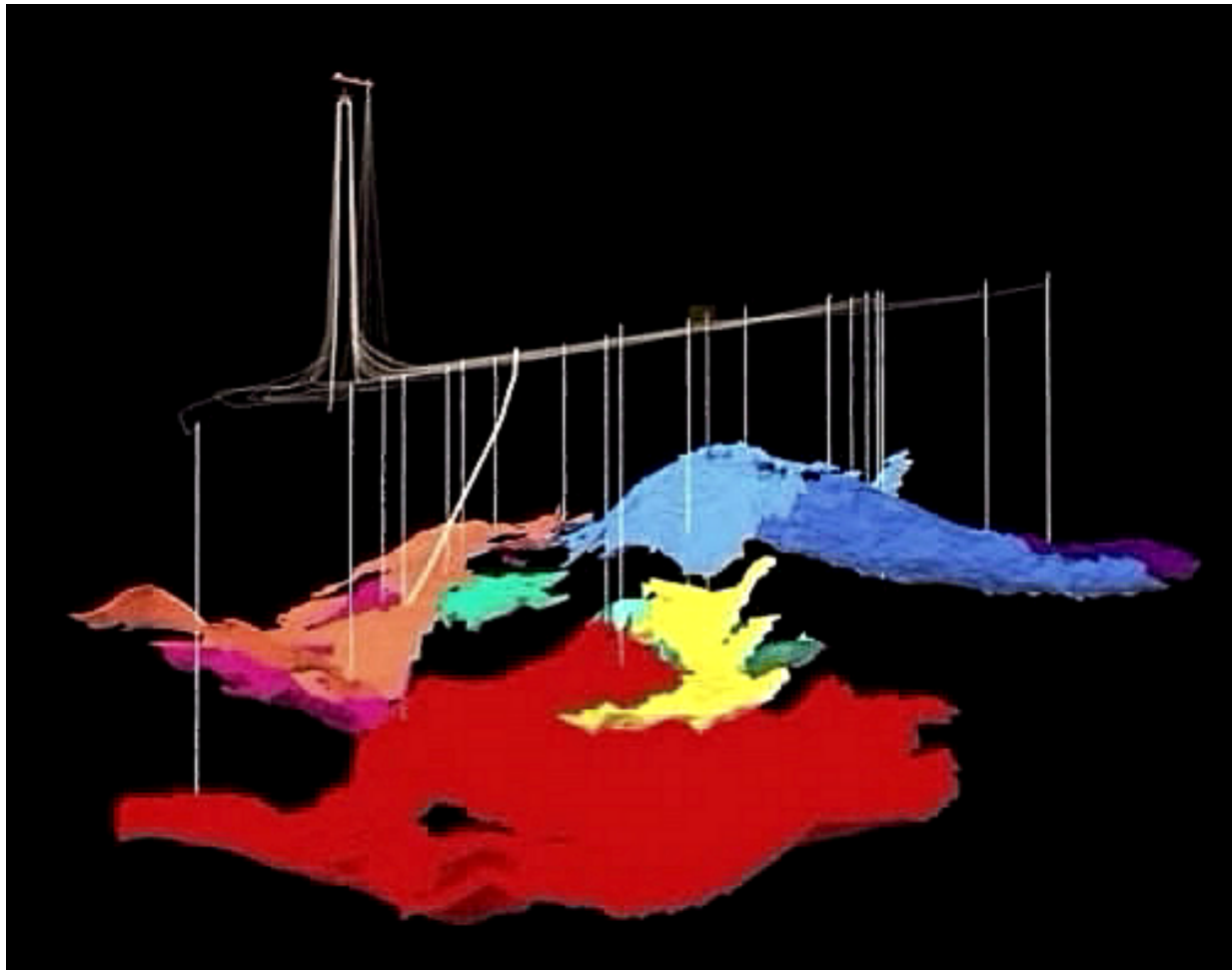


RESERVATÓRIOS TURBIDÍDICOS

RESERVATÓRIOS TURBIDÍTICOS



No Brasil o principal tipo de rocha reservatório é o Turbidito, estando presente em aproximadamente 80% dos campos petrolíferos brasileiros.



Campo Marlim Sul (área de aproximadamente 600 km²)



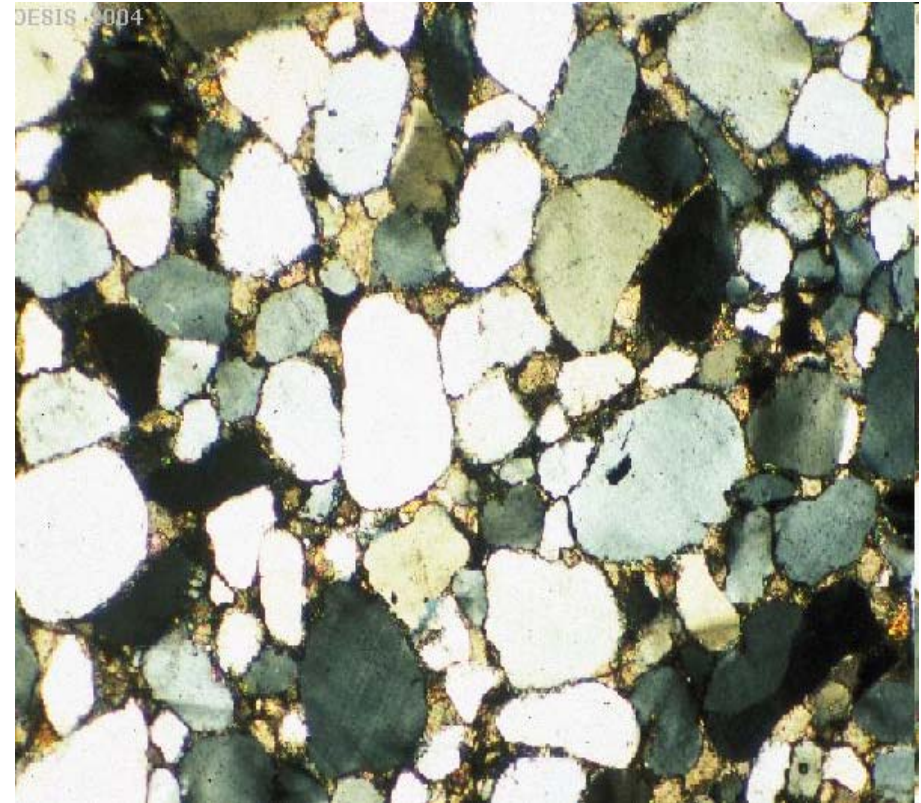
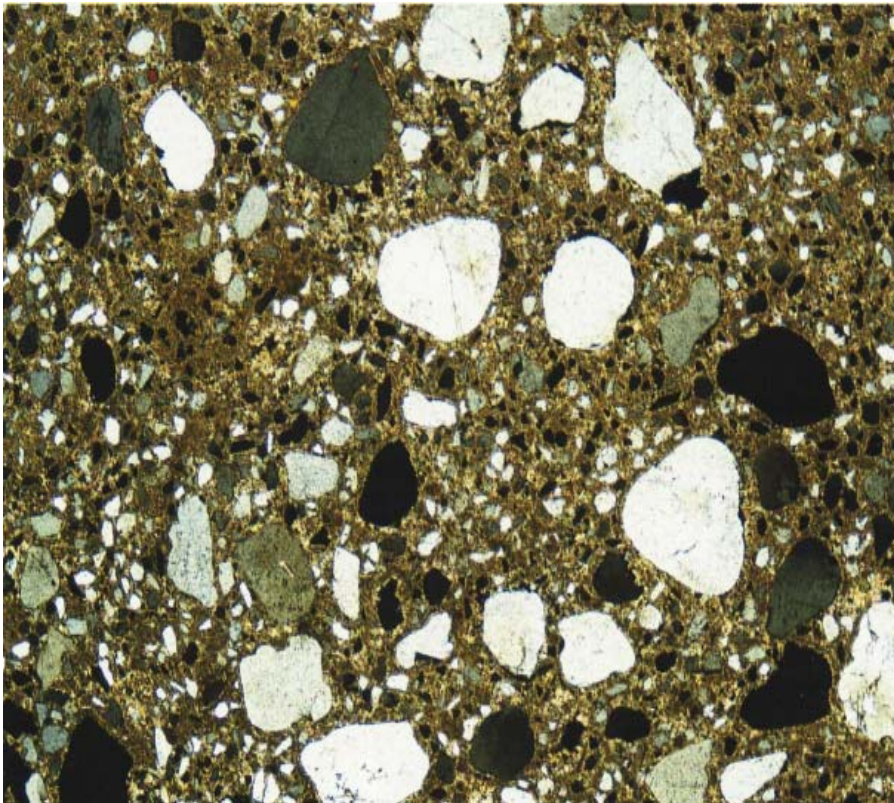
TURBIDITO

Rocha sedimentar originada em ambientes sub-aquáticos de taludes sujeitos a correntes de turbidez.

Os turbiditos são sedimentos cujo tamanho dos fragmentos varia desde conglomerado até as frações siltico-argilosas, com o tamanho de grão dominante sendo o de arenito médio e fino.

Os turbiditos são normalmente formados em uma seqüência de deposição de sedimentos finos a médios, com estratificação rítmica e gradacional, mas um turbidito pode também estar representado por apenas uma camada mais ou menos uniforme.

Estas rochas se depositam normalmente nos contextos de talude e bacia, formando canais e lobos.



Rochas sedimentares clásticas



CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS POR TAMANHO

TAMANHO DO GRÃO (mm)	CLASSIFICAÇÃO	SUBDIVISÕES
256 – 2	Cascalho	Matacão, bloco/ calhau, seixo e grânulo
2 – 0,062	Areia	Muito grossa, grossa, média, fina e muito fina
0,062 – 0,004	Silte	Grosso, médio, fino e muito fino
< 0,004	Argila	-

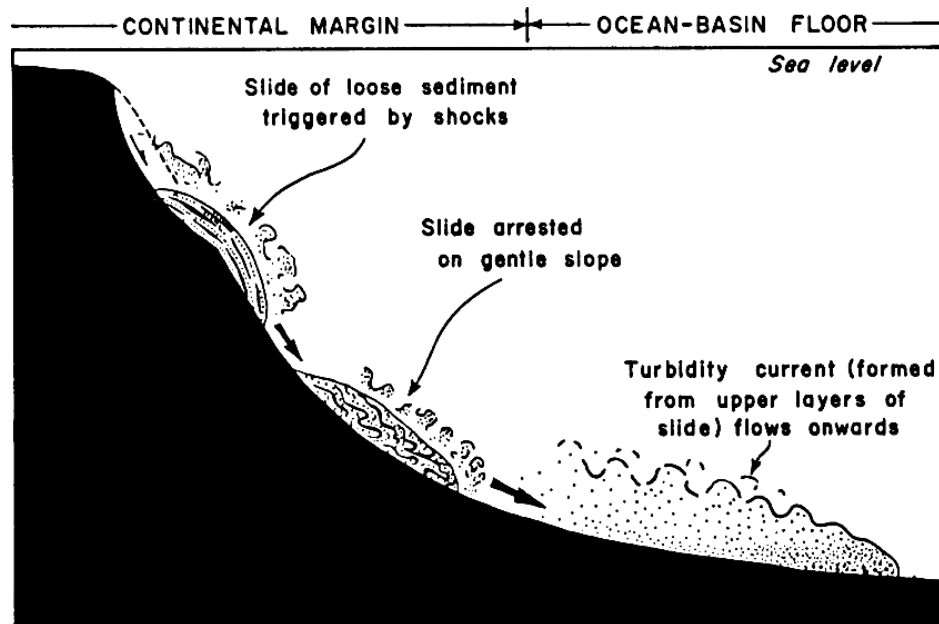


- São todos aqueles depósitos de correntes de turbidez, gerados por fluxos gravitacionais de sedimentos cuja camada basal é laminar e a porção superior é altamente turbulenta
- Presentes em contextos lacustre ou marinho, de lâminas d'água rasa ou profunda.
- Reservatórios caracterizados por arenitos finos a conglomeráticos.



Cenário esquemático dos sistemas de deposição de sedimentos clásticos

RESERVATÓRIOS TURBIDÍTICOS



Formação de correntes de turbidez

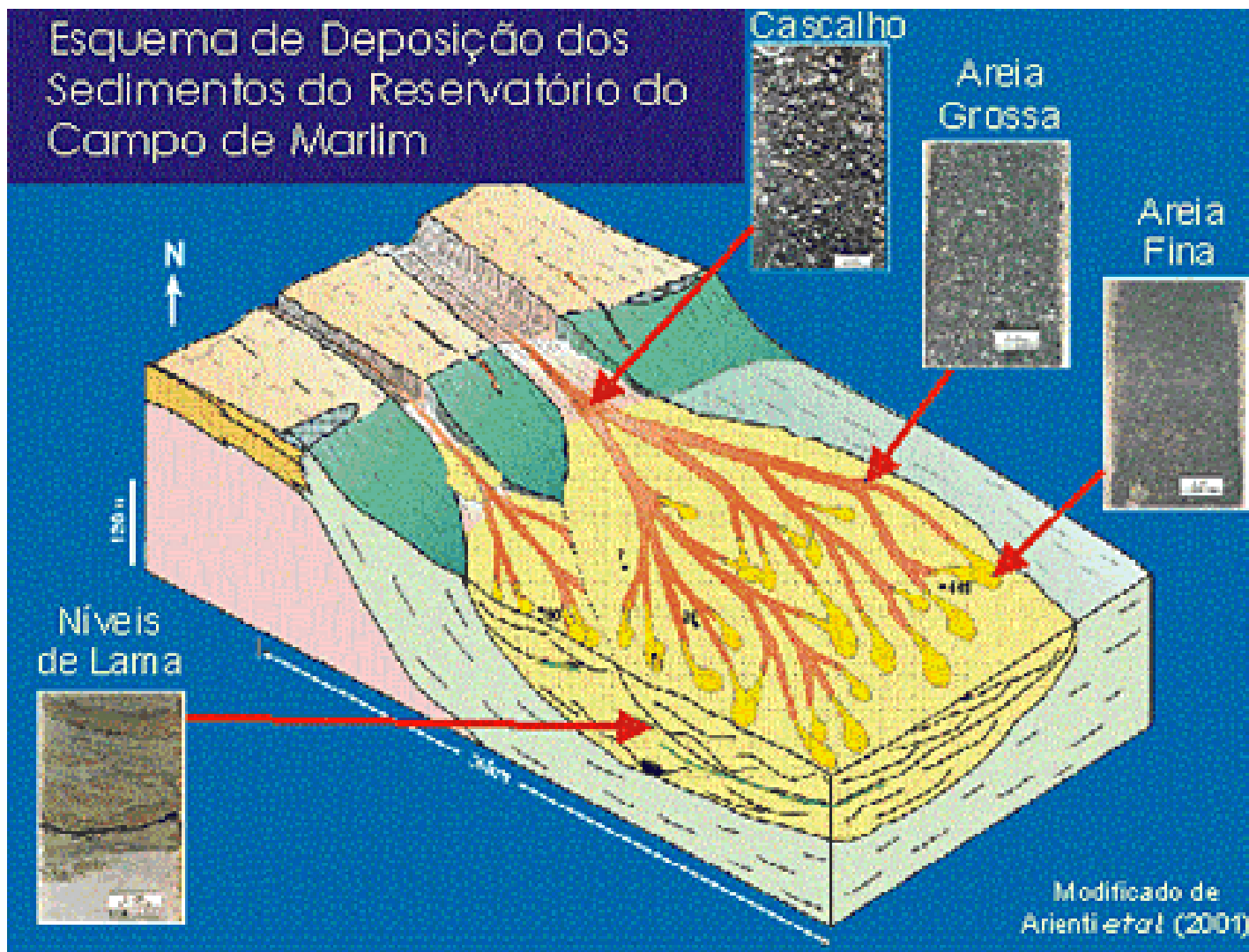
Fotografia de uma corrente turbidítica descendo a vertente continental da Califórnia





Afloramento de turbidito

RESERVATÓRIOS TURBIDÍTICOS

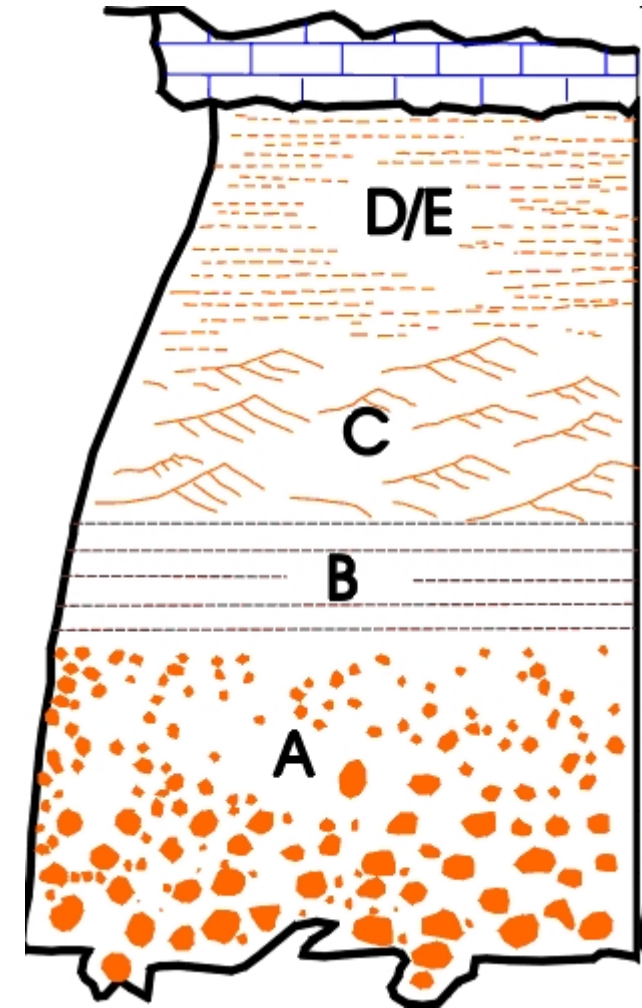


Campo Marlim Sul



SEQUÊNCIA BOUMA

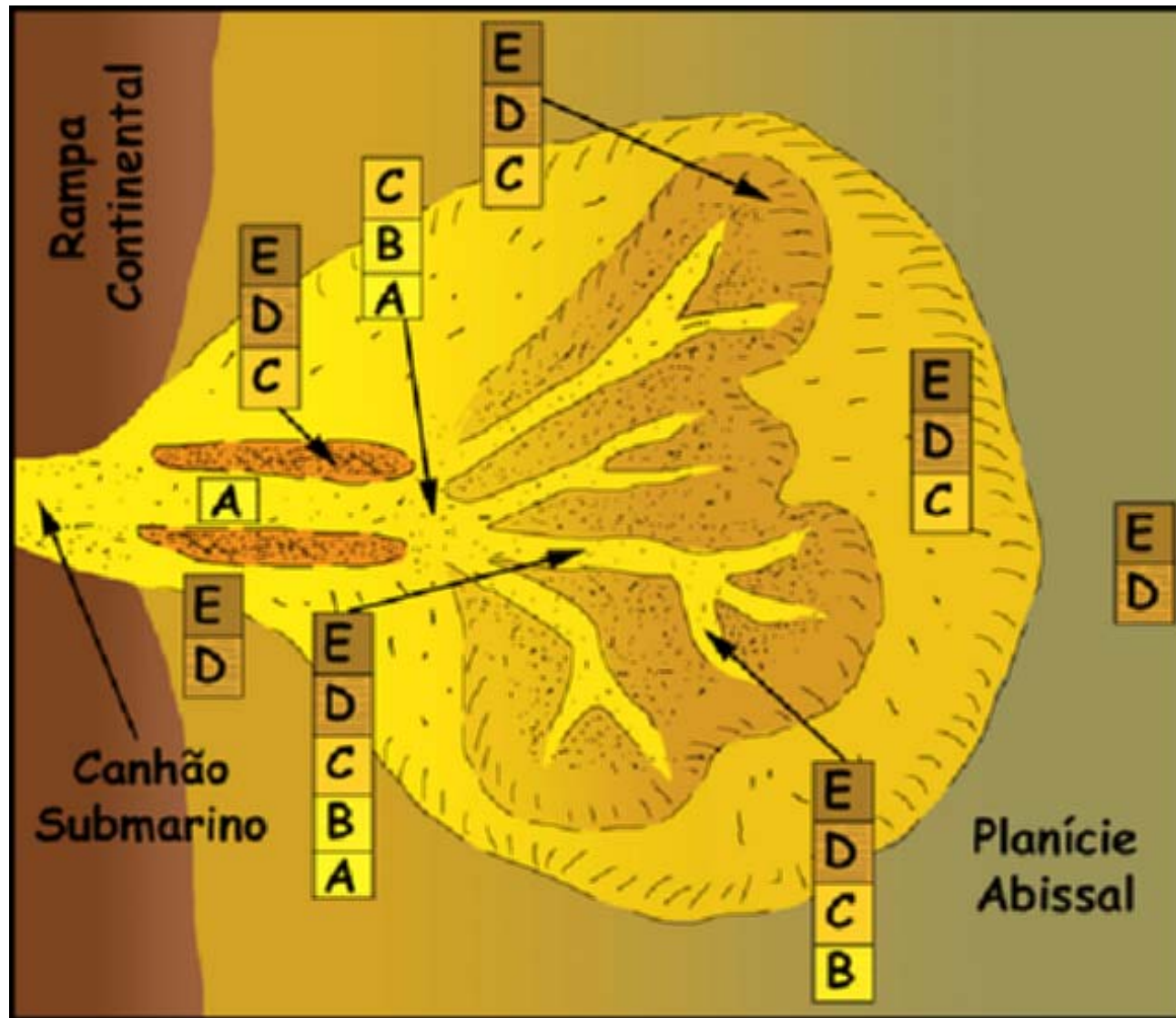
- A. Areia compacta, com base bem definida e topo passando gradualmente ao nível seguinte.
- B. Areia estruturada em lâminas paralelas.
- C. Areia afetada por estruturas sedimentares onduladas.
- D. Silte e argila depositados em lâminas paralelas.
- E. Argilas correspondentes a acumulação calma e lenta.





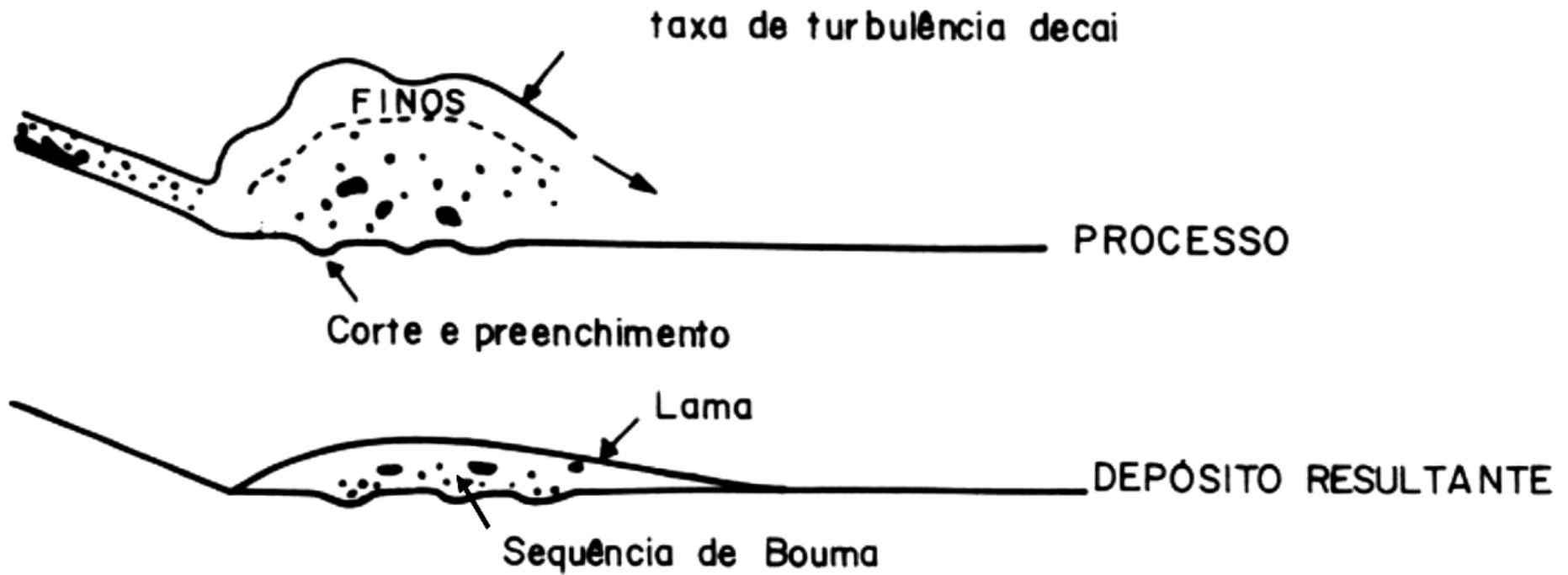
Seqüências de deposição de turbiditos

RESERVATÓRIOS TURBIDÍTICOS

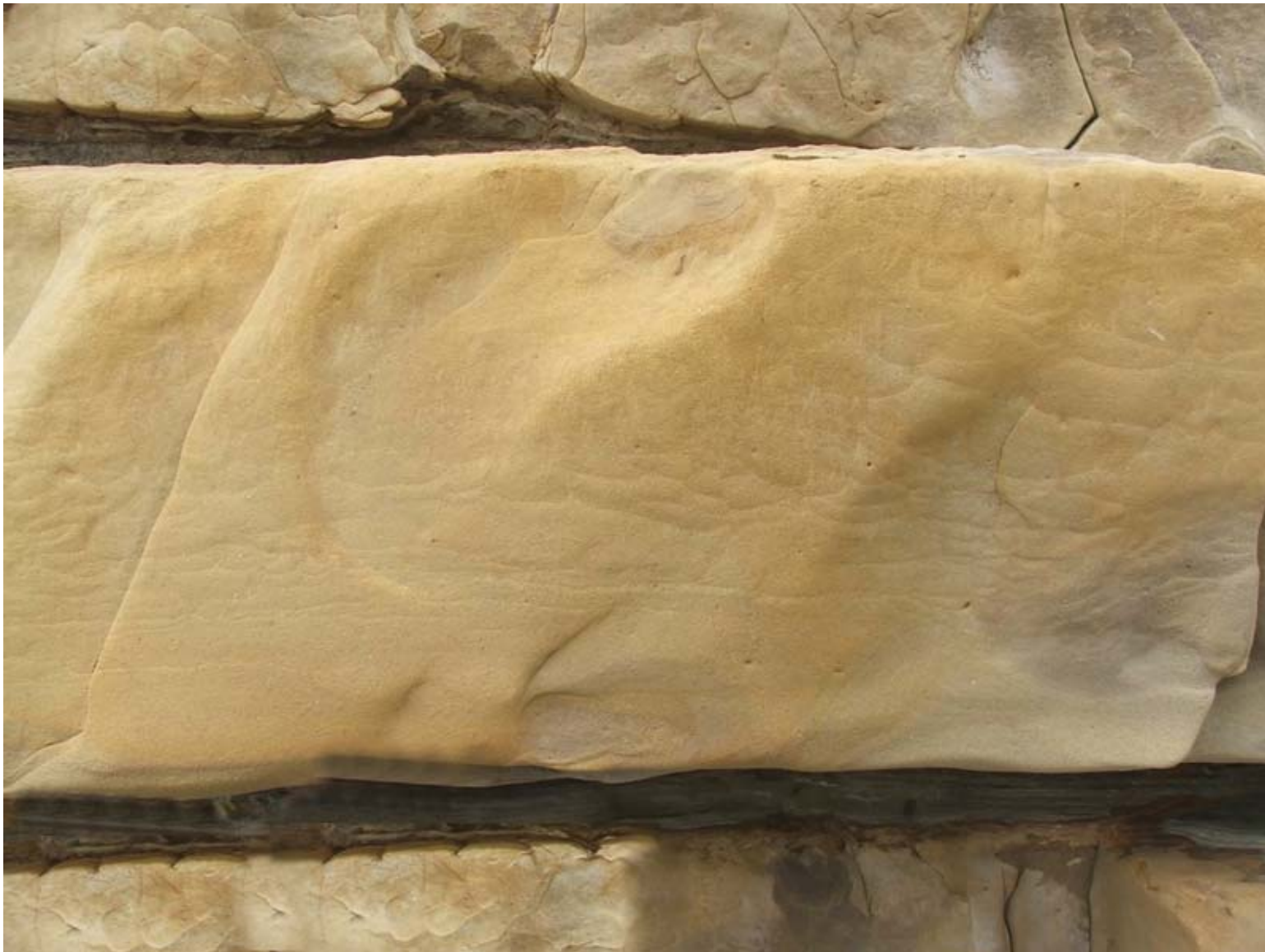


Esquema de um depósito turbidítico

RESERVATÓRIOS TURBIDÍTICOS



Formação de um depósito turbidítico



Camada de turbidito bem selecionada



FATOR DE RECUPERAÇÃO

Os reservatórios turbidídicos, dominantes na Bacia de Campos, apresentam fatores de recuperação entre 19% e 63%, com média de 35%.

Essa variação está relacionada dentre outros fatores ao ambiente deposicional e ao mecanismo de produção (gás em solução e influxo de água).

Nos reservatórios turbidídicos, cujo principal mecanismo de produção é o influxo de água, a média do FR é de 38%. Nos reservatórios sob mecanismo de gás em solução, a média é de 31%.



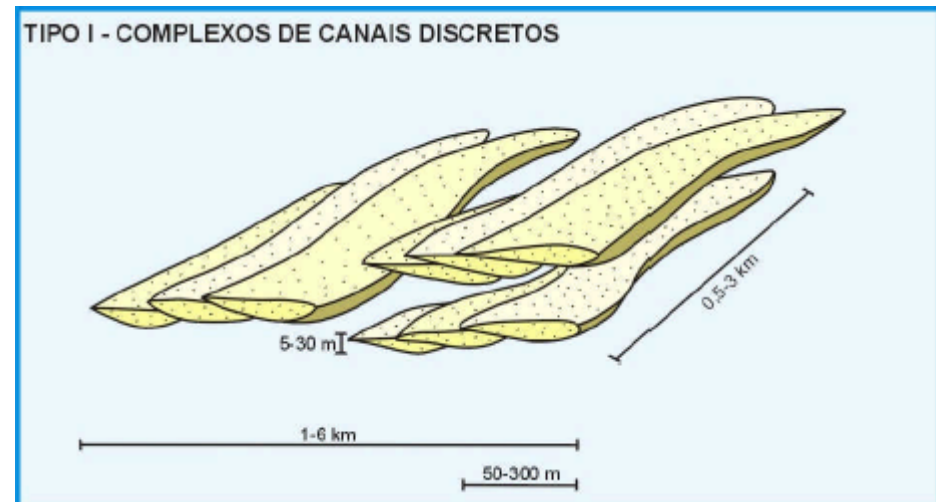
Os Turbiditos podem ser classificados geometricamente segundo três tipos básicos:

- **Complexos de Canais discretos.**
- **Complexos de Canais Amalgamados.**
- **Complexos de Canais Distributários e Lóbulos.**



COMPLEXOS DE CANAIS DISCRETOS

- **Corpos de preenchimento de canal que aparecem espacialmente segregados.** Neste tipo de reservatório, os parâmetros de dimensão, extensão, sinuosidade, padrão de empilhamento dos canais são os mais críticos para o controle da distribuição espacial das heterogeneidades
- **Conectividade:** estes se apresentam como corpos alongados na direção de deposição, parcialmente segregados, mas geralmente conectados no espaço tridimensional.
- **Reservatórios com alta proporção de arenitos** tendem a apresentar boa conectividade, mas ainda tendo o movimento do fluido controlado pela orientação e posição dos eixos dos canais.

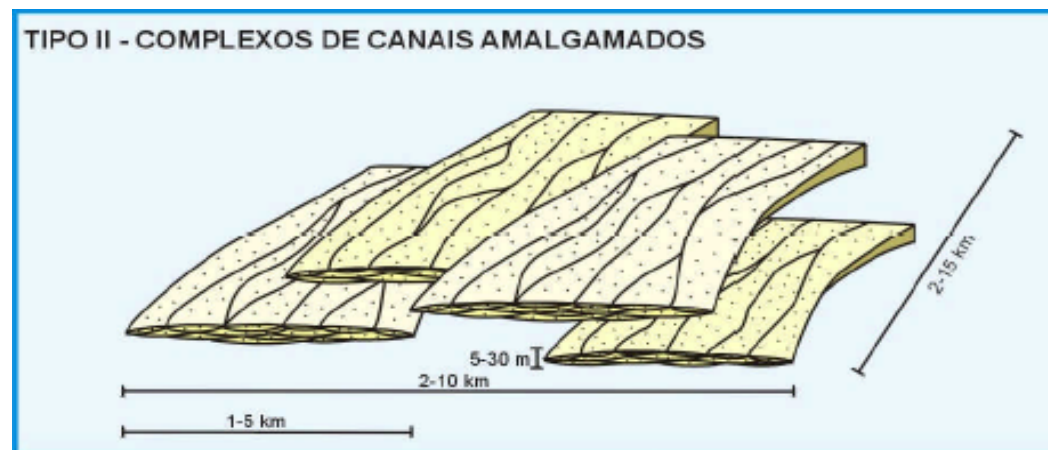


Tipos de reservatórios turbidíticos baseados na geometria



COMPLEXOS DE CANAIS AMALGAMADOS

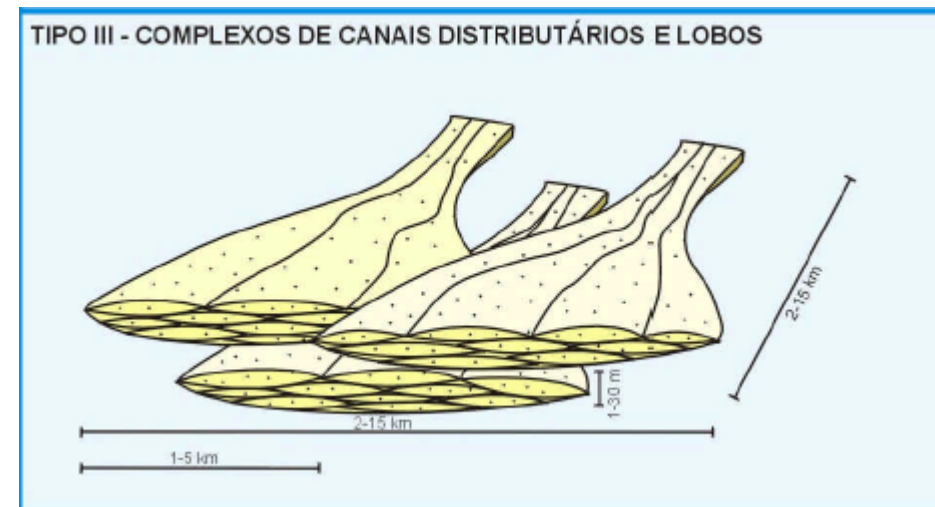
- Justaposição lateral maior do que no empilhamento vertical.
- Neste tipo de reservatório as características mais relevantes para o fluxo do fluido são a extensão e a proporção das barreiras de permeabilidade, uma vez que a conectividade no interior dos complexos pode ser alta.
- Além deste aspecto, a caracterização das direções dos canais também se torna importante devido a anisotropia que causa ao sistema.





COMPLEXOS DE CANAIS DISTRIBUTÁRIOS E LÓBULOS

- Os Complexos de Canais Distributários e Lóbulos, que representam a porção terminal dos sistemas turbidíticos, apresentam geometria externa lobada ou tabular e devido a menor energia neste ambiente.
- É menor a intensidade de canalizações, e possuem barreiras de permeabilidade mais contínuas diminuindo a permeabilidade vertical do reservatório.





RESERVATÓRIOS CARBONÁTICOS



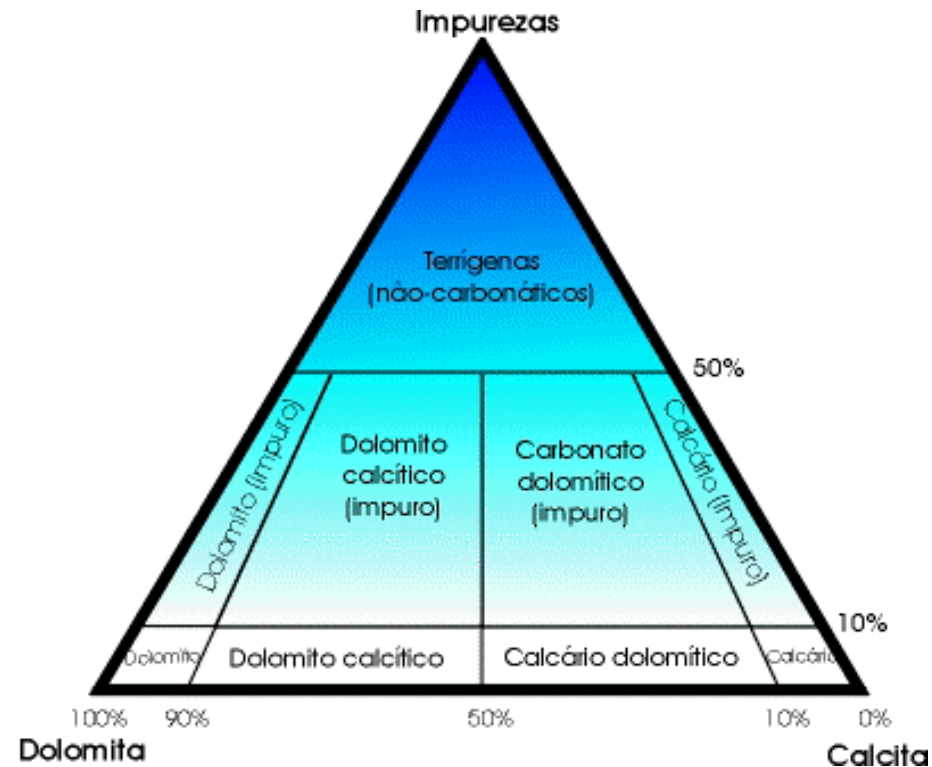
Os Reservatórios Carbonáticos existem em menor quantidade no Brasil, sendo divididos em:

- Calcários.**
- Coquinas.**

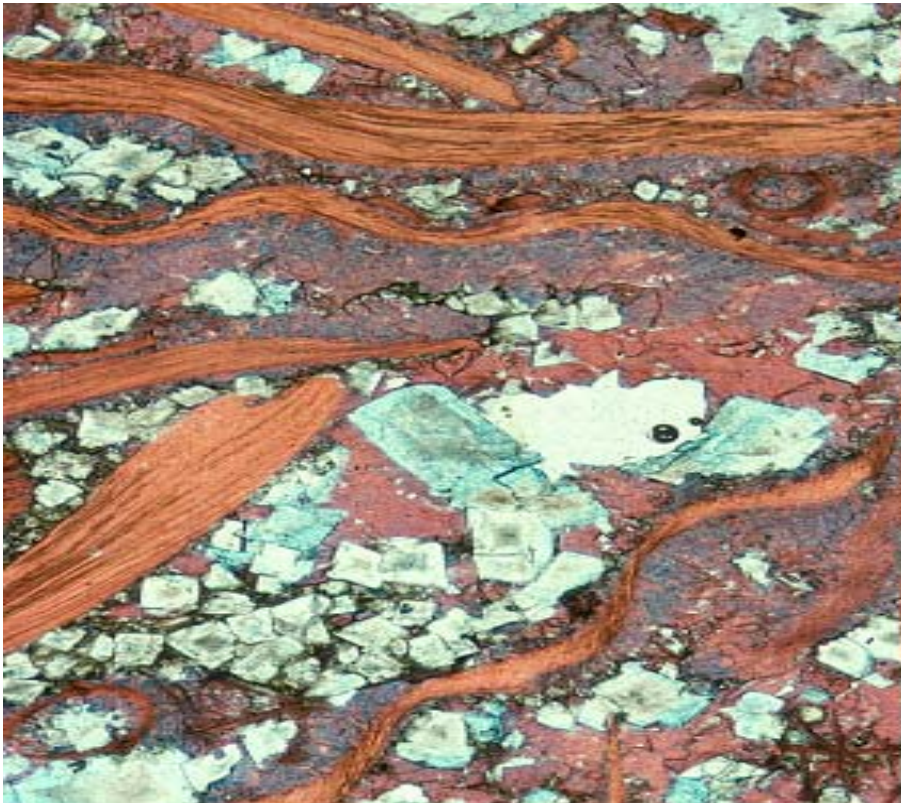
RESERVATÓRIOS CARBONÁTICOS



- **Calcários:** rochas carbonatadas, assim como dolomitos e calcitas e aquelas intermediárias entre os dois tipos. São formados por precipitação química de sais em solução.



- **Coquinas:** rocha porosa bioclástica constituída principalmente pelo acúmulo dos restos de invertebrados, geralmente fragmentos de conchas de moluscos, algas corais e outros restos orgânicos, em geral cimentados por carbonatos de cálcio.



Rochas sedimentares químicas e bioquímicas



CARBONATOS

Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Crystalline
Less than 10% grains	More than 10% grains	Grain-supported	Lacks mud and is grain-supported	Original components were bound together	Depositional texture not recognizable
Mud-supported					
Contains mud, clay and fine silt-size carbonate					
Original components not bound together during deposition					
Depositional texture recognizable					



OBSERVAÇÕES

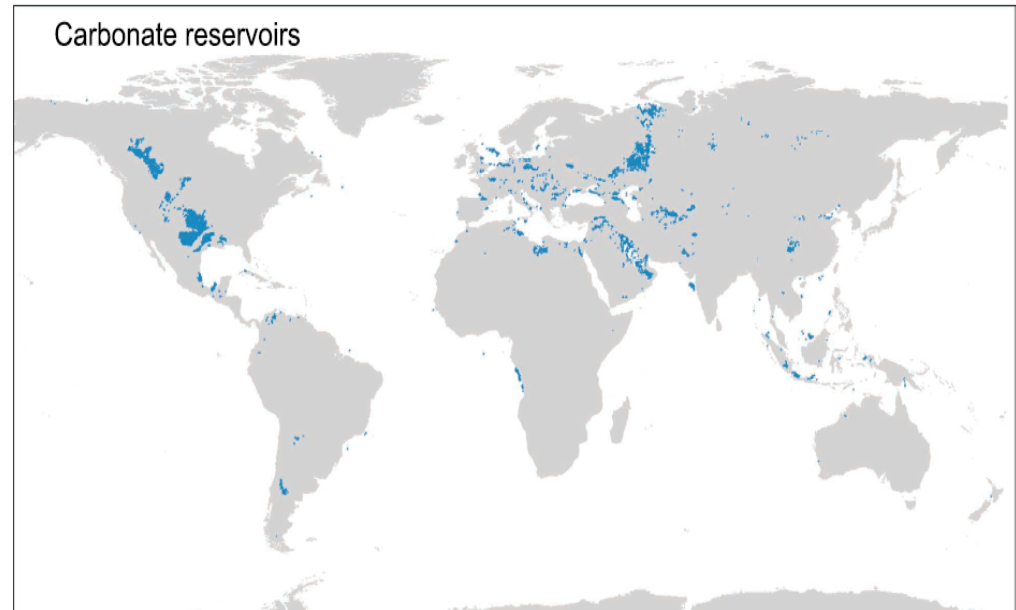
Para que uma rocha possa ser classificada como carbonática é necessário que em sua composição haja a presença de mais de 50% de componentes carbonáticos.

A fonte dos sedimentos carbonáticos envolve quase sempre a atividade biológica.



Principais características deposicionais dos Reservatórios Carbonáticos:

- Rochas na sua grande maioria de origem marinha.
- Depositadas em águas rasas, límpidas e quentes: deposição em mares rasos, em regiões tropicais geralmente entre 30° N e 30° S onde incide a luminosidade necessária à fotossíntese e ocorre pouca presença de CO₂ solúvel.
- Formadas na própria bacia: condicionada a presença de processos biológicos ou bioquímicos.
- Composição variável com o tempo: afetada diretamente pela evolução da Terra com o aparecimento e extinção de organismos ricos em carbonatos.



Distribuição geográfica de reservatórios de petróleo em carbonatos