

Classificação de rochas carbonáticas aplicável às bacias sedimentares brasileiras

Carbonate rock classification applied to brazilian sedimentary basins

Gerson José Salamoni Terra¹, Adali Ricardo Spadini², Almério Barros França³, Cristiano Leite Sombra⁴, Eveline Ellen Zambonato⁵, Larissa Costa da Silva Juschaks³, Luci Maria Arienti³, Marcelle Marques Erthal³, Marcelo Blauth⁶, Miguel Pittella Franco⁷, Nilo Siguehiko Matsuda⁸, Nívea Goulart Carramal da Silva⁵, Paulo Augusto Moretti Junior⁹, Roberto Salvador Francisco D'Avila¹⁰, Rogério Schiffer de Souza³, Sandra Nelis Tonietto³, Sylvia Maria Couto dos Anjos³, Vânia Silva Campinho¹¹, Wilson Rubem Winter⁷

resumo

É proposta uma nova classificação de rochas carbonáticas que visa abranger todo o espectro de ocorrência das bacias brasileiras com ênfase naquelas onde ocorrem exploração e produção de petróleo, principalmente após as descobertas dos campos gigantes de petróleo na denominada seção Pré-Sal. Essa classificação faz uma sinergia entre as diversas classificações clássicas existentes, adaptando ou modificando alguns termos, além de introduzir novas denominações. As rochas carbonáticas foram divididas em quatro grandes grupos de acordo com a textura deposicional: 1) elementos

não ligados durante a formação (*mudstone, wackestone, packstone, grainstone, floatstone, rudstone*, bioacumulado, brecha); 2) elementos ligados durante a formação ou *in situ* (*boundstone*, estromatolito, estromatolito arborescente, estromatolito arbustiforme, estromatolito dendriforme, trombolito, dendrolito, leiolito, esferulitito, travertino e tufa); 3) elementos ligados ou não durante a formação (laminito, laminito liso, laminito crenulado); 4) textura deposicional irreconhecível (calcário cristalino, dolomito).

Palavras-chave: classificação de rochas | rochas carbonáticas | bacias brasileiras

¹ Petrobras. Recursos Humanos. Universidade Petrobras. Escola de Ciências e Tecnologias de Exploração e Produção. gersonterra@petrobras.com.br

² Petrobras. E&P Exploração. spadini@petrobras.com.br

³ Petrobras. Cenpes - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello. P&D em Exploração. Sedimentologia e Petrologia. almeriobfranca@yahoo.com.br; larissajuschaks@petrobras.com.br; arienti@petrobras.com.br; mmerthal@petrobras.com.br; schiffer@petrobras.com.br; sandranelis@petrobras.com.br

⁴ Petrobras. Cenpes - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello. P&D em Geoengenharia e Engenharia de Poço. csombra@petrobras.com.br

⁵ Petrobras. Exploração. Sedimentologia e Estratigrafia. Unidade de Operações de Exploração e Produção do Espírito Santo. eveline.zambonato@petrobras.com.br; ncarramal@petrobras.com.br

⁶ Petrobras. E&P Engenharia de Produção. Geologia de Reservatórios. Reservas e Reservatórios. blauth@petrobras.com.br

⁷ Petrobras. Sedimentologia e Estratigrafia Exploração. Unidade de Operações de Exploração e Produção da Bacia de Campos. pittella@petrobras.com.br; winter@petrobras.com.br

⁸ Petrobras. E&P Exploração. Estratigrafia e Sedimentologia. Geologia Aplicada a Exploração. nilo@petrobras.com.br

⁹ Petrobras. Exploração. Sedimentologia e Estratigrafia. Unidade de Operações de Exploração e Produção da Bacia de Santos. paulo.moretti@petrobras.com.br

¹⁰ Petrobras. E&P Exploração. Interpretação. Interpretação e Avaliação Bacias Margem Equatorial. rdavila@petrobras.com.br

¹¹ Petrobras. E&P Exploração. Gestão de Dados de Rochas e Fluidos. Geologia Aplicada à Exploração. vcampinho@petrobras.com.br

abstract

A new classification of carbonate rocks is proposed seeking to cover the entire spectrum of their occurrence in Brazilian basins. Emphasis is given to those in oil exploration and production locations, especially since the discovery of giant oil fields in the so called Pre-Salt section. This classification is a synergy between the various existing classifications adapting or modifying some terms and introducing new names. The carbonate rocks were divided into four groups according to their depositional texture: 1) elements not bound during deposition (mudstone, wackestone, packstone, grainstone, floatstone, rudstone, bioaccumulated, breccia), 2) elements bound during deposition, or in situ (boundstone, stromatolite, arborescent stromatolite, arbustiform stromatolite, dendriform stromatolite, thrombolite, dendrolite, leiolite, spherulite, travertine and tufa), 3) elements bound or not bound during deposition (laminite, smooth laminite, crenulated laminite); 4) unrecognized depositional texture (crystalline limestone, dolomite).

(Expanded abstract available at the end of the paper).

Keywords: rock classification / carbonate rocks / brazilian basins

introdução

Classificar e denominar rochas carbonáticas sempre foi um grande desafio da sedimentologia dos carbonatos. A complexidade e a variabilidade dessas rochas, além da forte ação da diagênese, sempre dificultaram a criação de uma classificação que abrangesse todo o espectro de rochas carbonáticas existente. Na grande maioria das vezes, as soluções foram customizadas para atender demandas regionais ou problemas específicos. As impressionantes descobertas de petróleo em rochas carbonáticas na denominada seção Pré-Sal e também em carbonatos albianos na margem continental brasileira criaram a necessidade do desenvolvimento de uma classificação que melhor denominasse essas ocorrências. A classificação proposta neste trabalho utilizou as seguintes premissas:

- estabelecer uma sinergia entre as classificações clássicas de rochas carbonáticas existentes,

utilizando os termos mais adequados e consagrados de cada uma delas, introduzindo novos termos apenas nos casos indispensáveis;

- dentro das possibilidades, utilizar termos com aspecto mais descritivo possível, mas sempre respeitando o aspecto genético das rochas carbonáticas;
- levar em consideração as necessidades e peculiaridades das ocorrências brasileiras, particularmente das bacias com prospecção petrolífera.

classificações clássicas de rochas carbonáticas

No início dos anos 1960, o grande desenvolvimento dos estudos em rochas carbonáticas levou a AAPG (*American Association of Petroleum Geologists*) juntamente com a SEPM (*Society for Sedimentary Geology*) a patrocinarem, durante a sua convenção anual de 1961 em Denver, no Colorado, um simpósio denominado Classificação de Rochas Carbonáticas. Os trabalhos apresentados neste simpósio foram publicados no ano seguinte, em 1962, no primeiro *Memoir* da AAPG, denominado *Classification of Carbonate Rocks*, editado por William E. Ham. A partir desse *Memoir*, que se constituiu em um marco, tanto no formato editorial inovador como na contribuição técnica, o estudo das rochas carbonáticas passou por uma grande evolução, sendo estudadas com todas as suas peculiaridades e não apenas como rochas químicas ou rochas sedimentares exóticas.

Das diversas classificações propostas nesse simpósio, as de Dunham e Folk se tornaram extremamente populares no meio geológico, sendo consideradas, hoje, clássicos da geologia sedimentar de carbonatos. A classificação de Folk é fundamentalmente composicional (fig. 1), enquanto a de Dunham é baseada na textura deposicional (fig. 2).

Diversas outras classificações foram propostas após as classificações de Folk e Dunham terem sido publicadas. Entretanto, as bases destas duas classificações foram tão sólidas que todas as outras posteriormente propostas utilizaram, em maior ou menor grau, os seus fundamentos. Dentre estas últimas propostas, cabe citar a classificação de Embry e Klovan (1971), largamente utilizada em áreas de ocorrência de calcários bioconstruídos. Esta classificação (fig. 3)

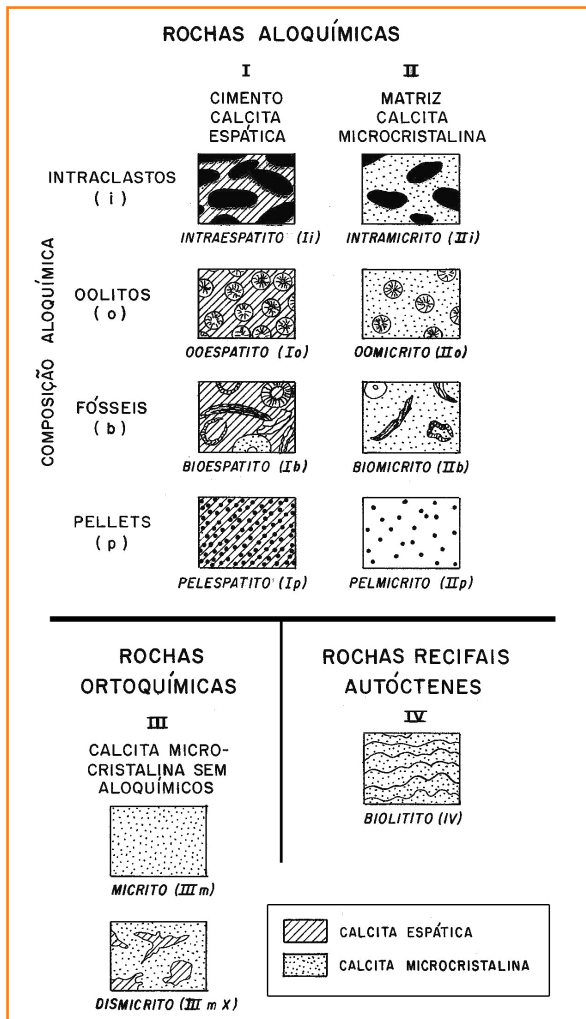


Figura 1 – Classificação de rochas carbonáticas (adaptado de Folk, 1962).

Figure 1 – Carbonate rock classification (adapted from Folk, 1962).

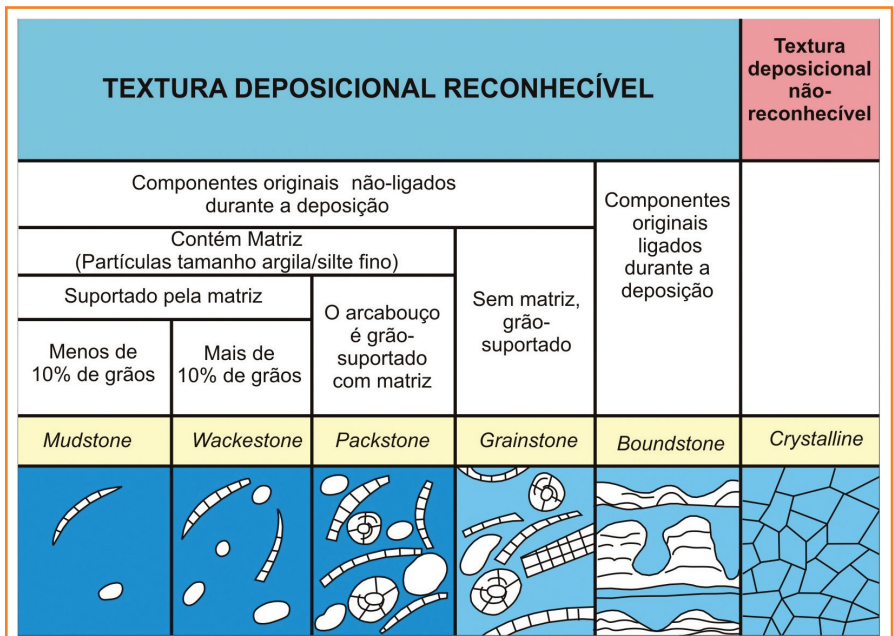


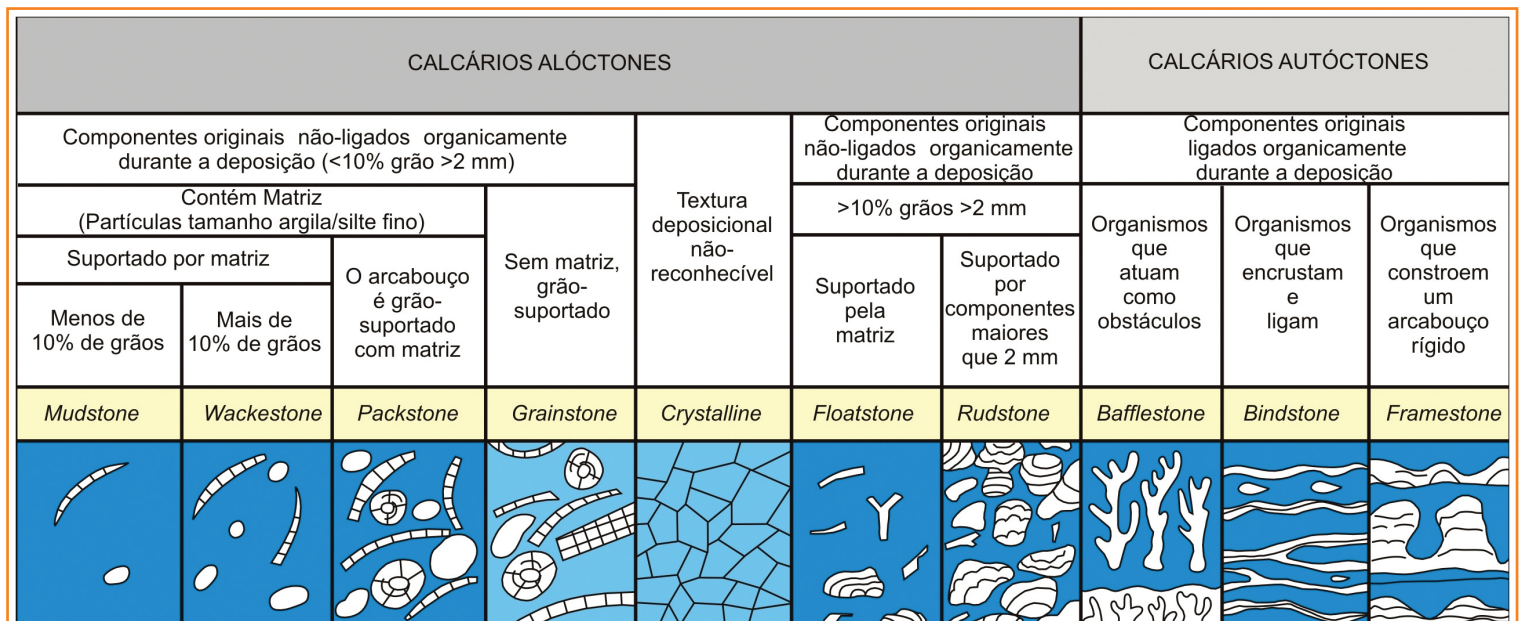
Figura 2 – Classificação de rochas carbonáticas (adaptado de Dunham, 1962).

Figure 2 – Carbonate rock classification (adapted from Dunham, 1962).

é uma ampliação da classificação de Dunham para as rochas recifais e teve origem na necessidade de um melhor detalhamento dos recifes devonianos do Canadá, área onde os autores atuavam. Em 2000, Riding propôs uma classificação exclusivamente para os carbonatos microbiais e atende ao grande interesse que esse tipo peculiar de rocha carbonática tem gerado nos últimos anos.

Figura 3
Classificação de rochas carbonáticas (adaptado de Embry e Klovan, 1971).

Figure 3
Carbonate rock classification (adapted from Embry e Klovan, 1971).



principais constituintes das rochas carbonáticas

Para a análise e classificação de muitos tipos de rochas carbonáticas é indispensável a identificação da presença de matriz e a definição do tipo de arcabouço - matriz-suportado ou grão-suportado - além dos principais tipos de grãos formadores.

matriz carbonática

A matriz microcristalina, também denominada lama carbonática ou micrita, é um dos constituintes mais comuns e abundantes em rochas carbonáticas. O termo micrita é uma tradução para o português do termo introduzido na literatura de carbonatos por Folk (1962), que definiu em inglês *micrite* como uma abreviatura de *microcrystalline calcite*. Diversos limites granulométricos já foram utilizados para estabelecer o tamanho máximo dos constituintes da matriz. Uma das definições tradicionais de matriz ou lama carbonática considera todo material carbonático constituído de cristais menores que 4µm. Atualmente, todo material menor que 0,0625mm, que corresponde ao tamanho silte, é tratado como matriz. Em sedimentos recentes, os cristais são predominantemente de aragonita de forma acicular. Diferentemente das rochas siliciclásticas, onde a presença da fração argila juntamente com grãos maiores ocorre somente em circunstâncias muito especiais, nas rochas carbonáticas a formação de matriz, simultaneamente com componentes aloquímicos, é um processo comum e frequente.

A origem da matriz carbonática é um dos assuntos mais polêmicos da sedimentologia. Na literatura, são registrados ciclicamente mecanismos que propõem explicar a origem da lama inorgânica e organicamente. Podem ser listados os seguintes mecanismos principais para a origem da lama carbonática:

- abrasão mecânica e abrasão biológica;
- desintegração de organismos calcários frágeis;
- bioacumulação de microrganismos;
- intervenção de organismos na precipitação bioquímica.

cimento

Um dos constituintes mais frequentes nas rochas carbonáticas é o cimento. A cimentação ocorre

quando os fluídos nos poros estão supersaturados com a fase cimentante; há fluxo desses fluídos e não ocorrem fatores cinéticos que inibam a sua precipitação. Os minerais carbonáticos mais importantes que cimentam são a aragonita, a calcita magnesiana, a calcita de baixo teor de magnésio e a dolomita. O cimento é sempre o preenchimento de algum espaço poroso existente na rocha.

grãos aloquímicos

oólitos

Durante o Fanerozoico, os oólitos são partículas envelopadas, esféricas a subesféricas, originadas por acreção físico-química em torno de um núcleo. Os oólitos possuem, em geral, tamanho areia, variando normalmente entre 0,2mm e 1,0mm, mas em alguns casos raros podem ultrapassar os 2,0mm. Muitos autores utilizam o termo pisólito para se referir a oólitos de tamanho maior que 2,0mm, entretanto, esta não é uma terminologia recomendada por confundir a gênese com a granulometria.

A estrutura interna dos oólitos é formada por envelopes concêntricos contínuos em torno do núcleo, constituídos por cristais aciculares com os seus eixos maiores dispostos tangencialmente (concêntrico tangencial) ou radialmente (concêntrico radial) à superfície do grão (fig. 4). Os oólitos marinhos recentes caracterizam-se por uma microestrutura interna formada por cristais de aragonita acicular com 2µm de comprimento orientados tangencialmente à superfície do envelope (Tucker, 1991). Por muito tempo, esta constatação levou a admitir-se que os oólitos de rochas antigas tinham originalmente composição aragonítica. Os oólitos antigos, entretanto, apresentam frequentemente estrutura fibro-radiada, essencialmente diferente da estrutura tangencial dos oólitos aragoníticos recentes, o que foi interpretado como resultado da recristalização da aragonita para calcita. Os trabalhos de diversos autores (Sandberg, 1975, 1983; Mackenzie e Piggot, 1981; Wilkinson *et al.*, 1985; Bathurst, 1986; Singh, 1987; Stanley e Hardie, 1998, 1999; Dickson, 2004; e Riding e Liang, 2005) mostraram que a mineralogia dos oólitos no tempo geológico se alternou entre aragonítica e calcítica. Durante o Fanerozoico, os oólitos calcíticos foram dominantes do Ordoviciano ao Mississippiano e no Juro-Cretáceo, enquanto nos demais períodos, incluindo o presente, a dominância é de oólitos aragoníticos.

Os oólitos lacustres podem apresentar formas lobadas ou cerebroides e ocorrem comumente associados a estromatolitos (Flügel, 2004).

Os oólitos marinhos são bons indicadores paleobatimétricos e da energia deposicional, pois se formam em águas rasas (menos de 5m de profundidade) e agitadas, onde são movimentados em ondas de areia, dunas e ondulações, por ação de ondas, marés e correntes de tempestade.

Alguns autores preferem denominar a partícula de "ooide" e a rocha de "oólito" (Scholle, 2003). Entretanto, o uso corrente no Brasil é a denominação "oólito" para a partícula.

oncolitos

Os oncolitos são grãos formados pela acreção organo-sedimentar de cianobactérias. Apesar de serem grãos de origem predominantemente orgânica e considerados por muitos autores como estromatolitos esféricos (Riding, 2000), outros autores os tratam como grãos à parte dos bioclastos, pois são constituintes que apresentam maior semelhança com os oólitos e peloides. Nas bacias da margem continental brasileira, os oncolitos foram importantes componentes de rochas carbonáticas durante o Cretáceo e também, por essa razão, serão considerados como um grão a parte.

Os oncolitos caracterizam-se por possuírem envelopes descontínuos, geralmente pouco nítidos, frequentemente com sedimento interno preso entre os envelopes e forma subesférica a subelíptica (fig. 4). A forma externa dos oncolitos, igualmente nos oólitos, é dependente da forma dos núcleos no início. Com o desenvolvimento da acreção, os oólitos tendem a ser mais esféricos que os oncolitos, já que o processo de acreção inorgânica exige uma energia ambiental muito mais elevada que a acreção orgânica. Além das características da estrutura interna, utilizam-se os seguintes critérios indiretos para diferenciar os oncolitos dos oólitos:

- seleção granulométrica e arredondamento dos grãos: os oólitos, devido à maior energia ambiental necessária para a sua formação, são mais bem selecionados e arredondados que os oncolitos;
- presença de matriz micrítica: a alta energia ambiental necessária para a formação dos oólitos não permite que ocorra a deposição de matriz simultaneamente. Nos oncolitos, entretanto,

que podem ser formados em ambientes de baixa energia, é comum a presença de matriz associada;

- maior frequência de grãos aglomerados nas rochas oncolíticas e de grãos policompostos nas rochas oolíticas.

Todos estes critérios, entretanto, não são suficientes quando os oncolitos são excepcionalmente bem formados ou quando os oólitos encontram-se com sua superfície micritizada, dificultando a diferenciação entre um e outro.

Oncolitos de laminação irregular e de grande tamanho (maiores que 5,0mm), ocorrendo associados com peloides e matriz micrítica, são representativos de deposição em ambientes de baixa energia, em posições protegidas. Este tipo de oncolito foi denominado por He Ziai (1982) de oncolito estático. Condições de águas rasas e alta energia ambiental podem formar oncolitos subesféricos a esféricos, entre 0,5mm e 1,0mm, usualmente com boa seleção e estratificação cruzada, formando barras depositadas paralelamente à margem da bacia. Os oncolitos de alta energia são denominados por He Ziai (1982) de oncolitos dinâmicos e sua estrutura interna assemelha-se a dos oólitos, já que existe um forte componente físico-químico para a sua formação. Muitas vezes, os oncolitos de menor tamanho são confundidos com peloides algálicos, que ocorrem frequentemente associados.

Alguns autores preferem denominar a partícula de "oncoide" e a rocha de "oncolito" (ex. Scholle, 2003). Entretanto, o uso corrente no Brasil é pela denominação oncolito para a partícula.

peloides e peloides fecais

Os peloides são definidos como grãos micríticos de forma subesférica sem estrutura interna. Os peloides podem ser grãos aloquímicos micritizados de origem desconhecida, clastos de lama ou, então, fragmentos de bioclastos naturalmente arredondados ainda reconhecíveis. As algas vermelhas coralináceas formam frequentemente uma grande quantidade de peloides pelo quebraimento das extremidades arredondadas que, posteriormente, pelo retrabalhamento, irão formar peloides (fig. 4). Para os grãos elipsoides de seção circular, com diâmetro em geral entre 0,1mm e 0,5mm de origem fecal, utiliza-se o termo "peloide fecal", que na literatura de língua inglesa é denominado de *pellet*.

esferulitos

São partículas de forma esférica ou subesférica de contornos lisos ou lobados de tamanho geralmente menor que 2mm. Observados ao microscópio, geralmente apresentam na porção central formas esféricas ou subesféricas, com composição micrítica e ricas em vacúolos. Não apresentam núcleos e sua estrutura interna é variada, desde estrutura radiadas a vacuoladas (fig. 4). Os esferulitos são considerados partículas *in situ* e podem ocorrer de forma isolada ou amalgamada. Os esferulitos podem ser retrabalhados e, por esse motivo, também foram incluídos como grãos aloquímicos.

intraclastos

Intraclastos são fragmentos penecontemporâneos de sedimentos carbonáticos, parcialmente litificados, que são erodidos e redepositados como um novo sedimento. Os intraclastos podem ser de fragmentos de lama parcialmente consolidada ou de areia carbonática parcialmente litificada (fig. 4). O reconhecimento da composição dos intraclastos em uma rocha carbonática pode ser muito importante para as reconstituições paleoambientais. Correntes de turbidez podem depositar *grainstones* compostos por grãos da plataforma rasa misturados com intraclastos do talude/bacia que, sendo reconhecidos, serão fundamentais para a definição do ambiente deposicional. A ocorrência de rochas compostas por fragmentos de estromatolitos e trombolitos é comum. Nestes casos, optou-se pela designação de “fragmentos”, pois não são intraclastos, conforme a definição acima e, tampouco, bioclastos, pois mesmo considerando que todos os estromatolitos e trombolitos sejam de origem biogênica, a construção é considerada um depósito organo-sedimentar.

bioclastos

São os principais constituintes das rochas carbonáticas e englobam todos os fósseis de estruturas calcárias de organismos ou os fragmentos destas estruturas. O método mais utilizado para a identificação dos bioclastos é a petrografia. Para o reconhecimento dos bioclastos em lâminas petrográficas utilizam-se os seguintes critérios:

- forma(s) do organismo;
- microestrutura do grão;
- mineralogia do grão;

- associação dos organismos (contexto deposicional e temporal).

definição dos termos utilizados na classificação proposta

Por muitas vezes, a terminologia na definição dos termos foi mantida na língua inglesa, tendo em vista o uso consagrado na literatura, mesmo nos países que utilizam línguas latinas (tabela 1/table 1).

mudstone (Dunham, 1962)

Termo proposto na classificação de Dunham, 1962: rocha carbonática suportada pela matriz com **menos** de 10% de grãos tamanho areia ou maior (fig. 5). Caso ocorram grãos, pode-se complementar a denominação incluindo a preposição **com**, mais um termo composicional: oólitos, oncolitos, peloides, peloides fecais, intraclastos, bioclastos, esferulitos. (ex.: *mudstone com* bioclastos). Um tipo especial de *mudstone* é o denominado calcilutito a *birdseyes*, que é constituído por matriz com porosidade fenestral que pode estar preenchida ou não por silte vadoso e cimento espático.

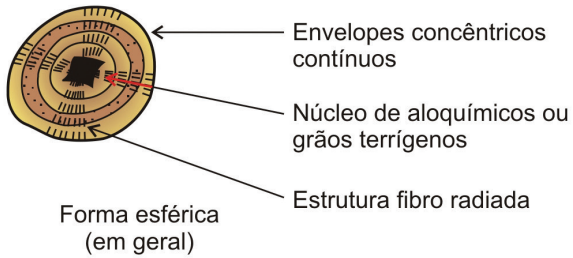
wackestone (Dunham, 1962)

Termo proposto na classificação de Dunham, 1962: rocha carbonática suportada pela matriz com **mais** de 10% de grãos tamanho areia ou maior. Pode-se complementar a denominação incluindo a preposição **com**, mais um termo composicional: oólitos, oncolitos, peloides, peloides fecais, intraclastos, bioclastos, esferulitos. (ex.: *wackestone com* bioclastos).

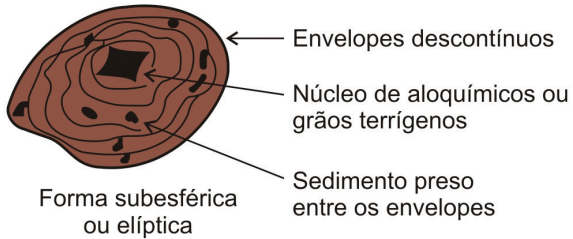
packstone (Dunham, 1962)

Termo proposto na classificação de Dunham, 1962: rocha carbonática suportada pelos grãos com matriz. Pode-se complementar a denominação

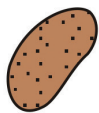
OÓLITOS (originados por acreção físico-química)



ONCOLITOS (originados por acreção orgânica de cianobactérias)



PELOIDES E PELOIDES FECALIS

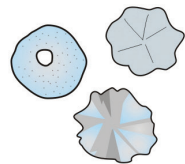


Grãos micríticos de forma subesférica (em geral são aloquímicos micritizados).



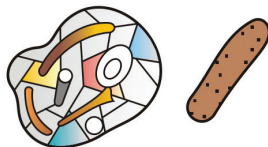
Utiliza-se a denominação “pelóides fecais” para grãos elipsóides de seção circular, micríticos, de origem fecal com diâmetro em geral entre 0,1 e 0,5 mm.

ESFERULITOS



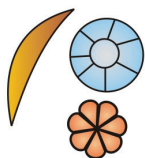
Partículas de forma esférica ou sub-esférica de contornos lisos ou lobados de tamanho geralmente inferior a 2mm.

INTRACLASTOS



São fragmentos litificados ou parcialmente litificados que são erodidos e redepositados na própria bacia de deposição.

BIOCLASTOS



Fragmentos de esqueletos de organismos calcários.

Figura 4
Principais constituintes de rochas carbonáticas.

Figure 4
Carbonate rocks main constituents.

Tabela 1



















Classificação de Rochas Carbonáticas Aplicável às Bacias Sedimentares Brasileiras								
NOMENCLATURA PRINCIPAL	TEXTURA	DEFINIÇÃO	NOMENCLATURA COMPLEMENTAR	REFERÊNCIA OU MODIFICADO DE	TERMOS CORRELATIVOS	TEXTURAS MODIFICADORAS	TAMANHO MÉDIO DOS ELEMENTOS EM CORTE VERTICAL E EMPACOTAMENTO	FORMA EXTERNA (escala de testemunhos)
Elementos não ligados durante a formação	MUDSTONE	 Rocha suportada pela matriz com menos de 10% de grãos (tamanho areia ou maior).	COM (Caso ocorram grãos) oolitos, oncolitos, pelóides, pelóides fecais, intraclastos, bioclastos, esterulitos ou CALCILUTITO A BIRDSEYES= rocha suportada pela matriz com porosidade fenestral ou lentes de calcita espática.	Dunham (1962)	Calcilutito, Dismicrito, mudstone a birdseyes.			
	WACKSTONE	 Rocha suportada pela matriz com mais de 10% de grãos (tamanho areia ou maior).	COM (para os grãos) - oolitos, oncolitos, pelóides, pelóides fecais, intraclastos, bioclastos, esterulitos.	Dunham (1962)				
	PACKSTONE	 Rocha suportada pelos grãos com matriz.	** (composição principal): oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclastos, bioclastos, esterulítico; com fragmentos de estromatolitos, trombolitos, laminitos, leiolito, dendrolito.	Dunham (1962)	Calcarenito, oomicrito, biomicrito, pelmicrito, intramicrito.			
	GRAINSTONE	 Rocha suportada pelos grãos, sem matriz (< 5% de matriz).	** (composição principal): oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclastos, bioclastos, esterulítico; com fragmentos de estromatolitos, trombolitos, laminitos, leiolito, dendrolito.	Dunham (1962)	Calcarenito, ooespático, bioespático, pelespático, intraespático.	C/ feições de exposição; com feições pedogenéticas; Sificação; Dolomitizado; Com Handgrounds; etc.		
	FLOATSTONE	 Rocha suportada pela matriz com mais de 10% dos grãos maiores que 2 mm.	COM (para os grãos) - oolitos, oncolitos, pelóides, pelóides fecais, estromatolitos, trombolitos, laminitos, leiolito, dendrolito.	Embry&Klwan (1971)				
	RUDSTONE	 Rocha suportada pelos grãos com mais de 10% dos grãos maiores que 2 mm.	** (composição principal): oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclastos, bioclastos, esterulítico; com fragmentos de estromatolito, trombolito, laminito, leiolito, dendrolito, esterulítico.	Embry e Klwan (1971)	Brecha			
	BIOACUMULADO	 Rocha constituída pela dominância de um tipo de organismo sem retrabalhamento (in situ) e granulometria areia ou maior.	** organismo formador: ex. ostracodes, bivalvos, macroforaminíferos, crinóides, etc....	Carozzi (1972)	Coquina			
	BRECHA	 Rocha suportada pelos grãos com mais de 50% dos grãos angulosos maiores que 2 mm.	** (composição principal): intraclastica; com fragmentos de estromatolito, trombolito, laminito, leiolito, dendrolito, esterulítico.	Flügel (2004); Pettijohn (1974)	Brecha de Colapso, Breccia, Rudstone com clastos angulosos			
	BOUNDSTONE	 Rocha formada in situ cujos componentes da trama original (fábrica original) foram ligados durante a deposição.	** principais organismos formadores: ex. coralgal, a rudistas, a estromatoporóides, etc...	Dunham (1962)	Biolitito, Bafflestone, Bindstone, Framestone, Sificação, etc	C/ feições de exposição; C/ feições pedogenéticas; Bioturbado; Dolomitizado; Sificação, etc		
	Elementos ligados durante a formação - In situ	ESTROMATOLITO	 Depósito de estrutura laminada e, em geral, convexa, podendo apresentar feições de crescimento/ramificações para o topo. Na maioria das vezes de origem microbial. Pode ser observado em diferentes escalas.	ESTROMATOLITO ARBORESCENTE - os componentes internos se organizam de forma ramificada divergente e possuem comprimento maior que a largura.				Muito pequeno: < 0,2 cm Pequeno: 0,2-0,5 cm Médio: 0,51-1,5 cm Grande: > 1,5 cm Dense: todos os elementos se tocam; Normal: alguns elementos se tocam; Aberto: raras ou nenhum dos elementos se tocam
TROMBOLITO		 Depósito microbial de estrutura dendrítica formada por cianobactérias esqueletais.	ESTROMATOLITO ARBUSTIFORME - os componentes internos se ramificam ou não desde a base e a razão altura/largura é aproximadamente 1:1.			Mesquedo (modified) Bioturbado		
DENDROLITO		 Depósito de forma intensamente ramificada divergente em que o comprimento é muito maior que a largura.	ESTROMATOLITO DENDRIFORME - os componentes internos se organizam de forma intensamente ramificada divergente em que o comprimento é muito maior que a largura.		Riding (2000)	C/ feições de Exposição C/ feições pedogenéticas Dolomitizado; Sificação, etc		Levente dômico, Dômico, Colunar, Levente dômico, Dômico
LEIOLITO		 Depósito microbial de estrutura dendrítica formada por cianobactérias esqueletais.	Carbonato microbial dômico, sem laminação ou coágulos.					
ESFERULITITO		 Rocha composta por partículas de formas esféricas ou subesféricas de contornos lisos ou lobados (esterulitos) de tamanho geralmente inferior a 2 mm e que podem ocorrer de forma amalgamada ou isoladas.	Esterulito-suportado com argila (>10%)= ESFERULITITO COM ARGILA; Argila-suportado, com esterulitos= ARGILITO COM ESFERULITOS; No caso da argila ocorrer em lamelas= ARGILITO LAMELAR COM ESFERULITOS	Este trabalho				
TRAVERTINO & (TUFA)		 Rocha carbonática bandeada formada pela precipitação em superfície de soluções concentradas em CaCO ₃ ao redor de fontes (em geral quentes) devido a perda de CO ₂ por evaporação. A variedade mais esponjosa e menos compacta é denominada TUFA.			Riding (2000); Pettijohn (1957)			
LAMINITO		 Rocha carbonática de granulação fina (lamosa e/ou peloidal) formada pela reconerência de laminações delgadas. As laminações tendem a ser plano-paralelas, com superfície lisa (origem microbial ou não) ou crenulada (origem microbial).	LISO CRENULADO	Demico (1994)	Esteria, esteria microbial, lapete microbial, esteria algal, laminito microbial, biolaminito			
CALCÁRIO CRISTALINO		 Rocha carbonática totalmente recristalizada não sendo possível identificar sua textura original (deposicional). CALCÁRIO MICROCRISTALINO: cristais entre 5 e 50 µm		Folk (1962), Dunham (1962)	Espátio Microespátio			
DOLOMITO		 Rocha carbonática totalmente dolomitizada não sendo possível identificar sua textura original (deposicional). MICRODOLOMITO: cristais entre 3 e 50 µm			Doloespátio Microdoloespátio			

Table 1

Carbonate Rock Classification - Applied to Brazilian Sedimentary Basins

PRINCIPAL NOMENCLATURE	TEXTURE	DEFINITION	SUPPLEMENTARY NOMENCLATURE	REFERENCES	CORRELATE TERMS	MODIFIER TEXTURES	COMPONENT AVERAGE SIZES - VERTICAL SLICE AND PACKING	EXTERNAL SHAPE (core samples)	
<p>Components not bound during formation</p>	MUDSTONE	Matrix supported - less than 10% grains (sand size or greater)	WITH (in case of presence of grains) oolites, oncoides, peloids, fecal pellets, intraclasts, bioclasts, spherulites or BIRDSEYES CALCULITTE : matrix supported with fenestral porosity or spatic calcite lenses.	Dunham (1962)	Calcillutte, Dismicrite, Birdseyes Mudstone.				
	WACKSTONE	Matrix supported - more than 10% grains (sand size or greater)	intraclasts, bioclasts, spherulites.	Dunham (1962)					
	PACKSTONE	Grain supported - with matrix	** (principal composition): oolitic, oncoidic, peloidal, pelletoidal, intracrastic, bioclastic, spherulitic; with fragments of stromatolites, thrombolites, laminites, leiolites, dendrolite, spherulites.	Dunham (1962)	Calcaerente, oomicrite, biomicrite, pelmicrite, intramicrite.				
	GRAINSTONE	Grain supported - no matrix (<5% matrix)	** (principal composition): oolitic, oncoidic, peloidal, pelletoidal, intracrastic, bioclastic, spherulitic, with fragments of stromatolites, thrombolites, laminites, leiolites, dendrolites, spherulites.	Dunham (1962)	Calcaerente, ossipatie, biospattie, pelespattie, intraspattie.	With exposure features; With pedogenetic features; Bioturbated; Dolomitized; Silicified; With Hardgrounds; etc.			
	FLOATSTONE	Matrix supported, more than 10% grains > 2mm.	WITH (for grains) - oolites, oncoides, peloids, fecal pellets, intraclasts, bioclasts, spherulites. With fragments of stromatolites, thrombolites, laminites, leiolites, dendrolites, spherulites.	Embry&Klwan (1971)					
	RUDSTONE	Grain supported, more than 10% grains > 2mm.	** (principal composition): oolitic, oncoidic, peloidal, pelletoidal, intracrastic, bioclastic, spherulitic, with fragments of stromatolites, thrombolites, laminites, leiolites, dendrolites, spherulites.	Embry e Klwan (1971)	Breccia				
	BIOACUMULATED	One type of organism predominates. No reworking (in situ) or greater.	**,* main organic component: such as ostracodes, bivalves, macroforams, crinoids, etc.	Carozzi (1972)	Coquina				
	BRECCIA	Grain supported rock. Grains: more than 50% angular and >2mm.	**,* (principal composition): intracrastic; with fragments of stromatolites, thrombolites, laminites, leiolites, dendrolites, spherulites.	Flugel (2004); Pettijohn (1974)	Collapse breccia Breccia, Rudstone with angular clasts.				
	<p>Original components bound together during formation - In situ</p>	BOUNDSTONE	Original components bound together during deposition. Rock formed <i>in situ</i>	**,* main organic components: such as coralgal, rudists, stromatoporoids, etc...	Dunham (1962)	Bioliteite, Bafflestone, Bindstone, Framestone.	With exposure features; With pedogenetic features; Bioturbated;Dolomitized; Silicified, etc		
		STROMATOLITE						Very Small: < 0.2 cm Small: 0.2-0.3 cm Medium: 0.51-1.5 cm Big> 1.5 cm Dense : all components touch each other; Normal : some components touch each other; Open : seldom or rare components touch each other	Finely laminated Slightly domie Domic Tabular Columnar Coniform
ARBORESCENT STROMATOLITE		ARBORESCENT STROMATOLITE - internal components in divergent branching fashion. Length is greater than width.							
ARBUSTIFORM STROMATOLITE		ARBUSTIFORM STROMATOLITE - internal components may or may not branch out from the base. Ratio height/width approximately 1:1							
DENDRIFORM STROMATOLITE		DENDRIFORM STROMATOLITE - internal components intensively branch in divergent way. Length is much longer than width.							
THROMBOLITE		Macroscopically clotted texture, massive, domie. Mostly microbial origin.							
DENDROLITE		Dendritic structural microbial deposit formed by skeleial cyanobacterias.							
LEIOLITE		Domic microbial carbonates. Lamination and thrombs absent.							
SPHERULITITE		Rock composed of spherical/subspherical particles, smooth or lobated rims (spherulites), generally smaller than 2mm, amalgamated or isolated.							
TRAVERTINE & (TUFA)		Banded carbonate rock formed by precipitation of CaCO ₃ around hot springs (chiefly), by loosing CO ₂ to evaporation. The spongy type is called TUFA .							
<p>Bound or not</p>	LAMINITE	Fine grain size carbonate rock (muddy and/or peloidal) formed by recurrent thin laminations. Laminations mostly plane-parallel, smooth surfaces (microbial or not) or crenulated (microbial origin).	SMOOTH CRENULATED	Demico (1994)	Carpet, Microbial carpet, Microbial mat, Algal mat, Microbial laminite, Biolaminite				
	CRYSTALLINE LIMESTONE	Totally recrystallized carbonate rock. Impossible identify original depositional texture. MICROCRYSTALLINE LIMESTONE : crystal sizes between 5 and 50 µm.		Folk (1962), Dunham (1962)	Spartite Microsparite				
	DOLOMITE	Totally dolomitized carbonate rock. Impossible identify the original depositional texture. MICRODOLOMITE : crystal sizes between 5 an 50 µm.			Dolospartite Microdolospartite				

Figura 5

Mudstone. Fm Itaituba, Permo-Carbonífero, Bacia do Amazonas. Fotomicrografia, nicois cruzados.



Figure 5

Mudstone. Itaituba Fm., Permo-Carboniferous, Amazonas Basin. Photomicrograph, crossed nicols.

Figura 6

Calculitito a birdseyes, Fm. Jandaíra, Cretáceo, Bacia Potiguar. Fotomicrografia, nicois cruzados.

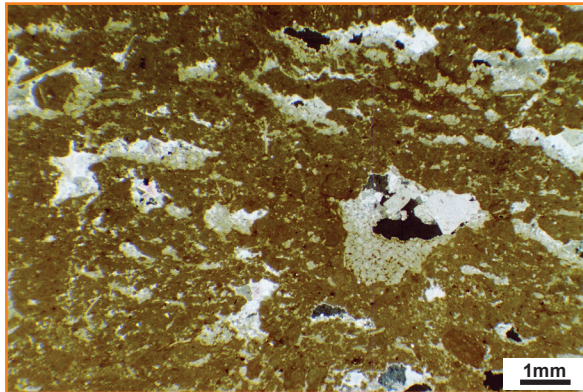


Figure 6

Birdseyes calcilutite. Jandaíra Fm., Cretaceous, Potiguar Basin, Photomicrograph, crossed nicols.

Figura 7

Wackestone com fusulinídeos, Fm. Cruzeiro do Sul, Permiano, Bacia do Acre. Fotomicrografia, nicois paralelos.

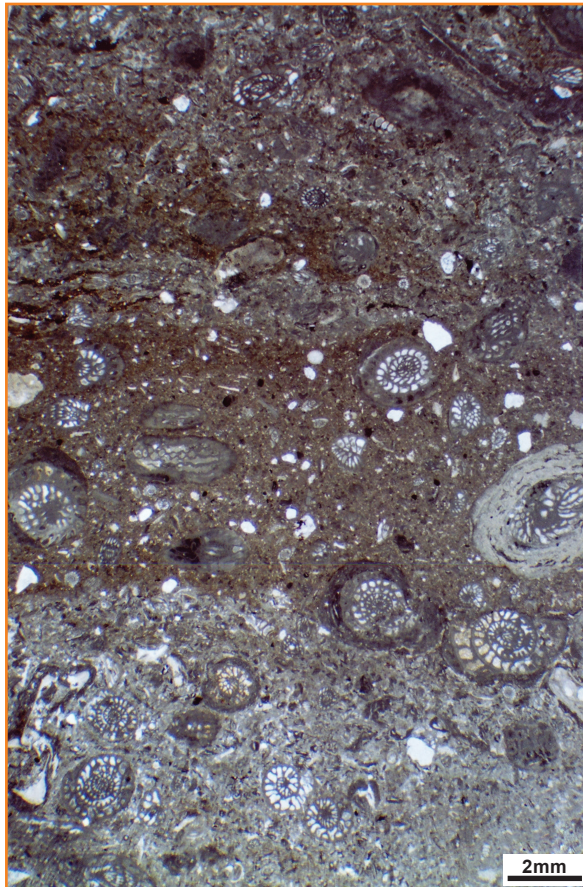


Figure 7

Wackestone with fusulinids, Cruzeiro do Sul Fm., Permian, Acre Basin, Photomicrograph, parallel nicols.

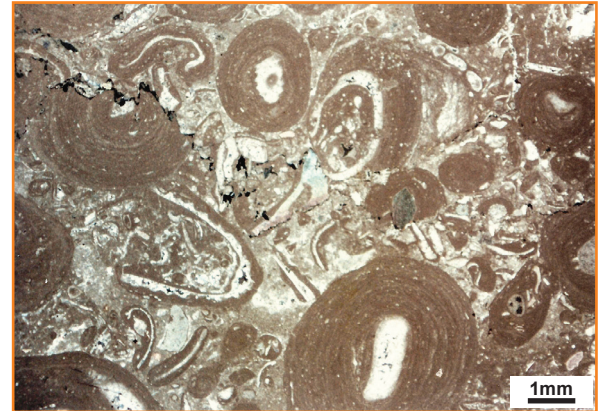


Figura 8 – Packstone oncolítico, Fm. Ponta do Mel, Cretáceo, Bacia Potiguar. Fotomicrografia, nicois cruzados.

Figure 8 – Oncolytic Packstone, Ponta do Mel Fm., Cretaceous, Potiguar Basin, Photomicrograph, crossed nicols.

incluindo um termo composicional: oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclástico, bioclástico, esferulítico. (ex.: packstone oncolítico).

grainstone (Dunham, 1962)

Termo proposto na classificação de Dunham, 1962: rocha carbonática suportada pelos grãos sem matriz (máximo 5%). Pode-se complementar a denominação incluindo um termo composicional: oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclástico, bioclástico, esferulítico. (ex.: grainstone oolítico).

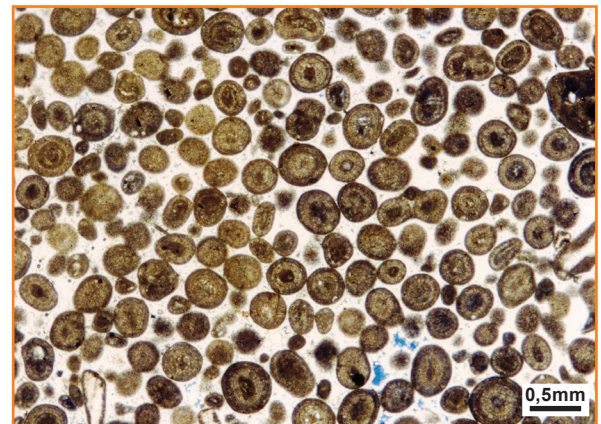


Figura 9 – Grainstone oolítico. Fm. Guarujá, Cretáceo, Bacia de Santos. Fotomicrografia, nicois paralelos.

Figure 9 – Oolitic Grainstone. Guarujá Fm., Cretaceous, Santos Basin. Photomicrograph, parallel nicols.

floatstone (modificado de Embry e Klovan, 1971)

Termo proposto na classificação de Embry e Klovan, 1971: rocha carbonática suportada pela matriz com **mais** de 10% de grãos maiores que 2mm. Pode-se complementar a denominação incluindo a preposição **com**, mais um termo composicional: oólitos, oncolitos, peloides, peloides fecais, intraclastos, bioclastos, esferulitos. (ex.: *floatstone com* bioclastos). Na classificação original de Embry e Klovan, o termo *wackestone* é utilizado somente quando os grãos presentes tem tamanho menor que 2mm, para evitar a duplicidade *floatstone=wackestone*. Nesta classificação, esses limites granulométricos não serão utilizados.



Figura 10 – Floatstone com amonoides, Fm. Riachuelo, Cretáceo, Bacia Sergipe-Alagoas. Fotomicrografia, nicóis paralelos.

Figure 10 – Floatstone with ammonoids, Riachuelo Fm., Cretaceous, Sergipe-Alagoas Basin, Photomicrograph, parallel nicols.

rudstone (modificado de Embry e Klovan, 1971)

Termo proposto na classificação de Embry e Klovan, 1971: rocha carbonática suportada pelos grãos com mais de 10% de grãos maiores que 2mm. Pode-se complementar a denominação incluindo um termo composicional: oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclástico, bioclástico, esferulítico, ou com fragmentos de estromatolito, trombolito, laminito, leiolito, dendrolito, esferulítico. (ex.: *rudstone* intraclástico). Na classificação original de Embry e Klovan, os termos *packstone* e *grainstone* somente são utilizados quando os grãos presentes possuem tamanho menor que 2mm, para evitar a duplicidade *rudstone=packstone/grainstone*. Nesta classificação,



Figura 11
Rudstone. Fm. Ponta do Mel, Cretáceo, Bacia Potiguar. Fatia de testemunho.

Figure 11
Rudstone. Ponta do Mel Fm., Cretaceous, Potiguar Basin. Core slab.

esses limites granulométricos não serão utilizados. É recomendável, ao utilizar-se o termo *rudstone*, sempre incluir na descrição a presença ou não de matriz.

bioacumulado (modificado de Carozzi *et al.*, 1972)

Termo utilizado por Carozzi para rocha carbonática constituída por um tipo dominante de organismo, com tamanho areia ou maior e, praticamente, sem retrabalhamento *in situ*. Pode-se complementar a denominação incluindo um termo do principal organismo formador: ostracodes, bivalvos, gastrópodes, macroforaminíferos, crinoides, etc. (ex.: bioacumulado de ostracodes). O termo **coquina** tem sido usado de forma abrangente nas bacias da margem continental brasileira para rochas ricas em bivalvos e incluem três

tipos de rochas carbonáticas: bioacumulados, quando as duas valvas estão preservadas, geralmente com matriz; *packstones/rudstones* com matriz, quando as valvas estão retrabalhadas e a rocha tem matriz e *grainstones/rudstones* sem matriz, quando as valvas estão retrabalhadas e a rocha não tem matriz. Apenas o último tipo se constitui em rochas-reservatório. Deve-se ressaltar que o termo bioacumulado somente deve ser utilizado para organismos de tamanho no mínimo areia. Bioacumulações de organismos pequenos que formam matriz (ex. nanofósseis, foraminíferos planctônicos) não estão incluídas nessa denominação.



Figura 12
Bioacumulado de macroforaminíferos, Fm. Amapá, Paleógeno, Bacia da Foz do Amazonas. Fotomicrografia, nicóis cruzados.

Figure 12
Bioaccumulated macroforaminifera. Amapá Fm., Paleogene, Foz do Amazonas Basin, Photomicrograph, crossed nicols.

brecha (Pettijohn, 1974, Flügel, 2004)

Termo largamente utilizado na sedimentologia para rochas carbonáticas suportada pelos grãos com mais de 50% dos grãos angulosos maiores que 2mm. A angulosidade restringe o uso deste termo para os casos em que os grãos são intraclastos ou fragmentos de estromatolito, trombolito, laminito, leiolito, dendrolito, esferulito.

boundstone (Dunham, 1962)

Termo proposto na classificação de Dunham, 1962: rocha carbonática formada *in situ*, cujos componentes da trama original (fábrica original) foram ligados durante a deposição. Pode-se complementar a denominação incluindo um termo do principal organismo formador: corais, algas, rudistas, estromatoporoides etc. (ex. *boundstone* coralgal).

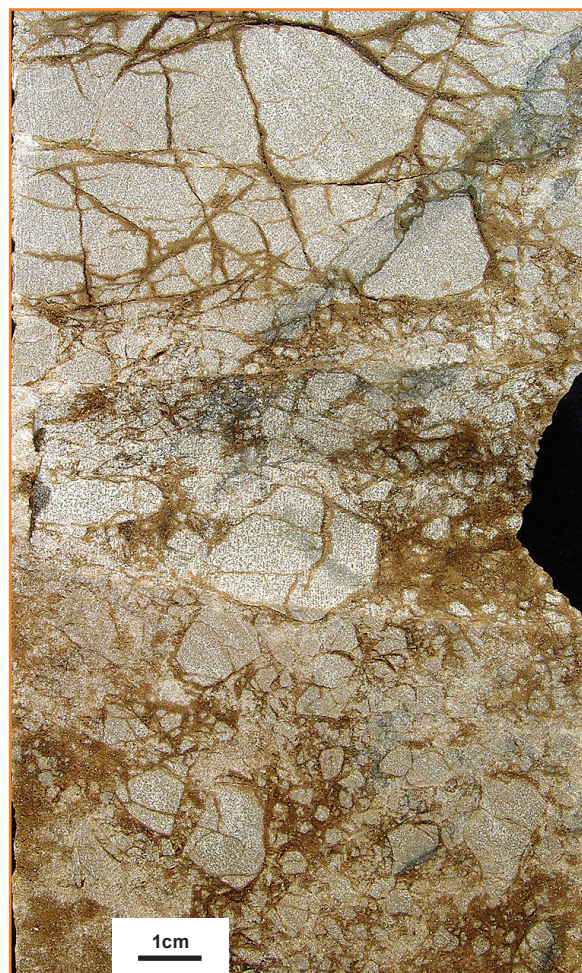


Figura 13 – Brecha. Gr. Macaé, Cretáceo, Bacia de Campos.

Figure 13 – Breccia. Macaé Gr., Cretaceous, Campos Basin.

estromatolito (modificado de Riding, 2000)

Depósito de estrutura laminada e em geral convexa, podendo apresentar feições de crescimento/ramificações para o topo. Na maioria das vezes de origem microbiana. Pode ser observado em diferentes escalas (fig. 15). Apresenta as seguintes variações:

- **ESTROMATOLITO ARBORESCENTE** – quando os componentes internos se organizam de forma ramificada e divergente e possuem comprimento maior que a largura (fig. 16);
- **ESTROMATOLITO ARBUSTIFORME** – quando os componentes internos se organizam de forma

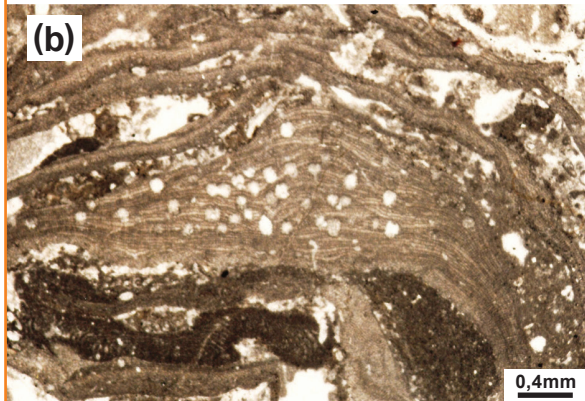
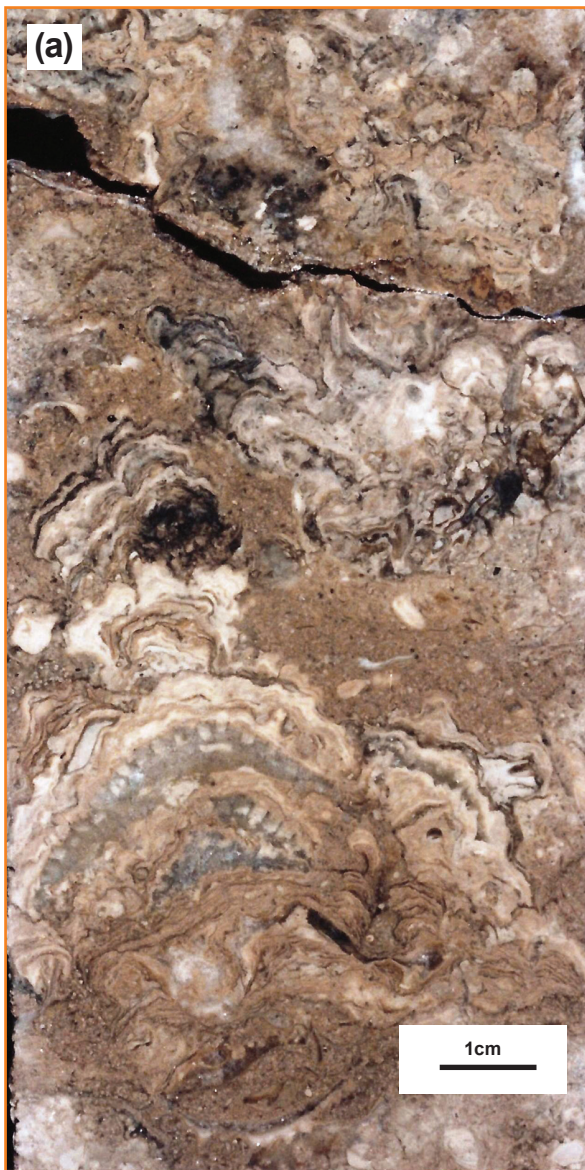


Figura 14 – Boundstone coralgal. Fm. Ponta do Mel, Cretáceo, Bacia Potiguar. a) Fatia de testemunho; b) Fotomicrografia, nicóis paralelos.

Figure 14 – Boundstone coralgal. Ponta do Mel Fm., Cretaceous, Potiguar Basin. a) Core slab; b) Photomicrograph, parallel nicols.

ramificada ou não desde a base e a razão altura/largura é aproximadamente 1:1 (fig. 17);

- **ESTROMATOLITO DENDRIFORME** – quando os componentes internos se organizam de forma intensamente ramificada e divergente e possuem comprimento muito maior que a largura. (fig. 18).

Utilizam-se os seguintes limites e denominações para o tamanho médio dos elementos em corte vertical:

- muito pequeno: < 0,2cm
- pequeno: 0,2-0,5cm
- médio: 0,51-1,5cm
- grande: > 1,5cm

Quanto ao empacotamento, são definidos os seguintes termos para a relação entre os elementos:

- denso: todos os elementos se tocam;
- normal: alguns elementos se tocam;
- aberto: raros ou nenhum dos elementos se tocam.

A geometria externa em escala de testemunhos pode ser: dômica, tabular, colunar e coniforme.

trombolito (modificado de Riding, 2000)

Depósito de textura macroscópica coagulada (*clotted*) maciça e dômica. Na maioria das vezes de origem microbial. (fig. 19)



Figura 15
Estromatolito. Fm. Salitre, Proterozoico Superior, Bacia do São Francisco.

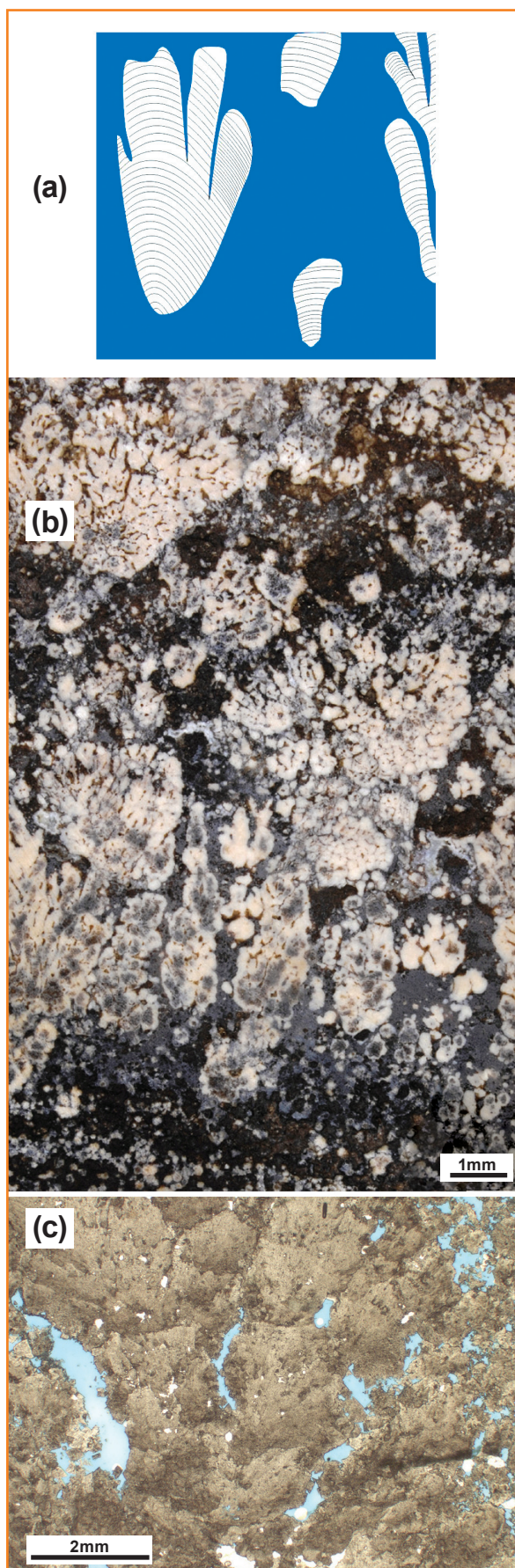
Figure 15
Stromatolite. Salitre Fm., Late Proterozoic, São Francisco Basin.

Figura 16

Estromatolito Arborescente. Fm. Barra Velha, Cretáceo, Bacia de Santos. a) esquema: dimensão vertical maior que horizontal; b) fatia de testemunho; c) fotomicrografia, nicois paralelos.

Figure 16

Arborescent Stromatolite. Barra Velha Fm., Cretaceous, Santos Basin. a) sketch: vertical dimension greater than horizontal; b) core slab; c) photomicrograph, parallel nicols.



dendrolito (Riding, 2000)

Depósito microbial de estrutura dendrítica formada por cianobactérias esqueléticas.

leiolito (Riding, 2000)

Depósito microbial dômico, sem laminação ou coágulos.

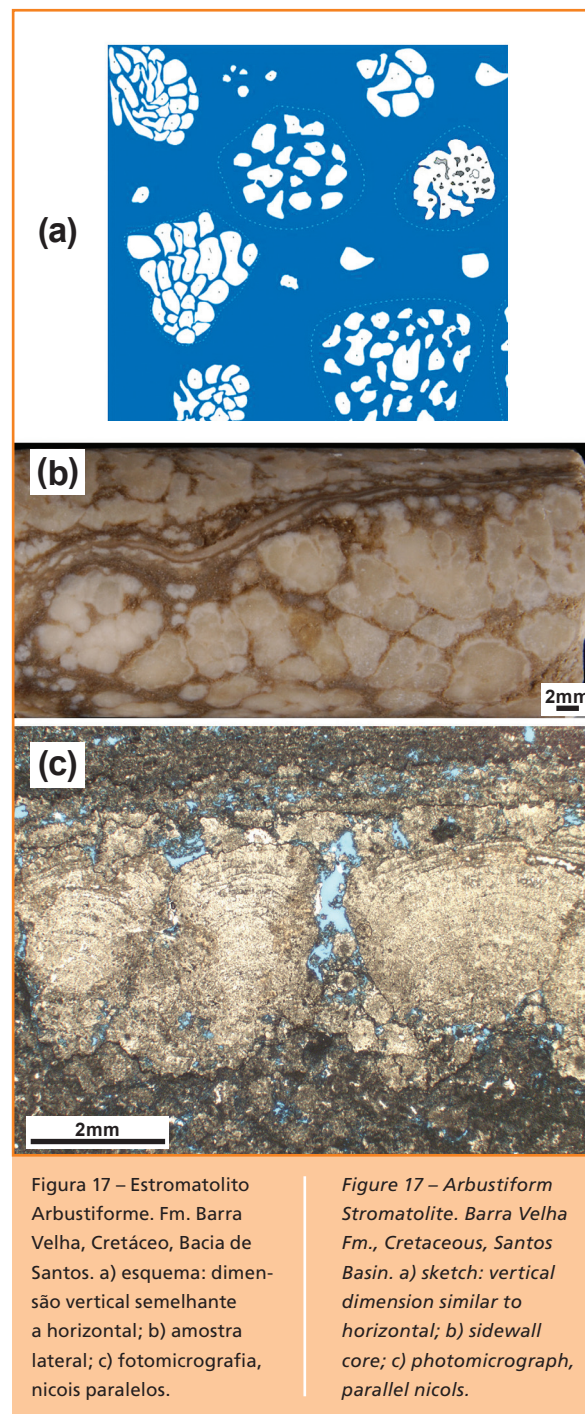


Figura 17 – Estromatolito Arbustiforme. Fm. Barra Velha, Cretáceo, Bacia de Santos. a) esquema: dimensão vertical semelhante a horizontal; b) amostra lateral; c) fotomicrografia, nicois paralelos.

Figure 17 – Arbustiform Stromatolite. Barra Velha Fm., Cretaceous, Santos Basin. a) sketch: vertical dimension similar to horizontal; b) sidewall core; c) photomicrograph, parallel nicols.

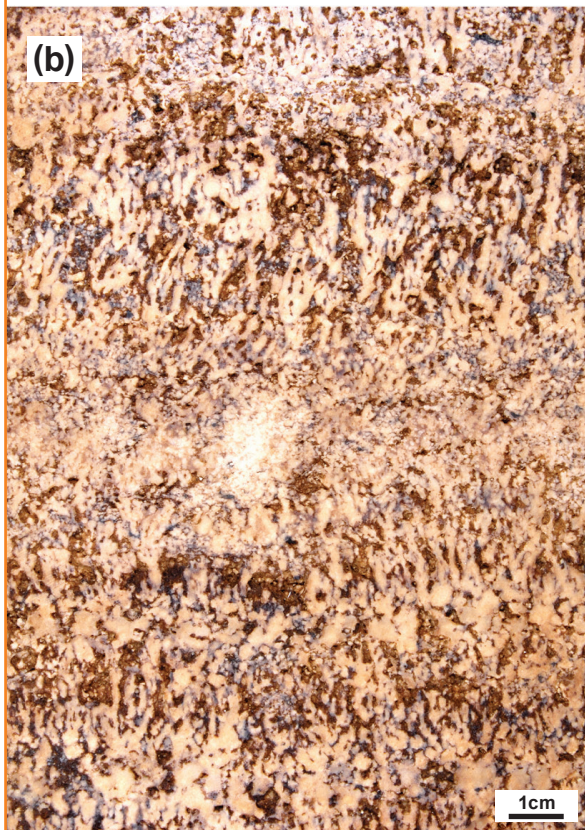
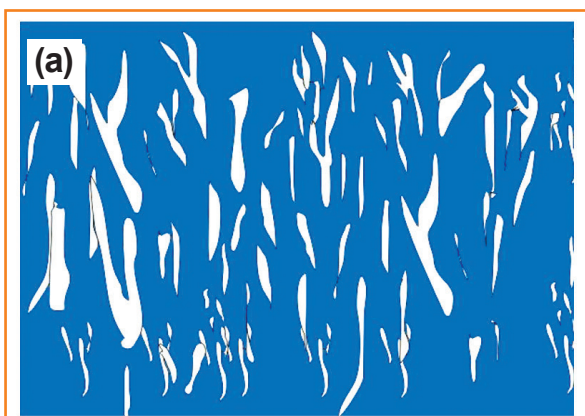


Figura 18 – Estromatolito Dendroforme. a) esquema: dimensão vertical muito maior que horizontal; b) Fm. Barra Velha, Cretáceo, Bacia de Santos, fatia de testemunho.

Figure 18 – Dendroid Stromatolite. a) sketch: vertical dimension much greater than horizontal; b) Barra Velha Fm., Cretaceous, Santos Basin, core slab.

esferulitito

Rocha composta por partículas de formas esféricas ou subsféricas de contornos lisos ou lobados (esferulitos), de tamanho geralmente inferior a 2mm e que podem ocorrer de forma amalgamada ou isolados (fig. 20). Nos casos de ocorrência de argilas:



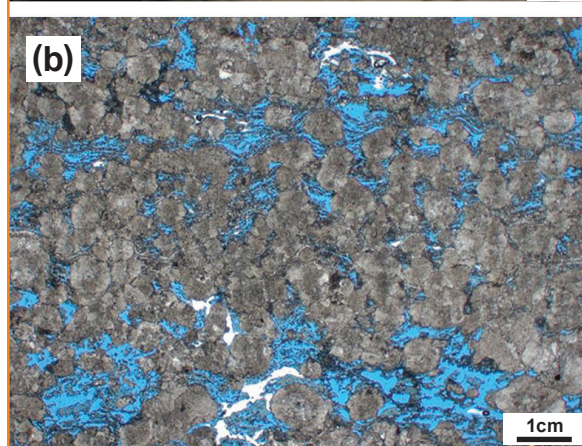
Figura 19
Trombolito, Fm.
Riachuelo, Cretáceo,
Bacia Sergipe-Alagoas.

Figure 19
Thrombolite, Riachuelo Fm.,
Cretaceous, Sergipe-Alagoas
Basin.



Figura 20
Esferulitito. Fm. Barra Velha,
Cretáceo, Bacia de Santos.
a) amostra lateral;
b) fotomicrografia,
nicóis paralelos.

Figure 20
Spherulite. Barra Velha Fm.,
Cretaceous, Santos Basin.
a) sidewall core;
b) photomicrograph,
parallel nicols.



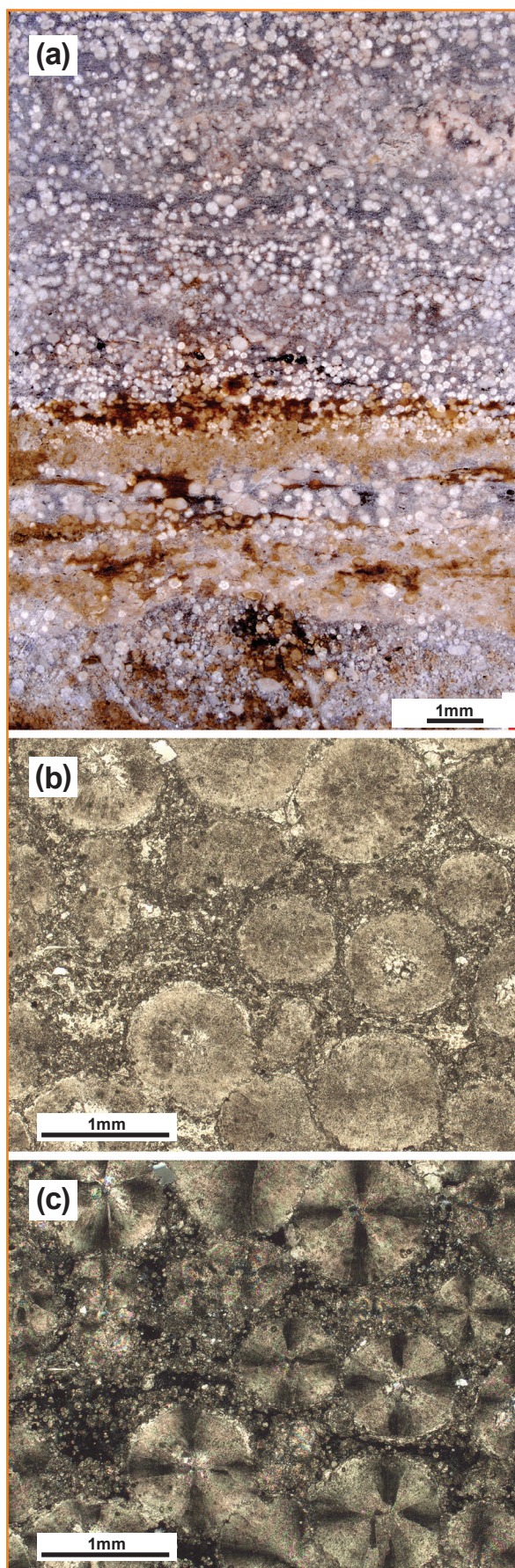
- Esferulito-suportado com argila (>10%) = **ESFERULITITO COM ARGILA** (fig. 21);
- Argila-suportado, com esferulitos = **ARGILITO COM ESFERULITOS**;
- No caso da argila ocorrer em lamelas = **ARGILITO LAMELAR COM ESFERULITOS**.

Figura 21

Esferulitito com argila. Fm. Barra Velha, Cretáceo, Bacia de Santos. a) fatia de testemunho; b) fotomicrografia, nicóis paralelos; c) fotomicrografia, nicóis cruzados.

Figure 21

Spherulite with clay. Barra Velha Fm., Cretaceous, Santos Basin. a) core slab; b) photomicrograph, parallel nicols; c) photomicrograph, crossed nicols.



travertino e tufa (modificado de Riding, 2000, Pettijohn, 1957)

Rocha carbonática bandeada formada pela precipitação em superfície de soluções concentradas em CaCO_3 ao redor de fontes (em geral quentes) devido à perda de CO_2 por evaporação (fig. 22). A variedade mais esponjosa e menos compacta é denominada TUFA e pode ocorrer também em fontes subaquosas saturadas em CaCO_3 , que emergem no fundo de lagos alcalinos. A origem da denominação travertino é devido ao antigo nome da localidade de Tivoli (tivertino), próxima a Roma, onde ocorrem grandes depósitos de travertino que foram utilizados na construção dos principais prédios e monumentos antigos de Roma. Alguns autores (ex. Chafetz e Folk, 1984) consideram que a formação dos travertinos ocorre por intervenção de bactérias.



Figura 22 – Travertino, origem Tivoli, Itália.

Figure 22 – Travertine, from Tivoli, Italy.

laminito (modificado de Demicco e Hardie, 1994)

Rocha carbonática de granulação fina (lamosa e/ou peloidal) formada pela recorrência de laminações delgadas. As laminações tendem a ser plano-paralelas, com superfície lisa (origem microbiana ou não) LAMINITO LISO (fig. 23), ou crenulada (origem microbiana) LAMINITO CRENULADO (fig. 24).

calcário cristalino (Folk, 1962, Dunham, 1962)

Rocha carbonática totalmente recristalizada, não sendo possível identificar sua textura deposicional

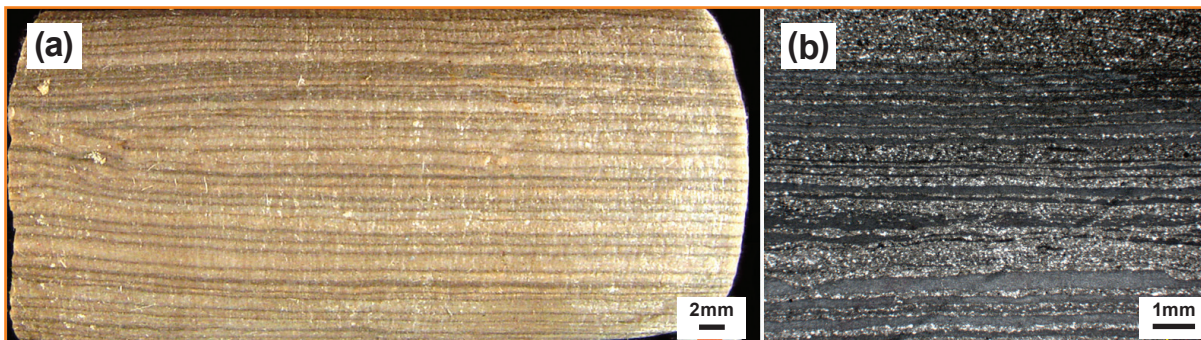


Figura 23
Laminite Liso, Fm. Barra Velha, Cretáceo, Bacia de Santos. a) amostra lateral; b) fotomicrografia, nicois paralelos.

Figure 23
Smooth Laminite, Barra Velha Fm., Cretaceous, Santos Basin. a) sidewall core; b) photomicrograph, parallel nicols.

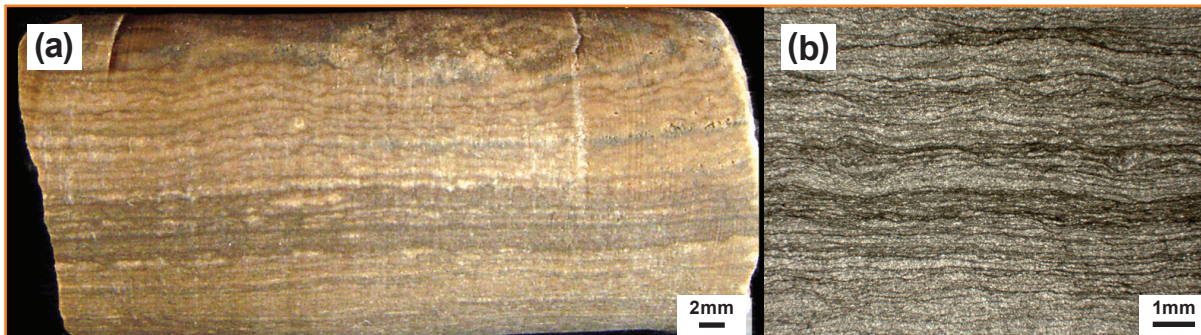


Figura 24 – Laminite Crenulado, Fm. Barra Velha, Cretáceo, Bacia de Santos. a) amostra lateral; b) fotomicrografia, nicois paralelos.

Figure 24 – Crenulated Laminite, Barra Velha Fm., Cretaceous, Santos Basin. a) sidewall core; b) photomicrograph, parallel nicols.

original (fig. 25). CALCÁRIO MICROCRISTALINO: cristais entre 5µm e 50µm.

dolomito (Folk, 1962, Dunham, 1962)

Rocha carbonática totalmente dolomitizada, não sendo possível identificar sua textura deposicional original (fig. 26). DOLOMITO MICROCRISTALINO: cristais entre 5µm e 50µm.

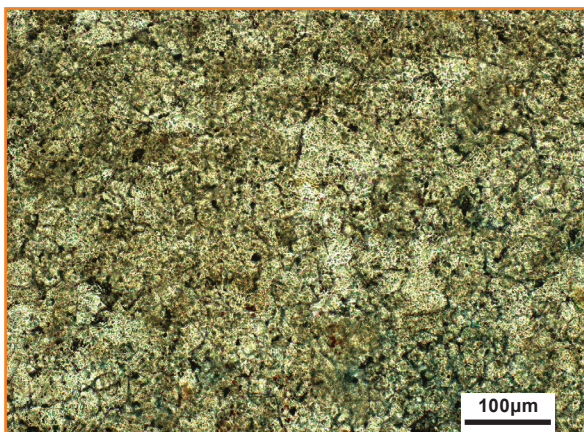


Figura 25 – Calcário cristalino. Fm. Salitre, Proterozóico Superior, Bacia do São Francisco. Fotomicrografia, nicois cruzados.

Figure 25 – Crystalline limestone. Salitre Fm., Late Proterozoic, São Francisco Basin. Photomicrograph, crossed nicols.

abreviaturas e dimensões

Nos anexos 3 e 4, encontra-se uma lista de abreviaturas e dimensões para utilizar nas descrições de rochas carbonáticas. Para *packstones*, *grainstones*, *floatstones*, *rudstones*, bioacumulados e brechas, utilizam-se os valores de granulometria à direita da tabela, de acordo com cada caso. Para os estromatolitos e suas variações são utilizados os tamanhos convencionados à direita da tabela.

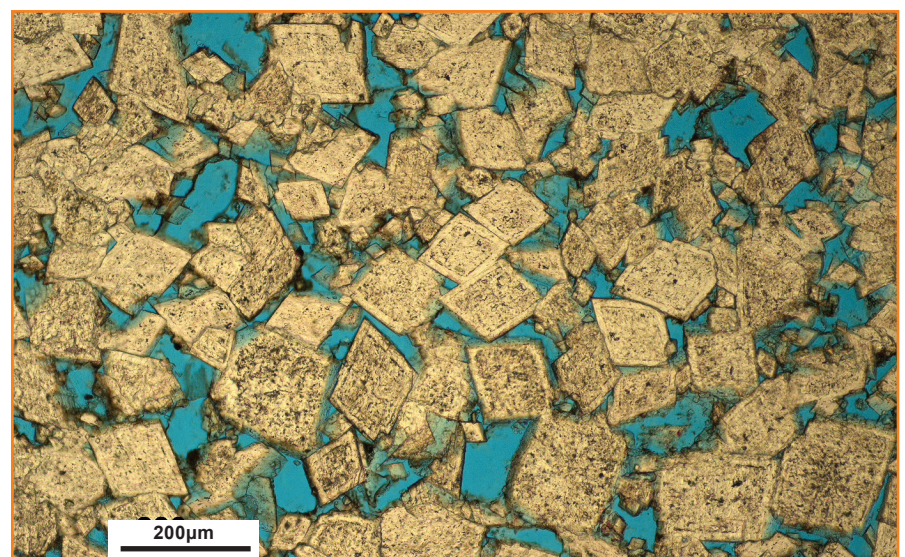


Figura 26
Dolomito. Gr. Macaé, Cretáceo, Bacia de Campos. Fotomicrografia, nicois paralelos.

Figure 26
Dolomite. Macaé Gr., Cretaceous, Campos Basin. Photomicrograph, parallel nicols.

ABREVIATURAS E DIMENSÕES / ABBREVIATIONS AND DIMENSIONS						
ROCHA / ROCK		DIMENSÕES / DIMENSIONS				
Sigla Abbreviation	Nome / Name	Sigla Abbreviation	Granulometria Granulometry	Tamanho / Size		
MUD	Mudstone	f	Muito fino / <i>Very fine</i> : 0,0625-0,125mm			
WCK	Wackestone	F	Fino / <i>Fine</i> : 0,125-0,25mm			
PCK	Packstone	M	Médio / <i>Medium</i> : 0,25-0,5mm			
GST	Grainstone	G	Grosso / <i>Coarse</i> : 0,5-1,0mm			
FLT	Floatstone	g	Muito grosso / <i>Very coarse</i> : 1,0-2,0mm			
RUD	Rudstone	l	Grânulo / <i>Granule</i> : 2,0-4,0mm			
BAC	Bioacumulado / <i>Bioaccumulated</i>	x	Seixo / <i>Pebble</i> : 4,0-64mm			
BRC	Brecha / <i>Breccia</i>	b	Bloco / <i>Cobble</i> : 64mm-256mm			
		t	Matacão / <i>Boulder</i> : >256mm			
BND	Boundstone					
ETR	Estromatolito / <i>Stromatolite</i>	MP	Muito Pequeno / <i>Very small</i> : < 0,2 cm			
EAR	Estromatolito Arborescente / <i>Arborescent Stromatolite</i>		PQ	Pequeno / <i>Small</i> : 0,2 – 0,5 cm		
EBT	Estromatolito Arbustiforme / <i>Arbustiform Stromatolite</i>			MD	Médio / <i>Medium</i> : 0,5 – 1,5 cm	
EDD	Estromatolito Dendriforme / <i>Dendriform Stromatolite</i>				GR	Grande / <i>Big</i> : > 1,5 cm
TRO	Trombolito / <i>Thrombolite</i>					
DEN	Dendrolito / <i>Dendrolite</i>					
LEI	Leiolito / <i>Leiolite</i>					
ESF	Esferulito / <i>Spherulite</i>					
TRV	Travertino					
LMT	Laminito / <i>Laminite</i>					
LML	Laminito Liso / <i>Smooth Laminite</i>					
LMC	Laminito Crenulado / <i>Crenulated Laminite</i>					
CCL	Calcário Cristalino / <i>Crystalline Limestone</i>					
DOL	Dolomito / <i>Dolomite</i>					

considerações finais

O desenvolvimento de uma classificação de rochas carbonáticas sempre leva em consideração, entre outras características, as peculiaridades da geologia regional e os períodos geológicos em análise. Muitas vezes as terminologias e outras propriedades são customizadas para as particularidades que se apresentam localmente. A classificação proposta nesse trabalho se enquadra nessas características, assim como muitas outras que foram propostas anteriormente. A realidade brasileira, especialmente

para as bacias prospectadas para petróleo, é a de poucas exposições de rocha em superfície, sendo a amostragem de rocha proveniente basicamente de poços. Desta forma, essa classificação limitou o tamanho máximo de amostra a ser analisada ao que é coletado com a testemunhagem de poços, que é a maior amostra que pode ser obtida na grande maioria das sequências carbonáticas das bacias sedimentares brasileiras. Apesar disso, a aplicação prática dessa classificação na descrição de amostras de poços perfurados pela Petrobras tem-se mostrado muito eficiente.

referências bibliográficas

- BATHURST, R. G. C. Carbonate diagenesis and reservoir development: conservation, destruction and creation of pores. **Colorado School of Mines Quarterly**, v. 81 n. 4 p. 1-25, 1986.
- CAROZZI, A. V.; BOUROLLEC, J.; DELOFFRE, R.; RUMEAU, L. Microfaciès du Jurassique d'Aquitaine. **Bulletin Centre de Recherches Pau**, volume spécial, n. 1, Pau France, 1972. 594p.
- CHAFETZ, H. S.; FOLK, R. L. Travertines: depositional morphology and the bacterially-constructed constituents. **Journal Sedimentary Petrology**, v. 54, p. 289-316, 1984.
- DEMICCO, R. V.; HARDIE, L. A. **Sedimentary structures and early diagenetic features of shallow marine carbonate deposits**. Tulsa: Society for Sedimentary Geology, Atlas, 1, 265p. 1994.
- DICKSON, J.A.D. Echinoderm Skeletal Preservation: Calcite-Aragonite Seas and the Mg/Ca Ratio of Phanerozoic Oceans. **Journal Sedimentary Petrology**, v. 74, p. 355-365, 2004.
- DUNHAM, R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (Ed.) Classification of carbonate rocks. Tulsa. **American Association of Petroleum Geologists**, Memoir 1, p. 108-122, 1962.
- EMBRY, A. F.; KLOVAN, J. E. A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Islands, Northwest Territories. **Bulletin of Canadian Petroleum Geology**, v.19, p. 730-781, 1971.
- FOLK, R. L. Spectral subdivision of limestones types. In Ham, W.E. (Ed.) Classification of carbonate rocks: Tulsa. **American Association of Petroleum Geologists**, Memoir 1, p. 62-85, 1962.
- FLÜGEL, E. **Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application**. Berlin: Springer, 2004, 976p.
- HE, Z. Classification and origin of oncolites. **Oil and Gas Geology**, v. 3, n. 1, p. 41-48, 1982.
- MACKENZIE, F. T.; PIGGOT, J. D. Tectonic controls of Phanerozoic sedimentary rock cycling. **Journal of Geological Society of London**, v. 138, p. 183-196, 1981.
- PETTIJOHN, F. J. **Sedimentary rocks**. 2.ed. New York: Harper Brothers, 1957, 718p.
- RIDING, R. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. **Sedimentology**, v. 47, supplement 1, p. 179-214, 2000.
- RIDING, R.; LIANG, L. Geobiology of microbial carbonates: metazoan and seawater saturation state influences on secular trends during the Phanerozoic. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v.219, p. 101-115, 2005.
- SANDBERG, P. A. New interpretation of Great Salt Lake ooids and of ancient non-skeletal carbonate mineralogy. **Sedimentology**, v. 25, p. 673-702, 1975.
- SANDBERG, P. A. An oscillating trend in Phanerozoic non-skeletal carbonate mineralogy. **Nature**, v. 305, n.1, p. 19-22, September, 1983.
- SINGH, U. Ooids and cements from the Late Precambrian of the Flinders Ranges, South Australia. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 57, p. 117-127, 1987.
- STANLEY, S. M.; HARDIE, L. A. Secular oscillations in the carbonate mineralogy of reef-building and sediment-producing organisms driven by tectonically forced shifts in seawater chemistry. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 144, p. 3-19, 1998.
- STANLEY, S. M.; HARDIE L. A. Hypercalcification: Paleontology links Plate Tectonics and Geochemistry to Sedimentology. **GSA Today**, v. 9, n. 2, p. 1-7, 1999.
- TUCKER, M. E. **Sedimentary petrology an introduction to the origin of sedimentary rocks**. New York: Wiley, 1991, 259 p.
- WILKINSON, B. H.; OWEN, R. M.; CARROLL, A. R. Submarine hydrothermal weathering, global eustasy, and carbonate polymorphism in Phanerozoic marine oolites. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 55, p. 171-183, 1985.

bibliografia

HAM, W. E. (Ed.). Classification of carbonate rocks. Tulsa. **American Association of Petroleum Geologists**, Memoir 1, 1962, 272p.

PETTIJOHN, F. J. **Sedimentary rocks**. 3.ed. New York: Harper Brothers, 1983, 628p.

SCHOLLE, P. A.; ULMER-SCHOLLE, D. A. A color guide to petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagenesis. Tulsa. **American Association of Petroleum Geologists**, Memoir 77, 2003, 474p.

expanded abstract

A new classification of carbonate rocks is defined to cover the full range of their occurrence in Brazilian basins. Emphasis is given to those in oil exploration and production locations, especially since the discovery of giant oil fields in the so called Pre-Salt section. This classification is a synergy between the various existing classifications adapting or modifying some terms and introducing new names.

The main constituents of the carbonate rocks are defined as: oolites - formed by physical and chemical accretion around a nucleus; oncolites - formed by the organic accretion of cyanobacteria around a nucleus; peloid and pellets - rounded micritic grains of various, including fecal, origins; spherulites - particles of spherical or sub-spherical smooth or lobed edges of size typically less than 2mm; intraclasts - penecontemporaneous fragments of carbonate sediments, partially lithified, which are eroded and redeposited as a new sediment and bioclasts - the main constituents of the carbonate rocks including all calcareous organisms or fragments of these structures. Matrix - also an important constituent of the carbonate rocks and is defined as any carbonate material less than 0.0625mm, which corresponds to the silt size. Cement is the infill by new mineral material of some pore space existing in the rock.

The carbonate rocks were divided into four groups according to their depositional texture:

I - Elements not bound during deposition: mudstone - matrix-supported carbonate rock with less than 10% grains sand size or larger; wackestone - matrix-supported carbonate rock with more than 10% grains sand size or larger; packstone - grain-supported carbonate rock with matrix; grainstone - grain-supported carbonate rock without matrix (maximum 5%); floatstone - matrix-supported carbonate rock with more than 10% of grains larger than 2mm; rudstone - grain-supported carbonate rock with more than 10% of grains larger than 2mm; bioaccumulated - carbonate rock composed of one dominant type of organism, sand size or larger and almost no reworking (in situ); breccia - grain-supported carbonate rock with 50% or more angular grains greater than 2mm;

II - Elements bound during deposition or in situ: boundstone - carbonate rock formed in situ. Original components bound together during deposition; stromatolite - carbonate rock with laminated structure, generally convex; may show growth features/internal ramifications upward, with the following variations: arborescent stromatolite - when internal components are organized in a branched and divergent way and have length greater than width; arbustiform stromatolite - when internal components are organized in a linear or branched shape from the base and the height/width ratio is about 1:1; dendriform stromatolite - when internal components are organized in a highly branched and divergent shape and have a length much greater than their width; thrombolite - carbonate rocks with macroscopically clotted texture; dendrolite - microbial deposit with dendritic structure formed by skeletal cyanobacteria; leiolite - microbial deposits without lamination or clots, spherulitite - carbonate rock composed of spherical/subspherical particles, smooth or lobated rims (spherulites), generally smaller than 2mm, amalgamated or isolated with the following varieties: spherulite-supported with clay (>10%) = spherulite with clay; clay-supported, with spherulites = argillite with spherulites; travertine and tufa - banded carbonate rock formed by precipitation on the surface by concentrated solutions of CaCO₃ around the sources (usually hot) due to CO₂ loss by evaporation, the variety being more spongy and less compact is called tufa;

III- Elements bound or not bound during deposition: laminites - fine grain size carbonate rock (muddy and/or peloidal) formed by recurrent thin laminations. Laminations mostly plane-parallel, smooth surfaces (microbial or not) - smooth laminites or crenulated laminites (microbial origin);

IV - Unrecognized depositional texture: crystalline limestone - totally recrystallized carbonate rock. Impossible to identify its original depositional texture; dolomite - totally dolomitized carbonate rock. Impossible to identify its original depositional texture.