

## Análise Microfaciológica e Geoquímica dos Folhelhos da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas

*Microfaciological and Geochemical Analysis of Shales from the Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin*

Lorena Pastana Martins<sup>1</sup> , Bruno Valle<sup>1</sup> , Marcelo da Silva Mendes<sup>1</sup>,  
Leonardo Borghi<sup>1</sup>  & Ariely Luparelli Rigueti<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia Sedimentar, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>Petrobras, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: [lorena.martins@coc.ufrj.br](mailto:lorena.martins@coc.ufrj.br); [bruno@geologia.ufrj.br](mailto:bruno@geologia.ufrj.br); [mendes@geologia.ufrj.br](mailto:mendes@geologia.ufrj.br); [lborghi@geologia.ufrj.br](mailto:lborghi@geologia.ufrj.br); [ariely.rigueti@petrobras.com.br](mailto:ariely.rigueti@petrobras.com.br)

### Resumo

Folhelhos são rochas microclásticas físeis, podendo constituir-se em rochas geradoras, reservatório ou selantes em um sistema petrolífero. A Formação Morro do Chaves, de idade Jiquiá (Barremiano/Aptiano) da Bacia Sergipe-Alagoas, contém camadas de folhelhos e arenitos intercalados numa sucessão de coquinas depositadas em paleoambiente lacustre, aflorantes na antiga Pedreira Atol, em São Miguel dos Campos (AL). Este afloramento é considerado um importante análogo para reservatórios carbonáticos do intervalo Pré-sal das Bacias de Santos e Campos. Assim, o presente estudo objetiva a caracterização microfaciológica e geoquímica desses folhelhos na sucessão estratigráfica das coquinas, com a finalidade de contribuir com as interpretações paleoambientais propostas atualmente na literatura. Para caracterização de microfácies, 150 metros de testemunho contínuo de sondagem foram descritos macroscopicamente e 25 lâminas petrográficas foram analisadas, apoiadas por análise de DRX, análise geoquímica orgânica (COT) e perfil geofísico de poço (Perfis Raios Gama e *Caliper*). Caracterizaram-se nove microfácies, sendo oito siliciclásticas, formadas texturalmente por argilitos, siltitos e arenito, compostas basicamente por quartzo, muscovita, feldspatos e argilominerais dos grupos da caulinita, clorita e illita, acrescentando-se ainda a calcita, relacionada à presença de valvas de ostracodes; e uma carbonática, formada por processos diagenéticos pós-deposicionais. A interpretação das microfácies aponta para mudanças no nível relativo do lago, alternando condições oxidantes e redutoras, associadas à variações climáticas e, por vezes, à atividades tectônicas na bacia.

**Palavras-chave:** Formação Morro do Chaves; Folhelhos; Microfácies

### Abstract

Shales are fissile microclastic rocks that may occur as source rocks, reservoir rocks, or seals in a petroleum system. The Morro do Chaves Formation, Jiquiá in age (Barremian/Aptian) from Sergipe-Alagoas Basin, is formed of shales and sandstones interbedded in a coquina succession deposited in a lacustrine paleoenvironment, outcropping in the former Atol quarry, in São Miguel dos Campos (AL). This outcrop is considered an important analogue of carbonate reservoirs from the Pre-salt interval of Santos and Campos Basin. Thus, this study aims the microfaciological characterization of those shales present on this coquina stratigraphic section, with the objective of enrich the environmental interpretation proposed in the literature. To characterize the microfacies, 150 meters of a continuous well core were described macroscopically and 25 thin sections were analyzed, supported by XRD analyses, organic chemical analyses (TOC) and well logs (Gamma Ray and *Caliper*). Nine microfacies were characterized, eight siliciclastic, formed by claystones, siltstones and sandstones, composed basically of quartz, muscovite, feldspar and clay minerals from caulinite group, chlorite and illite, and calcite (from ostracode shells); and one carbonatic. The interpretation of those microfacies points to fluctuations in the lake level, alternating oxidizing and reducing conditions, that are associated with climate variations or, sometimes, to tectonic activities in the basin.

**Keywords:** Morro do Chaves Formation; Shales; Microfacies

## 1 Introdução

Folhelhos são rochas sedimentares microclásticas (terrígenas) físeis e compõem aproximadamente dois terços do registro sedimentar (Potter *et al.*, 2005). Em sistemas petrolíferos convencionais podem exercer diferentes funções, como geradores de hidrocarbonetos, selantes e barreiras de fluxos. São fundamentais na interpretação do modelo deposicional de uma bacia sedimentar, por permitir a preservação de conteúdo paleontológico e orgânico, oferecendo importantes informações sobre as condições paleoambientais, como temperatura, salinidade, umidade e anoxia.

Com importantes descobertas de petróleo nos depósitos de coquinas do Grupo Lagoa Feia, na bacia de Campos (Abrahão & Warme, 1990; Carvalho *et al.*, 2000; Castro, 2006; Winter *et al.*, 2007; Muniz, 2013; Mizuno *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2019), na Formação Itapema, na bacia de Santos (Chang *et al.*, 2008; Beasley *et al.*, 2010; Chinellato *et al.*, 2020) e na Formação Toca, na bacia do Congo (Harris *et al.*, 1994; Thompson *et al.*, 2015), o estudo de análogos a estes intervalos produtores, como a Formação Morro do Chaves na bacia de Sergipe-Alagoas (Abrahão & Warme, 1990; Azambuja *et al.*, 1998; Tavares *et al.*, 2015; Corbett *et al.*, 2016; Rigueti *et al.*, 2020), tem ganhado posição de destaque. Com isso, os folhelhos que ocorrem associados a estas rochas carbonáticas têm exigido um crescente número de estudos para a melhor compreensão dos sistemas deposicionais dessa seção.

Diversos autores têm dado diferentes interpretações aos folhelhos da Formação Morro do Chaves (Figueiredo, 1981; Azambuja *et al.*, 1998; Teixeira, 2012; Tavares *et al.*, 2015; Garcia *et al.*, 2018; Chinellato *et al.*, 2018; Rigueti *et al.*, 2020). Alguns deles descrevem-os como “margas” ou “folhelhos ricos em carbonatos” (Figueiredo, 1981); Teixeira (2012) define-os como “folhelhos em contexto de lago profundo, apresentando estruturas como gretas de diástase”, contrapondo Azambuja *et al.* (1998) que afirma que estes são depositados em contexto de lago baixo, apresentando estruturas indicativas de exposição subaérea. Rigueti *et al.* (2020) também indica que as gretas encontradas são de diástases, interpretando os folhelhos como formados por suspensão a partir de correntes fracas ou água parada, sob condições anóxicas ou disóxicas. Contudo, poucos estudos são relacionados especificamente aos folhelhos da formação e abordam conteúdos de geoquímica orgânica.

Com isso, este trabalho objetiva a caracterização microfaciológica, apoiada por análises geoquímicas, dos intervalos microclásticos (folhelhos), a fim de contribuir ao entendimento do contexto paleoambiental proposto atualmente na literatura.

## 2 Contexto Geológico

A bacia de Sergipe-Alagoas é uma bacia de margem continental brasileira com origem relacionada à abertura do Oceano Atlântico Sul. Localiza-se na costa nordeste do Brasil, entre as latitudes 9° S e 11° 30' e longitudes 35° 30' O e 37° O (Lana, 1990).

Neto *et al.* (2007) consideram a bacia de Sergipe-Alagoas como uma única bacia sedimentar e propuseram que a Formação Morro do Chaves está inserida no contexto Rife da bacia. De acordo com estes autores, a Supersequência Rife, que corresponde ao estágio de subsidência mecânica da bacia, é o período onde ocorre o primeiro pulso tectônico, restrito à sub-bacia de Sergipe. Na idade Eojiquiá, durante períodos de pouco aporte sedimentar ocorrem a deposição das coquinas e folhelhos lacustres da Formação Morro do Chaves, nas porções rasas da sub-bacia de Sergipe.

Os autores afirmam que entre o final do Jiquiá e o início do Alagoas, o tectonismo aumentou de intensidade e se propagou por toda a bacia. Nas porções distais da sub-bacia de Sergipe, a sedimentação era deltaica-lacustre, com os arenitos e folhelhos da Formação Coqueiro Seco. Na sub-bacia de Alagoas, este último depósito prevalecia em relação aos carbonatos e folhelhos da Formação Morro do Chaves.

A Formação Morro do Chaves é definida por Schaller (1969) como uma sequência de calcários, margas coquinóides e dolomitos com intercalações clásticas, compostas por folhelhos calcíferos e sílticos e arenitos finos a médios, geralmente calcíferos, com ocasionais níveis grossos à conglomeráticos, sobrepostos à Formação Penedo e subjacente à Formação Coqueiro Seco. Figueiredo (1981) interpreta a sucessão de coquinas como um registro de antigas plataformas carbonáticas, depositadas em regiões rasas e elevadas de um lago de rifte, com pouco aporte de sedimentos terrígenos e condições de alta energia. Ainda de acordo com este autor, o contato com a Formação Coqueiro Seco, sobreposta, é gradacional, indicando uma progressiva entrada de terrígenos na bacia. Tavares *et al.* (2015) e Rigueti *et al.* (2020) descrevem as fácies finas como argilitos verdes e argilitos ricos em matéria orgânica, e as rochas carbonáticas são descritas como calcarenitos, calcirruditos. Chinellato *et al.* (2018) descreve *rudstones*, *grainstones*, *packstones* e *wackestones* e as fácies finas como argilitos gretados com nódulos carbonáticos e argilitos laminados por níveis areníticos.

## 3 Materiais e Métodos

O material de estudo consta de um testemunho de sondagem contínuo de 150 metros de espessura, obtido com a perfuração do poço UFRJ-2-SMC-01-AL (WGS-84

9°45'37.76''S/36° 9'10.77''O) à leste da cava da antiga Pedreira Atol, no município de São Miguel dos Campos, Alagoas (Figura 1). Elaborou-se um perfil sedimentológico em escala 1:10 dos intervalos de interesse (34% do testemunho), seguindo o método de análise de fácies (Walker, 2006), observando as principais feições sedimentares, tais como: litologia, mineralogia, textura, estruturas sedimentares, cor (carta de Munsell), conteúdo fóssilífero e presença de carbonato. Este perfil foi utilizado juntamente ao previamente elaborado por geólogos do Projeto “Análise geológica sedimentar de sucessões carbonáticas cretácicas em uma bacia sedimentar brasileira” (ANP 18993-6), cujo foco foi o detalhamento das coquinas, em escala 1:40. Das principais fácies observadas foram confeccionadas 25 lâminas delgadas de tamanho padrão (4,5 x 2,5cm). Para a caracterização de microfácies foi utilizado o conceito proposto por Carelli (2010). As análises de DRX foram realizadas em 21 amostras de folhelhos em equipamento Bruker-AXS D8 Advance ECO no CETEM.

Para a análise de Carbono Orgânico Total (COT) e Enxofre Total (S) foram coletadas 33 amostras de folhelhos, e os procedimentos para sua quantificação foram realizados pelo Laboratório de Estratigrafia Química e Geoquímica

Orgânica (UERJ). As amostras foram acidificadas com ácido clorídrico (50%) a fim de eliminar os carbonatos presentes e medir a quantidade de Resíduo Insolúvel (%). A medição da concentração de CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> foi feita pelo analisador SC-632 do Equipamento Determinador LECO SC-632. O instrumento converte os valores para um valor em porcentagem/ppm e gera gráficos de COT (%), Enxofre Total (%) e Resíduo Insolúvel (%). Segundo Leventhal (1983), existe uma relação linear entre as quantidades de carbono orgânico e enxofre (na forma de sulfeto) em sedimentos depositados em ambientes marinhos normais. Desta forma, o gráfico C vs. S (Leventhal, 1995) pode ser utilizado para extrair informações sobre paleossalinidade e condições anóxicas/óxicas do ambiente de deposição de cada microfácies. Peters & Cassa (1994) determina que valores de COT acima de 1% já são considerados razoáveis como um potencial gerador, e acima de 5%, excelente.

Os perfis geofísicos de poço de Raios-gama (GR), expresso em graus API (*American Petroleum Institute*) e *Caliper*, expresso em centímetros (cm), foram utilizados para medir o índice de argilosidade e para controle de qualidade dos dados, respectivamente.

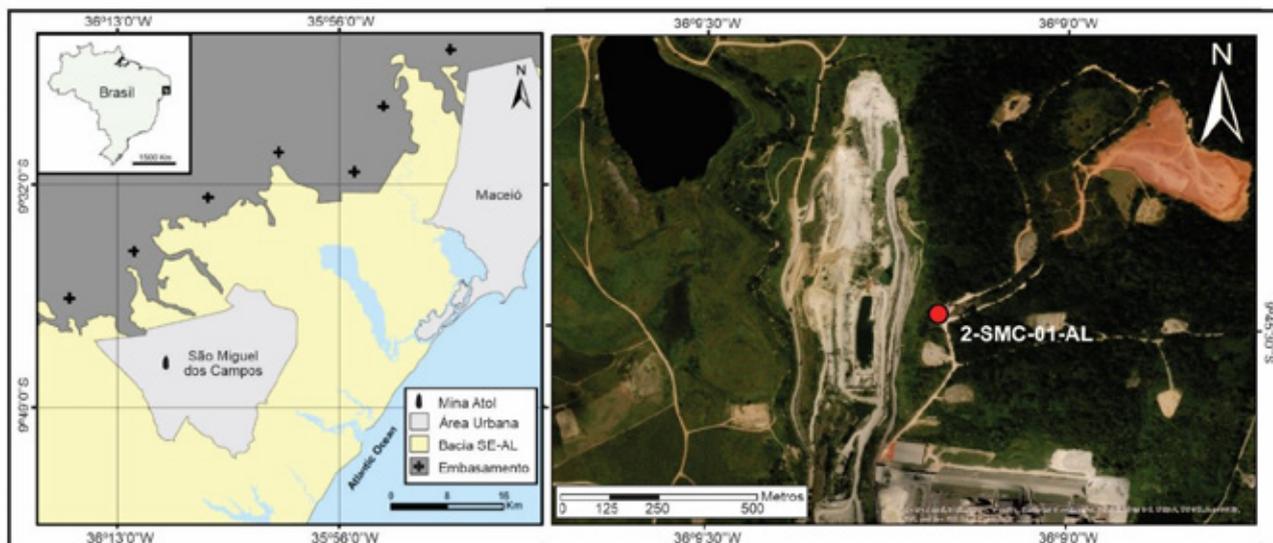


Figura 1 Mapa de localização da antiga mina Atol à esquerda e imagem de satélite mostrando a posição do poço 2-SMC-01-AL perfurado à direita.

## 4 Resultados e Discussões

### 4.1 Microfácies sedimentares

Foram reconhecidas nove microfácies sedimentares, oito de composição siliciclástica e uma de composição carbonática, referentes aos intervalos do testemunho de

sondagem estudado. Estas são resumidas na Tabela 1 a seguir.

#### 4.1.1 Microfácies MF 1

**Diagnose:** Argilito siltoso de coloração esverdeada (10GY 5/1 a 5G\_1/1 6/1) apresentando laminação plano-paralela.

Tabela 1 Síntese das microfácies propostas neste trabalho

DESIGNAÇÃO	DIAGNOSE	INTERPRETAÇÃO
MF 1	Argilito siltoso verde com laminação plano-paralela	Alternância de processos decantativos e fluxos trativos em regime inferior, em ambiente de águas disóxicas (Walker & Plint, 1992)
MF 2	Argilito siltoso verde com estrutura maciça	Decantação de lama em águas disóxicas, sob influência de fluxos turbulentos de baixa densidade; micromarcas de cargas relacionadas ao comportamento mecânico diferencial sob estresse de sedimentos com propriedades contrastantes (Cowan & James, 1992; Bridge, 2006)
MF 3	Calcário microcristalino com composição de micrita	Resulta de processos diagenéticos pós-deposicionais. Nódulos formados por cimentação e substituição de argila por calcita microcristalina (Brett & Baird, 1986)
MF 4	Argilito siltoso preto com laminação plano-paralela e lâminas de ostracodes	Decantação de lama e matéria orgânica em águas anóxicas, com eventos de mortandade de ostracodes (Miall, 2006)
MF 5	Siltito argiloso preto com estrutura maciça	Decantação de lama em águas anóxicas (Bridge, 2006)
MF 6	Siltito argiloso verde com laminação plano-paralela dada por níveis de ostracodes	Decantação de lama em água disóxicas, com frequentes eventos de mortandade de ostracodes, seguido de reorganização biogênica (Miall, 2006); gretas de diástases relacionados ao comportamento mecânico diferencial sob <i>stress</i> de sedimentos com propriedades contrastantes (Cowan & James, 1992; Bridge, 2006)
MF 7	Siltito argiloso verde com lentes de silte/areia muito fina com base erosiva e gradação normal	Decantação de lama em águas disóxicas, sob influência de fluxos trativos em regime inferior, seguido de reorganização biogênica (Miall, 2006)
MF 8	Siltito com intraclastos de argila e bioturbação piritizada	Fluxos trativos, seguidos de reorganização biogênica (Miall, 2006)
MF 9	Arenito fino a grosso com gradação inversa	Fluxos trativos (Mutti <i>et al.</i> , 1999)

**Descrição:** Representa cerca de 1,5% do testemunho contínuo e 3,2% do intervalo microclástico estudado. Sedimentos argilosos e silticos moderadamente selecionados, subarredondados, com microtrama orientada (Figura 2A). Apresenta laminação plano-paralela (0,5 a 2mm) e composição predominantemente quartzosa, contendo também muscovita, biotita, feldspato e, como elemento-traço, zircão. Concreções de pirita, intraclastos de argila e presença de microfalhas deslocando as laminações são comuns (Figura 2B). A análise de DRX mostrou que a composição mineralógica da fração argila é quartzo, muscovita e argilominerais dos grupos da caolinita, clorita e illita.

#### 4.1.2 Microfácies MF 2

**Diagnose:** Argilito siltoso de coloração esverdeada (5GY 6/1 a 5G<sub>1</sub>/1 6/1) apresentando estrutura maciça.

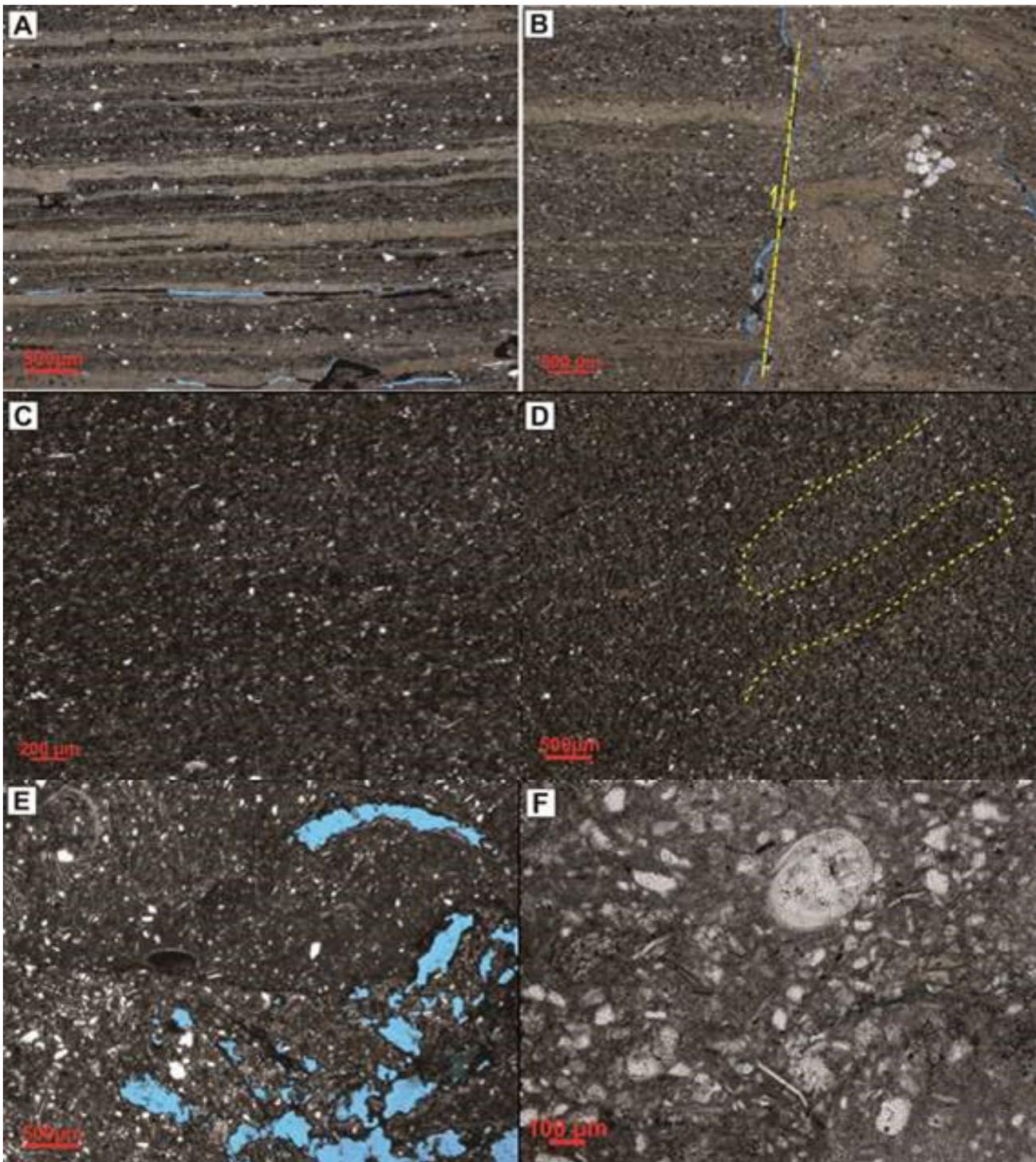
**Descrição:** Representa cerca de 17,8% do testemunho contínuo e 38% do intervalo microclástico estudado. Sedimentos argilosos e silticos moderadamente a bem selecionados, subarredondados e microtrama caótica (Figura 2C). Apresenta estrutura maciça e grãos de silte compostos predominantemente por quartzo, muscovita, biotita, zircão. Cristais de pirita (framboidal e cúbica) são observados. Em testemunho, é comum a ocorrência de níveis centimétricos de areia fina (moda) a média, com grãos bem selecionados, subarredondados, com base erosiva e micromarcas milimétricas de carga e chama. Também se observa injectitos (diques sedimentares) compostos por grãos de areia fina a média, quartzosa, com muscovita, feldspato e cristais de pirita e calcopirita. Ocorre recristalização e cimentação dos grãos por calcita

no contato dos injectitos com este argilito (4 a 10cm). O mosqueamento na transição da MF 4 para MF 2 se torna visível em lâmina, como indicado na Figura 2D. A análise de DRX mostrou que a composição mineralógica da fração argila é quartzo, muscovita, microclina, e argilominerais dos grupos da caolinita, clorita e illita.

#### 4.1.3 Microfácies MF 3

**Diagnose:** Calcário microcristalino com composição de micrita.

**Descrição:** Representa cerca de 6,8% do testemunho e 14,5% do intervalo microclástico estudado. Calcário microcristalino com cerca de 15% de grãos de silte/areia muito fina moderadamente selecionados, subarredondados a arredondados, compostos por quartzo, muscovita, biotita e feldspato, além de aproximadamente 3% de argila. Ostracodes inteiros e valvas (Figura 2E) são comuns, além de intraclastos de calcário microcristalino, e microesparita. Por vezes encontra-se laminado, com níveis mais siltosos compostos por quartzo e muscovita, e níveis que anteriormente eram argilosos, apresentando lâminas de argilominerais em meio à substituição por calcita. Apresenta porosidade visual (móldica e vugular), parcialmente cimentada, de aproximadamente 5% (Figura 2F). É possível observar a presença de óleo nos poros macroscopicamente e também feições nodulares. Ocorre associada à microfácies MF 2, próxima aos injectitos descritos. A análise de DRX mostrou que a composição mineralógica da fração argila é quartzo, muscovita, microclina, albita, calcita e argilominerais dos grupos da caolinita, clorita e illita.



**Figura 2** Fotomicrografias da microfácies descritas. A. MF1: Observar a laminação plano-paralela dada por níveis ricos em silte/areia muito fina e níveis argilosos. Amostra 38,15 m (N//, 2.5x); B. MF1: Observar microfalha deslocando as laminações ao centro. Amostra 48,48 m (N//, 2.5x); C. MF2: Observar estrutura maciça do argilito. Amostra 35,30 m (N//, 5x); D. MF2: Observar o mosqueamento, como indicado pelo tracejado amarelo. Amostra 35,30 m (Nx, 2.5x); E. MF3: Observar porosidade móldica e vugular. Amostra 38,95 m (N//, 2.5x); F. MF3: Observar ostracode articulado recristalizado, resquícios de lâminas de argila e grãos de quartzo. Amostra 38,95 m (N//, 10x).

#### 4.1.4 Microfácies MF 4

**Diagnose:** Argilito siltoso fissil de coloração escura (10Y 3/1 a 10Y/ 5/1), rico em matéria orgânica, apresentando laminação plano-paralela e lâminas de ostracodes.

**Descrição:** Representa cerca de 6,8% do testemunho contínuo e 14,5% do intervalo microclástico estudado. Sedimentos argilosos e silticos moderadamente selecionados, subangulosos a subarredondados, com microtrama orientada e rico em matéria orgânica. Apresenta laminação plano-paralela dada por níveis ricos em matéria orgânica (Figura 3A). Grãos na fração silte e areia muito fina compostos por quartzo, muscovita, biotita, k-feldspato (microclina) e raramente lítoclastos de rocha metamórfica. Cristais de pirita (cúbica e framboidal), valvas de ostracodes desarticuladas, fragmentos fosfáticos de peixe (Figura 3B) e concreções de pirita são comuns. Observa-se nível (5 cm) com gradação inversa de argila para areia muito fina/fina com concreções de pirita. O topo com a camada sobreposta é erosivo. A análise de DRX indica que a fração argila é composta por quartzo e muscovita, e argilominerais dos grupos da clorita e illita.

#### 4.1.5 Microfácies MF 5

**Diagnose:** Siltito argiloso de coloração escura (10Y 5/1), apresentando estrutura maciça e bioclastos recristalizados fragmentados.

**Descrição:** Representa cerca de 0,05% do testemunho contínuo e 0,1% do intervalo microclástico estudado. Sedimentos silticos e argilosos moderadamente selecionados, subangulosos a subarredondados e microtrama caótica. Apresenta estrutura maciça, bioclastos recristalizados fragmentado de tamanho areia muito fina/fina (Figura 3C), intraclasto de calcilutito com ostracode articulado (Figura 3D) e raros fragmentos fosfáticos. Grãos de silte compostos por quartzo, muscovita, biotita, turmalina e rutilo. Cristais de pirita (framboidal e cúbica) são comuns. Apresenta alteração composicional de argilominerais próximo a fraturas abertas. A análise de DRX indica que a fração argila é composta por quartzo, muscovita, k-feldspato (microclina), calcita e argilominerais dos grupos da clorita e illita.

#### 4.1.6 Microfácies MF 6

**Diagnose:** Siltito argiloso de coloração esverdeada (10Y 7/1 a 5G /1 6/1), apresentando laminação plano-paralela dada por níveis de ostracodes.

**Descrição:** Representa cerca de 0,7% do testemunho contínuo e 1,4% do intervalo microclástico estudado. Sedimentos argilosos e silticos moderadamente a mal

selecionados, subangulosos a subarredondados e microtrama caótica. Apresenta laminação plano-paralela dada por níveis ricos em argila e silte e níveis de 2 a 10 mm com concentrações de ostracodes articulados e desarticulados, compactados e recristalizados (Figura 3E). Localmente se apresenta ondulada devido à compactação física. É possível observar estilolitos, cimentação e substituição por calcita, por vezes dissolvida, gerando microporosidade intracristalina. Grãos de silte e areia muito fina compostos por quartzo, muscovita, biotita e calcita. Cristais de pirita (framboidal e cúbica), matéria orgânica, concreção fosfática, detritos de peixes e 1% de porosidade móldica (visual) são observados. Ocorrência de cisalhamento (Figura 3F) e bioturbação piritizada deformam a estrutura do siltito. Gretas de padrão sinuoso a poligonal (retos), interpretadas como estruturas de carga (gretas de diástases) são descritas macroscopicamente. Estas se encontram preenchidas por areia das camadas localizadas abaixo ou acima. A análise de DRX desta microfácies indica que a fração argila é composta por quartzo, muscovita, k-feldspato (microclina), e argilominerais do grupo da caolinita, clorita e illita.

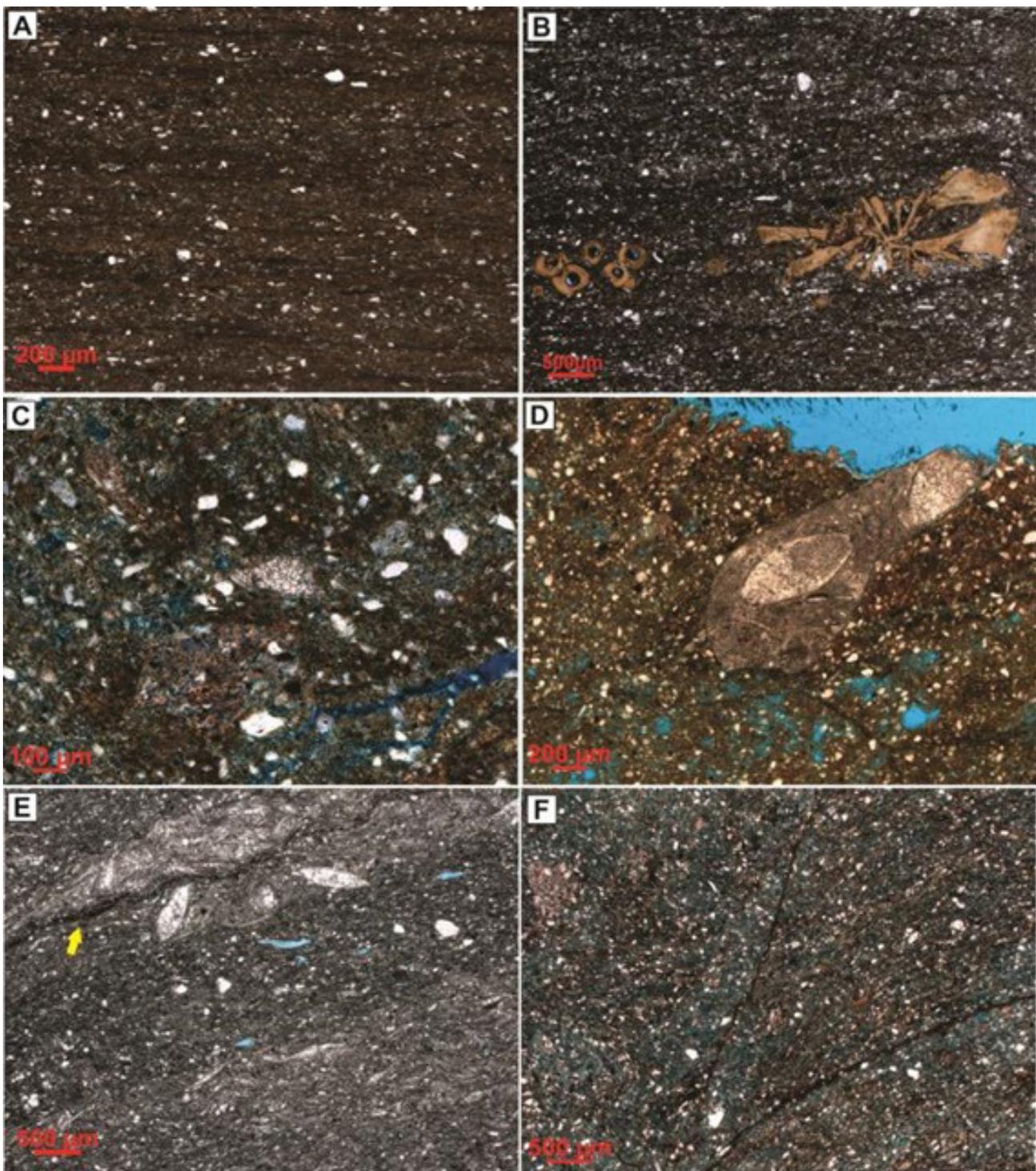
#### 4.1.7 Microfácies MF 7

**Diagnose:** Siltito argiloso de coloração esverdeada (5G /1 7/1) apresentando estrutura maciça.

**Descrição:** Representa cerca de 0,6% do testemunho contínuo e 1,2% do intervalo microclástico estudado. Sedimentos silticos e argilosos bem selecionados, subarredondados, microtrama orientada a variável e comumente apresentando lente de silte/areia muito fina (variando entre 1 e 2 cm) com base erosiva e gradação normal (Figura 4A). Apresenta estrutura maciça e composição dos grãos dada por quartzo, muscovita, biotita, calcita, k-feldspato e zircão. Cristais de pirita (framboidal), nódulos carbonáticos, detritos de peixes e fragmentos fosfáticos, parcial ou inteiramente dissolvidos, são encontrados, este último gerando uma microporosidade móldica. Observa-se também microporosidade intragranular (< 1%). Ocorre tubo de bioturbação preenchido por pirita, com bioclastos recristalizados fragmentos e intraclastos de argila. A lente siltica observada apresenta-se falhada (Figura 4B). A análise de DRX desta microfácies indica que a fração argila é composta por quartzo, muscovita, k-feldspato (microclina), e argilominerais do grupo da caolinita, clorita e illita.

#### 4.1.8 Microfácies MF 8

**Diagnose:** Siltito de coloração esverdeada (5GY 6/1) com intraclastos de argila apresentando bioturbação piritizada.



**Figura 3** Fotomicrografias das microfácies descritas. A. MF4: Observar laminação plano-paralela marcada pela matéria orgânica. Amostra 35,83 m (N//, 2.5x); B. MF4: Observar fragmentos de peixe (fosfático). Amostra 150,90 m (N//, 2,5x); C. MF5: Observar bioclasto recristalizado fragmentado ao centro. Notar fraturas não preenchidas. Amostra 134.17 m (Nx, 10x); D. MF5: Observar intraclasto de carbonato com ostracode articulado com possível estrutura geopetal. Amostra 134.17 m (N//, 5x); E. MF6: Observar laminação plano-paralela (levemente inclinada) e presença de estilolito (seta amarela) Figura 3 na lâmina rica em ostracodes. Notar também a presença de ostracodes articulados, recristalizados. Amostra 70,95 m (N//, 2.5x); F. MF6: Observar cisalhamento ao centro da lâmina. Notar laminações deformadas à direita da falha. Amostra 99,75 m (N//, 2.5x).

**Descrição:** Representa cerca de 0,1% do testemunho contínuo e 0,3% do intervalo microclástico estudado. Siltito pobremente selecionado, subarredondado, microtrama caótica, apresentando bioturbação piritizada e intraclastos de argila (Figura 4C). Grãos de silte compostos por quartzo, muscovita, feldspato e biotita. Cristais de pirita (framboidal), e valvas de ostracodes, comumente substituídas por pirita, são observados. Intraclastos de argila se apresentam alongados em um eixo principal (Figura 4D) e, por vezes, esmagados. Não foi realizada análise de DRX nesta microfácies, visto que esta apresenta baixíssima representatividade no testemunho estudado.

#### 4.1.9 Microfácies MF 9

**Diagnose:** Arenito fino a grosso de coloração esbranquiçada (5GY 7/1) apresentando gradação inversa.

**Descrição:** Representa cerca de 0,1% do testemunho contínuo e 0,3% do intervalo microclástico estudado. Arenito fino a grosso mal selecionado, anguloso a subarredondado (Figura 4E). Grãos compostos por quartzo monocristalino, k-feldspato, plagioclásio, muscovita, calcita, biotita e litoclastos de rochas vulcânicas e metamórficas. Cristais de pirita, intraclastos de argila e valvas de ostracodes são comuns (Figura 4F). Apresenta cimentação por calcita (espática e, por vezes, microcristalina). Observa-se gradação inversa de espessura (0.6 a 0.8 cm), com granulometria variando de silte/areia muito fina (moda) à areia grossa. A porosidade visual (moldica e vugular) é cerca de 1%. Não foi realizada análise de DRX nesta microfácies, devido à composição arenítica e não argilosa e também à baixa representatividade no testemunho estudado.

## 4.2 Análises Geoquímicas

De acordo com Leventhal (1995), os valores de COT (%), Enxofre Total (S%) e Resíduo Insolúvel (RI%) nos permite correlacionar períodos de anoxia no lago. Valores elevados de COT, S e RI sugerem condições anóxicas capazes de preservar e acumular matéria orgânica; em contraposição, valores baixos de COT associados à baixas porcentagens de S indicam condições óxicas/subóxicas (Figura 5). Amostras que apresentam alta concentração de S associada à baixo valor de COT pode sugerir posterior diagênese. As amostras que atendem a estas condições serão então consideradas como decorrentes de processos pós-deposicionais, não sendo confiáveis para interpretar as condições de paleossalidade (Leventhal, 1995).

Assim, plotando-se as amostras no gráfico de Leventhal (1995) (Figura 6), o ambiente deposicional pode ser considerado com uma salinidade relativamente alta - o que corrobora com os dados de salinidade alta encontrados por Azambuja *et al.* (1998), Maffissoni (2000) e Garcia *et al.*

(2018) para o lago da Formação Morro do Chaves. Apesar da elevada salinidade encontrada, não são interpretadas fácies evaporíticas nesta formação.

## 4.3 Análise Integrada

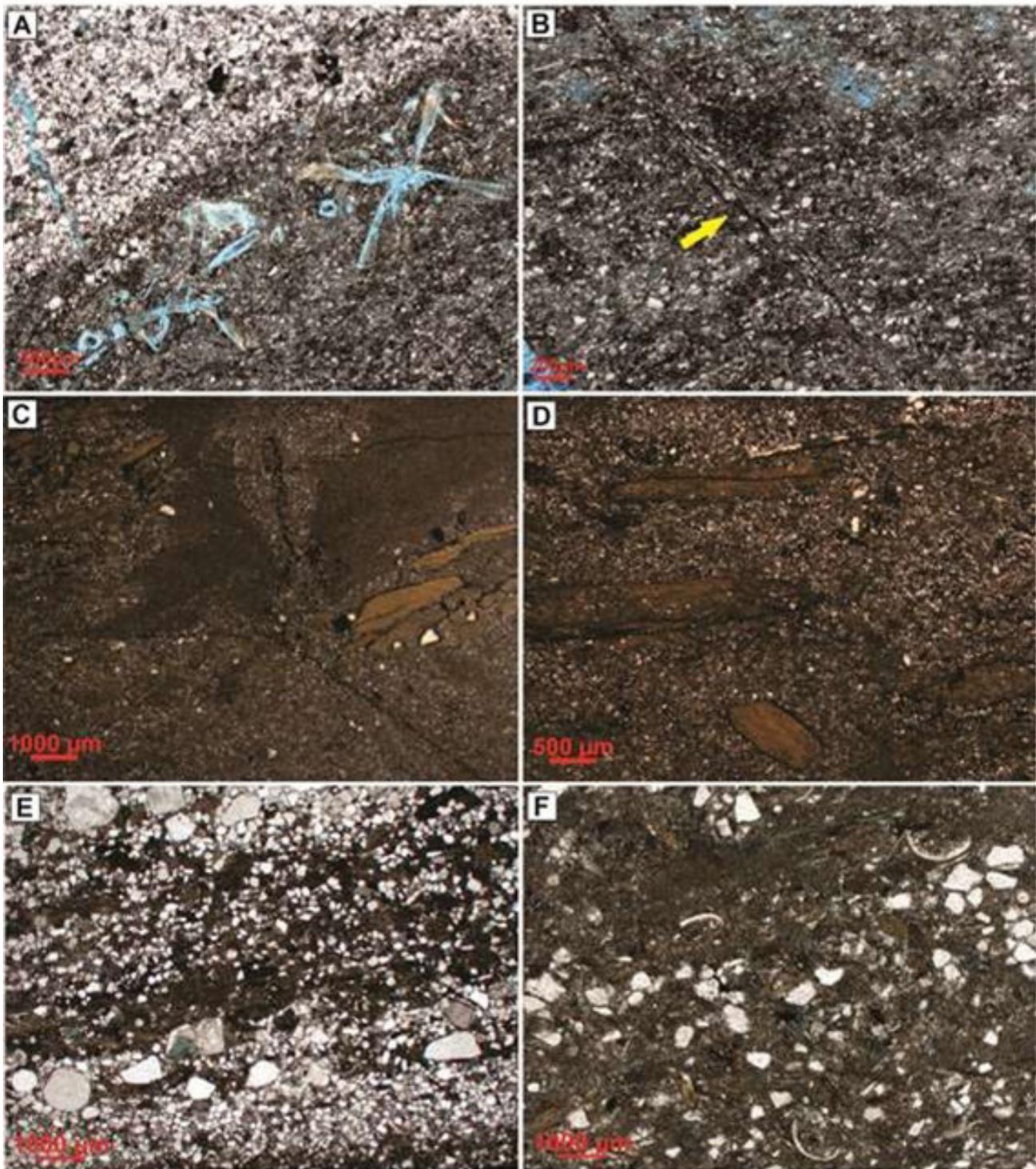
A análise integrada do perfil litológico, as interpretações de microfácies, a análise de COT e os perfis geofísicos de poços permite uma interpretação mais representativa do paleoambiente do lago da Formação Morro do Chaves.

Nos perfis geofísicos de poços, o perfil *Caliper* (Figura 7) indica que a estrutura interna do poço apresenta maior desmoronamento vinculado aos intervalos argilosos no topo do perfil, principalmente associado aos maiores valores do perfil de Raios-gama. Este comportamento pode ocorrer pelo fato destes intervalos apresentarem maiores fissilidades, com maiores teores de matéria orgânica. No decorrer da leitura do perfil, em direção à base, o perfil não apresenta grandes valores de arrombamentos, além de apresentar menor argilosidade no perfil de Raios-gama.

Integrando-os ao perfil de COT (Figura 7), compreende-se que os maiores valores de COT correspondem aos valores mais altos de radioatividade. Na profundidade aproximada de 44 metros é identificada um Afogamento Máximo (AFG), com a deposição de folhelhos escuros, representados pela microfácies MF 4. Este comportamento representa o interrompimento da sequência de coquinas, como pode ser visto no perfil litológico. Através do perfil de fragmentação das conchas, nota-se que as coquinas sotopostas aos folhelhos apresentam predominantemente conchas inteiras ou pouco fragmentadas (Tavares *et al.*, 2015; Rigueti *et al.*, 2020).

Além disso, separam-se três intervalos baseados nas condições paleoambientais: (1) condições anóxicas e (2) condições óxicas, ambas em nível de lâmina d'água relativamente mais baixo; e (3) frequentes variações entre condições anóxicas e óxicas, em nível de lâmina d'água relativamente mais alto. É interpretado um Afogamento Máximo (AFG) associado ao alto valor de COT, como pode ser observado na Figura 7.

A análise integrada dos dados permite observar que, a partir da base em direção ao topo ocorre a deposição de fácies argilosas com folhelhos escuros (MF 4 e MF 5) em condições redutoras (anóxicas), representando o Intervalo 1 descrito (Figura 7). A partir da profundidade aproximada de 134 metros, nota-se uma mudança nas condições paleoambientais, tornando-se um ambiente mais óxico/subóxico, corroborado por Rigueti *et al.* (2020). Este evento permitiu a deposição de siltitos esverdeados e proliferação de ostracodes (MF 6 e MF 7), com frequentes intercalações areníticas, representando o Intervalo 2.



**Figura 4** Fotomicrografias das microfácies descritas. A. MF7: Observar a base erosiva da lente de areia muito fina e fragmentos fosfáticos parcialmente dissolvidos. Amostra 105,67 m (N//, 2.5x); B. MF7: Observar microfalha indicada pela seta amarela. Amostra 105,67 m (N//, 5x); C. MF8: Observar tubo de bioturbação preenchido por material mais grosso e pirita. Amostra 37,85 m (N//, 1.25x); D. MF8: Observar intraclastos de argila alongados em um eixo principal. Amostra 37,85 m (N//, 2.5x); Figura 4 E. MF9: Observar gradação inversa de silte/areia muito fina a areia grossa. Amostra 20,17 m (N//, 1.25x); F. MF9: Observar valvas de ostracodes na matriz e cimentação espática. Amostra 20,17m (N//, 1.25x).

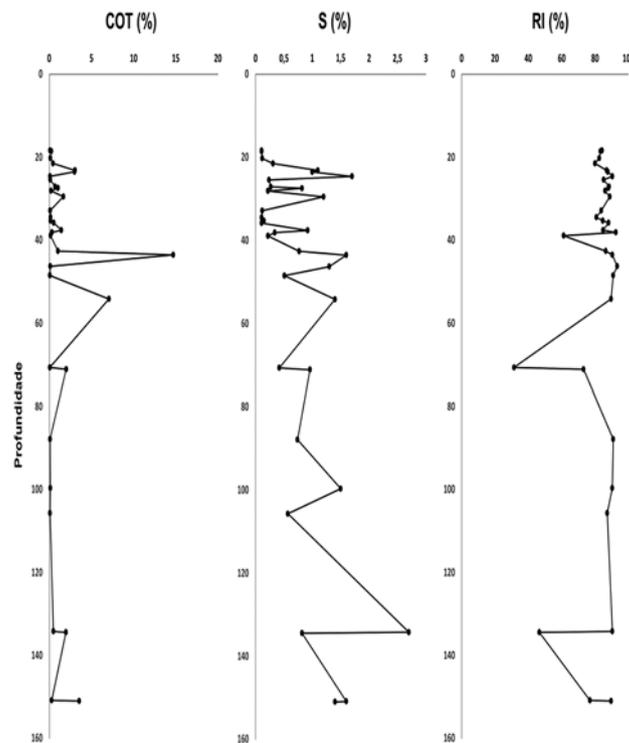


Figura 5 Valores de COT (%), Enxofre Total (%) e Resíduo Insolúvel (%) versus profundidade das 33 amostras analisadas.

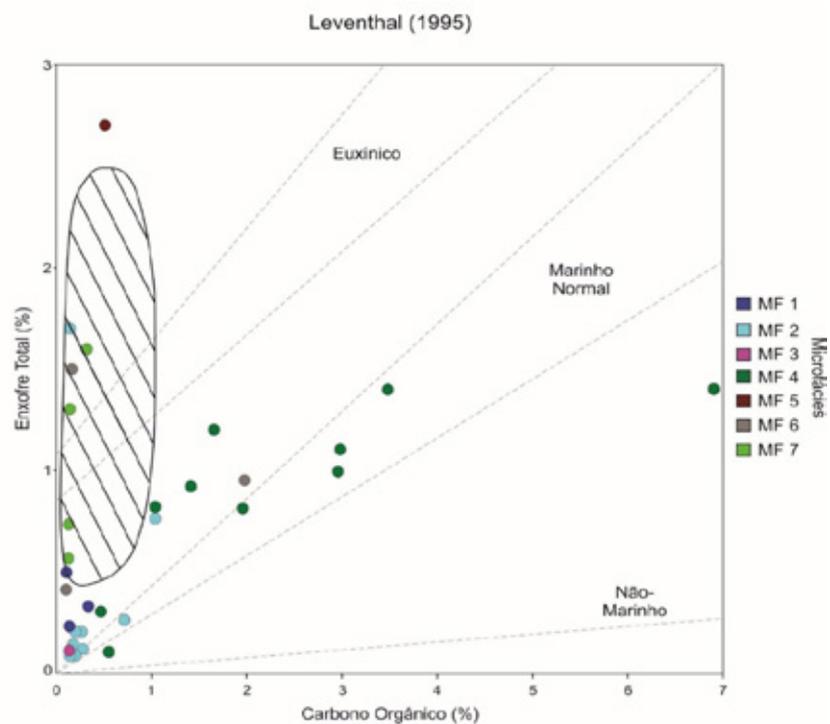
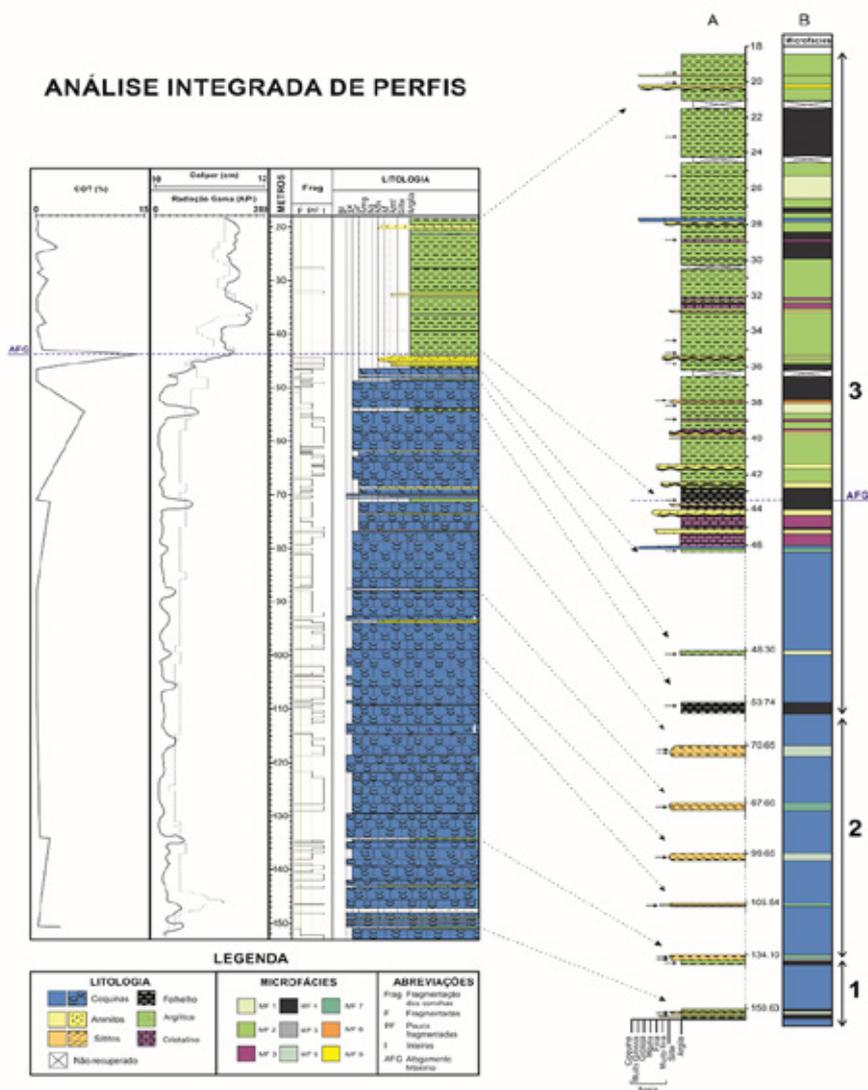


Figura 6 Teores de Enxofre Total (%) versus COT (%) obtido através da análise de 33 amostras coletadas, plotadas no gráfico de Leventhal (1995), agrupadas de acordo com as microfácies definidas neste trabalho. Observar que a maioria das amostras indicam salinidade entre marinho normal e euxínico, indicando salinidade relativamente alta.

Além disto, a presença de injectitos sin-tectônicos, greta de diástase e estruturas de cargas neste intervalo também permite interpretar esta mudança como um possível resultado da associação entre variação climática e atividade tectônica atuante na bacia. Não foram encontradas feições de exposição subaérea no poço estudado (Teixeira, 2012; Tavares *et al.*, 2015; Rigueti *et al.*, 2020).

A ocorrência a partir da profundidade aproximada de 54 metros de fácies argilosas com folhelhos escuros (MF 4) inicia o Intervalo 3. Este episódio propicia a preservação de matéria orgânica em condições anóxicas, seguido de siltitos (MF 1 e MF 7) e arenitos que sofreram processos pós-deposicionais (MF 3), devido ao enriquecimento em carbonato de cálcio na água dos poros (Rigueti *et al.*, 2020).

O interrompimento da deposição de toda a sequência de coquinas da Formação Morro do Chaves ocorre com o pico de anoxia representado pelo Afogamento Máximo (AFG). A frequente alternância entre condições óxicas/subóxicas e anóxicas no Intervalo 3 é observada pelo comum mosqueamento na transição entre as microfácies MF 4 e MF 1/MF 2, apresentando características paleoambientais diferentes das vistas anteriormente. Essa mudança pode indicar uma gradativa transição para os depósitos siliciclásticos da Formação Coqueiro Seco (Figueiredo, 1981; Tavares *et al.*, 2015; Chinelatto *et al.*, 2018; Rigueti *et al.*, 2020), descritos por processos flúvio-deltaicos sobrepostos à plataforma carbonática da Formação Morro do Chaves.



**Figura 7** Análise integrada de perfis geofísicos (Raios-Gama e Caliper) e geoquímico orgânico (COT), correlacionando com perfil litológico dos testemunhos contínuos estudados. Os intervalos siliciclásticos são descritos em maior detalhe (A), em escala 1:150. Setas pretas indicam pontos de coleta para confecção de lâminas. A partir destas informações, gera-se um perfil de microfácies (B).

#### 4.4 Inferências Paleoambientais

O modelo paleoambiental utilizado para o testemunho estudado é o proposto por Rigueti *et al.* (2020) para a antiga Pedreira Atol, representando uma plataforma dominada por ondas de tempestade com gradiente de energia *onshore-offshore*. Os autores interpretam que a sedimentação da zona *offshore* é dominada por folhelhos e acumulações bioclásticas ressedimentadas. Os sedimentos finos resultariam de inundações de rios costeiros intermitentes, que carregam grãos terrestres ao sistema lacustre. Este processo desencadearia fluxos gravitacionais, culminando nos depósitos bioclásticos da zona *offshore*.

Neste trabalho, nota-se que a maioria das microfácies são essencialmente silticas e argilosas, ricas em sedimentos terrígenos, e, salvo exceção pontual na microfácies MF3, não são caracterizadas como *mudstones* (Dunham, 1962), como Figueiredo (1981) se refere.

As microfácies MF 1 e MF 2 representam decantação de lama com influência de fluxos trativos do tipo hiperpicnais distais em um ambiente de baixa energia, em águas disóxicas (Walker & Plint, 1992; Cowan & James, 1992; Bridge, 2006). A MF 3 representa processos pós-deposicionais diagenéticos, podendo ser resultante da percolação de fluidos ricos em carbonato de cálcio através de fraturas, causadas pela intrusão de injectitos, ou mesmo pela microporosidade intergranular existente nestes, podendo indicar uma pausa na sedimentação em períodos de águas calmas (Brett & Baird, 1986; Rigueti *et al.*, 2020).

A MF 4 representa decantação de lama com frequentes eventos de mortandade de ostracodes, em um ambiente de baixa energia, em águas anóxicas (Miall, 2006). Os altos valores de COT (entre 1 e 7%, porém chegando a 14%) indicam os momentos de maior anoxia no lago. Estrutura com gradação inversa sugere influência de fluxos trativos unidirecionais em regime inferior, possivelmente causada por eventos de tempestade e/ou inundação fluvial (Garcia *et al.*, 2018; Rigueti *et al.*, 2020). A ocorrência destes eventos episódicos trazendo mais sedimentos siliciclásticos para a parte distal do lago pode ser o motivo para a quebra da quimioclina/termoclina e mistura de águas anóxicas e disóxicas, o que provocaria a mortandade de ostracodes observada.

A MF 5 representa decantação de lama em um ambiente de baixa energia, em águas anóxicas (Bridge, 2006). A presença de bioclastos fragmentados e raro intraclasto de calcilito pode indicar um ambiente mais proximal que a MF 4. A alteração composicional dos argilominerais possivelmente ocorre devido à percolação de fluidos durante diagênese.

As microfácies MF 6 e MF 7 representam decantação de lama em um ambiente de baixa energia, em águas disóxicas (Cowan & James, 1992; Bridge, 2006; Miall, 2006). A primeira pode ser diferenciada pela alta frequência de eventos de mortandade de ostracodes, valores baixos de RI (%), além da ocorrência de injectitos de areia sintectônicos e gretas de diástase, processo pós-deposicional relacionado ao comportamento mecânico sob *stress* dos sedimentos com propriedades contrastantes (Cowan & James, 1992; Bridge, 2006; Rigueti *et al.*, 2020). A segunda é caracterizada por apresentar influxos que carregam sedimentos mais grossos para o centro do lago, possivelmente causados por inundações fluviais, eventos de tempestade e/ou abalos sísmicos (Garcia *et al.*, 2015; Rigueti *et al.*, 2020).

A MF 8 representa fluxos trativos seguido de reorganização biogênica em lama, em um ambiente de águas óxicas/subóxicas (Miall, 2006). A presença de intraclasto de argila pode indicar evento de tempestade que remobilizou o fundo, causando a quebra da quimioclina/termoclina. Com isso, o ambiente passou a ter condições propícias para a colonização do substrato. A MF 9 representa fluxos trativos, possivelmente associados à parte distal de um delta. Camadas com estruturas de gradação inversa intercaladas com os argilitos da MF 2 indicam que a frente deltaica avançou em direção ao centro do lago.

As análises de DRX não apresentam grande variação na composição mineralógica da fração argila nos intervalos estudados, sendo observados predominantemente quartzo, muscovita, k-feldspato (microclina), e argilominerais do grupo da caolinita, clorita e illita. Na microfácies MF3, observa-se, além de quartzo e muscovita, frações de microclina, albita, calcita. Como este é um método qualitativo, e não-quantitativo, as alterações composicionais observadas pontualmente em lâmina petrográfica não foram identificadas nos resultados dos difratogramas.

Os litotipos representam depósitos subaquosos com flutuações no nível relativo do lago e variações de energia. Estes se encontram sobrepostos, predominantemente, às coquinas inteiras não fragmentadas, indicando um aumento no nível do lago conforme o avanço da estratigrafia, o que corrobora com a hipótese proposta por Tavares *et al.* (2015) e Rigueti *et al.* (2020). A salinidade encontrada no lago ocorre devido às mudanças climáticas descritas, oscilando entre águas doces e salobras. Apesar dos autores Thompson *et al.* (2015) e Garcia *et al.* (2018) descreverem fósseis marinhos na porção superior da estratigrafia do lago, sugerindo episódicas incursões marinhas, uma salinidade extremamente alta causaria impacto na produção de bivalves e a deposição de fácies evaporíticas, que não são encontradas nesta Formação, como previsto por Rigueti *et al.* (2020).

## 5 Conclusão

A partir da descrição de testemunhos, da análise integrada dos dados sedimentológicos, petrográficos, geoquímicos e geofísicos do poço, foi possível caracterizar nove microfácies sedimentares, sendo oito siliciclásticas e uma carbonática, que contribuíram para a interpretação paleoambiental proposta na literatura da Formação Morro do Chaves para a área estudada.

A partir do estudo da variação microfaciológica dos “folhelhos” na seção carbonática aliado à análise integrada dos dados, é possível concluir que as coquinas sofreram afogamentos causados por oscilações no nível do lago, controladas por mudanças climáticas, representados pelos Intervalos 1 e 3 e que, em determinados momentos, estes afogamentos estão associados à movimentos tectônicos, que influenciam as taxas de subsidência e o suprimento de sedimentos terrestres (Intervalo 2), com condições de salinidade relativamente alta no lago.

Com isto, o aumento na entrada de terrígenos e sedimentos mais grossos, conforme segue para o topo na estratigrafia, representa uma gradual transição para sedimentação siliciclástica de origem flúvio-deltaica da Formação Coqueiro Seco, sobreposta aos depósitos lacustres da Formação Morro do Chaves.

## 6 Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido em associação com os projetos de P&D registrados como ANP 18993-6 (SACL - Análise geológica sedimentar de sucessões carbonáticas cretácicas em uma bacia sedimentar brasileira) e ANP 20225-9 (PRESAL - Caracterização geológica de reservatórios de carbonato do pré-sal da Bacia de Santos, correlatos e análogos), financiados pela BG Brasil e Shell Brasil, respectivamente, ambos como parte do “Compromisso com Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento” da ANP - Agência Nacional Brasileira de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Os autores agradecem à Intercement, unidade São Miguel dos Campos, pedreira Atol, pela autorização de perfuração em sua unidade; ao CETEM, em especial ao Dr. Reiner Neumann; e ao LGQM da UERJ, em especial ao Prof. Egberto Pereira.

## 7 Referências

Abrahão, D. & Warme, J.E. 1990. Lacustrine and associated deposits in a rifted continental margin-Lower Cretaceous Lagoa Feia Formation, Campos Basin, offshore Brazil. *In: Katz, B.J. (Ed.). Lacustrine Basin Exploration Case Studies and Modern Analogs. American Association of Petroleum Geologists Memoir 50*, pp. 287-305.

Azambuja, N.C. & Arienti, L.M. 1998. Guidebook to the Rift-Drift Sergipe-Alagoas Passive Margin Basin, Brazil. *In:*

THE 1998 AAPG INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION, Rio de Janeiro, 1998, p.113.

Beasley, C.J.; Fiduk, J.C.; Bize, E.; Boyd, A.; Frydman, M.; Zerili, A.; Dribus, J.R.; Moreira, J.L.P. & Pinto, A.C.C. 2010. Brazil's Presalt Play. *Oilfield Review*, 22(3): 28–37.

Bridge, J.S. 2006. Fluvial facies models: recent developments. *In: Posamentier, H.W., Walker, R.G. (Eds.) Facies Models revisited: SEPM, Special Publication 84*, p. 85–170.

Brett, C.E. & Baird, G.C. 1986. Comparative taphonomy: a key to palaeoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, 1: 207–227.

Castro, J.C. 2006. Evolução dos conhecimentos sobre as coquinas-reservatório da Formação Lagoa Feia no Trend Badejo-Linguado-Pampo, Bacia de Campos. *Geociências*, 25: 175-186.

Carelli, T.G. 2010. *Caracterização de Microfácies Sedimentares em folhelhos da Formação Ponta Grossa (Devoniano), na borda leste da Bacia do Paraná*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 18p.

Carvalho, M.D.; Praça, U.M.; Silva-Telles, A.C.; Jahnert, R.J. & Dias, J.L. 2000. Bioclastic carbonate lacustrine facies models in the Campos Basin (Lower Cretaceous), Brazil. *In: Gierlowski-Kordesch, E.H., and Kelts, K.R., eds. Lake basins through Space and Time. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology 46*, p. 245–256.

Chang, H.K.; Assine, M.L.; Corrêa, F.S.; Tinen, J.S.; Vidal, A.C. & Koike, L. 2008. Sistemas petrolíferos e modelos de acumulação de hidrocarbonetos na Bacia de Santos. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(2): 29-46.

Chinelatto, G.F.; Vidal, A.C. & Kuroda, M.C. 2018. A taphofacies model for coquina sedimentation in lakes (Lower Cretaceous, Morro do Chaves formation, NE Brazil). *Cretaceous Research*, 85: 1–19.

Chinelatto, G.F.; Belila, A.M.P.; Basso, M.; Souza, J.P.P. & Vidal, A.C. 2020. A taphofacies interpretation of shell concentrations and their relationship with petrophysics: A case study of barremian-aptian coquinas in the itapema formation, Santos Basin-Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 116: 104317. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104317>.

Cowan, C.A. & James, N.P. 1992. Diastasis cracks: mechanically generated synaeresis-like cracks in Upper Cambrian shallow water oolite and ribbon carbonates. *Sedimentology*, 39: 1101–1118.

Corbett, P.W.M.; Estrella, R.; Rodriguez, A.M.; Shoeir, A.; Borghi, L. & Tavares, A.C. 2016. Integration of Cretaceous Morro do Chaves rock properties (NE Brazil) with the Holocene Hamelin Coquina architecture (Shark Bay, Western Australia) to model effective permeability. *Petroleum Geoscience*, 22: 105–122.

Dunham, R.J. 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. *AAPG Memoir, vol 1*: 108-121.

Figueiredo, A.M.F. 1981. *Depositional Systems in the Lower Cretaceous Morro do Chaves and Coqueiro Seco Formations, and their Relationship to Petroleum Accumulations, Middle Rift Sequence, Sergipe-Alagoas Basin, Brazil*. University of Texas, Tese de Doutorado, 275p.

- Garcia, A.J.V.; Ribeiro, D.M.; Figueiredo, S.S.; Dantas, M.S.; Oliveira, I.; Leite, K.A.S. & Garcia, G.G. 2015. 3D Modeling of carbonate reservoir analogue outcrops using CAMURES methodology, Sergipe–Alagoas Basin (SEAL), northeastern Brazil [Abstract]: *American Association of Petroleum Geologists, International Conference and Exhibition*, May 31–June 3, Denver, Colorado.
- Garcia, G.G.; Garcia, A.J.V. & Henriques, M.H.P. 2018. Palynology of the Morro do Chaves Formation (Lower Cretaceous), Sergipe Alagoas Basin, NE Brazil: paleoenvironmental implications for the early history of the South Atlantic. *Cretaceous Research*, 90: 7–20.
- Harris, N.B.; Sorriaux, P. & Toomey, D.F. 1994. Geology of the Lower Cretaceous Viado carbonate, Congo Basin: a lacustrine carbonate in the South Atlantic Rift. In: Lomando, J.A.; Schreiber, B.C. & Harris, P.M., (eds). *Lacustrine Reservoirs and Depositional Systems: SEPM, Core Workshop 19*, p. 143–172.
- Lana, M.C. 1990. Bacia de Sergipe–Alagoas: Uma Hipótese de Evolução Tectono–Sedimentar. In: GABAGLIA, G.P.R. & MILANI, E.J. *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. Editora Gávea, p. 415.
- Leventhal, J.S. 1983. An interpretation of carbon and sulfur relationships in Black Sea sediments as indicators of environments of deposition. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47: 133-137.
- Leventhal, J.S. 1995. Carbon-sulfur plots to show diagenetic and epigenetic sulfidation in sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(6): 1207-1211.
- Maffissoni, A.F. 2000. *Paleoictiofauna da Formação Coqueiro Seco, Aptiano Inferior do estado de Alagoas, Nordeste do Brasil*. Programa de Pós–Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 149p.
- Miall, A.D. 2006. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Berlin, Springer, 582 p.
- Mizuno, T.A.; Mizusaki, A.M.P. & Lykawka, R. 2018. Facies and paleoenvironments of the Coqueiros Formation (Lower Cretaceous, Campos Basin): A high frequency stratigraphic model to support pre-salt “coquinas” reservoir development in the Brazilian continental margin. *Journal of South American Earth Sciences*, 88: 107-117.
- Muniz, M.C. 2013. *Tectono-stratigraphic evolution of the Barremian–Aptian Continental Rift Carbonates in Southern Campos Basin, Brazil* [Ph.D. Thesis]: Royal Holloway University of London, 301 p.
- Mutti, E.; Tinterri, R.; Remacha, R.; Mavilla, N.; Angella, S. & Fava, L. 1999. An introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective. *American Association of Petroleum Geologists Continuing Education Course Note*, Ser. 39, 96p.
- Neto, O.P.A.C.; Lima, W.S. & Cruz, F.E.G. 2007. Bacia de Sergipe–Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15: 405–415.
- Oliveira, V.C.B.; Silva, C.M.A.; Borghi, L.F. & Carvalho, I.S. 2019. Lacustrine coquinas and hybrid deposits from rift phase: Pre-Salt, lower Cretaceous, Campos Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 95: 102254.
- Peters, K.E. & Cassa, M.R. 1994. Applied Source Rock Geochemistry. *AAPG Memoir*, 60: 93-120.
- Potter, P.E.; Maynard, J.B. & Depetrus, P.J. 2005. *Mud and Mudstones*. Berlin, Springer Verlag, 297p.
- Riguetti, A.L.; Dal’Bó, P.F.; Borghi, L. & Mendes, M. 2020. Bioclastic Accumulation In A Lake Rift Basin: The Early Cretaceous Coquinas Of The Sergipe–Alagoas Basin, Brazil. *Journal of Sedimentary Research*, 90: 228–249p.
- Schaller, H. 1969. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe/Alagoas. *Boletim técnico da Petrobras*, 12(1): 21-86.
- Tavares, A.C.; Borghi, L.; Corbett, P.; Nobre-Lopes, J.; Câmara, R. 2015. Facies and depositional environments for the coquinas of the Morro do Chaves Formation, Sergipe–Alagoas Basin, defined by taphonomic and compositional criteria. *Brazilian Journal Geology*, 45: 415-429.
- Thompson, D.L.; Stilwell, J.D. & Hall, M. 2015. Lacustrine carbonate reservoirs from Early Cretaceous rift lakes of Western Gondwana: Pre-salt coquinas of Brazil and West Africa. *Gondwana Research*, 28: 26–51.
- Teixeira, B.F.L. 2012. *Coquinas da Formação Morro do Chaves (Cretáceo Inferior), seção Rife da Bacia de Sergipe-Alagoas*. Curso de Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso, 107p.
- Walker, R.G. & Plint, A.G. 1992. Wave- and storm-dominated shallow marine systems. In: Walker R.G. & James N.P. (Eds.). *Facies Models - Response to Sea Level Change*. Newfoundland, *Geological Association of Canada Publications*, p. 219-238.
- Walker, R.G. 2006. Facies Models revisited: Introduction. In: Posamentier, H.W. & Walker, R.G. (Eds.) 2006. *Facies Models Revisited*. *Tulsa Society for Sedimentary Geology*, SEPM Special Publication 84, p. 1-18.
- Winter, W.R.; Jahnert, R.J. & França, A.B. 2007. Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15: 511-529.

Recebido em: 22/07/2020

Aprovado em: 06/10/2020

### How to cite:

Martins, L.P.; Valle, B.; Mendes, M.S.; Borghi, L.; & Riguetti, A.L. 2021. Análise Microfaciológica e Geoquímica dos Folhelhos da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas. *Anuário do Instituto de Geociências*, 44: 36667. DOI 1982-3908\_2021\_44\_36667