



**Ambiente de Sedimentação da Formação
Brejo Santo, Jurássico Superior da Bacia do Araripe, Brasil**
Sedimentary Environment of Brejo Santo Formation, Late Jurassic of Araripe Basin, Brazil

Bruno Gonçalves Vieira de Melo¹; Ismar de Souza Carvalho¹ & Luiz Carlos Bertolino²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Avenida Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco F, Ilha do Fundão – Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, 21949-900, Brasil.

² Centro de Tecnologia Mineral, Avenida Pedro Calmon, 900, Ilha do Fundão, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, 21941-908, Brasil.
E-mails: bruno.melo21@gmail.com; ismar@geologia.ufrj.br; lcbertolino@cetem.gov.br

Recebido em: 01/02/2018 Aprovado em: 16/03/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_265_282

Resumo

Através das análises litofaciológica e mineralógica dos afloramentos, foi realizada a interpretação paleoambiental para a Formação Brejo Santo, Jurássico Superior da Bacia do Araripe. Foram definidas três litofácies areníticas, uma carbonática e seis lutíticas, interpretadas como pertencentes a sistema fluvial meandrante. O predomínio de litofácies lutíticas de camadas vermelhas (*red beds*) evidencia a deposição em corpos d'água rasos de planície de inundação, devido às condições oxidantes, sujeitos a alta evaporação em clima árido a semi-árido, associados a momentos esporádicos de inundação fluvial (litofácies areníticas) devido ao extravasamento do canal principal em períodos de cheia. A presença recorrente de carbonato sugere que os corpos d'água eram salobros. O estudo mineralógico dos argilominerais revela mudanças de condições úmidas (presença de caulinita), na base, para condições predominantemente áridas a semi-áridas no topo, confirmada pela ocorrência mineralógica em associação de calcita, dolomita e palygorskita.

Palavras-chave: Interpretação paleoambiental; sistema fluvial meandrante; planície de inundação

Abstract

Through the lithofaciological and mineralogic analysis of outcrops, it was performed a depositional interpretation of Brejo Santo Formation, Late Jurassic of Araripe Basin. Three sandstone lithofacies were defined, one carbonatic and six lutitic, interpreted as pertaining to meandering fluvial system. The dominance of red bed lutitic lithofacies indicates the deposition in shallow water bodies of floodplain, due to oxidizing conditions, subject to high evaporation in arid to semi-arid climate, associated with sporadic moments of fluvial flooding (sandstone lithofacies) due to the extravasation of the main channel in periods of flood. The recurring presence of carbonate suggest that water from those water bodies was brackish. The mineralogical study of clay mineral, showed changes in the humidity conditions (presence of kaolinite) on the base, for predominantly arid to semi-arid conditions on top, confirmed by the mineralogical occurrence associated to calcite, dolomite and palygorskite.

Keywords: Paleoenvironmental interpretation; meandering fluvial system; floodplain

1 Introdução

Inseridas no andar local Dom João, as formações Brejo Santo (Gaspary & Anjos, 1964) e Missão Velha (Ponte & Appi, 1990; Assine, 1992) representam o Jurássico Superior na Bacia do Araripe. A Formação Missão Velha concentra a maioria dos trabalhos estratigráficos e sedimentológicos referentes a este período. Dessa forma, estudos que considerem em detalhe tais aspectos para a Formação Brejo Santo são escassos, normalmente tratando da unidade em conjunto com as demais. Por esse motivo, esse trabalho é focado exclusivamente na interpretação paleoambiental para os depósitos sedimentares da Formação Brejo Santo.

Com espessura máxima de cerca de 450 metros, a formação é constituída essencialmente por lutitos, tais como argilitos e folhelhos calcíferos castanho-avermelhados, maciços a laminados, siltitos cinza-esbranquiçados a esverdeados e, de forma subordinada, arenitos finos a muito finos argilosos laminados. Intercalam-se nessa sucessão níveis delgados de calcário argiloso e, principalmente, arenitos calcíferos, abundantemente fossilíferos (Fambrini *et al.*, 2013). Estruturas *linsen*, *flaser* e gretas de contração são frequentes (Carvalho & Melo, 2012).

Sabe-se que na literatura a unidade é consagrada como pertencente a sistema lacustre, contudo, mais recentemente Scherer *et al.* (2014) atribuíram-na a sistema fluvial. O presente trabalho, com base nas análises litofaciológica e mineralógica, busca uma melhor compreensão das condições ambientais atuantes durante a deposição da Formação Brejo Santo, Jurássico Superior no Brasil.

2 Contexto Geológico

Inserida na Província Estrutural Borborema (Brito Neves, 1990), a Bacia do Araripe possui uma área de 12.200 km² (Carvalho & Melo, 2012), e ocupa as regiões sul do estado do Ceará, oeste de Pernambuco e leste do Piauí. Trata-se de uma bacia cuja origem e evolução estão relacionadas aos eventos tectônicos do Neojurássico e Eocretáceo, que culminaram com o rifteamento do Gondwana e abertura do Oceano Atlântico Sul (Ghignone *et al.*, 1986; Brito Neves, 1990). Durante estes eventos houve reativação de zonas de cisalhamento neoproterozoicas, a chamada

Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967) ou Sul-Atlântica (Schobbenhaus & Campos, 1984).

A partir da proposta regional feita por Matos (1992), Ponte & Ponte Filho (1996) e Assine (2007), utilizando-se também a nomenclatura litoestratigráfica proposta por Assine (2007) para subdividir o arcabouço estratigráfico, pode-se compilar a evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Araripe em quatro estágios denominados de tectonossequências Paleozoica (Neo-ordoviciano/Eodevoniano), Pré-Rifte (Neojurássico), Rifte (Neocomiano), e Pós-Rifte, dividida em Pós-Rifte I (Neopaleozoico/Eoalbio), e Pós-Rifte II (Mesoalbio/Cenomaniano).

No Jurássico formou-se a Depressão Afro-Brasileira, uma calha rasa e alongada de direção N-S, com uma área de deposição original com mais de 300.000 km². Formada em resposta ao soergimento crustal resultante do aquecimento induzido pela presença de *hotspots* no Gondwana central, é composta exclusivamente por depósitos continentais representativos de sistemas fluviais, eólicos e lacustres (Kuchle *et al.*, 2011), onde ocorre a Formação Brejo Santo, unidade basal da Tectonossequência Pré-rifte.

Para essa unidade litoestratigráfica, o registro de fósseis exclusivamente não-marinhos indica sedimentação continental, em depressões amplas e rasas, caracterizadas por condições oxidantes, ambientes propícios à formação de camadas vermelhas (*red beds*) (Assine, 1992). Estes “*red beds*” apontam para condições climáticas de clima árido a semi-árido durante a sedimentação (andar local Dom João), que favoreciam altas taxas de evaporação dos corpos d’água onde ocorria o processo de sedimentação, tornando-os efêmeros e sendo possível a presença de evaporitos em meio aos sedimentos lutíticos vermelhos.

A Formação Brejo Santo apresenta contato concordante e brusco com a unidade sobreposta (Fambrini *et al.*, 2013), a Formação Missão Velha, e é correlata às formações Aliança da Bacia do Recôncavo, Tucano e Jatobá, Bananeiras da Bacia de Sergipe-Alagoas (Assine, 1992, 2007; Fambrini *et al.*, 2011, 2012), bem como a contraparte africana, a Formação M’Vone da Bacia do Gabão (Teisserenc & Villemain, 1989; Mounguengui *et al.*, 2008; Kuchle *et al.*, 2011).

3 Materiais e Métodos

Os materiais da pesquisa são as amostras pertencentes aos seis afloramentos da Formação Brejo Santo, apresentados na Figura 1 e Tabela 1. Estão situados nas cidades de Missão Velha, Abaiara, Brejo Santo e Juazeiro do Norte, todas no sul do estado do Ceará.

Além das atividades de campo, a metodologia desta pesquisa inclui análises litofaciológica e mineralógica, além do estudo de macrofósseis e microfósseis, no qual os exemplares foram precedidos de preparação mecânica, e posteriormente identificados e classificados.

A análise litofaciológica foi realizada de acordo com os conceitos propostos por Walker & James (1992), Reading (1996) e Borghi (2000), utilizando-se o conceito de camada de Campbell

(1967). O estabelecimento de litofácies ocorreu segundo a proposição de Miall (1996), empregando-se ainda os modelos de litofácies para sistemas flúvio-lacustres de Fambrini *et al.* (2009, 2011, 2012, 2013), Kuchle *et al.* (2011) e Scherer *et al.* (2014). A análise de elementos arquiteturais foi baseada nos preceitos de Miall (1996) e a interpretação do sistema deposicional em Walker (1992), Schanley & McCabe (1994), Reading (1996), Selley (2000), Davies & Gibling (2003) e Scherer (2008).

A análise mineralógica foi realizada no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), sendo aplicada a técnica de difração de raios-X pelo método do pó executada em equipamento Bruker-AXS D8 Advance Eco, radiação Cu K α (40 kV/25 mA), com passo de 0,01° 2 θ , tempo de contagem de 92 segundos por passo com detector linear sensível à posição do tipo *silicon drift* de última geração (com discriminação de energia) LynxEye XE, coletados

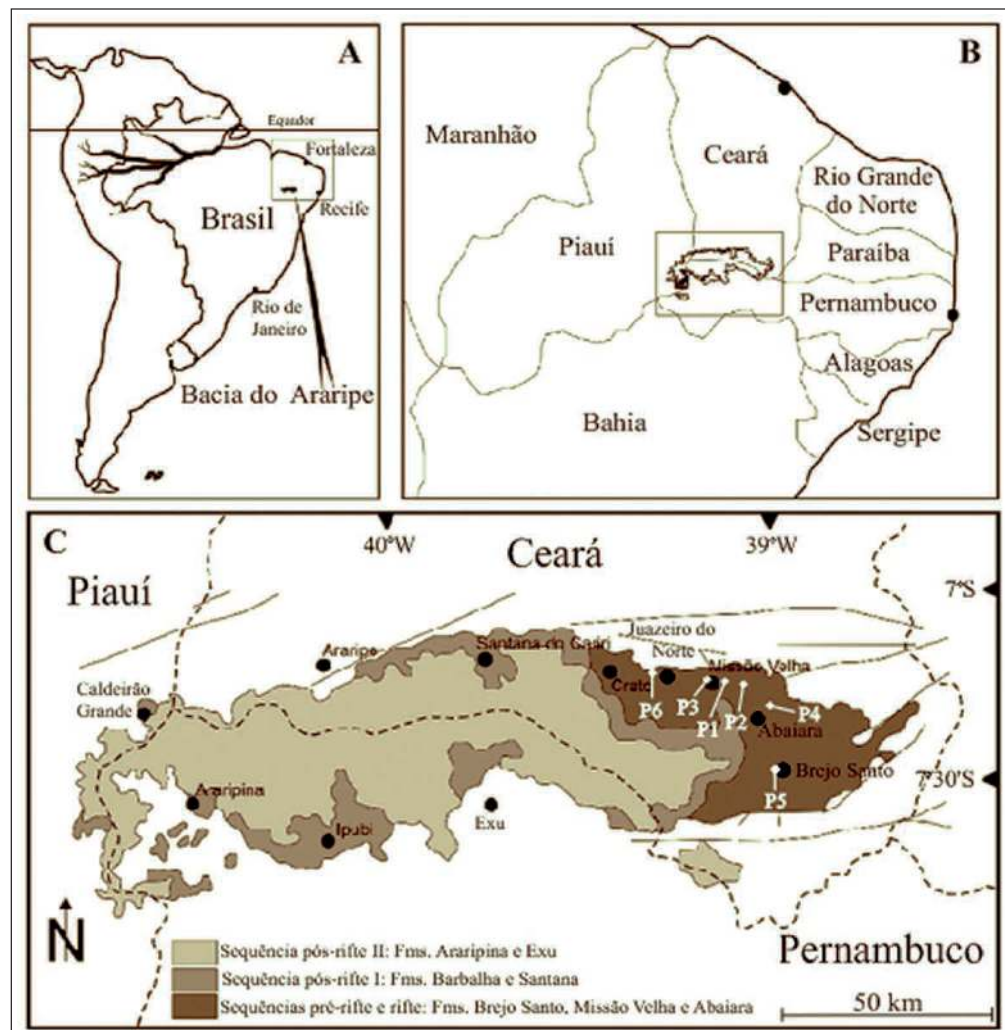


Figura 1
A. Localização da Bacia do Araripe na América do Sul. B. Localização da Bacia do Araripe no interior do Nordeste do Brasil. C. Localização dos seis afloramentos visitados (P1 a P6) da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe (modificado de Neumann & Cabrera, 1999).

Afloramentos	Localização	Coordenadas
P1	Município de Missão Velha/CE, CE-239, a 2 km do centro de Missão Velha.	UTM: 0487137 S / 9198507 W Geográfica: 39°06'59" S / 7°15'03" W
P2	Município de Missão Velha/CE, CE-239, a 5 km do centro de Missão Velha.	UTM: 0489233 S / 9197916 W Geográfica: 39°05'51" S / 7°15'23" W
P3	Município de Missão Velha/CE, estrada em direção à cachoeira de Missão Velha, a 2 km da cachoeira.	UTM: 0485031 S / 9200530 W Geográfica: 39°08'08" S / 7°13'58" W
P4	Município de Abaiara/CE, Ferrovia Transnordestina, a 500m da CE-239, próximo ao km 238.	UTM: 0497256 S / 9192833 W Geográfica: 39°01'29" S / 7°18'08" W
P5A e P5B	Município de Brejo Santo/CE, Ferrovia Transnordestina, 1 km a NE do estádio de futebol.	UTM: 0500079 S / 9171255 W Geográfica: 38°59'57" S / 7°29'51" W
P6	Município de Juazeiro do Norte/CE, estrada para o monumento do Padre Cícero, CE-060, a 4 km do centro de Juazeiro do Norte.	UTM: 0466024 S / 9207044 W Geográfica: 39°18'28" S / 7°10'25" W

Tabela 1 Localização dos afloramentos da Formação Brejo Santo.

de 5 a 80° 2θ. A interpretação qualitativa de espectro foi efetuada por comparação com padrões contidos no banco de dados relacional PDF 4+ (ICDD, 2014) em *software* Bruker Diffrac.EVA.

A difração de raios-X foi aplicada para a análise da amostra total (> 2 μm) com o objetivo de identificar a mineralogia, utilizando-se a técnica *back loading* de acordo com a metodologia utilizada no CETEM, e para a análise das amostras na fração argila (< 2 μm) a fim de identificar os argilominerais, através das rotinas de tratamento de secagem ao ar, saturação com etilenoglicol e aquecimento a 550°C durante 1h, em lâminas orientadas, seguindo a metodologia proposta por Moore & Reynolds (1997).

Por meio da integração de todos os dados obtidos, foi possível interpretar o sistema deposicional da Formação Brejo Santo e caracterizar as condições ambientais atuantes durante o Jurássico Superior da Bacia do Araripe.

4 Caracterização Estratigráfica dos Afloramentos

Os afloramentos, normalmente muito friáveis e intemperizados, são compostos predominantemente por intercalações de litofácies lutíticas, associadas a escassas litofácies areníticas e carbonática. Particularmente no afloramento do Ponto 5 ocorrem duas exposições sedimentares em contato vertical (P5A) e lateral (P5B) com a Formação Missão Velha, este último produzido por falha reversa. O afloramento P5B apresenta partes deformadas caracterizadas por dobramentos resultantes de deformações plásticas, onde ocorrem calcarenito e folhelho avermelhado cortado em várias direções por lâminas de calcita (Figura 2), de acordo com Braun (1966).

Nos perfis verticais construídos (Figuras 3 a 5), as diversas feições sedimentares observáveis encontram-se representadas esquematicamente pela simbologia mostrada na legenda da Tabela 2.

4.1 Análise Litofaciológica

Com os dados obtidos a partir dos afloramentos foi possível a caracterização de dez litofácies terrígenas (três areníticas, uma carbonática e seis lutíticas), que se encontram sintetizadas na Tabela 3. As fácies macroclásticas são representadas pela letra 'A' (areníticas), as microclásticas pela letra 'L' (lutíticas) e a carbonática pela 'C'. Para diagnose das litofácies foram utilizados os atributos principais que as definem tais como litologia e estruturas sedimentares.

Litofácies A1 (Sr)

Está disposta em camadas intercaladas com as litofácies L1 e L2, com geometria em lençol desconfinado e contínuas lateralmente. Ocorre apenas na porção basal do afloramento do Ponto 1, representando 2% desta exposição sedimentar, e 0,6% de todos os afloramentos estudados. Juntamente com as demais litofácies areníticas e com a litofácies carbonática, compõem as litofácies menos abundantes da Formação Brejo Santo. É correlacionável com a litofácies Sr de Miall (1996).

Litofácies A2 (Sh)

Representa apenas uma camada disposta entre estratos da litofácies L2 na porção basal do

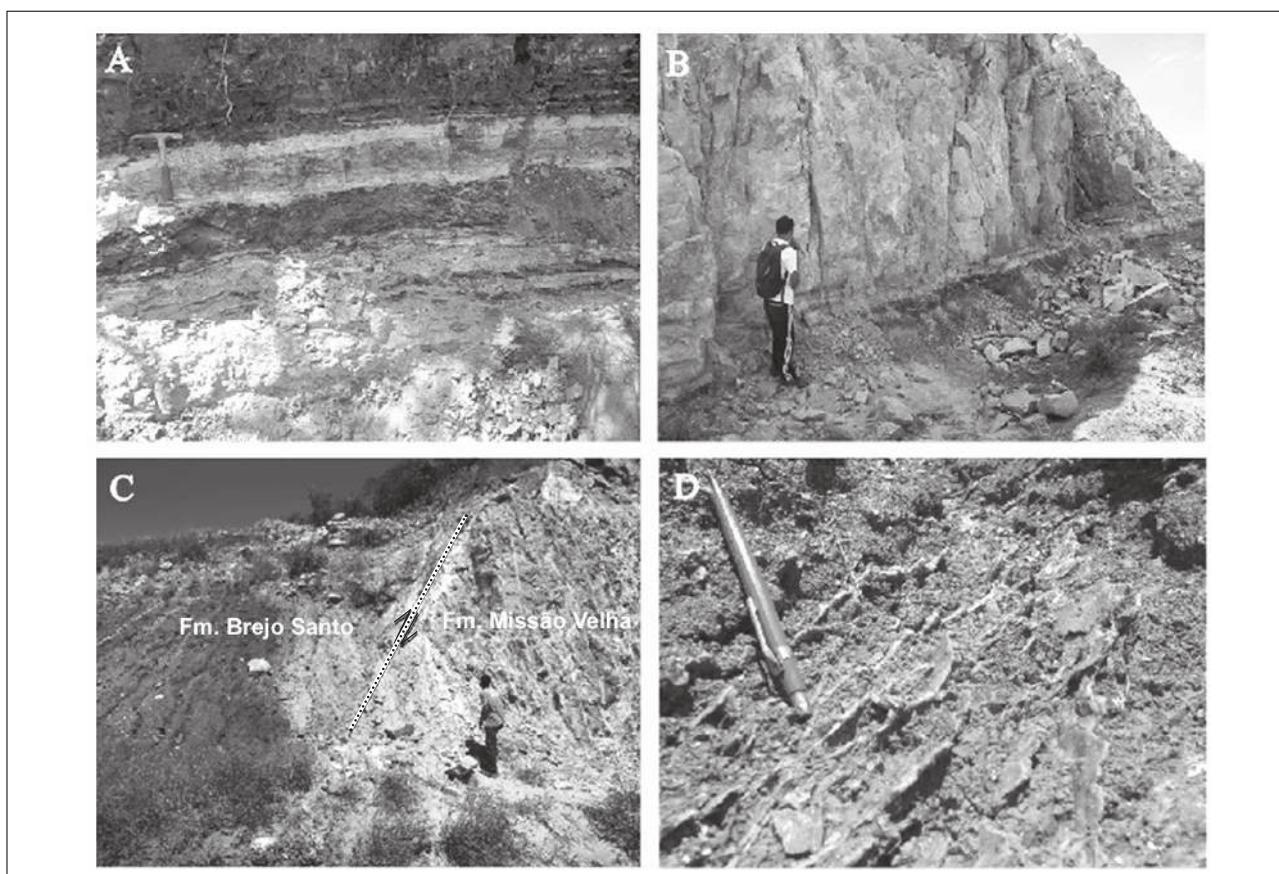


Figura 2 **A.** Intercalação de litofácies lutíticas na porção basal do afloramento do Ponto 1. **B.** Afloramento P5A, em contato vertical com a Formação Missão Velha. **C.** Contato lateral entre as formações Brejo Santo e Missão Velha, no afloramento P5B. Destacado o plano de falha reversa. **D.** Lâminas de calcita presentes no folhelho da parte deformada do afloramento P5B.

afloramento do Ponto 1, com geometria em lençol desconfinado e contínua lateralmente. Corresponde a 2,7% desta exposição sedimentar e 0,8% de todos os afloramentos estudados na Formação Brejo Santo. É correlacionável com a litofácies Sh de Miall (1996).

Litofácies A3

Está disposta em camadas intercaladas com as litofácies L4 e L6, com geometria em lençol desconfinado e contínuas lateralmente. Ocorre na porção superior do afloramento do Ponto 6, representando 1,8% desta exposição sedimentar, e 0,6% de todos os afloramentos da Formação Brejo Santo estudados.

Litofácies C1

Está disposta em camadas deformadas exclusivamente na parte central do afloramento do Ponto 5B, sendo a litofácies menos representativa da Formação Brejo Santo. A litofácies L6 ocorre em conjunto na parte central do afloramento mencionado acima.

LITOLOGIAS	CONTEÚDO FOSSILÍFERO
Arenito	Ostracode
Siltito	Conchostráceo
Argilito	Fragmento ósseo de dinossauro
Folhelho	Fragmento ósseo de peixe
	Escama de peixe
ESTRUTURAS SEDIMENTARES	Dente de peixe
Estrutura maciça	Dente de crocodilo
Laminação plano-paralela	Bioturbação
Laminação cruzada	Gastrópode
Laminação cruzada cavalgante	
Acamamento linear	GRANULOMETRIA
Acamamento flaser	A - Argila
Greta de ressecamento	S - Silte
Dique clástico de preenchimento	AMF - Areia muito fina
	AF - Areia fina
	OUTRAS SIMBOLOGIAS
	Intraclastos lutíticos
	Calcita
	Nivel de amostragem

Tabela 2: Simbologias utilizadas nos perfis estratigráficos.

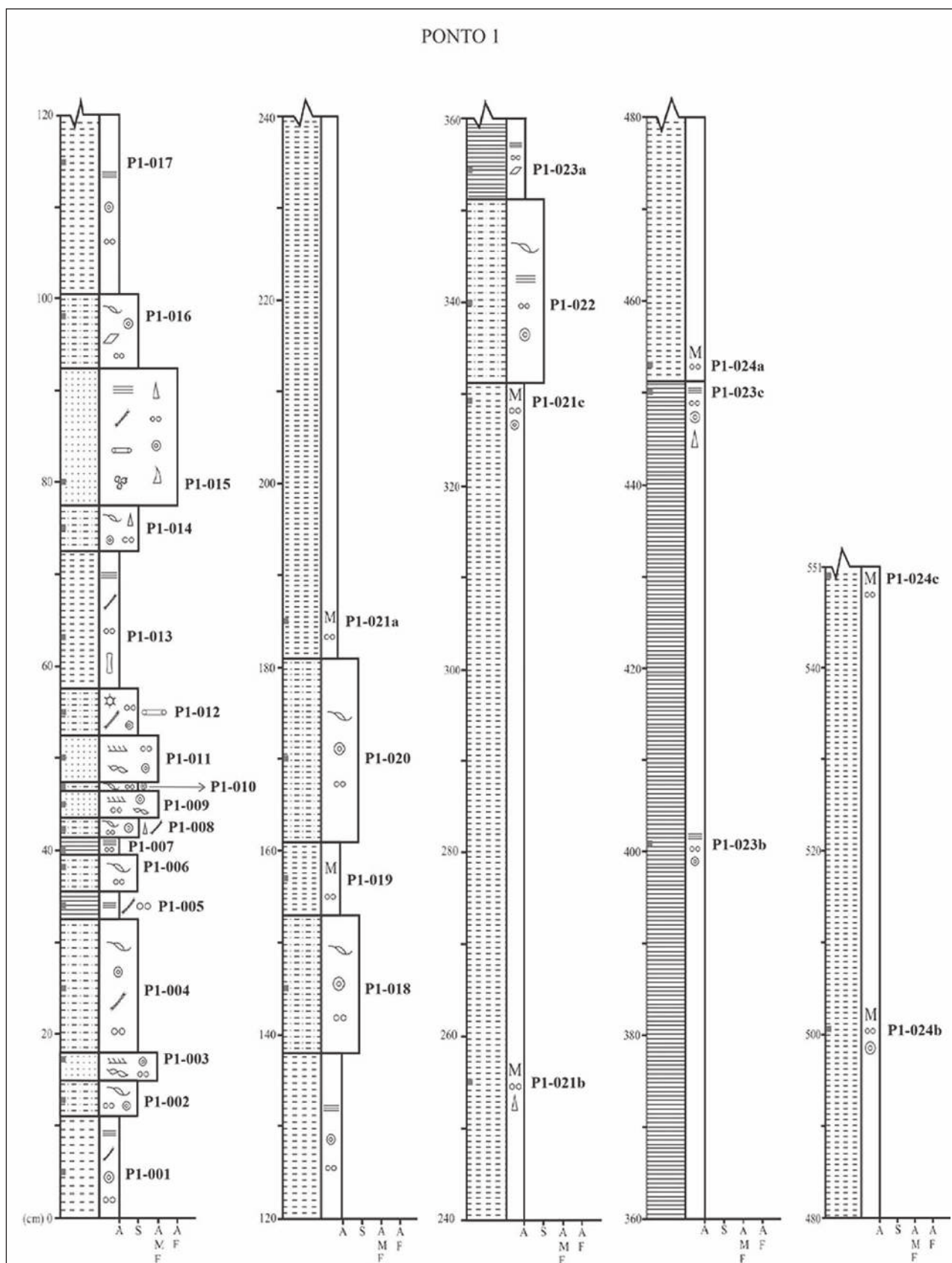


Figura 3 Perfil estratigráfico do Ponto 1, com identificação dos níveis amostrados.

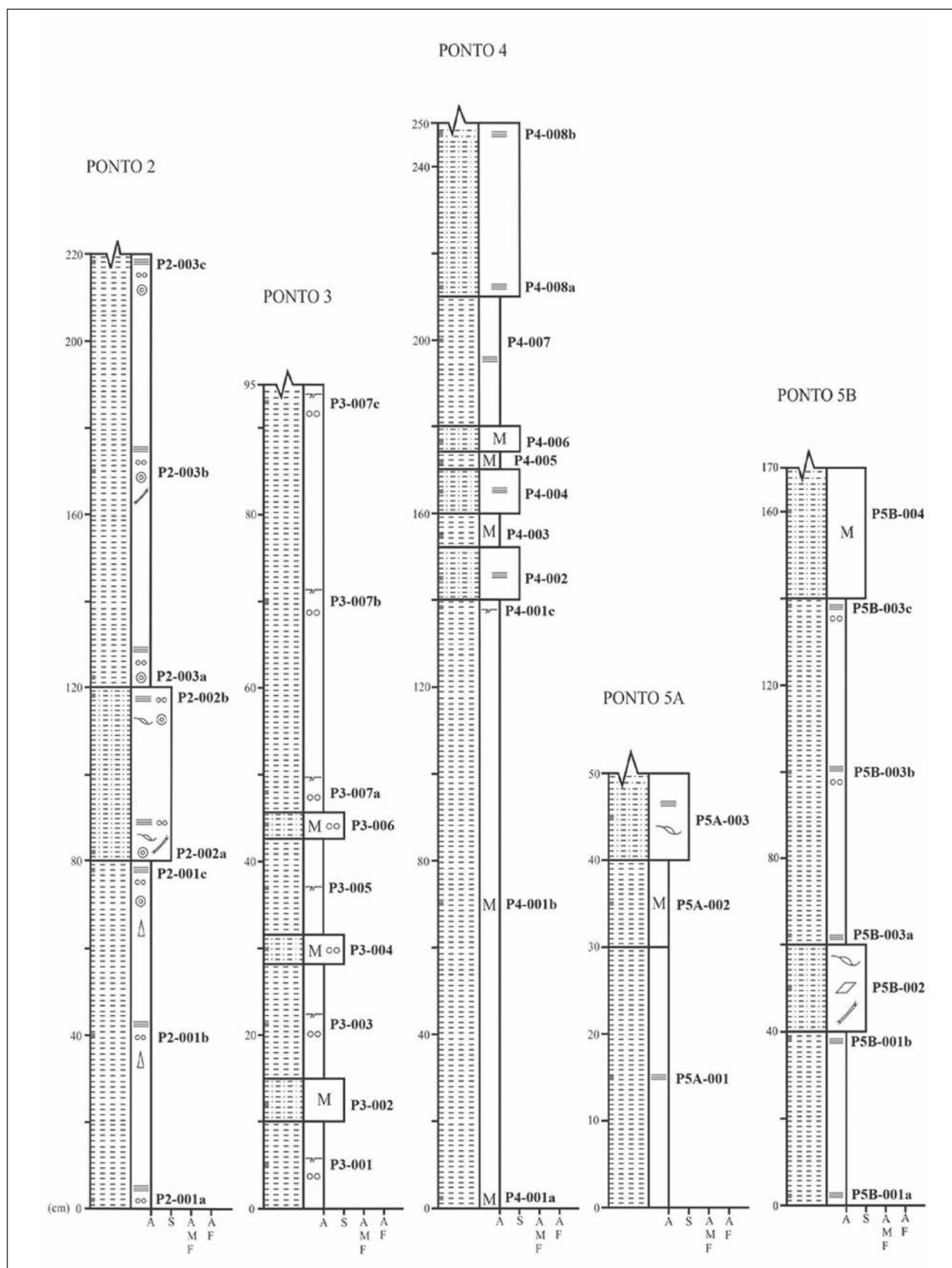


Figura 4 Perfis estratigráficos dos pontos 2, 3, 4, 5A e 5B, com identificação dos níveis amostrados.

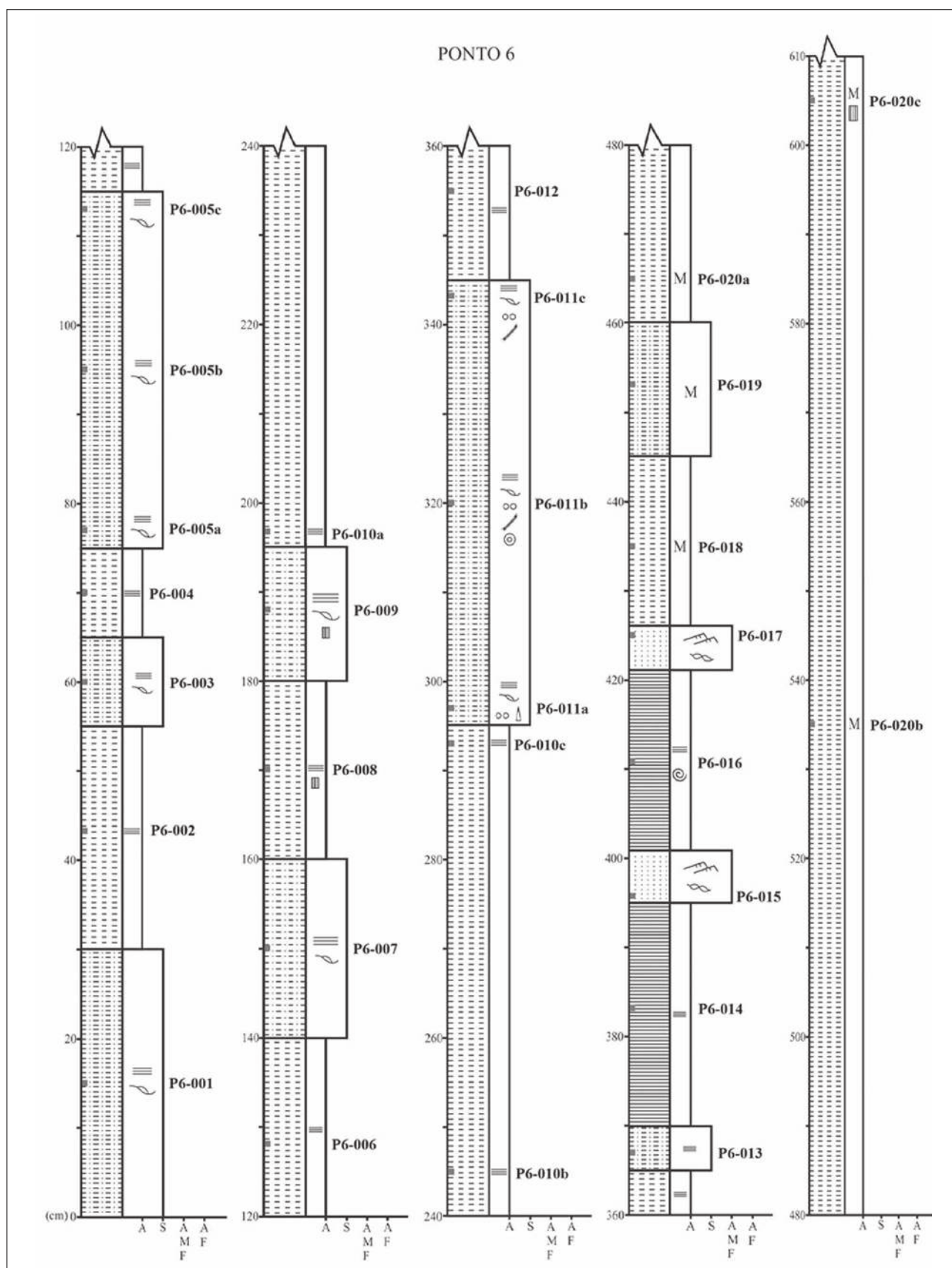


Figura 5 Perfil estratigráfico do Ponto 6, com identificação dos níveis amostrados.

Litofácies	Diagnose	Descrição	Interpretação
A1 (Sr)	Arenito com laminação cruzada e acamamento <i>flaser</i> .	Arenito esverdeado, muito fino a fino, bem selecionado a muito bem selecionado, anguloso a bem arredondado, com camadas centimétricas (3-5 cm) dispostas de forma tabular e conteúdo fossilífero representado por ostracodes e conchostráceos.	Microformas-de-leito depositadas por tração subaquática, migração de ondulações arenosas (marcas onduladas assimétricas) por corrente trativa subaquosa unidirecional em regime de fluxo inferior. Períodos com decantação de sedimentos finos (lama) em momentos de ausência de correntes.
A2 (Sh)	Arenito com laminação plano-paralela.	Arenito arroxeadado, fino a muito fino, bem selecionado a muito bem selecionado, subanguloso a subarredondado, com camada centimétrica (15 cm) disposta de forma tabular, presença de intraclastos lutíticos dispersos, e rico conteúdo fossilífero (ostracodes, conchostráceos, fragmentos ósseos de peixes, dentes de <i>Lepidotes</i> sp., dentes de crocodilo e bioturbação).	Formas de leito plano arenosas, depositadas por correntes trativas subaquosas unidirecionais em regime de fluxo superior/crítico.
A3	Arenito com laminação cruzada cavalgante (<i>climbing-ripple</i>) e acamamento <i>flaser</i> .	Arenito esverdeado, muito fino, bem selecionado, bem arredondado, afossilífero e com camadas centimétricas (5-6 cm) dispostas de forma tabular.	Desaceleração de corrente hidrodinâmica trativa unidirecional (tração e decantação), desencadeando migração e cavalgamento subaquático de ondulações arenosas como carga de fundo, em regime de fluxo inferior. Períodos com decantação de sedimentos finos (lama) em momentos de ausência de correntes.
C1	Calcarenito com laminação plano-paralela e estruturas de deformação.	Calcarenito esverdeado, fino a grosso (predominantemente médio), moderadamente selecionado, ocorrendo sob a forma de camadas deformadas, com grãos bioclásticos representados por ostracodes (70%) e conchostráceos (30%) de formas articuladas e desarticuladas, presença de intraclastos lutíticos dispersos e fragmentos ósseos de peixes.	Decantação subaquática de bioclastos. Deformação plástica penecontemporânea dos estratos por fluidização decorrente de causas variadas (sobrecarga, sismos ou outro mecanismo que tenha perturbado o empacotamento dos sedimentos).
L1 (Fm)	Siltito maciço ou com gretas de ressecamento.	Siltito esverdeado, compacto ou friável, eventualmente com lâminas milimétricas de argila, disposto em camadas centimétricas a decimétricas (3-30 cm) de forma tabular, e predominantemente afossilífero, podendo conter ostracodes, conchostráceos, fragmentos ósseos de peixes e bioturbação.	Deposição muito rápida de partículas em suspensão. Exposição subaérea esporádica.
L2	Siltito com acamamento <i>linsen</i> .	Siltito esverdeado, por vezes mosqueado e com lâminas milimétricas de argila, disposto em camadas centimétricas a decimétricas (1-20 cm) de forma tabular e com abundante conteúdo fossilífero (ostracodes, conchostráceos, fragmentos ósseos de peixes, dentes e escama de <i>Lepidotes</i> sp. e uma escama de <i>Actinopterygii</i>).	Alternância de tração e suspensão relacionadas a processos subaquáticos.

L3 (FI)	Siltito com laminação plano-paralela.	Siltito esverdeado, frequentemente com acamamento <i>linsen</i> , podendo ser friável ou compacto, micáceo, com lâminas milimétricas de argila ou de calcita, disposto em camadas tabulares de espessuras centimétricas a decimétricas (5-50 cm), e com fósseis de ostracodes, conchostráceos, fragmentos ósseos e dentes de peixes, apresentando-se afossilífero em alguns níveis.	Assentamento gravitacional de partículas em suspensão, predominantemente sob influência de correntes trativas unidirecionais subaquosas de baixa energia (fracas).
L4 (Fsm)	Argilito maciço ou com dique clástico de preenchimento.	Argilito avermelhado-arroxeadado, compacto a muito friável, mosqueado, micáceo, com grãos de quartzo tamanho areia fina dispersos, óxido de manganês, por vezes com lâminas de calcita, disposto em camadas tabulares com espessuras centimétricas a métricas (8-150 cm), e predominantemente afossilífero, podendo apresentar ostracodes, conchostráceos e dente de <i>Lepidotes</i> sp..	Deposição muito rápida de partículas em suspensão. Preenchimento de fraturas preexistentes por silte.
L5 (FI)	Argilito com laminação plano-paralela.	Argilito avermelhado-arroxeadado, compacto, mosqueado, muito micáceo, com grãos de quartzo tamanho areia fina dispersos, sendo comuns lâminas de calcita e óxido de manganês, ocorrendo em camadas centimétricas a métricas (10-100 cm) de forma tabular, e com rico conteúdo fossilífero composto por ostracodes, conchostráceos, fragmentos ósseos de peixes, dentes de <i>Lepidotes</i> sp. e vértebra de dinossauro.	Assentamento gravitacional de partículas em suspensão.
L6 (FI)	Folhelho com laminação plano-paralela.	Folhelho avermelhado, localmente com estrutura de deformação e lâminas de calcita, podendo ser mosqueado e micáceo, disposto em camadas centimétricas a métricas (2-100 cm) de forma tabular, e com conteúdo fossilífero representado por ostracodes, conchostráceos, fragmentos ósseos de peixes, dente e escama de <i>Lepidotes</i> sp., e gastrópode, sendo alguns níveis afossilíferos.	Decantação de partículas argilosas em suspensão. Rara deformação plástica dos estratos previamente depositados, por fluidização decorrente de causas variadas (sobrecarga, sismos ou outro mecanismo que tenha perturbado o empacotamento dos sedimentos).

Tabela 3 Síntese das litofácies sedimentares terrígenas descritas na Formação Brejo Santo para os afloramentos estudados. Os códigos que se encontram entre parênteses são referentes às litofácies de Miall (1996).

Litofácies L1 (Fm)

Ocorre em camadas contínuas lateralmente na porção basal dos afloramentos dos pontos 1 e 3, na porção superior dos afloramentos dos pontos 4 e 6, e no topo do afloramento do Ponto 5B, representando 3,5% de todos os afloramentos estudados na Formação Brejo Santo. Apresenta-se normalmente intercalada com as litofácies L4 e L5, e também com a litofácies A1. Corresponde a litofácies Fm de Miall (1996) e correlaciona-se, em parte, com a litofácies Fm de Fambrini *et al.* (2013).

Litofácies L2

Está disposta em camadas com continuidade lateral ocorrendo na porção basal dos afloramentos dos pontos 1 e 5B, representando 4,8% de todos os afloramentos estudados na Formação Brejo Santo. Apresenta-se intercalada com as camadas das litofácies A1 e A2, além das litofácies L4, L5 e L6.

Litofácies L3 (FI)

Ocorre em camadas contínuas lateralmente da porção intermediária a superior dos afloramentos dos

pontos 1 e 4, na porção intermediária do afloramento do Ponto 2, no topo do afloramento do Ponto 5A e da base a porção intermediária do afloramento do Ponto 6, representando 15,5% de todos os afloramentos estudados na Formação Brejo Santo. É a terceira litofácies mais abundante, apresenta-se intercalada com as litofácies L4, L5 e L6 e é semelhante à litofácies Fl de Miall (1996).

Litofácies L4 (Fsm)

Está disposta em camadas com continuidade lateral ocorrendo da porção basal ao topo dos afloramentos dos pontos 1 e 3, da porção basal a superior do afloramento do Ponto 4, na porção superior do afloramento do Ponto 5A e no topo do afloramento do Ponto 6, representando 34,5% de todos os afloramentos estudados na Formação Brejo Santo, sendo a litofácies mais abundante desta unidade. Apresenta-se intercalada com as demais litofácies lutíticas (L1, L2, L3, L5 e L6) e com a litofácies A3. É semelhante à litofácies Fsm de Miall (1996) e correlaciona-se, em parte, com as litofácies Fm de Fambrini *et al.* (2012) e Fmm de Fambrini *et al.* (2013).

Litofácies L5 (Fl)

Ocorre em camadas contínuas lateralmente na porção basal do afloramento do Ponto 1, da base ao topo do afloramento do Ponto 2, na porção superior do afloramento do Ponto 4, da porção basal a intermediária dos afloramentos dos pontos 5A e 6, e da porção basal a superior do afloramento do Ponto 5B, representando 32% de todos os afloramentos estudados na Formação Brejo Santo. É a segunda litofácies mais representativa desta formação, estando intercalada com as litofácies L1, L2, L3 e L4. Se assemelha a litofácies Fl de Miall (1996).

Litofácies L6 (Fl)

Está disposta em camadas contínuas lateralmente ocorrendo na porção basal e superior do afloramento do Ponto 1, e na porção superior do afloramento do Ponto 6. Exclusivamente na porção central do afloramento do Ponto 5B apresenta-se sob a forma de camadas deformadas, no qual ocorrem várias lâminas de calcita. Representa 7,7% de todos os afloramentos estudados na Formação Brejo Santo, estando intercalada com as litofácies L2, L3 e L4, com a litofácies A3 e com a litofácies C1. É semelhante à litofácies Fl de Miall (1996) e

correlaciona-se, em parte, com a litofácies Fl de Fambrini *et al.* (2012, 2013).

5 Conteúdo Paleontológico

O Jurássico brasileiro não possui um registro fossilífero abundante, no entanto, os poucos exemplares coletados tornam-se importantes evidências da presença de uma fauna diversificada. Durante as coletas de campo e análise micropaleontológica foram encontrados diversos fragmentos ósseos, escamas e dentes atribuídos a peixes (*Mawsonia gigas* e *Lepidotes* sp.) e répteis, além de gastrópode, conchostráceos, ostracodes, e icnofósseis de invertebrados. Na Figura 6 alguns exemplares estão ilustrados.

6 Análise Mineralógica

Os resultados obtidos nas análises por DRX nas duas frações, $> 2 \mu\text{m}$ e $< 2 \mu\text{m}$, demonstraram variações na composição mineralógica ao longo dos perfis estratigráficos dos afloramentos dos pontos 1 e 6. Tais afloramentos foram selecionados para a análise em DRX por apresentarem as maiores espessuras contínuas e intercalações de distintas litofácies, sendo possível constatar, em maior detalhe, as mudanças nas composições mineralógicas ao longo dos perfis. Foram analisadas, da base ao topo dos afloramentos, as amostras de argilitos e folhelhos.

Para o afloramento do Ponto 1, na fração $> 2 \mu\text{m}$, as amostras analisadas apresentam a calcita ($d \sim 3,02 \text{ \AA}$; $3,03 \text{ \AA}$ e $d \sim 2,28 \text{ \AA}$) e o quartzo ($d \sim 4,25 \text{ \AA}$; $d \sim 3,34 \text{ \AA}$ e $d \sim 1,82 \text{ \AA}$) como os minerais predominantes que, ao lado da albita ($d \sim 6,39 \text{ \AA}$ e $d \sim 3,18 \text{ \AA}$; $3,19 \text{ \AA}$), microclina ($d \sim 3,83 \text{ \AA}$ e $d \sim 3,24 \text{ \AA}$), muscovita ($d \sim 10 \text{ \AA}$; $d \sim 4,46 \text{ \AA}$ e $d \sim 2,56 \text{ \AA}$), goethita ($d \sim 4,98 \text{ \AA}$ e $d \sim 2,45 \text{ \AA}$) e hematita ($d \sim 2,69 \text{ \AA}$), ocorrem em todas as amostras em distintas proporções. O quartzo é o mineral presente em todas as amostras com reflexões intensas e simétricas, indicando a predominância de composição terrígena. Da porção intermediária ao topo da sucessão sedimentar ocorrem reflexões intensas de calcita e acrescenta-se a presença de dolomita ($d \sim 2,89 \text{ \AA}$) à associação mineralógica citada acima (Tabela 4, Figura 7).

Na fração $< 2 \mu\text{m}$, os argilominerais comuns a todas as amostras analisadas são clorita expansível ($d \sim 14,27\text{-}15,87 \text{ \AA}$ na secagem ao ar), illita ($d \sim 10$

Å) e caulinita ($d \sim 7,16$ Å). As reflexões da clorita expansível destacam-se pelos picos intensos, enquanto que illita e caulinita são caracterizadas por fracas reflexões. Em direção à porção intermediária da sucessão sedimentar, até o topo, acrescenta-se a

presença do argilomineral palygorskita ($d \sim 10,5$ Å), ocorrendo nas amostras dos níveis P1-021, P1-023 e P1-024. Este é caracterizado por reflexões mal definidas, que, por vezes, são levemente realçadas no tratamento com etilenoglicol (Figura 8).

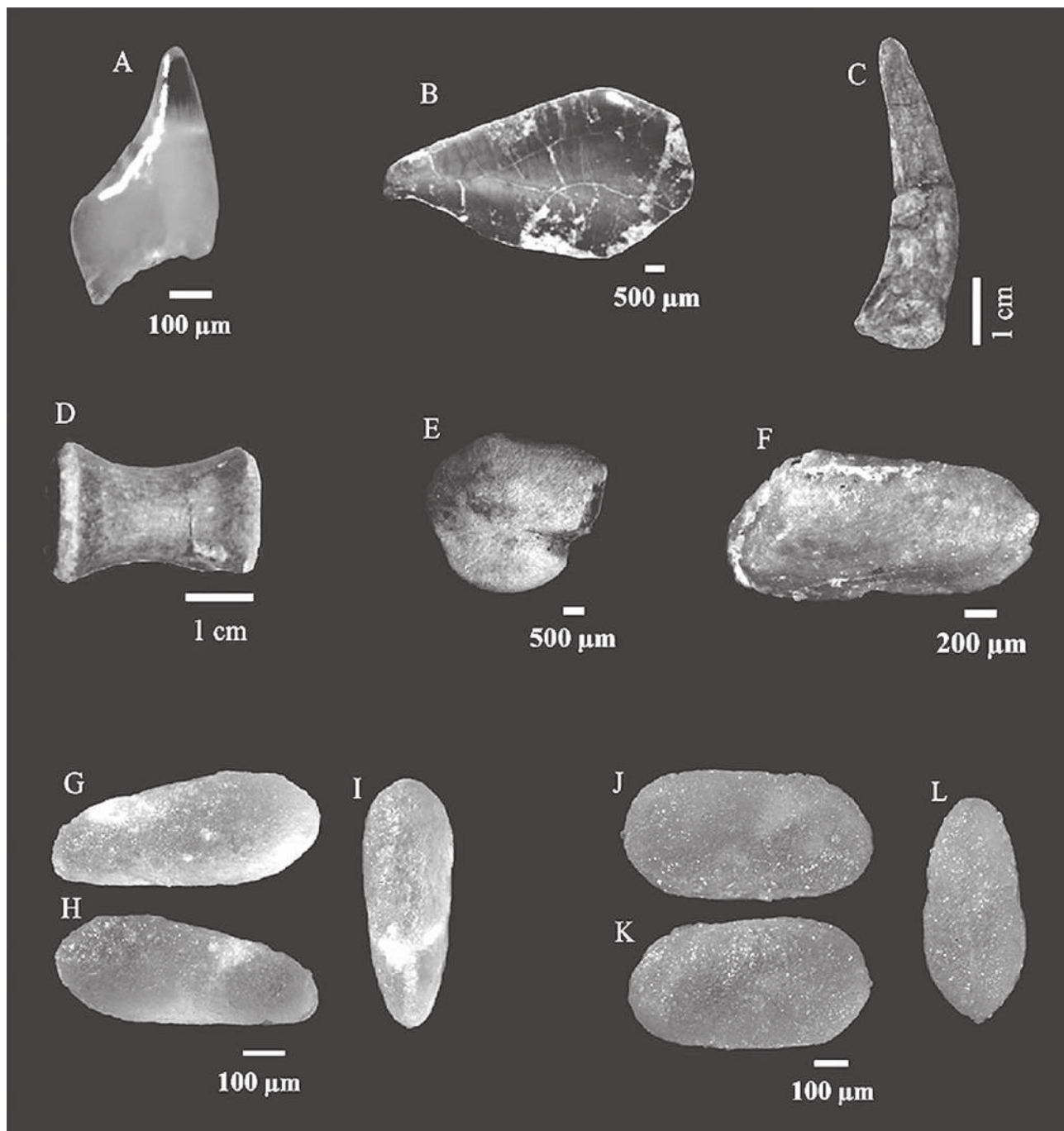


Figura 6 Conteúdo paleontológico presente na Formação Brejo Santo. **A.** Dente de *Lepidotes* sp. (nível P1-008). **B.** Escama ganóide de *Lepidotes* sp. (nível P5B-002). **C.** Dente de Mesoeucrocodylia indeterminado (nível P1-015). **D.** Corpo vertebral de Dinosauria indeterminado (nível P1-013). **E.** Gastropoda indeterminado (nível P6-016). **F.** Conchostráceo da espécie *Cyzicus pricei* (nível P1-016). **G-I.** Ostracode da espécie *Darwinula* cf. *oblonga* (nível P1-004). **G.** vista da valva direita. **H.** vista da valva esquerda. **I.** vista dorsal. **J-L.** Ostracode da espécie *Theriosynoecum pricei* (nível P1-012). **J.** vista da valva direita. **K.** vista da valva esquerda. **L.** vista dorsal.

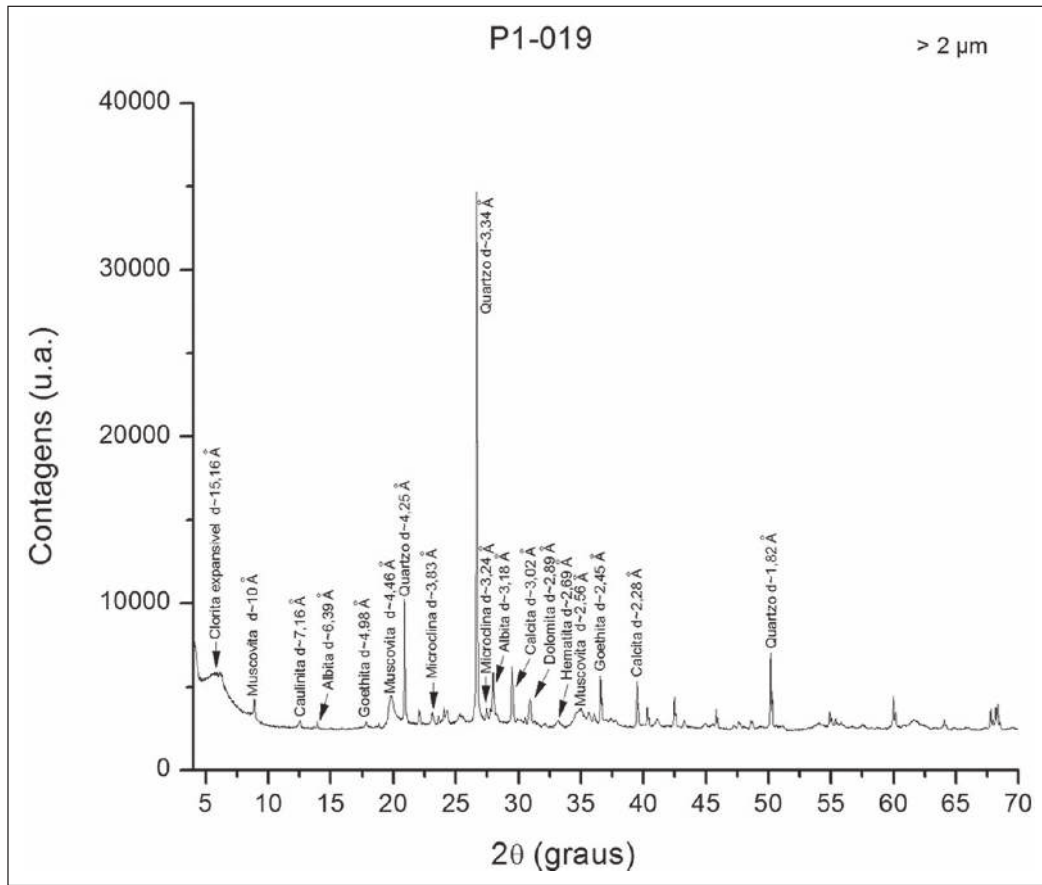


Figura 7
 Difratoograma de raios-X do nível P1-019 na fração > 2 μm. Destaque para a presença de dolomita com d~2,89 Å.

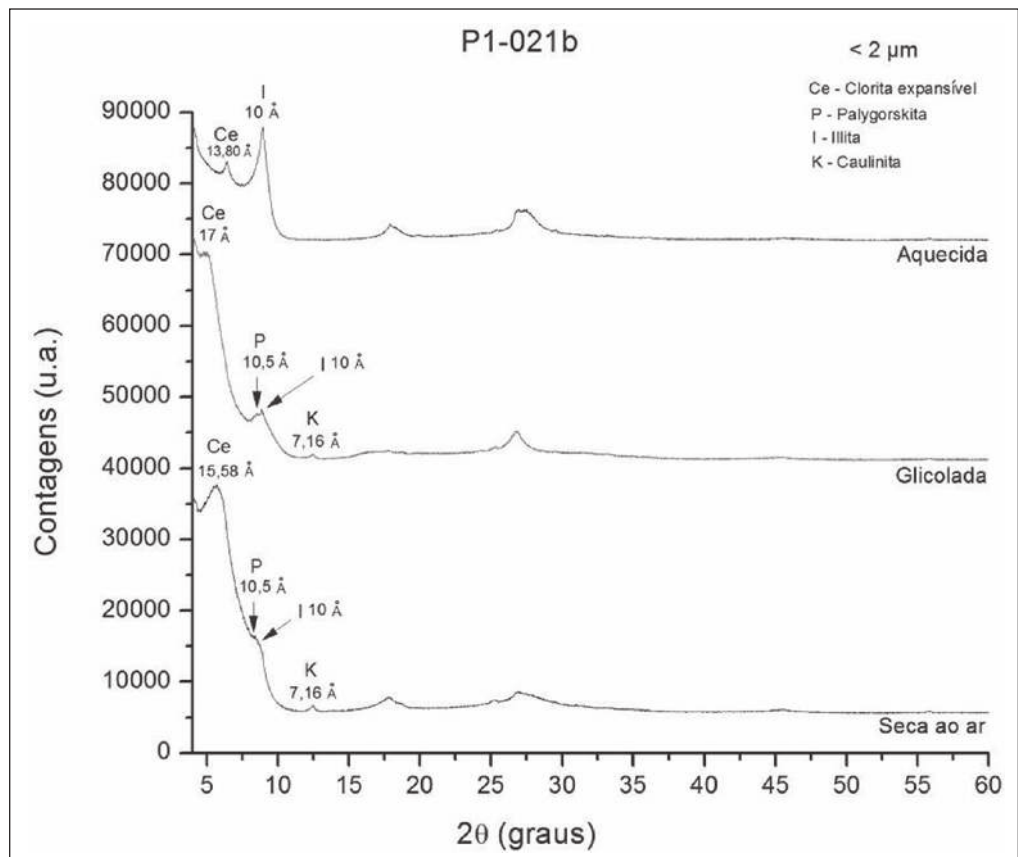


Figura 8
 Difratoogramas de raios-X do nível P1-021b na fração < 2 μm, após os tratamentos de secagem ao ar, saturação com etilenoglicol (glicolada) e aquecimento a 550 °C. Observar a ocorrência da palygorskita, com a reflexão (d~10,5 Å) levemente realçada durante o tratamento de saturação com etilenoglicol.

Amostras	Mineralogia Fração > 2 µm								Mineralogia Fração < 2 µm			
	Qz	Mu	Alb	Micr	Calc	Goet	Hem	Dol	Ce	I	K	P
P1-024c	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P1-024b	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
P1-024a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P1-023c	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
P1-023b	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
P1-023a	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
P1-021c	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P1-021b	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P1-021a	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
P1-019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
P1-017	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
P1-013	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
P1-007	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
P1-005	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
P1-001	x	x	x	x	x	x	x		x	x		

Tabela 4 Mineralogia nas frações > 2 µm e < 2 µm, dos níveis do afloramento do Ponto 1 analisados por difração de raios-X (Qz - quartzo, Mu - muscovita, Alb - albita, Micr - microclina, Cal - calcita, Goet - goethita, Hem - hematita, Dol - dolomita, Ce - clorita expansível, I - Illita, K - caulinita e P - palygorskita. Em negrito, reflexões intensas de calcita).

As amostras do afloramento do Ponto 6, na fração > 2 µm, têm composição essencialmente terrígena. O quartzo é o principal constituinte, ocorrendo associado à muscovita, albita, microclina, calcita, goethita e hematita. Esta associação mineralógica não varia nas amostras analisadas (Tabela 5), da base ao topo do afloramento, mas ocorre em distintas proporções, com picos intensos de calcita exclusivamente em direção à porção superior do afloramento.

Na fração < 2 µm, os argilominerais comuns a todas às amostras são clorita expansível, illita e caulinita. Os picos da clorita expansível possuem reflexões intensas. A illita e a caulinita são caracterizadas por fracas reflexões, exceto nos três primeiros níveis analisados (P6-002, P6-004 e P6-006), onde a caulinita apresenta reflexões intensas e simétricas (Figura 9).

Próximo à porção intermediária do afloramento, nível P6-010, observa-se a primeira ocorrência da clorita (d~14,27 Å). Como o pico desse argilomineral se sobrepõe ao da clorita expansível no tratamento de secagem ao ar, ele pode ser determinado pelo tratamento com etilenoglicol, que ao contrário da clorita expansível, permanece com sua reflexão inalterada, mas com pico pouco intenso e mal definido (Figura 10). A clorita também ocorre no topo do afloramento, no nível P6-020.

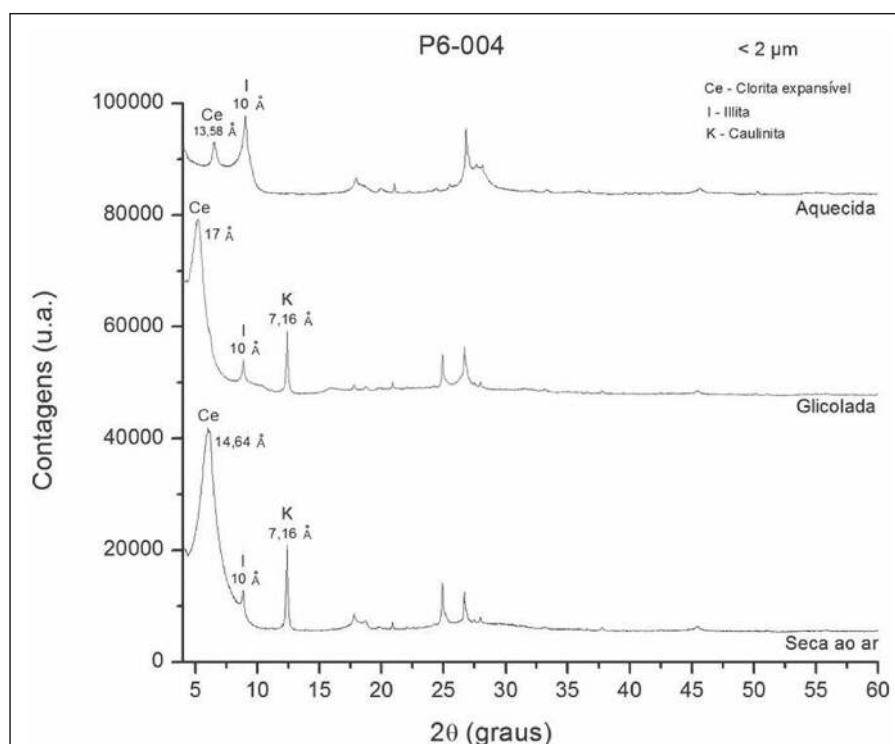
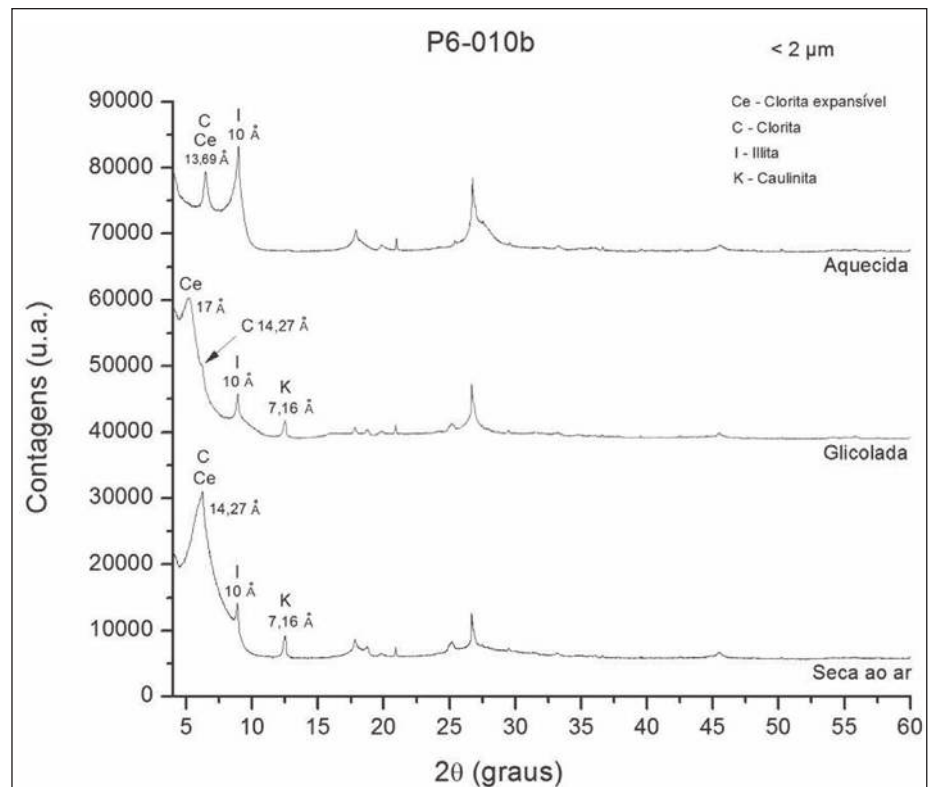


Figura 9 Difratomogramas de raios-X do nível P6-004 na fração < 2 µm, após os tratamentos de secagem ao ar, saturação com etilenoglicol (glicolada) e aquecimento a 550 °C. Caulinita com reflexões intensas e simétricas (d~7,16 Å) nos difratogramas referentes aos tratamentos de secagem ao ar e saturação com etilenoglicol.

Figura 10 Difratogramas de raios-X do nível P6-010b na fração < 2 µm, após os tratamentos de secagem ao ar, saturação com etilenoglicol (glicolada) e aquecimento a 550 °C. Observar a reflexão da clorita inalterada após o tratamento de saturação com etilenoglicol (d~14,27 Å), ainda que com pico pouco intenso e mal definido.



Amostras	Mineralogia fração > 2 µm							Mineralogia fração < 2 µm			
	Qz	Mu	Alb	Micr	Calc	Goet	Hem	Ce	C	I	K
P6-020c	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P6-020b	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P6-020a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P6-018	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
P6-016	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
P6-014	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
P6-012	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P6-010c	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P6-010b	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P6-010a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P6-008	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
P6-006	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
P6-004	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
P6-002	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x

Tabela 5 Mineralogia nas frações > 2 µm e < 2 µm, dos níveis do afloramento do Ponto 6 analisados por difração de raios-X (Qz - quartzo, Mu - muscovita, Alb - albita, Micr - microclina, Calc - calcita, Goet - goethita, Hem - hematita, Ce - clorita expansível, C - clorita, I - Illita e K - caulinita). Em negrito, reflexões intensas de calcita).

7 Interpretações Paleoambientais para a Formação Brejo Santo

A partir da caracterização estratigráfica dos afloramentos e análises litofaciológica e mineralógica, foi possível interpretar o paleoambiente da Formação

Brejo Santo. As três litofácies areníticas (litofácies A1, A2 e A3) representam depósitos de espraiamento de *crevasse* (*crevasse splay*) na planície de inundação da Formação Brejo Santo, desenvolvidos durante eventos de extravasamento do canal fluvial devido a grandes cheias. Tais litofácies são interpretadas principalmente como produto da desaceleração e desconfinamento do fluxo nas porções distais dos canais de *crevasse*, devido ao predomínio de arenitos finos com laminação cruzada formados em regime de fluxo inferior (litofácies A1 e A3) e a rara ocorrência da litofácies arenítica representativa de correntes subaquosas formadas em regime de fluxo superior/crítico (litofácies A2). Dessa forma, tais litofácies representam o elemento arquitetural CS - espraiamento de *crevasse* (Miall, 1996).

A litofácies carbonática C1 é interpretada como decantação subaquática de bioclastos nos corpos d'água da planície de inundação. As litofácies lutíticas L1, L2 e L3 correspondem à deposição de partículas (silte) em suspensão nos corpos d'água, com eventual exposição subaérea, ou alternância de tração e suspensão relacionadas a processos subaquáticos, representando depósitos de planície de inundação, podendo estar sobre influência das correntes das porções distais dos canais de *crevasse* (sobretudo a litofácies L2). As litofácies lutíticas

L4, L5 e L6 são caracterizadas por deposição de partículas de argila em suspensão nos corpos d'água, sob condições oxidantes, correspondendo a depósitos de planície de inundação. As litofácies lutíticas representam o elemento arquitetural FF - finos de planície de inundação (Miall, 1996).

Tal associação de litofácies com predomínio das litofácies lutíticas L4 e L5 (representando mais de 66% dos afloramentos), evidenciam a deposição em corpos d'água rasos da planície de inundação, devido às condições oxidantes, em clima árido a semi-árido sujeito a evaporação (presença de gretas de ressecamento), associados a raros momentos de inundação fluvial, uma vez que as três litofácies areníticas juntas representam apenas 2% dos afloramentos visitados da Formação Brejo Santo. Dessa forma, as litofácies areníticas A1, A2 e A3 e as litofácies lutíticas L1, L2 e L3 representam a porção proximal da planície de inundação, enquanto que a litofácies carbonática C1 e as litofácies lutíticas L4, L5 e L6 pertencem à porção distal.

Apesar da análise litofaciológica sugerir que a unidade em estudo é um sistema fluvial, a Formação Brejo Santo é consagrada na literatura por diversos autores (Assine, 1992, 2007; Neumann *et al.*, 2008; Barros, 2010; Barros *et al.*, 2011; Kuchle *et al.*, 2011; Carvalho & Melo, 2012; Fambrini *et al.*, 2007, 2008, 2010a, 2010b, 2011, 2012, 2013) como pertencente a um sistema lacustre. Mais recentemente, Scherer *et al.* (2014), caracterizaram a Formação Brejo Santo como composta por duas associações de litofácies distintas: de inundação fluvial e de planície de inundação distal.

Sendo assim, ainda que algumas litofácies definidas nesse estudo sejam análogas às de Fambrini *et al.* (2012, 2013), associadas a sistema lacustre, devido às semelhanças com as litofácies fluviais de Miall (1996), e considerando a proposta de Scherer *et al.* (2014), infere-se que a Formação Brejo Santo pertence a um sistema fluvial meandrante, desenvolvido em planície aluvial distal, caracterizado pela presença de corpos d'água intermitentes de planície de inundação, que sofriam evaporação periódica, associadas a momentos esporádicos de inundação fluvial devido ao extravasamento do canal principal em períodos de cheia. A escassez de litofácies areníticas associadas a eventos de inundação, sugere que o aporte de sedimentos era baixo no sistema fluvial, caracterizado por

pouca ou pouquíssima pluviosidade (clima árido a semi-árido), e de forma geral, com baixa taxa de subsidência (estabilidade tectônica) - característica do estágio pré-rifte.

Quanto a análise mineralógica, no afloramento do Ponto 1, a presença de muscovita e dos feldspatos sugerem clima quente e seco. Hematita e goethita são recorrentes nos *red beds*. A calcita ocorre mais abundantemente da porção intermediária ao topo do afloramento, e a dolomita, associada litofácies L4, é restrita a esse intervalo citado.

Com relação aos argilominerais, em todos os níveis ocorrem clorita expansível, illita e caulinita, que refletem em grande parte a contribuição siliciclástica na bacia. A caulinita está relacionada a climas mais úmidos, com predomínio de precipitação em relação à evaporação. A illita pode ser considerada como produto de degradação pós-deposicional das micas ou transformação diagenética de esmectitas. A clorita como relíquia após a dissolução das camadas brucíticas. A palygorskita, registrada nas litofácies L4 e L6, ocorre em associação com os níveis de maior presença de calcita e dolomita, confirmando condições com baixa pluviosidade, grande disponibilidade de Mg e elevada taxa de evaporação para a formação desses minerais, caracterizando corpos d'água temporários. Tem-se assim, da base para o topo da sucessão sedimentar, mudança de condições úmidas para predominantemente áridas a semi-áridas, com formação de planícies salinas o que não coaduna com os dados palinológicos de Arai (2011).

No afloramento do Ponto 6, ocorre a mesma mineralogia do afloramento do Ponto 1, com exceção da presença de dolomita. Destaca-se a menor recorrência dos feldspatos e presença marcante de calcita em níveis da porção intermediária ao topo do afloramento. Quanto aos argilominerais, as duas gerações de clorita são dominantes, com presença subordinada de illita e caulinita, exceto na base da sucessão sedimentar, na qual a caulinita tem presença significativa (associada a litofácies L5). A maior abundância de clorita, em relação ao afloramento do Ponto 1, indica diferentes materiais fontes e mais ricos em minerais ferro-magnesianos. A menor presença de feldspatos sugere climas mais amenos e secos durante a deposição, caracteristicamente mais úmidos na base do afloramento devido à caulinita, mas tornando-se árido em direção à porção superior do afloramento.

Assim, através do estudo da mineralogia dos afloramentos dos pontos 1 e 6, conclui-se, de forma geral, que num primeiro momento os corpos d'água apresentavam maior profundidade, com pluviosidade e contribuição fluvial através de eventos de inundação, mas que ao longo do tempo a tendência às condições de clima seco e provável quiescência tectônica, tornaram tais corpos restritos e com menor profundidade, propiciando ressecamento das áreas alagadas.

Por último, a ocorrência de rocha carbonática, calcita e dolomita, sugere que os corpos d'água eram caracterizadas por águas salobras (salinidade entre 1 e 24,7 %), e com pH alcalino, devido a presença de palygorskita.

8 Conclusões

A Formação Brejo Santo, unidade composta essencialmente por rochas lutíticas, é representada por associações de litofácies características de um ambiente fluvial. Essas são interpretadas como geradas por sistema fluvial meandrante, desenvolvido em planície aluvial distal, e caracterizado por corpos d'água intermitentes de planície de inundação que sofriam variações bruscas com períodos de exposição subaérea, associados a raros momentos de inundação fluvial devido ao extravasamento do canal principal.

O predomínio de camadas vermelhas (*red beds*), representadas pelas litofácies L4, L5 e L6, indica que a sedimentação foi caracterizada por condições oxidantes, em clima quente e seco, devido à presença de mica e feldspatos na composição mineralógica das amostras analisadas por difração de raios-X na fração > 2 µm. Essas condições climáticas são confirmadas pela ocorrência de evaporitos em meio aos sedimentos lutíticos, que permite concluir um clima árido a semi-árido, caracterizado por altas taxas de evaporação dos corpos d'água, tornando-os efêmeros.

A presença recorrente de carbonato sugere que os corpos d'água eram salobros, e com provável pH alcalino pela presença de palygorskita. Além disso, eram rasos devido às condições oxidantes a época de deposição.

Através da análise mineralógica, foi observado que da base para o topo da sucessão sedimentar, ocorrem mudanças de condições úmidas (presença

de caulinita) para predominantemente áridas a semi-áridas, confirmada pela ocorrência mineralógica de calcita, dolomita e palygorskita em direção ao topo dos afloramentos.

Por fim, o aporte de sedimentos era baixo no sistema fluvial, caracterizado por pouca ou pouquíssima pluviosidade (clima árido a semi-árido), e de forma geral, com baixa taxa de subsidência (estabilidade tectônica).

9 Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPERJ pelo suporte financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa, À Francisco Idalécio de Freitas, José Artur Andrade e José Xavier-Neto, pelo apoio durante as atividades de campo, a Leonardo Borghi, Aristóteles de Moraes Rios-Netto e Cláudia Gutterres Vilela, pelo suporte durante as análises em laboratório.

10 Referências

- Almeida, F.F.M. 1967. Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. *Boletim Divisão Geologia e Mineralogia/DNPM*, 241: 1-36.
- ARAI, M. 2011. Palinoflora jurássica da Bacia do Araripe (Formações Missão Velha e Brejo Santo do poço 2-AP-1-CE). In: CARVALHO, I.S.; SRIVASTAVA, N.K.; STROHSCHOEN JR, O. & LANA, C.C. (eds). *Paleontologia: Cenários de Vida*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, v. 3, p.357-366.
- Assine, M.L. 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 289-300.
- Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2): 371-389.
- Barros, C.L. 2010. *Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojurássico), Sub-Bacia Leste do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações Bioestratigráficas*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 100p.
- Barros, C.L.; Fambrini, G.L.; Galm, P.C. & Agostinho S. 2011. Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojurássico?), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações Paleambientais e Sistemática Paleontológica. *Estudos Geológicos*, 21(1): 105-122.
- Borghi, L. 2000. Visão Geral da Análise de Fácies do Ponto de Vista da Arquitetura Depositional. *Boletim do Museu Nacional, N.S., Geologia*, 53: -26. 1966. *Estratigrafia dos Sedimentos da Part e Interior da Região Nordeste do Brasil (Bacias de Tucano-Araripe)*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, 75p.
- Brito Neves, B.B. 1990. A Bacia do Araripe no Contexto Geotectônico Regional. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990. *Anais, Crato, DNPM*, p. 21-33.
- Campbell, C.V. 1967. Lamina, Laminaset, Bed and Bedset. *Sedimentology*, 8: 7-26.

- Carvalho, I.S. & Melo, J.H.G. 2012. Bacias Interiores do Nordeste. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M. & BARTORELLI, A. (eds.). *Geologia do Brasil*. Editora Beca, p. 502-509.
- Davies, S.J. & Gibling, M.R. 2003. Architecture of Coastal and Alluvial Deposits in an Extensional Basin: the Carboniferous Joggins Formation of Eastern Canada. *Sedimentology*, 50(3): 415-440.
- Fambrini, G.L.; Tesser Jr., S.; Neumann, V.H.M.L.; Souza, B.Y.C. & Silva Filho, W.F. 2009. Fácies e Sistemas Depositionais na Área-tipo da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe, CE. *Estudos Geológicos (UFPE)*, 19(1): 163-191.
- Fambrini, G.L.; Neumann, V.H.M.L.; Lemos, D.R.; Araújo, J.T.; Lima-Filho, M.F. & Tesser Jr., S. 2010a. Facies and Architectural Elements of Missão Velha Formation (Upper Jurassic-Eocretaceous), Araripe Basin, Northeastern Brazil. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 18, Mendoza, 2010. *Atas*, Mendoza, IAS/PETROBRAS, v. único, p. 332.
- Fambrini, G.L.; Neumann, V.H.M.L.; Lemos, D.R.; Araújo, J.T.; Lima-Filho, M.F. & Tesser Jr., S. 2010b. Stratigraphy and Sedimentology of Rift Initiation to Rift Climax Stages of the Araripe Basin, Northeastern Brazil: New Considerations. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 18, Mendoza, 2010. *Atas*, Mendoza, IAS/PETROBRAS, v. único, p. 104.
- Fambrini, G.L.; Lemos, D.R.; Tesser Jr., S.; Araújo J.T.; Silva Filho, W.F.; Souza B.Y.C. & Neumann V.H.M. L. 2011. Estratigrafia, Arquitetura Depositional e Faciologia da Formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Exemplo de Sedimentação de Estágio de Início de Rifting a Clímax de Rifting. *Geologia USP (Série Científica)*, 11(2): 55-87.
- Fambrini, G.L.; Neumann, V.H.M.L.; Barros, C.L.; Agostinho, S.M.; Galm, P.C.; Araújo, J.T. & Menezes-Filho, J.A.B. 2012. Análise de Fácies da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações Paleodeposicionais. *Estudos Geológicos*, 22(1): 131-155.
- Fambrini, G.L.; Neumann, V.H.M.L.; Barros, C.L.; Agostinho, S.M.; Galm, P.C.; Araújo, J.T. & Menezes-Filho, J.A.B. 2013. Análise Estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações Paleogeográficas. *Geologia USP (Série Científica)*, 13(4): 3-28.
- Fambrini, G.L.; Neumann, V.H.M.L.; Silva-Filho, W.F.; Valença, L.M.M.; Lima-Filho, M.F.; Barbosa, J.A.; Tesser Jr., S. & Souza, B.Y.C. 2007. Sistemas Lacustres da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Resposta à Subsidência e Tectônica de Bacias Rifting. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 22, Natal, 2007. *Anais*, Natal, SBG, v. único, p. 101.
- Fambrini, G.L.; Neumann, V.H.M.L.; Silva-Filho, W.F.; Tesser Jr., S.; Valença, L.M.M.; Lima-Filho, M.F.; Araújo, J.T.; Souza, B.Y.C. & Lemos, D.R. 2008. Eventos de Subsidência e Instalação de Sistemas Lacustres na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Curitiba, 2008. *Anais*, Curitiba, SBG, v. único, p. 118.
- Gasparly, J. & Anjos, N.F. 64. *Estudo Hidrológico de J uazeiro do Norte, Ceará*. Recife, SUDENE/DRN 25p. (Série Hidrogeologia 3).
- Ghignone J.I.; Couto E.A. & Assine M.L. 1986. Estratigrafia e Estrutura das Bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. *Anais*, Goiânia, SBG, v. 1, p. 271-285.
- Kuchle, J.; Scherer, C.M.S.; Born, C.C.; Alvarenga, R.S. & Adegas, F.A. 2011. A Contribution to Regional Stratigraphic Correlations of the Afro-Brazilian Depression - The Dom João Stage (Brotas Group and Equivalent Units - Late Jurassic) in Northeastern Brazilian Sedimentary Basins. *Journal of South American Earth Sciences*, 31(4): 358-371.
- Matos, R.M.D. 1992. The Northeast Brazilian Rift System. *Tectonics*, 11(4): 766-791.
- Miall, A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies Basin Analysis and Petroleum Geology*. Berlin, Springer-Verlag. 586p.
- Moore, D.M. & Reynolds, R.C., Jr. 1997. *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. 2ª ed.- New York, Oxford University Press. 378p.
- Mounguengui, M.M.; Lang, J. & Guiraud, M. 2008. Sedimentary Dynamics and Extensional Structuring Related to Early Cretaceous Rifting of Neocomian and Barremian Deposits of the Interior Basin of Gabon. *Journal of African Earth Sciences*, 51: 239-256.
- Neumann, V.H.M.L. & Cabrera, L. 1999. Una Nueva Propuesta Estratigráfica para la Tectonosecuencia Post-Rifting de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO BRASILEIRO E SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 5, Serra Negra, 1999. *Boletim de Resumos*, UNESP, p. 279-285.
- Neumann, V.H.M.L., Aragão, M.A.N.F., Valença, L.M.M. & Leal, J.P. 2008. Ambientes Lacustres. In: PEDREIRA DA SILVA, A.J.C.L., ARAGÃO, M.A.N.F. & MAGALHÃES, A.J.C. (eds.). *Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil*. São Paulo: Beca, p. 132-169.
- Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990. Proposta de Revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. *Anais*, Natal, SBG, v.1, p. 211-226.
- Ponte, F.C. & Ponte Filho, F.C. 1996. *Estrutura Geológica e Evolução Tectônica da Bacia do Araripe*. Recife: DNPM/DMME (Pernambuco e Ceará). 68p.
- Reading, H.G. 1996. *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. New Jersey, Blackwell Science. 668p.
- Schanley, K.W. & McCabe, P.J. 1994. Perspectives on the Sequence Stratigraphy of Continental Strata. *AAPG Bulletin*, 78: 544-568.
- Scherer, C.M.S. 2008. Ambientes fluviais. In: PEDREIRA DA SILVA, A.J.C.L., ARAGÃO, M.A.N.F. & MAGALHÃES, A.J.C. (eds.). *Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil*. São Paulo: Beca, p. 103-131.
- Scherer, C.M.S.; Jardim de Sá, E.F.; Córdoba, V.C.; Sousa, D.C.; Aquino, M.M. & Cardoso, F.M.C. 2014. Tectono-Stratigraphic Evolution of the Upper Jurassic-Neocomian Rift Succession, Araripe Basin, Northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 49: 106-122.
- Schobbenhaus, C. & Campos, D.A. 1984. A Evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil e suas Principais Concentrações Minerais. In: SCHOBHENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R. & ASMUS, H.E. (coords.). *Geologia do Brasil - Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da sua Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais*, escala 1: 2.500.000. Brasília, MME/DNPM, p. 9-53.
- Selley, R.C. 2000. *Applied Sedimentology Environments: a Brief Survey*. London, Academic Press. 523p.
- Teisserenc, P. & Villemin, J. 1989. Sedimentary Basin of Gabon - Geology and Oil Systems. In: EDWARDS, J.D. & SANTOGROSSI, P.A. (eds.). *Divergent/passive Margin Basins*. Tulsa: AAPG, *Memoir Series*, 48: 117-199.
- Walker, R.G. 1992. Facies, Facies Models and Modern Stratigraphic Concepts. In: WALKER, R.G. & JAMES, N.P. (eds.). *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, p. 1-14.
- Walker R.G. & James N.P. 1992. *Facies Models: Response to Sea Level Changes*. Waterloo, Ontario, Geological Association of Canada. 212p.