

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 Rifte a Clímax de Rifte

*Stratigraphy, Depositional Architecture and Facies Analysis of the Missão Velha  
Formation (Neojurassic-Eocretaceous) in the Type-area, Araripe Basin, Northeastern  
Brazil: an Example of Sedimentation of Rift Initiation to Rift Climax Transition*

Gelson Luís Fambrini<sup>1</sup> (g\_fambrini@yahoo.com), Diógenes Ribeiro de Lemos<sup>2</sup> (diogenesribeiro@hotmail.com),  
Sidney Tesser Jr.<sup>3</sup> (sidtesser@yahoo.com.br), Jadson Trajano de Araújo<sup>4</sup> (jadsongeo@hotmail.com),  
Wellington Ferreira da Silva-Filho<sup>5</sup> (welfer@ufc.br), Bruno Yves Cavalcante de Souza<sup>4</sup> (brunoyves\_cs@hotmail.com),  
Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann<sup>1</sup> (neumann@ufpe.br)

<sup>1</sup>Departamento de Geologia - UFPE

Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, CEP 50740-530, Recife, PE, BR

<sup>2</sup>Pós-graduação em Geologia Sedimentar - UFPE, Recife, PE, BR

<sup>3</sup>Weatherford International Ltd., Recife, PE, BR

<sup>4</sup>Petróleo Brasileiro S/A, Recife, PE, BR

<sup>5</sup>Departamento de Geologia - UFC, Fortaleza, CE, BR

Recebido em 13 de maio de 2010; aceito em 10 de maio de 2011

## RESUMO

Este trabalho enfoca revisão da Formação Missão Velha na área-tipo (Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil), através de análises de fácies, elementos arquitetônicos, sistemas deposicionais e paleocorrentes. As principais fácies reconhecidas foram: **1.** conglomerados de seixos e grânulos, com abundantes troncos fósseis silicificados, formando ciclos granodécrescentes, estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, de pequeno e médio portes e geometria predominantemente lenticular; **2.** arenitos grossos a médios, conglomeráticos, com grânulos, quartzosos, com troncos fósseis silicificados, com estratificações cruzadas acanaladas de médio e grande porte e geometria lenticular; **3.** conglomerados e arenitos médios com seixos esparsos, mal selecionados, com estratificação plano-paralela; **4.** arenitos finos a muito finos, sílticos, tabulares, laminados, intercalados com **5.** camadas decimétricas de horizontes pelíticos com estratificação plano-paralela e laminações cruzadas cavalgantes. Dez elementos arquitetônicos foram reconhecidos: **CH:** canais, **GB:** formas de leito cascalhosas, **SG:** barras, **SB:** formas de leitos arenosos, **SB(p):** formas de leitos arenosos com estratificação cruzada tabular (p), **OFch:** depósitos de transbordamento (*overbank*) como diques, *crevasse* e *channel splays*, **DA:** macroformas de acréscimo para jusante, **LS:** lençóis de areia laminada, **LA:** depósito de acréscimo lateral e **FF:** depósitos finos de planície de inundação. Nem todos esses elementos foram observados em cada afloramento. Estes elementos, definidos pela geometria e superfícies delimitantes, formam a base para interpretação dos ambientes deposicionais. A Formação Missão Velha foi interpretada como: **a.** sistemas fluviais entrelaçados de alta energia com as seguintes características: ciclos granodécrescentes, estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, truncamentos entre estratos cruzados, geometria lenticular, feições canalizadas, seixos esparsos e **b.** sistemas fluviais meandantes pela presença de depósitos de planície de inundação, *crevasse splays* e barras em pontal. Ocorrem também depósitos eólicos.

**Palavras-chave:** Bacia do Araripe; Formação Missão Velha; Fácies; Elementos arquitetônicos; Sistemas deposicionais.

## ABSTRACT

The aim of this study was to carry out a stratigraphic revision of the Missão Velha Formation (Araripe Basin, northeastern Brazil) based on detailed facies analysis, architectural elements, depositional systems and palaeoflow data. The main facies are: **1.** coarse-grained conglomeratic sandstones and locally pebbly conglomerates, with abundant silicified fossil trunks, several large-to medium-scale trough cross-stratifications and predominantly lenticular geometry; **2.** medium-to coarse-grained lenticular sandstones with granules, abundant silicified fossil wood and trunks, and large-to medium-scale trough cross-stratifications, cut-and-fill features and mud drapes on the foreset cross-strata; **3.** conglomerates and poorly sorted medium-grained sandstones with sparse pebbles and horizontal stratification; **4.** fine-to very fine-laminated silty sandstone interlayered with **5.** decimetric pelitic layers with parallel stratification and climbing-ripple cross-lamination. Ten architectural elements were identified: **CH:** Channels, **GB:** Gravel bars and bedforms, **SG:** sediment gravity flows, **SB:** Sand bars and bedforms, **SB(p):** sand bedform with planar cross-stratification, **OFch:** Overbank flow of channel (levee, crevasse and channel splay), **DA:** Downstream-accretion macroforms, **LS:** Laminated sand-sheet, **LA:** Lateral-accretion macroforms and **FF:** Floodplain fines. Not all of these features were observed at each outcrop. These elements, which are defined by their geometry and bounding surfaces, form the basis for interpreting depositional environments. The Missão Velha Formation is interpreted as: **a.** high energy braided fluvial systems with fining-upward cycles, channelized features, truncated cross-strata (diastema), lenticular geometry, channeled sandstones, sparse pebbles and **b.** meandering river systems due to the presence of flood plain deposits, crevasse splays and point-bars deposits. Aeolian deposits can also occur.

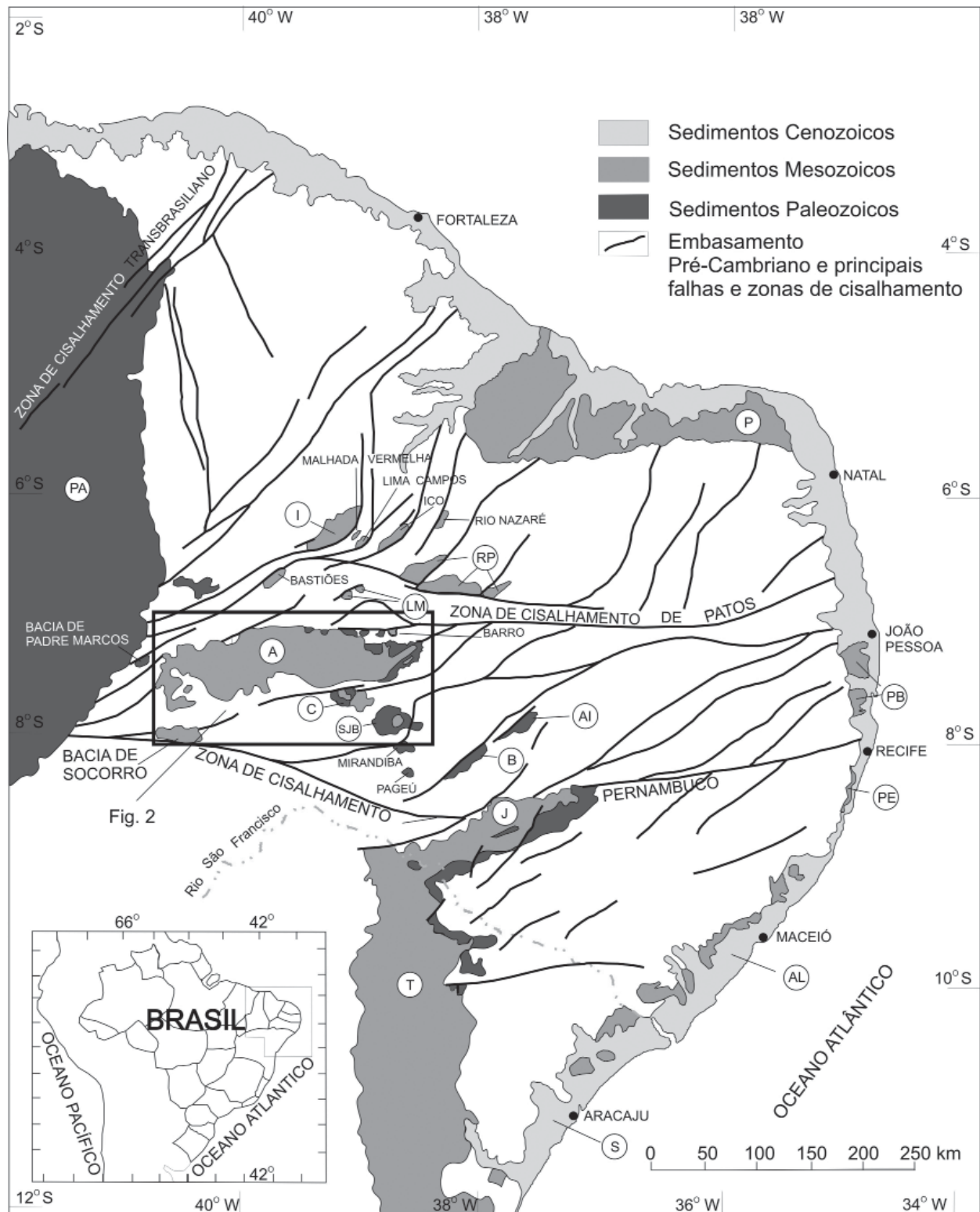
**Keywords:** Araripe Basin; Missão Velha Formation; Facies; Architectural elements; Depositional systems.

## INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe constitui-se na mais completa e complexa das bacias interiores do NE do Brasil (Figura 1). A coluna estratigráfica da bacia engloba desde depósitos do Mesopaleozoico até do Mesozoico (Neocretáceo) (Neumann, Mabesoone, Viana, 2000). A origem e a evolução da Bacia do Araripe relacionam-se com os eventos tectônicos que resultaram na ruptura e fragmentação do Supercontinente Gondwana e na abertura do Oceano Atlântico Sul (Cesero e Ponte, 1972; Asmus e Ponte, 1973; Ponte e Asmus, 1976, 1978; Ponte e Ponte-Filho, 1996a, 1996b; Matos, 1999; Assine, 2007; Fambrini et al., 2007, 2008, 2009a, 2009b), e seu preenchimento posterior durante o Mesozoico (Petri, 1987), apesar da evolução policíclica aventada por alguns autores para a bacia (e.g., Brito-Neves, 1990; Hessel e Freitas, 2009). A Bacia do Araripe apresenta estruturação segundo as direções NE-SW (predominantemente falhas normais) a E-W (predominantemente falhas transcorrentes) e, subordinadamente, NW-SE (falhas transcorrentes e normais), coincidentes com descontinuidades do embasamento pré-cambriano, reaproveitadas para a instalação da bacia (Matos, 1992). O empilhamento sedimentar comporta quatro tectono-sequências deposicionais recém redefinidas por Fambrini et al. (2010a) em base aos trabalhos de Prosser (1993) e de Almeida et al. (2009): **1.** *Sequência Sinéclise*, constituída pela Formação Mauriti representada por arenitos médios a grossos granodescrescentes; **2.** *Sequência de Início de Rifte a Clímax de Rifte Inicial*, de idade neojurássica, composta pelos pelitos da Formação Brejo Santo e pelos arenitos

da porção inferior da Formação Missão Velha; **3.** *Sequência de Clímax de Rifte Intermediário a Clímax de Rifte Tardio*, constituída pelos arenitos grossos da porção superior da Formação Missão Velha e pelos pelitos e arenitos da Formação Abaiara, de idade neocomiana. Estas sequências (1 e 3) dispõem-se em horstes e grabens em duas sub-bacias principais separadas pelo Alto de Dom Leme: Cariri a leste e Serrolândia a oeste (Assine, 1992); **4.** *Sequência pós-rifte*, separada em duas, Pós-rifte Inferior, de idade aptiano-albiana, constituída pelas rochas siliciclásticas e carbonáticas das formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi, Romualdo e Arajara, e Pós-rifte Superior, de idade albiano-cenomaniana, acha-se caracterizada pelos arenitos da Formação Exu.

Praticamente não há consenso nas proposições estratigráficas da Bacia do Araripe, o que torna a coluna estratigráfica algo controversa. Exemplo disso é a Formação Missão Velha que apresenta, igualmente, várias propostas estratigráficas distintas quanto à posição estratigráfica, espessura, abrangência e conteúdo litológico. Isso se desvenda mais acentuadamente devido à falta de fósseis que forneçam idades confiáveis. Assim, a análise estratigráfica detalhada utilizando-se os conceitos de fácies, elementos arquitetônicos, medidas de paleocorrentes e interpretação de sistemas deposicionais é a finalidade principal deste trabalho com objetivo de dirimir as questões estratigráficas da Formação Missão Velha. Para o escopo deste trabalho ora exposto, em nível da bacia, adotou-se a classificação estratigráfica de Neumann (1999) e de Neumann e Cabrera (1999, 2000), por sua vez com relação à Formação Missão Velha fundamentada nas propostas de Ponte e Appi (1990) e de Assine (1992).



**Figura 1.** Esquema das bacias fanerozoicas da região nordeste do Brasil com destaque para as bacias interiores das quais a Bacia do Araripe (no destaque) toma parte (modificada de Assine, 1992). *Legenda:* A = Araripe; IG = Iguatu; J = Jatobá; P = Potiguar; PB = Parnaíba; PP = Pernambuco-Paraíba; RP = Rio do Peixe; SA = Sergipe-Alagoas; T = Tucano.

A razão desta escolha fundamenta-se em que as unidades pós-rifte da Bacia do Araripe podem ser mapeadas na escala 1:25.000 e, portanto, representadas em mapa, o que permitiu a elevação das unidades à categoria de formação, unidade básica da classificação estratigráfica. Deste modo, a então Formação Santana passaria a ser denominada de Grupo Santana (com a adição da Formação Rio da Batateira), e seus membros Crato, Ipubi e Romualdo tendo sido elevados para formação (Neumann, 1999; Neumann e Cabrera, 1999, 2000). Isto está de acordo com o Código de Nomenclatura Estratigráfica vigente (Petri et al., 1986a, 1986b).

A Formação Missão Velha constitui-se, de acordo com a proposta de Ponte e Asmus (1978) e Ponte e Ponte-Filho (1996a, 1996b), em unidade arenosa principal da denominada Depressão Afro-Brasileira, conjunto de bacias que caracterizaram o Neojurássico no início da fragmentação do Supercontinente Gondwana. Este evento acha-se registrado em várias bacias do Nordeste do Brasil (Ponte, 1994), como as Bacias do Recôncavo-Tucano-Jatobá e de Sergipe e Alagoas. No entendimento dos autores mencionados, a Formação Missão Velha representaria a fase pré-rifte na evolução tectono-sedimentar das bacias da Depressão Afro-Brasileira. Mais recentemente, Fambrini et al. (2010a) propuseram divisão em seqüências tectono-deposicionais em base aos trabalhos de Prosser (1993) e de Almeida et al. (2009), adiante discutidas.

De acordo com este trabalho ora apresentado, a Formação Missão Velha (Figura 2) compreende uma sucessão sedimentar dominada por arenitos com troncos fósseis, com rochas mais finas subordinadas, aflorante no Vale do Cariri, porção leste da Bacia do Araripe. A exposição natural mais conhecida da unidade, famosa pela abundância de troncos fósseis silicificados, a localidade-tipo (Ponte e Appi, 1990) ocorre no sítio geológico da Grota Funda (Figura 3). A exposição mencionada foi objeto de análise de fácies e de sistemas deposicionais, assim como a região em torno, a área-tipo da Formação Velha.

## CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Bacia do Araripe situa-se sobre terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema (Brito-Neves, Santos, Van Schmus, 2000; Santos, Nutman, Brito-Neves, 2004), ao sul da Zona de Cisalhamento de Patos. Segundo Brito-Neves Santos e Van Schmus (2000), a província foi dividida em cinco grandes domínios tectônicos, diferenciados através de suas características litoestruturais e geocronológicas, sendo eles: Médio Coreau, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Zona Transversal (ou Domínio Central), Domínio Sul e Craton do São Francisco.

A Bacia do Araripe está localizada a oeste do Domínio Central ou Zona Transversal, no Terreno Piancó-Alto Brí-

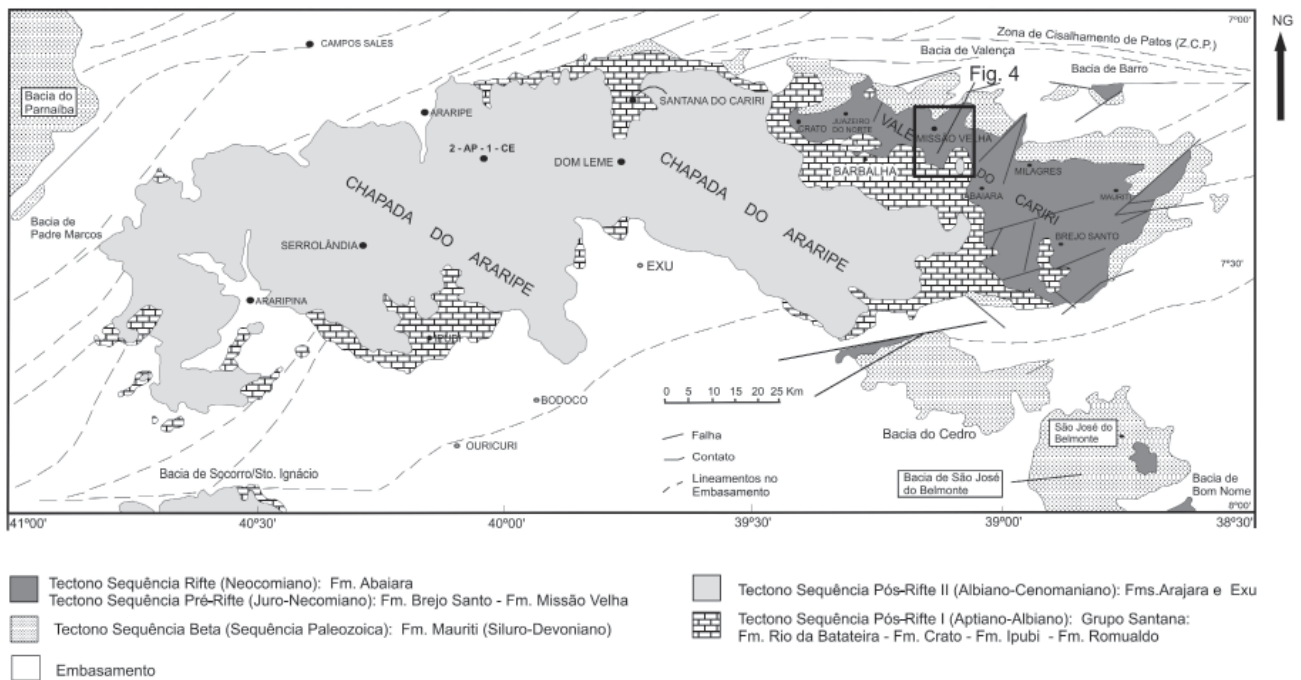


Figura 2. Mapa Geológico da Bacia do Araripe (modificado de Assine, 1992).

gida que constitui uma unidade geotectônica que se estende por 200 km desde a cidade de Ouricuri-PE até Piancó-PB, com direção NE-SW (Santos, Nutman, Brito-Neves, 2004). Este terreno possui uma forma sinuosa e está compreendido entre duas zonas de cisalhamento (Z.C.) importantes de direção E-W: Z.C. de Patos, a Norte, e Z.C. de Pernambuco, a Sul (Figura 1).

A bacia assenta-se sobre rochas metamórficas do Terreno Piancó-Alto Brígida. Esta faixa é composta por dois grupos (Gomes et al., 1981): Grupo Cachoeirinha, constituído por filitos e mica xistos de baixo grau metamórfico, metagrauvacas, quartzitos, metavulcânicas ácidas, formações ferríferas, metacarbonatos e metaconglomerados, e Grupo Salgueiro composto de micaxistos de fácies anfíbolito, paragneisses, mármore, quartzitos, anfíbolitos e metavulcânicas ácidas. Completam o quadro terrenos gnáissico-migmatíticos, do Grupo Bom Nome e rochas granitoides diversas.

A Bacia do Araripe apresenta estruturação segundo as direções NE-SW a E-W e, subordinadamente, NW-SE, coincidentes com descontinuidades do embasamento pré-cambriano, reaproveitadas para a instalação da referida bacia (Brito-Neves, 1990; Matos, 1992; Ponte, 1996; Ponte e Ponte-Filho, 1996a, 1996b). Na Bacia do Araripe são encontradas quatro principais tectono-sequências deposicionais limitadas por discordâncias de caráter regional que atestam a superposição de bacias originadas em contextos tectônicos distintos (Assine, 1990, 1992; Ponte e Ponte-Filho, 1996a, 1996b; Neumann e Cabrera, 1999; Assine, 2007; Fambrini et al., 2007, 2008; Hessel e Freitas, 2009), a saber: **1. Sequência Sinéclise**, constituída pela Formação Mauriti que se acha representada por arenitos médios

a grossos granodécrescentes de idade siluro-devoniana (Beurlen, 1963; Assine, 1992; Arai, 2006; Assine, 2007); **2. Sequência Pré-Rifte**, de idade jurássica, composta pelas formações Brejo Santo (predominantemente pelitos) e Missão Velha (arenitos grossos a finos e arenitos conglomeráticos); **3. Sequência Rifte**, constituída unicamente pela Formação Abaiara, de idade neocomiana, formada por sucessão de arenitos descontínuos lateralmente intercalados em folhelhos calcíferos de coloração variegada, **4. Sequência Pós-rifte**, separada em duas, Pós-rifte I e II (Assine, 2007; Araujo et al., 2008). A *Sequência Pós-rifte I*, de idade aptiano-albiana, registra o início e representa a principal fase pós-rifte da bacia, sendo constituída pelas formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi e Romualdo, que denota intervalo de tempo pequeno de um ciclo transgressivo-regressivo com ingressão marinha onde ocorre camada repleta de concreções carbonáticas fossilíferas e jazidas de gipsita (evaporitos) (Santos, 1982; Silva, 1983); por fim, *Sequência Pós-rifte II*, de idade albiano-cenomaniana, caracterizada por sedimentos aluviais das formações Arajara e Exu, indicativos de reativação tectônica nesse intervalo de tempo. Recentemente, Fambrini et al. (2010a) propôs a redefinição destes estágios evolutivos para a Bacia do Araripe, a saber: **1. Sequência Sinéclise** (provavelmente Paleozoico) composta pela Formação Mauriti; **2. Sequência de Início de Rifte a Clímax de Rifte Inicial** (Neojurássico) organizada nas formações Brejo Santo e Missão Velha (porção inferior); **3. Sequência de Clímax de Rifte Intermediário a Clímax de Rifte Tardio** (Neocomiano) constituída pelas formações Missão Velha (porção superior) e Abaiara, e **4. Sequência Pós-rifte** (Aptiano-Cenomaniano), conforme discutido na Introdução.



Figura 3. Fotomontagem do afloramento da Grota Funda, seção-tipo da Formação Missão Velha (seta aponta escada).

## A FORMAÇÃO MISSÃO VELHA

A Formação Missão Velha foi definida por Beurlen (1962, 1963) para englobar todo o pacote siliciclástico estratigraficamente inferior ao “Calcário Santana” de Small (1913) (Tabela 1), correlativo ao “Arenito Inferior” de Small (1913). Este autor propôs a primeira divisão estratigráfica da Bacia do Araripe (Tabela 1) separando o pacote sedimentar em “Conglomerado Basal” (Formação Mauriti), “Arenito Inferior” (equivalente às formações Brejo Santo, Missão Velha, Abaiara e Rio da Batateira), Calcários de Santana (Formação Santana) e Arenito Superior (Formações Arajara e Exu). Beurlen (1962, 1963) notou a presença abundante de troncos fósseis *in situ* nos arenitos da Formação Missão Velha. A concepção original de Beurlen incluía na parte inferior arenitos médios a finos argilosos; na porção mediana ocorreriam intercalações de camadas pelíticas (argilitos, folhelhos, siltitos e arenitos finos de coloração esverdeada a cinzenta) e, por fim, na porção superior apareceriam arenitos com intercalações de conglomerados. O autor considerou a unidade de idade neocomiana com base na suposição de que a unidade constituísse uma sucessão ininterrupta do Cretáceo. Assim, a Formação Missão Velha conforme Beurlen (1962, 1963) teria abrangência estratigráfica muito ampla, o que motivou diversas revisões do conceito. Com efeito, em seguida Gaspary e Anjos (1964) limitaram a Formação Missão Velha à parte arenosa superior da definição original de Beurlen (1962, 1963) por meio do desmembramento da seção basal pelítica, denominando-a de Formação Brejo Santo. Gaspary e Anjos (1964) situaram cronoestratigraficamente ambas as unidades no Neojurássico.

Pouco depois, Braun (1966) correlacionou a Formação Missão Velha da Bacia do Araripe à Formação Sergi do Grupo Brotas, unidade correlata nas bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. Deste modo, os pelitos basais relacionados à Formação Brejo Santo por Gaspary e Anjos (1964) foram correlacionados à Formação Aliança do Grupo Brotas. Com isso, Braun restringiu ainda mais a abrangência desta unidade litoestratigráfica. No entanto, o autor não percebeu que, através desta correlação com as formações Aliança e Sergi, eliminou toda a parte superior da Formação Missão Velha, conforme originalmente sugerida por Small (1913) e formalmente proposta por Beurlen (1962). Esta proposição estratigráfica foi seguida por diversos autores tais como Mabesoone e Tinoco (1973), Lima (1978a, 1979) e Silva (1983, 1986) (Tabela 1).

Proposições de modificação da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe e, em especial, da Formação Missão Velha, vieram à tona somente no final da década de 1980 (Ghignone, Couto, Assine, 1986; Berthou et al., 1988) e,

principalmente, no início da década de 1990 (Ponte et al., 1990; Berthou, 1990; Cavalcante e Viana, 1992; Ponte e Appi, 1990; Assine, 1990, 1992; Martill, 1993).

Dentre estas propostas, merece discussão mais aprofundada o trabalho de Ponte e Appi (1990) no qual realizaram profunda revisão da coluna litoestratigráfica da bacia (Tabela 1). No que tange à Formação Missão Velha, os autores separaram em três unidades diferentes o conjunto de arenitos e, subordinadamente, conglomerados e pelitos da unidade. Para a porção inferior mantiveram a denominação tradicional Formação Missão Velha ao se referirem aos arenitos grossos portadores de troncos fósseis silicificados, posicionando-os no Andar Dom João (Biozona RT-001 da PETROBRÁS, Vianna et al., 1971), andar local do Neojurássico (Tithoniano). Para a parte intermediária atribuíram a denominação Formação Abaiara, discutida também em Ponte e Ponte-Filho (1992), para reunir a sucessão de arenitos finos a médios com intercalações de siltitos e folhelhos que apresentam ostracodes fósseis típicos das biozonas indicativas dos andares Rio da Serra/Aratu, ou seja, do Neocomiano (Biozonas RT-002 e RT-003 da PETROBRÁS, Vianna et al., 1971). Para o topo da unidade, designaram de Formação Rio da Batateira ao conjunto sedimentar constituído por arenitos médios a finos intercalados com folhelhos negros a cinza, onde se destaca nível delgado de folhelho betuminoso (Camada Batateira de Hashimoto et al., 1987). Esta unidade foi posicionada no Andar Alagoas (andar local do Neoptiano) através de datações por polens e ostracodes (Lima, 1978b; Lima e Perinotto, 1984; Arai, Coimbra, Telles Jr., 2001; Coimbra, Arai, Carreño, 2002). A Formação Missão Velha, nesta proposição de Ponte e Appi (1990), apresentaria como importantes afloramentos exposição distante 6 km da cidade de Abaiara, conhecida como Morro do Cruzeiro, e a exposição da Grota Funda, a cerca de 8 km da cidade de Missão Velha.

Outra proposta litoestratigráfica digna de nota é o trabalho de Assine (1992). De acordo com este autor a Formação Missão Velha envolve única e exclusivamente os arenitos com madeira silicificada, situados logo acima dos folhelhos da Formação Brejo Santo.

Conforme demonstrado na Tabela 1, o contato entre as formações Brejo Santo e Missão Velha é concordante, segundo Assine (1990, 1992), marcado por uma passagem gradual de fácies pelíticas avermelhadas para fácies psamíticas sobrepostas, que denotam pouca variação granulométrica vertical, ilustrada pelo padrão em caixa observado no intervalo 837 a 1.023 m do poço estratigráfico 2-AR-I-CE (Assine, 1992). Deste modo, a Formação Missão Velha, na concepção de Assine (1992), comportaria arenitos finos na base que gradam para arenitos médios até grossos nas partes superiores, cuja espessura é



de aproximadamente 200 m, mantendo-se constante ao longo da bacia. Tal homogeneidade litológica, de acordo com o autor, é também observada na área de afloramentos ao longo do Vale do Cariri, onde a unidade caracterizar-se-ia por arenitos quartzosos, ligeiramente feldspáticos e/ou caolínicos, às vezes conglomeráticos, portadores de abundantes troncos fósseis silicificados, tentativamente atribuídos à conífera *Dadoxylon benderi* por Brito (1987), Ponte et al. (1990) e, mais recentemente, por Freitas, Hessel e Nogueira Neto (2008), Pires (2008) e Pires e Guerra-Sommer (2009). Análises palinológicas realizadas na Formação Missão Velha apontaram associação bastante sugestiva de idade jurássica (Arai, Coimbra, Telles Jr., 2001; Coimbra, Arai, Carreño, 2002; Arai, 2006). Os arenitos contêm estratos comumente decimétricos, com estratificações cruzadas tabulares ou acanaladas na maior parte das vezes (Assine, 1990, 1992). Níveis descontínuos, decimétricos a métricos, de siltitos arroxeados podem ocorrer intercalados. De acordo com Assine (1992), o perfil estratigráfico vertical, mostrando granocrescência ascendente gradual dos pelitos avermelhados da Formação Brejo Santo para os arenitos da Formação Missão Velha, permite interpretar um empilhamento sedimentar progradante, onde lagos rasos e/ou planícies aluviais distais úmidas foram colmatadas por sistemas fluviais, através de rios entrelaçados de pequeno a médio porte, mas de alta energia a julgar pela composição litológica e dimensões dos estratos. Doutra forma, Ponte e Appi (1990) e Ponte (1994) admitiram como sistema deposicional gerador dos arenitos da Formação Missão Velha um sistema fluvial predominantemente entrelaçado, cuja progradação sobre as áreas lacustres teria incitado seu assoreamento. Este autor sugeriu a predominância de climas mais úmidos no ambiente deposicional, com base na abundância de troncos silicificados significando a presença de extensas florestas nas áreas fontes.

Estes sedimentos correlacionam-se, ao nível regional, com aqueles das formações Sergi, das bacias do Recôncavo-Tucano-Jatobá (Brito, 1987; Assine, 1992, Brito et al., 1994; Ponte e Ponte-Filho, 1996a, 1996b; Valença, Neumann, Mabesoone, 2003; Arai, 2006; Scherer et al., 2007; Kuchle et al., 2011), e Serraria, da Bacia de Sergipe-Alagoas (Assine, 1992; Da Rosa e Garcia, 2000; Arai, 2006, Fambrini et al., 2009b; Kuchle et al., 2011).

Assine (2007) e Araujo et al. (2008) propuseram a redefinição da Formação Abaiara na qual incluíram exposições da Formação Missão Velha, tais como o Morro do Cruzeiro, município de Abaiara, rica em troncos fósseis silicificados. Os autores argumentaram que a simples presença de troncos fósseis silicificados, abundantes na Formação Missão Velha definida originalmente por Beurlen (1962, 1963), não define a unidade, pois estes poderiam

ser retrabalhados e se depositarem nos arenitos da Formação Abaiara. No entanto, os autores não cartografaram individualmente as unidades Missão Velha e Abaiara, e nem demonstraram a redefinição litoestratigráfica da Formação Abaiara através de datações bioestratigráficas.

Freitas, Hessel e Nogueira Neto (2008) mantiveram o conceito Formação Missão Velha relacionado à presença de arenitos variados que portam troncos fósseis de coníferas. Fambrini et al. (2009a, 2009b, 2010a, 2010b) e Araújo et al. (2010) realizaram análises de fácies, paleocorrentes e sistemas deposicionais para diferenciar as unidades Missão Velha e Abaiara, seguindo as propostas de Ponte e Appi (1990), Assine (1992) Freitas, Hessel e Nogueira Neto (2008). Tentativamente os autores individualizaram ambas as unidades em mapa com base em critérios estratigráficos, paleontológicos, de paleocorrentes e de sistemas deposicionais (Figura 4).

Neste trabalho, foi adotada a definição de Formação Missão Velha de Ponte e Appi (1990), seguida por Assine (1992), Neumann (1999), Neumann e Cabrera (1999) e revisada por Arai (2006), na qual esta unidade é constituída predominantemente por corpos arenosos amalgamados, lateralmente contínuos e portadores de abundantes troncos fósseis, onde os pelitos ocorrem subordinados (Fambrini et al. 2009a, 2009b).

## MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

O estudo da área-tipo da Formação Missão Velha baseou-se no mapeamento geológico 1:50.000 da unidade, fundamentado na descrição detalhada de mais de 70 afloramentos em quatro etapas de campo, além da interpretação de imagens de satélite da EMBRAPA e fotografias aéreas da CPRM (escalas 1:65.000 e 1:40.000), que resultaram no mapa geológico da Figura 4.

Os trabalhos de mapeamento geológico foram acompanhados por: **1.** levantamentos estratigráficos de detalhe, como aferição e confecção de seções colunares segundo método de Selley (1987, 2000); **2.** análises de fácies sedimentares, de acordo com os preceitos de Walker e James (1992) e Reading (1996); **3.** estabelecimento de litofácies sedimentares segundo a proposição de Miall (1977, 1978); **4.** análises de elementos arquitetônicos conforme os preceitos de Miall (1985, 1991, 1996, 2000) e de Miall e Tyler (1991), e pelos modelos aluviais e fluvio-eólicos de Miall (1988), Bordy e Catuneanu (2001), Jo e Chough (2001), Jones, Frostick e Aston (2001), Bordy, Hancox e Rubidge (2004), Opluštil, Martínek e Tarsányová (2005), Miall (2006), McLaurin e Steel (2007), Paim e Scherer (2007), Nichols e Fisher (2007), Le Heron et al. (2008), Bourquin, Guillocheau e Péron (2009), Almeida et al. (2009), entre outros, através da elaboração



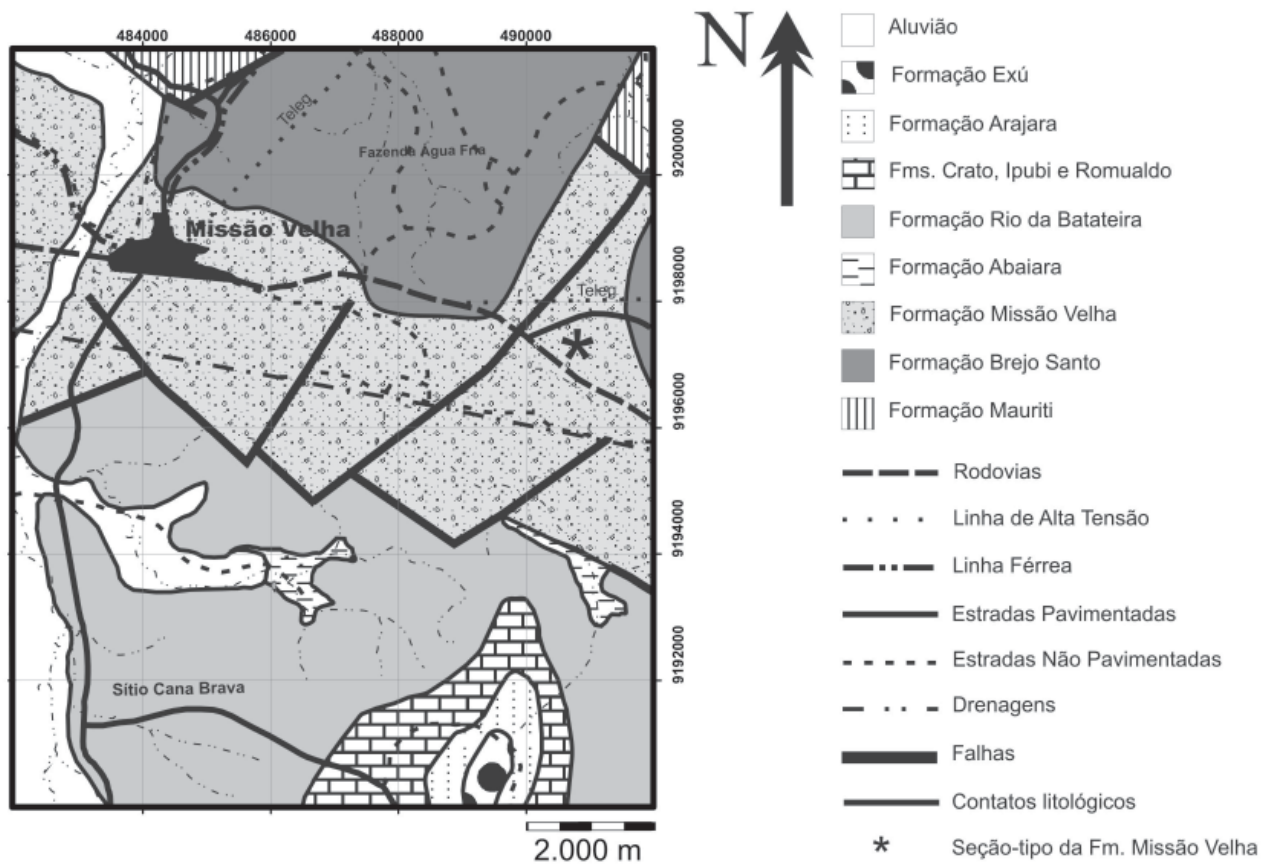


Figura 4. Mapa geológico da área-tipo da Formação Missão Velha na Bacia do Araripe (modificado de Tesser Jr., 2008).

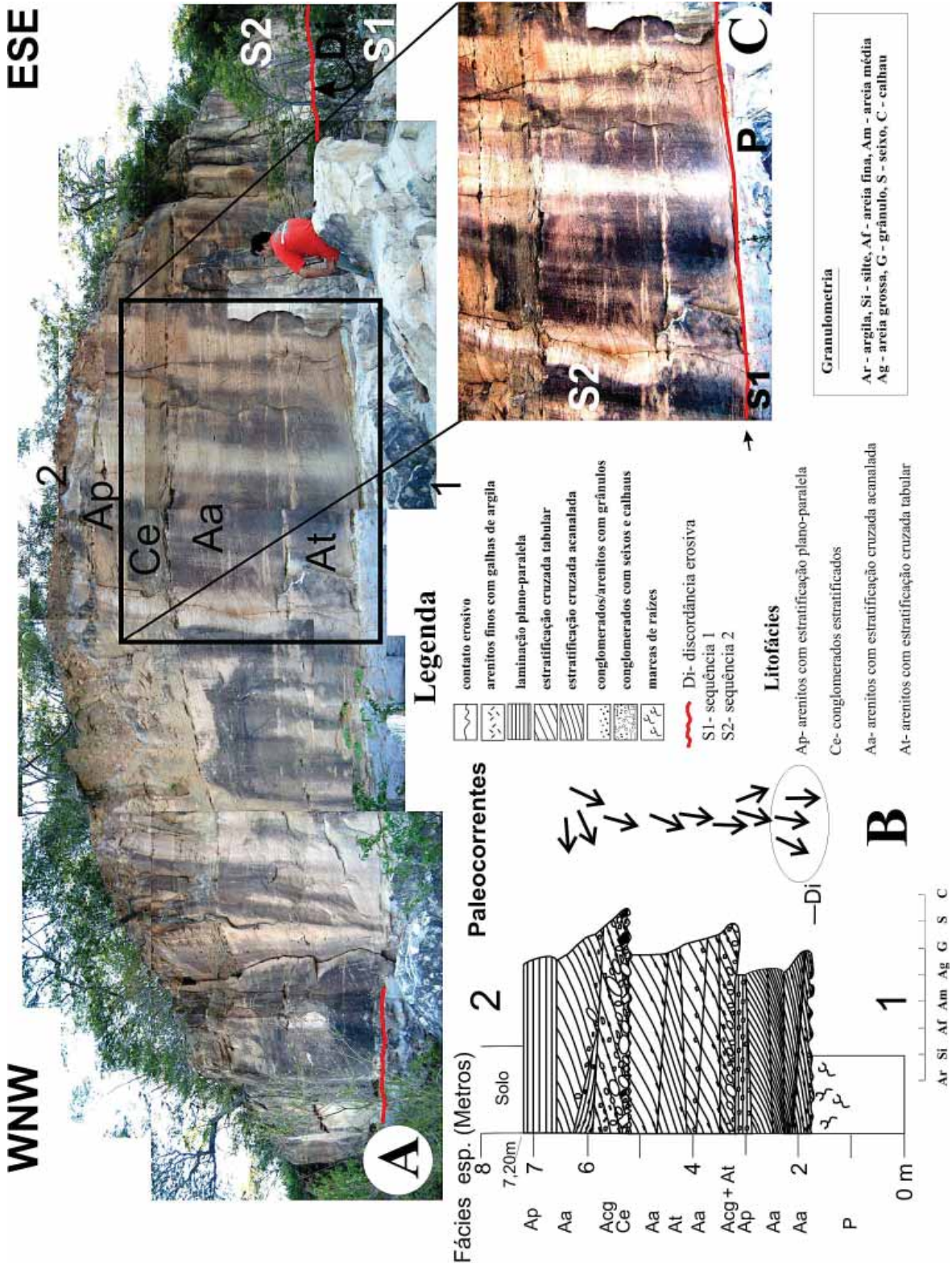
de painéis fotográficos (fotomosaicos) com base em Sgavetti (1991) e Wisevic (1991); e, por fim, 5. coleta de medidas de paleocorrentes ao longo de cada seção levantada. A interpretação dos sistemas deposicionais, com base em Walker (1992), Schanley e McCabe (1994), Reading (1996), Selley (2000) e Davies e Gibling (2003), o reconhecimento dos padrões de empilhamento e a caracterização das principais unidades litoestratigráficas levaram à interpretação de sistemas deposicionais (de acordo com Schanley e McCabe, 1994) e à proposição da evolução estratigráfica da Formação Missão Velha.

A análise de paleocorrentes baseou-se na medição sistemática de estruturas sedimentares indicadoras de paleofluxo, principalmente estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, conforme métodos de Miall (1974, 1996, 2000), Potter e Pettijohn (1977) e Assine (1994). Quando necessário, os dados coletados foram corrigidos de forma a se restabelecer a posição original de cada plano ou eixo antes da deformação e consequente basculamento das camadas.

## RESULTADOS

### Análise de fácies sedimentares e de elementos arquitetônicos

A análise de fácies sedimentares e de elementos arquitetônicos, combinada com a análise de sistemas deposicionais discutida a seguir, permitiu o entendimento da distribuição e da evolução das rochas sedimentares da Formação Missão Velha. Com efeito, foi realizado o detalhamento dos conjuntos previamente identificados, o reconhecimento de alguns sistemas deposicionais de menor abrangência anteriormente não observados e uma correlação mais clara das transições laterais dos sistemas deposicionais. Nesse sentido, o afloramento da Grota Funda (Figura 3) foi analisado em detalhe através de montagem de painel fotográfico (Figura 5A), levantamento de seção colunar de detalhe (Figura 5B) e análise e interpretação das fácies com coleta de medidas de paleocorrentes (Figura 5C), assim como outras exposições na área-tipo.



**Figura 5.** Afloramento da Grotto Funda, seção-tipo da Formação Missão Velha. **A.** Fotomontagem de detalhe do afloramento com as principais fácies. **B.** Seção colunar do afloramento com as paleocorrentes medidas. **C.** Detalhe de A (arenitos exibindo estratificações cruzadas), onde se coletou medidas de paleocorrentes em estratos cruzados tabulares e acamalados (vide medidas na seção colunar que se inicia em 1 e termina em 2). Modificada de Fambrini et al. (2010b, 2010c).

Por meio de análise de fácies sedimentares e de elementos arquitetônicos, combinada com a análise de sistemas deposicionais e paleocorrentes discutida a seguir, a Formação Missão Velha pode ser subdividida em duas seqüências deposicionais, definidas informalmente como Seqüência 1 e Seqüência 2. Estas serão apresentadas e discutidas adiante em tópico específico.

### *Análise de fácies sedimentares*

As fácies distinguidas estão sumarizadas na Tabela 2 e estão descritas pormenorizadamente a seguir.

#### Fácies de Conglomerados Maciços (Fácies Cm)

Esta fácies foi encontrada apenas na seção da localidade da Grota Funda, e restrita a alguns pequenos corpos basais às demais fácies. A Fácies Cm consiste de conglomerados de seixos cujos tamanhos variam de 0,5 a 8 cm. Camadas individuais podem excepcionalmente atingir até 60 cm de espessura, mas usualmente medem entre 10 e 20 cm, com porções basais bruscas e planas. Esta fácies é sobreposta por corpos de conglomerados grossos, e se posta acima de conglomerados e/ou arenitos grossos, médios e até finos. A Fácies Cm mostra-se mal selecionada, desorganizada, sustentada pelos clastos, composição oligomítica, e contém seixos subarredondados. Apresenta-se maciça, ou pobremente estratificada, esporadicamente possui leitões preservados de material mais grosso junto à camadas mais finas, indicando variações nas condições hidrodinâmicas e a natureza multifásica da deposição da fácies. A matriz é composta principalmente de arenito grosso moderadamente selecionado a conglomerados finos (grânulos). A composição dos clastos inclui quartzo, quartzo leitoso e, subordinadamente, rochas metamórficas (quartzito, xistos). A ausência de estruturas sedimentares, a má seleção granulométrica, e a mistura de material fino com grosso sugerem que os conglomerados da Fácies Cm foram sedimentados por processos de fluxos gravitacionais, provavelmente fluxo de detritos.

#### Fácies de Conglomerados Estratificados (Fácies Ce)

Esta fácies compõe-se de conglomerados estratificados (arcabouço constituído predominantemente por seixos de até 7 cm de diâmetro máximo) dispostos em camadas lenticulares delgadas (até 30 cm), sustentados pelo arcabouço, cujos clastos são subangulosos a subarredondados (Figura 6A). A estratificação é conspícua e do tipo plano-paralelo. Nos níveis conglomeráticos os fragmentos detríticos compõem-se de quartzo leitoso, quartzo cin-

za, fragmentos líticos, além de troncos fósseis silicificados (dimensão máxima de aproximadamente 0,35 x 0,95 m) na exposição natural da localidade de Grota Funda. A matriz consiste de arenito grosso levemente arcoseano, mal selecionado. Esta fácies subordina-se às fácies Aa e Acg, adiante discutidas. A Fácies de Conglomerados Estratificados (Fácies Ce) é interpretada como depósitos de correntes aquosas em barras longitudinais fluviais segundo os preceitos de Miall (1977, 1996).

#### Fácies de Conglomerados com Estratificação Cruzada Acanalada (Fácies Ca)

Estes conglomerados sustentados pela matriz ou pelo arcabouço são mal a moderadamente classificados, com seixos subarredondados. Conglomerados mais grossos (i.e. de calhaus) são menos comuns porém não raros. Estes são moderadamente classificados, suportados pelos clastos e contêm seixos subarredondados e, tipicamente, abundantes troncos fósseis silicificados (tamanho máximo de aproximadamente 1,70 x 1,40 m) na exposição natural conhecida como Morro do Cruzeiro. Tamanho médio dos seixos situa-se entre 0,5 e 4 cm, com um máximo de 20 cm. A matriz de conglomerado é formada por arenito grosso a médio e/ou conglomerado de grânulos, ocasionalmente com alguma quantidade de material vegetal compactado. Clastos de arenito fino e siltito, derivados de estratos subjacentes, por vezes ocorrem próximo à base dos conglomerados. Nódulos limoníticos esferoidais podem ocorrer. As estruturas sedimentares mais comuns são estratificações cruzadas acanaladas de grande e médio portes com clastos imbricados. Ciclos granodecrescentes que terminam em arenito grosso a médio são observados. Os conglomerados desta fácies apresentam base erosiva, com relevo entre 0,5 e 1,2 m. A base é caracterizada por lag de seixos com poucos centímetros de espessura. Geometria predominante é lenticular. Esta fácies alterna com a fácies de arenitos com estratificações cruzadas. Os conglomerados destas fácies foram depositados por tração através de corrente unidirecional. Estratificações cruzadas acanaladas de grande e médio portes indicam alta descarga de deposição em ambiente de alta energia, ocasionando a migração de dunas subaquosas e barras.

#### Fácies de Conglomerados com Estratificação Cruzada Tabular (Fácies Ct)

Esta fácies de Conglomerados com Estratificação Cruzada Tabular (Fácies Ct) apresenta-se mal a pouco selecionada, cujos conglomerados acham-se suportados pelos clastos (seixos) em geral subarredondados e constituídos de quartzo, quartzo leitoso e quartzito. Dentre as estruturas sedimentares incluem estratificações cruzadas tabulares de

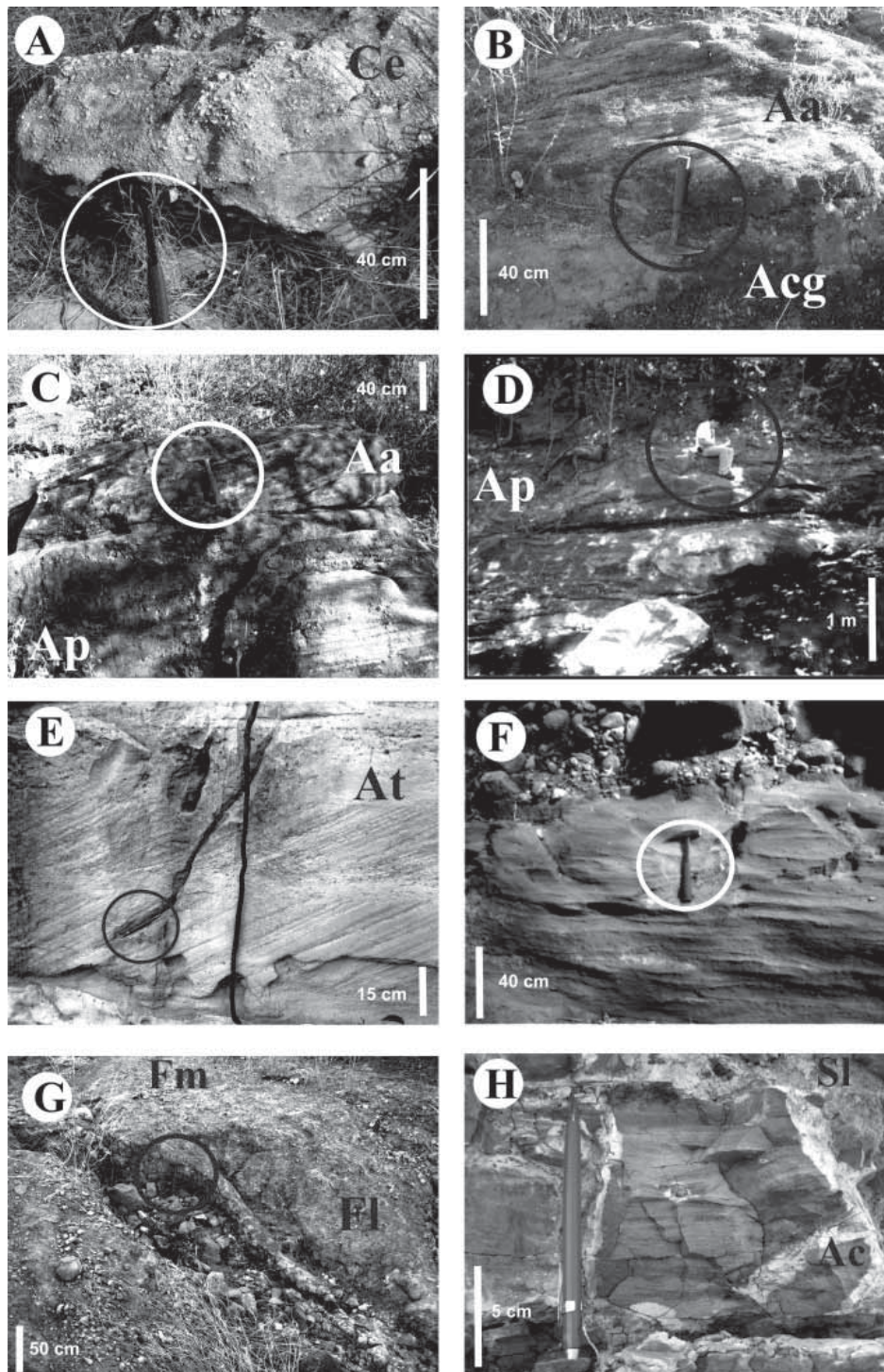
Tabela 2. Resumo das principais fácies da Formação Missão Velha na região homônima, Bacia do Araripe. Esquema de fácies a partir de Miall (1978, 1996), siglas entre parêntesis em inglês.

<b>Código</b>	<b>Litofácies</b>	<b>Descrição e estruturas sedimentares</b>	<b>Interpretação</b>
<b>Cm (Gm)</b>	Conglomerados maciços	Conglomerados maciços; desorganizados, dispostos em camadas delgadas (10 - 20 cm), sustentados pelo arcabouço (seixos de até 8 cm), oligomíticos, cujos clastos são subarredondados.	Processos de fluxos gravitacionais, provavelmente fluxo de detritos
<b>Ce (Gs)</b>	Conglomerados com estratificação plano-paralela	Conglomerados de seixos, estratificados, organizados em camadas lenticulares delgadas (até 30 cm), sustentados pelo arcabouço da granulometria seixo (diam. máx. = 7 cm), cujos clastos são subangulosos a sub-arredondados.	Depósitos de correntes aquosas em barras longitudinais fluviais.
<b>Ca (Gt)</b>	Conglomerados com estratificação cruzada acanalada	Conglomerados de seixos, com estratificação cruzada acanalada de médio e pequeno porte, organizados em camadas lenticulares, sustentados pelo arcabouço da granulometria seixo (0,5 a 4 cm), cujos clastos são subarredondados.	Depósitos de correntes aquosas em barras longitudinais fluviais.
<b>Ct (Gp)</b>	Conglomerados com estratificação cruzada tabular	Conglomerados organizados, com estratificação cruzada tabular de médio e pequeno porte, lentes arenosas intercaladas. Geralmente sustentados por clastos, matriz de arenito mal selecionado, mas com ocorrência de bolsões métricos sustentados pelo arcabouço, com frequente imbricação de clastos. Estes possuem dimensões entre 2 e 10 cm, com tamanho máximo de 18 cm, e são subangulosos a arredondados.	Depósitos de preenchimento de canais de sistemas fluviais de rios entrelaçados de granulção grossa associados a leques aluviats em ambiente de alta energia.
<b>Acg (Scg)</b>	Arenitos conglomeráticos com estratificações cruzadas acanaladas	Arenitos conglomeráticos de seixos e grânulos, mal selecionados, matriz grossa a média de composição levemente arcoseana, com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno e médio porte, geralmente com abundantes troncos fósseis silicificados e com concentração de clastos bem arredondados a subangulosos nos estratos frontais das estratificações. Ocorrem como delgados pacotes homogêneos, frequentemente com bolsões conglomeráticos marcando base erosiva. Formam ciclos granodrecrescentes.	Depósitos de dunas subaquáticas de regime de fluxo inferior em canais fluviais entrelaçados de alta energia.
<b>Aa (St)</b>	Arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas acanaladas	Arenitos grossos a médios com grânulos, quartzos, mal selecionados, geometria lenticular, com troncos fósseis silicificados, formando ciclos granodrecrescentes, com estratificações cruzadas acanaladas e tabulares de até 1 m de espessura. Ocorrem como espessos pacotes homogêneos, de base erosiva.	Migração de formas de leito tridimensionais. Depósitos de dunas subaquáticas de cristas sinuosas em regime de fluxo inferior em canais fluviais entrelaçados de alta energia.

(continua...)

Tabela 2. (continuação)

<b>Código</b>	<b>Litofácies</b>	<b>Descrição e estruturas sedimentares</b>	<b>Interpretação</b>
<b>At (Sp)</b>	Arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas tabulares	Arenitos grossos a médios, arcoseanos, com seixos esparsos, mal selecionados, com estratificações cruzadas tabulares, em camadas normalmente lenticulares de pequeno e médio porte (20 - 50 cm).	Depósitos de barras longitudinais de correntes fluviais de rios entrelaçados, associados com arenitos de fácies Aa ou de ocorrência isolada.
<b>Ap (Sh)</b>	Arenitos grossos a médios com estratificação plano-paralela	Arenitos grossos a médios, excepcionalmente finos, geralmente micáceos, quartzosos, bem estratificados, dispostos em camadas normalmente tabulares de espessuras decimétricas. Além da estratificação plano-paralela, apresentam frequentemente níveis centimétricos de seixos (1 - 2 cm) e grânulos na base das camadas que originam gradação normal.	Depósitos de fluxo laminar superior em barras transversais ou linguoides de sistemas fluviais de rios entrelaçados. Podem representar também <i>sand waves</i>
<b>Ac (Sr)</b>	Horizontes heterolíticos laminados	Camadas decimétricas de horizontes heterolíticos formados por interlaminadoes paralelas de arenitos finos com estratificação plano-paralela e com laminações cruzadas cavalgantes e pelitos com laminação plano-paralela.	Canais de "crevasse" gerados por canais secundários formados pelo rompimento de diques marginais
<b>Ad (Sd)</b>	Arenitos finos com estruturas de deformação	Arenitos finos a silticos, geometria tabular, de espessura decimétrica (20 - 60 cm), estratificados, com estruturas de deformação por sobrecarga tais como laminações convolutas e estruturas em chama ( <i>flame</i> ).	Ação de correntes subaquosas densas que provocaram deformação nas camadas não consolidadas de substrato fluvial.
<b>Ar (Sla)</b>	Arenitos finos a médios com estratificações cruzadas truncantes	Arenitos finos a médios, bem selecionados por nível, com estratificação cruzada de baixo-ângulo, truncantes, laminações granulométricas bimodais e laminações cavalgantes de baixo-ângulo.	Depósitos de lençóis eólicos devido ao retrabalhamento de sedimentos fluviais
<b>SI (FI)</b>	Siltitos e arenitos finos laminados	Siltitos e arenitos finos a muito finos muito micáceos, cuja estrutura principal é a laminação plano-paralela. Ocorrem em camadas geralmente tabulares, e raramente lenticulares, de espessura centimétrica a decimétrica.	Depósitos de correntes subaquáticas predominantemente de regime de fluxo inferior.
<b>FI (Fh)</b>	Argilitos laminados	Argilitos com laminação plano-paralela milimétrica demarcada por níveis esbranquiçados e acastanhados intercalados. Lâminas geralmente tabulares, e raramente lenticulares, de espessura centimétrica.	Depósitos distais de planície de inundação sob ação de correntes subaquáticas predominantemente em regime de fluxo inferior.
<b>Fm (Fm)</b>	Argilitos maciços	Argilitos de coloração vermelho-iliás, maciços com níveis mosqueados.	Depósitos distais de planície de inundação sob ação de suspensão.
<b>P (Fr)</b>	Camada de raízes ( <i>Root bed</i> )	Horizonte de paleossolo de coloração lilás a púrpura, com diversas evidências de bioturbações, marcas de raízes e feições pedogenéticas. Pode ser carbonático (calcrete), argiloso ou ferruginoso (ferricrete).	Presença de nível de exposição subaérea e pausa na sedimentação



**Figura 6.** Fácies identificadas e descritas na área-tipo da Formação Missão Velha. **A.** Fácies Ce e Ca conglomerados estratificados. **B.** Fácies Aa e Acg arenitos e arenitos conglomeráticos com estratificações cruzadas acanaladas. **C.** Fácies Aa e Ap arenitos com estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, respectivamente. **D.** Fácies Ap arenitos com estratificação plano-paralela. **E.** Fácies At arenitos com estratificações cruzadas tabulares. **F.** Fácies Sl arenitos e siltitos, bem estratificados, intercalados com (G). **G.** Horizontes pelíticos (fácies Fsm e Fl), argillitos maciços ou com laminação plano-paralela. **H.** Fácies Ac arenitos com laminações cruzadas cavalgantes e Sl siltitos e arenitos finos laminados. Círculos e barras brancas verticais indicam escala. Modificada de Fambrini et al. (2009b).

pequeno e médio portes (0,3 - 1 m) e imbricação de clastos. Em alguns casos granodecrescência ascendente com variação para arenitos é observada. Matriz destes conglomerados é composta de arenito grosso e/ou conglomerado fino (seixos), ocasionalmente com alguma quantidade de fragmentos de argila. Clastos derivados de sedimentos subjacentes raramente ocorrem na base destes conglomerados, com tamanhos entre 2 e 10 cm, e máximo de 18 cm (uma ocorrência). Nódulos limoníticos esferoidais são comuns. O contato inferior da Fácies Ct é brusco e erosivo, com até 0,5 m de cortes profundos em depósitos subjacentes. Esta fácies recobre arenitos finos a médios com estratificação cruzada na maioria dos casos. Depósitos sobrejacentes consistem em arenitos grossos a conglomeráticos (Fácies Acg), conglomerados médios a grossos (Fácies Ca, Ce) e, raramente, conglomerados maciços (Fácies Cm) e arenitos finos.

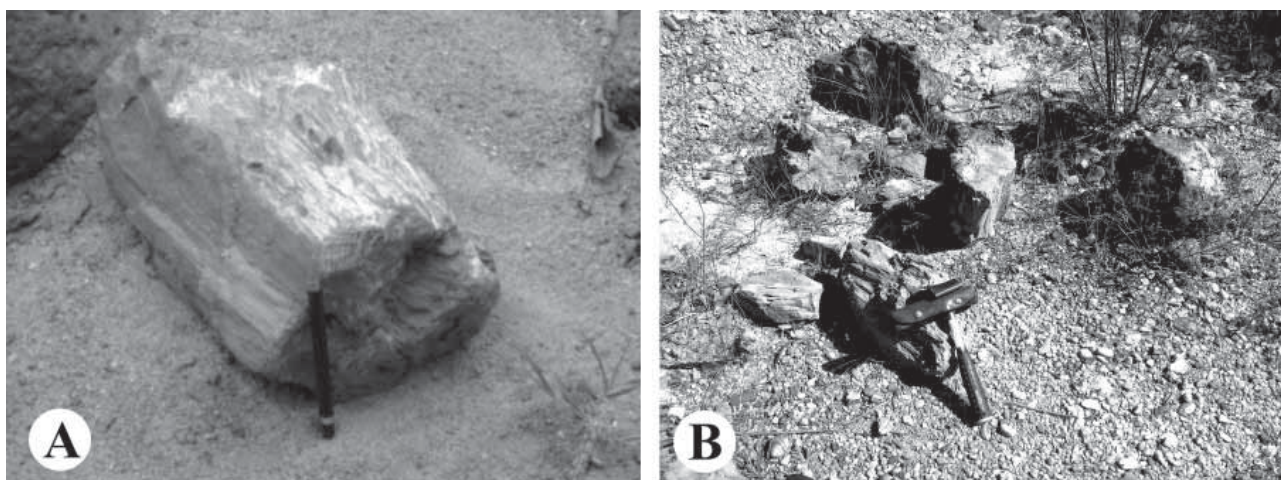
#### Fácies de Arenitos Conglomeráticos (Fácies Acg)

A Fácies de Arenitos Conglomeráticos (Fácies Acg) é bem exposta na área-tipo da Formação Missão Velha, assim como as fácies Aa e At, abaixo definidas. A Fácies Acg é formada por arenitos muito grossos a conglomeráticos de grânulos até seixos, quartzosos, localmente conglomerados de seixos, de coloração amarelo esbranquiçada, com abundantes troncos fósseis silicificados, formando ciclos granodecrescentes (Figura 6B). Cavalcante e Vianna (1992) denominaram-na de Fácies B. A geometria dos corpos de arenitos é predominantemente lenticular, onde os pacotes arenosos acham-se amalgamados. Como estruturas sedimentares ocorrem diversas estratificações cruzadas

acanaladas de pequeno e médio portes (0,2 - 1 m), estruturas de corte e preenchimento e com concentração de clastos bem arredondados a subangulosos nos estratos frontais das estratificações. É comum a presença de níveis lenticulares de seixos na base das camadas ou dos estratos cruzados. Ocorrem como delgados pacotes homogêneos, frequentemente com bolsões conglomeráticos marcando base erosiva. Esta fácies representa depósitos de dunas subaquáticas de regime de fluxo inferior em canais fluviais entrelaçados de acordo com os princípios de Miall (1977, 1981, 1996).

#### Fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Acanalada (Fácies Aa)

Juntamente com as fácies Acg e At, a Fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Acanalada (Fácies Aa) é também muito bem exposta na área-tipo da Formação Missão Velha. Esta fácies compreende arenitos grossos a médios com grânulos e seixos, de geometria lenticular, quartzosos, levemente arcoseanos e/ou caulínicos, localmente conglomeráticos (arcabouço < 50%), com má seleção granulométrica e mineralógica, cuja estrutura predominante são estratificações cruzadas acanaladas de médio e grande porte (> 50 cm) realçadas por clastos dispostos nos estratos frontais (foresets) das estratificações (Figuras 6B e 6C). Nos estratos é muito abundante a presença de fósseis de troncos silicificados, por vezes constituindo concentração anômala como na exposição da Grotta Funda (Figuras 7A e B). A sucessão sedimentar perfaz ciclos granodecrescentes (Figura 5B) de geometria tabular e grande persistência lateral (> 30 m). De forma localiza-



**Figura 7.** Troncos fósseis da Formação Missão Velha, feição muito conspicua na exposição da Grotta Funda. **A.** Detalhe de tronco fóssil, escala caneta de 15 cm. **B.** Abundantes troncos fósseis de tamanhos variados. Martelo de 25 cm como escala.

da, estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte podem ocorrer (< 30 cm). Nota-se, igualmente, a presença de fragmentos de argilito orientados segundo as estratificações cruzadas acanaladas. Esta fácies é interpretada como depósitos de migração de formas de leito 3D geradas por depósitos de dunas subaquáticas de cristas sinuosas em regime de fluxo inferior em canais fluviais entrelaçados de alta energia.

#### Fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Tabular (Fácies At)

Esta fácies é uma das mais bem expostas na área-tipo da Formação Missão Velha. Esta fácies é constituída por arenitos médios a grossos, arcoseanos, com má seleção granulométrica, de coloração castanha a rosada, com estratificação cruzada tabular, dispostos em camadas decimétricas de pequeno e médio porte (Figura 6E) de geometria tabular e grande persistência lateral (> 50 m). São interpretados como depósitos de migração de barras longitudinais de correntes fluviais de canais entrelaçados (Figura 5D) de acordo com os preceitos de Miall (1977, 1981, 1996).

#### Fácies de Arenitos com Estratificação Plano-Paralela (Fácies Ap)

Esta fácies é formada de arenitos médios a finos com seixos esparsos, localmente conglomeráticos, bem estratificados, mal selecionados, constituídos por camadas decimétricas (30 - 75 cm) de geometria tabular de grande persistência lateral (5 - 20 m), com estratificação plano-paralela conspícua (Figura 6D). Há a presença de fragmentos de argilito postados nas estratificações plano-paralelas nos níveis conglomeráticos. Representam depósitos de fluxo laminar superior em barras transversais ou linguoides de sistemas fluviais de rios entrelaçados. Podem representar também *sand waves*.

#### Fácies de Arenitos com Laminações Cruzadas Cavalgantes (Fácies Ac)

Esta fácies compreende níveis delgados recorrentes de arenitos finos a muito finos, bem estratificados, dispostos em camadas decimétricas (15 - 30 cm), siltosos a argilosos, ora tabulares, ora lenticulares, intercalados com horizontes pelíticos com laminação plano-paralela. Ocorrem laminações cruzadas cavalgantes (*climbing-ripples*) nos níveis de arenitos sílticos de porte centimétrico (Figura 6H). Esta fácies é interpretada como produzida por canais de “crevasse” gerados por canais secundários formados pelo rompimento de diques marginais de rios meandrantos.

#### Fácies de Arenitos com Estruturas de Deformação (Fácies Ad)

Esta fácies ocorre de maneira muito subordinada e abarcam arenitos finos a sílticos, geometria tabular, de espessura decimétrica (20 - 60 cm), estratificados, com estruturas de deformação por sobrecarga. Ocorre intercalado com os arenitos conglomeráticos (Fácies B de Cavalcante e Vianna, 1992). As estruturas deformacionais compreendem laminações contorcidas e estruturas de sobrecarga como estruturas em chama (flames). É interpretada como decorrente da ação de correntes subaquáticas densas que provocaram sobrecarga e deformação nas camadas não consolidadas de leito fluvial.

#### Fácies de Siltitos e Arenitos Finos Laminados (Fácies Si)

Intercalações de lâminas centimétricas de **1.** arenitos finos a muito finos, sílticos a argilosos, tabulares, bem laminados e **2.** siltitos cinza esbranquiçado a ocre, laminados e **3.** camadas decimétricas (25 - 60 cm) de horizontes pelíticos de coloração castanho avermelhada a arroxeadada, com laminação plano-paralela (Figura 6F). Esta fácies foi interpretada como depósitos de correntes subaquáticas geradas predominantemente sob regime de fluxo inferior.

#### Fácies de Argilitos Laminados (Fácies Fi)

Argilitos avermelhados a acastanhados com laminação plano-paralela milimétrica demarcada por níveis esbranquiçados e acastanhados intercalados, geralmente tabulares, e raramente lenticulares, de espessura centimétrica (Figura 6G). A Fácies Fi constitui depósitos distais de planície de inundação provocados pela ação de correntes subaquáticas predominantemente em regime de fluxo inferior.

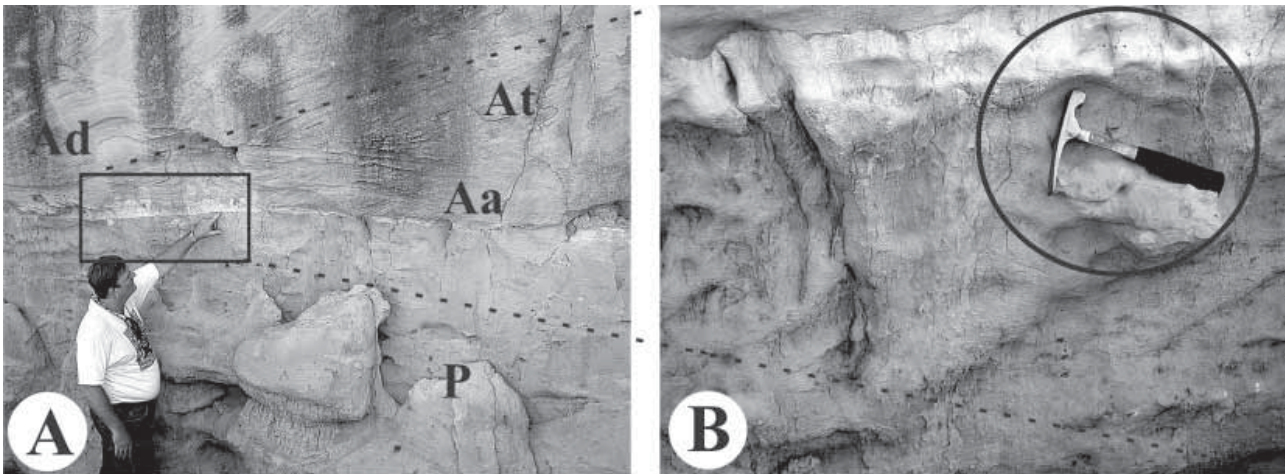
#### Fácies de Argilitos Maciços (Fácies Fm)

Argilitos de coloração vermelho-lilás, maciços com níveis mosqueados. São interpretados como depósitos mais distais de planície de inundação (Figura 6G).

#### Fácies Pedogenética (Paleossolo) (Fácies Fr)

Paleossolo de coloração lilás a púrpura (Figura 8), com bioturbações, diversas marcas de raízes e feições pedogenéticas tais como alteração intensa do protólito com porções preservadas da rocha original (inclusive a estratificação cruzada) e variação intensa da tonalidade da coloração. Indica a presença de nível de exposição subaérea e pausa na sedimentação.





**Figura 8.** Nível de paleossolo (P) da Fácies Fr em sistema fluvial da Formação Missão Velha. **A.** Aspecto geral da fácies e sua relação com as fácies Aa, At e Ad. **B.** Detalhe do nível.

#### Fácies de Arenitos com Estratificações Cruzadas Truncantes (Fácies Ar)

A Fácies Ar consiste de arenitos finos a médios, bem selecionados por horizonte, com estratificações cruzadas truncantes acanaladas de baixo-ângulo, internamente compostas de laminações granulométricas bimodais (*pin-stripe*) e laminações transladantes de baixo-ângulo indicativas de deposição por lençóis eólicos devido ao retrabalhamento de sedimentos fluviais (Figura 9).



**Figura 9.** Fácies de Arenitos com Estratificações Cruzadas Truncantes (Fácies Ar) de provável origem eólica da Formação Missão Velha.

#### Associações de fácies

As associações de fácies e elementos arquitetônicos relacionados encontrados na Formação Missão Velha na área-tipo são discutidos abaixo (ver Tabelas 3 e 4). A associação de fácies de Arenitos e Conglomerados Estratificados e Amalgamados (facies Ce, Aa, At, Ap e Ad) indica deposição em canais (elemento CH), lençóis de areia laminada (elemento LS), barras cascalhosas (elemento GB) e acreção a favor do fluxo em depósitos fluviais entrelaçados multiepisódicos, com sedimentação em lâmina de água variável. A associação de fácies de Arenitos Tabulares Sobrepostos envolve o elemento arquitetônico lençóis de areia laminada (elemento LS) que denota depósitos desconfinados formados por regime de fluxo superior através de cheias rápidas em planície aluvial arenosa. A associação de fácies de Arenitos em Lençóis Amalgamados (facies Ce, Acg, Aa, Ap, At, e Ac) sugere deposição em lençóis de areia laminada (elemento LS) e formas de leitos arenosas (elemento SB) em sistema fluvial entrelaçado de baixa de confinamento, canais instáveis e raros depósitos de várzea. Depósitos finos de transbordamento (elemento arquitetônico FF com facies Fm, Fsm e Fl) representam depósitos de planície de inundação da planície aluvial, com zonas temporárias de lagos e pântanos, provavelmente sistemas fluviais meandranes (Miall, 2006).

#### Análise de elementos arquitetônicos

Dez elementos arquitetônicos foram reconhecidos na área-tipo da Formação Missão Velha, a saber: **CH:** ca-

**Tabela 3.** Principais elementos arquitetônicos fluviais da Formação Missão Velha na área-tipo. Código dos elementos arquitetônicos com base em Miall (1985, 1996, 2006).

---

CH ( <i>Channels</i> ) - canal
DA ( <i>Downstream-accretion macroforms</i> ) - macroformas de acréscimo para jusante
GB ( <i>Gravel bars and bedforms</i> ) - formas de leito cascalhosas (barras)
SB ( <i>Sand bars and bedforms</i> ) - formas de leitos arenosos (barras)
SB (p) ( <i>Sand bedform with planar cross-stratification</i> ) - formas de leitos arenosos com estratificação cruzada tabular (p)
SG ( <i>sediment gravity flows</i> ) - fluxos gravitacionais
OFch ( <i>Overbank flow of channel (levee, crevasse and channel splay)</i> ) - depósitos de transbordamento ( <i>overbank</i> ) como diques, <i>crevasse</i> e <i>channel splays</i>
LS ( <i>Laminated sand sheet</i> ) - lençóis de areia laminada
LA ( <i>Lateral-accretion macroforms</i> ) - depósito de acréscimo lateral
FF ( <i>Floodplain fines</i> ) - depósitos finos de planície de inundação

---

nais, **GB:** formas de leito cascalhosas, **SG:** barras, **SB:** formas de leitos arenosos, **SB(p):** formas de leitos arenosos com estratificação cruzada tabular (p), **OFch:** depósitos de transbordamento (*overbank*) como diques, *crevasse* e *channel splays*, **DA:** macroformas de acréscimo para jusante, **LS:** lençóis de areia laminada, **LA:** depósito de acréscimo lateral e **FF:** depósitos finos de planície de inundação. Nem todos esses elementos foram observados em cada afloramento. Estes elementos, definidos por suas geometrias e superfícies delimitadoras, formam a base para ambientes de deposição de interpretação.

As fácies Ca e Ce são representativas das porções proximais e medianas de sistemas de leques aluviais, respectivamente, com a predominância dos elementos SG (barras) e GB (formas de leito cascalhosas). As fácies Aa, Ap, At e Ah representam porções mediano-distais a distais de sistemas fluviais entrelaçados de alta energia com os elementos arquitetônicos SB (formas de leitos arenosos), LS (lençóis de areia laminada), DA (macroformas de acréscimo para jusante) e, subordinadamente, os elementos LA (depósito de acréscimo lateral) e CH (canais).

O elemento SB inclui extensos campos de marcas onduladas e dunas menores (fácies Ah, Aa e At) cuja gênese está relacionada ao desenvolvimento de barras formadas a partir da migração de formas de leito de canal a jusante, ou ao topo de barras formadas por fluxos em lençol de depósitos de *crevasse splays*.

Os canais (elementos CH) ocorrem associados a todos os demais elementos, em diferentes escalas (vide Tabela 4). Este elemento arquitetural apresenta grande quantidade de canais menores e complexos de barras. Uma das características marcantes nos afloramentos da área estudada

é a ocorrência de inúmeros canais menores com dimensões de até dezenas de metros.

As macroformas de acréscimo lateral (elemento LA) relacionam-se a porções do canal fluvial onde os fluxos principais são apontados para o banco de sedimentos, principalmente em uma curva do rio, e as forças centrípetas acarretam o desenvolvimento de turbulência (“rebojo”) helicoidal, ocasionando corrente oblíqua ao banco. Em decorrência da redução do stress, a porção do canal torna-se local favorável à deposição de sedimentos proporcionando o crescimento lateral (acréscimo lateral) do banco em direção perpendicular ao fluxo principal do canal (Miall, 1985, 1988, 1996). Este tipo de elemento arquitetônico é restrito na área de estudo, o que sugere que os canais fluviais apresentassem baixa sinuosidade.

O elemento LS, constituído pelas fácies Ap e Am, representa depósitos extra canal gerados em períodos de enchente. Compõem abas (faldas) de areia laminadas que podem estar associadas a depósitos de *overbank* (elemento OF) formados em planícies de inundação ou em canais abandonados por fluxos esporádicos. Em depósitos de enchentes torrenciais fluviais esse elemento associa-se ao elemento SG (formas de leito cascalhoso) (Miall, 1985, 1988, 1996).

As macroformas de acréscimo para jusante (elemento DA), constituídas pelas fácies Ca, Aa e At, são formadas a partir da migração de grandes barras arenosas a conglomeráticas no canal fluvial principal. A geração dessas macroformas associa-se a fluxos de alta energia que permitem que os grandes *foresets* de dunas arenosas migrem por dezenas de metros de forma assintótica (com base tangencial ou planar) (Figuras 10 e 11). Segundo Miall (1996), esse elemento é diagnóstico de rios entrelaçados com baixa sinuosidade.

**Tabela 4.** Associações de fácies e respectivos elementos arquitetônicos da Formação Missão Velha na região homônima, Bacia do Araripe.

Associação de Fácies	Assembleia Principal de Litofácies	Elementos Arquitetônicos	Geometria, relações e natureza dos contatos	Interpretação
Arenitos e Conglomerados Estratificados e Amalgamados	Ca, Ct, Ce, Acg, Aa, Ap, At, e Ad	Canais, Lençóis de Areia Laminados, Fluxos Gravita-cionais, Barras Cascalhosas	Corpos amalgamados; tabulares a lenticulares; base erosiva, plana e côncava para cima, topo erosivo e plano; superfícies de erosão internas, formas variáveis	Depósitos de Canais fluviais entrelaçados, episódicos, deposição com lâmina d'água variável
Arenitos e Conglomerados em Lençóis Amalgamados	Ce, Acg, Aa, Ap, At, e Ac	Barras, Formas de Leito Cascalhosas e Formas de Leito Arenosas e Lençóis de Areia Laminados	Corpos de geometria tabular a lenticular, em forma de lente, cunha e lençol; base erosiva, plana e côncava para cima, topo plano e abrupto; preenchimento e rompimento de canais, topo de barras	Depósitos de sistema fluvial entrelaçado de baixo confinamento, canais instáveis pouco definidos e raros depósitos de planície de inundação
Arenitos em Lençóis Amalgamados	Aa, Ap, At, e Ac	Barras e Formas de Leito Arenosas e Lençóis de Areia Laminados	Corpos de geometria tabular a lenticular, em forma de lente, cunha e lençol; base erosiva, plana e côncava para cima, topo plano e abrupto; preenchimento e rompimento de canais, topo de barras	Depósitos de sistema fluvial entrelaçado de baixo confinamento, canais instáveis pouco definidos e raros depósitos de planície de inundação
Arenitos Tabulares Sobrepostos	Acg, Ap, At, Ac e Fl	Lençóis de Areia Laminada	Corpos de geometria tabular, contato basal plano, topo plano e contato abrupto a gradacional	Depósitos desconfina-dos formados por fluxo superior por meio de inundações rápidas em planície aluvial arenosa
Lentes de Arenitos Sobrepostos	Acg, Aa, At, Ap e Ac	Canais de "crevasses"	Corpos de geometria lenticular a sigmoidal, contato basal plano a côncavo, erosivo, de topo plano e contato abrupto a gradacional	Canais de "crevasses" gerados por canais secundários formados pelo rompimento de diques marginais
Intercalações de Pelitos e Arenitos Finos Tabulares	Ac, Sl, Fl, Fm	Finos de Transbordamento	Corpos de geometria tabular, contato basal plano e abrupto, erosivo, de topo plano gradacional	Depósitos de finos gerados por processos de suspensão em lagos temporários ou perenes em planície de inundação
Arenitos em Lençol	Ar	-	Geometria lenticular, interlaminações de arenito fino e médio com laminações transladantes, contato abrupto basal e de topo	Depósitos de lençóis de areia eólicos devido ao retrabalhamento de sedimentos fluviais arenosos

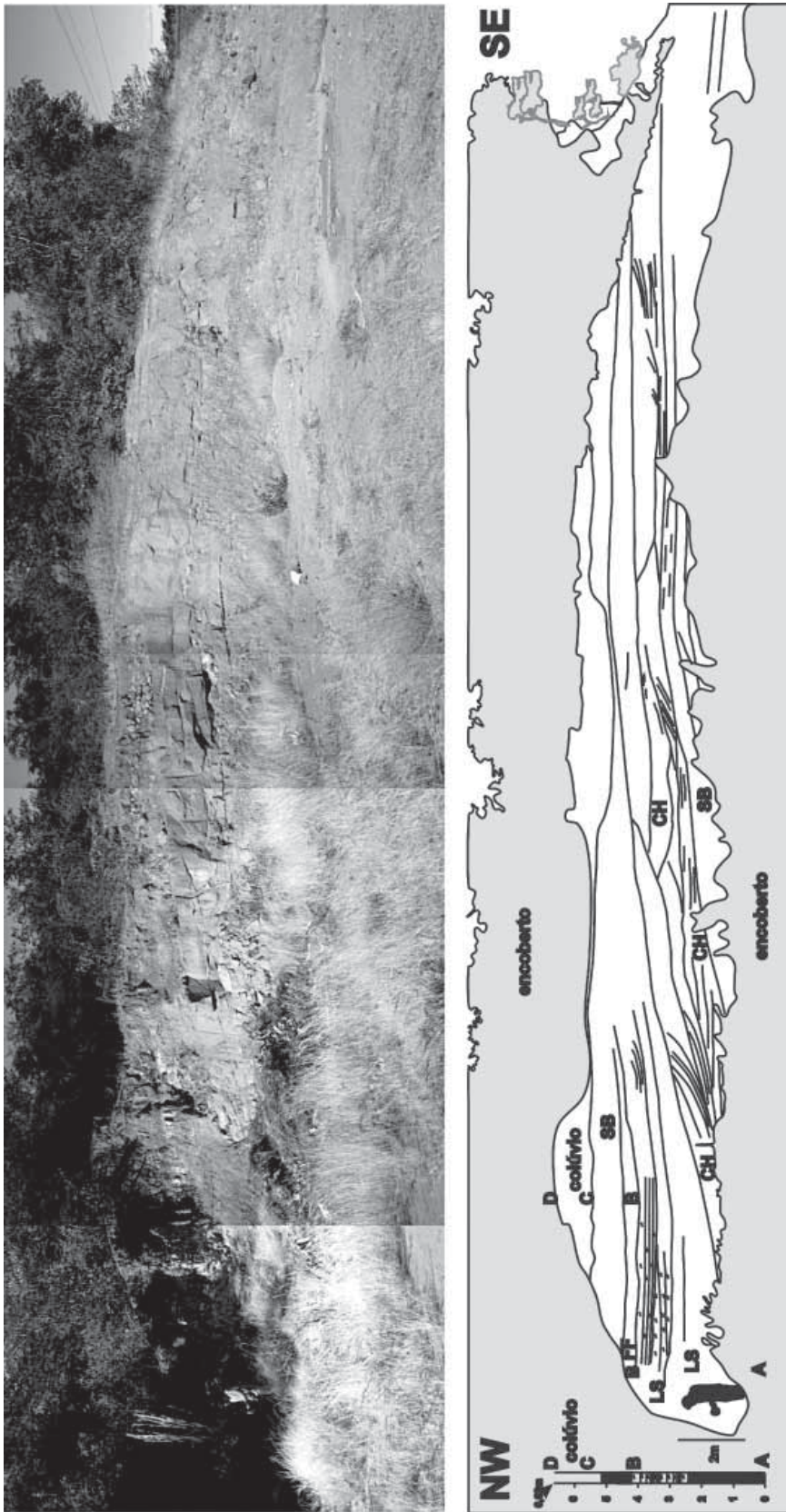


Figura 10. Elementos arquitetônicos fluviais da porção inferior da Formação Missão Velha dominada principalmente pelos elementos CH, SB, LS e FF.

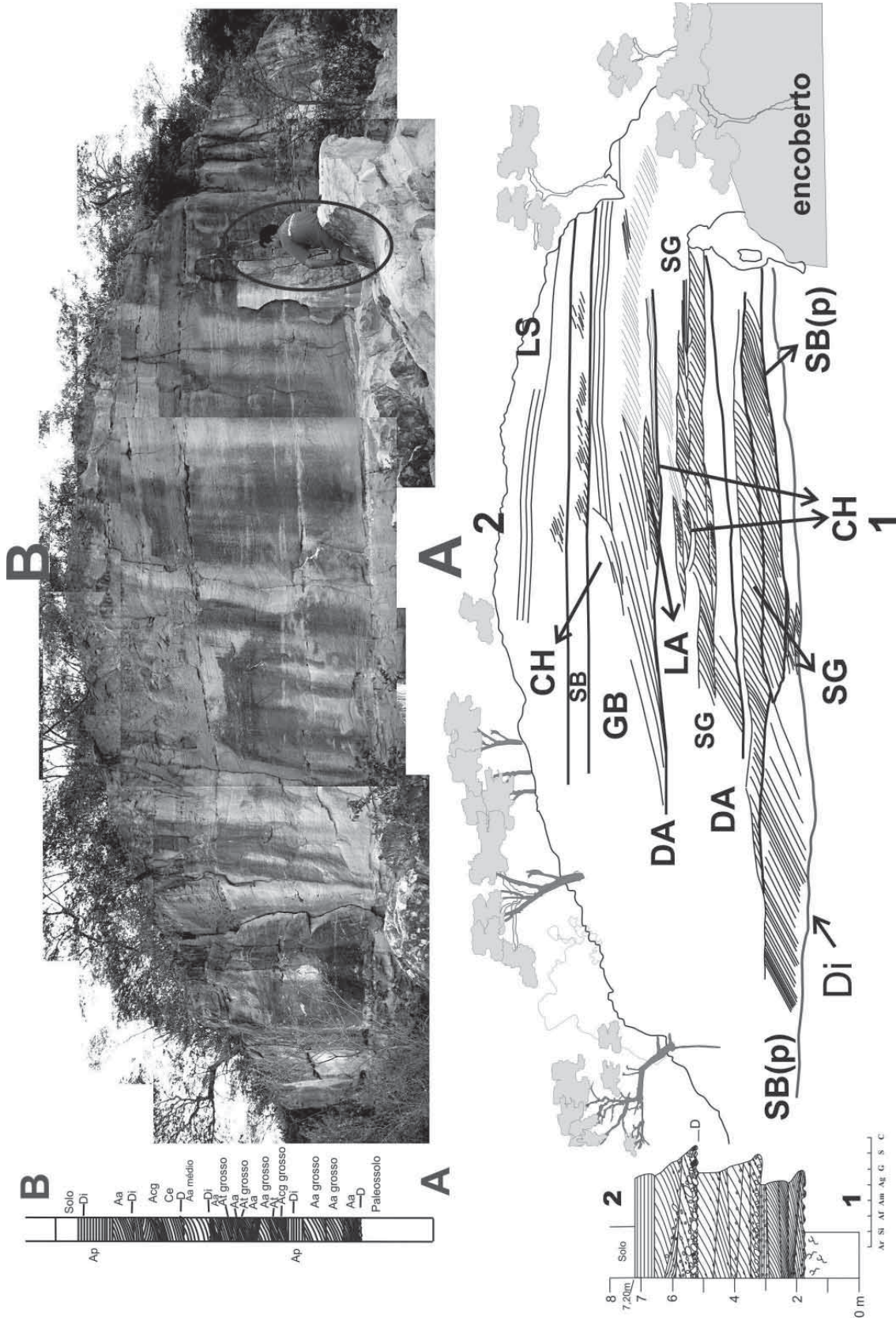


Figura 11. Elementos arquitetônicos fluviais da porção superior da Formação Missão Velha.

## Análise sequencial

Deste modo, a Formação Missão Velha pode ser subdividida em duas sequências deposicionais, informalmente definidas como Sequência 1 e Sequência 2.

A Sequência 1 (S1) é composta por depósitos pelíticos lacustres na base (Formação Brejo Santo), que são sobrepostos por arenitos finos a médios depositados por canais fluviais efêmeros e, subordinadamente, dunas e lençóis de areia eólicos (porção inferior da Formação Missão Velha) definindo um padrão progradacional. Os estratos fluviais apresentam uma paleofluxo consistente para S e SE. Os depósitos da Sequência 2 (porção superior da Formação Missão Velha) acham-se limitados na base por uma superfície erosiva, sobre um nível de paleossolo de espessura variável, sendo compostos por arenitos grossos a conglomeráticos portadores de abundantes troncos fósseis depositados por cinturões de canais entrelaçados, cujos estratos cruzados mostram um sentido de paleocorrente para W, SW, S e SE. A ligeira mudança no sentido de paleocorrente dos sistemas fluviais das Sequências 1 e 2 indica uma reestruturação no sistema de drenagem, associada a movimentações tectônicas na bacia. Além disso, ocorreu uma alteração nas características de descarga do sistema fluvial, associada a uma mudança de condições climáticas mais áridas para mais úmidas.

As fácies distinguidas por sequência estão sumarizadas na Tabela 2 e estão descritas pormenorizadamente a seguir.

### Sequência 1

A Sequência inicial da Formação Missão Velha, denominada de Sequência 1 (S1), é limitada na base por uma discordância (não conformidade) com depósitos siliciclásticos da Formação Mauriti de idade siluro-devoniana. A Sequência 1 destaca-se por sucessão constituída por depósitos pelíticos fluviolacustres na base (Formação Brejo Santo) de até 450 m de espessura, que são sobrepostos por arenitos finos a médios depositados por canais fluviais efêmeros e, subordinadamente, dunas e lençóis de areia eólicos (porção inferior da Formação Missão Velha) definindo um padrão progradacional. Os estratos fluviais apresentam paleofluxo consistente para S e SE. A Sequência 1 principia com argilitos esverdeados a cinza-esverdeados de sistema lacustre (até 300 m de espessura) que transicionam lateral e verticalmente para argilitos e folhelhos castanho-avermelhados a arroxeados com intercalações de arenitos finos, arenitos calcíferos ricos em ostracodes e siltitos intercalados ritmicamente (~150 m). Os depósitos pelíticos representariam trato de sistemas de lago alto. Essa passagem gradacional para ritmitos finos foi interpretada como uma superfície regressiva sobre o trato de lago alto. A ex-

tremidade superior da Sequência 1 com a Sequência 2 é feita através de discordância erosiva de conglomerados e arenitos grossos de sistema fluvial entrelaçado de alta energia sobre arenitos médios a finos de sistema fluvial meandrante. A primeira sequência é, portanto, caracterizada por uma elevada espessura do trato transgressivo (lago alto) e pela pouca espessura do trato de lago baixo.

A Sequência 1 caracteriza-se por **1.** depósitos de sistema lacustre com contribuição fluvial, **2.** depósitos de sistema fluvial meandrante com retrabalhamento eólico e **3.** depósitos de sistema fluvial entrelaçado.

A sucessão de depósitos de sistema lacustre representa período em que o lago apresentava nível mais alto (trato de lago alto) indicando evento de maior subsidência do substrato da bacia (geração de espaço de acomodação). Esse lago foi paulatinamente tornando-se mais faminto a ponto de propiciar a deposição de camadas carbonáticas ricamente fossilíferas com restos de ostracodes, ossos (*bone-bed*) e escamas de peixes (Viana et al., 2002). Esta concentração fossilífera sugere tratar-se de sistema de trato transgressivo de lago alto inicial.

A sucessão de arenitos de sistema fluvial meandrante com retrabalhamento eólico indica período em que o lago apresentava nível mais baixo (trato de lago baixo) de modo a possibilitar a erosão das áreas de embasamento expostas e suprir a bacia com detritos, especialmente para norte.

As principais fácies reconhecidas na Sequência 1 foram: **1.** Fácies Aa: fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Acanalada composta de arenitos médios a finos, por vezes com seixos esparsos, com estratificações cruzadas acanaladas; **2.** Fácies At: fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Tabular composta de arenitos médios a finos, mal selecionados, com estratificações cruzadas tabulares; **3.** Fácies Ap: fácies de Arenitos com Estratificação Plano-Paralela constituída de arenitos médios a muito finos, com estratificação e laminação plano-paralela; **4.** Fácies Ac: fácies de Arenitos com Laminações Cruzadas Cavalgantes formada por arenitos finos a muito finos, silticos, tabulares, bem estratificados, intercalados com horizontes pelíticos, camadas decimétricas, com estratificação plano-paralela e com laminações cruzadas cavalgantes; **5.** Fácies Ad: fácies de Arenitos Finos com estruturas de deformação como laminações convolutas; **6.** Fácies SI: fácies de Siltitos e Arenitos Finos Laminados composta por interestratificações de arenitos finos a muito finos bem laminados e siltitos; **7.** Fácies Fl: fácies de Argilitos Laminados; **8.** Fácies Fsm: fácies de Argilitos Maciços; **9.** Fácies P: Fácies de Paleossolo; e **10.** Fácies Ar: fácies de Arenitos com Estratificações Cruzadas Truncantes de baixo-ângulo gerados por retrabalhamento de sedimentos fluviais.

## Sequência 2

A Sequência 2 (S2) acha-se limitada com a Sequência 1 por discordância erosiva assinalada pela presença de conglomerados e arenitos conglomeráticos de sistema fluvial entrelaçado de alta energia sobre arenitos médios a finos de sistema fluvial meandrante. Esta superfície (limite de sequência, *sequence boundary*) separa, em grande parte da sucessão, arenitos médios a finos com intercalações de pelitos de sistema fluvial meandrante, abaixo, de depósitos fluviais entrelaçados de alta energia acima (conglomerados, arenitos conglomeráticos e arenitos grossos portadores de abundantes troncos fósseis silicificados). A superfície pode ser erosiva se ocorrer na base de ruditos de sistemas fluviais entrelaçados (região proximal do sistema fluvial a norte), ou então planar se na base de uma sucessão de arenitos de lobo (*sheet sandstones*). À medida que se dirige corrente abaixo (i.e. para sul), a expressão perfeita do limite de sequência (superfície) modifica-se, com tendência geral mais erosiva e brusca a montante, e gradacional a brusco em áreas a jusante. A superfície limitante da Sequência 2 pode ser observada tanto no campo como em produtos de sensoriamento remoto.

As principais fácies reconhecidas na Sequência 2 foram: **1.** Fácies Ce: fácies de Conglomerados Estratificados composta de conglomerados com estratificação plano-paralela; **2.** Fácies Ca: fácies de Conglomerados com estratificações cruzadas acanaladas e tabulares; **3.** Fácies Acg: fácies de Arenitos Conglomeráticos formada por arenitos grossos a conglomeráticos com estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralela e abundantes fósseis de troncos silicificados; **4.** Fácies Aa: fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Acanalada composta de arenitos grossos a médios com estratificações cruzadas acanaladas; **5.** Fácies At: fácies de Arenitos com Estratificação Cruzada Tabular composta de arenitos médios com seixos esparsos, mal selecionados, com estratificações cruzadas tabulares; **6.** Fácies Ap: fácies de Arenitos com Estratificação Plano-Paralela constituída de arenitos médios com seixos esparsos, mal selecionados, com estratificação plano-paralela.

## Sistemas deposicionais e paleocorrentes

A Tabela 4 sintetiza as associações de fácies encontradas e respectivos elementos arquitetônicos da Formação Missão Velha na área-tipo. A associação de fácies de Arenitos Estratificados e Amalgamados (fácies Ce, Aa, At, Ap e Ad) indica deposição em canais (elemento CH), lençóis de areia laminados (LS), barras cascalhosas (GB) e acreção a favor do fluxo em depósitos de canais fluviais entrelaçados, multiepisódicos, com sedimentação em lâmina d'água variável. A associação de fácies de Arenitos Tabulares Sobrepostos envolve o elemento arquitetural Len-

çóis de Areia Laminada (LS) denota depósitos desconfinados formados por fluxo superior por meio de inundações rápidas em planície aluvial arenosa. A associação de fácies de Arenitos em Lençóis Amalgamados (fácies Ce, Aa, At, Ap e Ar) sugere deposição em lençóis de areia laminados e formas de leitos arenosos (SB) em sistema fluvial entrelaçados de baixo confinamento, canais instáveis e raros depósitos de planície de inundação. Os depósitos finos de transbordamento (elemento FF com as Fácies Fsm e Fl) representam depósitos de planície de inundação ocorrentes em planície aluvial, com áreas alagadas e lagos temporários, provavelmente relacionados com sistema fluvial meandrante. Assim, as fácies e associações de fácies descritas foram interpretadas como geradas por sistemas aluviais representados por **1.** sistemas fluviais entrelaçados de alta energia com as seguintes características: ciclos granodrecrescentes, estratificações cruzadas acanaladas, truncamentos entre estratos cruzados, feições de corte e preenchimento (*cut-and-fill*), presença de corpos de arenitos de geometria lenticular, feições canalizadas, seixos esparsos e retrabalhamento eólico (Fácies Ar) e **2.** sistemas fluviais meandrantés pela presença de depósitos de planície de inundação (folhelhos), de crevasse splays e de barras em pontal que os caracterizariam.

O padrão de paleocorrentes medido nas exposições investigadas da porção inferior da Formação Missão Velha (parte da Sequência 1) é consistente para S e SE (Figura 12) em consonância com trabalhos anteriores (e.g., Assine, 1994; Freitas, Hessel, Nogueira Neto, 2008). Nestes dados observa-se um ligeiro predomínio das medidas para SE e S, caracterizando sistema de drenagem que fluía em direção ao Rifte do Recôncavo-Tucano-Jatobá. As medidas sugerem áreas fontes situadas a NW e N, ou seja, a norte da Bacia do Araripe ao longo da Zona de Cisalhamento de Patos (ZCP), onde se situam os terrenos de relevo mais resistente da Província Borborema alçados pela atuação das falhas constituintes da zona de cisalhamento (Ponte e Ponte-Filho, 1996a; Arai, 2006). Já na Sequência 2 o padrão de paleocorrentes apresenta mudança com correntes que se dirigiam para S, SE, SW, W e NW (Figuras 5 e 12), com ampla dispersão o que seria natural em se tratando de sistema fluvial entrelaçado perene. Estas medidas indicam variação da área fonte da bacia neste período, com áreas de relevo alto situadas ainda na parte norte da Bacia do Araripe (ao longo da ZCP), mas também áreas altas postadas a leste e sudeste. Tal mudança no estilo deposicional é acompanhada por maior tamanho dos grãos e por ligeira mudança no sentido de paleocorrentes dos sistemas fluviais (sudeste na Sequência 1, para sudeste, sudoeste e noroeste na Sequência 2), sugerindo uma reestruturação no sistema de drenagem, relacionada a movimentações tectônicas na bacia.

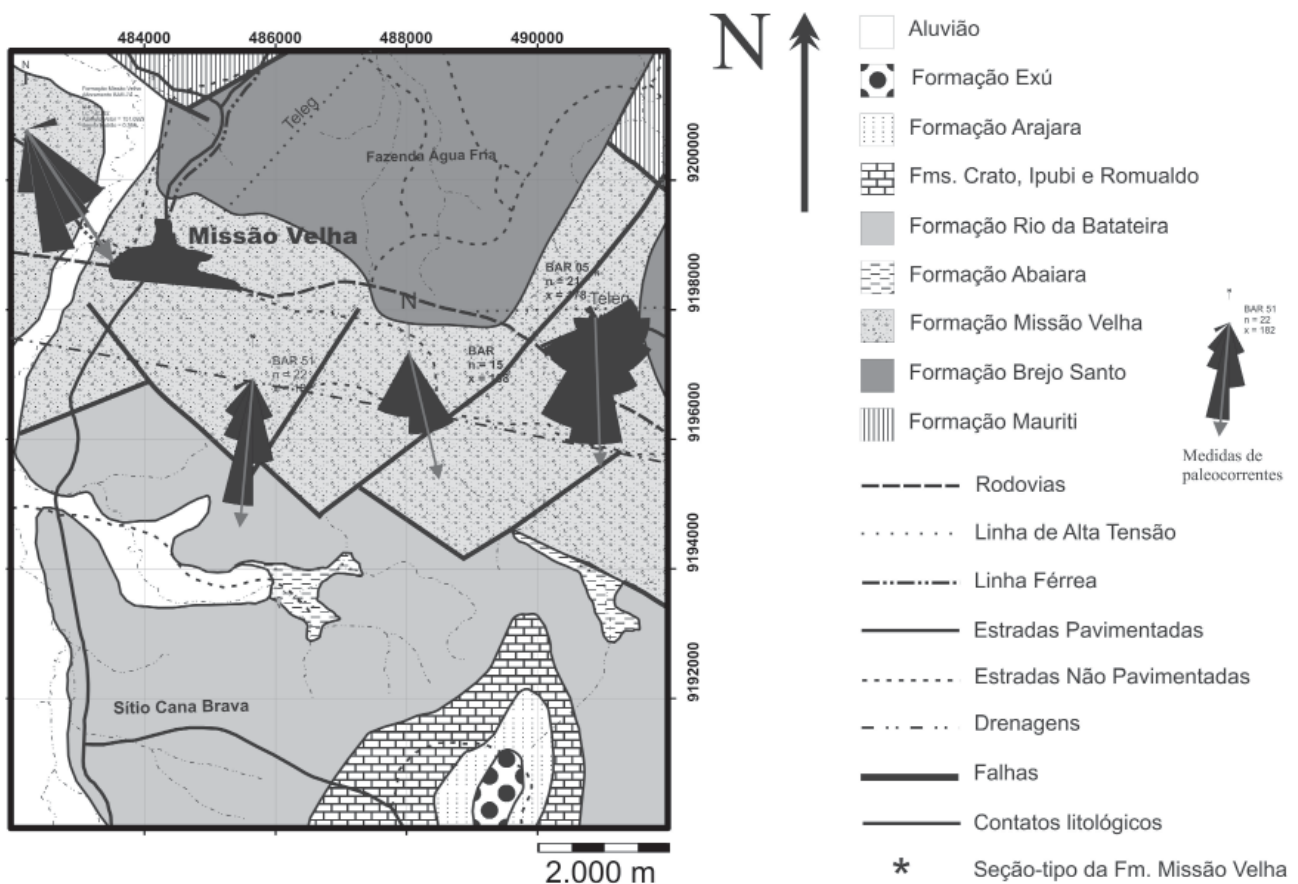


Figura 12. Mapa de paleocorrentes da área-tipo da Formação Missão Velha com o padrão de dispersão de paleocorrentes medido em estratificações cruzadas acanaladas e tabulares nas exposições estudadas.

## DISCUSSÃO

As fácies e associações de fácies descritas na área-tipo da Formação Missão Velha foram interpretadas como geradas por sistemas aluviais representados por **1.** sistemas fluviais entrelaçados de alta energia com as seguintes características: ciclos granodécrescentes, estratificações cruzadas acanaladas, truncamentos entre estratos cruzados, feições de corte e preenchimento (*cut-and-fill*), presença de corpos de arenitos de geometria lenticular, feições canalizadas, seixos esparsos e por **2.** sistemas fluviais meandantes pela presença de depósitos de planície de inundação (folhelhos), de crevasse splays e de barras em pontal que caracterizariam sistema fluvial meandrante. A litologia predominante na Formação Missão Velha é constituída de arenitos de granulação grossa a média, por vezes conglomeráticos, de coloração avermelhada, amarelada ou esbranquiçada, embora existam níveis argilosos (folhelhos)

e de arenitos finos intercalados, sobretudo na porção inferior da unidade. As interdigitações entre corpos de folhelhos e arenitos podem ser interpretados como pequenas planícies de inundação em meio ao sistema fluvial entrelaçado, ou ainda relacionados à implantação de sistemas fluviais meandantes.

A Formação Missão Velha, conforme proposição deste trabalho, compreende várias fácies de litossomas arenosos e rudáceos de grande continuidade lateral, amalgamados ou interdigitados com folhelhos, e portadores de abundantes fósseis de troncos silicificados, muitos em posição paralela à estratificação dos arenitos. Isto fica constatado por meio do estudo detalhado de afloramentos da região de Missão Velha, área-tipo da unidade homônima. Vale ressaltar que o padrão de paleocorrentes encontrado é consistente para SE, S e SW (Figura 13) em consonância com trabalhos anteriores (e.g., Assine, 1994; Freitas, Hessel, Nogueira Neto, 2008). No entanto, esta constata-



ção é válida para a parte inferior da Formação Missão Velha. Para a porção superior, foi demonstrado que o padrão muda significativamente, dirigindo-se assim para W, S e SW (Figura 14). Este padrão de paleocorrentes em relação à posição da Formação Missão Velha foi igualmente encontrado por Kuchle et al. (2011).

A análise conjugada de litofácies, elementos arquitetônicos, paleocorrentes e sistemas deposicionais propiciou a elaboração de um quadro estratigráfico para o empilhamento sedimentar da Formação Missão Velha. Nesta concepção, a unidade apresenta uma discordância interna separando-a em duas sequências: Sequência 1 e Sequência 2. Na Sequência 1 (S1) há um predomínio de arenitos finos e pelitos fluviais (litofácies Aa, Ap, Am, Fl, Fm), ao passo que na Sequência 2 (S2) predominam os arenitos grossos e conglomeráticos, com conglomerados subordinados, portadores de abundantes troncos fósseis. Vale ressaltar que a Sequência 1 engloba regionalmente também a Formação Brejo Santo (sistema lacustre).

As sequências 1 e 2 são separadas por uma discordância, rastreável em toda a área estudada, evidenciando um período de rebaixamento do nível de base estratigráfico. Essa superfície marca uma mudança no estilo deposicio-

nal, de um sistema flúvio-eólico-lacustre da Sequência 1, para uma sedimentação eminentemente fluvial da Sequência 2. Esta mudança no estilo deposicional é acompanhada por um aumento granulométrico e por uma mudança no sentido de paleocorrente dos sistemas fluviais (sudeste na Sequência 1, para sudeste, sudoeste e noroeste na Sequência 2), sugerindo uma reestruturação no sistema de drenagem, associada a movimentações tectônicas na bacia. Além da reestruturação da bacia de drenagem, ocorreu uma alteração nas características de descarga do sistema fluvial, associado provavelmente a condições climáticas mais úmidas. A deposição fluvial na Sequência 1 está associada a sistemas efêmeros, enquanto a arquitetura de fácies dos depósitos fluviais da Sequência 2 (presença de macroformas, domínio de formas de leito de regime de fluxo inferior) indica um sistema fluvial entrelaçado perene, ainda que com variações na descarga sedimentar.

A Sequência 1 representa sedimentação formada por sistema lacustre com contribuição fluvial (Formação Brejo Santo), sistema fluvial meandrante com retrabalhamento eólico e sistema fluvial entrelaçado efêmero (estes últimos relacionados à Formação Missão Velha).

A acumulação da Sequência 2 está associada a uma nova subida do nível de base da bacia. Esta unidade é caracterizada por uma ampla planície aluvial, com cinturões de canais entrelaçados que, conforme os dados de paleocorrentes, fluíam SW, W e NW a partir de altos estruturais localizados a E e SE, com uma progressiva diminuição da granulometria dos depósitos fluviais em sentido a jusante. A Sequência 2 não possui variações na arquitetura deposicional do sistema fluvial, indicando uma manutenção das taxas de criação de espaço de acomodação ao longo do intervalo estratigráfico (Miall, 1996). A dominância de corpos arenosos de cinturões de canais fluviais em relação a estratos finos de planície de inundação indica um contexto de baixa taxa de criação de espaço de acomodação. Segundo diferentes autores (e.g., Schanley e McCabe, 1994; Richard, 1996; Miall, 1996) em contextos de baixa taxa de criação de espaço de acomodação, a acumulação vertical dos depósitos de planície de inundação é pequena, formando pacotes delgados que são constantemente retrabalhados em decorrência do deslocamento lateral dos cinturões de canais. Esta dinâmica deposicional resulta em uma arquitetura estratigráfica caracterizada por corpos de arenitos em lençol amalgamados, multiepisódicos e multilaterais, onde a preservação de depósitos finos de planície de inundação é bastante rara.

A discordância interna da Formação Missão Velha está relacionada ao curto intervalo de tempo da tectônica de estilo compressional, que agia organizando as sucessões fluviais sobre sucessões lacustres das sequências 1 e 2. Este padrão tectônico e estratigráfico é mais evidente



**Figura 13.** Diagrama em roseta que exibe padrão de dispersão de paleocorrentes medidas em estratificações cruzadas acanaladas e tabulares nas exposições estudadas da Formação Missão Velha. *Legenda:* n = número de medidas; N = indicação do norte.

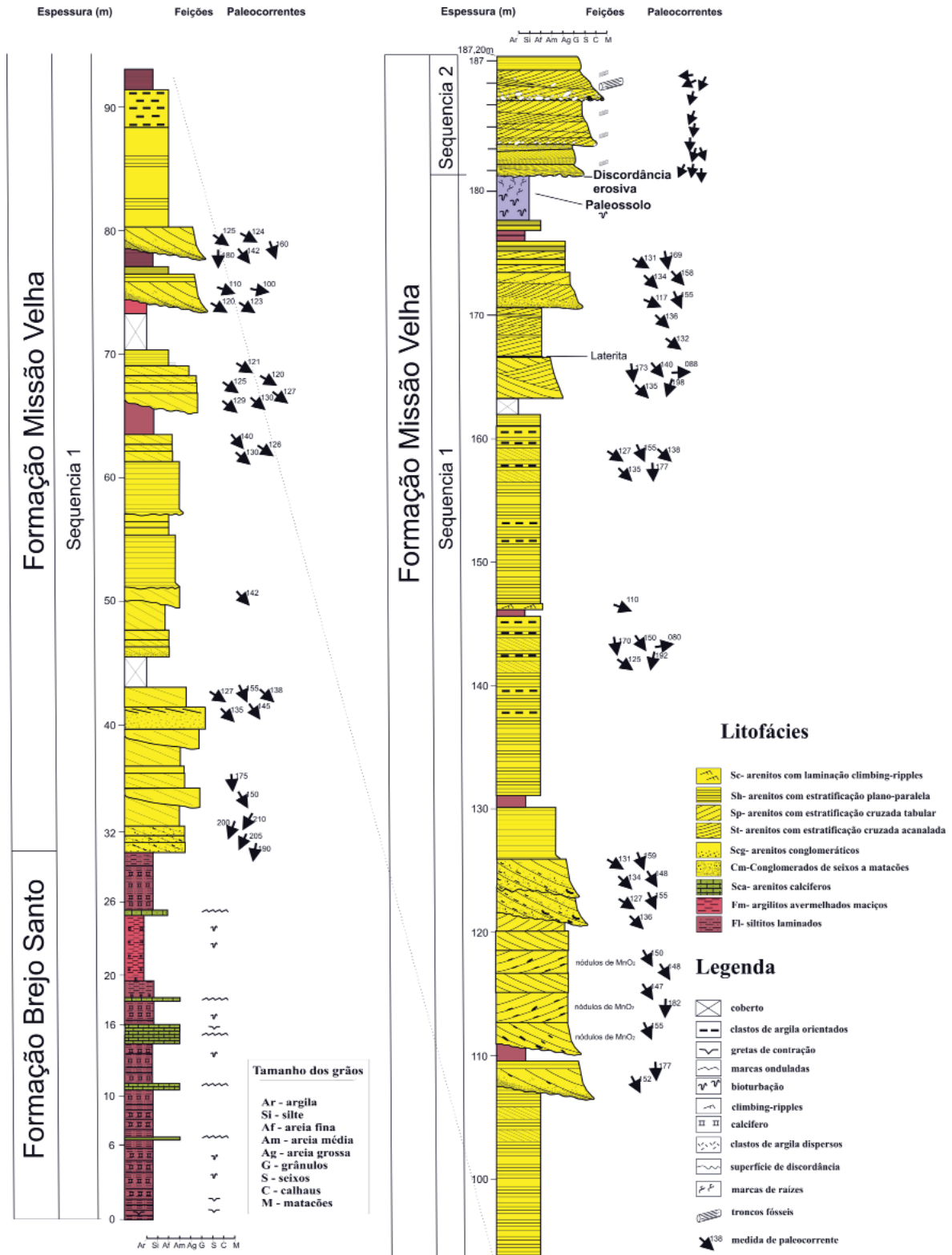


Figura 14. Seção colunar composta de detalhe do afloramento das localidades de Olho D'água do Comprido e da Grota Funda, seção-tipo da Formação Missão Velha. Na figura exibem-se as litofácies, as medidas de paleocorrentes por nível estratigráfico, as feições sedimentares encontradas e a discordância erosiva que separa as sequências S1 e S2.

na sequência 2. No modelo sequencial de Prosser (1993) esta fase foi definida como a fase inicial de sequências rift (Fase de Início de *Rift-Rift Initiation*) em que há pouco espaço de acomodação de sedimentos, favorecendo a instalação de sistemas fluviais. No modelo estratigráfico sequencial de Martins-Neto e Catuneanu (2010) a instalação de sistemas fluviais está presente no final da sequência lacustre (*overfilled phase* - fase de “entulhamento”), onde de igual modo ao modelo de Prosser (1993), a taxa de sedimentação supera a taxa de geração de espaço de acomodação de sedimentos. Superfícies de inundação acham-se relacionadas ao estilo tectônico eminentemente extensional, com grande intervalo de tempo, que atuava para gerar espaço para acumulação e acomodação de sedimentos e, conseqüentemente, formar sistemas lacustres recorrentes. Para esta fase foi atribuído o termo Clímax de Rift (Prosser, 1993). No modelo de Martins-Neto e Catuneanu (2010) os autores colocam o limite de sequência diretamente neste horizonte e novamente análogo ao Prosser (1993) referem-se à instalação de sistemas lacustres (*fase underfilled*) a uma taxa de geração de espaço de alojamento de sedimentos superior a taxa de sedimentação.

## CONCLUSÕES

A Formação Missão Velha representa a sedimentação continental inicial do preenchimento da Bacia do Araripe após os fenômenos geológicos que ocasionaram a ruptura e fragmentação do Gondwana. A unidade engloba arenitos e conglomerados de grande continuidade lateral, amalgamados ou interdigitados com folhelhos, e portadores de abundantes fósseis de troncos silicificados, muitos em posição paralela à estratificação dos arenitos, na porção superior da unidade. Isto fica demonstrado pelos resultados apresentados neste trabalho. Em termos de sistemas deposicionais, a Formação Missão Velha na área-tipo caracteriza-se por: **1.** sistemas fluviais entrelaçados de alta energia com as seguintes características: ciclos granodecrescentes, estratificações cruzadas acanaladas, truncamentos entre estratos cruzados, feições de corte e preenchimento (*cut-and-fill*), presença de corpos de arenitos de geometria lenticular, feições canalizadas, seixos esparsos e por **2.** sistemas fluviais meandrantés pela presença de depósitos de planície de inundação (folhelhos), de crevasse splay e de barras em pontal que caracterizariam sistema fluvial meandrante.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi elaborado com auxílio financeiro do CNPq (Processo Universal 476232/2006-6 concedido em nome do coordenador Gelson Luís Fambrini) a quem agradecemos o apoio e também a bolsa concedida (bolsa de

produtividade em pesquisa de V. H. M. L. Neumann). O PRH-26/ANP/UFPE foi fundamental também pelo suporte financeiro e pela concessão de bolsas de graduação à Jadson Trajano de Araújo, Diógenes R. de Lemos, S. Tesser Jr. e Bruno Y. C. Souza. Agradecemos igualmente à CPRM (Superintendências de Recife e de Fortaleza) pela concessão de fotografias aéreas e mapas. Ao colega Prof. Dr. Alexandre Magno Feitosa Sales (URCA-CE) pelo auxílio nos trabalhos de campo. Ao Prof. visitante Dr. Haydon Mort (UFPE) pela revisão do *Abstract*. Ao LAGESE/UFPE pelo apoio logístico e material. Agradecimentos são devidos ainda ao PPGE/UFPE e ao Departamento de Geologia (CTG/UFPE). Aos revisores anônimos e aos editores da revista nossos agradecimentos pela exímia leitura do texto com várias sugestões de aprimoramento ao manuscrito original. À Chefe da Seção de Publicações do IGc/USP, Sra. Nanci Iurico Assakura, pela presteza e auxílio em várias fases da publicação deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. P.; JANIKIAN, L.; FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; MARCONATO, A. Evolution of a rift basin dominated by subaerial deposits: The Guaritas Rift, Early Cambrian, Southern Brazil. *Sedimentary Geology*, v. 217, p. 30-51, 2009.
- ARAI, M. Revisão estratigráfica do Cretáceo Inferior das bacias interiores do Nordeste do Brasil. *Geociências*, v. 25, n.1, p. 7-15, 2006.
- ARAI, M.; COIMBRA, J. C.; TELLES JR., A. S. Síntese Bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). In: BARROS, L. M.; NUUVENS, P. C.; FILGUEIRA, J. B. M. (Org.) *Coleção Chapada do Araripe n. 1*. Crato, 2001. p. 109-124.
- ARAÚJO, J. T.; FAMBRINI, G. L.; NEUMANN, V. H. M. L.; LEMOS, D. R.; BARBOSA, J. A.; LIMA-FILHO, M. F. Sedimentary facies analyses of Rift Initiation to Rift Climax stages on outcrops along the Transnordestina Railroad, Araripe Basin, Northeastern Brazil. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 18., 2010, Mendoza, Argentina. *Abstracts Volume...* Mendoza: IAS/PETROBRAS, 2010. p. 116. 1 CD-ROM.
- ARAUJO, B. C.; MORALES, N.; ASSINE, M. L.; PELLEGRINI, B. S. Formação Abaiara da Bacia do Araripe: importante registro da fase rifte no interior do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44., 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba: SBG, 2008. p. 120.

- ASMUS, H. E.; PONTE, F. C. The Brazilian Marginal Basins. In: NAIRN, A. E. M.; STEHILI, F. G. (Ed.) *The Ocean Basins and Margins the South Atlantic*. Nova York: Plenum Press, 1973, p. 87-133.
- ASSINE, M. L. *Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. 1990. 124 f. Dissertação (Mestrado) - IGCE, Universidade Estadual Paulista Rio Claro, 1990.
- ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 22, n.3, p. 289-300, 1992.
- ASSINE, M. L. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 24, n. 4, p. 223-232, 1994.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- BARROS, F. C. Sobre a sistemática da Série do Araripe. *Rev. Eng. Min. Metal*, v. 218, p. 52, 1963.
- BERTHOU, P. Le bassin d'Araripe et les petits bassins intracontinentaux voisins (N.E. du Brésil): formation et evolution dans le cadre de l'ouverture de l'Atlantique Equatorial. Comparasion avec les bassins ouest-Africains situés dans le même context. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. *Atas...* Crato: DNPM/SBP/SBG, 1990. p. 113-134.
- BERTHOU, P. Y.; DEPECHES, K.; CAMPOS, D. A.; HEREIN, J. P.; PIERRES, C. New data on sedimentation, paleoenvironment and stratigraphy of the Chapada do Araripe. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 18, n. 3, p. 315, 1988.
- BEURLIN, K. A geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 34, n. 3, p. 365-370, 1962.
- BEURLIN, K. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 17., 1963, Recife. *Anais...* Recife: SBG/SUDENE, 1963. 47 p.
- BEURLIN, K. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 43, p. 411-415, 1971. Suplemento.
- BORDY, E. M.; CATUNEANU, O. Sedimentology of the upper Karoo fluvial strata in the Tuli Basin, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, v. 33, p. 605-629, 2001.
- BORDY, E. M.; HANCOX, P. J.; RUBIDGE, B. R. Fluvial style variations in the Late Triassic-Early Jurassic Elliot Formation, main Karoo Basin, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, v. 38, p. 383-400, 2004.
- BOURQUIN, S.; GUILLOCHEAU, F.; PÉRON, S. Braided rivers within an arid alluvial plain (example from the Lower Triassic, western German Basin): recognition criteria and expression of stratigraphic cycles. *Sedimentology*, v. 56, p. 2235-2264, 2009.
- BRAUN, O. P. G. Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Inferior da Região Nordeste do Brasil (Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). *Boletim DNPM/DGM*, Rio de Janeiro, v. 236, p. 1-75, 1966.
- BRITO, L. M. As unidades litoestratigráficas da passagem Jurássico-Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 81-85, 1987.
- BRITO, P. M.; BERTINI, R. J.; MARTILL, D. M.; SALLES, L. O. Vertebrate fauna of the Missão Velha Formation (Lower Cretaceous, NE, Brazil). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3., 1994, Rio Claro. *Boletim de Reumos Expandidos...* Rio Claro: UNESP, 1994. p. 139-140.
- BRITO NEVES, B. B. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. *Atas...* Crato: DNPM/SBP/SBG, 1990. p. 21-33.
- BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. *Tectonic evolution of the South America*. Rio de Janeiro, 2000. p.151-182.
- CAVALCANTI, V. M. M.; VIANA, M. S. S. Revisão estratigráfica da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 64, n. 2, p. 155-168, 1992.
- CESERO, P.; PONTE, F. C. Análise comparativa da paleogeologia dos litorais atlânticos brasileiro e africano. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1-2, p. 1-18, 1997.

- COIMBRA, J. C.; ARAI, M.; CARREÑO, A. L. Lower Cretaceous microfossils from Araripe basin, Northeastern Brazil: an stratigraphical approach. *Geobios*, v. 35, n. 6, p. 687-698, 2002.
- DAROSA, A. A. S.; GARCIA, A. J. V. Palaeobiogeographic aspects of northeast Brazilian basins during the Berriasian before the break up of Gondwana. *Cretaceous Research*, v. 21, p. 221-239, 2000.
- DAVIES, S. J.; GIBLING, M. R. Architecture of coastal and alluvial deposits in an extensional basin: the Carboniferous Joggins Formation of eastern Canada. *Sedimentology*, v. 50, n. 3, p. 415-440, 2003.
- FAMBRINI, G. L.; ARAÚJO, J. T.; LEMOS, D. R.; NEUMANN, V. H. M. L.; TESSER JR, S.; SOUZA, B. Y. C.; SILVA-FILHO, W. F. A Formação Missão Velha na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Facies e Sistemas Depositionais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 23., 2009, Fortaleza. *Resumos...* Fortaleza: SBG/Núcleo NE, 2009a, p. 34. 1 CD-ROM.
- FAMBRINI, G. L.; ARAÚJO, J. T.; LEMOS, D. R.; NEUMANN, V. H. M. L.; TESSER JR., S.; SOUZA, B. Y. C., SILVA-FILHO, W. F. Facies e Sistemas Depositionais da Formação Missão Velha na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, v. 19, n. 1, p. 163-191, 2009b.
- FAMBRINI, G. L.; NEUMANN, V. H. M. L.; LEMOS, D. R.; ARAÚJO, J. T.; LIMA-FILHO, M. F.; SILVA FILHO, W. F. Stratigraphy and sedimentology of the Rift Initiation to Rift Climax stages of the Araripe Basin, Northeastern Brazil: new considerations. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 18., 2010, Mendoza, Argentina. *Abstracts Volume...* Mendoza: IAS/PETROBRAS, 2010a, p. 333. 1 CD-ROM.
- FAMBRINI, G. L.; NEUMANN, V. H. M. L.; LEMOS, D. R.; ARAÚJO, J. T.; LIMA FILHO, M. F.; TESSER JR, S. Facies and architectural elements of Missão Velha Formation (Upper Jurassic-Eocretaceous), Araripe Basin, Northeastern Brazil. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 18., 2010, Mendoza, Argentina. *Abstracts Volume...* Mendoza: IAS/PETROBRAS, 2010b, p. 332. 1 CD ROM.
- 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. Sistemas lacustres da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: resposta à subsidência e tectônica de bacias rifte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 22., 2007, Natal. *Atas...* Natal: SBG/Núcleo NE, 2007. 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. Eventos de subsidência e instalação de sistemas lacustres na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44., 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba: SBG, 2008. p. 118.
- FAMBRINI, G. L.; TESSER JR., S.; NEUMANN, V. H. M. L.; SOUZA, B. Y. C.; SILVA-FILHO, W. F.; ARAÚJO, J. T.; LEMOS, D. R. Sedimentary facies analysis and depositional systems of Missão Velha Formation in the type-area, Araripe Basin, northeastern Brazil: reservoir implications. In: RIO OIL e GAS EXPO AND CONFERENCE 2010, Rio de Janeiro. *Anais...* 2010c. 10 p. 1 CD-ROM.
- FREITAS, F. I.; HESSEL, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A. Troncos fósseis da Formação Missão Velha na porção leste da Bacia do Araripe, Ceará. *Revista de Geologia*, v. 21, n. 2, p. 193-206, 2008.
- GASPARY, J.; ANJOS, N. F. R. Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte - Ceará. Recife: SUDENE. 1964, 25 p. (Série Hidrogeologia 3).
- GHIGNONE, J. I.; COUTO, E. A.; ASSINE, M. L. Estratigrafia e estrutura das Bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44. 1986, Goiânia. *Anais...* Goiânia, SBG. 1986. v. 1, p. 271-285.
- GOMES, J. R. C.; GATTO, C. M. P. P.; SOUZA, G. M. C.; LUIZ, D. S.; PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W. Geologia e mapeamento regional. In: Brasil. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25, Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro: DNPM, 1981. p. 27-176. (Levantamento de recursos naturais, 23).
- HASHIMOTO, A. T.; APPI, C. J.; SOLDAN, A. L.; CERQUEIRA, J. R. O neo-Alagoas nas Bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 118-122, 1987.
- HESSEL, M. H.; FREITAS, F. I. A Polibacia do Araripe. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 23., 2009, Fortaleza. *Resumos...* Fortaleza: SBG/Núcleo NE,

- Boletim n. 21, 2009a, Resumos dos trabalhos da Área Temática 02, CD-ROM.
- KUCHLE, J.; SCHERER, C. M. S.; BORN, C. C.; ALVARENGA, R. S.; ADEGAS, F. 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 South American. Earth Sciences*, 2011. In press.
- LE HERON, D. P.; BUSLOV, M. M.; DAVIES, C.; RICHARDS, K.; SAFONOVA I. Evolution of Mesozoic fluvial systems along the SE flank of the West Siberian Basin, Russia. *Sedimentary Geology*, v. 208, p. 45-60, 2008.
- LIMA, M. R. *Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)*. São Paulo. 1978. 335 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978a.
- LIMA, M. R. Estudo palinológico preliminar de um folhelho betuminoso da Formação Missão Velha, Chapada do Araripe. *Boletim IG-USP*, v. 9, p. 136-139, 1978b.
- LIMA, M. R. Considerações sobre a subdivisão estratigráfica da Formação Santana - Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 9, n. 2, p. 116-121, 1979.
- LIMA, M. R.; PERINOTTO, J. A. J. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. *Geociências (UNESP)*, v. 3, p. 67-76, 1984.
- JO, H. R.; CHOUGH, S. K. Architectural analysis of fluvial sequences in the northwestern part of Kyongsang Basin (Early Cretaceous), SE Korea. *Sedimentary Geology*, v. 144, p. 307-334, 2001.
- JONES, S. J.; FROSTICK, L. E.; ASTON, T. R. Braided stream and flood plain architecture: the Rio Vero Formation, Spanish Pyrenees. *Sedimentary Geology*, v. 139, n. 3-4, p. 229-260, 2001.
- MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. Paleocology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleaeocology*, v. 14, n. 2, p. 87-118, 1973.
- MCLAURIN, B. T.; STEEL, R. J. Architecture and origin of an amalgamated fluvial sheet sand, lower Castlegate Formation, Book Cliffs, Utah. *Sedimentary Geology*, v. 197, p. 291-311, 2007.
- MARTILL, D. M. Fossil of the Santana and Crato formations, Brazil. London: Palaeontological Association, 1993. 159 p. ( Palaeontological Association field guides to fossils 5).
- MARTINS-NETO, M.; CATUNEANU, O. Rift sequences stratigraphy. *Marine and Petroleum Geology*, v. 27, p. 247-253, 2010.
- MATOS, R. M. D. de. The Northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, v. 11, n. 4, p. 766-791, 1992.
- MATOS, R. M. D. de. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. In: CAMERON et al. (Ed.). *The oil and gas habitats of the South Atlantic*. London: Geological Society, 1999. p. 55-73. (Geological Society special publication ; no. 153).
- MIALL, A. D. Palaeocurrent analysis of alluvial sediments: a discussion of directional variance and vector magnitude. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 44, n. 4, p. 1174-1185, 1974.
- MIALL, A. D. A review of the braided-rivers depositional environment. *Earth Science Reviews*, v. 13, n. 1, p. 1-62, 1977.
- MIALL, A. D. Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary. In: MIALL, A. D. (Ed.) *Fluvial Sedimentology*. Calgary: Canadian Society of Petroleum Geologists. 1978. p. 597-604. (Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 5).
- MIALL, A. D. Analysis of fluvial depositional systems. *AAPG Educational Course Note Series*, 1981. p. 1-75. (American Association of Petroleum Geologists Special Publication 20).
- MIALL, A. D. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, v. 22, p. 261-308, 1985.
- MIALL, A. D. Architectural Elements and Bouding Surfaces In Fluvial Deposits: Anatomy of the Kayenta Formation (Lower Jurassic) Southwest Colorado. *Sedimentary Geology*, v. 55, n. 2, p. 233-262, 1988.
- MIALL, A. D. Hierarchies of architectural units in terrigenous clastic rocks, and their relationship to

- sedimentation rate. In: MIALL, A.D.; TYLER, N. (Ed.) The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. Tulsa: SEPM, 1991, p. 6-12. (Concepts in Sedimentology and Paleontology, v. 3).
- MIALL, A. D. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin: Springer, 1996. 582 p.
- MIALL, A. D. *Principles of sedimentary basin analysis*. 3<sup>rd</sup> ed., New York: Springer-Verlag, 2000. 616 p.
- MIALL, A. D. Reconstructing the architecture and sequence stratigraphy of the preserved fluvial record as a tool for reservoir development: A reality check. *AAPG Bulletin*, v. 90, n. 7, p. 989-1002, 2006.
- MIALL, A. D.; TYLER, N. (Ed.). The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. Tulsa : SEPM, 1991. 309 p. (Concepts in sedimentology and paleontology, 3).
- MORAES, J. F. S.; SANTOS, J. S.; MASCARENHAS, J. C. Projeto Santana. Etapa I. Recife: DNPM/CPRM. 1976. v. 1, 269 p. Relatório Final.
- NEUMANN, V. H. M. L. *Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)*. 1999. 244 f. Tesis (Doctorado), Universidad de Barcelona, Barcelona, 1999.
- NEUMANN, V. H. M. L.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigrafica para la tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999, Serra Negra. *Boletim de Resumos...* Serra Negra: UNESP/IGCE, 1999. p. 279-285.
- NEUMANN, V. H. M. L.; CABRERA, L. Significance and genetic interpretation of the sequential organization of the aptian-albian lacustrine system of the Araripe basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 72, n. 4, p. 607-608, 2000.
- NEUMANN, V. H. M. L.; MABESOONE, J. M.; VIANA, M. S. S. Late Jurassic to Mid-Cretaceous Lacustrine Sequences in the Araripe-Potiguar Depression of Northeastern Brazil In: *Lake Basins through Space and Time*. 1<sup>a</sup> ed. Tulsa. *The American Association of Petroleum Geologists, AAPG Studies in Geology*, v. 46, p. 197-208, 2000.
- NICHOLS, G. J.; FISHER, J. A. Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. *Sedimentary Geology*, v. 195, n. 1-2, p. 75-90, 2007.
- OPLUŠTIL, S.; MARTÍNEK, K.; TASÁRYOVÁ, Z. Facies and architectural analysis of fluvial deposits of the Nýřany Member and the Týnec Formation (Westphalian D - Barruelian) in the Kladno-Rakovník and Pilsen basins. *Bulletin of Geosciences, Czech Geological Survey*, v. 80, n. 1, p. 45-66, 2005.
- PAIM, P. S. G.; SCHERER, C. M. S. High-resolution stratigraphy and depositional model of wind- and water-laid deposits in the ordovician Guaritas Rift (Southernmost Brazil). *Sedimentary Geology*, v. 202, p. 776-795, 2007.
- PETRI, S. Cretaceous paleogeographic maps of Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 59, n. 1, p. 117-168, 1987.
- PETRI, S.; COIMBRA, A. M.; AMARAL, G.; OJEDA Y OJEDA, H.; FÚLFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. Código brasileiro de nomenclatura estratigráfica e guia de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 16, n. 4, p. 372-376, 1986a.
- PIRES, E. F. *Análises dendrológicas no Cretáceo Inferior das bacias do Araripe e Paraná: determinação de paleoclimas regionais e relação com biomas globais do Mesozóico*. 2008. 180 f. Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- PIRES, E. F.; GUERRA-SOMMER, M. Plant-arthropod interaction in the Early Cretaceous (Berriasian) of the Araripe Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 27, n. 1, p. 50-59, 2009.
- PONTE, F. C. Extensão paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3., 1994. Rio Claro. *Boletim de Resumos Expandidos...* Rio Claro: UNESP, 1994. p. 131-135.
- PONTE, F. C.; ASMUS, H. E. The brazilian marginal basins: current state of knowledge. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, São Paulo, v. 48, p. 215-239, 1976. Suplemento.

- PONTE, F. C.; ASMUS, H. E. Geological framework of the Brazilian continental margin. *Geologische Rundschau*, v. 67, p. 201-235, 1978.
- PONTE, F. C. Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4., 1996, Águas de São Pedro. *Boletim...* Águas de São Pedro: UNESP/IGCE, 1996. p. 169-177.
- PONTE, F. C.; APPI, C. J. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. *Anais...* Natal: SBG, 1990. v. 1, p. 211-226.
- PONTE, F. C.; ARAI, M.; DINO, R.; SILVA-TELLES Jr., A. C. Estratigrafia comparada das bacias sedimentares mesozóicas do interior do Nordeste do Brasil: uma síntese. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCEAS BRASILEIRAS, 1., 1990, Rio Claro. *Boletim de Resumos...* Rio Claro: UNESP/IGCE, 1990. p. 61-64.
- PONTE, F. C.; PONTE-FILHO, F. C. *Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe*. Recife: DNPM/DMME (Pernambuco e Ceará). 1996a, 68 p.
- PONTE, F. C.; PONTE-FILHO, F. C. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4., 1996, Águas de São Pedro. *Boletim..* Águas de São Pedro: UNESP/IGCE, 1996b. p. 123-133.
- PONTE, F. C.; PONTE-FILHO, F. C. Caracterização estratigráfica da Formação Abaiara, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE BACIAS CRETÁCEAS BRASILEIRAS, 2., 1992, Rio Claro. *Resumos Expandidos...* Rio Claro: UNESP, 1992. p. 61-64.
- POTTER, P. E.; PETTIJOHN, F. J. *Paleocurrents and basin analysis*. 2<sup>nd</sup> ed., New York: Springer-Verlag, 1977. 425 p.
- PROSSER, S. Rift-related Linked Depositional Systems and Their Seismic Expression. London: *Geological Society*, 1993. p. 35-66. (Geological Society Special Publication, n. 71).
- READING, H. G. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Oxford: Blackwell Science, 1996. 668 p.
- SANTOS, E. J.; NUTMAN, A. P.; BRITO NEVES, B. B. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da Zona Transversal, Província Borborema. *Geologia USP*. Série Científica, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2004.
- SANTOS, M. E. M. Ambiente deposicional da Formação Santana, Chapada do Araripe (PE/PI/CE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. *Anais...* Salvador: SBG, 1982. v. 4, p. 1412-1426.
- SELLEY, R.C. *Ancient sedimentary environments*. Chapman e Hall, 1987. 317 p.
- SELLEY, R. C. *Applied sedimentology environments, a brief survey*. London: Academic Press, 2000.
- SGAVETTI, R. Photostratigraphy of ancient turbidite systems. In: WEIMER, P.; LINK, M. H. (Ed.). *Seismic facies and sedimentary process of submarine fans and turbidite systems*. New York: Springer-Verlag, 1991. p. 107-125.
- SCHANLEY, K. W.; MCCABE, P. J. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG Bulletin*, v. 78, p. 544-568, 1994.
- SCHERER, C. M. S.; LAVINA, E. L. C.; DIAS FILHO, D. C.; OLIVEIRA, F. M.; BONGIOLO, D. E.; AGUIAR, E. S. Stratigraphy and facies architecture of the fluvial-aeolian-lacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, v. 194, p. 169-193, 2007.
- SILVA, M. A. M. *The Araripe Basin, Northeastern Brazil: Regional Geology and Facies Analysis of a Lower Cretaceous Evaporitic Depositional Complex*. 1983. 290 f. Tese (Doutorado) - Columbia University, EUA, 1993.
- SILVA, M. A. M. Lower Cretaceous sedimentary sequences in the Araripe Basin, Northeastern Brazil: a revision. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 16, n. 3, p. 311-319, 1986.
- SILVA-SANTOS, R.; VALENÇA, J. G. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.*, v. 40, n. 3, p. 339-360, 1968.
- SMALL, H. Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Piauí e Parte do Ceará. *Inspetoria Obras Contra Secas*, Recife. Publicação 25, p. 1-80, 1913.
- TESSER JR., S. *Mapeamento geológico de detalhe de parte do município de Missão Velha, CE: contribuição*



para a estratigrafia da Bacia do Araripe. 2008. 103 f. Monografia (Graduação) - Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

VALENÇA, L. M. M.; NEUMANN, V. H. M. L.; MABESOONE, J. M. An overview on Callovian-Cenomanian intracratonic basins of Northeastern Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. *Geologica Acta*, v. 1, n. 3, p. 261-275, 2003.

VIANA, C. F.; GAMA Jr., E. G.; SIMÕES, A.; MOURA, J. A.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. J. Revisão estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da PETROBRÁS*, v. 146, n. 3-4, p. 157-192, 1971.

VIANA, M. S. S.; FERIGOLO, J.; RIBEIRO, A. M.; GOIN, F.; SILVA, M. C. da ; AGOSTINHO, S. Feições preservacionais de *bone beds* do Jurássico da Bacia do Araripe. In: PALEO 2002 - Nordeste, Aracaju (SE), 2002. *Resumos*, p. 3.

WALKER, R. G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (Ed.). *Facies Models - Response to Sea-level Change*. Ontario: Geological Association of Canada, 1992. p. 1-14.

WALKER, R. G.; JAMES, N. P. *Facies models. Response to sea level changes*. Ontario: Geological Association of Canada, 1992. 212 p.

WIZEVIC, M. C. Photomosaics of outcrops: useful photographic techniques. In: MIALL A. D.; TYLER N. (Ed.). The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Concepts in Sedimentology and Paleontology*, v. 3, p. 22-24, 1991.