



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

LUCAS ADRIANO RODRIGUES BRITO

**FÁCIES SEDIMENTARES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA FORMAÇÃO
BARBALHA NA REGIÃO DE NOVA OLINDA, BORDA NORTE DA BACIA DO
ARARIPE**

FORTALEZA

2023

LUCAS ADRIANO RODRIGUES BRITO

FÁCIES SEDIMENTARES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA FORMAÇÃO
BARBALHA NA REGIÃO DE NOVA OLINDA, BORDA NORTE DA BACIA DO
ARARIPE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Paleontologia.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B876f

Brito, Lucas Adriano Rodrigues.

Fácies sedimentares e sistemas deposicionais da Formação Barbalha na região de Nova Olinda, borda norte da Bacia do Araripe / Lucas Adriano Rodrigues Brito. – 2023.

68 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho.

1. Formação Barbalha. 2. Bacia do Araripe. 3. Fandelta. 4. Sistemas Fluviais. 5. Reativação Tectônica I. Título.

CDD 551

LUCAS ADRIANO RODRIGUES BRITO

FÁCIES SEDIMENTARES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA FORMAÇÃO
BARBALHA NA REGIÃO DE NOVA OLINDA, BORDA NORTE DA BACIA DO
ARARIPE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Paleontologia.

Aprovada em: 30/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Ana Clara Braga de Souza
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Christiano Magini
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha irmã Rebeca, que com sua ternura me inspira cada dia a ser alguém melhor para o mundo que ela viverá.

AGRADECIMENTOS

O mestrado foi uma jornada de intenso autoconhecimento, onde pude descobrir a cada dia o que era mais importante o meu ser Profissional – no começo, afluente, curioso, sagaz, intrépido, com sede de descobrir; no fim, desabrochado, firme, realista e futurista, com sede de ser.

O Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho foi amigo, parceiro e figura essencial em me orientar não apenas na pesquisa, mais em toda essa jornada. A ele sou grato e dedico todas as Budweiser zero que virão.

Aos professores participantes da banca examinadora, Prof. Christiano Magini e Profa. Ana Clara Braga de Souza, pela paciência, comprometimento e parceria, além dos comentários que foram muito mais do que essenciais no enriquecimento deste trabalho durante a qualificação.

À CAPES pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio, em figura pessoal da Profa. Cynthia Romariz Duarte, que muito se mobilizou para auxiliar também o trabalho de campo desenvolvido em face deste trabalho.

Aos meus amigos Joyce, Claudio e Tomaz, pela parceria, discussão, apoio e suporte durante a elaboração dos produtos que compõe o trabalho final deste texto. À Clara, Gabi, Wellington, Ivan, Italo, Wendell, Calado, Erica, Alex, Aymê, Wesley, Ana Erika, Larissa, Céu, Xikin, Rayane, Jorge e todo o pessoal da pesada, a quem admiro e que me fez por todo caminho.

À ancestralidade, que me permitiu chegar até aqui e contar parte da história do lugar de onde vim, de um tempo anterior à fundação de Juazeiro, do milagre da Beata, dos índios Kariri e até mesmo dos pterossauros que um dia ocuparam aquela região.

“A Chapada do Araripe era a entrada para um lago encantado, cujo único acesso estava segurado pela Pedra da Batateira. Assim que este lugar fosse profanado, a água, jorrando, iria inundar todo o Vale do Cariri e matar a população inteira.” (MAGALHÃES, 2006, p. 42).

RESUMO

Este trabalho enfoca na revisão da Formação Barbalha na borda Norte da Bacia do Araripe através de análise de fácies, elementos arquiteturais, proveniência macroscópica e paleocorrentes para a definição dos sistemas deposicionais. Os objetivos foram: a) interpretar sistemas deposicionais; b) entender o posicionamento estratigráfico da sequência sedimentar no contexto da fase pós-rifte da Bacia do Araripe. Foram reconhecidas seis litofácies sedimentares: conglomerados clasto-suportados com acamamento incipiente, conglomerados maciços, arenitos com estratificações cruzadas planares, arenitos com estratificações cruzadas acanaladas, arenitos com estratificações cruzadas cavalgantes de baixo ângulo, argilitos laminados. Foram identificados quatro elementos arquiteturais: canais, fluxo de gravidade de sedimentos, formas de leito de barra cascalhosas e formas de leito arenosas. Além disso, foi feita qualificação e quantificação macroscópica de 200 clastos do arcabouço das fácies conglomeráticas e da análise de paleocorrentes medidas em 77 estruturas sedimentares e 207 clastos imbricados. Assim, esse pacote sedimentar foi classificado como um corte longitudinal de sistemas de leques aluviais terrígenos, apresentando suas porções terminais (fácies lamíticas e areníticas), assim como parte das porções proximais (fácies conglomeráticas preenchendo canais) que se empilham em padrão progradante, com sobreposição dos conglomerados aos arenitos/argilitos sem discordância ou hiato. Interpretamos a mudança granulométrica de conglomerados para arenitos como uma possível mudança no regime de fluxo hídrico, o que implica em variações climáticas, onde o clima passou de úmido para semiárido, ou tectônicas, onde houve reativação de falhas de borda com a reativação de escarpas tectônicas, ou uma associação de ambos. Concluiu-se, assim, que a sucessão sedimentar estudada pode estar associada aos eventos tectônicos da fase pós-rifte da Bacia do Araripe, que possivelmente ocorreram contemporaneamente à deposição de sistemas aluviais entrelaçados do topo da sequência superior da Formação Barbalha, interdigitados com as primeiras fácies lamíticas basais da Formação Crato.

Palavras-chave: Formação Barbalha; Bacia do Araripe; Fandelta; sistemas fluviais; reativação tectônica.

ABSTRACT

This work focuses on the revision of the Barbalha Formation on the northern edge of the Araripe Basin through the analysis of facies, architectural elements, macroscopic provenance and paleocurrents for the definition of depositional systems. The objectives were: a) to interpret depositional systems; b) to understand the stratigraphic positioning of the sedimentary sequence in the context of the post-rift phase of the Araripe Basin. Six sedimentary lithofacies were recognized: clast-supported conglomerates with incipient lodging, massive conglomerates, sandstones with planar cross-stratifications, sandstones with channeled cross-stratifications, sandstones with low-angle caving cross-stratifications, laminated argillites. Four architectural elements were identified: channels, sediment gravity flow, gravel bar bed forms, and sandy bedforms. In addition, 200 clasts from the conglomeratic facies framework and the analysis of paleocurrents measured in 77 sedimentary structures and 207 imbricated clasts were qualified. Thus, this sedimentary package was classified as a longitudinal section of terrigenous alluvial fan systems, presenting its terminal portions (lamitic and sandstone facies), as well as part of the proximal portions (conglomeratic facies filling channels) that stack in a prograded pattern, with overlapping of the conglomerates to the sandstones/argillites without hiatus or unconformities. The change in the water flow regime implies climatic variations, where the climate changed from humid to semi-arid, or tectonic variations, where there was reactivation of edge faults with reactivation of tectonic scarlets, or an association of both. The reactivation, it was concluded that the sedimentary succession studied may be associated with the tectonic events of the post-rift phase of the Araripe Basin, which possibly occurred contemporaneously with the deposition of interlaced alluvial systems from the top of the upper sequence of the Barbalha Formation, interdigitated with the first basal lamite facies of the Crato Formation.

Keywords: Barbalha Formation; Araripe Basin; Fandelta; fluvial systems; tectonic reactivation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e vias de acesso do município de Nova Olinda e da área de estudo	13
Figura 2 – Contextualização geológica da área de estudo	14
Figura 3 – Elementos arquiteturais básicos de canais fluviais	18
Figura 4 – Modelo esquemático de sistema de leque aluvial	20
Figura 5 – Distribuição das bacias interiores e marginais do Nordeste oriental, com discriminação das principais sequências deposicionais	21
Figura 6 – Mapa geológico e perfil litológico esquemático da bacia do Araripe, com indicação da área estudada, em vermelho	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Código de fácies utilizado no estudo dos depósitos siliciclásticos em Nova Olinda/CE	16
Quadro 2	– Elementos arquiteturais identificados no estudo dos depósitos siliciclásticos em Nova Olinda/ CE	17
Quadro 3	– Síntese regional dos depósitos conglomeráticos na Bacia do Araripe	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Apresentação	11
1.2	Objetivos	11
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	11
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	12
1.3	Justificativa	12
1.4	Localização e vias de acesso	12
2	MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1	Revisão e levantamento bibliográfico	15
2.2	Integração de dados cartográficos	15
2.3	Análise faciológica	15
2.4	Análise de elementos arquiteturais	17
2.5	Análise de paleocorrentes	19
2.6	Interpretação dos sistemas deposicionais	19
3	SÍNTESE GEOLÓGICA REGIONAL	21
3.1	Arcabouço e evolução tectônica da Bacia do Araripe	21
3.2	Evolução tectonossedimentar da bacia do Araripe	23
3.3	Facies siliciclásticas na Bacia do Araripe	24
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28
	APÊNDICE A – ARTIGO: FÁCIES SEDIMENTARES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA FORMAÇÃO BARBALHA NA REGIÃO DE NOVA OLINDA, BORDA NORTE DA BACIA DO ARARIPE	31

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A exposição de novos afloramentos na porção leste da Bacia do Araripe, em decorrência da abertura e pavimentação de uma nova rodovia que dá acesso à CE-166 pela CE-292, a sudeste de Nova Olinda (CE), reaqueceu o debate acerca das sequências deposicionais do Grupo Santana.

Trabalhos prévios de mapeamento geológico realizados por alunos de graduação do curso de Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC) (MACIEL *et al.*, 2017; SÁ *et al.*, 2018; CAVALCANTI *et al.*, 2019) descrevem essas unidades como argilitos esverdeados, de geometria externa tabular, maciços, recobertos por arenitos finos, também de geometria externa tabular, estratificados com a base reta e acanalada, ocorrendo também níveis de para e ortoconglomerado, de mesma geometria externa e estruturados com estratificações de base acanalada e reta, com clastos de origem plutônica ácida e também de milonitos

Assim, estas unidades foram agrupadas tentativamente como parte da formação Barbalha devido a critérios litoestratigráficos de correlação. Entretanto, a litocorrelação não é muito confiável, já que os produtos recorrem como fruto de processos recorrentes, independente de cronologia. Logo, somente mapeamento geológico em afloramentos contíguos, bioestratigrafia ou mesmo geocronologia isotópica para uma correlação confiável.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo o estudo dos depósitos conglomeráticos aflorantes em Nova Olinda através da sua descrição faciológica, da análise de paleocorrentes e de estudos de proveniência sedimentar, além da caracterização dos sistemas deposicionais atuantes e do posicionamento estratigráfico dos pacotes dentro da geohistória da Bacia do Araripe.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal desse trabalho é mapear e identificar os sistemas deposicionais atuantes nas novas unidades aflorantes localizadas próximas à borda Norte da Bacia do Araripe.

1.2.1 Objetivos específicos

- a) Analisar faciologia e arquitetura mesoscópica (afloramento);
- b) Analisar proveniência macroscópica de fácies conglomeráticas;
- c) Analisar paleocorrentes de fácies conglomeráticas e areníticas;
- d) Interpretar os sistemas deposicionais associados, assim como a sua sucessão;
- e) Por fim, tentar correlacionar litoestratigraficamente os pacotes estudados dentro da coluna estratigráfica da Bacia do Araripe.

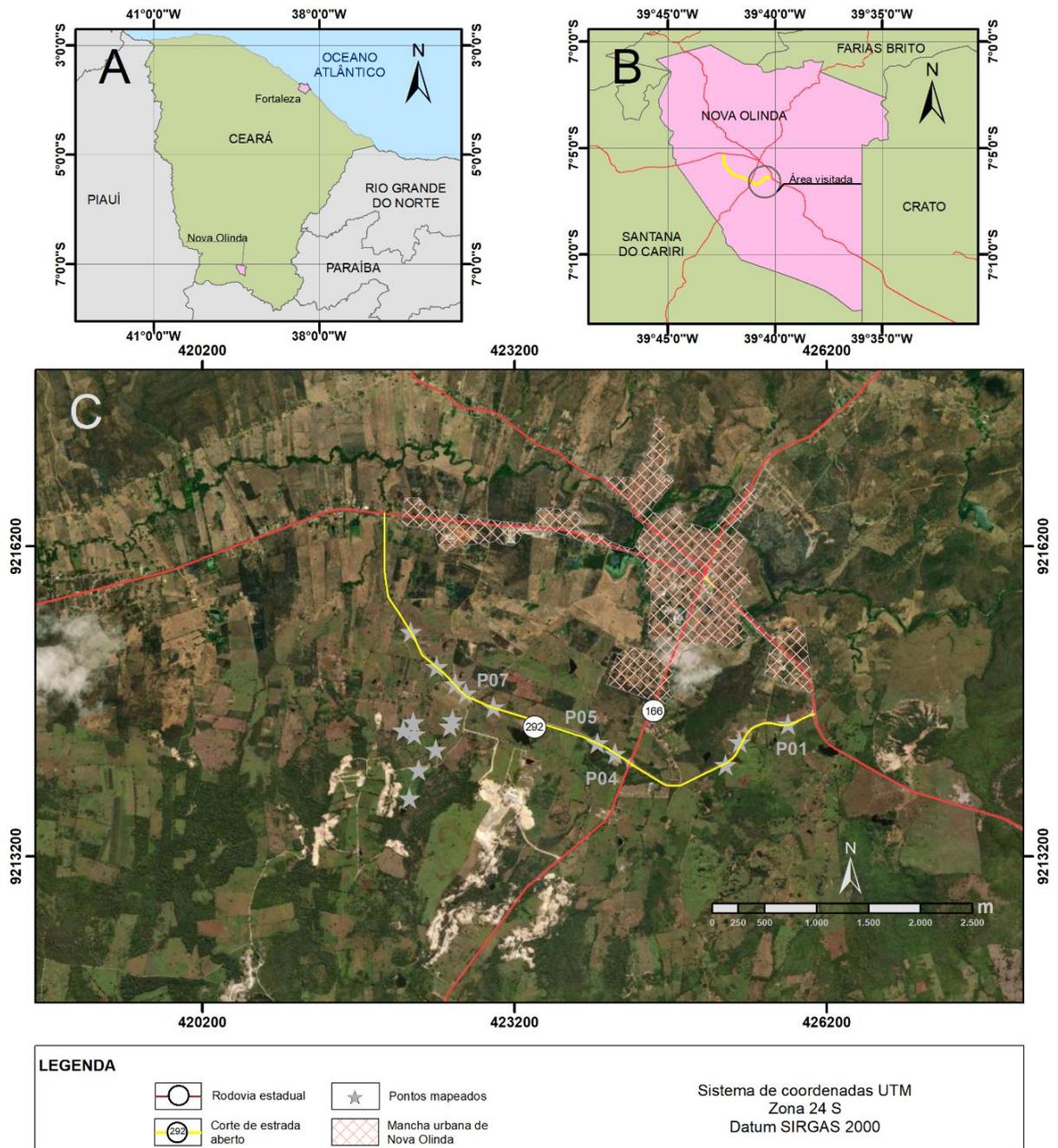
1.3 Justificativa

A Bacia do Araripe apresenta a mais complexa história dentre as chamadas Bacias interiores do Nordeste (ASSINE, 2007). A existência de fácies conglomeráticas muito bem expostas, possivelmente associadas à Formação Barbalha, abre possibilidades para incremento do conhecimento a respeito da história evolutiva da base do Grupo Santana, especialmente se houve atividade tectônica associada a essa deposição. Entretanto, fácies conglomeráticas também ocorrem nas formações Mauriti, Missão Velha, Abaiara, Ipubi e Exu. Desta forma, torna-se necessário o reconhecimento das fácies, elementos arquiteturais, proveniência e paleocorrentes, além de relações de contato, para a definição dos ambientes e sistemas deposicionais que originaram essas rochas, buscando entender o posicionamento litoestratigráfico desses depósitos e possibilitando um melhor entendimento acerca da complexa evolução tectonossedimentar da Bacia do Araripe.

1.4 Localização e vias de acesso

O município de Nova Olinda localiza-se no extremo sul do estado do Ceará, na Região Metropolitana do Cariri, a 520 km de Fortaleza (Figura 1A). O acesso dá-se, saindo da capital, via BR-116, de onde percorre-se cerca de 424 km em sentido sul, até Lavras da Mangabeira. A partir desta, toma-se o acesso via BR-230, por onde percorre-se 75,3 km em sentido sudoeste até o município de Farias Brito (Figura 1B). No mesmo sentido, por mais 26,7 km, dá-se o acesso para o centro de Nova Olinda, via CE-166. O acesso para a área de estudo, a partir do centro de Nova Olinda, dá-se através da CE-292 ou da CE-166, por onde percorre-se cerca de 2 km através de qualquer uma das vias até a estrada nova, onde ocorrem os afloramentos em estudo (Figura 1C).

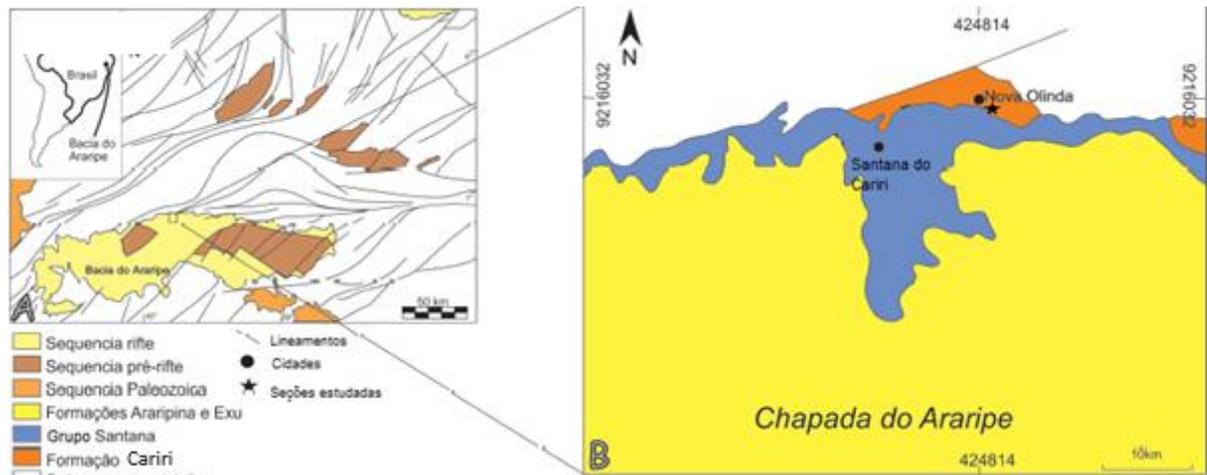
Figura 1 – Localização e vias de acesso do município de Nova Olinda e da área de estudo. Em (A) localização de Nova Olinda no Estado do Ceará, em (B) localização da área de estudo em Nova Olinda, em (C) detalhe da área de estudo, com foco no corte de estrada aberto e nos afloramentos estudados, com as seções detalhadas com nome identificado.



Fonte: IBGE (2015), modificado pelo autor.

Geologicamente, a área de estudo foi inicialmente cartografada como parte da Formação Cariri (Sinéclise-Paleozoica) (SANTOS *et al.*, 2017), próximo ao contato do embasamento cristalino e das sequências relativas ao Grupo Santana. Entretanto, a partir de diferenças litológicas e de direções de paleocorrentes, os afloramentos foram cartografados como parte do Grupo Santana, Formação Barbalha (Pós-rift I). (Figura 2).

Figura 2 – Contextualização geológica da área de estudo.



Fonte: Modificado de Santos *et al.*, 2016.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho baseou-se em cinco etapas distintas: (1) Levantamento bibliográfico; (2) Integração de dados cartográficos; (3) Análise faciológica, de elementos arquiteturais, de proveniência sedimentar e de paleocorrentes; (4) Tratamento qualitativo dos dados obtidos; (5) Interpretação dos sistemas deposicionais

2.1 Revisão e levantamento bibliográfico

Nesta etapa foram levantados artigos, dissertações, teses, livros e demais publicações que dão suporte à análise estratigráfica realizada. Também foram revisados trabalhos de relevância tanto sobre a Bacia do Araripe quanto sobre a Formação Barbalha, sob enfoques deposicional quanto litoestratigráfico, além de terem sido levantados relatórios de mapeamentos realizados entre 2016 e 2019 pelos alunos da Universidade Federal do Ceará em face da disciplina de Mapeamento de Terrenos Sedimentares.

2.2 Integração de dados cartográficos

Para que os trabalhos de campo fossem orientados da maneira mais precisa possível, foram levantados dados de bases oficiais referentes a localidades, limites municipais, topografia e rodovias. Além disso, foram realizadas fotointerpretações de imagens de satélite disponibilizadas na plataforma *Google Earth*, a fim de identificar vias vicinais e drenagens que serviriam como acesso. Esta base de dados levantada foi tratada em ambiente SIG, através do software Arcgis 10.3.1, onde foi elaborado um mapa pré-campo de localização e vias de acesso.

2.3 Análise faciológica

De acordo com Silvestre (2017), o conceito de fácies sedimentares foi introduzido por Steno em 1699 para descrever um conjunto de sedimentos com características distintas, como cor, textura, assembleia fóssilífera e estruturas sedimentares. Posteriormente, entre 1815 e 1817, William Smith publicou o “Mapa Geológico da Inglaterra, País de Gales e Parte da Escócia”, onde os princípios de Steno foram usados para correlacionar estratigraficamente afloramentos em pontos distintos. (ROHN *in* CARVALHO, 2010). Em 1894, Walther postulou que as fácies são produtos dos processos atuantes nos ambientes de sedimentação. Ainda

segundo ele, a sucessão das fácies representa a projeção da superposição ou da contiguidade dos ambientes deposicionais existentes (HOLZ *et al. in* CARVALHO, 2010). Desta forma, o estudo das fácies sedimentares permite tanto a correlação entre as camadas quanto a interpretação dos sistemas de sedimentação.

Neste trabalho, adotou-se o critério de fácies disposto por Walker (1984), que faz a distinção dos corpos a partir de características litológicas, físicas e paleontológicas. Entretanto, optou-se pela adaptação da nomenclatura proposta por Miall (1978), onde a rocha é indicada por uma letra maiúscula, seguida por uma letra minúscula indicativa de uma característica marcante da fácies. (Quadro 1).

Quadro 1 – Código de fácies utilizado no estudo dos depósitos siliciclásticos em Nova Olinda/CE.

Conjunto de fácies	Fácies	Características
C	Cm	Conglomerado matriz-sustentado
	Ca	Conglomerado clasto sustentado com estratificação cruzada acanalada
Az	Aa	Arenitos com estratificação cruzada de base acanalada
	Ap	Arenitos com estratificação cruzada planar
	Al	Arenitos com laminação cruzada
F	Fl	Argilitos laminados

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos conceitos de Miall (1978).

A análise faciológica consistiu na realização do trabalho *in situ*. Esta etapa consistiu em duas saídas de campo. Uma primeira foi realizada em setembro de 2019, onde foi detalhado um afloramento, um com 423m de extensão, aqui chamado de P01 em escala de detalhe (Figura 1C). A segunda etapa de campo aconteceu em dezembro de 2020, onde foram detalhadas mais três seções, aqui chamadas de P04, P05 e P07, além de terem sido feitas transectas em sentido aproximado de SE-NW, para identificação da correlação lateral dos depósitos às margens da CE-292, e em sentido NE-SW, para identificação das relações de topo-base dos depósitos com os calcários da Formação Crato.

O trabalho de investigação foi acompanhado por (i) levantamentos estratigráficos de detalhe, com aferição e confecção de seções colunares medidas (SELLEY, 1970); (ii) análise de fácies (MIALL, 1978, 1996); (iii) estabelecimento de litofácies sedimentares (MIALL, 2000); (iv) elaboração de fotomosaico e fotografias em detalhe (FAMBRINI, 2014).

Em gabinete, os dados adquiridos em campo foram vetorizados no software Inkscape 0.9.2 a partir das fotografias, croquis e fotomosaicos, onde as fácies foram individualizadas e os parâmetros faciológicos, como cor, litologia, estruturas sedimentares primárias e secundárias, composição do arcabouço e geometria das camadas foram expressos em seção colunar.

2.4 Análise de elementos arquiteturais

Elementos arquiteturais (Quadro 2) são litossomas caracterizados por sua geometria externa e interna, associação de fácies e escala. São analisados através de levantamento bidimensional do afloramento, neste trabalho representado por painel fotográfico, e representam um processo particular ou um conjunto de processos atuantes em um determinado sistema deposicional (Miall, 1985, 1990).

Quadro 2 – Elementos arquiteturais identificados no estudo dos depósitos siliciclásticos em Nova Olinda/ CE.

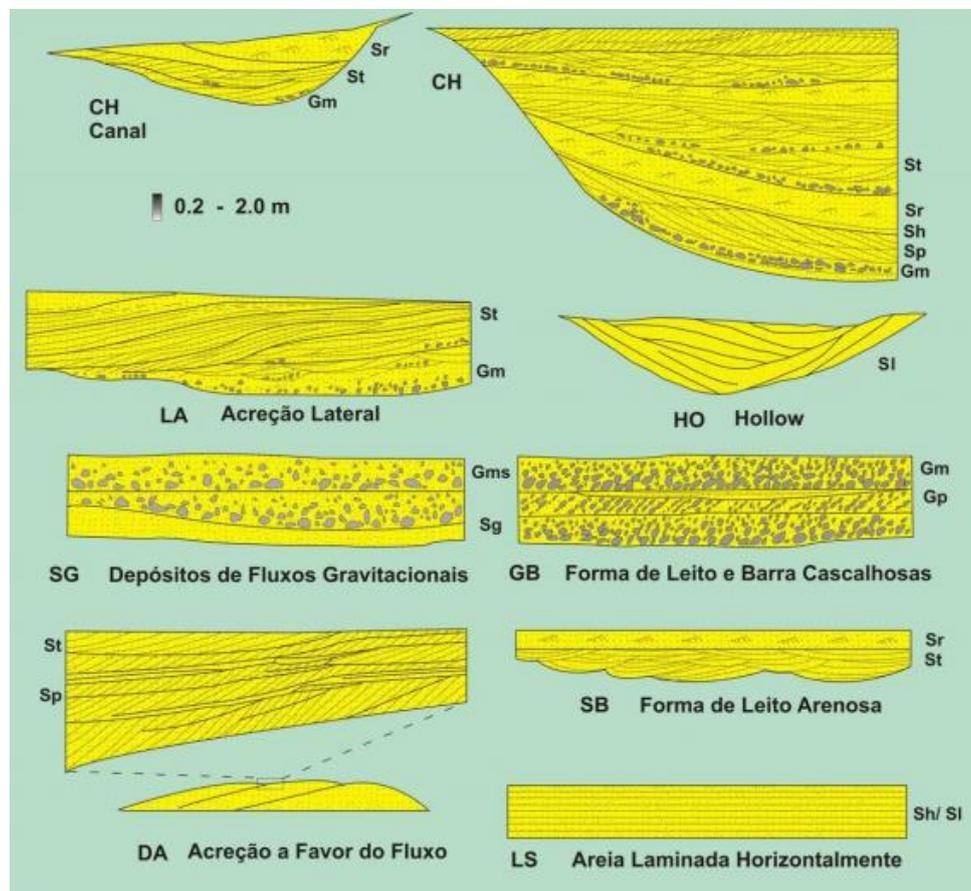
Elemento Arquitetural	Código	Geometria e arquitetura interna	Interpretação
Canais	CN	Corpos sedimentares limitados por superfícies erosivas côncovas. Escala altamente variada.	Preenchimento de canais menores internos ao cinturão de canais
Fluxo de gravidade de sedimentos	FG	Corpos de geometria lenticular geralmente intercalados com elementos GB e SB	Amalgamação de sucessivos episódios de fluxos de detritos
Formas de leito de e Barra Cascalhosas	BC	Corpos tabulares ou em lente formados por complexos amalgamados de sets de estratos cruzados	Barras longitudinais cascalhosas

Formas de Leito Arenosas	LA	Corpos com geometria em lente ou lençol, formados por sets amalgamados de estratos cruzados seprados por superfícies (1ª, 2ª ou 3ª ordem) subhorizontais.	Migração ou cavalgamento de dunas subaquosas
-----------------------------	----	---	--

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos conceitos de Miall (1985, 1990).

Ainda de acordo com Miall (1985, 1990), as descrições e definições de elementos arquiteturais devem incluir: (i) Natureza das superfícies limitantes dos corpos: erosional ou gradacional, planar, irregular ou curva; (ii) Geometria externa dos corpos: lente, cunha, canal, preenchimento em “U”; (iii) Escala: espessura, extensão lateral paralela e perpendicular à direção do fluxo; (iv) Geometria interna: conjunto de litofácies, seqüências verticais, presença de superfícies de erosão secundárias e sua orientação, estruturas sedimentares e direção das paleocorrentes; (v) Quando presente, a análise do conteúdo fóssilífero é de extrema importância na descrição de cada fácies (Figura 3).

Figura 3 – Elementos arquiteturais básicos de canais fluviais.



Fonte: Miall (1985).

2.5 Análise de paleocorrentes

As estruturas vetoriais são caracterizadas pela polaridade ligada à sua origem, ou seja, paleocorrentes são indicativos direcionais de fluxos fluidodinâmicos que atuaram no transporte e na deposição de sedimentos (SUGUIO, 2003). Assim, o estudo de paleocorrentes é imprescindível na reconstituição paleogeográfica de uma bacia sedimentar, principalmente em fluxos aquosos, que geralmente acompanham o paleodeclive.

Os dados relativos à direção de paleocorrentes podem ser obtidos através de estruturas sedimentares indicadoras de fluxo, assim como através da imbricação de eixo “b” (ASSINE, 1994). Foram obtidas, ao todo, 284 medidas de direções de paleocorrentes, das quais 21 correspondem a estratificações cruzadas planar da fácies Ap; 23 às laminações cruzadas cavalgantes nas fácies Ac, sendo 3 levantadas no P01, 10 no P05 e 10 no P04; 34 às estratificações cruzadas acanaladas, sendo 12 nas fácies Aa, 22 nas fácies Ca e 10 nas fácies Aa e 207 na fácies Cm no P01.

Segundo Tucker (2014), a correção da influência de basculamento tectônico deve ser feita apenas quando a influência é acima de 25°. Desta forma, optou-se pela não realização deste procedimento, uma vez que as medidas de acamamento são menores do que este valor de referência.

Os dados direcionais obtidos foram então representados graficamente através de histogramas circulares de frequência, em classes de 30° a partir do rumo norte, sendo a soma desses dados convertida em porcentagem. Nos diagramas também foram indicados o número de medidas e a média vetorial. A partir desses dados, foi possível inferir os sentidos de suprimento sedimentar.

2.6 Interpretação dos sistemas deposicionais

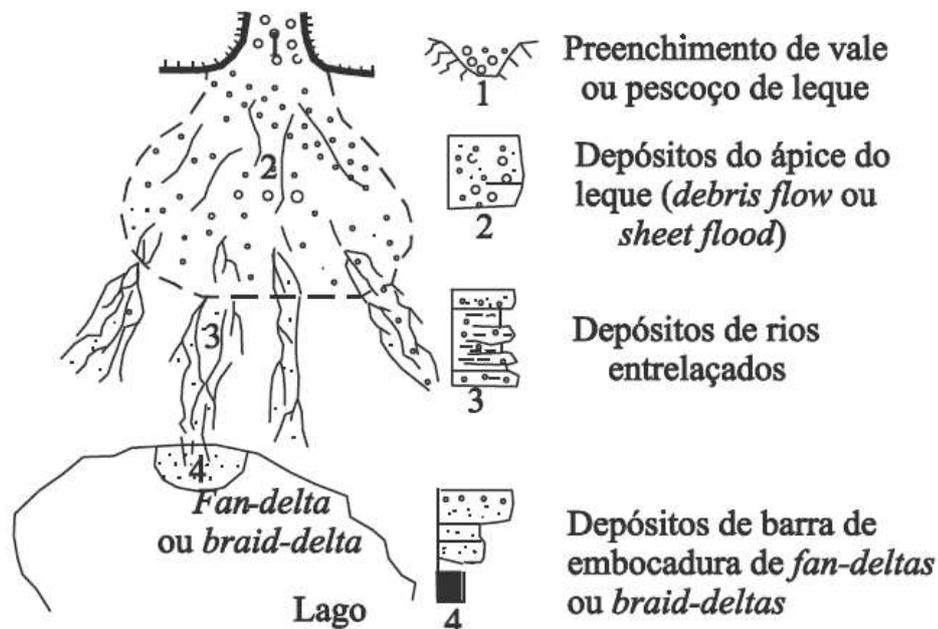
Por fim, a interpretação dos sistemas deposicionais será feita a partir da integração de dados referentes ao agrupamento das diferentes associações faciológicas, padrões de empilhamento, com base em Postma (1990).

O estudo dos modelos de sedimentação leva a interpretação de sistemas de sedimentação atuantes no ambiente. Portanto, um determinado modelo de fácies e sua respectiva sucessão faciológica pode ser definido como a representação de um ambiente sedimentar específico (SUGUIO, 2003).

Sistemas de leques terrígenos são depósitos sedimentares em forma de leque ou cone que ocorrem associados a áreas de sopé em regiões montanhosas que apresentam forte tectonismo (gradientes de declividade entre 1°-25°), especialmente em condições de clima árido ou semiárido (SUGUIO, 2003).

De acordo com Favera (2001) os depósitos de leque aluvial podem ser divididos em dois tipos: apical e distal. No primeiro tipo ocorrem depósitos de preenchimento do vale alimentador do leque, enquanto no segundo os depósitos de leques progradam em corpos aquosos, sejam eles lacustres ou marinhos, chamados de fan-deltas (Figura 4).

Figura 4 – Modelo esquemático de sistema de leque aluvial.



Fonte: Favera (2001).

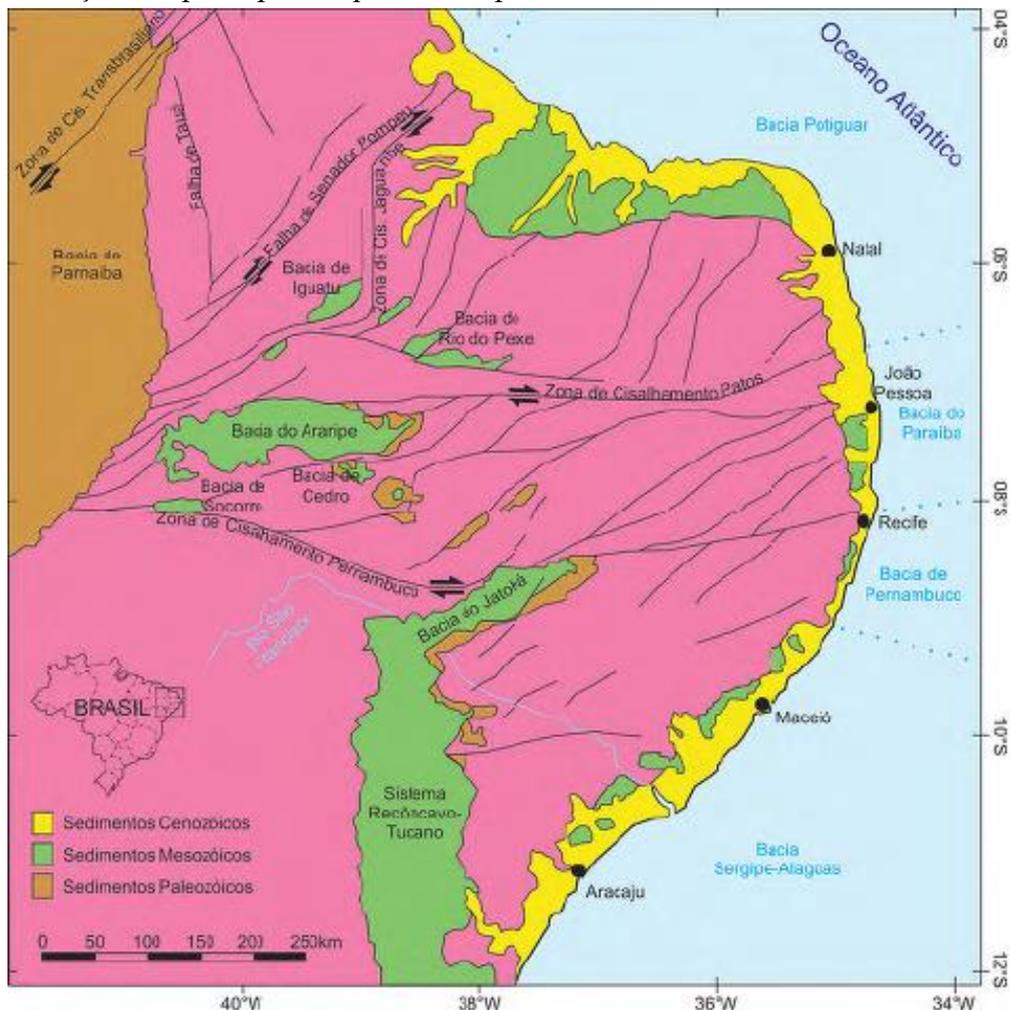
A porção distal dos fan-deltas é caracterizada pela presença de conglomerados e arenitos grosseiros com estratificação bem desenvolvida; arranjo em ciclos de pequena espessura com disposição de granodecrescência ascendente; intercalações com fácies pelíticas relativamente frequentes e transporte de material através de correntes entrelaçadas.

3 SÍNTESE GEOLÓGICA REGIONAL

3.1 Arcabouço e evolução tectônica da Bacia do Araripe

As bacias interiores do Nordeste são um conjunto de bacias do tipo rifte, de idade mesozoica, instaladas acima da Zona de Cisalhamento Pernambuco (Brito Neves, 2000). Dentre elas, a bacia do Araripe constitui-se como a que possui maior extensão, perfazendo uma área de 11.000 km², assim como de mais complexa geo-história. Destaca-se, ainda, a existência da Chapada do Araripe, uma feição geomorfológica alongada em sentido E-W, que apresenta suave mergulho para oeste, limitada por escarpas erosivas e íngremes (PONTE, 1992). A bacia do Araripe estende-se também para leste, para além dos limites atuais da chapada, ocupando a depressão do Vale do Cariri (Figura 5).

Figura 5 – Distribuição das bacias interiores e marginais do Nordeste oriental, com discriminação das principais seqüências deposicionais.



Fonte: Silvestre *et al.* (2020).

A bacia do Araripe está implantada sobre a Província da Borborema. Esta, por sua vez, constitui-se em uma extensa faixa orogénica formada durante o Ciclo Brasileiro, como consequência da orogénia entre os Crátos São Luís/ Oeste-África e São Francisco/Congo-Kasai, no fim do Neoproterozoico.

Brito Neves (1999) subdividiu a Província Borborema em três domínios geotectônicos distintos: i) Borborema Setentrional (entre o cráton São Luís-Oeste África e a zona de cisalhamento Patos), ii) Borborema Meridional (entre a zona de cisalhamento Pernambuco e o cráton São Francisco-Congo, e iii) Zona Transversal (entre as zonas de cisalhamento Patos e Pernambuco, conforme apresentado na Figura 05). Nessa última, dentro do setor sul do sistema de dobramentos do Terreno Pincó-Alto Brígida encontra-se encaixada a Bacia do Araripe.

Segundo Gomes *et al.* (1981), a faixa do Terreno Pincó-Alto Brígida é composta por dois grupos distintos: (1) Grupo Cachoeirinha, constituído por filitos e micaxistos de baixo grau metamórfico, metagrauvascas, quartzitos, rochas metavulcânicas ácidas, formações ferríferas, metacarbonatos e metaconglomerados; e (2) Grupo Salgueiro, constituído por micaxistos anfíbolíticos, paragnaisses, mármore, quartzitos, anfíbolitos e rochas metavulcânicas ácidas. Ainda de acordo com Gomes *et al.* (1981) a faixa Pincó-Alto Brígida também é intrudida por granitoides brasileiros de natureza ultrapotássica, além da existência ortognaisses de origem TTG de idade toniana.

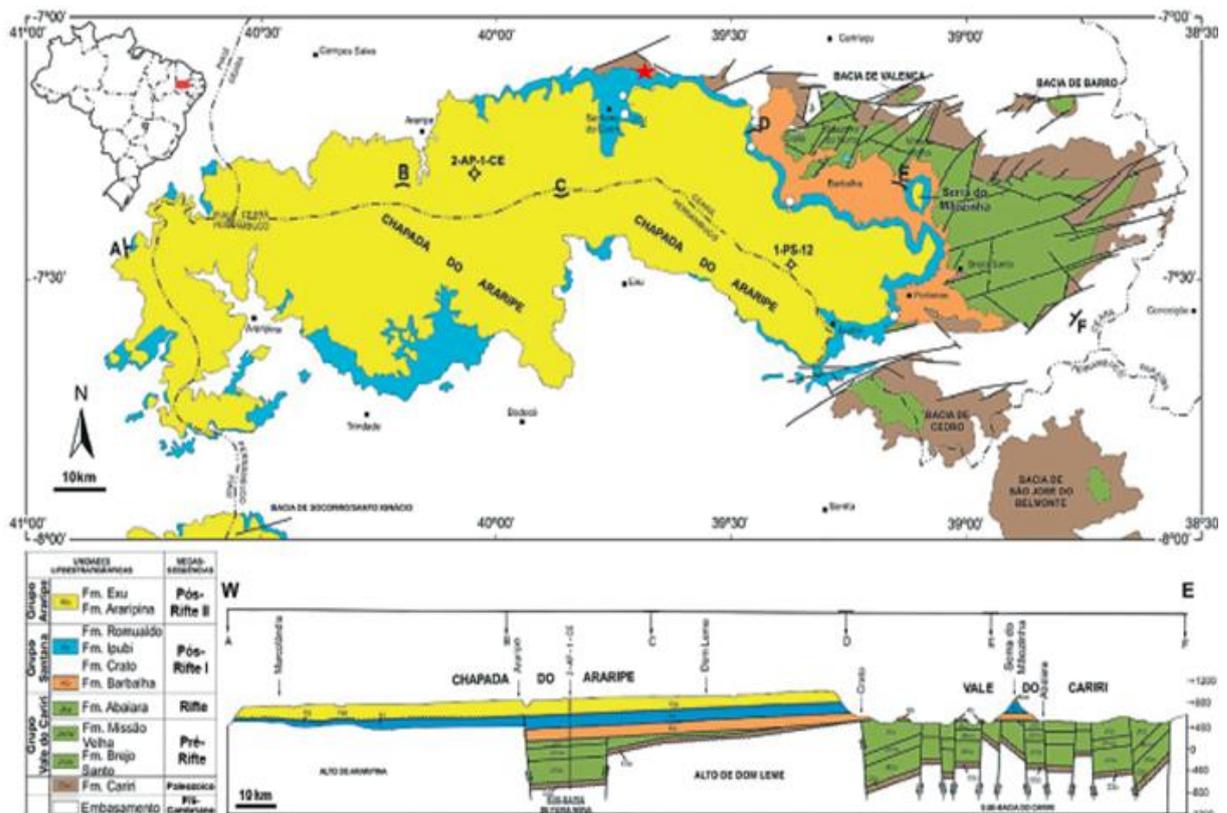
Apesar de originada durante o Ciclo Brasileiro, a Zona Transversal sofreu tectonismo posterior à consolidação, em 540-500 Ma. A rede de lineamentos que hoje delimita a bacia teria sido retrabalhada durante uma fase de tectônica de alívio quando novas assembleias vulcanossedimentares e corpos plutônicos associados foram encaixados à zona.

Estruturas herdadas das zonas de fraqueza brasileiras seriam posteriormente reativadas durante o Siluriano (CHAGAS, 2007), gerando um primeiro estágio de subsidência intracratônica e posteriormente durante o Jurássico, por movimentos verticais de grabens locais durante a reativação wealdeniana, relativos à fragmentação do Gondwana e consequente abertura do Oceano Atlântico Sul (ALMEIDA, 1996; BEZERRA *et al.*, 2023).

3.2 Evolução tectonossedimentar da bacia do Araripe

O arcabouço estratiográfico da bacia, de acordo com Assine (2014), é constituído por quatro megassequências: Pré-rifte e Rifte, que juntas formam o Grupo Vale do Cariri; Pós-rifte I, que forma o Grupo Santana e Pós-rifte II, que engloba o Grupo Araripe; além de uma sequência de idade presumidamente paleozoica, todas delimitadas por discordâncias de caráter regional. Tais unidades foram geradas tanto em diferentes regimes tectônicos quanto em condições paleogeográficas distintas, o que a configura como uma bacia de evolução poligenética (Figura 6).

Figura 6 – Mapa geológico e perfil litológico esquemático da bacia do Araripe, com indicação da área estudada, em vermelho.



Fonte: Modificado de Assine *et al.* (2014).

I. Sequência paleozoica, representada exclusivamente pela Formação Cariri (de provável idade siluro-ordoviciano), composta por arenitos médios a grossos, com níveis conglomeráticos granodécrescentes ascendentes;

II. Sequência pré-rifte (Jurássico a Neocomiano), composta pelas formações Brejo Santo e Missão Velha. A primeira formação é constituída por folhelhos e lamitos vermelhos e, a segunda é composta por arenitos quartzosos, por vezes feldspáticos e/ou caulíníticos;

III. Sequência rifte (Neocomiano), formada apenas pela Formação Abaiara, constituída por sucessão de arenitos intercalados com folhelhos calcíferos, ocorrendo também conglomerados polimíticos e folhelhos esverdeados;

IV. Sequência pós-rifte (Aptiano-Albiano), abrangendo as formações Barbalha, Crato, Ipubi, Romualdo, Araripina e Exu. Assine *et al.* (2014) subdividiram as quatro primeiras como Grupo Santana, onde ocorrem arenitos intercalados por folhelhos, calcários laminados, camadas de gipsita e, por fim, arenitos intercalados com folhelhos, com concreções carbonáticas fossilíferas, marcado também por duas sequências deposicionais marcadas por discordâncias de caráter regional; e as outras duas em Grupo Araripe, onde ocorrem lamitos, arenitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados, que marcam o fim da sedimentação cretácea.

3.3 Fácies siliciclásticas na Bacia do Araripe

Devido a sua natureza intracratônica/ continental, a Bacia do Araripe apresenta uma série de fácies siliciclásticas que ocorrem em todas as suas distintas unidades litoestratigráficas (FAMBRINI *et al.*, 2019, 2020). Entretanto, fácies conglomeráticas ocorrem em apenas seis destas unidades (Mauriti, Missão Velha, Abaiara, Barbalha, Romualdo e Exu) devido à necessidade de uma alta energia de fluxo (SUGUIO, 2003), que por sua vez ocorre associada a condições climáticas, paleogeográficas e tectônicas bastante distintas (Quadro 3).

Quadro 3 – Síntese regional dos depósitos conglomeráticos na Bacia do Araripe.

Unidade	Idade	Litologias	Arcabouço	Trend Regional	Sistema deposicional
Fm. Cariri	Siluriano-Ordoviciano	Orto e paraconglomerados	Quartzo	N-NE	Fluxo de detritos de alta energia
Fm. Missão Velha	Jurássico	Orto e paraconglomerados	Quartzo, quartzo leitoso e quartzito	W, SW, S e SE	Fluxo de detritos de alta energia
Fm. Abaiara	Cretáceo (Neocomiano)	Orto e paraconglomerados	Milonitos, metavulcânicas ácidas, gnaisses e granitos	S	Canais fluviais entrelaçados de alta energia
Fm. Barbalha	Cretáceo (Aptiano)	Ortoconglomerados	Ortognaisses, quartzo-milonitos, quartzitos	SSE	Canais fluviais entrelaçados de alta energia
Fm. Romualdo	Cretáceo (Albiano)	Paraconglomerados	Granito, quartzo, feldspato e argilito	SSW	Depósitos de migração de dunas subaquosas 3D

Unidade	Idade	Litologias	Arcabouço	Trend Regional	Sistema deposicional
Fm. Exu	Cretáceo (Cenomoniano)	Paraconglomerados	Quartzo	W	Canais fluviais entrelaçados de alta energia
Depósitos recentes	Cenozoica	Paraconglomerado	Gnaise milonítico, anfíbolito, quartzo, feldspato	ESE	Depósitos de fluxo gravitacional

Fonte: Adaptado das informações em Assine *et al.* (2014) e Fambrini *et al.* (2020).

As fácies conglomeráticas da Formação Cariri ocorrem na forma de orto e paraconglomerados, de matriz arenosa, seixos de natureza quartzosa e que repousam através de contato erosivo sob as rochas do embasamento cristalino. A análise faciológica desses sedimentos indica depósitos formados por fluxos de detritos de alta energia, enquanto as paleocorrentes indicam sentido para N, NW e subordinamente para NE (FAMBRINI *et al.*, 2011).

Na Formação Missão Velha as fácies conglomeráticas também ocorrem na base da mesma. De acordo com Fambrini *et al.* (2011), os conglomerados apresentam-se maciços, interpretados como depósitos de fluxos de detritos, estratificados de base plano-paralela e acanalada, interpretados como depósitos de correntes aquosas em barras longitudinais fluviais, estratificados com base tabular, de deposição associada a preenchimento de canais de sistemas fluviais entrelaçados a leques aluviais de alta energia. Os clastos do arcabouço, comuns para todas as fácies, apresentam composição de quartzo, quartzo leitoso e subordinamente rochas metamórficas (quartzitos). Paleocorrentes indicam sentido para W, SW, S e SE. Estas fácies gradam verticalmente de forma granodecrescente, passando então para arenitos conglomeráticos e indo até lamitos.

Segundo Assine (2007), os conglomerados da Formação Abaiara ocorrem interestratificados com arenitos finos e folhelhos avermelhados. Polimíticos, clasto-sustentados, os conglomerados apresentam clastos de composição metamórfica (milonitos e ultramilonitos, metavulcânicas ácidas) e ígnea (granitos a sienogranitos). As paleocorrentes (ASSINE, 1994) com sentido para S-SW indicam uma provável paleo-bacia hidrográfica cujos rios corriam para sul, em direção à Bacia do Recôncavo-Tucano-Jatobá. As associações faciológicas para o pacote indica sedimentação em tratos deposicionais continentais, com lagos rasos eventualmente substituídos por planícies de canais fluviais entrelaçados.

Na Formação Barbalha os conglomerados ocorrem no primeiro contato erosivo sobre as Camadas Batateiras, perobetuminosas de origem lacruste, que subdivide o Grupo Santana em diferentes sequências deposicionais. Constituem-se como ortoconglomerados

polimíticos, com seixos, subangulosos a subarredondados, de rochas ígneas cristalinas (granitos, ortognaisses e quartzito) e também metamórficas (quartzo-milonitos), com paleocorrentes para SSE (ASSINE, 1994). Através de furos de sondagem, Silvestre (2017) caracterizou conglomerados maciços, aflorantes na porção basal da Formação Barbalha, cujo ambiente de sedimentação foi interpretado depósito de base erosiva, típico de sistemas fluviais de alta energia (FAMBRINI *et al.*, 2015; FAMBRINI *et al.*, 2016).

Por sua vez, na base da Formação Romualdo, em contato erosivo com os depósitos evaporíticos da Formação Ipubi, ocorrem arenitos conglomeráticos a conglomerados de paleocorrentes com direção SSW (ASSINE, 2014). Estas rochas, matriz-suportadas, apresentam clastos de variável grau de arredondamento (arredondados a angulosos) e baixo grau de esfericidade dos grãos, que são classificados como granito, quartzo, feldspato e argilito. Apresentam estratificações cruzadas acanaladas. O ambiente de sedimentação para essas rochas foi interpretado como depósitos de migração de dunas subaquosas de cristas sinuosas (3D) sob a ação de correntes unidirecionais em regime de fluxo inferior (CHAGAS, 2017).

Encerrando a sedimentação cretácea, os pacotes siliciclásticos fluviais da Formação Exu caracterizam-se como conglomerados a arenitos conglomeráticos, que apresentam granodecrescência ascendente, com seixos arredondados de quartzo e subordinadamente de rochas metamórficas (ASSINE, 1992). As fácies apresentam estratificações cruzadas planares e acanaladas, características de sistemas fluviais entrelaçados. A principal característica dessas fácies se dá no padrão de paleocorrentes para oeste, o que mostra uma reestruturação da paleodrenagem, que até então tinha padrões voltados para SSW (ASSINE, 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho são apresentados na forma de um artigo preliminar (Apêndice A) que deverá ser submetido para publicação no periódico científico Geologia USP. Série Científica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; LEONARDOS, O. H.; J. R.; VALENÇA, J. **Granitic rocks of Northeast South America**. Oxford. The Geological Society – Blackewll Scientific Publ., p. 31-47, 1996.
- ASSINE, M. L. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 22, n. 3, p. 298-300, 1992.
- ASSINE, M. L. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista de Geociências**, v. 24, n. 4, p. 223-232, 1994.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**. v. 15, n. 2, p. 371 -389, 2007.
- ASSINE, M. L.; PERINOTTO, J. A. J.; CUSTÓDIO, M. A.; NEUMANN, V. H.; VAREJÃO, F. G.; MESCOLOTTI, P. C. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**. v. 22, n. 1, p. 3-28, 2014
- BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHIMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, Northeastern Brazil. *In*: CORDANI, U.G; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds.). **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro; [s.n.], p. 39-392, 1999.
- CAVALCANTI, S. G. F.; RODRIGUES, A. N. N.; COSTA, D. S.; BITTENCOURT, D. B. **Relatório de Mapeamento de Terrenos Sedimentares**. 2019. Relatório final de disciplina (Mapeamento de Terrenos Sedimentares) – UFC, Fortaleza, 2019.
- CARVALHO, I. S. **Paleontologia: conceitos e métodos**, 3ª ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 2010. v. 1.
- CHAGAS, D. B. **Análise faciológica frente ao controle paleoambiental baseado na palinologia do intervalo aptiano-albiano da Bacia do Araripe (subbacias Cariri e Feira Nova), NE do Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- CHAGAS, D. B; ASSINE, M. L.; FREITAS, F. I. Facies sedimentares e ambientes deposicionais da Formação Barbalha no vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 26, n. 4, p. 313-322, 2007.
- FAMBRINI, G. L.; NEUMANN, V. H. M. L.; VALENÇA, L. M. M.; BATISTA, Z. V.; ARAÚJO, J. T.; LEMOS, D. R.; TESSER JUNIOR, S.; MENEZES FILHO, J. A. B. 2010. Análise de fácies da Formação Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **XLV Congresso Brasileiro de Geologia**. Belém: SBG
- FAMBRINI, G. L.; LEMOS, D. R. de; TESSER JUNIOR, S.; ARAÚJO, J. T. de; SILVA FILHO, W. F. da; SOUZA, B. Y. C. de; NEUMANN, V. H. M. L. 2011. Estratigrafia, arquitetura deposicional 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 . **Geologia USP. Série Científica**, 11(2), 55-87.
<https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2011000200004>

FAMBRINI, G. L.; NEUMANN, V. H. M. L.; BARROS, C. L.; SILVA, S. M. O. A.; GALM, P. C.; FILHO, J. A. B. M. Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. 2013. **Revista do Instituto de Geociências** – USP. Geol. USP. Sér. Cient., São Paulo, v. 13, n. 4, p. 3-28, dezembro. 2013.

FAMBRINI, G. L.; Menezes Filho, J. A. B.; JESUINO, P. C. L.; Araújo J. T.; Durval, L. G. O.; Neumann, V. H. M. L. Sucessão Faciológica da Formação Barbalha, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, v. 25, p. 137-164, 2015.

FAMBRINI, G. L.; MENEZES FILHO, J. A. B.; JESUINO, P. C. L.; SILVESTRE, D. C.; LEMOS, D. R.; NEUMANN, V. H. M. L. Caracterização dos sistemas deposicionais da Formação Barbalha, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Comunicações Geológicas**, v. 103, p. 51-65, 2016.

FAMBRINI, G. L.; SILVA FILHO, W. F.; LEMOS, D. R.; SILVESTRE, D. C.; ARAÚJO J. T.; MENEZES FILHO, J. A. B.; TESSER JUNIOR, S.; NEUMANN, V. H. M. L. Análise tectonossedimentar das fases início de rifte e clímax de rifte da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v19-150526. **Geologia USP. Série Científica**, v. 19, p. 205-236, 2019.

FAMBRINI, G. L.; SILVESTRE, D. C.; BARRETO JUNIOR, A. M.; SILVA FILHO, W. F. da (2020). Estratigrafia da Bacia do Araripe: estado da arte, revisão crítica e resultados novos. **Série Científica**, 20(4), 169-212. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v20-163467>

FÁVERA, D. J. C. **Fundamentos de estratigrafia moderna**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2001.

GOMES, J. R. C.; GATTO, C. M. P. P.; SOUZA, G. M. C.; LUZ, D. S. PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W. Mapeamento regional: Geologia. 1981. *In: Projeto RADAMBRASIL*. Folhas SB. 24/25, Jaguaribe/ Natal. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Brasília, MME/SG (Lev. Rec. Nat. 23).

MACIEL, E. L.; RODRIGUES, T. F.; CARNEIRO, L. S.; SANTOS, D.; SILVA, D. F.; REIS, E. G.; NASCIMENTO JR, D. R.; SILVA FILHO, W. F.; **Nova Ocorrência da Formação Barbalha (Bacia do Araripe) à leste de Nova Olinda – CE**. *In: 27º Simpósio de Geologia do Nordeste*. João Pessoa. 2017.

MIALL, A. D. **Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary**. *In: D. Miall (Ed.), Fluvial Sedimentology (v. 5, 597-604)*. Calgary: Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 1978.

MIALL, A.D. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. **Earth-Sci**. v. 22, p. 261-308, 1985.

MIALL, A. D. **Principles of Sedimentary Basin Analysis**. 3rd ed. Berlin: SpringerVerlag, 1990.

MIALL, A. D. **The geology of fluvial deposits: sedimentar facies, basin analysis and petroleum geology.** Berlin: Springer, 1996.

MIALL, A. D. **Principles of sedimentary basin analysis.** 3. ed. New York: Springer-Verlag, 2000.

PONTE, F. C.; APPI, C. J. Proposta de Revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 26, 1990, Natal. Anais. Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. v. 1, p. 211-226.

PONTE; F. C. Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *In: Simp. Bacias Cretácicas Brasileiras*, 2, Rio Claro, 1992. **Resumos expandidos.** Rio Claro, UNESP, p. 81-84.

POSTMA, G. **Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis.** Spec. Publ. int. Ass. Sediment, v. 10, p. 13-27, 1009, 1990.

SÁ, L. B.; LINHARES, L. M. A.; RIBEIRO, F. D. G.; TEIXEIRA, R. O. **Mapeamento e uma área a leste de Nova Olinda.** 2018. Relatório final de disciplina (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SANTOS, F. H.; AZEVEDO, J. M.; NASCIMENTO Jr., D. R.; SOUSA, A. C. B; MENDES, M.; BEZERRA, I.; LIMAVERDE, S. Análise de Fácies e Petrografia de uma Seção do Membro Crato em Nova Olinda (CE): Contribuições à História Depositional e Diagenética do Neaptiano na Bacia do Araripe, **Revista do Instituto de Geociências - USP, Série Científica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 3-18, 2017.

SELLEY, R. C. **Ancient Sedimentary Environments.** London: Chapman & Hall, 1970.

SILVESTRE, D. C. **Análise faciológica e caracterização e sistemas deposicionais da Formação Barbalha (Aptiano Superior) – Bacia do Araripe.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2017.

SILVA, A. R. C.; TEXEIRA, L. O. **Estudo de um depósito de fluxo gravitacional associado ao Lineamento de Patos em Nova Olinda, Ceará.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** São Paulo: Edgard Blucher, 2003. v. 01.

TUCKER, M. E. **Rochas sedimentares: guia geológico de campo / Maurice E. Tucker;** tradução: Rualdo Menegat. – 4. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2014.

WALKER, R. G. **Facies, facies models and modern stratigraphic concepts.** *In: R. G. Walker, N. P. James (Eds.), Facies Models: response to sea level change.* Geotext 1 (1-14). Waterloo, Ontario: Geological Association of Canada, 1984.

**APÊNDICE A – ARTIGO: FÁCIES SEDIMENTARES E SISTEMAS
DEPOSICIONAIS DA FORMAÇÃO BARBALHA NA REGIÃO DE NOVA OLINDA,
BORDA NORTE DA BACIA DO ARARIPE**

**FÁCIES SEDIMENTARES E SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA FORMAÇÃO
BARBALHA NA REGIÃO DE NOVA OLINDA, BORDA NORTE DA BACIA DO
ARARIPE**

BRITO, L. A. R, SILVA-FILHO, W. F.

RESUMO

Este trabalho enfoca na revisão da Formação Barbalha na borda Norte da Bacia do Araripe através de análise de fácies, elementos arquiteturais, proveniência macroscópica e paleocorrentes para a definição dos sistemas deposicionais. Os objetivos foram: a) interpretar sistemas deposicionais; b) entender o posicionamento estratigráfico da sequência sedimentar no contexto da fase pós-rifte da Bacia do Araripe. Foram reconhecidas seis litofácies sedimentares: conglomerados clasto-suportados com acamamento incipiente, conglomerados maciços, arenitos com estratificações cruzadas planares, arenitos com estratificações cruzadas acanaladas, arenitos com estratificações cruzadas cavalgantes de baixo ângulo, argilitos laminados. Foram identificados quatro elementos arquiteturais: canais, fluxo de gravidade de sedimentos, formas de leito de barra cascalhosas e formas de leito arenosas. Além disso, foi feita qualificação e quantificação macroscópica de 200 clastos do arcabouço das fácies conglomeráticas e da análise de paleocorrentes medidas em 83 estruturas sedimentares e 207 clastos imbricados. Assim, esse pacote sedimentar foi classificado como um corte longitudinal de sistemas de leques aluviais terrígenos, apresentando suas porções terminais (fácies lamíticas e areníticas), assim como parte das porções proximais (fácies conglomeráticas preenchendo canais) que se empilham em padrão progradante, com sobreposição dos conglomerados aos arenitos/argilitos sem lacuna perceptível. A mudança no regime de fluxo hídrico implica em variações climáticas, onde o clima passou de úmido para semiárido, ou tectônicas, onde houve reativação de falhas de borda com reativação de escarpas tectônicas, ou uma associação de ambos. Concluiu-se, assim, que a sucessão sedimentar estudada pode estar associada aos eventos tectônicos da fase pós-rifte da Bacia do Araripe, que possivelmente ocorreram contemporaneamente à deposição de sistemas aluviais entrelaçados do topo da sequência

superior da Formação Barbalha, interdigitados com as primeiras fácies lamíticas basais da Formação Crato.

Palavras-chave: Formação Barbalha, Bacia do Araripe, Fandelta, sistemas fluviais, reativação tectônica.

ABSTRACT

This work focuses on the revision of the Barbalha Formation on the northern edge of the Araripe Basin through the analysis of facies, architectural elements, macroscopic provenance and paleocurrents for the definition of depositional systems. The objectives were: a) to interpret depositional systems; b) to understand the stratigraphic positioning of the sedimentary sequence in the context of the post-rift phase of the Araripe Basin. Six sedimentary lithofacies were recognized: clast-supported conglomerates with incipient lodging, massive conglomerates, sandstones with planar cross-stratifications, sandstones with channeled cross-stratifications, sandstones with low-angle caving cross-stratifications, laminated argillites. Four architectural elements were identified: channels, sediment gravity flow, gravel bar bed forms, and sandy bed forms. In addition, 200 clasts from the conglomeratic facies framework and the analysis of paleocurrents measured in 83 sedimentary structures and 207 imbricated clasts were qualified. Thus, this sedimentary package was classified as a longitudinal section of terrigenous alluvial fan systems, presenting its terminal portions (lamitic and sandstone facies), as well as part of the proximal portions (conglomeratic facies filling channels) that stack in a prograded pattern, with overlapping of the conglomerates to the sandstones/argillites without noticeable gap. The change in the water flow regime implies climatic variations, where the climate changed from humid to semi-arid, or tectonic variations, where there was reactivation of edge faults with reactivation of tectonic scarlets, or an association of both. Thus, it was concluded that the sedimentary succession studied may be associated with the tectonic events of the post-rift phase of the Araripe Basin, which possibly occurred contemporaneously with the deposition of interlaced alluvial systems from the top of the upper sequence of the Barbalha Formation, interdigitated with the first basal lamite facies of the Crato Formation.

Keywords: Barbalha Formation; Araripe Basin; Fandelta, Fluvial Systems, Tectonic Reactivation.

1.0 INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe é alvo de constante e crescente interesse na análise estratigráfica, devido tanto ao seu rico conteúdo fossilífero (ARAI e ASSINE, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2021) quanto também como análogo de reservatórios de hidrocarbonetos (CATTO *et al.*, 2016; MIRANDA *et al.*, 2018). Nesse sentido, uma série grande de estudos vêm trazendo a luz novas discussões acerca da interação tectônica e sedimentação, em específico da sequência pós-rifte localizada na borda Norte da Bacia do Araripe (NEUMANN E CABRERA, 1999; SCHERER *et al.*, 2015, Santos *et al.*, 2017, BENIGNO *et al.*, 2021; ALENCAR, *et al.*, 2021; CLAES *et al.*, 2021; CELESTINO *et al.*, 2021).

Vários mapeamentos de detalhe (1:25.000) e a evolução dos conhecimentos na região da Bacia do Araripe, permitiram redefinir a natureza de sequências deposicionais para as formações, outrora membros da outrora Formação Santana (ASSINE *et al.*, 2014; NEUMANN e CABRERA, 1999). O agora Grupo Santana é constituída pelas Formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo (NEUMANN e ASSINE, 2015).

A Formação Barbalha foi instituída inicialmente por Ponte & Appi (1990) como Formação Rio da Batateira. Posteriormente, devido a presença das Camadas Batateiras, identificadas por Hashimoto *et al.* (1987) na porção leste da Bacia, Assine (1992) renomeou a unidade conforme os critérios de precedência de nomenclatura estabelecidos pelo Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (SBG, 1986). Assim, Assine (1992) caracterizou a Formação Barbalha (Neoaptiano) como constituída em dois ciclos fluviais com granodecrescência ascendente, que encerram de conglomerados basais e vão até intervalos pelíticos-lacustres no topo (Scherer *et al.*, 2015).

Todavia, recentemente, a Formação Barbalha foi mapeada na região de Nova Olinda-CE, norte da Bacia (ALENCAR *et al.*, 2021; CLAES *et al.*, 2021). Até então, a unidade havia sido apenas descrita em afloramentos apenas na Sub-Bacia (ASSINE, 1992; CHAGAS, 2007), e em furos do poço 2-AP-1-CE na sub-bacia de Feira Nova. Portanto, a exposição de conglomerados e matacões em novos cortes de estrada na porção norte da Bacia do Araripe, região sudeste de Nova Olinda (CE), trouxe novamente à luz o debate acerca da influência tectônica nos processos deposicionais do Grupo Santana como um todo.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo o estudo faciológico e arquitetural dos sistemas siliciclásticos aflorantes na borda Norte da Bacia do Araripe, Nova Olinda-CE (Figura 1). Assim sendo, esta pesquisa buscou aplicar a descrição faciológica, com foco em análise de paleocorrentes e nas análises dos elementos arquiteturais da Formação Barbalha, além

de realizar análise de proveniência macroscópica dos clastos das fácies conglomeráticas.

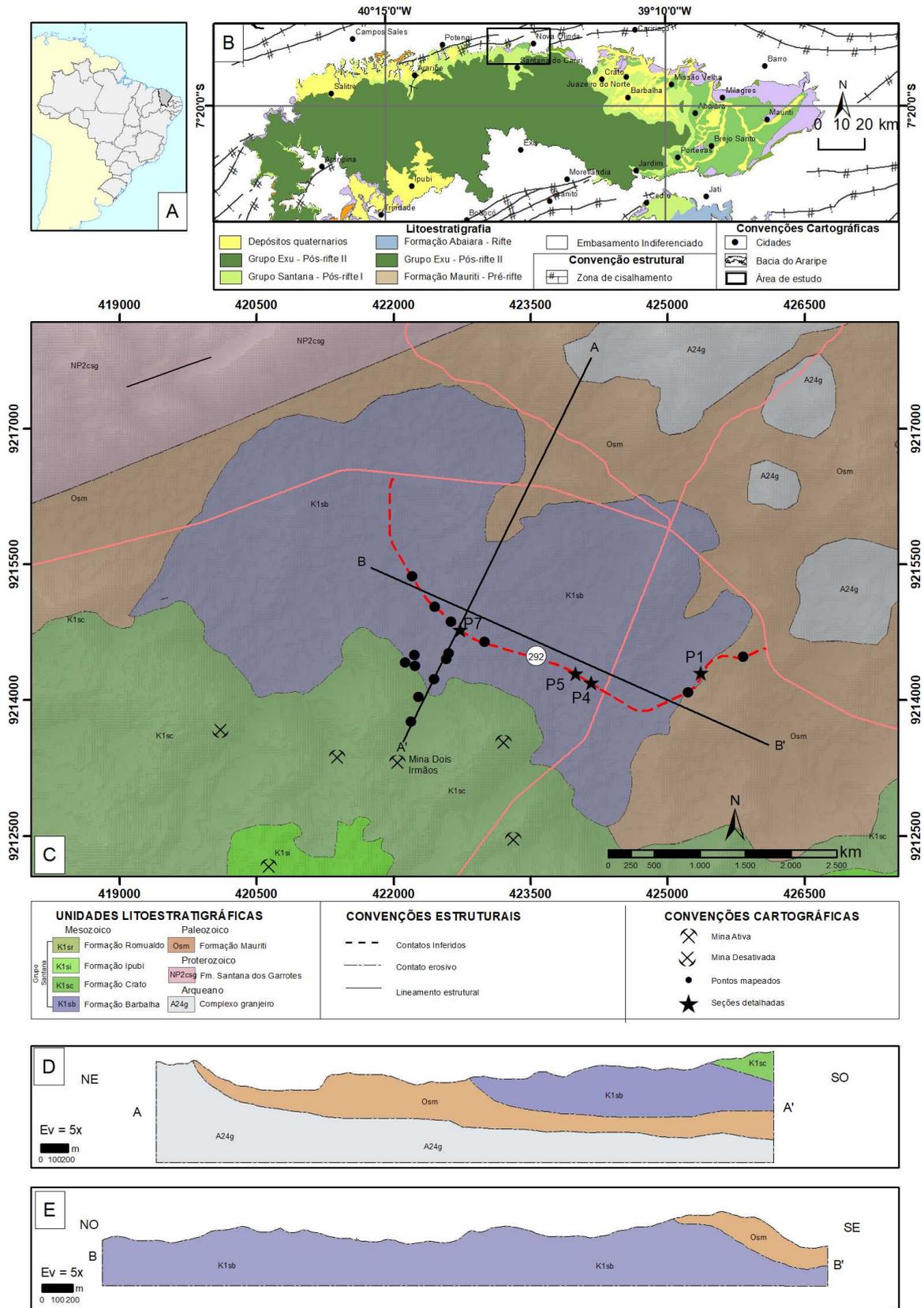


Figura 1 – Mapa de localização do afloramento da Formação Barbalha, borda Norte da Bacia

do Araripe. Localização geográfica (A); contextualização geológica regional (B); mapa geológico local (C); (D) Perfil esquemático A-A', mostrando as relações de topo/base da Formação Barbalha na borda Norte da Bacia do Araripe; (E) Perfil esquemático B-B', mostrando perfil aproximado ao longo do corte de estrada aberto na CE-292.

2. GEOLOGIA REGIONAL

Parte das chamadas “Bacias Interiores do Nordeste”, a Bacia do Araripe foi desenvolvida sobre rochas arqueanas (Complexo Granjeiro) e neoproterozoicas (Terreno Piancó-Alto Brígida) constituintes da Zona Transversal da Província Borborema (BRITO NEVES, 2000; PONTE & PONTE FILHO, 1996).

Essas estruturas tectônicas pré-cambrianas exercem papel fundamental na configuração tectônica da Bacia do Araripe, principalmente devido a reativação rúptil de zonas de cisalhamento durante a abertura do Atlântico-sul (MATOS, 1999; 2020; CELESTINO *et al.*, 2020). Dessa forma, a borda Norte da Bacia do Araripe está localizada na terminação W da Zona de Cisalhamento Patos (ZPC) (CELESTINO *et al.*, 2020; ALENCAR *et al.*, 2021), tendo a deformação rúptil da ZCP marcada na borda Norte desta bacia representada pela Zona de Falha Triunfo (CELESTINO *et al.*, 2020).

Estratigraficamente, a Bacia do Araripe possui seu arcabouço constituído por quatro megassequências sedimentares: Pré-rifte, Rifte, Pós-rifte I (Grupo Santana) e Pós-rifte II (Grupo Exu). Além disso, apresenta também uma sequência de idade presumidamente paleozoica, denominada de Formação Cariri (ASSINE, 2007). Os diferentes regimes tectônicos e condições paleogeográficas atrelados à genética dessas unidades, com ingressões marinhas registradas na Formação Ipubi (GOLDBERG *et al.*, 2019) e Romualdo (MELO *et al.*, 2020), trazem para a bacia uma configuração como uma bacia de evolução poligenética.

O Grupo Santana, por sua vez, é marcado por duas desconformidades internas que o divide em três sequências deposicionais distintas entre si (ASSINE *et al.*, 2014). A primeira, da base para o topo, corresponde ao primeiro ciclo granodecrescente da Formação Barbalha, formada por conglomerados a arenitos (ASSINE, 1992) e encerrando-se nas fácies lamíticas carbonosas do Membro Fundão (RIOS-NETTO *et al.*, 2012), contendo as famosas Camadas Batateira (HASHIMOTO *et al.*, 1987). A segunda sequência, intermediária, corresponde ao segundo ciclo granodecrescente, superior, da Formação Barbalha, passando pelos folhelhos e calcários laminados da Formação Crato e encerrando-se nos evaporitos da Formação Ipubi, sendo interpretada em sua porção superior como produto de evento transgressivo (LUCIO *et*

al., 2020). Por fim, a terceira sequência, correspondente litoestratigraficamente à Formação Romualdo, inicia-se com arenitos costeiros e transiciona para arenitos costeiros com influência de maré no topo, constituindo trato de nível de mar alto e registrando o retorno das condições continentais à bacia. O topo do Andar Alagoas na Bacia do Araripe é marcado por uma discordância erosiva regional, sobre a qual jazem os arenitos mesocretáceos da tectonossequência Pós-Rifte II (Grupo Araripe) (ARAI *et al.*, 2020; MELO *et al.*, 2020).

De idade Aptiana (ARAI e ASSINE, 2020), a Formação Barbalha, objeto desse estudo, é a primeira unidade da sequência pós-rifte definida por Ponte & Appi (1990). Sua principal ocorrência se dá no Vale do Cariri, tendo sua seção-tipo definida no Rio da Batateira (CHAGAS, 2007), registro de dois ciclos fluviais com granodecrescência ascendente, cujos topos são marcados pela presença de intervalos pelíticos-carbonáticos. O primeiro ciclo encerra-se no contato com as Camadas Batateiras (HASHIMOTO *et al.*, 1987). As camadas caracterizam-se como um intervalo de vasta distribuição horizontal e pouca espessura, sendo caracterizado por folhelhos negros betuminosos, ricos em lâminas carbonáticas algálicas, coprólitos, ostracodes, restos de peixes e fragmentos vegetais carbonificados (CHAGAS, 2007; SCHERER, 2015).

Por sua vez, o segundo ciclo é constituído por arenitos grossos, conglomeráticos e conglomerados, de origem fluvial, que se sobrepõem às Camadas Batateira em contato erosivo regional. Essa sucessão, aqui estudada, representando o fim do segundo ciclo deposicional da Formação Barbalha, (ASSINE *et al.*, 2014).

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

A análise sedimentológica da Formação Barbalha no mapeamento de 17 pontos ao redor da CE-292 e em seção transversal direcionada à Mina Dois Irmãos. Destes, 4 seções foram detalhadas, aqui nomeadas de P1, P4, P5 e P7 (Figura 1). Além disso, foram feitos perfis de caminhamento em sentido aproximado NW-SE com o intuito de mapear e identificar as relações de topo-base da unidade em estudo.

Neste trabalho foram realizadas as seguintes etapas: (1) análise faciológica segundo Miall (1996, 2000) (Tabela 1), identificação de litofacies sedimentares segundo Miall (1978) e Walker (1984) e; (2) de elementos arquiteturais (Miall, 1985, 1996 e 1996) (Tabela 2), que foram auxiliadas com a montagem de painéis fotográficos (FAMBRINI *et al.*, 2013) e; (3) levantamento estratigráfico com confecção de seções colunares e aferição de medidas de paleocorrente em estruturas lineares (eixos imbricados de seixos/calhaus) e planares (estratificações cruzadas), de acordo como proposto por Assine (1994) e Marconato (2010);

Sigla	Litofácies	Estruturas sedimentares	Interpretação
Ca	Cascalho clasto-suportado, acamamento incipiente	Acamamento horizontal, imbricamento	Formas de leito longitudinais, depósitos residuais (lags)
Cm	Cascalho maiço clasto-suportado	Gradação inversa	Fluxo de detritos, alta concentração de clastos (alta coesão interna)
Aa	Areia fina a média	Estratificações cruzadas acanaladas	Dunas 3D, cristas sinuosas linguoides
Ap	Areia fina a média	Estratificações cruzadas planares	Dunas transversais 2D
Ac	Areia fina a média	Estratificações cruzadas de baixo ângulo	Preenchimentos de suaves depressões (scour fulls), dunas atenuadas, antidunas
Fl	Lama, silte	Laminações finas	Depósitos externos ao canal, canais abandonados ou depósitos de inundação

Tabela 1 – Código de litofácies de Miall (1978) e Walker (1984) adotado neste trabalho.

Os dados levantados foram confrontados com modelos de fácies e arquiteturas deposicionais para sistemas de leques aluviais propostos por Postma (1986, 1990), Miall (1985, 1990) e Gawthrope e Colela (1990). Empregaram-se, ainda, modelos para fácies fluviais de Miall (1977, 1978, 1985 e 1996), fácies de sistemas lacustres de Talbot e Allen (1996) e Cavinato *et al.* (2002) e de fácies de sistemas fluvio-lacustres de Malka *et al.* (2003) e Scherer *et al.* (2007).

Elemento Arquitetural	Código	Fácies	Geometria e arquitetura interna	Interpretação
Canais	CN	Aa,	Corpos sedimentares limitados	Preenchimento de

		Ap, Ca	por superfícies erosivas côncavas. Escala altamente variada.	canais menores internos ao cinturão de canais
Fluxo de gravidade de sedimentos	FG	Cm	Corpos de geometria lenticular geralmente intercalados com elementos GB e SB	Amalgamação de sucessivos episódios de fluxos de detritos
Formas de leito de e Barra Cascalhosas	BC	Ca	Corpos tabulares ou em lente formados por complexos amalgamados de sets de estratos cruzados	Barras longitudinais cascalhosas
Formas de Leito Arenosas	LA	Ac	Corpos com geometria em lente ou lençol, formados por sets amalgamados de estratos cruzados seprados por superfícies (1 ^a , 2 ^a ou 3 ^a ordem) subhorizontais.	Migração ou cavalgamento de dunas subaquosas

Tabela 2 – Elementos arquiteturais de Miall (1985, 1990) interpretados nesse trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 LITOFÁCIES SEDIMENTARES E ELEMENTOS ARQUITETURAI

A partir da análise faciológica foi possível identificar seis diferentes litofácies sedimentares da Formação Barbalha, na borda Norte da Bacia do Araripe (Figura 2).

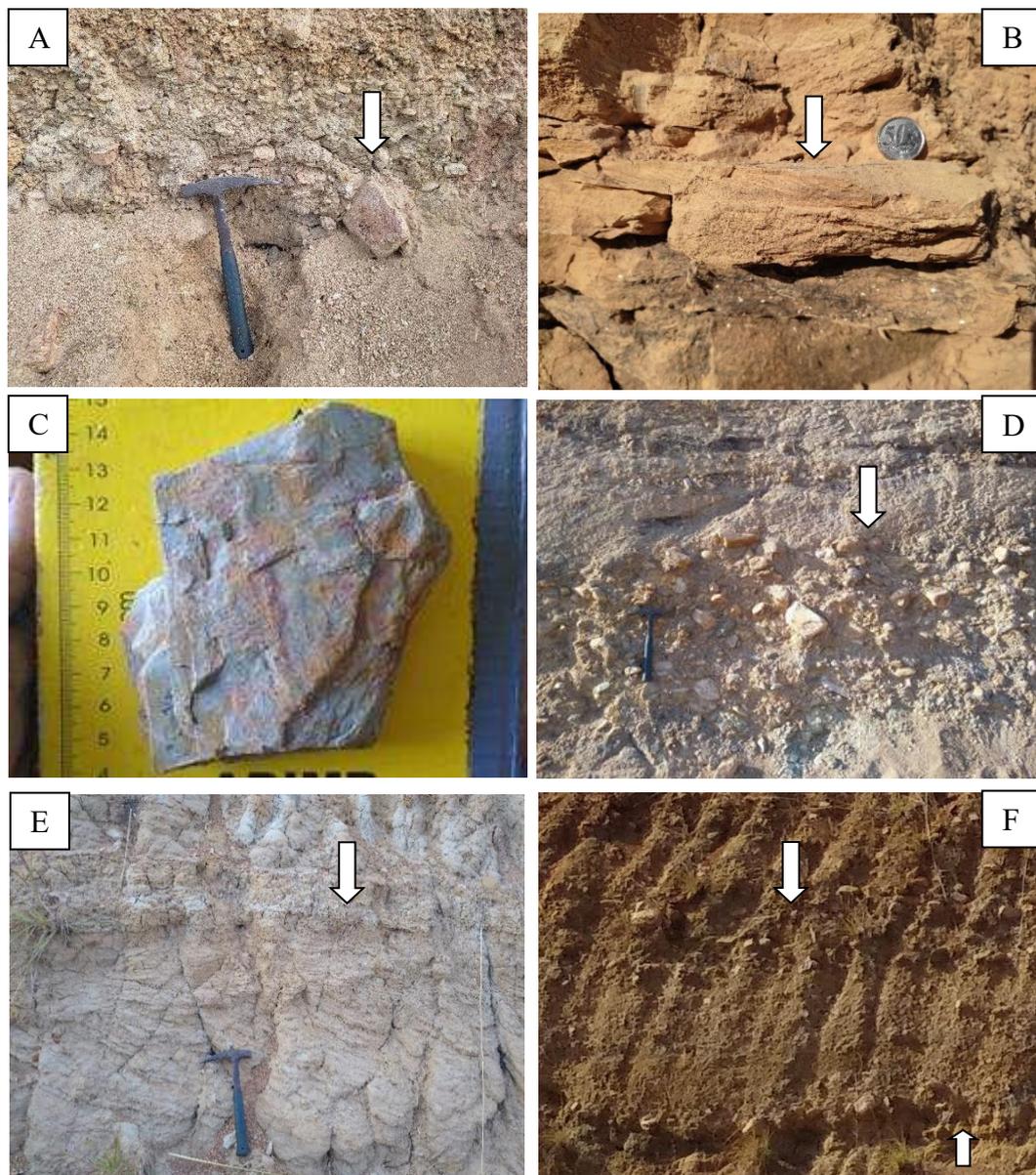


Figura 2 – Litofácies sedimentares estabelecidas na área de estudo: (A) Fácies Cm sobreposta a fácies Ac, com penetração de clasto apontando penecotemporaneidade dos processos; (B) Detalhe do arenito com laminações cruzadas cavalgantes na fácies Ac do P05; (C) Detalhe do argilito laminado na fácies Fl; (D) Conglomerado da fácies Cm sotoposto aos arenitos da fácies Aa e sobreposto por conglomerado da fácies Ca (E) Sobreposição de arenitos com estratificação cruzadas planares sobre arenitos com estratificações cruzadas acanaladas; (F) Fácies Ca intercalada em forma de leito de canal (CN) entre fácies Cm, mostrando variação no aporte sedimentar e da energia do meio.

As unidades da Formação Barbalha estudadas ocorrem em contato de base, erosivo sobre arenitos de granulometria grossa com estratificações planares de até 2m de espessura,

com grãos subangulosos a subarredondados, mal selecionados, bem litificados e níveis conglomerados quartzosos que marcam *sets* métricos de estratificações cruzadas planares. As características litológicas, associadas a paleocorrentes com direções preferenciais para ENE, caracterizam essas unidades como sendo típicas da Formação Cariri (BATISTA *et al.*, 2012; 2013; PONTE, 1992; ASSINE, 2007; CELESTINO *et al.*, 2020) previamente mapeada naquela região (FAMBRINI *et al.*, 2010).

O contato de base das fácies lamíticas com os arenitos da Formação Cariri ocorre através de um corpo com brechas de clastos com alternância de bandas de chert e de ferro, por vezes com dobras centi-decimétricas, cimentados por chert, maciço. As dobras nos clastos indica possível fluxo, induzido por movimentação lateral ou mesmo por crescimento (Figura 3c). Além disso, os arenitos da Formação Cariri apresentavam-se intensamente silicificados no contato com o chert, mostrando uma possível interação eodiagenética entre os corpos (Figura 3b).



Figura 3 - Arenito silicificado no topo da Formação Cariri. Em (a) e (b) temos o corpo em detalhe em contato com os arenitos da Formação Cariri, em (c) e (d) temos detalhe do chert, com ênfase para as dobras (tectônicas?).

Devido a sua complexidade geohistórica, a Bacia do Araripe possui algumas lacunas

estratigráficas que contemplariam a existência de corpos de maior densidade, formados através de possível atividade magmática ou hidrotermal, ainda não detalhados através de afloramentos (CAMACHO e OLIVEIRA, 2017; BENIGNO *et al.*, 2021; CELESTINO *et al.*, 2021). Todavia, apesar de sua natureza distinta em relação aos demais afloramentos, optou-se pela exclusão da análise detalhada deste corpo, por não ser o foco desse trabalho.

4.1.1 Fácies Cm – Conglomerado maciço

A fácies Cm foi mapeada em sete afloramentos diferentes e detalhada em 4 afloramentos (P01, P04, P05 e P07). Compõe-se de conglomerados maciços, que em geral apresentam um aspecto desorganizado, podendo também apresentar gradação normal, matriz a clasto sustentados, com matriz grossa a média, apresentando teor de argila menor que 2%. Disposto em camadas de até 1m, em geral, nos afloramentos se intercalam com a fácies Ca, mas também se sobrepõe aos arenitos das fácies Al e Ap. De natureza polimítica, a fácies Cm apresenta principalmente, como clastos (Gráfico 1) do arcabouço, fragmentos líticos de gnaiss milonitizado (39%), clorita-xisto (28%) e augen gnaiss (12%), mas também de quartzo, seja leitoso (11%) ou milonitizado (15%). Os grãos ocorrem com grau de arredondamento variável, indo de subarredondados a subangulosos, mal selecionados, com tamanho máximo de 24cm e médio de 9cm (Gráfico 2), de formato geralmente laminar, e que possuem imbricação de eixo “a” nas porções desorganizadas e de eixo “b” na parte basal, onde também há gradação normal. A análise de paleocorrentes tomada nos clastos imbricados no eixo A (n=207) para essa fácies indica sentido preferencial para sudoeste, com orientação média de fluxo de 256Az, havendo também significativa contribuição para sudeste. Neste trabalho, estes depósitos foram interpretados como formados através de fluxos gravitacionais pseudoplásticos a hiperconcentrados (MIALL, 1978, 1996; POSTMA, 1986, 1990).

4.1.2 Fácies Ca - Conglomerado com estratificação cruzada acanalada

Essa fácies apresenta paraconglomerados de matriz arcoseana, que apresentam clastos centimétricos (2-14cm) de natureza polimítica, com composição majoritariamente lítica (gnaisses miloníticos, clorita-xisto e augen gnaiss) em sua maioria de formato laminar e que variam de subarredondados a subangulosos. A fácies ocorre com geometria externa de canal e apresenta estratificações cruzadas acanaladas nítidas, de pequeno porte, com espessura menor

que 10cm realçadas por clastos dispostos nos estratos frontais, tendo sido mapeada em três afloramentos diferentes, sempre intercalada ou sobreposta à fácies Cm. A análise de paleocorrentes (n = 22) medidas nas estruturas indica sentido preferencial para sudoeste, com direção média de 237Az. Esta fácies representa depósitos formados por preenchimentos de canais pré-existentes (MIALL, 1978, 1996; POSTMA, 1986, 1990).

4.1.3 Fácies Ap - Arenito com estratificação cruzada planar

Mapeada em três afloramentos distintos, a fácies apresenta arenitos de textura fina, bem selecionados, micáceos e com a presença de intraclastos de nódulos de argila em geometria externa tabular. Apresentam estratificações cruzadas planares em sets decimétricos a métricos bem desenvolvidas, cujas direções de paleocorrentes (n = 22) indicam deposição em sentido preferencial para sudeste no ponto 01, com vetor médio apresentando orientação 123 Az, e direções preferenciais para nordeste (n = 10) no ponto 04, com vetor médio apresentando orientação 75 Az. Os depósitos foram interpretados como sendo de barras transversais de crista reta ou linguóide (MIALL, 1978, 1996).

4.1.4 Fácies Aa - Arenito com estratificação cruzada acanalada

As rochas da fácies Aa constituem-se como arenitos grossos a médios com grânulos/seixos micáceos, mal selecionados, com nódulos argilosos incipientes de coloração esverdeada. Apresentam estratificações cruzadas acanaladas de dimensões centimétricas, ocorrendo em formato lenticular ou tabular. As paleocorrentes medidas (n = 12) indicam direção preferencial para sudeste, com vetor médio de fluxo de 147Az. A fácies é interpretada como sendo de depósito de dunas subaquáticas de crista sinuosa (3D) de regime de fluxo inferior, em canais fluviais entrelaçados de carga arenosa, conforme descritas por Miall (1978, 1996).

4.1.5 Fácies Al - Arenito com laminação cruzada

Mapeada apenas no afloramento do ponto 01 e composta por arenitos finos a médios, micáceos, de coloração acinzentada, mal selecionados, com presença de estruturas de laminação cruzada cavalgante subcrítica com espessura centimétrica, por vezes sendo penetrados por seixos das fácies Cm sobrejacente. As paleocorrentes para essa fácies indicam (n = 3) sentido para sudeste, com vetor médio de 147Az. A presença dessas estruturas sedimentares permite

interpretar a fácies Al como sendo formada através de depósitos de fluxo subaquoso de baixa energia em contexto de alto suprimento sedimentar, em regime de fluxo inferior através do desconfinamento de canais pré-existentes por eventos de cheia conforme as litofácies Sr descritas por Miall (1978, 1996).

4.1.6 Fácies Fl - Argilito laminado

Em contato discordante com o corpo silicoso que ocorre sobre a Formação Cariri e sotoposta na base dos cortes de estrada estudados, a fácies Fl constitui-se como argilito com laminação plano-paralela, pouco desenvolvida, demarcada por níveis esverdeados, coloração esverdeada. O alto mergulho das camadas (20° para W) sugere deformação tectônica pós-deposicional, tendo sido usado como referência para a correção dos sentidos de paleocorrentes medidos nas demais fácies. Os argilitos Fl ocorrem em corpo tabular, com espessura que pode chegar a 2m, tendo sido mapeados também solos argilosos para SW no perfil A-A', identificados, neste caso, como topo estratigráfico da Formação Barbalha no norte da Bacia do Araripe. Os depósitos foram interpretados como sendo produtos de decantação de sedimentos finos associados a sistemas lacustres, sendo os esverdeados por redução de Fe³, indicando natureza redutora (SCHERER *et al.*, 2007).

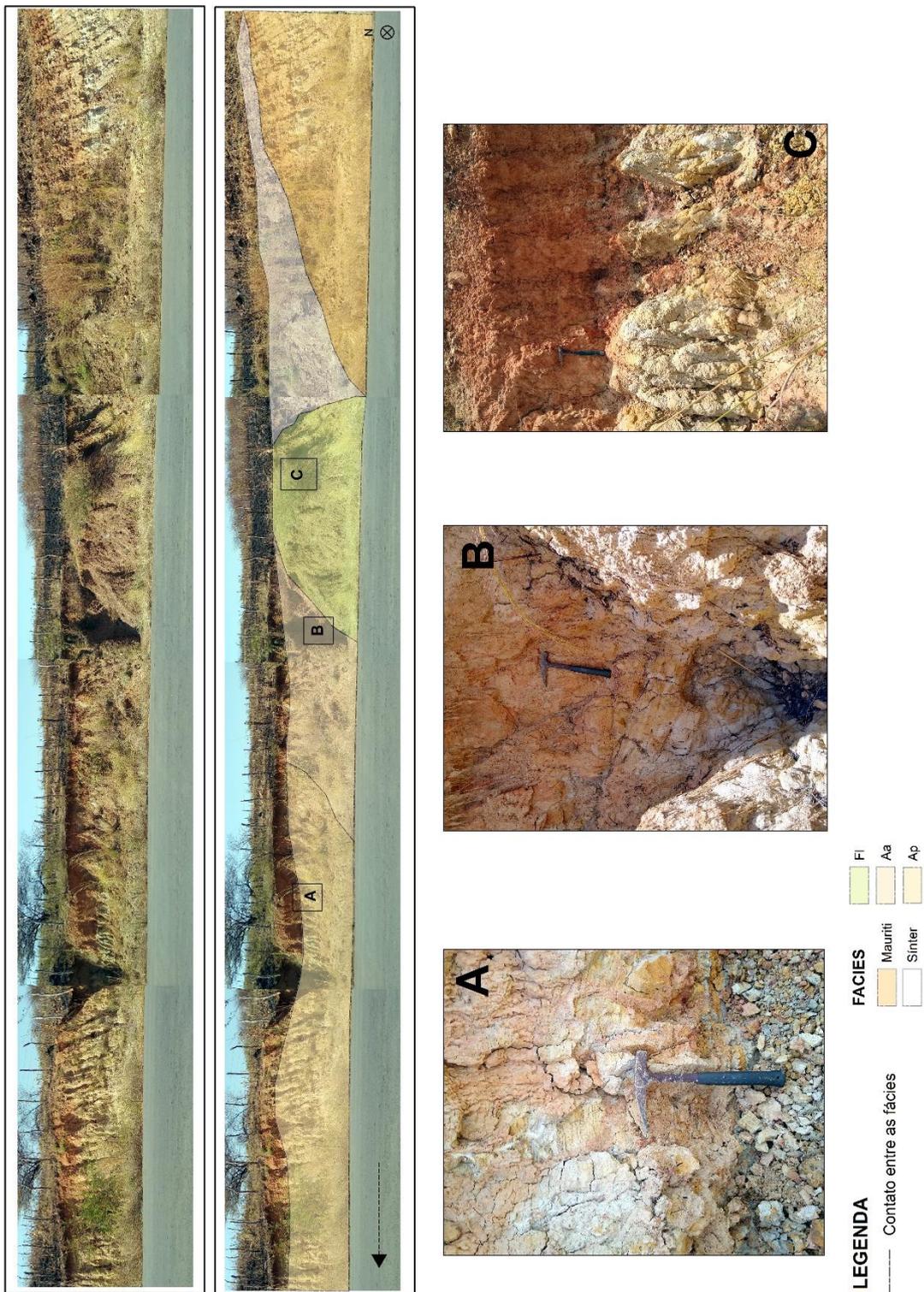


Figura 4 – Sessão estudada em novo corte de estrada na região de Nova Olinda, apresentando quatro litofácies sedimentares estabelecidas no estudo, em contato erosivo sobre arenitos típicos da Formação Cariri, com destaque para (A) detalhe da fácies Aa; (B) detalhe da fácies Ap; e (C) detalhe da fácies Fl.

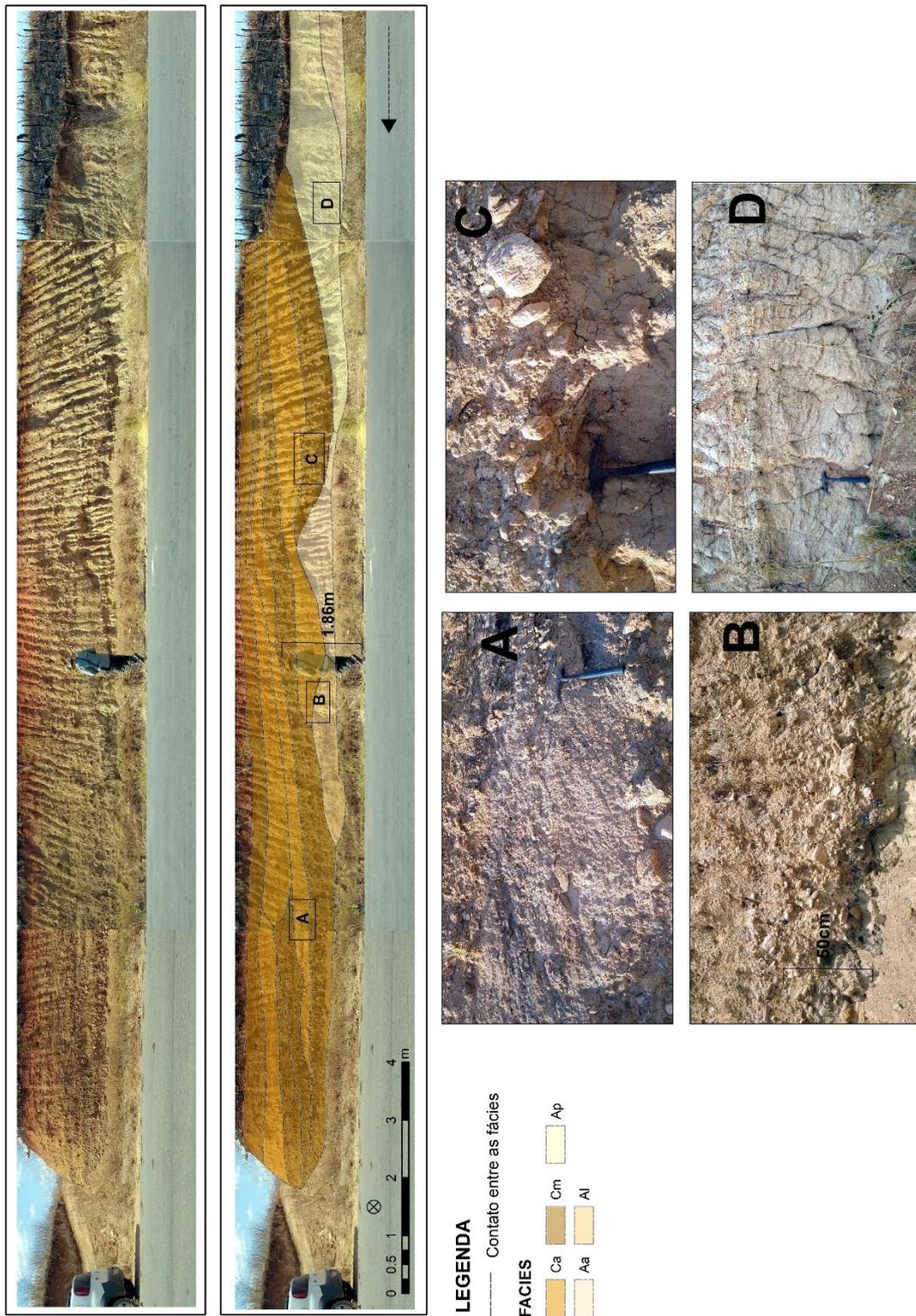


Figura 5 – Painel fotográfico da sessão estudada, com destaque para (A) interdigitação entre fácies Ca e Cm; (B) contato entre fácies Al e Ca; (C) contato entre fácies Ap e Cm, mostrando imbricação de eixo nos clastos; e (D) fácies Ap.



Figura 6 – Sessão estudada em novo corte de estrada na região de Nova Olinda, continuação devido abertura de estrada vicinal cortando a área de estudo, com detalhe (A) na interdigitação das fácies Ca e Cm, o que mostra a variação do aporte hídrico no sistema.

4.2 Assinatura Sedimentar

Os dados de proveniência sedimentar foram obtidos de forma macroscópica devido à friabilidade das fácies mais finas. Foram mensurados 200 grãos do arcabouço da fácies conglomerática Cm, 100 em cada uma de duas camadas distintas (Figura 5, C e B), tendo em vista quatro parâmetros: litologia, formato, tamanho, grau de arredondamento.

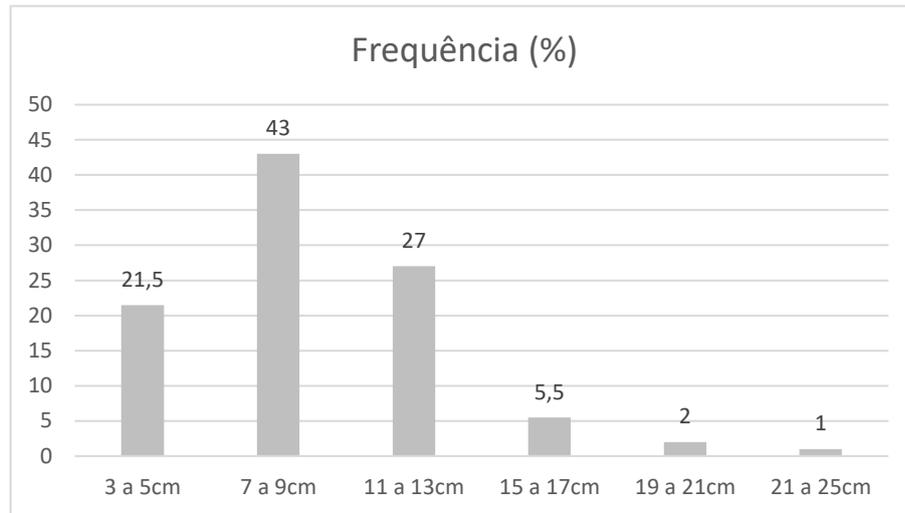


Gráfico 1 - Frequência relativa de 200 clastos mensurados neste trabalho, agrupados em grupos de acordo com as dimensões medidas.

O gráfico 1 indica os tamanhos médios dos clastos do arcabouço medidos na fácies Cm. Os dados indicam que 43% dos grãos mensurados apresentam médio de 7 a 9,0 cm. Além disso, os valores de desvio padrão para cada camada foram de 3,80. O gráfico 2, que se refere ao grau de arredondamento dos clastos, traz mais informações que subsidiam as interpretações acerca da seleção e transporte dos clastos.

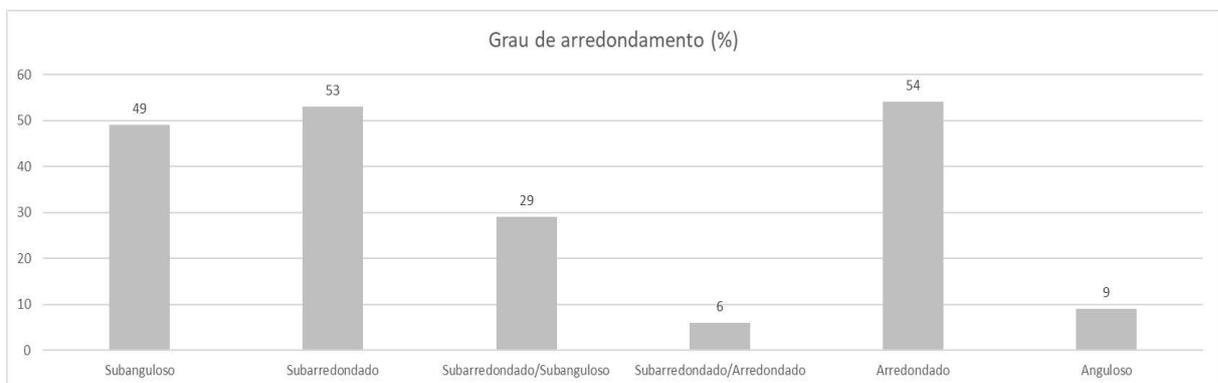


Gráfico 2 - Frequência relativa de 200 clastos mensurados neste trabalho, de acordo com o grau de arredondamento levantado durante os trabalhos de campo.

Quanto à composição dos clastos do arcabouço, foram encontrados cinco diferentes tipos: quartzo milonitizados, quartzo leitoso, gnaiss milonítico, clorita-xisto e augen-gnaiss (Figura 7). Estatisticamente, a maior parte dos litotipos encontrados correspondem a gnaisses milonitizados (39%) e a clorita-xistos (27,5%) (Gráfico 3). Ambas as litologias são aflorantes no Terreno Piancó-Alto Brígida (GOMES *et al.*, 1981; ALMEIDA, 1986) (Figura 8).

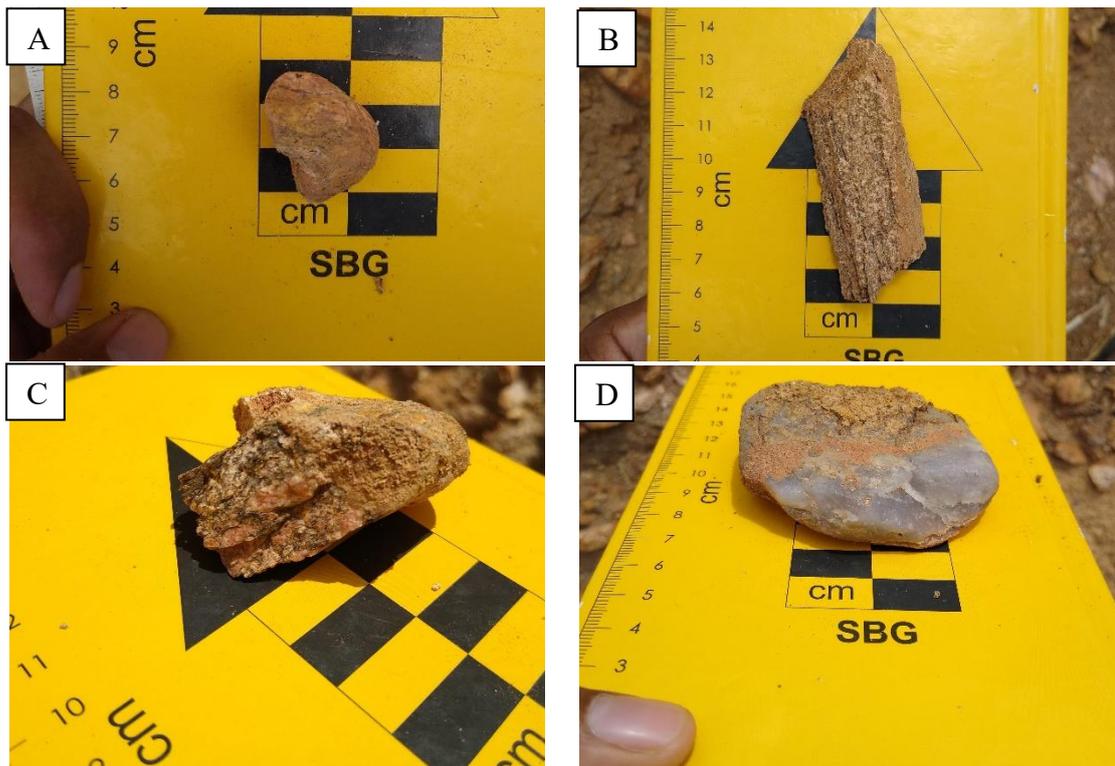


Figura 7 - Detalhe de quatro das litologias encontradas nos conglomerados: quartzo milonitizado (A), gnaiss milonitizado (B), augen-gnaiss (C) e quartzo-veio (D).

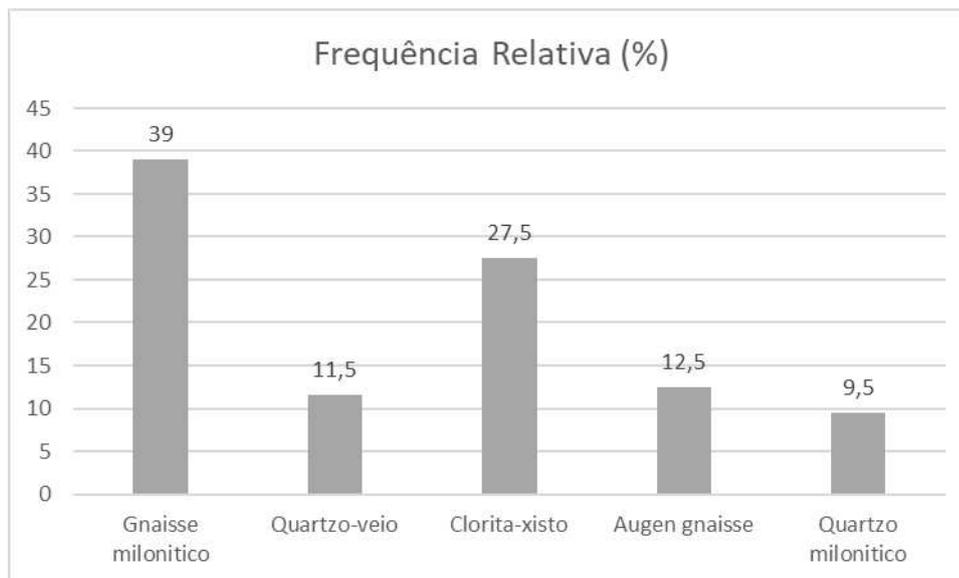


Gráfico 3 - Frequência relativa dos litotipos levantados durante os trabalhos de campo.

Depósitos de fluxos gravitacionais tendem a ter baixíssimo grau de seleção e a transportar os clastos por pequenas distâncias, o que faz com que os seixos sejam menos arredondados. Por sua vez, apesar da alta energia de fluxo relacionada, os depósitos fandeltas (associados às fácies Cm) podem apresentar algum grau de arredondamento dos grãos, apesar do transporte ocorrer em distâncias pequenas, a depender da distância entre a área fonte e o sítio deposicional e o protólito do clasto. (GAWTHROPE *et al.*, 2003; MIAL, 1996; POSTMA 1986, 1990).

Quanto à composição dos clastos do arcabouço, foram encontrados cinco diferentes tipos: quartzo milonitizados, quartzo leitoso, gnaiss milonítico, clorita-xisto e augen-gnaiss (Figura 7). Esses litotipos possuem assinaturas correspondentes às litologias encontradas nos ortognaisses TTG e na Formação Santana dos Garrotes, integrantes do terreno Piancó-Alto Brígida (GOMES, 1981) (Figura 1).

4.3 Análise de paleocorrentes

Foram obtidas, ao todo, 284 medidas de direções de paleocorrentes, das quais 21 correspondem a estratificações cruzadas planar da fácies Ap; 23 às laminações cruzadas cavalgantes nas fácies Ac, sendo 3 levantadas no P01, 10 no P05 e 10 no P04; 34 às estratificações cruzadas acanaladas, sendo 12 nas fácies Aa, 22 nas fácies Ca e 10 nas fácies Aa (Gráfico 4). Além disso, foram medidas paleocorrentes em imbricações de eixo “b” de 7 clastos do arcabouço nas fácies Cm e de imbricação de eixo “a” em 200 clastos da fácies Cm (Figura 8).

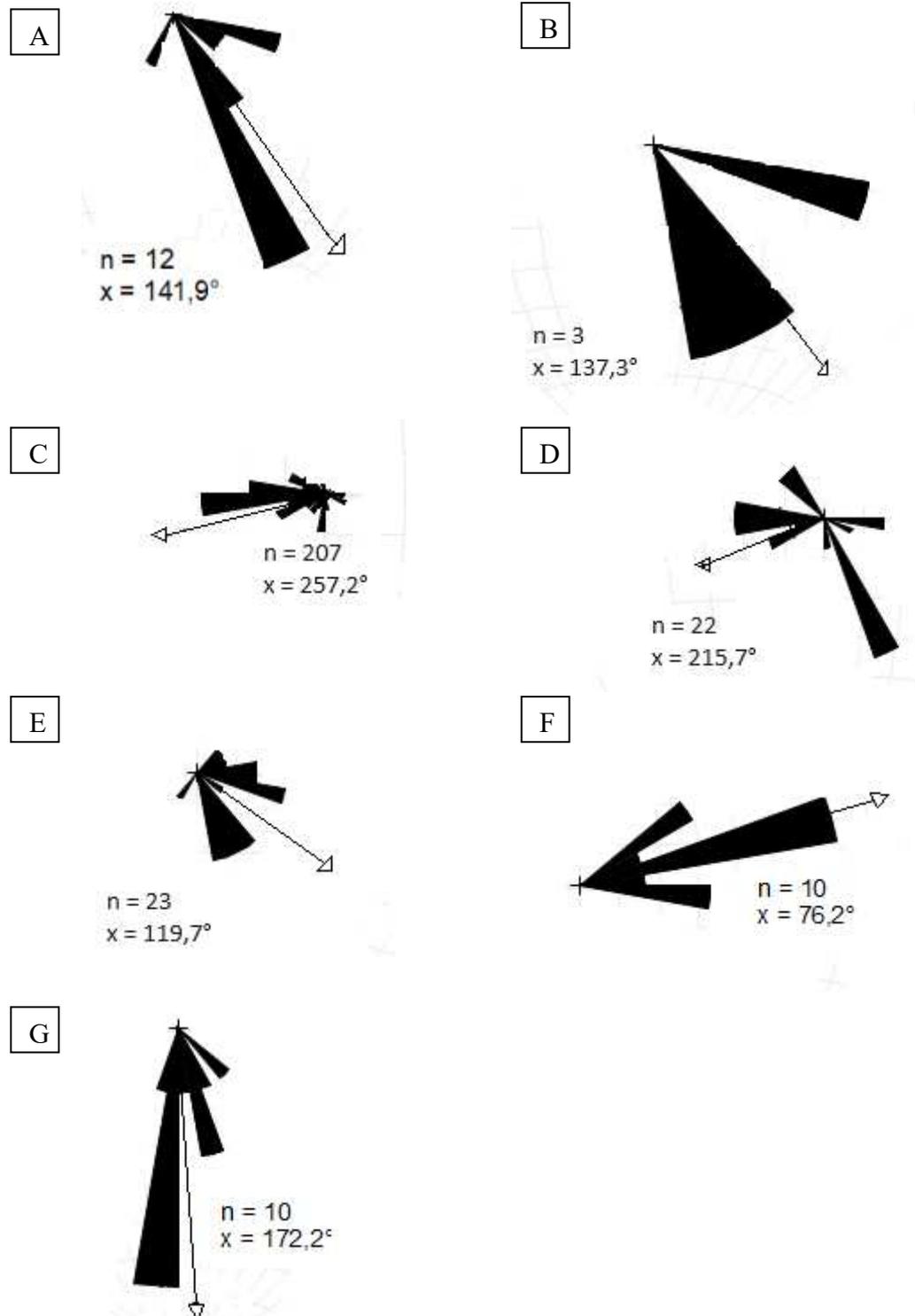


Gráfico 4 – Paleocorrentes levantadas durante os trabalhos de campo em (A) nas acanaladas da fácies Aa medidas em P01, com vetor médio para SE; (B) nas laminações cruzadas cavalgantes da fácies Ac medidas em P01, com vetor médio para SE; (C) nos clastos imbricados em eixo “a” (200) e “b” (7), na fácies Cm, medidas em P01, para NW; (D) nas acanaladas da fácies Ca, medidas em P01, para NW; (E) nas planares da fácies Ap, medidas em P01, para SE; (F) nas

laminações cruzadas cavalgantes da fácies Ac, medidas em P05, para NE; (G), nas laminações cruzadas cavalgantes da fácies Ac, medidas em P04, para SE.

Os resultados dos dados de orientação de paleocorrentes medidos indicam duas direções preferenciais: para sul-sudeste nas fácies areníticas (Ac, Ap e Aa) e para oeste-sudoeste nas fácies conglomeráticas (Cm e Ca).



Figura 8 – Imbricação de eixo “a” nos conglomerados da fácies Cm, processo resultado do arraste de clastos.

Há uma repartição óbvia em termos de empilhamento e energia relacionada às paleocorrentes: as fácies arenosas inferiores, depositadas sob condições de menor energia, devem refletir o declive regional e se aproximam dos vetores obtidos por Assine (1994) e Varejão *et al.* (2021) para a Formação Barbalha (SE). As fácies conglomeráticas possivelmente foram influenciadas por declives locais. Como o embasamento pré-cambriano situa-se bem próximo do afloramento, a leste (Figura 1), esse gradiente local deve ter influenciado a paleogeografia dos leques aluviais e paleocorrentes para oeste-sudeste

As variações de sentido de paleocorrentes da fácies Ac levantadas no ponto P05 podem ser interpretadas, neste caso, como (1) variação no trend por influência atrelada a declive local ou (2) variações típicas de sistemas fluviais anastomosados, a depender do posicionamento do meandro na seção-tipo analisada (SILVESTRE, 2017; MIAL, 1992; SELLEY, 1990),

4.4. Sistemas deposicionais

A análise deposicional implementada nesse estudo para caracterizar a Formação Barbalha pode ser feita da base para o topo, a partir do contato com os arenitos conglomeráticos da Formação Cariri (Figura 9).

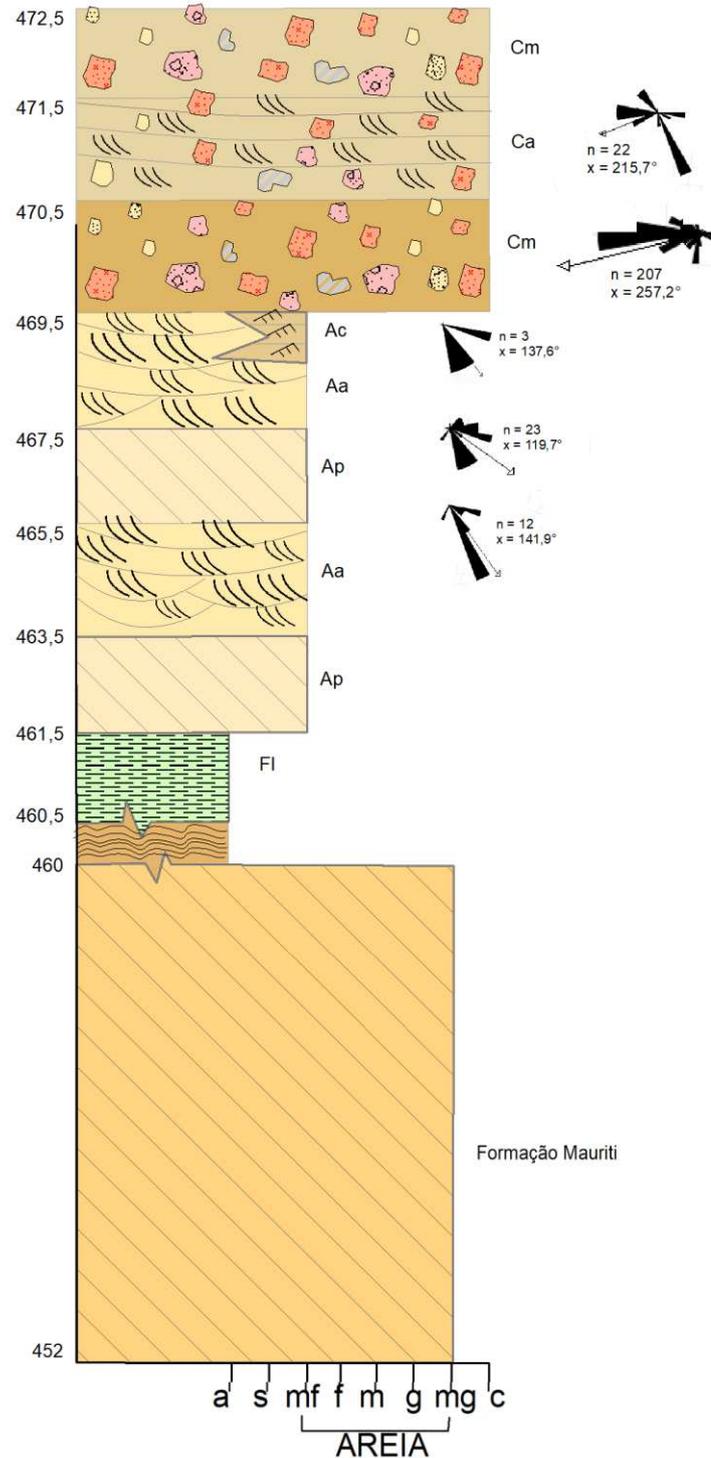


Figura 9 – Seção colunar estratigráfica levantada em detalhe em P01, a partir do contato com os arenitos conglomeráticos da Formação Mauriti.

4.4.1 Sistema fluvio-lacruste

A sucessão inferior da Formação Barbalha é constituída predominantemente de presença de sedimentos pelíticos, compostos por argilitos (Fácies Fl), e psamíticos, compostos por arenitos (Fácies Ac, Aa e Ap).

Na porção basal, em contato discordante com o Sinter (?), ocorrem os folhelhos laminados da Fácies Fl, que ocorrem em geometria tabular e por sua vez implicam na sedimentação por decantação em condições de águas calmas de ambiente redutor, possivelmente lacruste, em caráter redutor indicativo pela coloração esverdeada das rochas (MALKA *et al.*, 2003; e SCHERER *et al.*, 2007).

Em contato com esses pelitos, ocorrem arenitos finos, bem selecionados, com estratificações cruzadas planares centimétricas a decimétricas (Ap), depositados em regime de fluxo inferior, representando prováveis dunas transversais 2D. Esses arenitos passam, então, para outros arenitos finos, bem selecionados, com estratificações cruzadas acanaladas centimétricas a decimétricas de pequeno porte da fácies Aa, interpretadas como produto de regime de mesmo fluxo, constituem-se em depósitos de dunas subaquosas de cristas sinuosas em canal fluvial (depósitos de canais) (Miall 1977, 1978, 1985 e 1996). Sotoposta, a fácies Ap (Figura 9) pode ser interpretada como produto de mesmo regime de fluxo, depósitos de barras transversais de crista reta ou linguóide, sendo a fácies Ac, interdigitada com a fácies Aa, produto de deposição de extravasamento de canal, uma vez que a presença de estruturas de cavalgamento indica sistema deposicional de baixa energia e relativamente alto suprimento sedimentar por decantação (ALLEN, 1973), onde o fluxo é desconfinado por um evento de cheia, transbordando os limites do leito e promovendo depósitos episódicos em planícies de inundação (MIALL 1977, 1978, 1985 e 1996).

Essa sucessão faciológica aponta para um ambiente fluvial semelhante a depósitos fluviais anastomosados com depósitos de planícies de inundação de eventos episódicos, corroborando com os dados analisados por Scherer *et al.* (2015) e Silvestre (2020). Além disso, todas as fácies areníticas que compõe esse pacote apresentaram paleocorrentes para ESE, mesmo trend regional da Bacia do Araripe durante o Aptiano, concordante com os dados apontados por Chagas *et al.* (2007), Assine (1994) e Varejão *et al.* (2021) mapeados no Vale do Cariri, o que reforça o entendimento estratigráfico desses depósitos como sendo parte dos eventos atrelados à deposição da Formação Barbalha.

Essa distribuição vertical das camadas de arenitos com estratificações acanaladas para arenitos com laminações cruzadas cavalgantes (climbing ripples) representa o desenvolvimento

de um evento deposicional único, assinalado por progressiva diminuição da velocidade do fluxo de corrente (fluxo minguante). Neste caso, os argilitos laminados da fácies F1 poderiam ser interpretados como depósitos da planície de inundação do sistema fluvial, depósitos de inundação ou como depósitos de canais abandonados (Walker, 1984). Entretanto, a ausência de estruturas sedimentares que indicam exposição subaérea, como calcretes e marcas de raízes, além da coloração esverdeada dos argilitos ser indicativa de caráter redutor, possivelmente Fe₃, apontam para a pré-existência de um sistema lacruste no qual os rios anastomosados desembocavam (MALKA *et al.*, 2003; e SCHERER *et al.*, 2007).

Diversos autores (NEUMANN *et al.*, 1999; SCHERER *et al.*, 2007; SILVESTRE, 2017, 2020) apontam, em testemunhos coletados em furos de sondagem, para uma intercalação entre camadas decimétricas de arenitos finos e siltitos com folhelhos verdes laminados, em direção ao topo da Formação Barbalha, sendo o contato com a Formação Crato marcado em sua base das primeiras camadas de calcários laminados.

Durante os trabalhos de campo não foram mapeados afloramentos que mostrassem diretamente esses contatos intercalados, sendo, entretanto, notada a variação pedológica em caminhamento indo da CE-292 até a Mina Dois Irmãos, de extração de calcário laminado (Figura 10).

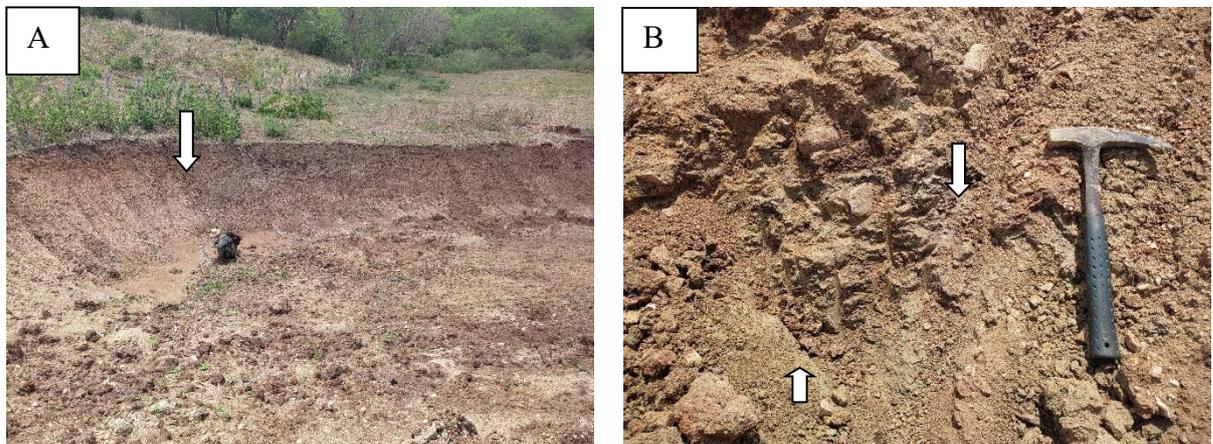


Figura 10 – Mudança na característica do solo marcada em ravina em área rural, sentido do perfil A-A' (Figura 1). (A) Em perfil, mostrando a variação lateral entre as camadas de solo arenoso e argiloso, (B) em detalhe, mostrando contato entre litotipos de argilito em camada de areia.

Com base nisso, entende-se que a sucessão faciológica, da base para o topo na seção P01 estudada, de ambiente lacruste de caráter redutor na fácies F1 para a de ambiente fluvial anastomosado das fácies Aa, Ap e Ac, constitui-se como um sistema fluvio-lacruste.

4.4.1 Sistema de fãndelta

Por sua vez, a fácies Cm, que ocorre pela primeira vez sotoposta aos arenitos do sistema flúvio-lacruste acima descritos na seção P01. Essa fácies encerra em em conglomerados mal selecionados, clasto-suportado e com gradação inversa, em arquitetura de Fluxo de Gravidade de Sedimentos (FG). Os processos podem ser interpretados em produto sedimentados fluxos gravitacionais, provavelmente fluxos pseudoplásticos em transporte de alta viscosidade ocupando o leito de canais fluviais arenosos pré-existentes, dada a presença de clastos desta fácies que penetram a fácies Ac sobreposta (POSTMA 1990, 1986).

No topo da seção P01 estudada, ocorre a fácies Ca, formada por conglomerados que gradam sucintamente sobre os conglomerados das fácies Cm, mal-selecionados e com estratificações cruzadas acanaladas incipientes em arquitetura de canais, e que são aqui nesse estudo interpretados como depósitos de preenchimento de canais apresentando de forma clara esses elementos arquiteturais (POSTMA 1990, 1986; MIALL 1977, 1978).

Ambas as fácies ocorrem com paleocorrentes medidas em estruturas sedimentares (Ca) e clastos imbricados (Cm) para SW, mostrando mudança no sentido preferencial do trend da bacia. Essa variação é neste estudo associada a uma reativação de estruturas tectônicas que, associadas ou não ao aumento de umidade, fizeram com que paleodeclives ou altos estruturais localizados referentes a ao Terreno Piancó-Alto Brígida (conforme assinatura sedimentar apresentada), à NE, fossem transportados em fluxos gravitacionais pseudoplásticos registrados na fácies Cm que, com o aumento do fluxo hídrico, passaram a gradar para as fácies Ca.

Na seção P05, os conglomerados da fácies Cm voltam a se apresentar, dessa vez sobrepostos a arenitos com laminações cruzadas cavalgantes, da fácies Ac, em arquitetura de Formas de Leito de Arenosas (LA) (Figura 11).

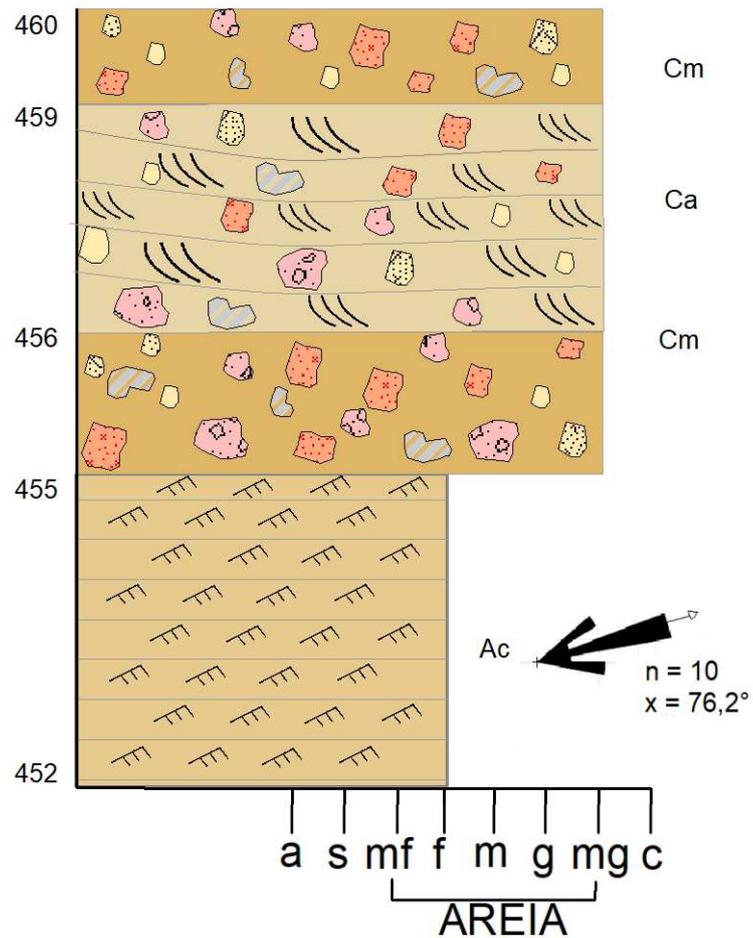


Figura 11 – Seção colunar detalhada no ponto P05.

Neste caso, as paleocorrentes medidas nesses arenitos indicam direção preferencial para NE, o que leva a interpretar esses depósitos, diferentemente dos anteriores, como sendo produtos de fácies de frente deltaica de fandelta, uma vez que possuem paleocorrentes concordantes às que foram medidas nos depósitos conglomeráticos. O oposto para a direção de fluxo deposicional das facies Ac volta a ser mapeado no P04, desta vez com paleocorrentes para NE, concordantes ao trend regional da bacia interpretado neste estudo – portanto, interpretados como depósitos de extravasamento de canal (Figura 12).

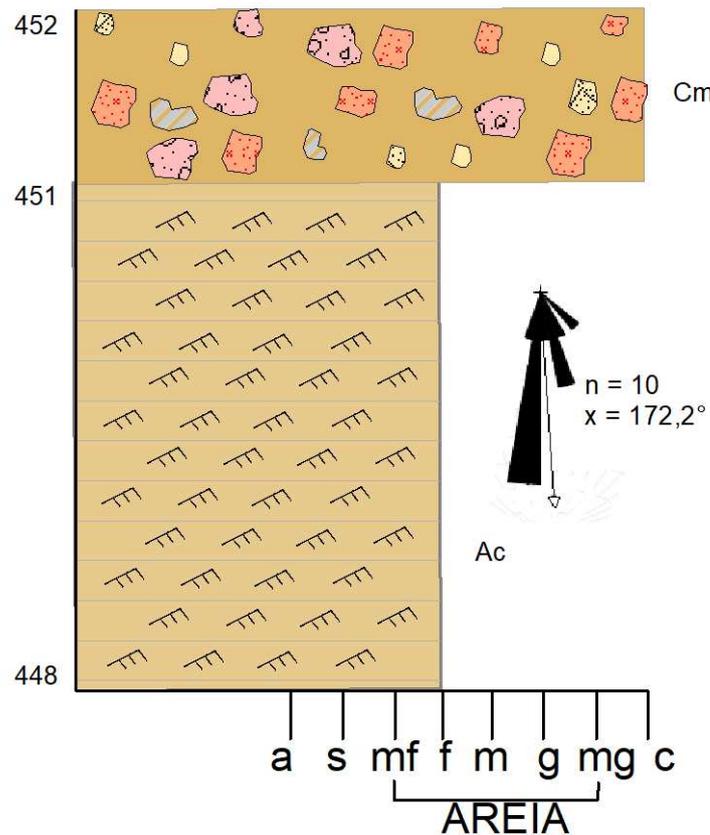


Figura 12 – Seção colunar detalhada no ponto P04.

A sucessão de fácies apresentada é caracterizada por Postma (1990) como sendo típica de leque aluvial de água rasa do tipo Gilbert. Desta forma, a fácies Ac (P04) pode ser interpretada como fácies típicas de prodelta de leque aluvial, onde ocorrem processos de deslizamento de frentes deltaicas, correntes de densidade e sedimentação arenítica, enquanto que os arenitos das fácies Aa, Ap e Ac (P04 e P01) seriam relacionados aos canais distributários pré-existent de sistemas fluviais anastomosados.

Por sua vez, as fácies Ca e Cm podem ser entendidas como sendo fácies de planície deltaica, onde ocorrem processos de deslizamento de massa através de fluxos hiperpicnais (POSTMA 1990, 1986; MIALL 1977, 1978). A mudança gradacional e alternância brusca constatada no P07 (Figura 13), entre essas duas fácies são indícios do aumento de contribuição hídrica/ climática ao sistema na fácies Ca e na transição posterior para a fácies Aa, o que é corroborado pela presença de estruturas de migração de leito e pelo aumento do teor de areia na matriz.

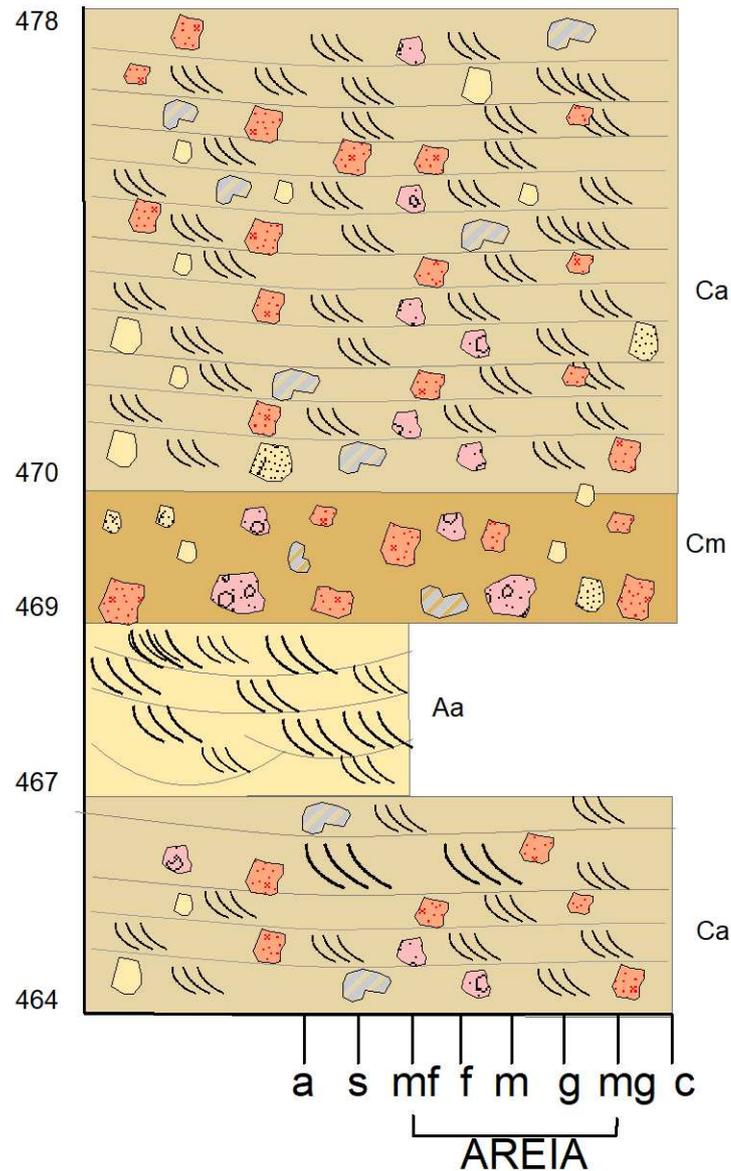


Figura 13 – Seção colunar estudada no P07.

Depósitos de fluxo de massa dependem de alto teor de energia para que ocorram, assim, essa variação é interpretada neste trabalho como sendo aumento na contribuição hídrica (fácies Ca), que causou fluidificação do fluxo de detritos formado após um pulso tectônico (fácies Cm) (POSTMA, 1986). Este pulso pode ser associado a reativação das estruturas pré-cambrianas da ZCP, localizada há poucos quilômetros da seção de estudo e onde aflora o Terreno Piancó-Alto Brígida, que possui entre seus litotipos uma parte substancial dos litoclastos (79%) estudados nas fácies conglomeráticas (e.g., CELESTINO *et al.*, 2020; 2021; ALENCAR *et al.*, 2021).

O pulso tectônico, responsável pela energia cinética que sedimentou a fácies Cm contribuiu com que o fluxo de massa ocupasse canais fluviais pré-existentes ainda ativos, uma

vez que há imbricação de eixo “b” na base dessa fácies, além da penetração de clastos na fácies Ar sobreposta. A pré-existência dos canais fluviais que foram ocupados pelos conglomerados somados à mudança no sentido de paleocorrentes entre as fácies conglomeráticas (WSW) e areníticas (SSE) indica diferentes contribuições na sedimentação do sistema, sendo, assim, o modelo deposicional formado por um canal fluvial pré-existente ocupado posteriormente por processos gravitacionais.

4.5. Considerações estratigráficas

Gawthrope e Colela (1990) definem fandelas como sistemas formados sob influência tectônico e sendo característicos de borda de bacias do tipo rifte. Esse tipo de geometria sedimentar ocorre comumente nas bacias intraplaca do NE do Brasil (MATOS, 1999).

Depósitos de alta energia, seja de fluxos gravitacionais, seja de canais fluviais são descritos em todas as sequências deposicionais da Bacia do Araripe (ASSINE, 2014; FAMBRINI *et al.*, 2020) (Quadro 3). Entretanto, fácies correspondentes a este tipo de sistema deposicional não haviam sido mapeadas até então nessa região da Bacia do Araripe (ASSINE, 2014; FAMBRINI *et al.*, 2020) (Figura 14).

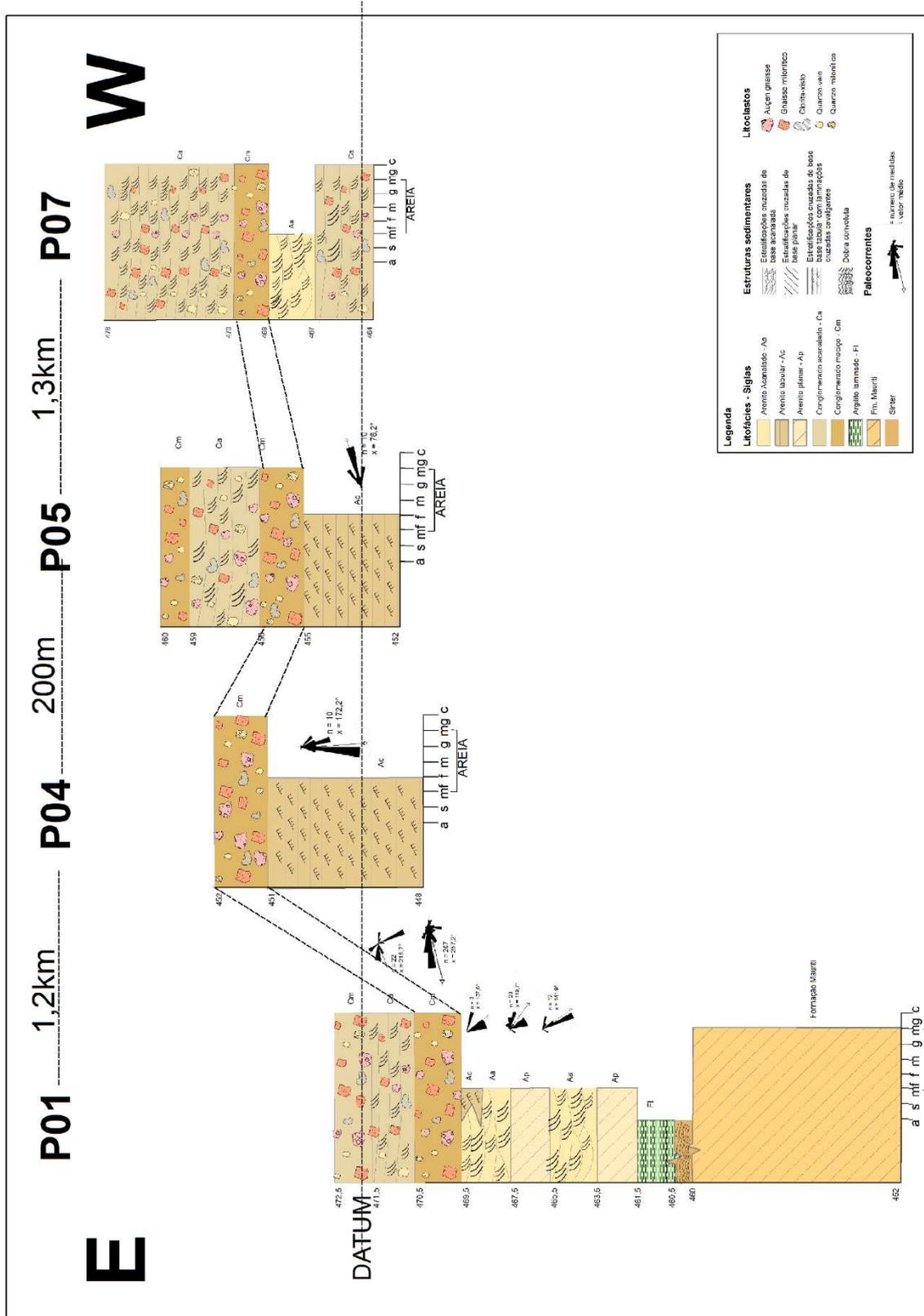


Figura 14 – Correlação das colunas estratigráficas detalhadas durante os trabalhos de campo. As colunas foram rebatidas para um Datum de referência de acordo com a superfície espacial da fácies Cm.

Tendo como base as medidas de paleocorrentes dos sistemas fluvio-lacustres pré-existent, tomadas em estruturas sedimentares nas fácies Aa, Ap e Ac (P01 e P04), para SE, foram interpretadas como parte do *trend* regional da bacia do Araripe no momento da sedimentação, sendo concordantes aos que foram mapeados no Vale do Cariri para a Formação Barbalha. As variações medidas em relação as paleocorrentes medidas nas fácies Ca e Cm, para SW, estão diretamente associadas ao posicionamento geográfico dos depósitos quanto à ZCP (Gawthrope e Colela, 1990).

Além disso, os sistemas fluvio-lacustres aqui interpretados como agentes de deposição das fácies Ap, Aa, Ac e Fl, foram identificados previamente na Sequência Superior da Formação Barbalha (NEUMANN *et al.*, 2003; CHAGAS *et al.*, 2007, Silvestre, 2020, Varejão *et al.*, 2021). De acordo com Fambrini *et al.* (2016), o topo da Sequência Superior da Formação Barbalha marca a entrada de corpos arenosos em lagos, formando deltas lacustres, de ocorrência subordinada, próximo ao limite com a Formação Crato sobreposta.

A inexistência de discordâncias na área de estudo, bem como a proximidade dos depósitos com afloramentos da Formação Crato e a transição gradual do sistema pedológico para solos argílicos que antecedem aos típicos calcários mapeados na Formação Crato, em contato possivelmente encoberto, (Figura 1) indica que os conglomerados fazem parte do segundo ciclo de sedimentação da Formação Barbalha, que deve se interdigitar com os calcários laminados da Formação Crato (Neumann e Assine, 2015)

Santos *et al.* (2017) registraram a existência de interdigitação lateral ao menos entre a base da Formação Crato e o topo da Formação Barbalha, registro de uma progradação do *largesttaten* Crato, hipótese corroborada por Neumann (1999) e Scherer (2015) devido à ausência de discordâncias regionais significativas entre a Formação Barbalha e Crato e aqui corroboradas através de dados de campo (Figura 10).

A acumulação deposicional da Sequência Superior da Formação Barbalha está integrada a uma nova subida do nível de base da bacia, de forma menos intensa do que foi registrada na Sequência Inferior (FAMBRINI *et al.*, 2016; ASSINE *et al.*, 2014). Devido à ausência de variações na arquitetura deposicional do sistema fluvial na Sequência Superior, é entendido para este pacote indica manutenção das taxas de ciração de espaço de acomodação ao longo do intervalo estratigráfico (MIALL, 1996).

Quanto a tectônica pós-rifte, é importante ressaltar que Alencar *et al.* (2021), mostraram registro eventos tectônicos sindeposicionais aos carbonatos da fácies C6 da Formação Crato (Neumann, 1999; Benigno *et al.*, 2021). Esses eventos de reativação tectônica também foram registrados por Celestino *et al.* (2021), que dataram com U-Pb a deformação rúptil de brechas

carbonáticas da Formação Crato, entre o Cenomaniano e Campaniano, em período concordante com a fase pós-rifte da Bacia do Araripe e cujas estruturas foram discutidas a nível regional por Bezerra *et al* (2023) como produtos de reativação tectônica regional nas bacias interiores do NE durante os eventos do pós-rifte. Essa sequência de eventos estudados mostram uma tectônica residual ainda ativa durante o pós-rifte, que desencadeou os processos gravitacionais responsáveis pela deposição dos conglomerados registrados nas fácies Ca e Cm, bem como dos arenitos da fácies Ac mapeados no P04.

Os canais anastomosados registrados nas fácies areníticas da Sequência Superior aqui estudados são dominados por estruturas formadas em regimes de fluxo interior (estratificações cruzadas de bases acanaladas), sugerindo que foram formados em meio de fluxo perene, com variações frequentes na descarga do rio, registradas pela presença de estruturas de extravasamento (*climbing ripples*) (MIALL, 1996; ALLEN, 1973).

Essa forte presença de aporte hídrico foi substancial na gradação entre as fácies Aa, Ca e Cm registradas nos P07 e P05, em eventos que aconteciam após os pulsos tectônicos a NE que depositaram as fácies Cm, ora sobre as fácies areníticas Aa e Ac, ora sobre as fácies conglomeráticas Ca, marcando um novo evento de reativação tectônica das estruturas da ZCP à NE.

Assim, no presente estudo as características estratigráficas apresentadas pela seção estudada permitem interpretar uma possível conexão lateral entre sistemas lacustes e sistemas fluvio-lacustres siliciclásticos. As rochas conglomeráticas que compõe esses sistemas teriam sido formadas a partir de leques aluviais existentes à nordeste nas proximidades de um sistema fluvial anastomosado entrelaçado cujo *trend* regional da época da sedimentação era SSE, que, por sua vez, confluía para um sistema lacruste de caráter redutor.

5.0 CONCLUSÕES

Baseado na análise integrada dos sistemas deposicionais da Formação Barbalha, borda Norte da Bacia do Araripe, é possível concluir que:

- 1 – As seções mapeadas caracterizam-se como a primeira ocorrência da Formação Barbalha, em especial sua Sequência Superior, na região de Nova Olinda, fora do Vale do Cariri;
- 2 – A sucessão faciológica indica a contemporaneidade através da interdigitação lateral entre sistemas de fândeltas (ou leques deltaicos) e sistemas fluvio-lacustes de caráter redutor na área de estudo devido a diferença de paleocorrentes entre as fácies areníticas (SSE) e conglomeráticas (WSW) e a inexistência de estruturas de exposição subaéreas e contato brusco

entre a fácies Ap e Fl;

3 – As mudanças nos sentidos de paleocorrentes entre as fácies areníticas (SSE) e conglomeráticas (WSW) pode estar associada às diferenças de *trend* deposicional regional da bacia (fácies areníticas) e local (fácies conglomeráticas), uma vez que essas ocorrem ocupando canais distributários pré-existentes, conforme arquitetura de canal identificada e a penetração de clastos da fácies Cm (com área fonte nos ortognaisses TTG e Terreno Piancó-Alto Brígida a NE) sobre arenitos das fácies Ac;

4 – A existência de atividade tectônica na Bacia do Araripe no período pós-rifte, devido a existência de processos gravitacionais de fluxos de massa referentes a leques aluviais (tipo Gilbert) representados pelas fácies Ca e Cm com direção de paleocorrentes para WSW, bem como a existência de demais fácies associadas a este tipo de sistema, como Ac.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Márcio Lima et al. Soft-sediment deformation structures in Aptian lacustrine laminites: Evidence of post-rift paleoseismicity in the Araripe basin, NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 105, p. 102955, 2021.
- ALMEIDA, F. F. M.; LEONARDOS, O. H.; JR.; VALENÇA, J. **Granitic rocks of Northeast South America**. Oxford. The Geological Society – Blackwell Scientific Publ., p.31-47, 1996.
- ALLEN, J. R. L. (1973). A classification of climbing ripple cross lamination. **Journal of the Geological Society**, 129, 537-541.
- ARAI, M; ASSINE, M. L. Chronostratigraphic constraints and paleoenvironmental interpretation of the Romualdo Formation (Santana Group, Araripe Basin, Northeastern Brazil) based on palynology. **Cretaceous Research**, v. 116, p. 104610, 2020.
- ASSINE, Mario L. Análise estratigráfica da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.
- ASSINE, M. L. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista de Geociências**, 24(4): 223-232, 1994.
- ASSINE, M.L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**. v. 15, n. 2, p.371-389, 2007.
- ASSINE, M.L.; PERINOTTO, J.A.J.; CUSTÓDIO, M.A.; NEUMANN, V.H.; VAREJÃO, F.G.; MESCOLOTTI, P.C. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**. v. 22, n. 1, p. 3-28, 2014.
- BATISTA, Z. V., AGOSTINHO, S. M. O., LIMA-FILHO, M. F., VIEIRA, M. M., FREITAS, W. R. A. (2013). Associação de Fácies e Sistemas Depositionais da Formação Cariri, parte leste da Bacia do Araripe. **Estudos Geológicos**, 23(2), 45-58.
- BENIGNO, A. P. A., SARAIVA, A. Á., SIAL, A. N., & LACERDA, L. D. (2021). Mercury chemostratigraphy as a proxy of volcanic-driven environmental changes in the Aptian-Albian transition, Araripe Basin, northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 107, 103020.
- BEZERRA, FRANCISCO H.; MARQUES, FERNANDO O.; VASCONCELOS, DAVID L.; Rossetti, Dilce F.; TAVARES, ALINE C. ; MAIA, RUBSON P. ; de Castro, David L.; NOGUEIRA, FRANCISCO C.C. ; Fuck, Reinhardt A. ; Medeiros, Walter E. . Review of tectonic inversion of sedimentary basins in NE and N Brazil: Analysis of mechanisms, timing and effects on structures and relief. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 126, p. 104356, 2023.
- BRITO NEVES, Benjamim Bley de; SANTOS, EJ dos; VAN SCHMUS, Williams Randall. Tectonic history of the Borborema Province. **Tectonic Evolution of South America**, v. 31, p. 15, 2000.
- CAMACHO, C. R., & de OLIVEIRA, F. R. F. R. (2017). O arcabouço estrutural da Bacia

Sedimentar do Araripe, Província Borborema, baseado em dados aeromagnetométricos. **Geologia USP. Série Científica**, 17(3), 149-161.

CLAES, H., MIRANDA, T., FALCÃO, T. C., SOETE, J., MOHAMMADI, Z., ZIEGER, L., ... & SWENNEN, R. (2021). Model for calcite spherulite formation in organic, clay-rich, lacustrine carbonate shales (Barbalha Formation, Aptian, Araripe Basin, NE Brazil). **Marine and Petroleum Geology**, 128, 104988.

CELESTINO, M. A. L., de MIRANDA, T. S., MARIANO, G., ALENCAR, M. L., Buckman, J., ROBERTS, N. M., ... & Roemers-Oliveira, E. (2021). Structural control and geochronology of Cretaceous carbonate breccia pipes, Crato Formation, Araripe Basin, NE Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, 105190.

CHAGAS, D. B; ASSINE, M. L.; FREITAS, F. I. Facies sedimentares e ambientes deposicionais da Formação Barbalha no vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 26, n. 4, p. 313-322, 2007.

CAVINATO, G. P., CARUSI, C., DALL'ASTA, M., MICCADEI, E., PIACENTINI, T. (2002). Sedimentary and tectonic evolution of Plio–Pleistocene alluvial and lacustrine deposits of Fucino Basin (central Italy). **Sedimentary Geology**, 148(1- 2), 29-59.

DE MORAES RIOS-NETTO, A., de PAULA-FREITAS, A. B. L., de SOUZA CARVALHO, I., REGALI, M. D. S. P., BORGHI, L., & de FREITAS, F. I. (2012). Formalização estratigráfica do Membro Fundão, Formação Rio da Batateira, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, 42(2), 281-292.

FAMBRINI, G.L.; SILVA FILHO, W.F.; LEMOS, D.R.; SILVESTRE, D.C.; ARAÚJO J.T.; MENEZES FILHO, J.A.B.; TESSER JUNIOR, S.; NEUMANN V.H.M.L. Análise tectonossedimentar das fases início de rifte e clímax de rifte da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **GEOLOGIA USP. SÉRIE CIENTÍFICA**, v. 19, p. 205-236, 2019.

GAWTHORPE, R.L. and COLELLA, A., 1990. Tectonic controls on coarse-grained delta depositional systems in rift basins. In: A. Colella and D.B. Prior (Editors), *Coarse-Grained Deltas*. Int. Assoc. **Sedimentology Spec. Pub.**, 10: 113-127.

GOMES, J. R. C.; GATTO, C. M. P. P.; SOUZA, G. M. C.; LUZ, D. S. PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W. Mapeamento regional: Geologia. 1981. *In: Projeto RADAMBRASIL*. Folhas SB. 24/25, Jaguaribe/ Natal. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Brasília, MME/SG (Lev. Rec. Nat. 23).

GOLDBERG, K., PREMAOR, E., BARDOLA, T., & SOUZA, P. A. (2019). Aptian marine ingression in the Araripe Basin: Implications for paleogeographic reconstruction and evaporite accumulation. **Marine and Petroleum Geology**, 107, 214-221.

HASHIMOTO, A. T., APPI, C. J., SOLDAN, A. L., & CERQUEIRA, J. R. (1987). O neo-Alagoas nas bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. *Revista Brasileira de Geociências*, 17(2), 118-122.

MAGALHÃES, Alexandra de Oliveira. **Análise ambiental do alto curso da Bacia do Rio da Batateira no Município do Crato/CE: subsídios ao zoneamento ecológico-econômico**. 2006.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

MARCONATO, A. **A influência da evolução de altos estruturais em sucessões aluviais: exemplos do Ediacariano e do Cambriano da Bacia do Camaquã (RS)**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Geociências), 85p., Anexos (2 artigos), 2010.

MALKA, M., OLSEN, P. E., CHRISTIE-BLICK, N. (2003). Lacustrine facies typology in the Triassic-Jurassic rifts of eastern North America and Greenland compared to that of the Eocene Green River Formation of Wyoming. Northeastern Section - 38th Annual Meeting (March 27-29, 2003). **The Geological Society of America (GSA)**, Session No. 6--Booth# 35.

MATOS, Renato M. Darros. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. Geological Society, London, **Special Publications**, v. 153, n. 1, p. 55-73, 1999.

MELO, R. M., GUZMÁN, J., ALMEIDA-LIMA, D., PIOVESAN, E. K., NEUMANN, V. H. D. M. L., & e SOUSA, A. D. J. (2020). New marine data and age accuracy of the Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. **Scientific reports**, 10(1), 1-15.

MIALL, A.D., 1977. A review of braided river depositional environments. **Earth Sci. Rev.**, 13: 1-62.

MIALL, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. *In*: A.D. Miall (Editor), **Fluvial Sedimentology**. Can. Soc. Pet. Geol. Mem., 5: 597-604.

MIALL, A.D.; 1985. **Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits**. *In*: R.M. Flares, et al. (Editors), Recognition of Fluvial Depositional Systems and their Resource Potential. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Lect. Note, 19: 33-81.

MIALL, A. D. 1996. **The geology of fluvial deposits: sedimentar facies, basin analysis and petroleum geology**. Berlin: Springer.

MIALL, A. D. (2000). **Principles of sedimentary basin analysis** (3rd ed.). New York: Springer-Verlag.

NEUMANN, V. H. M. L. (1999). **Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptienses Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)**. Tesis (Doctorado). Barcelona: *Universidad de Barcelona*.

NEUMANN, V. H.; CABRERA, Luis. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, noreste de Brasil. **Boletim de Geociências**, v. 5, p. 279-285, 1999.

PONTE, F. C. (1996). Arcabouço estrutural da Bacia do Araripe. **IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil**, v. único, 169-177. Águas de São Pedro: UNESP/IGCE.

PONTE, F. C. & APPI, C. J. Proposta de Revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 26, 1990, Natal. Anais... Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. v. 1, p. 211-226.

PONTE, Francisco Celso; PONTE-FILHO, Francisco Celso. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. **Recife: DNPM**, v. 4, 1996.

POSTMA, G., 1986. Classification for sediment gravity-flow deposits based on flow conditions during sedimentation. **Geology**, 14: 291-294.

POSTMA, G., 1990. Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis. *In: A. Colella and D.B. Prior (Editors), Coarse-grained Deltas. Int. Assoc. Sedimental. Spec. Publ.*, 10: 13-27.

RIBEIRO, Alexandre Cunha et al. Towards an actualistic view of the Crato Konservat-Lagerstätte paleoenvironment: A new hypothesis as an Early Cretaceous (Aptian) equatorial and semi-arid wetland. **Earth-Science Reviews**, p. 103573, 2021.

SANTOS, F. H.; AZEVEDO, J.M.; NASCIMENTO Jr., D.R.; SOUSA, A.C.B; MENDES, M.; BEZERRA, I.; LIMAVERDE, S. Análise de Fácies e Petrografia de uma Seção do Membro Crato em Nova Olinda (CE): Contribuições à História Depositional e Diagenética do Neaptiano na Bacia do Araripe, Revista do Instituto de Geociências - USP, **Série Científica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 3-18, 2017.

SCHERER, C. M. S., LAVINA, E. L. C., DIAS-FILHO, D. C., OLIVEIRA, F. M., BONGIOLO, D. E., AGUIAR, E. S. (2007). Stratigraphy and facies architecture of the fluvial-aeolianlacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin, Brazil. **Sedimentary Geology**, 194, 169-193.

SCHERER, C. M. S., GOLDBERG, K., BARDOLA, T. (2015). Facies architecture and sequence stratigraphy of an early post-rift fluvial succession, Aptian Barbalha Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **Sedimentary Geology**, 322, 43-62.

SELLEY, R. C. (1970). **Ancient sedimentary environments**, 237 p. London: Chapman & Hall.

SILVESTRE, Diego da Cunha; FAMBRINI, Gelson Luís; DA COSTA, Ian Cavalcanti. Análise Faciológica, Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Formação Barbalha (Aptiano Superior), Bacia do Araripe: Dados de Testemunhos de Sondagem. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p. 34-47, 2020.

SILVESTRE, Diego da Cunha. **Análise faciológica e caracterização de sistemas deposicionais da Formação Barbalha (Aptiano Superior)–Bacia do Araripe**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

TALBOT, M. R., ALLEN, P. A. (1996). Lakes. *In: H. G. Reading (Ed.), Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy* (83-124). New Jersey: Blackwell Science.

VAREJAO, Filipe G. et al. Mixed siliciclastic–carbonate sedimentation in an evolving epicontinental sea: Aptian record of marginal marine settings in the interior basins of northeastern Brazil. **Sedimentology**, v. 68, n. 5, p. 2125-2164, 2021.

WALKER, R. G. (1984). Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. *In*: R. G. Walker, N. P. James (Eds.), *Facies Models: response to sea level change*. Geotext 1 (1-14). Waterloo, Ontario: **Geological Association of Canada**.

WALKER, Roger G. Facies model: response to sea level change. **Geol. Asso. Canada, v. 409, 1992.**