



**Análise Faciológica, Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Formação Barbalha (Aptiano Superior), Bacia do Araripe: Dados de Testemunhos de Sondagem**  
Faciological Analysis, Depositional Systems and Sequence Stratigraphy of the Barbalha Formation (Upper Aptian), Araripe Basin: Core Wells Database

Diego da Cunha Silvestre<sup>1</sup>; Gelson Luís Fambrini<sup>2</sup> & Ian Cavalcanti da Costa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia em Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 50740-530, Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 50740-530, Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Curso de Graduação em Geologia, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 50740-530, Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil  
E-mails: [diegocs@hotmail.com](mailto:diegocs@hotmail.com); [g\\_fambrini@yahoo.com](mailto:g_fambrini@yahoo.com); [ianccosta@hotmail.com](mailto:ianccosta@hotmail.com)

Recebido em: 06/09/2019 Aprovado em: 09/06/2020

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2020\\_4\\_34\\_47](http://dx.doi.org/10.11137/2020_4_34_47)

## Resumo

A Formação Barbalha mesmo tendo relações com as bacias marginais produtoras de petróleo ainda não foi muito bem estudada sob a luz da estratigrafia de seqüências. Este trabalho propõe uma reavaliação de testemunhos antigos sob novas perspectivas no ramo da estratigrafia. A descrição de todos os testemunhos possibilitou a identificação de 11 fácies no registro estratigráfico das amostras e a correlação entre as unidades. Desta forma, a unidade é representada pelas litofácies: Gm – conglomerados maciços, Sc – arenitos com estratos cruzados, Sl – arenitos laminados, Sm – arenitos maciços, Scr – arenitos com laminação cruzada cavalgante, Sd – arenitos deformados, Fl – argilitos laminados, Fm – argilitos maciços, Fsl – siltitos laminados, Fp – folhelhos papiráceos e Lp – calcário peloidal. O modelo da sucessão de fácies serviu para a interpretação dos sistemas deposicionais. Desta forma, a formação Barbalha é composta por duas grandes seqüências. A seqüência inferior sedimentada em dois estágios: um ciclo fluvial de morfologia entrelaçada que evoluiu para um sistema lacustre no topo. Neste ciclo lacustre se encontra a Camada Batateira, que representa um marco estratigráfico para a bacia onde se encontram níveis mineralizados em sulfetos. A seqüência superior foi depositada segundo um sistema fluvial em dois estágios: entrelaçado de alta energia evoluindo para um sistema anastomosado para o topo. Estas variações nos modelos de sedimentação mostram uma variação no perfil de equilíbrio da bacia em função da razão espaço de acomodação/aporte sedimentar (A/S). Portanto, enquadrando a formação em tratos de sistema de baixa acomodação (LAST) representada pelos sedimentos fluviais mais enérgicos e um trato de sistema de alta acomodação (HAST) pela associação de fácies de caráter lacustre ou fluvial de menor energia.

**Palavras-Chave:** *Tratos de sistemas; Sistemas deposicionais; Formação Barbalha*

## Abstract

Even though the Barbalha Formation has similarities with oil producers basins, there were not many studies about sequence stratigraphy in this unit. This paper proposes a new evaluation of core samples under new perspectives of this stratigraphy area. The description of core samples allowed 11 facies to be identified in the stratigraphic record of the samples and the correlation between unities. Thus, the unity is represented by the litofacies Gm – Massive Gravel, Sc – Cross-stratification sandstones, Sl – Laminated sandstones, Sm – Massive sandstones, Scr – Climbing-ripples cross-stratification sandstones, Sd – Deformed sandstones, Fl – Laminated mudstones, Fm – Massive mudstones, Fsl – Laminated siltite, Fp – Papyraceous mudstones, Lp – Peloidal limestone. Succession facies model helped to depositional systems interpretations. Therefore, the Barbalha Formation is divided in two large sequences. The lower sequence has two sedimentary stages: a braided fluvial cycle that evolved to a lacustrine cycle to the top. This lacustrine cycle includes the Batateira Beds, that represents an stratigraphic mark in the Araripe Basin, where are found some sulfide mineralizations. The upper sequence was deposited in two by a two stage fluvial system: braided that evolved to an anastomosed to the top. These changes in the sedimentation models, shows a variation on the basin balance profile by the accommodation/sedimentary contribution ratio. This puts the Barbalha Formation in a low accommodation system tract (LAST) represented by high energy sedimentation and a high accommodation system tract (HAST), because of the lacustrine facies and/or low energy fluvial system.

**Keywords:** *System Tract; Depositional systems; Barbalha Formation*

## 1 Introdução

A Bacia do Araripe tem um arcabouço tectono-estratigráfico semelhante às bacias da margem leste brasileiras (Figura 1). Porém, seu registro sedimentar difere das bacias marginais pelo último estágio do rifte. A tectono-sequência pós-rifte na Bacia do Araripe, como nas demais bacias interiores, é caracterizada por um domínio de ambientes sedimentares de caráter continental, diferente da configuração marinha presente nas bacias da margem leste.

Compondo a base da sequência pós-rifte da Bacia do Araripe, a Formação Barbalha compreende o início dessa diferenciação, a gradativa transição sedimentar para um domínio lacustre onde seriam formados os calcários da Fm. Crato, análogos e cronocorrelatos ao pré-sal. Também possui um importante marco estratigráfico, a Camada Batateira, onde já foram evidenciadas consideráveis concentrações de matéria orgânica. Desta forma, a Formação Barbalha é um ótimo alvo de estudos análogos à sistemas petrolíferos.

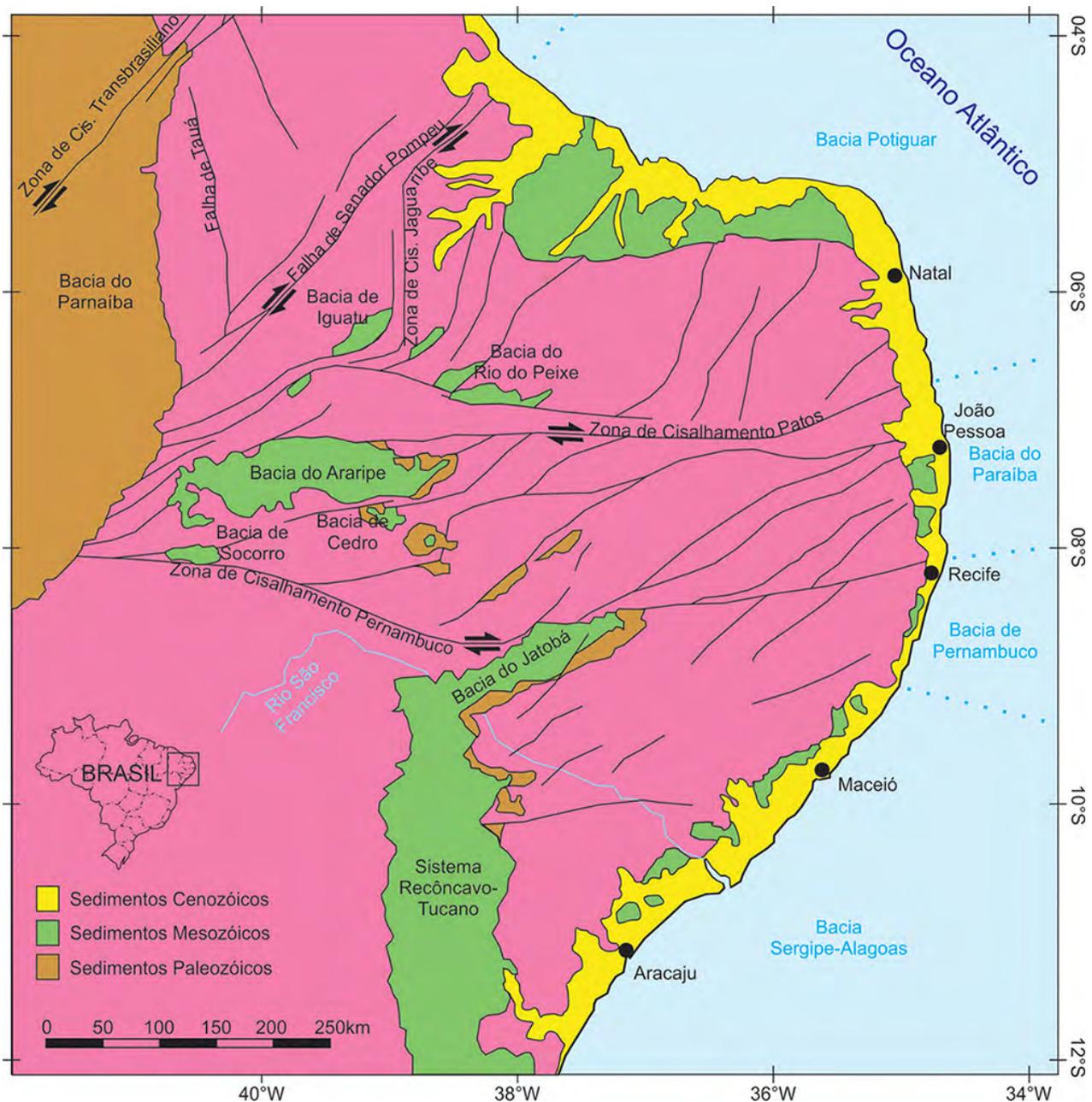


Figura 1 Contexto geológico da Bacia do Araripe sobre a região Nordeste (Brasil). Modificado de Fambrini *et al.* (2011b).

**Análise Faciológica, Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Formação Barbalha (Aptiano Superior), Bacia do Araripe: Dados de Testemunhos de Sondagem**

*Diego da Cunha Silvestre, Gelson Luís Fambrini & Ian Cavalcanti da Costa*

Portanto, este trabalho foi realizado para atualizar a compreensão da Formação Barbalha, segundo novas abordagens através de todos os testemunhos do Projeto Santana (Sheid *et al.* 1978) uma vez que suas considerações foram elaboradas ainda sobre cartas estratigráficas antigas e com menor entendimento da bacia. A correlação de todos os poços contemplados pelo projeto foi implementada já que nos estudos anteriores não foram correlacionados todos. Por fim, o presente trabalho propõe caracterizar os sistemas deposicionais e propor uma abordagem referente aos tratos de sistemas em ambientes não marinhos, pouco utilizados até o presente.

## 2 Contexto Geológico

Os esforços gerados pelo evento mesozoico de ruptura do Supercontinente Gondwana Ocidental provocaram reativação e reorganização de algumas estruturas continentais na Província Borborema (PB),

Nordeste do Brasil. Tais tensões propiciaram a geração de novos espaços para acomodação, como nos casos das bacias interiores do Nordeste (Ponte & Appi, 1990; Brito Neves *et al.*, 2000; Assine, 2007; Fambrini *et al.*, 2016).

Dentre tais bacias destaca-se a Bacia do Araripe, situada sobre os terrenos Piancó-Alto Brígida e Granjeiro no Domínio da Zona Transversal da PB. A bacia é limitada pelos lineamentos de Patos e de Pernambuco, a norte e a sul, respectivamente. Recobrendo aproximadamente uma área superior a 9.000 km<sup>2</sup> com forma alongada de leste a oeste.

Tem-se, hoje, uma classificação mais específica das unidades que compõem a estratigrafia da bacia. Dividida em 4 tectono-sequências bem definidas: Sinéclise (Formação Cariri), Pré-Rifte (formações Brejo Santo e Missão Velha), Rife (Formação Abaiara), Pós-Rifte I (formações Barbalha, Crato, Ipubi, Romualdo) e II (formações Araripina e Exu) (Beurlen, 1962, 1963; Assine, 1992, 2007; Ponte & Appi, 1990; Neumann, 1999; Assine *et al.*, 2014) exemplificados na Figura 2.

Geocronologia			Discord.	Beurlen 1962	Beurlen 1963	Ponte & Appi 1990	Assine, 1992	Neumann 1999	Assine 2007	Assine et al. 2014									
Per.	Época	Idade																	
CRETÁCEO	NEO	CENOM.	ALBIANO	Fm. Exu	Fm. Exu	Grupo Araripe	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu								
				Fm. Arajara	Fm. Arajara							Mb. Sup.	Mb. Inf.	Fm. Arajara	Fm. Araripina	Fm. Araripina			
	EO	(GÁLICO)		ALBIANO	Fm. Santana	Fm. Santana	Grupo Araripe	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Romualdo	Fm. Romualdo	Fm. Romualdo	Fm. Romualdo						
														Fm. Crato	Fm. Crato	Fm. Ipubi	Mb. Romualdo	Fm. Ipubi	Fm. Ipubi
					NEOCOM.	VALHALBERG		PRÉ-ALAGOAS	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Grupo Vale do Cariri	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara			
																	Fm. Rio da Batateira	Fm. Barbalha	Fm. Barbalha
	EO	NEOCOM.		VALHALBERG	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Grupo Vale do Cariri	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha						
														RIO DA SERRA	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo
	JURÁSSICO	NEO		TITHONIANO	RIO DA SERRA	Fm. Missão Velha	Grupo Vale do Cariri	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo						
DOM JOÃO			Fm. Brejo Santo											Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo			
																	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo
PALEOZOICA			Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Cariri									
DEVONIANO			Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Cariri									
SILURIANO			Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Cariri									
ORDOVICIANO			Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Cariri									

Figura 2 Modificações na Carta Estratigráfica da Bacia do Araripe em função dos trabalhos publicados.

Segundo esta configuração, a Formação Barbalha encontra-se na tectono-sequência Pós-Rifte I junto com as formações Crato, Ipubi e Romualdo, compondo o Grupo Santana, nome antes designado para a formação que continha os membros Crato e Romualdo separados pela Camada Ipubi (evaporitos).

A Formação Barbalha (Assine, 1992) foi originalmente denominada de Formação Rio da Batateira (Ponte & Appi, 1990). Esta dualidade é, até hoje, motivo de intensos debates sobre sua nomenclatura (Assine, 2007; Paula-Freitas & Borghi, 2011; Rios-Netto *et al.*, 2012; Assine *et al.*, 2014).

A Formação Barbalha encontra-se em contato com a unidade sotoposta (Formação Abaiara) limitada pela discordância Pré-Alagoas, e no topo em concordância com os calcários da Formação Crato. Esta unidade aflora, preferencialmente nas escarpas leste e nordeste da Chapada do Araripe e no entorno da Serra da Mãozinha.

A Formação Barbalha é composta de litologias psamíticas e, secundariamente, pelíticas. Seus sedimentos encontram-se dispostos em duas grandes sequências que apresentam dinâmica granodrecrescente para o topo (Assine, 2007; Assine *et al.*, 2014; Fambrini *et al.*, 2015a).

O empilhamento sedimentar da sequência inferior culmina com sedimentos lacustres que compõem a camada índice da bacia, a Camada Batateira (Hashimoto *et al.*, 1987) ou Membro Fundão (Rios-Netto *et al.*, 2012). Trata-se de um horizonte delgado composto por calcários peloidais associados a folhelhos papiráceos.

A Camada Batateira foi interpretada como originada em ambiente continental, onde se instalaram lagos com condições de anoxia (Ponte & Appi, 1990; Assine, 1992, 2007).

Contudo, a sequência superior, repousa sobre os sedimentos lacustres sobre uma superfície de discordância erosiva bem marcada e rastreável. Possui uma base arenosa, grossa a média, conglomerática, que evolui para pacotes arenosos de granulação fina até se intercalar a argilitos e siltitos para o topo (Assine, 2007; Fambrini *et al.*, 2015b).

Estudos micro paleontológicos apontam idade Aptiana Superior para a Formação Barbalha, acima da discordância Pré-Alagoas (Lima & Perinotto, 1984; Coimbra *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2006).

### 3 Material e Métodos

Neste trabalho foram utilizados os testemunhos de sondagem do Projeto Santana II (Scheid *et al.* 1978) realizados pela CPRM a pedido do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) com a finalidade de pesquisar a ocorrência de depósitos minerais sulfetados de Chumbo (Pb), Zinco (Zn) e Cobre (Cu) na Bacia do Araripe.

Os testemunhos foram descritos detalhadamente com a finalidade de identificar todos os litotipos presentes e suas estruturas em subsuperfície. O processo descritivo teve como base os trabalhos com a caracterização das fácies presentes (conforme o código de fácies) (Miall, 1978, 1996, 2014) e suas correlações no empilhamento sedimentar. Foram elaborados perfis estratigráficos (Selley, 2000) e correlacionados segundo um *datum* comum entre os poços seguindo os conceitos da Escola EXXON. Utilizando-se dos conceitos de perfil de equilíbrio (Shanley & McCabe, 1994; Miall, 1996), foi possível reconstruir as condições de sedimentação destas rochas e interpretar o sistema de sedimentação da Formação Barbalha.

O estudo acerca da estratigrafia de sequências baseou-se na metodologia que relaciona o espaço de acomodação (A) e o aporte sedimentar (S) e sua interação com o perfil de equilíbrio para modelos de bacias não marinhas (Martinsen *et al.*, 1999). Assim são definidos dois tratos de sistemas para sistemas fluviais isolados: o Trato de Sistema de Baixa Acomodação ou *Low Accommodation System Tract* (LAST) e o Trato de Sistema de Alta Acomodação ou *High Accommodation System Tract* (HAST), onde os tratos são diretamente correlacionados com a morfologia fluvial presente na sedimentação da bacia.

## 4 Resultados

Após descrever 12 furos de sondagem do Projeto Santana (Figura 3), foram observadas todas as sequências pertencentes a unidade de estudo; inferior e superior. Sendo a sequência inferior menos representado uma vez que as sondagens não se aprofundaram muito após a camada de interesse do projeto original.

### 4.1 Análise Faciológica

Foram identificadas 11 fácies (Tabela 1) que representam as ocorrências mais comuns, da Formação Barbalha observadas nos testemunhos. Estas fácies, aqui definidas, corroboram com os dados anteriores (Fambrini *et al.*, 2015a, 2019) em afloramentos situados na borda NE da Bacia do Araripe.

### 4.2 Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências

Partindo dos conceitos da Estratigrafia de Sequências (Catuneanu, 2006), a sucessão de fácies aqui definida, representa duas Sequências (Inferior e Superior) separadas por uma superfície discordante bem definida (Figuras 5 e 6). Estas duas sequências apresentam características de depósitos continentais de natureza fluvial e lacustre.

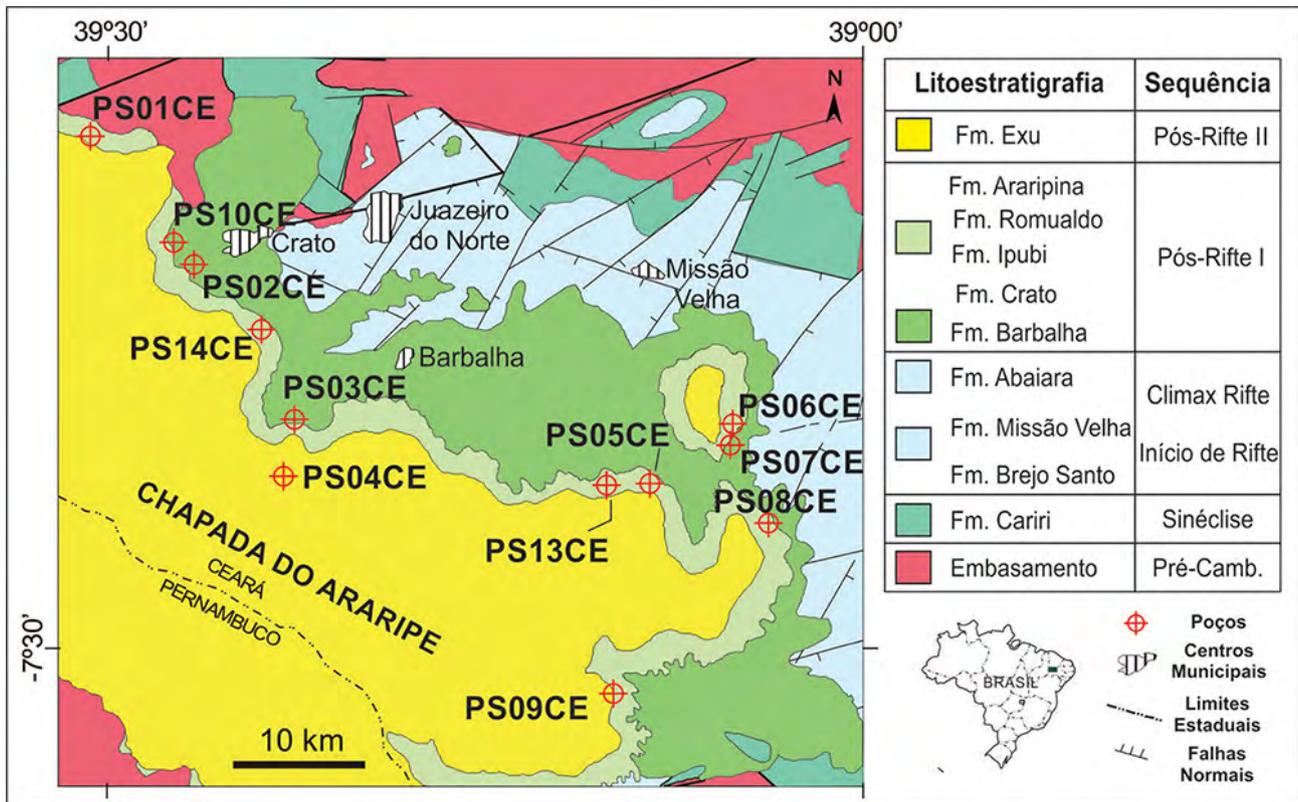


Figura 3 Localização dos poços na borda NE da Bacia do Araripe (modificado de Fambrini *et al.*, 2017).

#### 4.2.1 Sequência Inferior

Os sedimentos que compõem a Sequência Inferior, base da Formação Barbalha, apresentam o conjunto de fácies Sc, Sm, Sl, Scr, Fsl, Fm, Fp e Lp.

A sucessão destas fácies exibe granodecrescência ascendente bem desenvolvida com arenitos grossos (base) gradando para os sedimentos mais finos como silte e argila (topo). O projeto original, para qual estes poços foram realizados, visava apenas os níveis mineralizados, dessa forma, as sondagens recuperaram apenas parte da Sequência Inferior.

Apresenta base predominantemente arenosa com intercalações de sedimentos finos, segundo uma sucessão de fácies Sc, Sm, Sl, Scr, Fsl e Fm (Figura 7). A presença de corpos arenosos de granulação grossa a média, conglomeráticos, com estratificação cruzada, classifica esta unidade como resultado de um sistema fluvial de energia moderada com carga de fundo. Esta configuração se assemelha aos padrões de sedimentação do tipo fluvial entrelaçado vislumbrados em afloramentos da região (Fambrini *et al.*, 2015a; Scherer *et al.*, 2015).

Este tipo de sistema de sedimentação tem características da porção distal Trato de Sistemas de Baixa

acomodação (LAST). Onde o perfil de equilíbrio da bacia encontra-se deslocado em direção a bacia resultando da relação A/S onde o espaço de acomodação (A) é reduzido e suprimento sedimentar (S) é alta. Assim dominam sistemas de sedimentação de alta energia, representados aqui pelos pacotes areno-cascalhosos.

Já o conjunto de fácies Sl, Sm, Fsl, Fl, Fm, Fp e Lp, representa um sistema lacustre que está presente no topo da Sequência Inferior (Figura 8). As camadas de argilitos e siltitos representam os típicos depósitos lacustres, já os corpos arenosos e argilosos maciços são interpretados como depósitos de fluxos hiperpicnais que desembocavam no lago.

Esta sucessão faciológica é compatível com um Trato de Sistemas de Alta Acomodação (HAST). Este trato de sistemas representa uma configuração em que o perfil de equilíbrio é deslocado em direção a área fonte (Figura 9). Neste caso há ampliação do espaço de acomodação e uma relativa depreciação no suprimento da bacia favorecendo os sistemas de sedimentação de baixa energia, aqui representados pelos sedimentos mais finos (siltitos e argilitos).

**Análise Faciológica, Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Formação Barbalha (Aptiano Superior), Bacia do Araripe: Dados de Testemunhos de Sondagem**

*Diego da Cunha Silvestre, Gelson Luís Fambrini & Ian Cavalcanti da Costa*

Cod.	Fácies	Descrição	Interpretação
Gm	Conglomerados maciços	Arcabouço conglomerático, clasto ou matriz suportado, maciço, portando seixos (~2 cm de diâmetro) de composição quartzosa, feldspática ou heterolítica (Figura 4A)	Depósito de base erosiva, típico depósito na base de um sistema fluvial de alta energia com carga de fundo seixosa.
Sc	Arenitos com estratos cruzados	Granulação variando de areia fina a grossa com tons (amarelado, alaranjado e acinzentado), pode apresentar base conglomerática e conter <i>mudstone drape</i> . Os estratos apresentam baixo ângulo de inclinação e gradação normal (Figura 4B)	Transporte por mecanismo de tração, semelhante a depósitos de rios entrelaçados com carga de fundo.
Sl	Arenitos laminados	Granulação variando de areia fina a média, com laminação plano paralela, tons amarelados e encontra-se intercalada a sedimentos mais finos (silte e argila) (Figura 4D)	Eventos de transbordamento do leito fluvial (no caso das estratificações plano paralelas) assemelhando-se a fluxos desconfinados em planícies de inundação
Sm	Arenitos maciços	Pacotes arenosos de granulação grossa a fina, de tons amarelados, alaranjados e acinzentados, sem estruturação interna, podem apresentar gradação normal.	Quedas bruscas no regime do fluxo fluviais ou enxurradas, semelhante à porção proximal de um aluvião.
Scr	Arenitos com laminação cruzada cavalgante	Pacotes areno-lamosos com laminação cruzada cavalgante (Figura 4C)	Depósitos episódicos por desconfinamento de fluxo por evento de cheia, Planície de inundação e depósitos de <i>overbank</i> .
Sd	Arenitos deformados	Pacotes arenosos com granulação fina a média, que apresentam estruturas sedimentares primárias (estratificações/laminações) deformadas (Figura 4E)	Escorregamentos localizados nas porções mais proximais do sistema fluvial ou escapes de fluidos contidos em camadas sobrepostas.
Fl	Argilitos laminados	Camadas argilosas de cor forte, (castanho) a tons mais claros (acinzentado, esverdeado), que apresentam laminação plano paralela bem definida (Figura 4G)	Depósitos em ambientes de baixa energia como planícies de inundação de rios meandantes ou anastomosados.
Fm	Argilitos maciços	Sedimentos lamosos, porém, sem estruturação interna (maciços).	Depósitos torrenciais de sedimentos finos sobre planícies de inundação.
Fsl	Siltitos laminados	Sedimentos na fração silte, de coloração acinzentada a esverdeada, que apresentam laminação horizontal (Figura 4F)	Depósitos de baixa energia com caráter redutor.
Fp	Folhelhos papiráceos	Sedimentos finos de coloração predominantemente negra e alto grau de físsilidade (folhelhos papiráceos) (Figura 4I)	Depósitos de ambientes calmos, de baixa energia, como em ambientes lacustres
Lp	Calcário pelóidal	Camada de coloração acinzentada a negra, composição carbonática, espessura decimétrica, contém pelóides com até 3cm de diâmetro (Figura 4H)	Depósitos de baixa energia, corpo aquoso fechado com características redutoras, saturado em carbonato.

Tabela 1 Tabela de fácies: características e interpretação.

O intervalo lacustre registra a forte influência da sazonalidade na bacia, devido a presença de camadas argilosas acinzentadas ou esverdeadas que representam condições anóxicas para o lago (maior umidade). Enquanto sedimentos mais avermelhados, acastanhados, expressam ambientes oxidantes (menor umidade) com exposição do substrato.

O limite superior desta sequência se dá por uma superfície erosiva bem definida que expressa um contato brusco entre os sedimentos finos (lacustres) e os conglomerados basais (fluviais) da unidade sobreposta.

#### 4.2.2 Sequência Superior

Os sedimentos que compõem o conjunto das fácies Gm, Sm, Sc, Sl, Sd, Scr, Fsl, Fm e Fl, representam a

Sequência Superior da Formação Barbalha (Figura 10). Com a fácies Gm na base marcando o contato erosivo da base com a Sequência Inferior. O limite superior da sequência encontra-se o contato com os calcários da Formação Crato.

Esta sequência expressa um padrão granodrecrescente ascendente que indica um sistema de sedimentação fluvial em constante evolução, sofrendo influências de agentes alóctones como o clima e consequentemente o aporte sedimentar.

Na base a sequência apresenta fácies de granulação mais grossa (Gm, Sm, Sc, Sl, Sd) e uma sucessão típica de sistemas com alta energia. Dando continuidade para o topo, a sucessão de fácies finas (Fsl, Fm e Fl) têm características de sedimentação em ambientes mais calmos.

Desta forma, a Sequência Superior apresenta uma configuração típica de sedimentação fluvial. Possui base

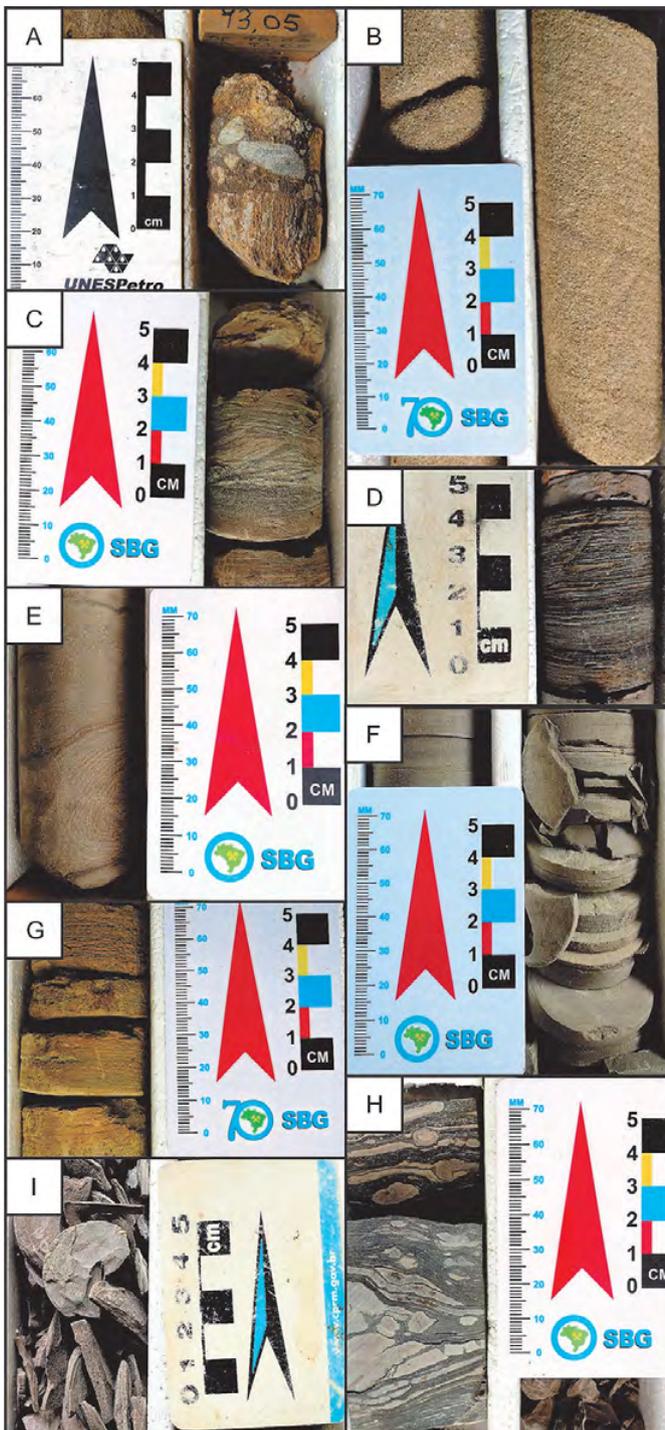


Figura 4 Fotografias dos testemunhos dos poços estudados mostrando as fácies descritas: A. Gm – Conglomerado maciço; B. Sc – Arenito com estratos cruzados; C. Scr – Arenito com laminação cruzada cavalgante; D. Sl – Arenito laminado; E. Sd – Arenito deformado; F. Fsl – Siltito laminado; G. Fl – Argilito laminado; H. Lp – Calcário peloidal; I. Fp – Folhelho papiráceo.

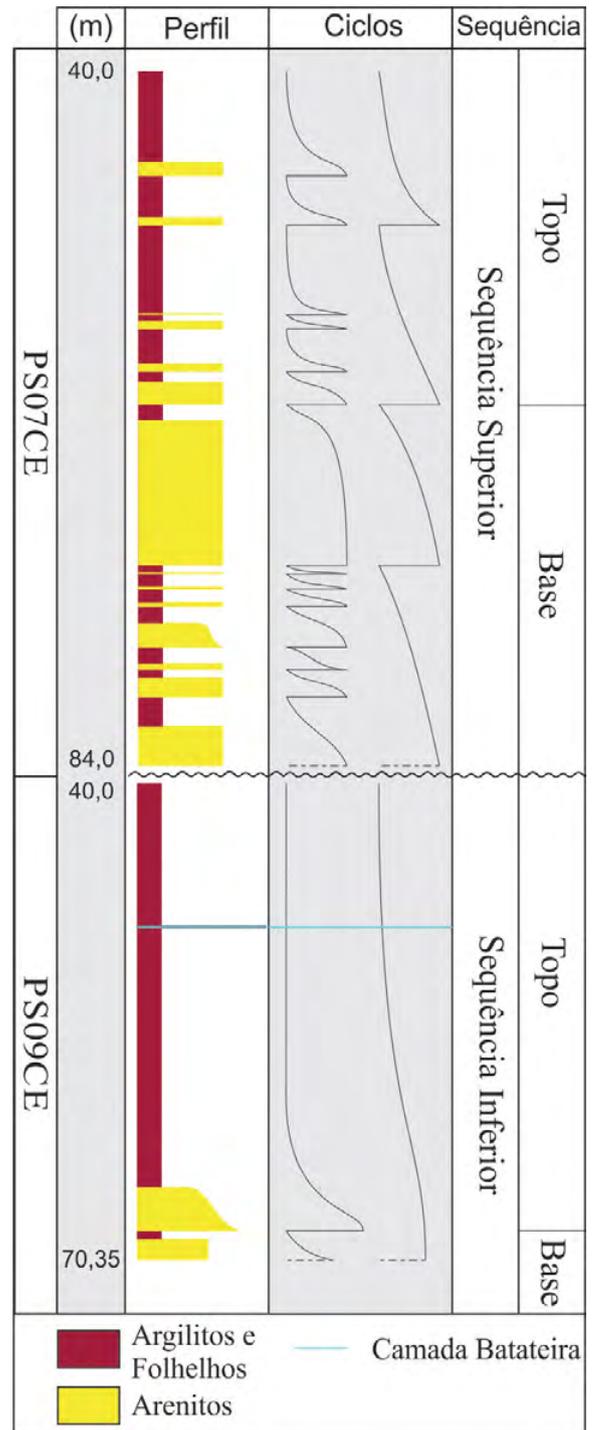


Figura 5 Exemplo da divisão das sequências presentes na Formação Barbalha e as sequências de sedimentação.

**Análise Faciológica, Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Formação Barbalha (Aptiano Superior), Bacia do Araripe: Dados de Testemunhos de Sondagem**  
*Diego da Cunha Silvestre, Gelson Luís Fambrini & Ian Cavalcanti da Costa*

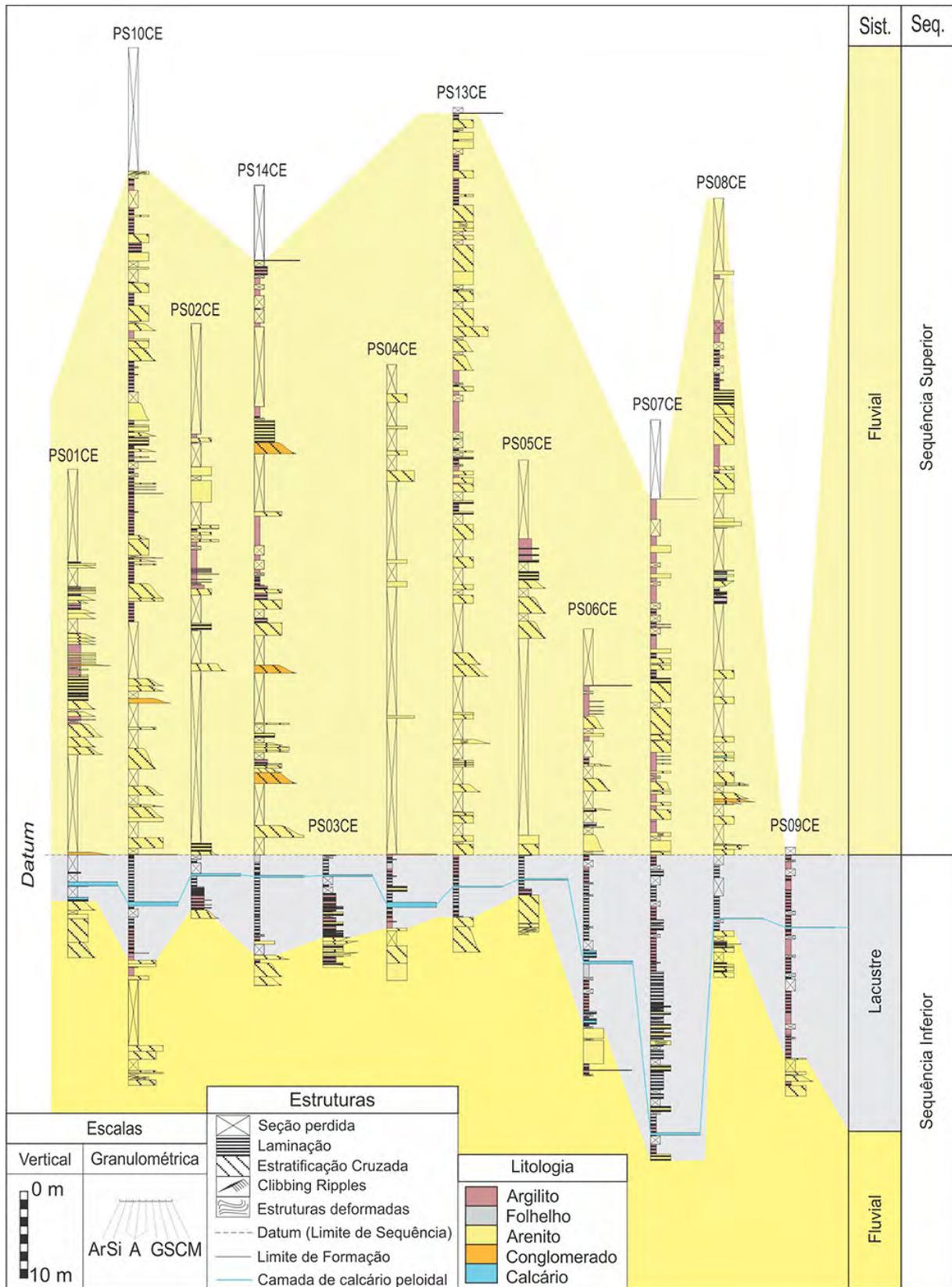


Figura 6 Correlação dos poços com identificação das sequências.

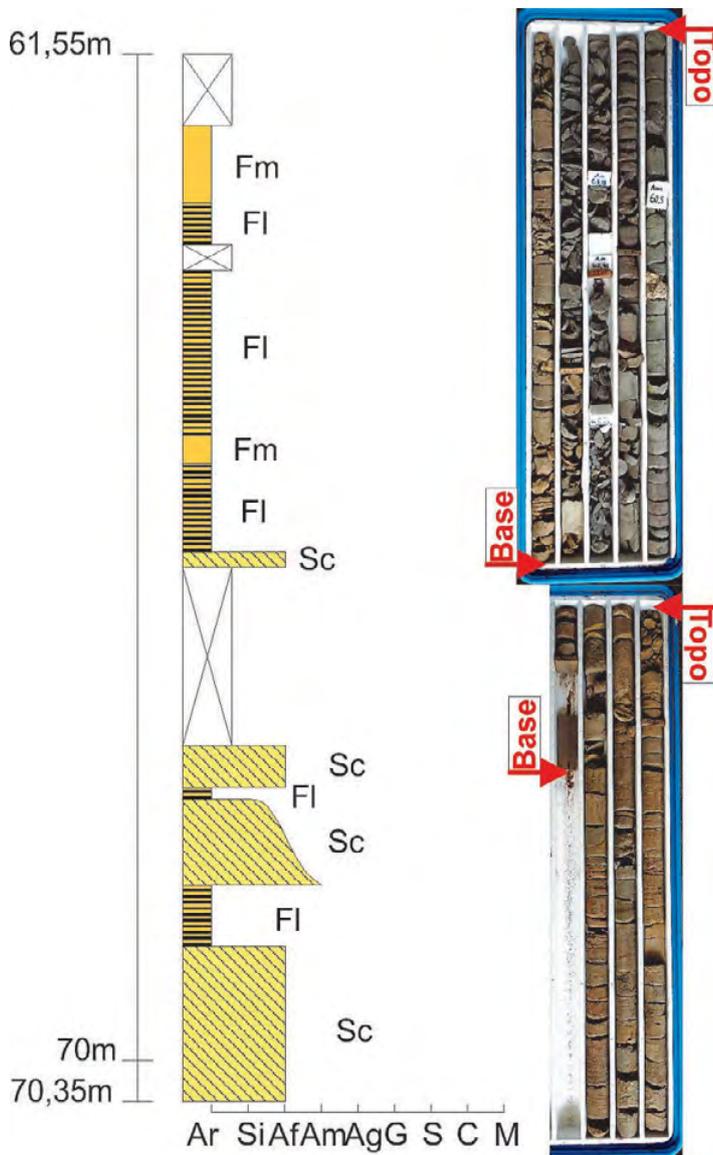


Figura 7 Seção representativa da base da Sequência Inferior, poço: PS09CE, caixas 7 e 8, profundidade: 60,07 - 70,35m.

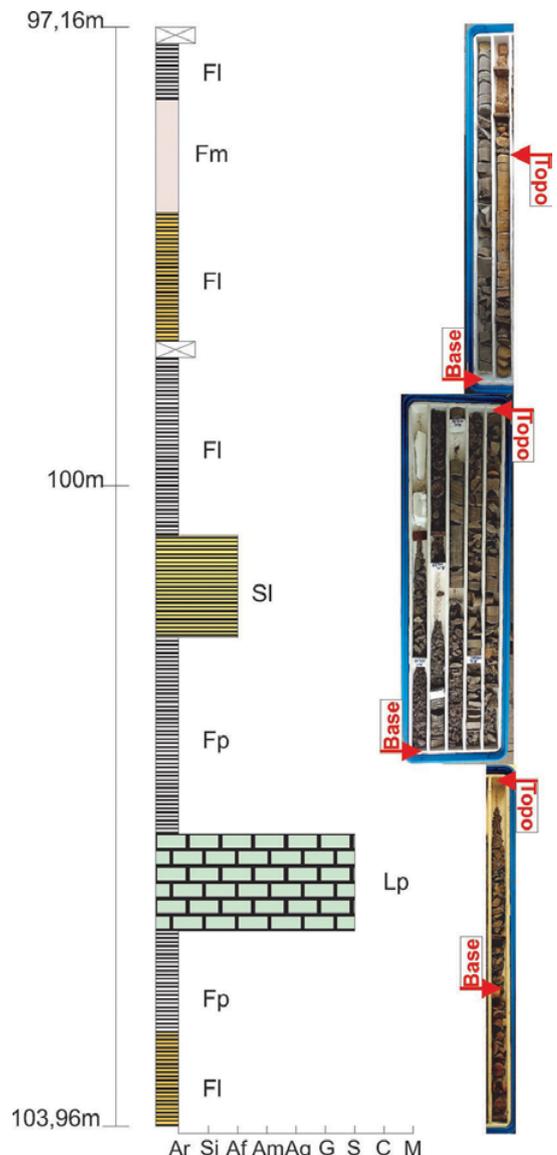


Figura 8 Seção representativa do topo da Sequência Inferior, poço: PS04CE, caixas 6, 7 e 8, profundidade: 97,16 - 103,96m.

semelhante a um sistema fluvial com carga de fundo, entrelaçado (similar aos afloramentos expostos por Fambrini *et al.*, 2015a; Scherer *et al.*, 2015), onde as camadas arenosas conglomerática, de textura grossa a média, com estratificação cruzada, podendo conter *mudstone drape* nos estratos. Este tipo de sistema condiz com o LAST, com baixo espaço de acomodação e alto aporte sedimentar, resultando em um deslocamento do perfil de equilíbrio em direção à bacia.

O Topo da Sequência Superior apresenta diminuição do tamanho médio do grão. A progressiva intercalação

de sedimentos finos para o topo, com presença de corpos arenosos isolados com laminação cruzada *climbing ripples*, corroboram com a interpretação de depósitos fluviais com sedimentos finos, com características mais próximas aos tipos anastomosados, com extensas planícies de inundação, assim como os elementos arquitetônicos expostos por Fambrini *et al.* (2015a). Este sistema tem afinidade com o HAST onde o perfil de equilíbrio deslocado em direção a área fonte aumentando o espaço de acomodação e reduzindo o aporte de sedimentos.

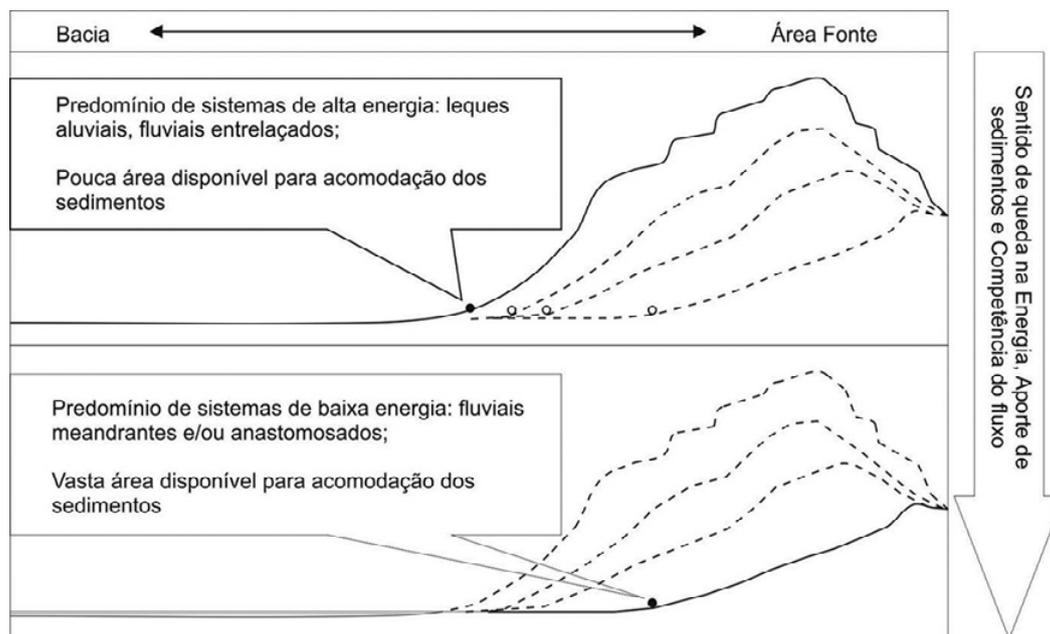


Figura 9 Modelo esquemático de variação do perfil de equilíbrio em função do aporte sedimentar e do espaço de acomodação.

## 5 Conclusão

A partir da análise estratigráfica da Formação Barbalha, em subsuperfície, foram identificadas 11 litofácies em subsuperfície que se correlacionam e definem duas sequências separadas por uma superfície erosiva bem definida. A interpretação dos padrões de sucessão faciológica possibilitou um melhor entendimento dos processos de sedimentação e a formalização da estratigrafia de sequências da unidade, corroborando trabalhos anteriores (Chagas *et al.*, 2007; Assine, 2007; Scherer *et al.*, 2015; Fambrini *et al.*, 2015a, b; Fambrini *et al.*, 2019).

A Sequência Inferior é composta de dois tratos de sistemas que refletem a transição da porção distal de um sistema fluvial entrelaçado com carga de fundo grossa (Figura 11A) para um sistema de sedimentação lacustre, que comporta a Camada Batateira (Figura 11B).

Esta inflexão dos tratos de sistemas presente na sequência inferior pode estar relacionada ao clima (mecanismo alóctone) e sua influência no fluxo de sedimentação e a posição do perfil de equilíbrio.

Assim, em um ambiente fluvial de alta energia devido ao alto fluxo pluviométrico (clima úmido), com competência para carregar sedimentos arenosos até conglomeráticos, faz com que a razão A/S seja reduzida, deslocando o perfil de equilíbrio em direção ao depocentro da bacia (LAST), favorecendo o desenvolvimento de ambientes de sedimentação mais enérgicos.

Consecutivamente, o ambiente evolui para um sistema de sedimentação lacustre, onde ocorre um aumento no espaço de acomodação, o aporte terrígeno é reduzido (aumento da razão A/S), deslocando o perfil de equilíbrio em direção à área fonte. Neste caso, o clima semiárido, com oscilações de descarga, pode ter alterado o regime de sedimentação da bacia.

A Camada Batateira, por sua vez, representaria o ápice deste trato de sistema de alta acomodação (HAST), uma vez que representa o ponto de maior batimetria do lago, com baixo suprimento externo (baixo aporte) gerando um ambiente redutor com alguns momentos de oxidação do substrato por exposição, devido à instabilidade climática.

A superfície de contato entre as duas sequências coincide com um horizonte erosivo bem definido. Portanto, tal marcador só pode ser produzido em consequência de um soerguimento da bacia, provocando uma remobilização e rearranjo dos processos de sedimentação. Tal soerguimento seria produzido por movimentos regionais epirogenéticos (Scherer *et al.*, 2015). Estes fatores tectônicos alteraram o equilíbrio da sedimentação lacustre, deslocando rapidamente o perfil de equilíbrio em direção ao novo depocentro da bacia.

Já toda a Sequência Superior tem características de um sistema de sedimentação fluvial. Neste caso se trata de um sistema fluvial em dois estágios: Entrelaçado com carga de fundo, na base (Figura 11C) que evolui para um sistema anastomosado de sedimentos finos em direção ao topo (Figura 11D).

Análise Faciológica, Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Formação Barbalha (Aptiano Superior), Bacia do Araripe: Dados de Testemunhos de Sondagem  
 Diego da Cunha Silvestre, Gelson Luís Fambrini & Ian Cavalcanti da Costa

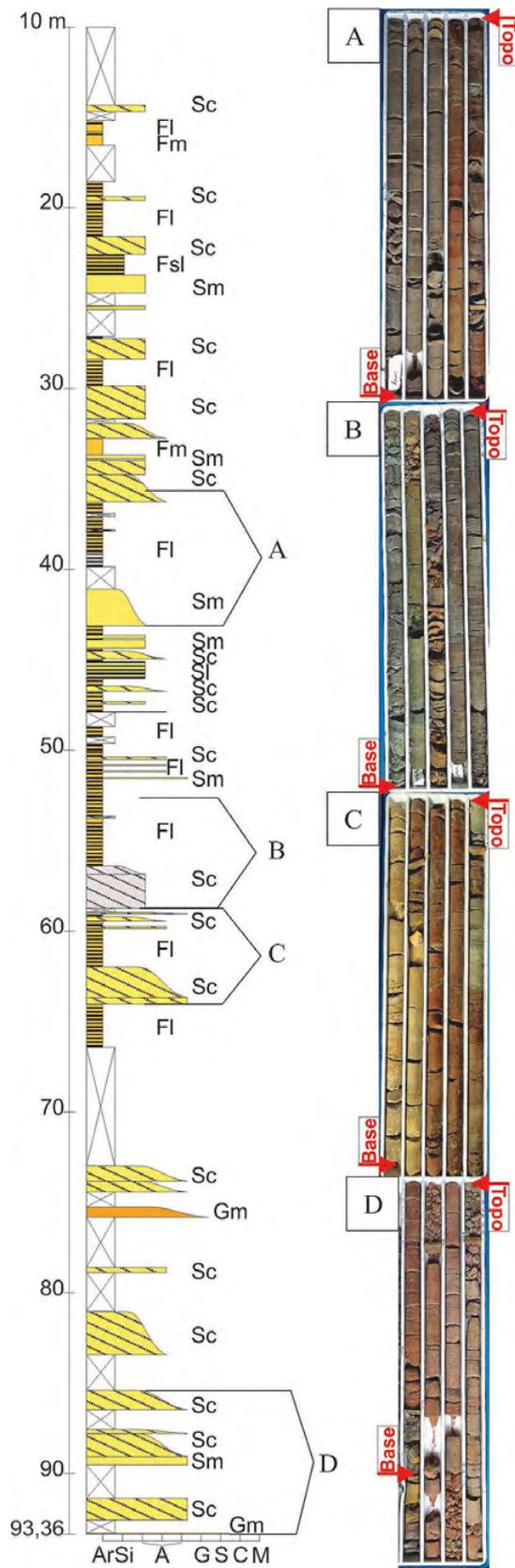


Figura 10 Seção representativa da Sequência Superior, poço: PS10CE, profundidade: 10,0 – 93,36m.

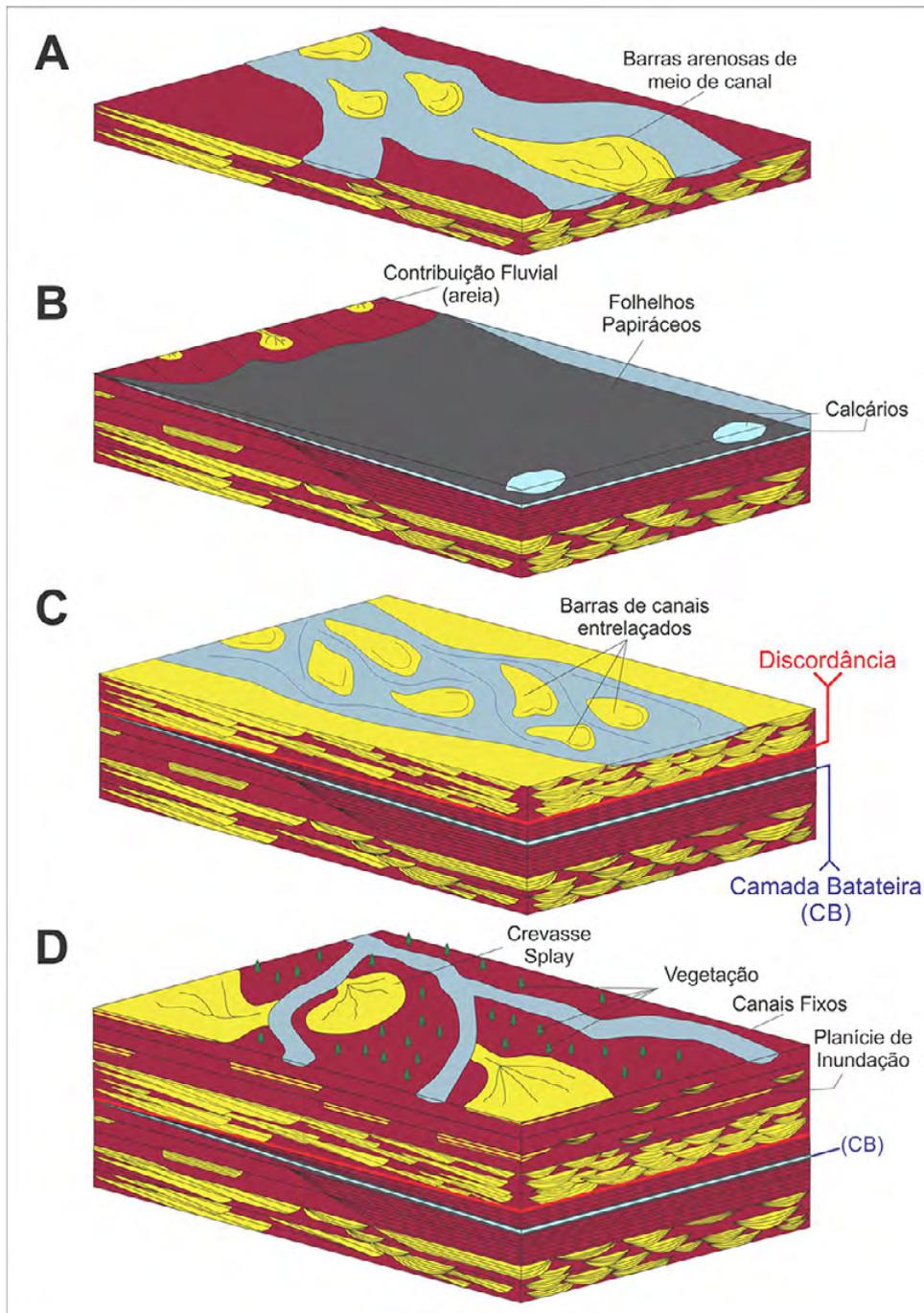


Figura 11 Bloco diagrama com a interpretação progressiva dos sistemas de sedimentação atuantes da Formação Barbalha. A. Fluvial entrelaçado de energia moderada (Base da Seq. Inf.); B. Lacustre com depósitos profundos de folhelhos com níveis carbonáticos (Camada Batateira); C. Fluvial entrelaçado de alta energia (Base da Seq. Sup.); D. Fluvial anastomosado – dominado por lama (Topo da Seq. Sup.).

Esta classificação aqui proposta levanta questionamentos sobre as interpretações discutidas sobre os sistemas de sedimentação atuantes nesta segunda sequência. Modelos anteriores descrevem a sequência superior como oriunda de um sistema fluvial que evoluiu para depósitos deltaicos que desembocavam em pequenos lagos (Assine *et al.*, 2014; Fambrini *et al.*, 2015a).

No entanto o padrão granodecrescente ascendente, observado em grande parte dos testemunhos da sequência superior, entra em desacordo com o provável empilhamento de um modelo deltaico (granocrescente ascendente). Uma vez que a sucessão de fácies mostra sedimentos predominantemente finos dominando o topo da sequência, com eventuais corpos arenosos isolados.

A sucessão de fácies presente na base da sequência superior apresenta padrões de sistemas fluviais de alta energia, condizente com um clima úmido promovendo um alto fluxo de sedimentos. Esta configuração se enquadra em um trato de sistemas LAST onde o perfil de equilíbrio foi rebaixado em acordo com o soerguimento da bacia e a redução do espaço de acomodação.

Este sistema fluvial passa por alterações substanciais que são refletidas nos padrões de sucessão faciológica. As camadas arenosas têm granulometria e espessuras reduzidas, ocorrendo progressiva intercalação de sedimentos finos (argilitos e siltitos) em direção ao topo.

Dessa forma, o ambiente fluvial sofreu influência de variações climáticas significativas, onde o ambiente tornou-se semiárido (pacotes de argila com evidência de exposição subaérea), reduziu drasticamente o influxo de sedimentos, diminuindo a competência do canal fluvial, incrementando a razão A/S e deslocando o perfil de equilíbrio em direção à área fonte (HAST).

Este ambiente fluvial tem sucessão faciológica semelhante a depósitos fluviais anastomosados com depósitos de planícies de inundação de eventos episódicos. Dessa forma os dados aqui analisados corroboram com as considerações expressas por Scherer *et al.* (2015).

## 6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGeoc), ao Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESE) pela estrutura disponibilizada para a realização deste trabalho. Ao 4º Distrito do DNPM/Recife pela concessão do material e auxílio logístico para realização deste estudo. Os autores também agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de Mestrado do primeiro autor.

## 7 Referências

- Assine, M.L. 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 289-300.
- Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2): 371- 389.
- Assine, M.L.; Perinotto, J.A.J.; Custódio, M.A.; Neumann, V.H.; Varejão, F.G. & Mescolotti, P.C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 22: 3-28.
- Barbosa, J.A.; Hessel, M.H.; Nascimento, M.C. & Neumann, V.H.M.L. 2006. Ocorrência de *Taenidium barreti* na Formação Rio da Batateira, Cretáceo da Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, 16(1): 50-60.
- Beurlen, K. 1962. A geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 34(3): 365-370.
- Beurlen, K. 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 17. Recife, 1963. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*. Recife, SBG/SUDENE. 47 p.
- Brito-Neves, B.B.; Santos, E. J. & Van Schmus, W.R. 2000. Tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI, U.G., MILANI, E.J., THOMAZ FILHO, A., CAMPOS, D.A. (ed.) *Tectonic evolution of the South America*. Rio de Janeiro, 31st International Geological Congress, p. 151-182.
- Catuneanu, O. 2006. *Sequence Stratigraphy – Principles and Applications*. Amsterdam, Elsevier Science, 336p.
- Chagas, D.B.; Assine, M.L. & Freitas, F.I. 2007. Fácies sedimentares e ambientes deposicionais da Formação Barbalha no Vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Geociências*, 26(4): 313-322.
- Coimbra, J.C.; Arai, M. & Carreño, A.L. 2002. Lower Cretaceous microfossils from Araripe basin, Northeastern Brazil: a stratigraphical approach. *Geobios*, 35(6): 687-698.
- Fambrini, G.L.; Lemos, D.R.; Tesser, Jr., S.; Araújo, J.T.; Silva-Filho, W.F.; Souza, B.Y.C. & Neumann, V.H.M.L. 2011. Estratigrafia, arquitetura deposicional e faciológica 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.
- Fambrini, G.L.; Neumann V.H.M.L.; Menezes Filho, J.A.B.; Silva Filho, W.F. & Oliveira, E.V. 2013. Facies architecture of the fluvial Missão Velha Formation (Late Jurassic-Early Cretaceous), Araripe Basin, Northeast Brazil: paleogeographic and tectonic implications. *Acta Geologica Polonica*, 67: 515-545.
- Fambrini, G.L.; Menezes-Filho, J.A.B.; Jesuino, P.C.L.; Araújo, J.T.; Durval, L.G.L. & Neumann, V.H.M.L. 2015a. Sucessão faciológica da Formação Barbalha (Aptiano), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, 25: 139-166.
- Fambrini, G.L.; Menezes-Filho, J.A.B.; Silvestre, D.C. & Neumann, V.H.M.L. 2015b. Architectural and faciological characterization of fluvial Barbalha Formation, Araripe basin, northeastern Brazil. In: RAIN, RIVERS AND RESERVOIRS

**Análise Faciológica, Sistemas Depositionais e Estratigrafia de Sequências da Formação Barbalha (Aptiano Superior), Bacia do Araripe: Dados de Testemunhos de Sondagem**

Diego da Cunha Silvestre, Gelson Luís Fambrini & Ian Cavalcanti da Costa

- WORKSHOP, São Paulo, Brazil, *Abstracts Volume - USP/ UNICAMP/BRITISH COUNCIL-UK*, p. 1.
- Fambrini, G.L.; Menezes-Filho, J.A.B.; Jesuino, P.C.L.; Silvestre, D.C.; Lemos, D.R. & Neumann, V.H.M.L. 2016. Caracterização dos sistemas deposicionais da Formação Barbalha, bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Comunicações geológicas*, 103: 51-65
- Fambrini, G.L.; Silvestre, D.C.; Menezes-Filho, J.A.B.; Costa, I.C. & Neumann, V.H.M.L. 2019. Architectural and facies characterization of the Aptian fluvial Barbalha Formation, Araripe Basin, NE Brazil. *Geological Society of London, Special Publications*, 488: 119-150.
- 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: 118-122.
- Lima, M.R. & Perinotto, J.A.J. 1984. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. *Geociências*, 3: 67-76.
- Martinsen, O.; Ryseth, A.; Hansen, W.H.; Fleshe, H.; Torokidsen, G. & Idil, S. 1999. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ercson Sandstonw (Campanian), Rock Springs Uplift, SW Wyoming, USA. *Sedimentology*, 46: 235-259.
- Miall, A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary. In: MIALL, A.D. (ed.) *Fluvial Sedimentology*. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists. p. 597-604.
- Miall, A.D. 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin, Springer, 582 p.
- Miall, A.D. 2014. *Fluvial depositional systems*. Springer-Verlag, Berlin, 316 p.
- Neumann, V.H.M.L. 1999. Estratigrafia, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe (Nordeste de Brasil). Universidad de Barcelona, Barcelona, Tesis Doctorado, 244p.
- Paula-Freitas, A.B.L. & Borghi, L. 2011. Estratigrafia de alta resolução do intervalo siliciclástico aptiano da Bacia do Araripe. *Geociências*, 30(4): 529-543
- Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In SBG, CONGR. BRAS. GEOL. 36. Natal, 1990. *Anais*. Natal, 1: 211-226.
- Rios-Netto, A.M.; Paula-Freitas, A.B.L.; Carvalho, I.S.; Regali, M.P.S.; Borghi, L.; & 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 Geociência*, 42(2): p281-292.
- Scheid, C.; Munis, M.B. & Paulino, J. 1978. Projeto Santana: Relatório Final da Etapa II. Recife, DNPM/CPRM. 131p.
- 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. 2000. *Applied Sedimentology*. London, Academic Press, 523 p.
- Shanley, K.W. & McCabe, P. 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG Bulletin*, 78: 544-568.