

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DA FORMAÇÃO SERGI (JURÁSSICO  
SUPERIOR) NA BACIA DE ALMADA, BAHIA**

FELIPE ADEGAS

ORIENTADOR – Prof. Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer

Volume I

Porto Alegre - 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DA FORMAÇÃO SERGI (JURÁSSICO  
SUPERIOR) NA BACIA DE ALMADA, BAHIA**

FELIPE ADEGAS

ORIENTADOR – Prof. Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer

BANCA EXAMINADORA

Dr. Juliano Kühle – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Luiz José Tomazelli – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Elírio Ernestino Toldo Junior – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dissertação de Mestrado  
apresentada como requisito  
parcial para a obtenção do  
Título de Mestre em Ciências.

Adegas, Felipe

Arcabouço estratigráfico da Formação Sergi (Jurássico superior) na Bacia de Almada, Bahia. / Felipe Adegas. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2011.

[48 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2011.

Orientação: Prof. Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer

1. Bacia de Almada. 2. Formação Sergi. 3. Estratigrafia de sequências. 4. Interação flúvio-eólica. I. Título

---

Catologação na Publicação  
Biblioteca Geociências - UFRGS  
Miriam Alves CRB 10/1947

## DEDICATÓRIA

Dedico este mestrado à minha filha Sofia que está para chegar neste mundo a qualquer momento. Foi ela que me deu o estímulo necessário para, após trabalhar dias inteiros, encontrar forças para seguir a pesquisa e terminar este mestrado.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a minha esposa Marta pela paciência e compreensão em passarmos menos tempo juntos devido à execução deste mestrado. Especialmente em uma época que estamos ambos longe de nossas famílias, amigos e de nossa terra. Também quero agradecer meu orientador Claiton pelo enorme apoio e encorajamento para concluir este mestrado. E por último agradeço aos meus pais pelo apoio à distância que nunca foi menor que o apoio que sempre me deram durante toda vida.

## RESUMO

O presente trabalho analisa os depósitos da Formação Sergi na Bacia de Almada, com o objetivo de fornecer um arcabouço estratigráfico deste intervalo, baseado em conceitos da estratigrafia de sequências. Esta unidade foi depositada em uma ampla bacia intracratônica durante o Jurássico Superior e Cretáceo Inferior. Utilizando dados de campo e de poços, foi possível individualizar três sequências deposicionais internas à Formação Sergi. As Sequências I e II correspondem litoestratigraficamente à Formação Sergi e a Sequência III abrange o topo da Formação Sergi mais a Formação Itaípe. O critério utilizado para definição deste arcabouço foi a mudança abrupta de associações de fácies ao longo de superfícies correlacionáveis em escala de bacia e nos poços, e correlação regional com bacias adjacentes (Küchle et al. 2011). A Sequência I é composta pela associação de fácies de cinturão de canais fluviais entrelaçados, com paleocorrentes para NE e pelas associações de fácies de dunas e interdunas eólicas com paleocorrentes para SW. A Sequência II é composta pela associação de fácies de cinturão de canais fluviais entrelaçados, com paleocorrentes para NE. E a Sequência III é composta na base pela associação de fácies de lençóis de areia eólicos e no topo pela associação de fácies lacustre. O desenvolvimento das sequências deposicionais e de suas superfícies limítrofes responde a variações na taxa acomodação (A) / suprimento sedimentar (S), induzidas por rearranjos tectônicos e oscilações climáticas de escala regional.

## ABSTRACT

This study analyzes Sergi Formation (pre-rift section) in the Almada Basin aiming to supply a stratigraphic framework for this interval, based on concepts of sequence stratigraphy. Sergi Formation was deposited in a wide intracratonic basin during the Neo-Jurassic and Eo-Cretaceous. Using outcrop and well data, it was possible to subdivide Sergi Formation into three distinct depositional sequences. Sequences I and II corresponds to the Sergi Formation lithostratigraphic interval and Sequence III encompasses the top of Sergi Formation plus Itaípe Formation. The criterion used to define this framework was the abrupt shift of the facies association along surfaces correlated at basin scale and wells, and also regional correlation with adjacent basins (Küchle et al. 2010). Sequence I is composed of braided fluvial channel belt facies association, with paleochannels flowing to the NW quadrant and by aeolian dunes and interdunes facies association, with paleocurrents indicating aeolian palaeodunes migrating to the SE quadrant. Sequence II is built by the braided fluvial channel belt facies association, with palaeocurrent showing northeastwards flowing palaeochannels. At its base, Sequence 3 is composed by aeolian sand sheets facies association and at the top by lacustrine facies association. The development of these depositional sequences and its boundary surfaces is caused by variations in the rates of accommodation space (A) / and sedimentary supply (B), which are triggered by tectonic rearrangements and climatic oscillations.

## SUMÁRIO

1. TEXTO EXPLICATIVO DA ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	4
2. INTRODUÇÃO.....	5
3. ESTADO DA ARTE.....	5
4. METODOLOGIA.....	8
4.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	9
4.2. SENSORIAMENTO REMOTO.....	9
4.2.1. Imagens Landsat TM 5.....	9
4.2.2. Imagens de Radar SRTM.....	9
4.2.3. Aerofotos.....	10
4.3. TRABALHO DE CAMPO.....	10
4.3.1. Descrição de litofácies.....	10
4.3.2. Análise de paleocorrentes.....	12
4.3.3. Análise estrutural.....	13
4.3.4. Seções colunares.....	13
4.3.5. Correlação de seções colunares.....	14
4.3.6. Correlação com poços estratigráficos.....	15
5. ANÁLISE INTEGRADORA.....	15
6. REFERÊNCIAS.....	17
7. CORPO PRINCIPAL DA DISSERTAÇÃO – “Arcabouço Estratigráfico da <i>Formação Sergi (Jurássico Superior) na Bacia de Almada, Bahia</i> ”.....	19



## 1. TEXTO EXPLICATIVO

### **Sobre a Estrutura desta Dissertação:**

Esta dissertação de mestrado está estruturada em torno de artigos publicados em periódicos ou publicações equivalentes. Consequentemente, sua organização compreende as seguintes partes principais:

- a) Introdução sobre o tema e descrição do objeto da pesquisa de mestrado, onde estão sumarizados os objetivos e a filosofia de pesquisa desenvolvidos, o estado da arte sobre o tema de pesquisa, seguidos de uma discussão integradora contendo os principais resultados e interpretações deles derivadas.
  
- b) Artigos publicados em periódicos ou submetidos a periódicos com corpo editorial permanente e revisores independentes, ou publicações equivalentes (capítulo de livro de publicação nacional ou internacional com corpo de revisores independentes), escritos pelo autor durante o desenvolvimento de seu mestrado.
  
- c) Anexos, compreendendo: artigo(s) nos quais o pós-graduando é autor, resumo(s) e artigo(s) publicado(s) em eventos, relacionado(s) ao tema central da dissertação, bem como documentação pertinente de natureza numérica (tabelas, cálculos), gráfica (figuras, diagramas, mapas, seções) e fotográfica que, por sua dimensão e/ou natureza não pode ser incluída no(s) artigo(s).

## 2. INTRODUÇÃO

A Formação Sergi, composta por 90% de arenitos, representa o principal reservatório nos sistemas petrolíferos da Bacia do Recôncavo com volume original de 362 milhões m<sup>3</sup> de óleo *in place* (Scherer *et al.* 2007). Esta formação estende-se através das bacias de Almada, Camamu, Tucano, Jatobá e Recôncavo, sendo Almada o registro mais a Sul da Formação Sergi. Sua acumulação ocorreu durante o estágio pré-rifte cratônico das bacias marginais brasileiras. Este estágio marca uma longa subsidência e a consequente geração de uma ampla bacia intracratônica. A Formação Sergi compõe-se de um sistema deposicional continental caracterizado por alternâncias entre arenitos fluviais e eólicos e pelitos lacustres oxidados (Pierini *et al.* 2010).

Apesar de a Formação Sergi ter sido intensamente estudada nas últimas décadas, foi somente no final dos anos 90 que se começou a examinar esta Formação sob a ótica da estratigrafia de sequências (Oliveira 2005). Na Bacia de Almada, estudos que abordam a faciologia e controles da sedimentação neste intervalo são inexistentes. Deste modo, os objetivos principais desta dissertação consistem na identificação e detalhamento das associações de fácies presentes e construção de um arcabouço estratigráfico com base em conceitos genéticos para a Formação Sergi na Bacia de Almada.

Como objetivos específicos deste trabalho podem-se citar:

- Levantamento, descrição e interpretação faciológica de seções colunares
- Determinação de padrões de paleocorrentes
- Discussão dos fatores controladores da ciclicidade na sedimentação

## 3. ESTADO DA ARTE

Neste tópico, será realizada uma revisão teórica sobre a aplicação de conceitos da estratigrafia de sequências em bacias continentais. Como o objeto de estudo desta dissertação compõem-se principalmente de depósitos fluviais e eólicos, a seguinte revisão será focada em estudos que analisam a interação entre estes sistemas.

A alternância entre sedimentos eólicos e fluviais é bastante comum no registro sedimentar. Gradzinski & Jerzykiewicz (1974), descrevem interdigitações de

depósitos eólicos, de playa e fluviais na Fm. Barun Goyot na Mongolia, apresentando evidências de contemporaneidade entre inundações fluviais e deposição eólica. Clemmensen & Abrahamsen (1983) relacionam a interdigitação de depósitos eólicos e de leques aluviais em uma margem de um erg, sendo o clima o principal controlador da arquitetura estratigráfica. Porter (1987) descreve o recobrimento de fácies aluviais e vulcânicas por fácies eólicas na margem de um erg, no Arenito Aztec, EUA. Este autor associa mudanças verticais de espessuras e abundância de depósitos eólicos a rápidas expansões e contrações das margens do erg.

Apesar de estes estudos fornecerem valiosas contribuições descritivas destes tipos de sistemas, o estudo dos mecanismos controladores das interações fluvio-eólicas iniciou-se apenas no final da década de 80 com o trabalho clássico de Langford & Chan (1989). Estes autores analisam primeiramente dois sistemas modernos onde ocorrem interações fluvio-eólicas e subsequentemente utilizam suas conclusões para interpretar registros geológicos. Os sistemas modernos estudados por estes autores foram *"The great sand dunes"* no Colorado e o *"Mojave River Wash"* na Califórnia, ambos nos EUA. Estes sistemas foram estudados durante dois anos em diversas estações onde foram cavadas trincheiras com 1 a 1,5m de profundidade e coletadas medidas de estruturas sedimentares. Ao final do estudo, seis tipos de interações fluvio-eólicas foram identificadas: (1) topografia eólica barrando canais fluviais; (2) interdunas inundadas lateralmente coexistindo com canais atrás de barreiras de dunas eólicas; (3) dunas eólicas erodidas pela água ao longo de margens de canais e interdunas inundadas; (4) sedimentos aquosos depositados em áreas de interdunas; (5) interdunas inundadas pelo lençol freático; e (6) erosão eólica de sedimentos fluviais e redeposição no sistema eólico. A identificação destes mecanismos de interação juntamente com suas taxas de atuação forneceu subsídio teórico para praticamente todos os trabalhos futuros neste assunto.

Entretanto, os fatores explorados por Langford & Chan (1989) constituem eventos autocíclicos característicos de sistemas flúvio-eólicos. Estes tipos de interações não representam eventos de escala regional, portanto não sendo a melhor ferramenta para individualizar sequências deposicionais em bacias continentais. Nos próximos parágrafos serão sintetizados estudos que analisam os fatores alocíclicos que controlam a interação fluvial-eólica.

Um ponto de grande importância no estudo das interações fluvio-eólicas, foi o reconhecimento de diferentes porções internas ao erg e sua expressão no registro. Veiga & Spalleti (2006) observam importantes diferenças na transição entre os depósitos eólicos e fluviais na Formação Quebrada del Sapo, Argentina. A Norte de sua área de estudo, ocorre uma transição gradual dos depósitos fluviais para os depósitos eólicos, caracterizada por interdigitações entre estes. Esta região é interpretada como a margem de um antigo erg. Já na porção Sul, o contato entre os depósitos fluviais e eólicos é abrupto, constituindo, portanto a porção central do erg. Mountney (2004) explica esse tipo de diferença devido ao fato de nas porções centrais do erg ocorrer menos interdunas úmidas em relação às margens do erg. Consequentemente, nas porções centrais do erg, as sequências eólicas são limitadas por superfícies deflacionárias. Já nas porções marginais, onde há coexistência entre sistemas fluviais, interdunas úmidas e dunas eólicas, as unidades genéticas podem ser adicionalmente separadas por superfícies de inundação fluvial que se formam nos corredores de interdunas. Essas superfícies podem ser locais a regionais e se tornam descontínuas nas regiões centrais e secas do erg. Nessas áreas, estas são correlacionadas longitudinalmente a fácies de interdunas úmidas separando unidades de dunas eólicas, que marcam uma subida do lençol freático. Além disso, Bourquin (2009) assinala que em margens de erg, a coexistência com sistemas fluviais impede a acumulação eólica na maioria dos casos, portanto deve-se estar atento para evidências de picos de aridez no registro (e.g. ventifactos e *sand drift surfaces*) a fim de se encontrar superfícies cronoestratigraficamente importantes.

Ao tratar sobre os fatores que governam a alternância entre depósitos fluviais e eólicos, há um consenso de que as oscilações climáticas entre períodos de aridez e umidade relativas representam um dos controles primários destes fatores (Sweet 1999, Mountney 2004, Scherer & Lavina 2005, Veiga & Spalleti 2006, Paim & Scherer 2007, Bourquin 2009). Essas oscilações provocam complexas interações temporais e espaciais de parâmetros como suprimento sedimentar, disponibilidade de sedimentos, capacidade de transporte eólico/fluvial e oscilações do lençol freático (Mountney 2004, Scherer & Lavina 2005). Paim & Scherer (2007), descrevem depósitos de dunas eólicas limitadas por grandes superfícies de inundação na Aloformação Pedra Pintada no Rio Grande do Sul. Os autores associam a formação desta superfície a uma rápida ascensão do nível freático, inundação de amplas

áreas e interrupção da acumulação eólica. Sweet (1999) interpreta o balanço entre deposição eólica e fluvial em função do potencial eólico e fluvial de transporte de areia no Grupo Rotliegend, Reino Unido. Bourquin (2009) ao estudar a Bacia Germânica, na fronteira entre Alemanha e França, utiliza a variação de descarga e suprimento sedimentar causados por mudanças climáticas para explicar a alternância fluvio-eólica observada.

No entanto, deve-se também estar atento para certos tipos de evidências que possam indicar influência tectônica para alternância entre sistemas fluviais e eólicos. Sweet (1999) reconhece importantes superfícies erosivas no Grupo Rotliegend resultante de deflações e incisões fluviais sugerindo que estas sejam o produto de uma combinação entre mudanças climáticas e tectônica sindeposicional. Paim & Scherer (2007) interpretam a passagem do erg da Aloformação Pedra Pintada para os depósitos aluviais da Aloformação Varzinha como sendo equivalente a um limite de sequências e consideram essa superfície multigenética. Segundo este estudo, a superfície representa tanto uma mudança climática quanto um subsequente episódio de atividade tectônica, de acordo com a observação de mudanças na paleocorrente e incisões fluviais.

Finalmente, um conceito de muita praticidade foi desenvolvido por Martinsen *et al.* (1999). Estes autores analisam a acumulação de sequências deposicionais continentais, bem como o desenvolvimento das suas discordâncias limítrofes em função do balanço entre as taxas de acomodação (A) e de suprimento sedimentar (S). Contextos onde a razão A/S é maior que 1 são caracterizados por inundações lacustres, visto que o suprimento sedimentar não é suficiente para preencher todo o espaço de acomodação disponível. De outro modo, se a razão A/S ficar entre 0 e 1, o suprimento sedimentar preenche todo o espaço de acomodação criado com depósitos fluviais e/ ou eólicos. Finalmente, quando a razão A/S é negativa, ocorre a erosão de sedimentos previamente depositados, resultando no desenvolvimento de uma discordância subaérea (limite de sequências).

#### 4. METODOLOGIA

As técnicas analíticas empregadas no presente estudo são descritas a seguir em ordem lógica de aplicação.

#### 4.1. Levantamento bibliográfico

Esta etapa do trabalho desenvolveu-se ao longo de praticamente todo o período de execução do projeto, e focou-se essencialmente em três aspectos.

- Análise dos trabalhos existentes na bacia de Almada, assim como nas demais bacias marginais brasileiras, em especial dos intervalos pré-rifte e rifte.

- Adaptação dos conceitos da estratigrafia de sequências a bacias continentais.

- Estudo de casos análogos.

#### 4.2. Sensoriamento remoto

Nesta etapa utilizaram-se diferentes tipos de imagem, buscando-se objetivos particulares.

##### 4.2.1. Imagens Landsat TM 5

Como a vegetação da área de estudo é densa, o potencial para distinguir as unidades litológicas com o uso desta ferramenta é mínimo. No entanto, as imagens foram úteis para identificar lineamentos, os quais podem ser classificados da seguinte forma (Gold 1980):

- a) lineamentos de pequeno porte (1,6 e 10km): correspondem a fraturas, juntas ou falhas;

- b) lineamentos de médio porte (10 e 100km): geralmente coincidem com falhas e outras estruturas tectônicas de maior magnitude, como zonas de cisalhamento.

##### 4.2.2. Imagens de Radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*)

Estas imagens serviram como a base altimétrica para o estudo já que cada pixel representa possui um valor que representa sua elevação em relação ao nível do mar. Uma vez que só existem cartas topográficas da área de estudo na escala 1:100.000 com curvas de nível espaçadas a 40m, as imagens de radar foram úteis para construir perfis geológicos na área.

#### 4.2.3. Aerofotos

Duas escalas de aerofotografias foram utilizadas: 1:25000 e 1:108000. A principal informação extraída destas imagens foi localização de prováveis áreas de afloramento e rastreamento de caminhos e trilhas visíveis. Adicionalmente, foram traçados lineamentos, os quais foram posteriormente comparados aos obtidos através das imagens *Landsat*.

Todas as imagens e fotos, assim como os vetores gerados nas interpretações foram georreferenciadas, e analisados em ambiente SIG, no programa *ArcGis™*.

### 4.3. Trabalho de campo

#### 4.3.1. Descrição de litofácies

Uma litofácies é uma unidade de rocha que pode ser definida e distinguida das demais por cinco atributos essenciais: geometria, litologia, estruturas sedimentares, padrão de paleocorrente e conteúdo fossilífero. Cada litofácies representa um evento deposicional individual. Estas podem ser agrupadas em associações de litofácies, que correspondem a diferentes lócus de deposição dentro um sistema deposicional (Miall 1999).

As descrições das litofácies foram elaboradas juntamente com as seções colunares utilizando-se um modelo padrão (Fig. 2). Outras características como cor, grau de alteração e outros aspectos significantes também serão descritos.

Neste trabalho será adotada, com a inserção de litofácies eólicas, a nomenclatura de litofácies de Miall (1996). A tabela 1 apresenta esta classificação com interpretações para sistemas fluviais porposta por este autor.

Tabela 1 – Classificação de litofácies para sistemas fluviais (Miall 1996).

Código	Fácies	Estruturas sedimentares	Interpretação
Gmm	Cascalho maciço matriz-suportado	Gradação incipiente	Fluxo de detritos plástico, fluxo viscoso, alta coesão interna
Gmg	Cascalho matriz-suportado	Gradação inversa a normal	Fluxo de detritos pseudoplástico, fluxo viscoso, baixa coesão interna
Gci	Cascalho clasto-suportado	Gradação inversa	Fluxo de detritos, alta concentração de clastos (alta coesão interna) ou fluxo de detritos pseudoplástico (baixa coesão)
Gcm	Cascalho maciço clasto-suportado	-	Fluxo de detritos pseudoplástico (fluxo turbulento)
Gh	Cascalho clasto-suportado, acamadamento incipiente	Acamadamento horizontal, imbricamento	Formas de leito longitudinais, depósitos residuais ( <i>lags</i> )
Gt	Cascalho estratificado	Estratificações cruzadas acanaladas	Preenchimento de pequenos canais
Gp	Cascalho estratificado	Estratificações cruzadas planares	Formas de leito transversais, crescimento deltaico a partir de barras remanescentes
St	Areia fina a muito grossa (podendo ser cascalhosa)	Estratificações cruzadas acanaladas	Dunas 3D, cristas sinuosas ou lingüóides
Sp	Areia fina a muito grossa (podendo ser cascalhosa)	Estratificações cruzadas planares	Dunas transversais 2D
Sr	Areia muito fina a grossa	Laminações cruzadas de marcas onduladas	Marcas onduladas (regime de fluxo inferior)
Sh	Areia muito fina a grossa (podendo ser cascalhosa)	Laminação horizontal, lineação de partição	Formas de leito plano (regime de fluxo superior/ crítico)
Sl	Areia muito fina a grossa (podendo ser cascalhosa)	Estratificações cruzadas de baixo ângulo (<15°) (podendo ser sigmoidais)	Preenchimentos de suaves depressões ( <i>scour fills</i> ), dunas atenuadas, antidunas
Ss	Areia fina a muito grossa (podendo ser cascalhosa)	Amplas e suaves depressões	Preenchimentos de suaves depressões ( <i>scour fills</i> )
Sm	Areia fina a grossa	Maciça ou laminação indistinta	Depósitos de fluxos hiperconcentrados, fluidizações ou intensa bioturbação
Fl	Areia, silte, lama	Laminações finas, Laminações cruzadas de marcas onduladas de muito pequeno porte	Depósitos externos ao canal, canais abandonados ou depósitos de inundação
Fsm	Silte, lama	Maciço	Depósitos externos ao canal ou canais abandonados
Fm	Lama, silte	Maciço, gretas de contração	Depósitos externos ao canal ou canais abandonados
Fr	Lama, silte	Maciço, raízes, bioturbação	Solo incipiente
C	Carvão, lama carbonosa	Restos vegetais, filmes de lama	Depósitos de pântanos vegetados ( <i>swamps</i> )
P	Paleossolo carbonático (calcita, siderita)	Feições pedogênicas: nódulos, filamentos	Solo com precipitação química



#### 4.3.2. Análise de paleocorrente

Esta técnica é essencialmente desenvolvida em estudos de superfície, onde, a partir de determinadas estruturas sedimentares, extraem-se informações quanto à direção do fluxo que gerou estas estruturas. Miall (1999) aponta sete estruturas e fábricas utilizadas na análise de paleocorrentes:

- 1) Marcas onduladas (*ripple marks*) e estratificações cruzadas
- 2) Canais
- 3) Lineações de partição e lineações primárias de correntes (produto de fluxo de formas de leito planas)
- 4) Seixos imbricados
- 5) Marcas de sola
- 6) Plantas, ossos, conchas orientadas
- 7) Estruturas de deslizamento

No presente estudo, as medidas de paleocorrente foram extraídas basicamente de estratificações cruzadas, devido às ocorrências observadas em campo. Nestas estruturas, a inclinação dos estratos cruzados geralmente corresponde à direção da corrente (Fig. 1). Existem discussões demonstrando obliquidades entre medidas da inclinação de estratos cruzados e direção do fluxo em questão. Para contornar esse problema deve ser realizado o máximo de medidas possíveis para serem tratadas estatisticamente gerando resultados confiáveis.

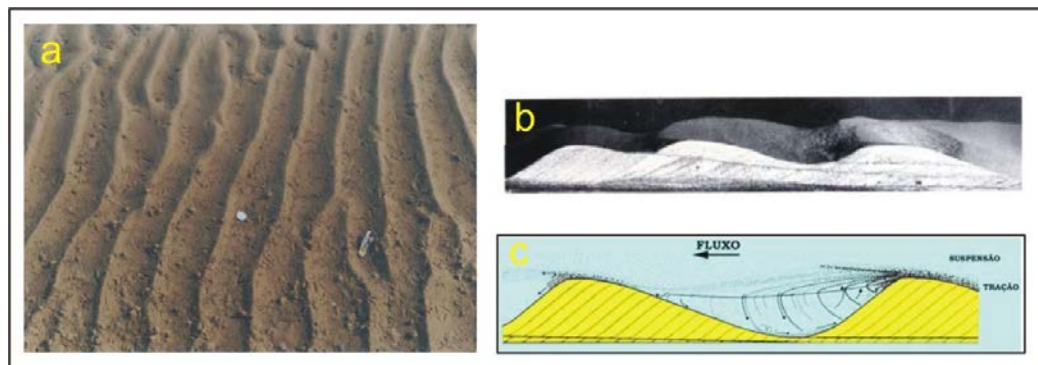


Figura 1 - (a) marcas onduladas, (b) modelo de marcas onduladas e (c) esquema demonstrando a inclinação das laminações cruzadas em relação à direção do fluxo (apostilla de aula do prof. José Luiz Tomazelli).

#### 4.3.3. Análise estrutural

Durante a etapa de campo, foram coletadas medidas de estruturas como mergulho das camadas, planos de falhas e fraturas. Esta metodologia foi empregada com o objetivo de reconhecer estruturas que possam ter influenciado a evolução estratigráfica do intervalo estudado, ou ter se desenvolvido posteriormente dificultando as correlações a serem realizadas.

Outra importante aplicação desta técnica é a correção das paleocorrentes para camadas mergulhantes. Para se reconhecer o mergulho dos estratos é necessário primeiramente identificar as superfícies deposicionais (S0). Como exemplo destas, pode-se citar laminações de pelitos e superfícies de primeira ordem em sistemas eólicos (superfície de cavalgamento de dunas).

#### 4.3.4. Seções Colunares

O levantamento de seções colunares constituiu a principal técnica de análise executada durante os trabalhos de campo. Este método representa graficamente uma dada seção sedimentar aflorante, integrando informações sedimentológicas, paleontológicas, estruturais, estratigráficas e de paleocorrentes. A seção ou perfil colunar é construída sob dois eixos. No eixo vertical são representadas as espessuras dos estratos em uma escala adequada (1:100 no presente estudo), enquanto o eixo horizontal indica a granulometria da camada. Ao lado da representação gráfica, descrevem-se as principais características das litofácies, incluindo medidas de paleocorrentes, conteúdo fossilífero, aspectos sedimentológicos e medidas de estruturas como planos de falhas, basculamento de camadas, fraturas, etc (Fig. 2). Outro ponto importante na construção da seção colunar é a descrição, posicionamento e hierarquização das superfícies estratigráficas observadas ao longo do perfil levantado. Estas informações são extremamente importantes para posteriores correlações estratigráficas.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA		Seção/unidade:	
<b>ESTRUTURAS GERADAS POR PROCESSOS HIDRODINÂMICOS OU GRAVITACIONAIS:</b> M Maciço Lam. Plano Paralela Lam. Cruz. Cavalgante Lam. Ondulada Lam. Ondulada Truncada Estr. Cruz. Tangencial Estr. Cruz. Acanalada Ripples Est. Cruz. Bco. Angulo Est. Cruzada Planar Fluidização Lam. Convoluta Estrutura em Chama Escorregamento Estrutura de Carga		<b>ESTRUTURAS GERADAS POR PROCESSOS EÓLICOS:</b> Estreos cruzados compostos por marcas ond. edáficas Estruturas de aderão Estreos cruzados compostos por fluxos de grãos Estratificação cruzada de baixo-ângulo Estratificação horizontal	
		<b>FOSSIS:</b> Bioturbação Conchas Fósseis Restos Vegetais Marca de raiz	
		Coord. UTM E: N: Data: Escala:	
		<b>DESCRIÇÃO LITOLÓGICA</b>	
		Foto /Am.	
Ag S Amf Af Am Ag Gr Sx Bi			

Figura 2 - Modelo utilizado para levantamento de seções colunares, onde é realizada a descrição das litofácies em espaço reservado.

#### 4.3.5. Correlação das seções colunares

Neste trabalho buscou-se uma correlação estratigráfica entre as seções colunares levantadas. Para tanto, foram individualizadas unidades limitadas por superfícies cronoestratigraficamente significantes, com potencial de serem correlacionadas em escala de bacia. Entre os critérios adotados para separar unidades distintas, podemos citar: mudança abrupta de litofácies, mudança no padrão de paleocorrentes e mudanças granulométricas (Scherer & Lavina 2007). Acima de tudo, o objeto de estudo foi analisado dentro do seu contexto particular, a fim de construir critérios próprios para a distinção e correlação entre unidades genéticas. O sucesso desta etapa trará resultados estritamente ligados aos objetivos principais deste estudo, definindo assim um arcabouço estratigráfico para o

intervalo. Portanto, serão utilizadas nesta fase, praticamente todas as informações coletadas ao longo do trabalho.

#### 4.3.6. Correlação com poços estratigráficos

Com o objetivo de ampliar o arcabouço estratigráfico alcançado em escala de bacia, serão utilizados três poços estratigráficos com perfis de raios-gama e sônico, cedidos pela ANP. Através dos perfis petrofísicos serão elaboradas seções de correlação entre os poços e as seções colunares levantadas em campo.

### 5. ANÁLISE INTEGRADORA

Ao final deste estudo, conclui-se que a Formação Sergi na Bacia de Almada pode ser subdividida em três sequências deposicionais geneticamente relacionadas. Litoestratigraficamente, as Sequências I e II correspondem a Formação Sergi, já a Sequência III abrange o topo da Formação Sergi mais a Formação Itaípe. Esta divisão faz parte de um arcabouço definido regionalmente para diversas bacias do nordeste brasileiro e África (Küchle *et al.* 2011). A seguir serão resumidas as principais características estratigráficas de cada Sequência.

A Sequência I possui entre 40 e 70 m de espessura. É composta pelas associações de fácies de cinturões de canais fluviais entrelaçados (AFCFE), associações de fácies de dunas eólicas (AFDE) e associações de fácies de interdunas eólicas (AFIE). Os depósitos de canais fluviais formam complexos amalgamados multilaterais e multiepisódicos sendo preenchidos por sucessões com granodecrescência ascendente. As litofácies presentes são Gt, Gh, G, St, Sl e Sh. As paleocorrentes da AFCFE indicam paleofluxos dos canais para o quadrante NE. A AFDE é formada por arenitos finos a médios organizados em *sets* de estratificação cruzada acanalada alcançando até 4 m de espessura. Os estratos cruzados são formados por depósitos de fluxo de grãos e por laminações de marcas onduladas eólicas. A AFIE é composta por arenitos finos a médios com estratificação plano-paralela formada por laminações de marcas onduladas eólicas. A paleocorrente medida na AFDE indica a migração das paleodunas para o quadrante SW.

A Sequência II possui 15 a 45 m de espessura, sendo formada unicamente pela AFCFE. A arquitetura deposicional é semelhante à da Sequência 1, com corpos arenosos que formam complexos amalgamados multilaterais e multiepisódicos. Estes depósitos são preenchidos por ciclos granodecrescentes compostos pelas

litofácies Gt, Gh, Gm, St, Sh, Sl e Sm. As paleocorrentes obtidas indicam paleofluxo destes canais para NE.

A Sequência III possui até 100 m de espessura sendo formada pelas associações de fácies de lençóis de areia eólicos (AFLE) e associações de fácies lacustre (AFL). Os depósitos eólicos constituem-se de um fino pacote de arenito médio com estratificação cruzada de baixo ângulo. Estas estratificações são compostas por laminações de marcas onduladas eólicas. No sul da bacia, estes lençóis de areia eólicos são sobrepostos pela associação de fácies lacustre. Já na porção norte, os depósitos fluviais da Sequência II são cobertos diretamente por depósitos lacustres.

A passagem da Sequência I para Sequência II indica um rearranjo tectônico em escala regional, definido através de correlações realizadas em diversas bacias do Nordeste brasileiro (Küchle *et al.* 2011). Nesta fase, o que anteriormente era uma ampla bacia endorreica com padrão centrípeto de drenagens, passa a desenvolver altos estruturais internos definindo depocentros isolados, embora ainda com uma grande extensão lateral. Este estágio é denominado por Küchle *et al.* (2011) como Trato Tectônico de Início de Rife.

A partir da Sequência III interpreta-se que o regime de subsidência passe a ser diferencial ao longo da Bacia de Almada. Neste intervalo, formam-se depocentros isolados internamente à bacia causando uma distribuição mais restrita das associações de fácies. Além disso, o espaço de acomodação gerado é maior, possibilitando a formação de ambientes lacustres. Esse estágio é interpretado como Trato Tectônico de Desenvolvimento de Meio-Graben (Küchle *et al.* 2011).

## 6. REFERÊNCIAS

- Bourquin, S.; Guillocheau, F.; Perón S. 2009. Braided rivers within an arid alluvial plain (example from the Lower Triassic, western German Basin): recognition criteria and expression of stratigraphic cycles. **Sedimentology**, v. 56, n. 7, p. 2235-2264.
- Clemmensen, L.B.; Abrahamsen, K. 1983. Aeolian stratification and facies association in desert sediments, Arran basin (Permian), Scotland. **Sedimentology**, v. 30, p. 311-339.
- Gold D.P. Structural Geology. In: D.S. Siegal (Ed.). **Remote Sensing in Geology**. New York, 1980, p. 419-483.
- Gradzinski, R.; Jerzykiewicz, T. 1974. Dinosaur and mammal bearing aeolian and associated deposits of the Upper Cretaceous in the Gobi Desert (Mongolia). **Sedimentary Geology**, v. 12, p. 249-278.
- Küchle, J.; Scherer, C.M.S.; Born, C.C.; Adegas, F. 2011. A contribution to regional stratigraphic correlations of the Afro-Brazilian depression – The Dom João Stage (Brotas Group and equivalent units – Late Jurassic) in Northeastern Brazilian sedimentary basins. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 31, p. 358-371.
- Langford, R. P. 1989. Fluvial-aeolian interactions: Part I, modern systems. **Sedimentology**, v. 36, n. 6, p. 1023- 1035.
- Martinsen, O. J.; Ryseth, A.; Helland-Hansen, W.; Flesche, H., Torkildsen, G.; Idil, S. 1999. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ericson Sandstone (Campanian), Rock Springs Uplift, SW Wyoming, USA. **Sedimentology**, v. 46, p. 235- 259.
- Miall, A.D. 1996. **The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology**. Berlim, Springer-Verlag, 582 p.
- Miall, A.D.. **Principles of sedimentary basin analysis**. 3. ed. Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo: Springer, 1999, 616 p.
- Mountney N.P.; Jagger A. 2004. Stratigraphic evolution of an aeolian erg margin system: the Permian Cedar Mesa Sandstone, SE Utah, USA. **Sedimentology**, v.51, p. 713-743.

- Oliveira, F. M.. **Análise estratigráfica da Formação Sergi, Campo de Fazenda Bálamo, Bacia do Recôncavo, Bahia.** Porto Alegre. 172 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- Pierini, C.; Mizusaki, A. M.; Pimentel, N.; Faccini, U. F.; Scherer, C. M.S. 2010. Paleoweathering features in the Sergi Formation (Jurassic – Cretaceous), northeastern Brazil, and implications for hydrocarbon exploration. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, p. 412-426.
- Porter M.L. 1987. Sedimentology of an ancient erg margin: the Lower Jurassic Aztec Sandstone, southern Nevada and southern California. **Sedimentology**, v. 34, p. 661-680.
- Scherer, C.M.S; Lavina, E.L.C.; Filho, D.C.D.; Oliveira, F.M; Bongiolo, D.E.; Aguiar, E.S. 2007. Stratigraphy and facies architecture of the fluvial-aeolian-lacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin, Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 194, n. 3-4, p. 169-193.
- Sweet, M.L. 1999. Interaction between aeolian, fluvial and playa environments in the Periman Upper Rotliegend Group, UK southern North Sea. **Sedimentology**, v. 46, p. 171-187
- Veiga, G.D.; Spalleti, L.A. 2006. The upper Jurassic (Kimmeridgian) fluvial-aeolian systems of the southern Neuquén Basin, Argentina. **Gondwana Research**, v. 11, n. 3, p. 286-302.

## [RBG] Agradecimento pela Submissão

De: **Alberto Pio Fiori** (fiori@ufpr.br)  
Enviada: quarta-feira, 24 de agosto de 2011 08:53:55  
Para: Felipe Adegas (felipe\_adeegas@hotmail.com)

Felipe Adegas,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "Arcabouço Estratigráfico da Formação Sergi (Jurássico Superior) na Bacia de Almada, Bahia" para Revista Brasileira de Geociências. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/author/submission/22729>

Login: adegas

Em caso de dúvidas, envie suas questões para o e-mail [secretariarbg@yahoo.com.br](mailto:secretariarbg@yahoo.com.br). Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Atenciosamente,

Alberto Pio Fiori  
Revista Brasileira de Geociências

---

Revista Brasileira de Geociências <http://www.ser.ufpr.br/rbg>



# Arcabouço Estratigráfico da Formação Sergi (Jurássico Superior) na Bacia de Almada, Bahia

*Felipe Adegas\*, Claiton Scherer\*\* & Christian Born\*\*\**

\* CNPq / Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS

\*\* Instituto de Geociências, UFRGS

\*\*\* Petrobrás

**Resumo** O presente trabalho analisa os depósitos fluviais e eólicos da Formação Sergi (seção pré-rifte) na Bacia de Almada, com o objetivo de fornecer um arcabouço estratigráfico deste intervalo, baseado em conceitos da estratigrafia de seqüências. Esta unidade foi depositada em uma ampla bacia intracratônica durante o Jurássico Superior e Cretáceo Inferior. Com a utilização de dados de campo e de poços, foi possível individualizar três seqüências deposicionais internas à Formação Sergi, sendo as duas seqüências basais correspondentes ao intervalo da Formação Sergi e a seqüência superior abrangendo o topo da Formação Sergi mais a Formação Itaípe. O critério utilizado para definição deste arcabouço foi a mudança abrupta de associações de fácies ao longo de superfícies correlacionáveis em escala de bacia e nos poços, e correlação regional com bacias adjacentes (Küchle *et al.* 2011). A Seqüência I é composta pela associação de fácies de cinturão de canais fluviais entrelaçados, com paleocorrentes para NE e pelas associações de fácies de dunas e interdunas eólicas com paleocorrentes para SW. A Seqüência II é composta pela associação de fácies de cinturão de canais fluviais entrelaçados, com paleocorrentes para NE. E a Seqüência III é composta na base pela associação de fácies de lençóis de areia eólicos e no topo pela associação de fácies lacustre. O desenvolvimento das seqüências deposicionais e de suas discordância limítrofes responde a variações na taxa acomodação (A)/ suprimento sedimentar (S), induzidas por rearranjos tectônicos e climáticos na bacia.

**Palavras-chave:** Bacia de Almada, Formação Sergi, estratigrafia de seqüências, interação fluvio-eólica.

**Abstract** *STRATIGRAPHIC FRAMEWORK OF SERGI FORMATION (NEO JURASSIC) IN THE ALMADA BASIN, BAHIA.* This study analyzes the fluvial and Aeolian deposits of Sergi Formation (pre-rift section) in the Almada Basin, aiming to supply a stratigraphic framework for this interval, based on concepts of sequence stratigraphy. Sergi Formation was deposited in a wide intracratonic basin during the Neo-Jurassic and Eo-Cretaceous. Using outcrop and well data, it was possible to subdivide Sergi Formation into three distinct depositional sequences. Sequences I and II corresponds to the Sergi Formation lithostratigraphic interval and Sequence III encompasses the top of Sergi Formation plus Itaípe Formation. The criterion used to define this framework was the abrupt shift of the facies association along surfaces correlated at basin scale and wells, and also regional correlation with adjacent basins (Küchle *et al.* 2010). Sequence I is composed of braided fluvial channel belt facies association, with paleochannels flowing to the NW quadrant and by aeolian dunes and interdunes facies association, with paleocurrents indicating aeolian palaeodunes migrating to the SE quadrant. Sequence II is built by the braided fluvial channel belt facies association, with palaeocurrent showing northeastwards flowing palaeochannels. At its base, Sequence 3 is composed by aeolian sand sheets facies association and at the top by lacustrine facies association. The development of these depositional sequences and its boundary surfaces is caused by variations in the rates of accommodation space (A) / and sedimentary supply (B), which are triggered by tectonic rearrangements and climatic oscillations.

**Keywords:** Almada Basin, Sergi Formation, sequence stratigraphy, fluvio-aeolian interaction

## INTRODUÇÃO

A Formação Sergi acumulou em uma grande bacia (depressão afro-brasileira) que cobria uma extensa área do nordeste brasileiro, estendendo-se inclusive no continente Africano, sendo constituídos essencialmente por depósitos fluviais e eólicos (Küchle *et al.* 2011). A ampla ocorrência

e espessura desta unidade, associada à alta permeabilidade e porosidade dos arenitos conferem-lhe o status de maior reservatório na Bacia do Recôncavo com um volume original de 362 milhões m<sup>3</sup> de óleo *in place* (Scherer & De Ros 2009, Bongioiolo & Scherer 2010).

Apesar de os depósitos fluvio eólico da Formação Sergi ter sido alvo de inúmeros estudos nas últimas décadas, foi somente no final dos anos 90 que se começou a examinar esta unidade sob a ótica da estratigrafia de sequências (Oliveira 2005, Scherer *et al.* 2007). Na Bacia de Almada, estudos que enfocam a faciologia e controles da sedimentação neste intervalo são inexistentes. Em decorrência disso, os principais objetivos deste trabalho consistem na identificação e detalhamento das associações de fácies e construção de um arcabouço estratigráfico de alta resolução para os depósitos fluvio-eólicos da Formação Sergi na Bacia de Almada. Como objetivos específicos deste trabalho podem-se citar:

- Levantamento, descrição e interpretação faciológica de seções colunares
- Determinação de padrões de paleocorrentes
- Discussão dos fatores controladores da ciclicidade na sedimentação

A metodologia aplicada neste estudo fundamenta-se essencialmente em trabalhos de campo, onde se procurou estudar todas as exposições possíveis da Formação Sergi na Bacia de Almada, localizadas a partir de fotografias aéreas e roteiros geológicos existentes (*e.g.* Netto & Sanches 1993). Dependendo da qualidade da exposição foram levantadas seções colunares com descrição e interpretação de fácies e associações de fácies. Somado a isso, foram analisados três poços estratigráficos com perfis de raios-gama. Através da elaboração de seções geológicas, foram correlacionadas as informações de campo com os dados de subsuperfície. Finalmente, a divisão estratigráfica obtida neste trabalho foi incorporada a um amplo arcabouço desenvolvido para o Andar Dom João em diversas bacias do Nordeste brasileiro e África (Küchle *et al.* 2011).

## CONTEXTO GEOLÓGICO

A porção emersa da Bacia de Almada localiza-se no litoral Centro-Sul do Estado da Bahia, entre os municípios de Itacaré a Norte e Ilhéus a Sul. Em terra, a bacia possui geometria romboédrica sendo limitada a Norte pelo Alto de Taipus e a Sul pelo Alto de Olivença (Fig. 1). Estes altos são controlados por zonas de falhas normais que colocam o embasamento em bloco alto e a seção sedimentar em bloco baixo (Sanches & Netto 1991). A próxima bacia a norte é a Bacia de Camamu, e a sul a Bacia de Jequitinhonha. A oeste, a seção sedimentar está em contato por não conformidade com o embasamento cristalino e a leste estende-se mar adentro até a crosta oceânica.

A Bacia de Almada pertence ao conjunto de bacias da margem continental brasileira. A evolução destas bacias segue um padrão sistemático bem definido, compreendendo primeiramente uma sequência continental, passando por uma fase transicional comumente evaporítica e finalmente evoluindo para uma sequência marinha.

A evolução tectônica da Bacia de Almada está relacionada a duas fases de subsidência distintas: rifte e termal. A primeira ocorre durante a fase de fraturamento do Gondwana (tafrogênese), relacionado à extensão litosférica (Chang & Kowsmann 1987). Esta fase é responsável pela configuração do arcabouço estrutural principal destas bacias, com blocos tectônicos basculados, separados por falhas normais sintéticas e antitéticas, formando diversos sistemas de grábens e *horsts* (Ojeda 1983). Subsequentemente ocorre a fase de subsidência termal, devido ao resfriamento da anomalia térmica produzida durante a extensão crustal (Chang & Kowsmann 1987).

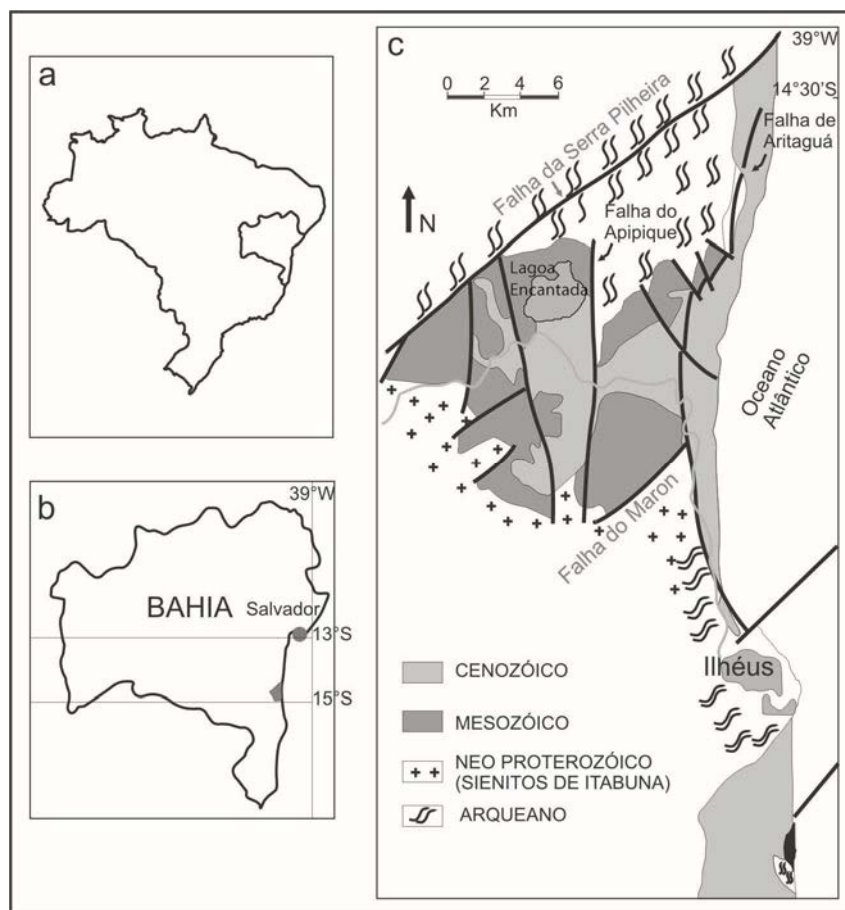


Figura 1 – Localização da área de estudo. (A) Mapa do Brasil com o contorno do estado da Bahia. (B) Estado da Bahia com a porção emersa da bacia de Almadá assinalada. (C) Arcabouço estrutural simplificado demonstrando as falhas limítrofes da bacia com direção N50E (modificado de Netto & Sanches 1991).

Falhas normais sintéticas e antitéticas de direção N-S aproximadamente dividem a bacia de Almadá em três compartimentos estruturais (Netto & Sanches 1991): oeste, central e leste. O compartimento oeste estende-se por praticamente metade da área emersa da bacia, sendo limitado a leste pela falha do Apipique, apresentando uma espessura estimada da seção sedimentar de 200m. Entre as falhas do Apipique e de Aritaguá, está o compartimento central, no qual a seção sedimentar possui espessuras da ordem de 500 m. A leste da falha de Aritaguá, situa-se o compartimento leste, onde a espessura da seção sedimentar ultrapassa 2000 m (Fig. 2).

A acumulação da Formação Sergi ocorreu durante o estágio pré-rifte das bacias marginais brasileiras. Este estágio representa uma longa subsidência e a conseqüente geração de uma ampla bacia intracratônica. A Formação Sergi compõe-se de um sistema deposicional continental caracterizado por alternâncias entre arenitos fluviais e eólicos e pelitos lacustres oxidados (Pierini *et al.* 2010). Cerca de 90% da Formação Sergi é composta por arenitos e em geral os depósitos demonstram um padrão de granocrescência ascendente (Scherer *et al.* 2007). Essa formação ocorre nas bacias de Almadá, Camamu, Tucano, Jatobá e Recôncavo, sendo a primeira o registro mais a Sul da Formação Sergi.

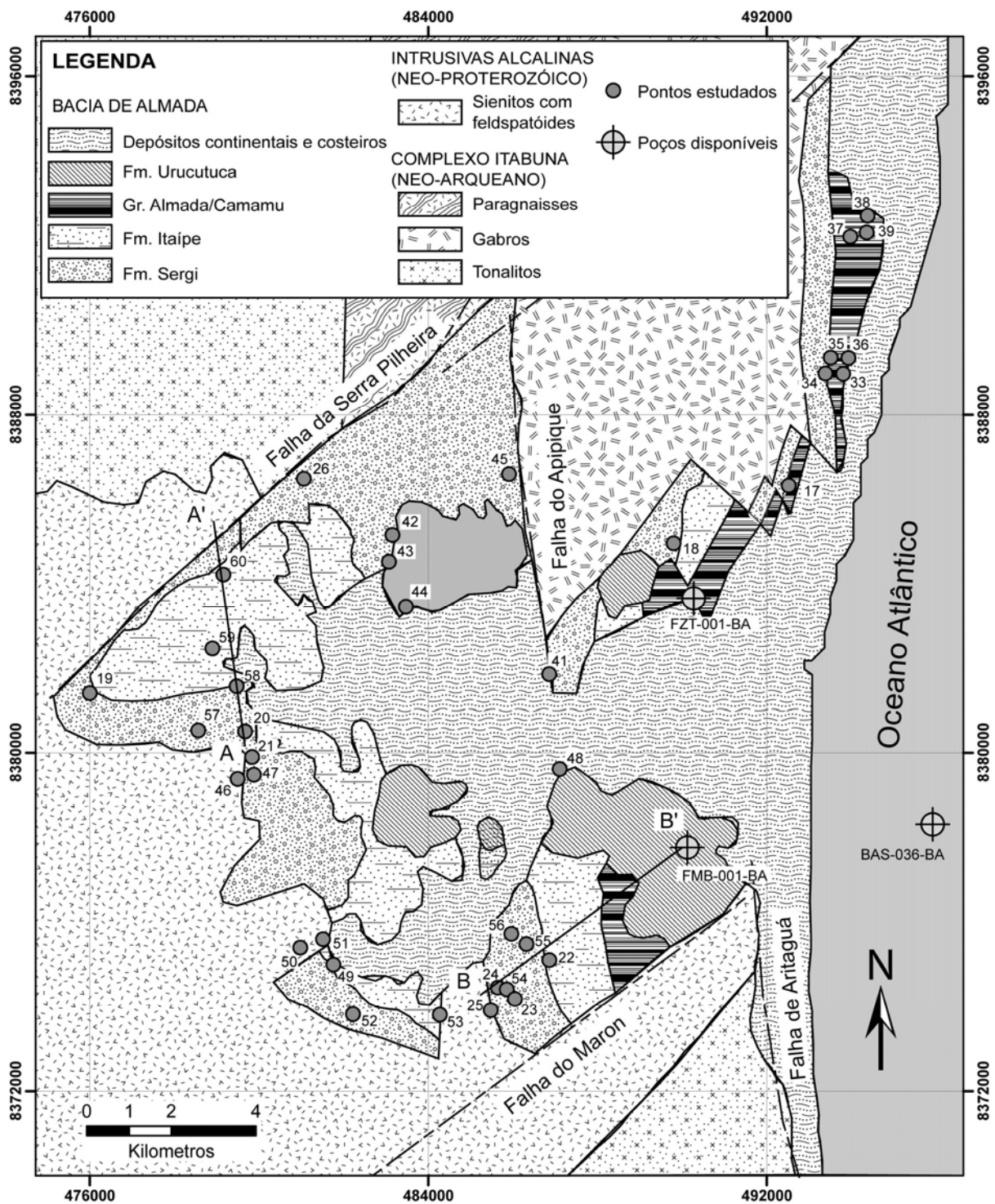


Figura 2 – Mapa geológico da Bacia de Almada (Modificado de CPRM 2003 e Carvalho 1965).

## FÁCIES E ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES

Como resultados do trabalho de campo, quatorze litofácies foram descritas e interpretadas. Estas são listadas na tabela abaixo de acordo com a nomenclatura de Miall (1996) (Tabela 1). Posteriormente, as litofácies foram agrupadas em cinco associações de fácies distintas. Estas são descritas e interpretadas a seguir.

Tabela 1 – Resumo das principais características das litofácies descritas em campo.

Fácies	Ocorrência	Descrição	Interpretação
<b>Gt</b>	47,7 m 13 pts	Conglomerados clasto-suportado com moda em grânulos a blocos, seixos e blocos arredondados a sub-arred., e grânulos e areia sub-angulosos a angulosos. Organizados em sets de estratificação cruzada acanalada com ou sem gradação normal de 0,3 até 3 m de espessura. Por vezes ocorrem como <i>lags</i> centimétricos na base de ciclos com gradação normal.	Preenchimento de pequenos canais
<b>Gh</b>	8 m 7 pts	Conglomerados clasto-suportado com moda em grânulos a seixos, pobremente selecionado, clastos sub-arredondados a sub-angulosos. Organizados em sets de estratificação plano-paralela com ou sem gradação normal, de 0,3 a 1,5 m de espessura.	Formas de leito longitudinais, depósitos residuais ( <i>lags</i> )
<b>Gm</b>	3,75 m 9 pts	Conglomerados clasto-suportado, maciço, com moda em grânulos a seixos, clastos sub-arredondados a arredondados, moderadamente selecionado. Dispostos em camadas tabulares ou lenticulares com 10 a 50 cm de espessura, na maioria das vezes na base de ciclos de gradação normal.	Fluxo de detritos
<b>St</b>	73 m 15 pts	Arenitos finos a conglomeráticos, bem a moderadamente selecionados, dispostos em sets de estratificação cruzada acanalada com 0,1 até 1 m de espessura, com gradação normal.	Dunas 3D, cristas sinuosas ou linguóides
<b>Sl</b>	13,8 m 7 pts	Arenitos finos a conglomeráticos, bem a moderadamente selecionados, dispostos em sets tabulares de estratificação cruzada de baixo-ângulo com ou sem gradação normal, de 0,5 até 3,5 m de espessura.	Preenchimentos de suaves depressões ( <i>scour fills</i> ), dunas atenuadas, antidunas
<b>Sh</b>	12,5 m 5 pts	Arenitos finos a conglomeráticos, bem selecionados, dispostos em sets de estratificação plano-paralela de 0,3 a 2m de espessura, com gradação normal.	Formas de leito plano (regime de fluxo superior/crítico)
<b>Sm</b>	25 m 4 pts	Arenitos finos a grossos, bem selecionados, dispostos em camadas com gradação normal ou sem organização interna, de 1,5 até 3,5 m de espessura.	Depósitos de fluxos hiperconcentrados, fluidizações ou intensa bioturbação
<b>Sr</b>	20 cm 1 pt	Arenito muito fino com <i>ripples</i> de corrente, disposto em camada tabular de 20 cm de espessura com gradação normal,	Marcas onduladas (regime de fluxo inferior)
<b>Fl</b>	7,3 m 4 pts	Pelitos de coloração marrom e cinza escuro, com laminação plano-paralela, dispostos em camadas tabulares de menos de 10 cm até 1,5 m de espessura.	Decantação de partículas em suspensão
<b>Fr</b>	2,3 m 1 pt	Siltitos marrons com marcas onduladas de pequeno porte, dispostos em camadas tabulares de 0,4 a 1,5 m de espessura.	Marcas onduladas (regime de fluxo inferior)
<b>Flc</b>	3 m 1 pt	Folhelhos cinzentos com laminação plano-paralela, ricos em M.O., com restos vegetais dispostos em camadas tabulares com 5 a 30 cm de espessura.	Decantação de partículas em suspensão ricas em M.O
<b>St (eólico)</b>	72 m 3 pts	Arenitos finos a médios bem a muito bem selecionado, grãos arredondados e com esfericidade alta, dispostos em sets de estratificação cruzada acanalada de grande porte, com 1 a 4 m de espessura, compostos por depósitos de fluxo de grão e por laminações de marcas onduladas eólicas.	Dunas eólicas
<b>Sl (eólico)</b>	5 m 1 pt	Arenitos finos, muito bem selecionados, disposto em sets de estratificação cruzada de baixo ângulo com espessuras de 40 cm até 4,5 m. Os estratos cruzados são compostos por laminações de marcas onduladas eólicas.	Lençóis de areia eólicos
<b>Sh(eólico)</b>	2 m 1 pt	Arenitos finos muito bem selecionados, dispostos em camadas tabulares de estratificação plano-paralela de 30 a 50 cm de espessura.	Depósitos de interdunas

### Associação de fácies de cinturão de canais fluviiais entrelaçados (AFCFE)

*Descrição:*

Esta associação de fácies é composta por corpos arenosos com geometria em lençol, formando complexos amalgamados multilaterais e multiepisódicos (Fig. 3), com espessuras variando entre 1 e 8 metros (Fig. 4). São limitados na base por superfícies erosivas planas ou côncavas sem incisões significativas. *Lags* centimétricos de conglomerados maciços ou estratificados são comuns ao longo destas superfícies.

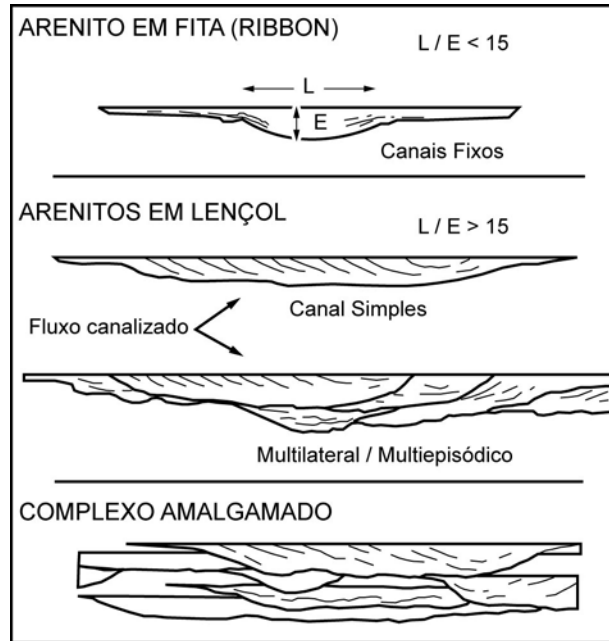


Figura 3 – Classificação geométrica de corpos arenosos de canais fluviiais baseada na razão largura/profundidade ( $L/E$ ), associado ao preenchimento interno (modificado de Hirst 1991).

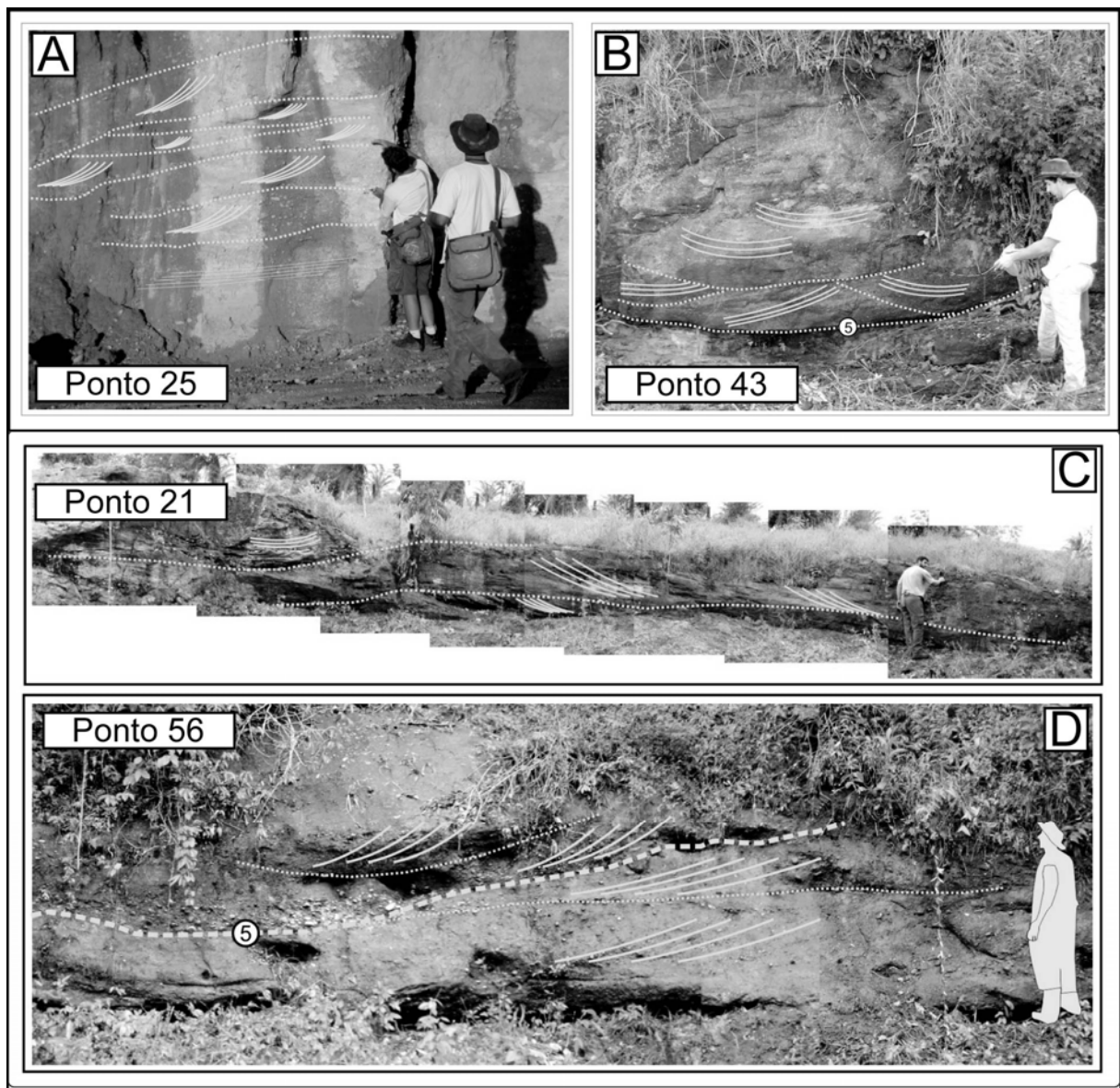


Figura 4 - Geometria dos corpos arenosos da AFCFE. (A) Vista paralela ao paleofluxo mostrando as estratificações cruzadas limitadas por superfícies planas a inclinadas. (B) Superfície de base de canal e sets de estratos cruzados em vista transversal ao paleofluxo. (C) Sets de estratificação cruzada limitados por superfícies planas (vista paralela ao paleofluxo). (D) Linha tracejada marcando uma superfície de base de canal (5ª ordem) em vista oblíqua ao paleofluxo.

Internamente estes corpos são caracterizados por sucessões granodecrescentes de 0,3 – 1m, compostas pelas litofácies Gm, Gt, Gh e St organizadas em sets com gradação normal. No topo de alguns destes ciclos, ocorrem arenitos maciços, com laminação plano-paralela ou de baixo ângulo (litofácies Sm, Sh e Sl). Em apenas um afloramento foi observado um conglomerado com intraclastos argilosos. A figura 5 apresenta estas litofácies em detalhe.

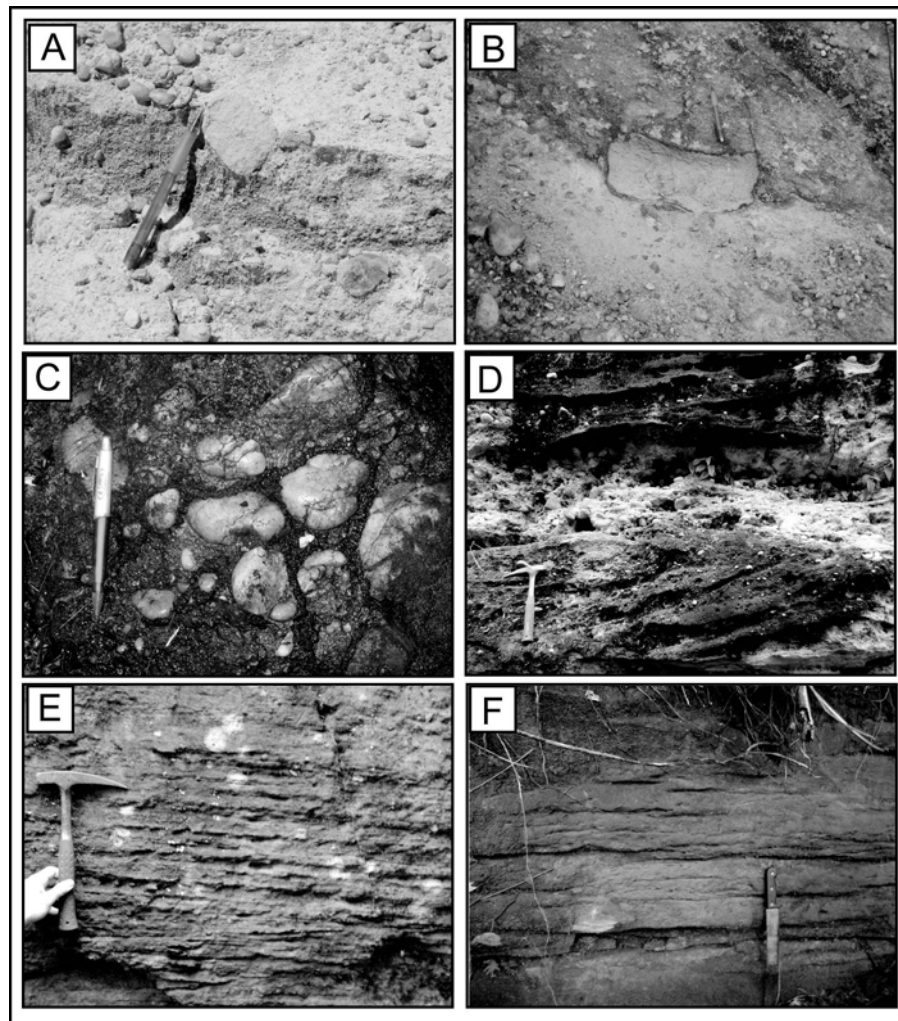


Figura 5 - Detalhe das principais fácies da AFCFE. (A) Seixo de arenito. (B) Intraclasto argiloso em conglomerado com estratificação cruzada acanalada (Gt). (C) Conglomerado com clastos tamanho bloco (Gt). (D) Sets de arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada (St). (E) Fácies S1 (notar truncamento em baixo ângulo dos estratos). (F) Fácies Sh, com seixos dispersos.

A análise das paleocorrentes na AFCFE indica fluxo preferencial dos canais fluviais para o quadrante NE.

*Interpretação:*

Os corpos arenosos descritos acima podem ser interpretados como depósitos de canais fluviais. A geometria em lençol, predominância de sedimentos grossos, e pequena dispersão da paleocorrente sugerem que essa associação de fácies represente o preenchimento de um cinturão de canais fluviais entrelaçados (Scherer *et al.* 2007). Os arenitos com laminação plano-paralela (Sh) a baixo ângulo (S1) representam períodos de inundações episódicas de alta energia, marcando uma passagem para regime de fluxo superior. Estas fácies formam-se preferencialmente em condições de baixas profundidades de lâmina da água (< 0,5 m) (Miall 2006), sendo interpretadas, portanto como a fase final do preenchimento dos canais.

Os sets de estratificação cruzada representam depósitos de formas de leito arenosas ou cascalhosas de crista sinuosa (dunas 3D subaquosas) que preencheram os canais fluviais (Miall 2006). A ausência de fácies pelíticas entre os corpos arenosos indicam alta mobilidade lateral dos canais entrelaçados (Spalletti & Piñol 2005) e pobre desenvolvimento de planícies de inundação nas margens do cinturão de canais. Os conglomerados com intraclastos argilosos indicam erosão dos poucos depósitos dos depósitos de planície de inundação depositados nas porções laterais dos canais. As



superfícies erosivas que definem a base dos corpos arenosos e são capeadas por conglomerados intraformacionais podem ser interpretados como superfícies de 5ª ordem (Miall 1996).

### Associação de fácies de dunas eólicas (AFDE)

#### Descrição:

Esta associação de fácies é composta por arenitos finos a médios, bem selecionados, com grãos arredondados e de alta esfericidade. Eles são dispostos em *sets* de estratificação cruzada acanalada com espessura de 1 a 4 m, separados por superfícies subhorizontais (Fig. 6.). Os estratos cruzados são constituídos, nas porções mais íngremes dos *foresets*, por lâminas com gradação inversa interna, geradas por processos de fluxo de grãos. Na base dos *sets*, os estratos tangenciam a superfície basal, sendo constituídos por laminações de marcas onduladas eólicas (litofácies St(e)) (Fig. 7).

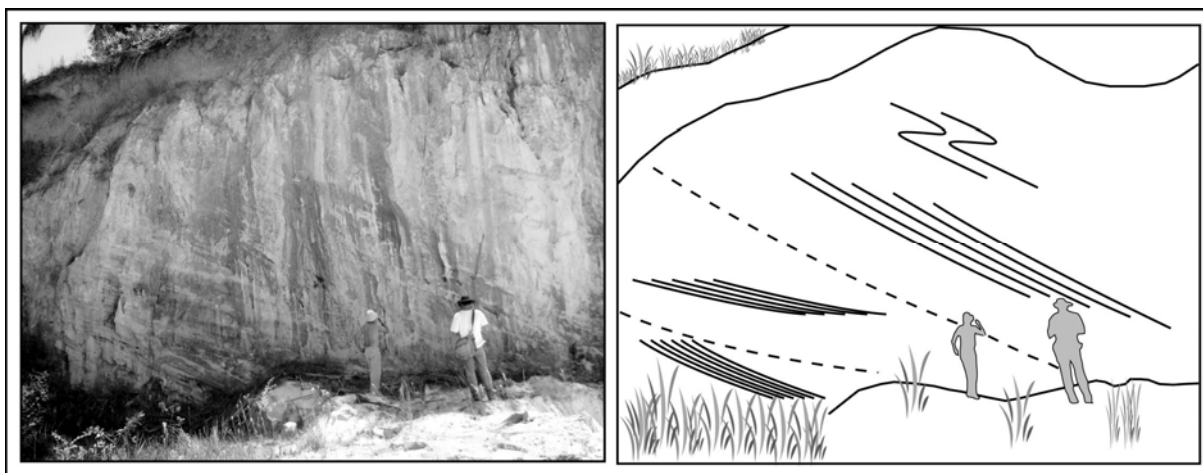


Figura 6 - Sets de estratificação cruzada de grande porte e feições de deslizamento no topo do afloramento.

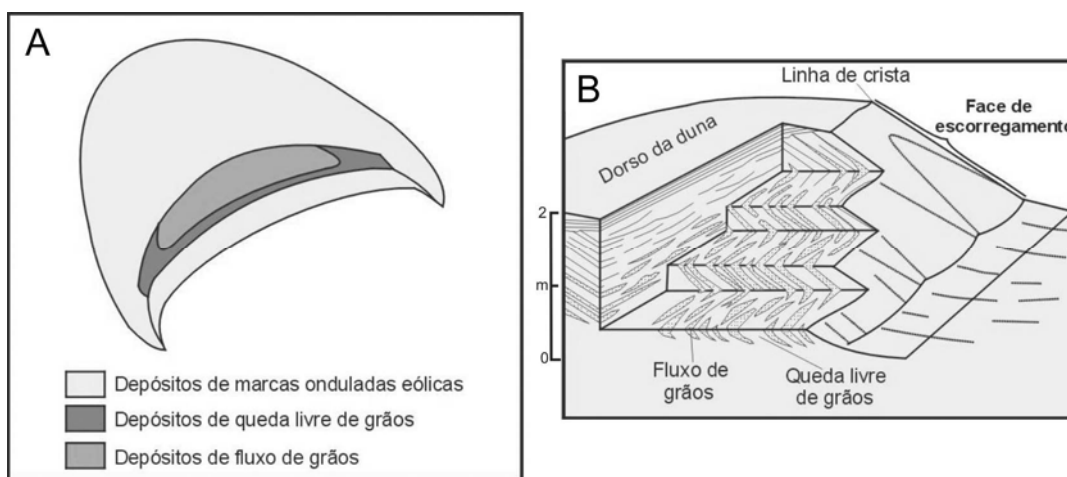


Figura 7 – (A) Distribuição dos depósitos em uma duna eólica. (B) Seções horizontais e transversais mostrando as estratificações eólicas internas à duna (Hubin 1977)

As paleocorrentes medidas nos estratos cruzados indicam a migração das dunas eólicas para o quadrante SW predominantemente.

#### Interpretação:

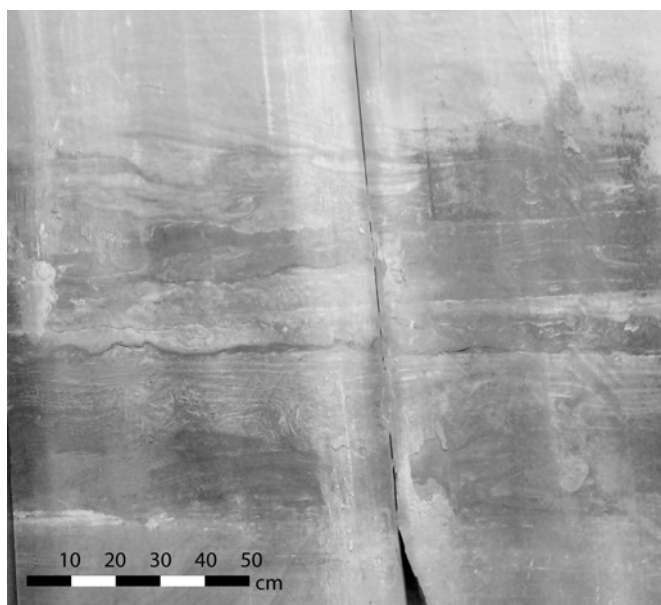
A boa seleção, arredondamento e esfericidade dos grãos, juntamente com estratificações cruzadas de grande porte compostas por depósitos de fluxo de grãos e marcas onduladas eólicas, permitem interpretar essa associação de fácies como depósitos residuais de dunas eólicas (Hunter 1977). A geometria acanalada dos estratos cruzados, associado com o sentido unimodal do mergulho

dos *foresets*, indicam dunas eólicas crescentes, com crista curva (dunas 3D). As superfícies subhorizontais que limitam os sets de estratificações cruzadas, podem ser interpretadas como superfícies de primeira ordem geradas pelo cavalgamento de dunas eólicas (Mountney 2006).

### **Associação de fácies de interdunas eólicas (AFIE)**

#### *Descrição:*

Esta associação de fácies é composta por arenitos finos, bem selecionados, possuindo grãos arredondados e com alta esfericidade. Estes arenitos são organizados em pacotes com 0,3 a 4 m de espessura intercalados aos *sets* de estratificação cruzada. Estes pacotes são caracterizados por laminações plano-paralela e cruzada baixo ângulo compostas essencialmente por laminações de marcas onduladas eólicas (litofácies Sh(e) e Sl(e)). Localmente observam-se dobras convolutas (Fig. 8).



*Figura 8 – Depósito de interduna com dobras convolutas formadas por processos de escape de fluidos.*

#### *Interpretação:*

Estes arenitos com estratificações plano-paralela e cruzada de baixo ângulo compostas por laminações de marcas onduladas eólicas e intercalados aos *sets* de dunas eólicas são interpretados como depósitos de interdunas eólicas (Mountney 2006, Lorenzo & Scherer 2008). As dobras convolutas observada são formadas por processos de fluidização, originados pelo peso da duna eólica sobrejacente (Mountney & Thompson 2002, Lorenzo & Scherer 2008).

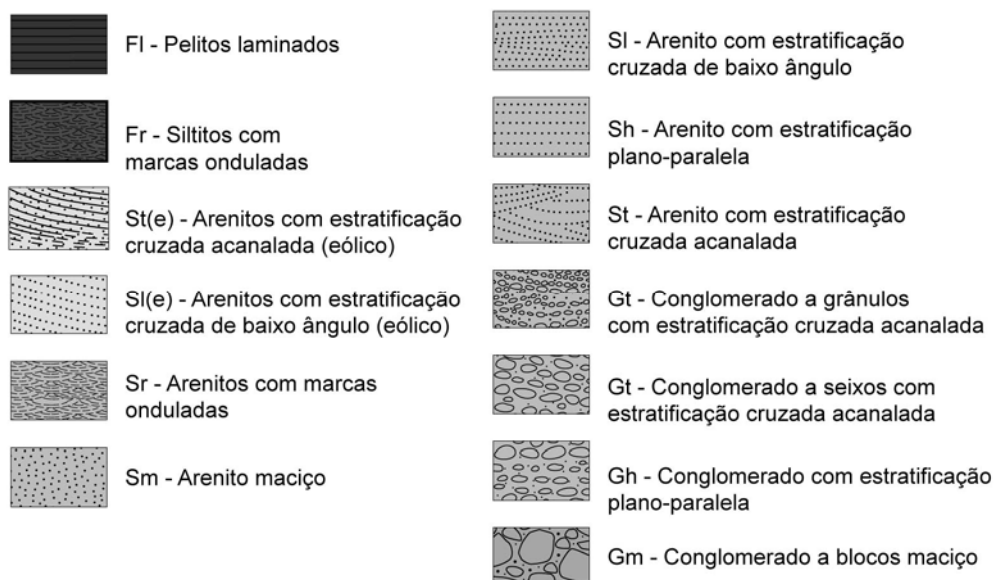


Figura 9 – Legenda de litofácies e escala granulométrica.

### Associação de fácies de lençóis de areia eólicos (AFLE)

#### Descrição:

Esta associação de fácies foi encontrada em apenas um afloramento estudado (Fig. 10A). É formada por um pacote de aproximadamente 3 metros de espessura composto por arenitos médios a grossos, quartzosos, bem selecionados e com laminações cruzadas de baixo-ângulo (litofácies Sl(e)), compostos por laminações transladantes cavalgantes, inversamente gradadas, com espessuras de 2 a 8mm.

#### Interpretação:

Os arenitos com laminações cruzadas de baixo-ângulo com gradações inversas internas aos estratos podem ser interpretados como lençóis de areia eólicos formados pela migração e cavalgamento de marcas onduladas eólicas subcríticas sobre uma superfície deposicional seca (Hunter 1977).

### Associação de fácies lacustre (AFL)

#### Descrição:

É composta predominantemente por pelitos laminados (litofácies FI), com colorações amarronzadas, acinzentadas e avermelhadas, dispostos em pacotes tabulares de até 3 m (Fig. 10). Localmente, pode ser observadas camadas tabulares, decimétricas, de arenitos finos a médios maciços (litofácies Sm) ou com estratificação cruzada acanalada (litofácies St) e arenitos finos e siltitos com laminação cruzada de marcas onduladas (litofácies Sr e Fr) (Fig. 10). O sentido de mergulho dos estratos cruzados indica paleocorrente para NW. Por vezes são encontrados icnofósseis tubulares horizontais e verticais com diâmetros milimétricos (Fig. 11).

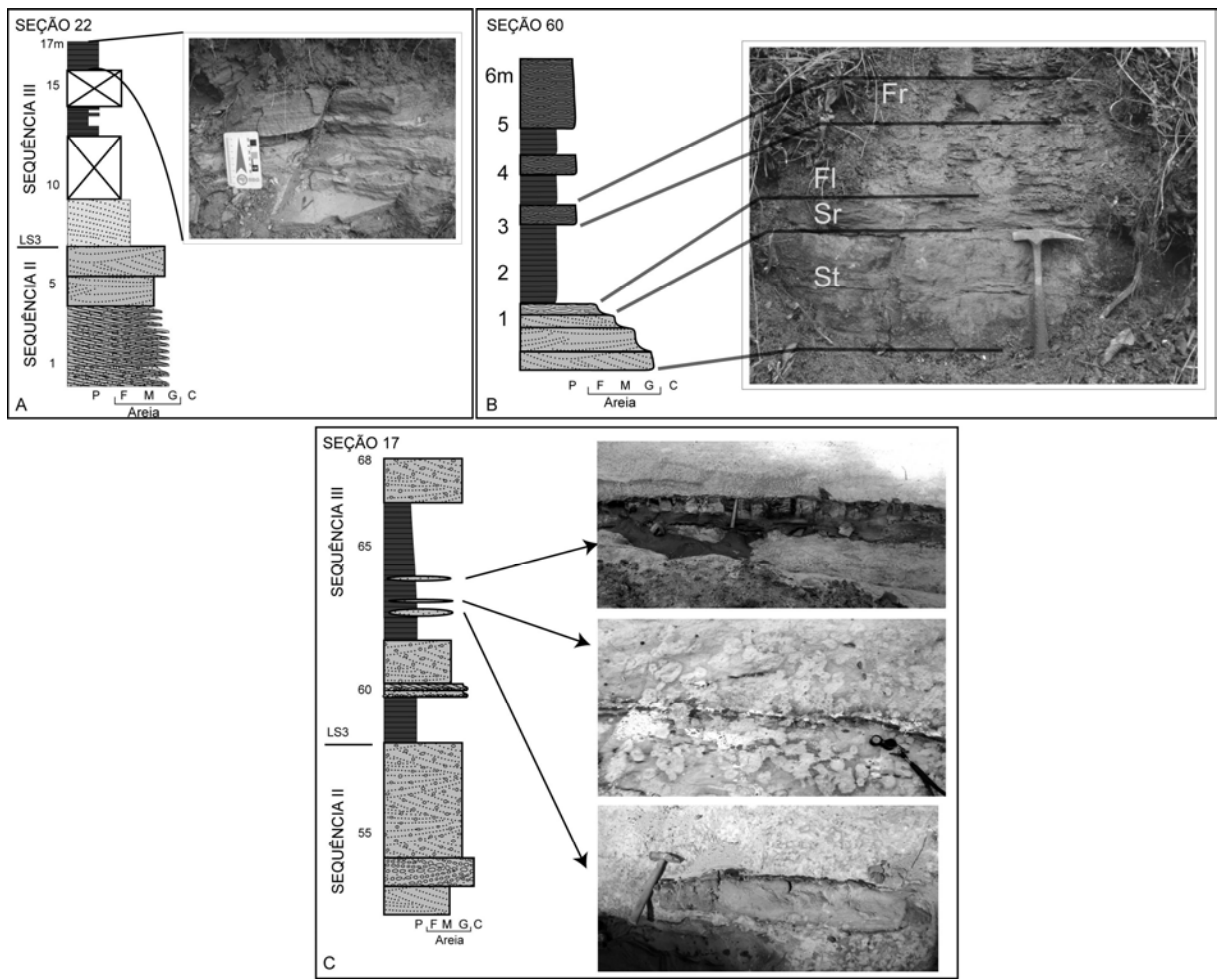


Figura 10 – Perfis colunares ilustrando a Associação de Fácies Lacustre. (A) Porção sul da bacia, onde lençóis de areia eólicos (litofácies Sl(e)) sobrepõem a AFCFE da Sequência II, sendo por sua vez sobrepostos por pelitos laminados da AFL (litofácies Fl). (B) Nas áreas a Norte da bacia, os pelitos laminados com siltitos com laminação de marcas onduladas (litofácies Fr) recobrem diretamente os depósitos fluviais da Sequência II. (C) Espesso pacote de pelitos laminados (litofácies Fl) intercalados com camadas lenticulares e tabulares de arenitos finos maciços e com estratificações cruzadas.

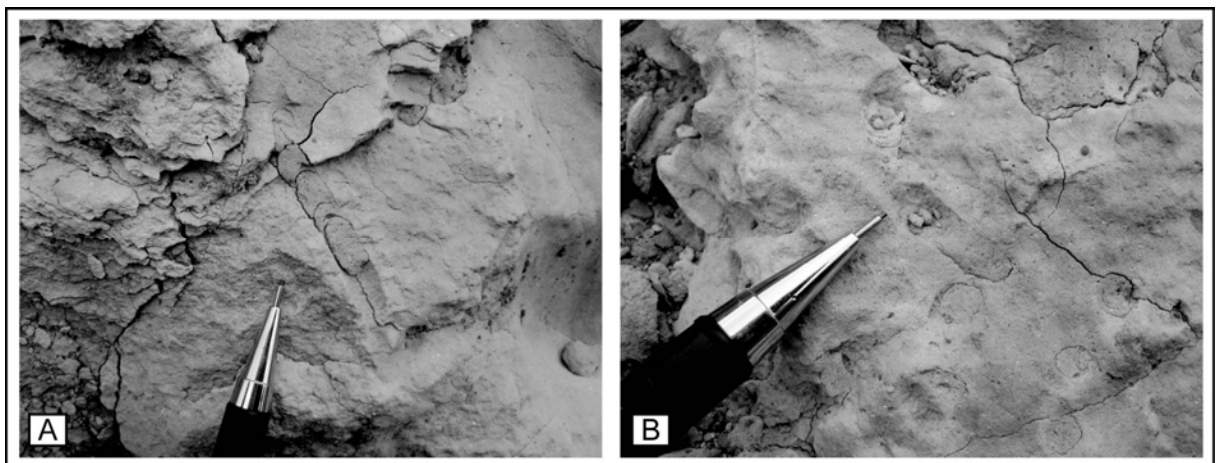


Figura 11 – Icnofósseis tubulares com diâmetros milimétricos encontrados internamente aos pelitos lacustres. Notar as diversas direções dos rastros.

Interpretação:

Os pelitos laminados são interpretados como assentamento de partículas por decantação em um corpo de água estável. A coloração avermelhada a amarronzada indica mudanças nas condições oxí-redutoras do ambiente, possivelmente causada por oscilações no nível do lago (Miall 2006). As camadas tabulares de arenitos e com estratificações cruzadas e siltitos com laminação cruzada de marcas onduladas são interpretadas como porções distais de frentes deltaicas construídas por rios.

### **ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO**

O arcabouço estratigráfico proposto neste estudo é baseado nos trabalhos de Scherer *et al.* (2007) e Kuchle *et al.* (2011). Scherer *et al.* (2007) propôs um arcabouço estratigráfico com base em conceitos da estratigrafia de sequências para a Formação Sergi na Bacia do Recôncavo. Posteriormente Kuchle *et al.* 2011 realizou uma correlação regional através de diversas bacias do nordeste brasileiro (Almada, Camamu, Recôncavo, Araripe, Sergipe-Alagoas, Tucano e Jatobá) e África (Bacia de Gabão) para o Andar Dom João. Assim sendo, propõe-se que os depósitos flúvio eólicos da Formação Sergi na Bacia de Almada seja subdividida em três sequências deposicionais limitadas por discordâncias regionais (Fig. 12).

Litoestratigraficamente as Sequências I e II correspondem à formação Sergi, enquanto a Sequência III abrange o topo da formação Sergi e a Formação Itaípe. Utilizando-se perfis geológicos, foi possível unir as informações dos poços com as das seções colunares levantadas em campo (Fig. 13). Em posse desta correlação, foi elaborada a seção composta para o intervalo estudado na Bacia de Almada (Fig. 14). Nela estão resumidas as principais características estratigráficas de cada sequência. Nos parágrafos seguintes, estes aspectos são abordados em detalhe.

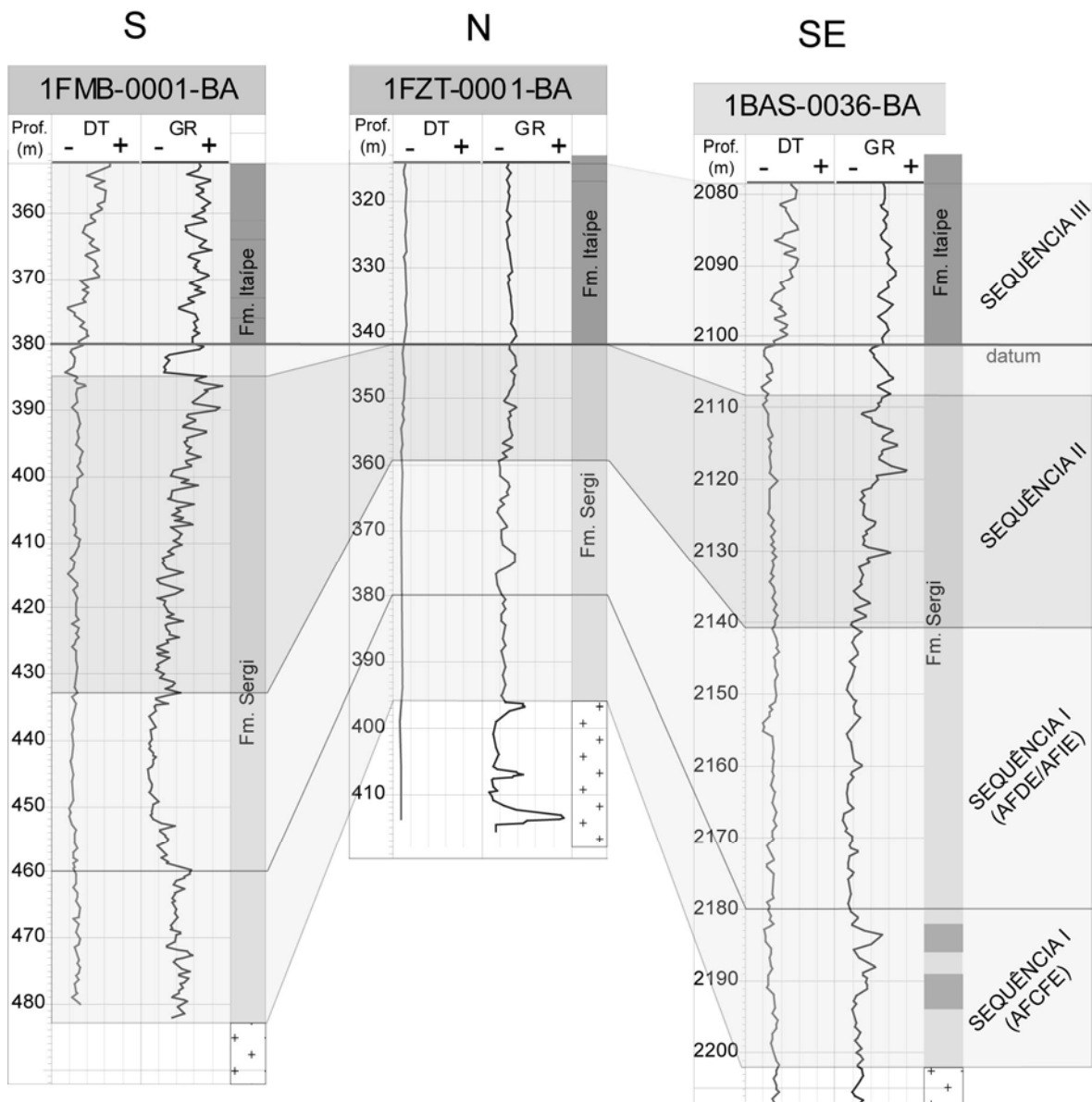


Figura 12 – Demarcação das seqüências deposicionais nos três poços analisados, sendo utilizadas as curvas GR (raios-gama) e DT (sônico). A localização dos poços encontra-se na figura 2. O datum utilizado é a base da Formação Itaípe (representando uma superfície de inundação regional).

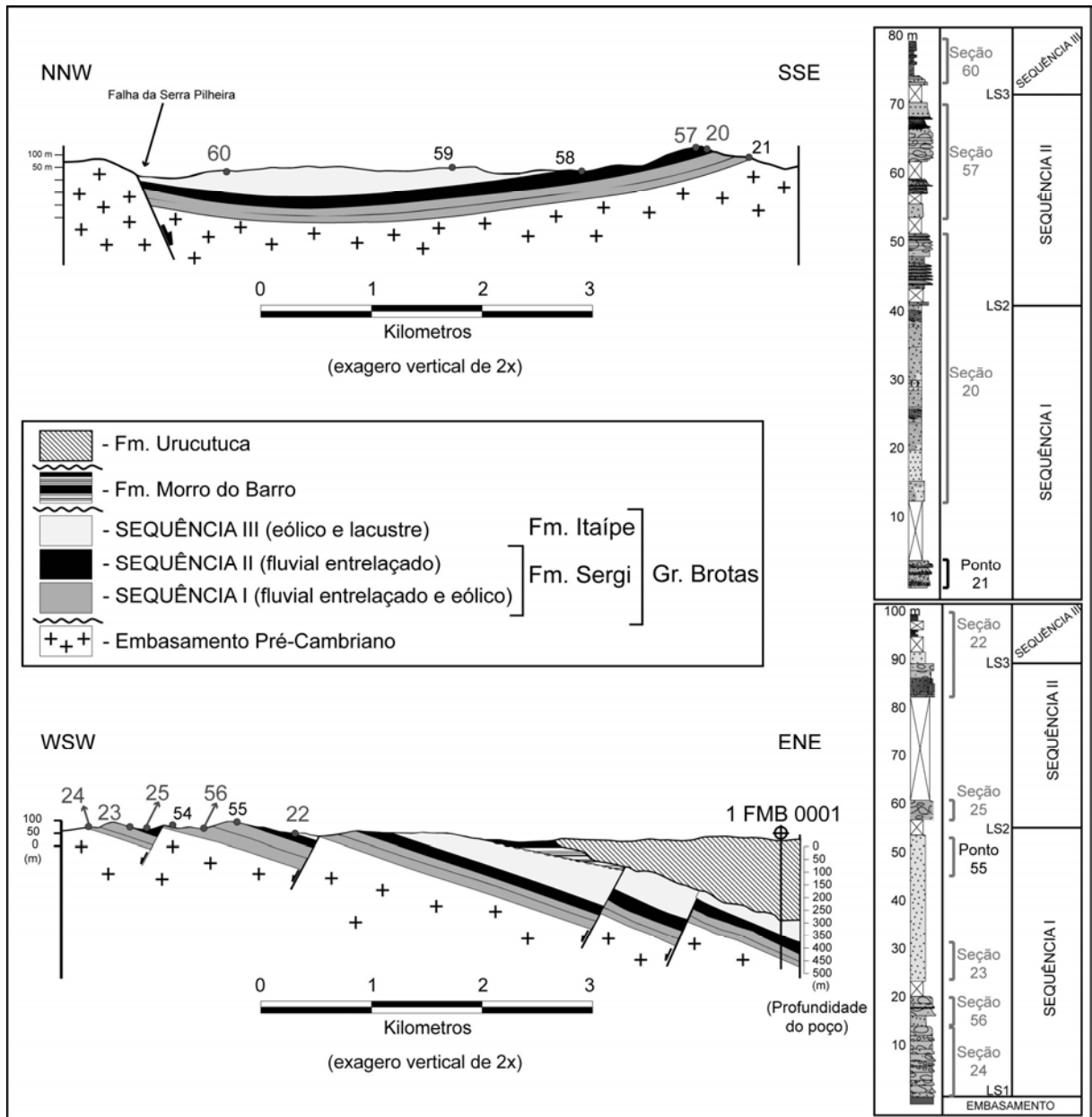


Figura 13 – (A) Perfil geológico A - A' e seção composta da região NW da bacia de Almada. (B) Perfil geológico B - B' correlacionado ao poço 1-FMB-0001 e seção composta para a região S da bacia. A localização dos perfis encontra-se na figura 2.

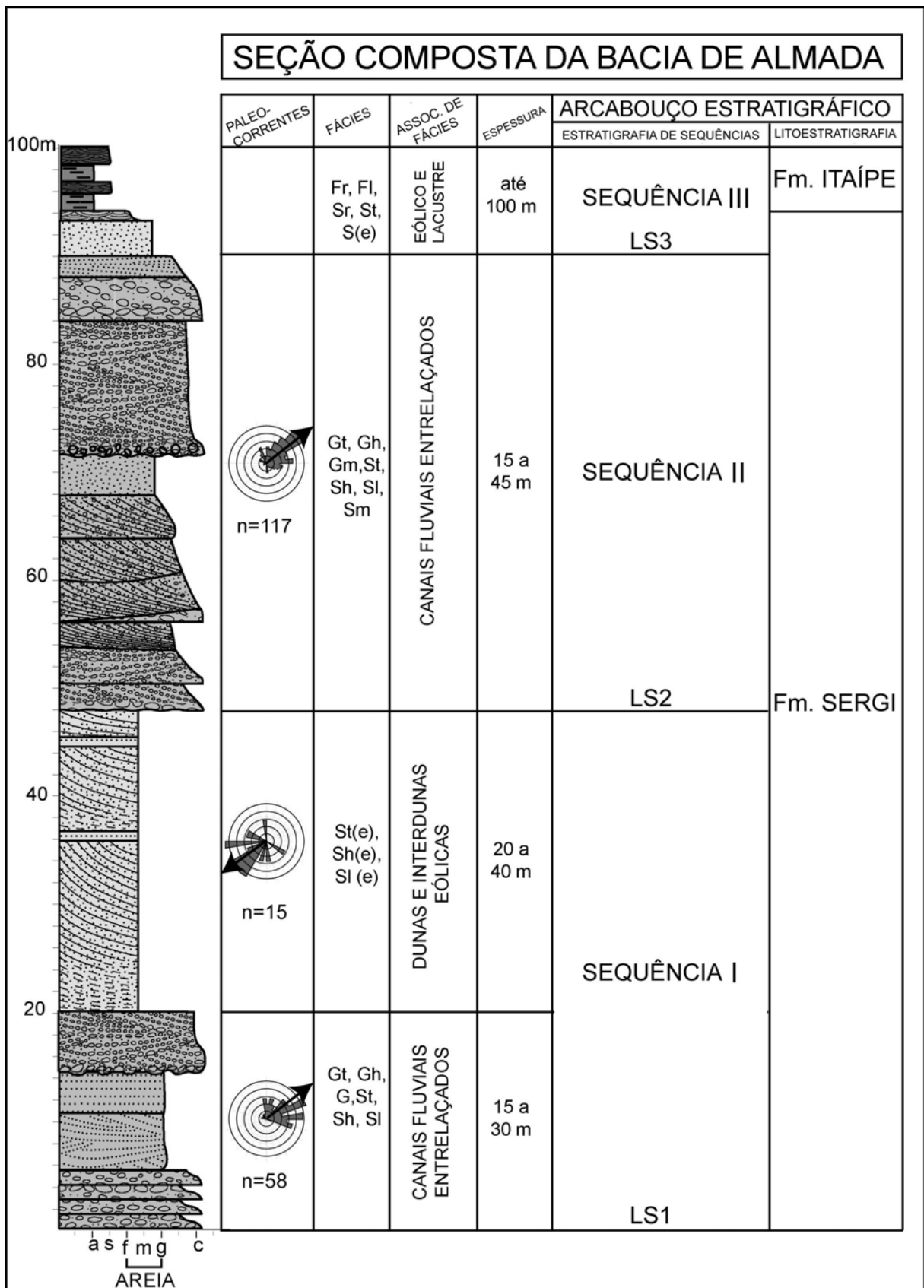


Figura 14 – Seção composta da bacia de Almada com o resumo das principais características estratigráficas de cada sequência.

### Sequência I

A Sequência I foi identificada nos três poços analisados, em três seções colunares levantadas em campo e em outros afloramentos estudados. Esta sequência apresenta espessura entre 40 e 70



metros, sendo composta pelas associações de fácies de canais fluviais efêmeros (AFCFE) e de dunas (AFDE) e interdunas (AFIE) eólicas. Nos perfis de raios gama dos três poços utilizados, as associações de fácies fluviais e eólicas apresentam assinaturas distintas. Os depósitos fluviais possuem um padrão serrilhado, com valores moderados de raio gama, contrastando os depósitos eólicos que apresentam padrão em “caixote” com valores mais baixos de raio gama (Fig. 12).

O limite basal desta sequência (LS1) representa uma não-conformidade com o embasamento cristalino, conforme verificado na localidade de Itariri e ilustrado no perfil B-B' (Fig. 13). A superfície limítrofe de topo (LS2) foi observada em afloramentos e nos poços. Trata-se de uma desconformidade com ampla extensão lateral, sobreposta por *lags* conglomeráticos com até 30 cm de espessura (Fig 18B).

O contato entre a AFCFE e as AFDE/AFIE não foi localizada em nenhum dos afloramentos estudados, sendo inferido em uma única localidade da bacia (Fig. 18A). No entanto, esta passagem é facilmente identificada nos três poços estudados devido à mudança no padrão de raios-gama (Fig. 12).

As seções colunares e mapas de paleocorrentes para a Sequência I são ilustradas nas figuras 15 e 17 respectivamente. A AFDE possui uma paleocorrente para SW, enquanto os depósitos da AFCFE apresentam uma paleocorrente para NE.

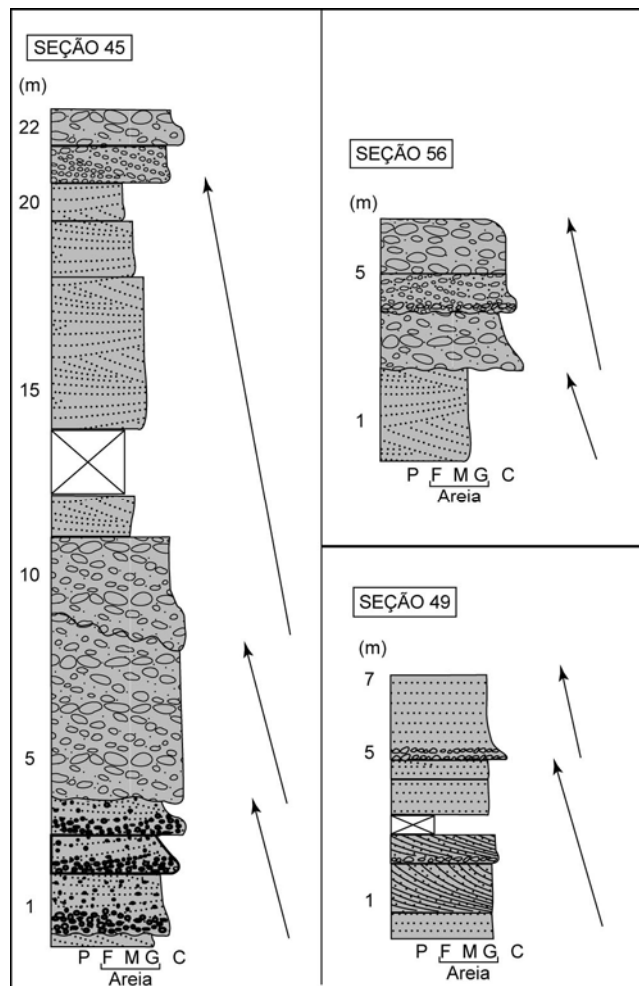


Figura 15 – Seções colunares da AFCFE da Sequência I com os ciclos granodecrescentes demarcados.

## Sequência II

Esta Sequência apresenta uma espessura entre 15 e 45 metros, tendo sido identificada em afloramentos e nos poços analisados. Apresenta padrão “serrilhado” do perfil de raio-gama, com valores mais altos em comparação aos depósitos eólicos (Fig. 12).

O limite basal é uma desconformidade com a Sequência II (LS2) e o topo é limitado por discordância com a Sequência III encontrada em afloramento e verificada nos poços (LS3). Esta superfície marca a interrupção do sistema aluvial desenvolvido neste período na Bacia de Almada (Fig. 18B).

A Sequência II é constituída exclusivamente pela AFCFE, com características faciológicas similares às da Sequência I (Fig. 16). O padrão de paleocorrentes também não apresenta mudanças daquele da Sequência I (Fig. 17).

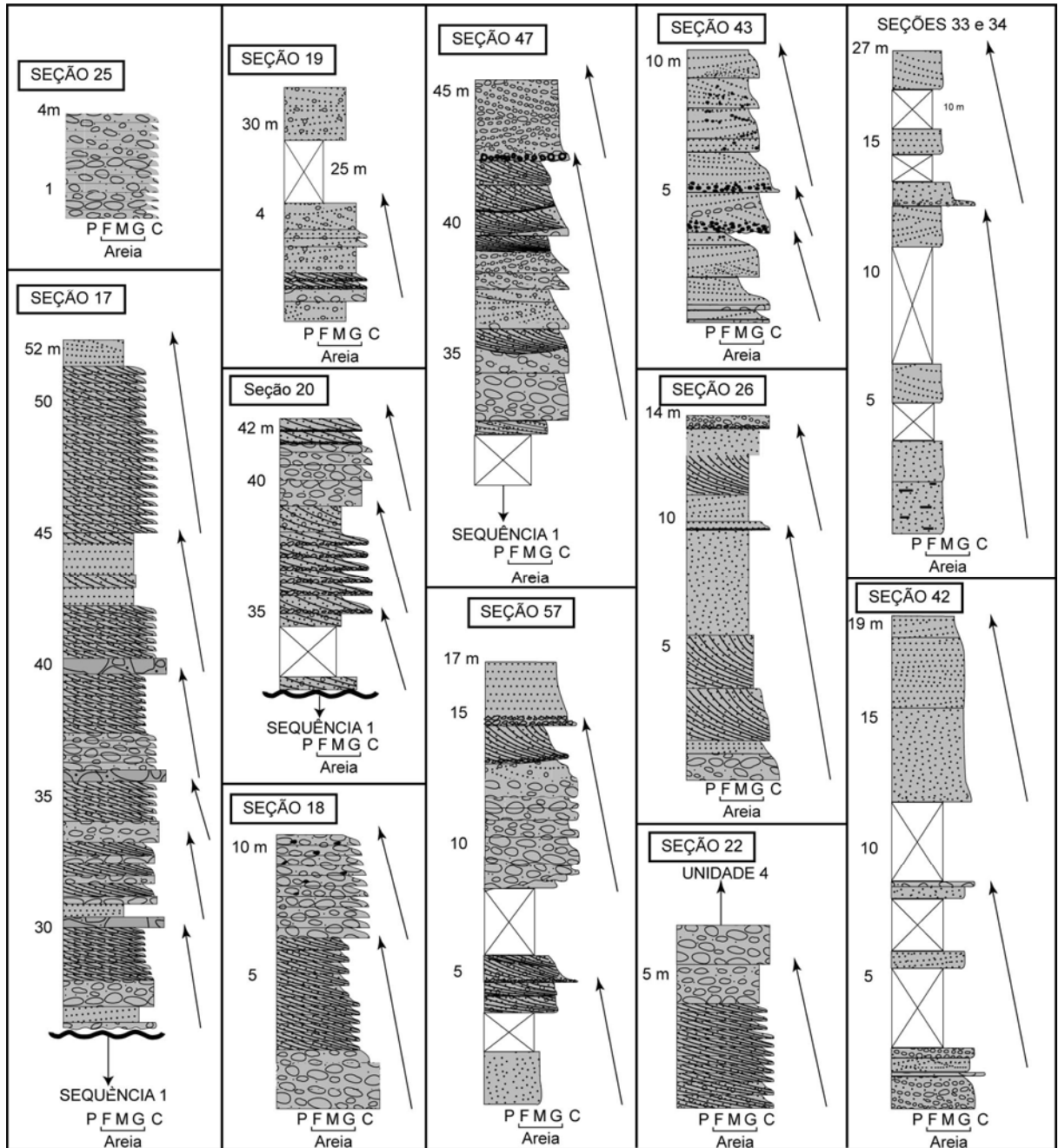


Figura 16 – Seções colunares da Sequência II com os ciclos granodécrescentes indicados.

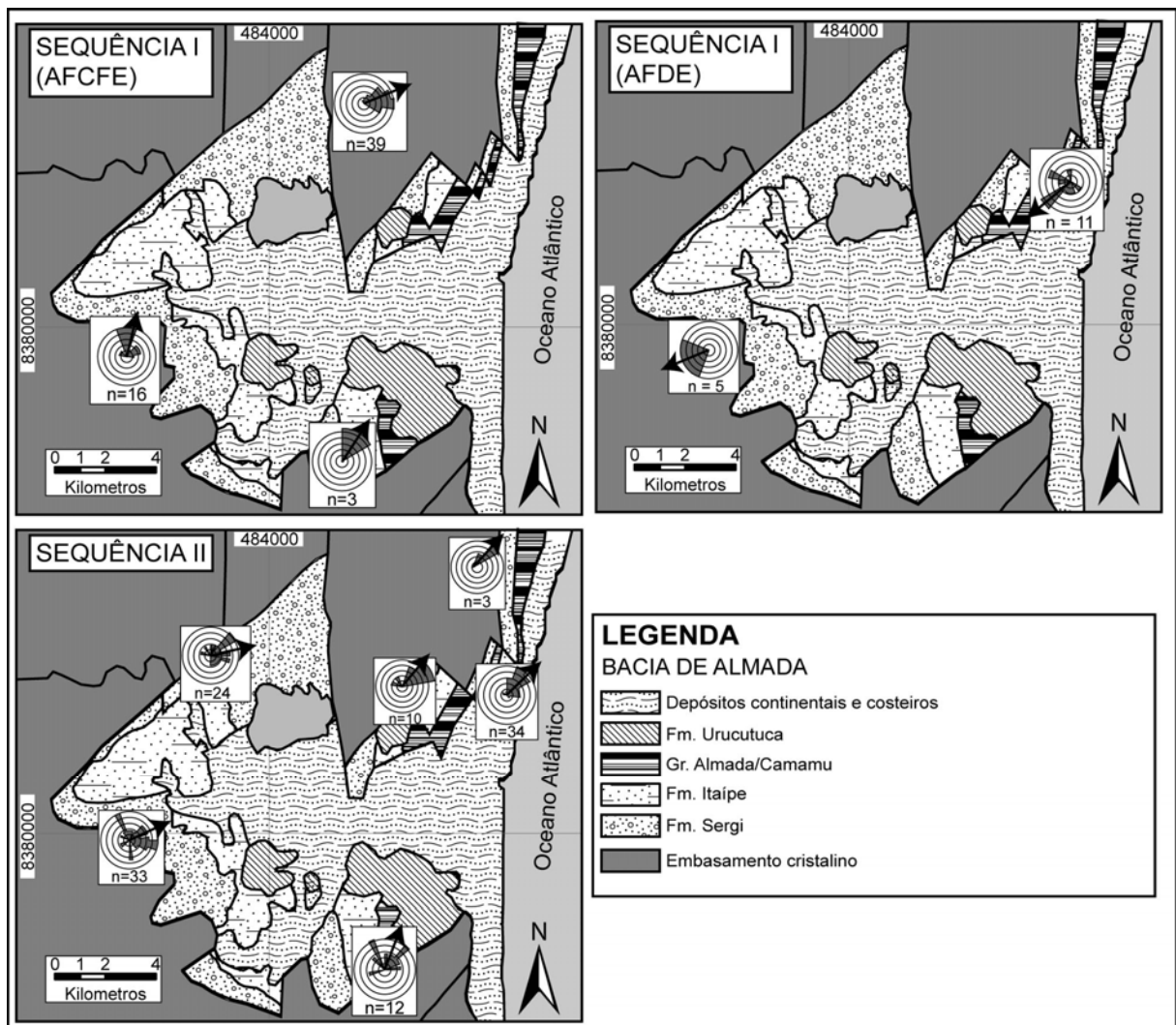


Figura 17 – Mapas de paleocorrentes das Sequências I, II e III.

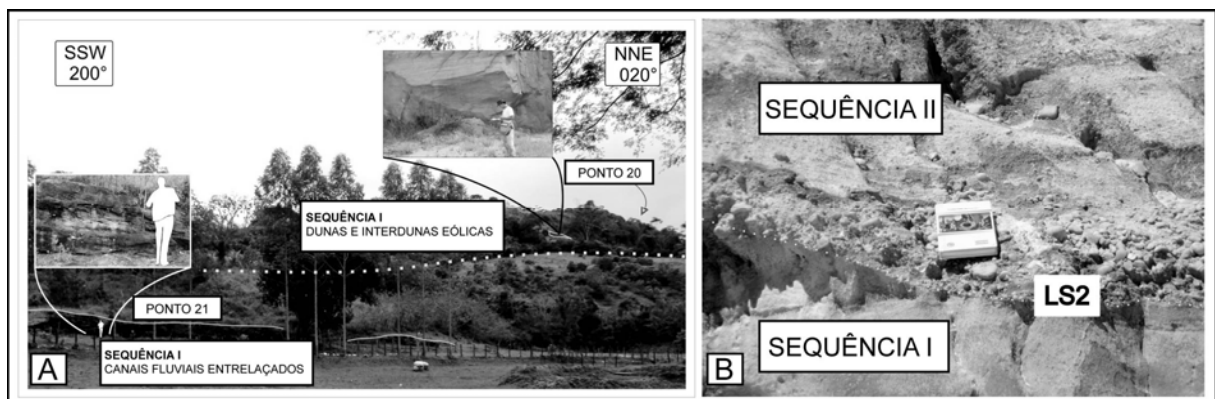


Figura 18 – (A) Passagem da AFCFE para AFDE/AFIE na Sequência I (linha pontilhada). (B) Discordância entre as Sequências I e II.

### Sequência III

A Sequência II alcança até 100 metros de espessura. A discordância que marca o início desta sequência (LS3) foi verificada em dois afloramentos. Na porção sul da bacia, os depósitos fluviais da Sequência II são sobrepostos por um pacote delgado de lençóis de areia eólicos que são cobertos por pelitos lacustres. Na porção norte da Bacia, a Sequência II é sobreposta diretamente por depósitos lacustres (Fig. 9). Nos poços, esta superfície foi demarcada através das mudanças de padrões observadas nas curvas de raio-gama e DT (sônico) (Fig. 12). As variações faciológicas mencionadas

acima, podem ser inferidas nos perfis dos poços, marcadas por um aumento nos valores de raios-gama (depósitos lacustres) ou por uma mudança no padrão de raios-gama (passagem de um padrão serrilhado – AFCFE, para um padrão em caixote – AFLE) (Fig. 12).

O topo desta sequência não foi observado em campo, sendo definida em poços por discordância angular com os conglomerados da Fm. Morro do Barro e da Fm. Urucutuca (Fig. 13).

## **EVOLUÇÃO SEDIMENTAR E FATORES CONTROLADORES**

Conforme discutido anteriormente, os depósitos fluvio-eólicos da Formação Sergi na Bacia de Almada podem ser individualizados em três sequências deposicionais distintas. A acumulação de sequências deposicionais continentais, bem como o desenvolvimento de suas discordâncias limítrofes reflete o balanço entre as taxas de acomodação (A) e de suprimento sedimentar (S) (Martinsen *et al.* 1999). Contextos onde a razão A/S é maior que 1 são caracterizados por inundações lacustres, visto que o suprimento sedimentar não é suficiente para preencher todo o espaço de acomodação disponível. Por sua vez, se a razão A/S ficar entre 0 e 1, o suprimento sedimentar preenche toda a acomodação criada com depósitos fluviais e/ ou eólicos. Finalmente, quando a razão A/S é negativa, ocorre a erosão de sedimentos previamente depositados, resultando no desenvolvimento de uma discordância subaérea (limite de sequências).

A Sequência I marca o primeiro episódio deposicional da bacia, estando em contato direto com o embasamento cristalino. Para ocorrer agradação e conseqüente acumulação sedimentar é necessária uma razão A/S positiva. A dominância de depósitos fluviais e eólicos nesta unidade, sem o desenvolvimento de depósitos lacustres, indica que embora positiva, a razão A/S encontrava-se entre 0 e 1. Internamente, a Sequência I apresenta uma sucessão estratigráfica bem definida, caracterizada por depósitos fluviais na base (AFCFE), seguida por estratos eólicos no topo (AFDE/ AFIE). Esta mudança nas características deposicionais deve estar associada a oscilações climáticas de longa duração, provavelmente relacionados a ciclos orbitais (ciclos de Milankovitch). Estes ciclos climáticos são gerados como última conseqüência de mudanças na insolação terrestre. A atmosfera acomoda estas mudanças no aquecimento através do ajuste da distribuição das células de pressão atmosférica e dos padrões de circulação. Combinadas a estas mudanças, alteram-se os padrões de evaporação e precipitação (Perlmutter & Azambuja Filho 2005). Períodos relativamente mais úmidos são caracterizados por um aumento da taxa de precipitação e conseqüente aumento do escoamento de águas superficiais, favorecendo o desenvolvimento de sistemas fluviais. Por outro lado, períodos áridos além de reduzirem a atividade fluvial, aumentam a capacidade de transporte de sedimentos eólicos, favorecendo a acumulação eólica (Kocurek 1988, Kocurek & Havholm 1993).

Regionalmente, os depósitos fluviais e eólicos da Sequência I representam as porções proximais a sul de um sistema desértico desenvolvido em uma ampla e contínua bacia endorreica (Küchle *et al.* 2011). A paleocorrente para NE da AFCFE indica que o sistema fluvial tinha como área fonte o embasamento cristalino a SW (Küchle *et al.* 2011). O padrão de ventos marcado pelas paleocorrentes para SW das dunas eólicas é concordante ao modelo quantitativo de circulação atmosférica desenvolvido por Scherer e Goldberg (2007, 2010). Este modelo indica que um regime de ventos de monções predominava nas baixas latitudes do Gondwana durante o Jurássico Superior.

As sequências I e II são limitadas por discordância regional ocasionada por razão A/S negativa. A acumulação da Sequência II foi associada com uma nova subida no nível de base estratigráfico, resultando em uma razão A/S positiva. Esta unidade foi depositada dentro de uma ampla planície aluvial caracterizada por cinturões de canais entrelaçados com uma paleocorrente para NE. A dominância de corpos arenosos de canais fluviais amalgamados, sem a preservação de depósitos de planície de inundação indica uma baixa taxa de criação de acomodação, com uma razão A/S positiva, mas próxima a zero (Miall 1996, Martinsen *et al.* 1999). A passagem da Sequência I para Sequência II representa uma mudança climática para condições mais úmidas. Neste estágio a capacidade fluvial de transporte de sedimentos volta a aumentar, possibilitando a reinstalação de um sistema fluvial. Através da análise de paleocorrentes em bacias adjacentes (Recôncavo, Tucano, Sergipe-Alagoas e Gabão) e correlação em perfis gama, sugere-se que a LS2 corresponda também a uma reorganização tectônica da bacia em escala regional (Küchle *et al.* 2011). Durante este rearranjo tectônico, desenvolvem-se altos estruturais internos à bacia causando o redirecionamento das

drenagens existentes, conseqüentemente alterando os padrões de paleocorrentes nas porções distais do sistema aluvial. Como a Bacia de Almada representa a porção mais proximal a Sul desta grande bacia, as paleocorrentes não apresentam mudanças significativas em relação à Sequência I. Sendo assim, o que anteriormente era uma ampla e contínua bacia endorreica com padrão centrípeto de drenagens, passa a ser uma bacia com altos estruturais internos que definem depocentros isolados, embora ainda com uma grande extensão lateral (Küchle *et al.* 2011).

A Sequência III é limitada na base por uma discordância regional que marca um novo evento de razão A/S negativa. A Sequência III, diferentemente das Sequências I e II, não possui a mesma uniformidade lateral das associações de fácies ao longo da Bacia de Almada. Nas áreas ao Sul da bacia, desenvolvem-se lençóis de areia eólicas sobrepostos às fácies fluviais da Sequência II. Já nas regiões a NE da bacia, fácies lacustres ocorrem em contato direto com a Sequência II.

A partir dessas observações assume-se que a Sequência III tenha sido depositada sob um regime de subsidência diferencial, associado a um rearranjo interno dos depocentros da bacia, possivelmente seguindo uma tendência tectônica regional iniciada na Sequência III. Nessas condições o espaço de acomodação gerado é heterogêneo ao longo da bacia, promovendo o desenvolvimento de diferentes associações de fácies em áreas mais restritas. Além disso, a taxa de criação de espaço de acomodação é maior (razão A/S maior que 1), possibilitando o desenvolvimento de ambientes lacustres. Segundo Küchle *et al.* (2011) este afogamento lacustre tem uma expressão regional, podendo ser observado nas bacias de Camamu e Recôncavo, marcando o início do estágio de desenvolvimento de meios-grábens que compartimentou definitivamente a ampla sinéclise existente na Sequência I e, em menor extensão, na Sequência II. Este estágio tectônico foi denominado por Küchle *et al.* (2011) como Trato Tectônico de Desenvolvimento de Meio Gráben, enquanto a fase de sinéclise, onde acumulou-se as Sequências I e II, configura o Trato Tectônico de Início de Rifte.

## CONCLUSÕES

- A Formação Sergi na Bacia de Almada pode ser subdividida em três sequências deposicionais geneticamente relacionadas. As Sequências I e II correspondem ao intervalo litoestratigráfico da Formação Sergi e a Sequência III abrange o topo da Formação Sergi mais a Formação Itaípe. Esta divisão faz parte de um arcabouço definido regionalmente para diversas bacias do nordeste brasileiro e África (Küchle *et al.* 2011).

- A Sequência I possui entre 40 e 70 m de espessura sendo composta pelas AFCFE, AFDE e AFIE. Os depósitos de canais fluviais formam complexos amalgamados multilaterais e multiepisódicos e são preenchidos por sucessões com granodecrescência ascendente. As litofácies presentes são Gt, Gh, G, St, Sl e Sh. As paleocorrentes medidas na AFCFE indicam paleofluxos dos canais para o quadrante NE. A AFDE é formada por arenitos finos a médios dispostos em *sets* de estratificação cruzada acanalada com até 4 m de espessura. Os estratos cruzados são formados por depósitos de fluxo de grãos e por laminações de marcas onduladas eólicas. A AFIE é composta por arenitos finos a médios com estratificação plano-paralela formada exclusivamente por laminações de marcas onduladas eólicas. A paleocorrente medida nos estratos cruzados eólicos indica a migração das paleodunas para o quadrante SW.

- A Sequência II possui 15 a 45 m de espessura, sendo formada exclusivamente pela AFCFE. A arquitetura deposicional é semelhante à da Sequência I, com corpos arenosos formando complexos amalgamados multilaterais e multiepisódicos. Estes corpos, interpretados como depósitos de canais fluviais, são preenchidos por ciclos granodecrescentes compostos pelas litofácies Gt, Gh, Gm, St, Sh, Sl e Sm. A paleocorrente obtida nesta Sequência indica um paleofluxo destes canais para NE.

- A passagem da Sequência I para Sequência II marca um rearranjo tectônico em escala regional, definido através de correlações realizadas em diversas bacias do Nordeste brasileiro (Küchle *et al.* 2011). Nesta fase, o que anteriormente era uma ampla e contínua bacia endorreica com padrão centrípeto de drenagens, passa a ser uma bacia com altos estruturais internos que definem depocentros isolados, embora ainda com uma grande extensão lateral.

- A Sequência III possui até 100 m de espessura sendo formada pelas associações de fácies de lençóis de areia eólicas e lacustre. Os depósitos eólicos estão contidos em um delgado pacote de arenito médio com estratificação cruzada de baixo ângulo. As estratificações são compostas

essencialmente por laminações de marcas onduladas eólicas. Na porção sul da bacia, estes lençóis de areia eólicas são sobrepostos pela associação de fácies lacustre. Já na porção norte, os depósitos fluviais da Sequência II são cobertos diretamente por depósitos lacustres.

- A partir da Sequência III interpreta-se que o regime de subsidência passe a ser diferencial ao longo da Bacia de Almada. Neste intervalo, formam-se depocentros isolados dentro da bacia causando uma distribuição mais restrita das associações de fácies. Adicionalmente, o espaço de acomodação gerado é maior, possibilitando a formação de ambientes lacustres. Regionalmente, esse estágio é interpretado como o início da formação de meios-grábens (Trato Tectônico de Desenvolvimento de Meio-Gráben).

### ***Agradecimentos***

Agradecemos à Petrobrás pelo financiamento do projeto de pesquisa que originou este estudo. À ANP por ceder os poços utilizados neste trabalho. Ao Instituto de Geociências da UFRGS pela infra-estrutura e recursos humanos disponibilizados ao longo da execução deste artigo. E finalmente a toda equipe do Projeto Rifte pelas grandes discussões e apoio durante as etapas de campo e laboratório.

### **Referências**

- Almeida F.F.M., Hasui Y., De Brito Neves B.B, Fuck R.A. 1981. Brazilian Structural Provinces: An Introduction. *Earth Sciences Reviews*, **17**: 1-29.
- Barbosa J.S.F. 1990. The granulites of the Jequié complex and Atlantic mobile belt, southern Bahia, Brazil – Na expression of Archean-Proterozoic plate convergence. *In: D. Vielzeuf, P. Vidal. (eds.) Granulites and crustal evolution. Dordrecht, Kluwer, p.:195-221.*
- Beerbower J.R. 1964. Cyclothems and cyclic depositional mechanisms in alluvial plain sedimentation, *In: D. F. Merriam (ed.). Symposium on cyclic sedimentation, 169(1), Kansas Geological Survey Bulletin, p.:31-42.*
- Bordy E.M., Hancox P.J., Rubidge B.S. 2004. Fluvial style variations in the Late Triassic-Early Jurassic Elliot formation, main Karoo Basin, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, **38**: 383-400.
- Bosence D.W.J. 1998. Stratigraphic and sedimentological models of rift basins. *In: B.H. Purser, & D.W.J. Bosence (ed.) Sedimentation and Tectonics in Rift Basins: Red Sea-Gulf of Aden. Chapman & Hall, p.:9-25.*
- Blum M.D. & Törnqvist T.E. 2000. Fluvial response to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, **47**:2-48
- Carvalho K.W.B. 1965. Geologia da Bacia Sedimentar do Rio Almada. *Boletim técnico da Petrobrás*, **8(1)**:5-55.
- Chang H.K. & Kowsmann R.O. 1987. Interpretação genética das seqüências estratigráficas das Bacias da Margem Continental Brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, **17(2)**: 74-80.
- Dias Filho D. C. 2002. Arquitetura estratigráfica da Fm. Sergi na porção centro-oeste da Bacia do Recôncavo. *Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 94 p.*
- Gawthorpe R.L. & Leeder M.R. 2000. Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins. *Basin Research*, **12**:195-218.
- Gold D.P. 1980. Structural Geology. *In: D.S. Siegal (ed.). Remote Sensing in Geology. New York, p.:419-483.*

- Gontijo G.A., Milhomem P.S., Caixeta J.M., Dupuy I.S.S., Menezes P.E.L. 2007. Bacia de Almada. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **51**(2):463-473.
- Hirst J.P.P. 1991. Variations in alluvial architecture across the Oligo-Miocene Huesca fluvial system, Ebro Basin, Spain. *In: A. D. Miall & N.Tyler (eds.) The three dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. Soc. Econ. Paleont. Miner.*, 3, Concepts Sediment. Paleont, p.:11-21.
- Hunter R.E. 1977. Basic types of stratification in small eolian dunes. *Sedimentology*, **24**:361-387.
- Inda H.A.V. & Barbosa J.F. 1978. Mapa Geológico do Estado da Bahia, ao milionésimo. Salvador, Secretaria das Minas e Energia, CBPM. 13 p. (Texto Explicativo).
- Ingersoll R.V., Devaney K.A., Gelsin J.K., Cavazza W., Diamond D.S., Heins W.A., Jagiello K.J., Marsaglia K.M., Paylor E.D., Short P.F. 1996. The Mud Hills, Mojave Desert, California: Structure, stratigraphy, and sedimentology of a rapidly extended terrane. *In: K. K. Beratan (ed.) Reconstructing the History of Basin and Range Extension Using Sedimentology and Stratigraphy: Boulder, Colorado. Geological Society of America*, p.:61-84. (Special Paper 303).
- Kocurek G. 1988. First-order and super bounding surfaces in eolian sequences - Bounding surfaces revisited. *Sedimentary Geology*, **56**(1):193-206.
- Kocurek G., Havholm K.G., Deynoux M., Blakey R.C. 1991. Amalgamated accumulations resulting from climatic and eustatic changes, Akchar Erg, Mauritania. *Sedimentology*, **38**(4):751-772.
- Kocurek G. & Havholm K.G. 1993. Eolian sequence stratigraphy – a conceptual framework. *In: P. Weimer & H. W. Posamentier (eds.) Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications*, 52, Soc. Econ. Paleont. Miner. Special publication p.:393-409.
- Küchle J., Holz M., Brito A.F., Bedregal R.P. 2005. Análise estratigráfica de bacias rifte: aplicação de conceitos genéticos nas bacias de Camamu-Almada e Jequitinhonha. *Boletim de geociências da Petrobrás*, **13**(2):227-244.
- Küchle J, Scherer C.M.S., Born C.C., Adegas F. 2011. A contribution to regional stratigraphic correlations of the Afro-Brazilian depression – The Dom João Stage (Brotas Group and equivalent units – Late Jurassic) in Northeastern Brazilian sedimentary basins. *Journal of South American Earth Sciences*, **31**:358-371
- Langford R.P. & Chan M.A. 1988. Flood surfaces and deflation surfaces within the Cutler Formation and Cedar Mesa Sandstone (Permian), southeastern Utah. *Geological Society of America Bulletin*, **100** (10):1541-1549.
- Langford R. P. 1989. Fluvial-aeolian interactions: Part I, modern systems. *Sedimentology*, **36** (6):1023-1035.
- Martinsen O.J., Ryseth A., Helland-Hansen W., Flesche H., Torkildsen G., Idil S. 1999. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ericson Sandstone (Campanian), Rock Springs Uplift, SW Wyoming, USA. *Sedimentology*, **46**:235- 259.
- McClay K.R., Insley M.W, Anderton R. 1989. Inversion of the Kechika trough, Northeastern British Columbia, Canadá. *In: M.A. Cooper and G.D. Williams (eds) Inversion Tectonics. London, Geol. Soc. London*, p.:235-257. (Special Publication, n. 44).
- Miall A.D. 1988. Facies Architecture in clastic sedimentary basins. *In: K. L. Kleinspehn & C. Paola (eds.) New perspectives in basin analysis*, Berlin, Springer-Verlag, p.:67-81.
- Miall A.D. 1999. Principles of sedimentary basin analysis. 3. ed. Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo: Springer,. 616 p.

- Miall A.D. 2006. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology: Springer-Verlag Inc., Heidelberg, 582 p.
- Moore R.C. 1949. Meaning of facies: Geological Society of America Memoir, **39**:1-34.
- Mountney N. & Howell J. 2000. Aeolian architecture, bedform climbing and preservation space in the Cretaceous Etjo Formation, NW Namibia. *Sedimentology*, **47**(4):825-849.
- Netto A.S.T. 1993. Carta Estratigráfica da Bacia de Almada. Disponível em: [http://www.brasil-rounds.gov.br/geral/cartas/ce\\_almada.pdf](http://www.brasil-rounds.gov.br/geral/cartas/ce_almada.pdf). Acessado em 23 out 2007.
- Netto A.S.T. & Sanches C.P. 1991. Roteiro geológico da bacia do Almada, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, **21**(2):186-198.
- Netto A.S.T., Filho J.R.W & Feijó F.J. 1994. Bacias de Jacuípe, Camamu e Almada. *Boletim de geociências da Petrobrás*, **8**(1):173-184.
- Nichols G. J. & Fisher J. A. 2007. Processes, facies and architecture of fluvial distributary system deposits. *Sedimentary geology*, **195**:75-90.
- Ojeda H.A.O. 1983. Estrutura e evolução das Bacias Mesozóicas Emersas da Margem Continental Brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, **13**(2):71-83.
- O'Leary I.W., Friedman J.D., Pohn H.A. 1976. Lineaments, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. *Geology Society of America Bulletin*, **87**:1463-1469.
- Oliveira F. M. 2005. Análise estratigráfica da Formação Sergi, Campo de Fazenda Bálsamo, Bacia do Recôncavo, Bahia. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 172 p.
- Perlmutter M.A. & Azambuja Filho N.C. 2005. Cicloestratigrafia: teoria e técnicas. *Revista Brasileira de Geociências*, **35**:1-12.
- Pierini C., Mizusaki A.M., Pimentel N., Faccini U. F., Scherer C. M.S. 2010. Paleoweathering features in the Sergi Formation (Jurassic – Cretaceous), northeastern Brazil, and implications for hydrocarbon exploration. *Journal of South American Earth Sciences*, **29**:412-426
- Prosser S. 1993. Rift-related depositional systems and their seismic expression. *In*: G. D. William & A. Dobb (ed.) *Tectonics and seismic sequence stratigraphy*, 71, Geol. Soc. Lond. special publication, p.:35- 66.
- Prothero D.R. *Interpreting the stratigraphic record*. 4 ed. New York: W. H. Freeman & Company, 1989. 410 p.
- Rubin D.M. & Hunter R.E. 1983. Reconstructing bedform assemblages from compound crossbedding. *In*: M. E. Brookfield, & T. S. Ahlbrandt (eds.) *Eolian sediments and processes*. Elsevier, Amsterdam, p.:407-427.
- Scherer C.M.S & Goldberg K. 2010. Cyclic cross-bedding in the eolian dunes of the Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin: Inferences about the wind regime. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, **296**:103-110.
- Scherer C.M.S., Lavina E.L.C., Filho D.C.D., Oliveira F.M., Bongioiolo D.E., Aguiar E.S. 2007. Stratigraphy and facies architecture of the fluvial-aeolian-lacustrine Sergi Formation (Upper Jurassic), Recôncavo Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, **194**(3-4):169-193.
- Scherer C.M.S., Lavina E.L.C. 2005. Sedimentary cycles and facies architecture of aeolian-fluvial strata of the Upper Jurassic Guará Formation, southern Brazil. *Sedimentology*, **52**:1323-1341.
- Shanley K.W., McCabe, P. J. 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull*, **78**:544-568.
- Sharp R. P. 1963. Wind ripples. *Journal of Geology*, **71**:617-636.



da Silva H.T.F. 1996. Análise cronoestratigráfica de rifts intracontinentais: reflexões sobre os conceitos e a nomenclatura em uso. *Boletim de geociências da Petrobrás*, **10**(1/4): 5-17.

Simons D. B., Richardson E. V., Nordin C. F. 1965. Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels. *In: G. V. Middleton (ed.) Primary Sedimentary structures and their hidrodynamic interpretation*, 12, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, p.:34-52.

Spalletti L. A. & Piñol F. C. 2005. From Alluvial Fan to Playa: An Upper Jurassic Ephemeral Fluvial System, Neuquén Basin, Argentina. *Gondwana Research*, **8**(3):363-383.

Sweet M.L. 1999. Interaction between aeolian, fluvial and playa environments in the Permian Upper Rotliegend Group, UK southern North Sea. *Sedimentology*, **46**(1):171-187.

Teichert C. 1958. Concepts of fácies: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, **42**:2718-2744.

Vail P.R., Mitchum Jr. R.M., Todd R.G., Widmier, J.M., Thompson III S., Sangree J.B., Bubb J.N., Hatlelid W.G. 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. *In: C. E. Payton (ed.) Seismic Stratigraphy - Applications to Hydrocarbon Exploration*, (memoir #26), Tulsa, AAPG, p.:49-212