



**ARQUITETURA DE FÁCIES E EVOLUÇÃO ESTRATIGRÁFICA DO
SISTEMA FLUVIAL INFLUENCIADO POR MARÉ DO TOPO DA FORMAÇÃO
TOMBADOR (MESOPROTEROZÓICO), CHAPADA DIAMANTINA-BA**

Porto Alegre

2011

OLAVO COLLARES POESTER

**ARQUITETURA DE FÁCIES E EVOLUÇÃO ESTRATIGRÁFICA DO
SISTEMA FLUVIAL INFLUENCIADO POR MARÉ DO TOPO DA
FORMAÇÃO TOMBADOR (MESOPROTEROZÓICO), CHAPADA
DIAMANTINA-BA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Claiton M. S. Scherer

Supervisor: Alexandre Scussel Zanatta

Porto Alegre

2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DEPARTAMENTO DE
GEOLOGIA CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso **“ARQUITETURA DE FÁCIES E EVOLUÇÃO ESTRATIGRÁFICA DO SISTEMA FLUVIAL INFLUENCIADO POR MARÉ DO TOPO DA FORMAÇÃO TOMBADOR (MESOPROTEROZÓICO), CHAPADA DIAMANTINA-BA”**, elaborado por **“OLAVO COLLARES POESTER”**, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Dr. Juliano Kuchle

Prof^a. Dr^a. Karin Goldberg

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu avô Cyro e ao meu tio Carlos. Poucos foram os momentos que passamos juntos e não tive a oportunidade agradecer por tudo que me ensinaram. A vocês dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em todos os textos gerados neste trabalho, este tem uma atenção especial. Seis anos passei estudando geologia para então concluir com o trabalho aqui apresentado. Neste período, grandes conquistas alcancei graças aos amigos e familiares. Agradecer é reconhecer o apoio e demonstrar seu valor, especialmente quando as pessoas não têm obrigação nenhuma de nos ajudar. Uso este espaço para agradecer a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram na geração desta monografia.

Agradeço a todos os amigos conquistados neste período por estarem comigo me ajudando e nos divertindo em diversos momentos. Agradeço em especial Álden, Amós, Camila, Digo Taffarel, Dóda, Féra, Guga, Greg, Isadora, Jepeto, Jesus, Joãozito, Leléco, Maciel, Muca, Panca, Passarinho, Pirita, Sandro, Thamy e Zazá.

Aos amigos e colegas de trabalho. Obrigado Adriano, Fábio, Adri e Bozzeti por me ajudarem e serem prestativos. Obrigado Amandinha por ser sempre carinhosa. Obrigado Rê pelo carinho e por ter ficado braba as vezes que errei, pois muito aprendi com isso. Obrigado Carlinhos por ajudar nos problemas burocráticos, a mexer no xerox e pelas boas risadas. Obrigado Manu e Ale pelas ajudas e por terem ficado brabos quando errei (também). Obrigado Ana por ser tão querida e prestativa. Obrigado Juliano por tudo que me ensinasse de geologia e que me aconselhou. Muito aprendi no período que trabalhei aqui com todos vocês. Obrigado professor, orientado e amigo Claiton por tudo. Mesmo sempre sem tempo, tu achas tempo para ajudar.

Agradeço àquelas pessoas que são especiais para mim. Obrigado mãe e pai por terem me ensinado o real valor da vida e por fazerem eu saber valorizar tudo aquilo que de alguma forma aparece em meu caminho. Ao meu irmão Gabriel por, entre inúmeras outras ajudas, ter me influenciado a entrar na geologia. A Nati, que um dia foi uma pessoa desconhecida pra mim, hoje é a mais querida e estimada amiga.

Obrigado Fabinho por entender minha falta de tempo quando tínhamos que fazer algum trabalho da Plante.

A todos vocês, meu eterno agradecimento.

RESUMO

Ambientes estuarinos apresentam uma arquitetura de fácies bastante complexa que envolve uma dinâmica híbrida em processos aluviais e marinhos, destacando-se correntes induzidas por maré. Entretanto existem poucos trabalhos discutindo a zonas de mistura entre a porção do estuário dominada por maré e aquela onde imperam os processos fluviais, principalmente quando se trata de rochas de idades Pré-Cambrianas. Sabendo que o topo da Formação Tombador, Bacia do Espinhaço (Mesoproterozóico), compreende depósitos estuarinos, este trabalho traz um detalhamento da arquitetura deposicional de alta resolução dessa sucessão.

Para tanto foi selecionado um afloramento, denominado Cachoeira, com mais de 200 metros de extensão em um corte subparalelo a paleocorrente e com moderado declive, possibilitando o empilhamento de aproximadamente 55 metros de seção vertical. A partir do levantamento de um perfil colunar aliado a um detalhamento de perfis laterais foi possível descrever as litofácies e definir os elementos arquiteturais e superfícies limítrofes. O afloramento foi subdividido em dois intervalos (Intervalo Inferior e Intervalo Superior) com associações de fácies distintas separados por uma superfície erosiva, reconhecida como Limite de Sequência Depositional. No Intervalo Inferior foram reconhecidas três litofácies e foi interpretado como um sistema eólico seco. O Intervalo Superior teve maior detalhamento. Nele foram reconhecidas oito litofácies, cinco Elementos Arquiteturais e cinco ordens de Superfícies Limítrofes. Os depósitos deste limite foram gerados no Trato de Sistema Transgressivo na forma de rios entrelaçados profundos que sofreram influência da maré. Este tipo de deposição, em um estuário, é desenvolvido muito próximo ao seu limite em direção ao continente.

Palavras-Chave: Formação Tombador. Depósitos Estuarinos. Elementos Arquiteturais. Arquitetura de Fácies.

ABSTRACT

Estuarine environments have a very complex facies architecture that involves an alluvial and marine processes, especially induced by tidal currents. However, there are few studies discussing the mixing zones between the portion of the estuary dominated by tides and one where fluvial processes are imperative, especially when it comes to rock of Precambrian age. This paper presents a detailed architecture of this high-resolution depositional sequence of the estuarine section that occurs at the top of Tombador Formation, (Mesoproterozoic), Espinhaço Basin.

For this, was selected an outcrop, known as Cachoeira, with over 200 meters long in a subparallel cut to paleocurrent and moderate slope, enabling the stacking of approximately 55 meters in a vertical section. From the survey of a vertical profile combined with a detailed lateral profile was possible to describe lithofacies and define the architectural elements and surfaces bounding. The outcrop was divided in two intervals (Upper and Lower Interval) with different facies association separated by an erosive surface, known as depositional sequence boundary. The Lower Interval is composed by three lithofacies, that are interpreted as a dry aeolian system. The upper interval is characterized by eight lithofacies, five architectural elements and five orders of Boundary Surfaces. The upper interval was deposited in transgressive system tracts in the form of braided rivers that was influenced by tidal currents. This type of deposition, in an estuary, is developed very close to its limit toward the mainland.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de localização	14
Figura 2: O Cráton do São Francisco e suas Faixas Móveis Marginais. Modificado de Almeida (1981).....	16
Figura 3: Mapa geológico da Chapada Diamantina Oriental. Para este mapa, foi usada como base o Mapa Geológico do Estado da Bahia da CPRM (2003).	18
Figura 4: Carta estratigráfica da Chapada Diamantina. Modificado de Guimarães et. al. (2005).	19
Figura 5: Modelo utilizado em campo para levantamento do perfil colunar a partir da descrição das litofácies. Nele contém uma legenda das principais estruturas geradas em processos eólicos e fluviais, espaço para escrever a coordenada UTM do afloramento, além da data da descrição e a escala adotada.....	22
Figura 6: Elementos arquiteturais básicos de canais fluviais (modificado de Miall, 1988).	25
Figura 7: Elementos arquiteturais básicos externos ao canal fluvial (baseado em Miall, 1996).	26
Figura 8: Diagrama esquemático mostrando a causa da distorção gerada quando um afloramento tem sua face inclinada. As linhas paralelas representam linhas verticais na face do afloramento e a linha tracejada é uma reta horizontal. Na parte superior da foto há uma distorção porque o campo de visão da câmera aumenta com a distância da câmera.	30
Figura 9: Diagrama esquemático mostrando a posição da câmera em relação ao afloramento. Desenho "a" mostra um caso sem distorção, enquanto "b" e "c" mostram distorções geradas quando o afloramento é muito grande em relação à distância da câmera até o afloramento e quando há uma inclinação na face do afloramento, respectivamente.	30
Figura 10: Classificação de estuários (REISON, 1992).....	33
Figura 11: (A) Mapa esquemático de um estuário dominado por maré. Note a presença de barras próximas ao mar e a corrente dominante em cada porção do estuário. (B) Variação longitudinal dos três principais processos físicos e a resultante de interação deles. (C) Variação longitudinal da fração areia, sedimento em suspensão. (DALRYMPLE & CHOI, 2007).....	34

Figura 12: Modelo simplificado representando a mudança dos padrões das correntes na transição do domínio dos rios (à direita) e do domínio das marés (à esquerda). E = Corrente de enchente; V = corrente vazante. (DALRYMPLE & CHOI, 2007).....	35
Figura 13: Esboço esquemático de distribuição de energia das marés e fluvial em um rio hipotético retirado de Martinius & Gowland (2011).	35
Figura 14: Legenda das estruturas e granulometria da seção deste trabalho.	37
Figura 15: Perfil colunar do Afloramento Cachoeira.....	38
Figura 16: Gráfico mostrando a distribuição relativa das litofácies descritas no Intervalo Inferior do afloramento Cachoeira.	39
Figura 17: Transição entre sistemas eólicos úmidos e secos, marcada por um aumento na disponibilidade de areia (KOCUREK & HAVHOLM, 1993).	42
Figura 18: Gráfico mostrando a distribuição relativa das litofácies descritas no Intervalo Superior do afloramento Cachoeira.	43
Figura 19: Fotografias interpretadas da litofácies St contendo laminações cruzadas de marcas onduladas com sentido contrário subindo a parte frontal da duna.....	46
Figura 20: Fotografia interpretada da litofácies St com reativação marcada pela linha preta mais grossa.	46
Figura 21: Litofácies descritas no afloramento Cachoeira: (A) arenito com estratificação cruzada tangencial (St); (B) arenito com estratificação cruzada planar (Sp); (C) arenito com laminação cruzada de marcas onduladas (Sr); (D) arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl); (E) arenito com estratificação cruzada sigmoidal (Sg); (F) arenito maciço (Sm).....	50
Figura 22: Litofácies descritas no afloramento Cachoeira: (A) arenito laminações onduladas truncadas; (B) arenito com intercalação entre marcas onduladas e laminações finas maciças (Ht).....	51
Figura 23: Associação de fácies de dunas eólicas: (A) arenito com estratificação cruzada tangencial (St(e)); (B) arenito com estratificação cruzada planar (Sp(e)) e (C) arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl(e)).	51
Figura 24: Sucessão vertical de uma barra composta. Ao lado, a relação de direção de mergulho das superfícies de acreção e dos sets de estratificações cruzadas. Notar que as dunas sobrepostas à barra migram obliquamente a ela.....	56

Figura 25: Figura comparativa entre a direção de mergulho das superfícies de acresção e das estratificações cruzadas.....	57
Figura 26: Fotomosaico interpretado. Notar as diversas litofácies, elementos arquiteturais e superfícies limítrofes que compõem esta parte do afloramento. Notar também o sentido de mergulho dos elementos DA e LA com os respectivos dados de paleocorrente das superfícies de acresção e dos estratos cruzados.....	59
Figura 27: Fotomosaico interpretado. Esta porção do afloramento é dominado pelo elemento arquitetural SB e composto essencialmente pela litofácies St.....	60
Figura 28: Modelo análogo de um rio entrelaçado usando como exemplo o rio Brahmaputra. Notar a presença dos mesmos elementos arquiteturais encontrados no afloramento.....	61
Figura 29: No sistema hipsincrônico as variações de maré e velocidade da corrente aumentam à medida que se aproximam da terra, pois a onda que entra é comprimida e afinada para dentro do estuário, até que o atrito excessivo faz com que elas diminuam a velocidade até o limite com o rio (Modificado de DALRYMPLE & CHOI, 2007).....	64
Figura 30: Fotomosaico 3 interpretado, incluindo (i) o contato dos arenitos eólicos com os arenitos fluviais marcado pela linha tracejada e (ii) o adelgaçamento dos foresets da litofácies Sp no período de alinhamento da Terra e Lua (Spring), causada pela desaceleração da migração da duna pela influência das correntes de maré (enchente).....	65
Figura 31: Seção strike da porção nordeste da Formação Tombador (modificado do projeto PETROBRAS/UFRGS). Em destaque o perfil colunar gerado no Afloramento Cachoeira. Notar a forma de cunha do pacote gerado no sistema fluvial influenciado por maré do topo e as paleocorrentes de todos os sistemas fluviais com sentido preferencial para N.....	67

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	<i>Justificativa</i>	12
1.2.	<i>Caracterização do problema</i>	12
1.3.	<i>Objetivo</i>	13
2.	CONTEXTO GEOLÓGICO	15
3.	METODOLOGIA	20
3.1.	<i>Perfis colunares</i>	20
3.2.	<i>Fotomosaicos</i>	29
3.3.	<i>Levantamento bibliográfico</i>	31
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
	Intervalo Inferior	
5.1.	<i>Descrição das litofácies</i>	39
5.2.	<i>Sistema Depositional</i>	41
	Intervalo Superior	
5.3.	<i>Descrições das litofácies</i>	43
5.4.	<i>Superfícies limítrofes</i>	52
5.5.	<i>Elementos arquiteturais</i>	53
5.6.	<i>Sistema deposicional</i>	61
5.7.	<i>Estratigrafia de Sequência</i>	66
6.	CONCLUSÕES	68
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

Nesta parte, temas como justificativa, caracterização do problema e objetivos serão abordados.

1. 1. Justificativa

Durante as últimas décadas foram realizados inúmeros estudos em depósitos de sistema de maré recentes (e.g. FENIES & FAUGÈRES, 1998) e antigos (e.g. LEVELL, 1980). Entretanto existe uma carência de trabalhos focando a sedimentologia em zona de transição do sistema de maré para o sistema fluvial dentro de um ambiente estuarino (e.g. LANIER, *et al.*, 1993; BJÖRKLUND, 2005; FISCHBEIN, *et al.*, 2009; MARTINIUS & GOWLAND, 2011), principalmente quando se trata destes depósitos no Pré-Cambriano. Esta zona de transição resulta em depósitos fluviais influenciados pela ação de correntes de maré. A falta de dados resulta do fato das rochas desta idade estar, na maioria dos casos, metamorfasadas e deformadas, dificultando a visualização das estruturas sedimentares e porque características sedimentológicas desta zona são difíceis de reconhecer.

Este trabalho contribuirá com o aumento do volume de dados para o reconhecimento de rochas muito antigas, principalmente no que tange ao ambiente estuarino desta idade.

1. 2. Caracterização do problema

A Formação Tombador (Grupo Chapada Diamantina), Mesoproterozóico da Bacia São Franciscana tem sido interpretada como o

registro de um antigo deserto mesoproterozóico formado por depósitos fluviais e eólicos. Recentemente, Raja Gabaglia, G.P. & Arregui, C.D. 2008 reinterpretaram os depósitos correspondentes à base desta formação, na região de Lençóis/BA, como sendo originados em ambiente estuarino. Entretanto, em um recente projeto PETROBRAS/UFRGS (Análise da arquitetura de fácies, geometria e heterogeneidade de sistemas siliciclásticos: o exemplo das Formações Guiné e Tombador (Proterozóico), foi identificado arenitos acumulados em sistemas estuarinos também no topo, na região de Piritiba. Existem excelentes afloramentos de idade Pré-Cambriana na porção leste da Chapada Diamantina incluindo os depósitos de sistemas de fluviais influenciados pela maré da Formação Tombador. Esses afloramentos permitem o exame de seções estratigráficas e estruturas sedimentares bem preservadas, mesmo se tratando de rochas que sofreram processos deformacionais posteriores (DANDERFER et. *al.*, 1993).

A análise de dados de maré atual (Fanerozóico) indica que as premissas básicas sobre os processos de maré do Pré-Cambriano podem ter sido simplificadas, com conseqüente atenuação das incertezas envolvidas (ARCHER et *al.* 1990). Ou seja, os registros destes sistemas dominados por maré no Pré-Cambriano talvez não sejam tão bem relacionáveis com os do Fanerozóico (WILLIAN, 1989a). Outro fator que influencia diretamente nesta correlação é a mudança do clima (atmosfera) durante a evolução da Terra.

1. 3. Objetivo

Por existir uma carência de dados sobre depósitos do topo da Formação Tombador, o presente trabalho busca a compreensão detalhada da arquitetura deposicional de sucessões de sistema fluviais influenciados por maré deste intervalo. Na borda leste da Chapada Diamantina existem excelentes afloramentos correspondentes aos depósitos sedimentares do topo da Formação Tombador. O sistema fluvial influenciado por maré desta formação é exposto em diversos afloramentos, alguns chegando a 100 m de perfil vertical. Para este trabalho foi escolhido um afloramento chave (Figura 1 e Figura 3). Este afloramento, que é denominado de Cachoeira, foi

escolhido por apresentar mais de 200 metros de extensão em um corte subparalelo a paleocorrente e com moderado declive, possibilitando o empilhamento de aproximadamente 55 metros de seção vertical, essencial na análise da arquitetura de fácies e geometria dos corpos de sistemas deposicionais.

Será feita, neste projeto, uma caracterização faciológica e estratigráfica dos depósitos de sistema fluvial influenciado por maré na Formação Tombador a partir de descrições e interpretações das principais associações de fácies através de perfis levantados em escala 1:100, buscando a reconstrução da arquitetura deposicional deste tipo de sistema.

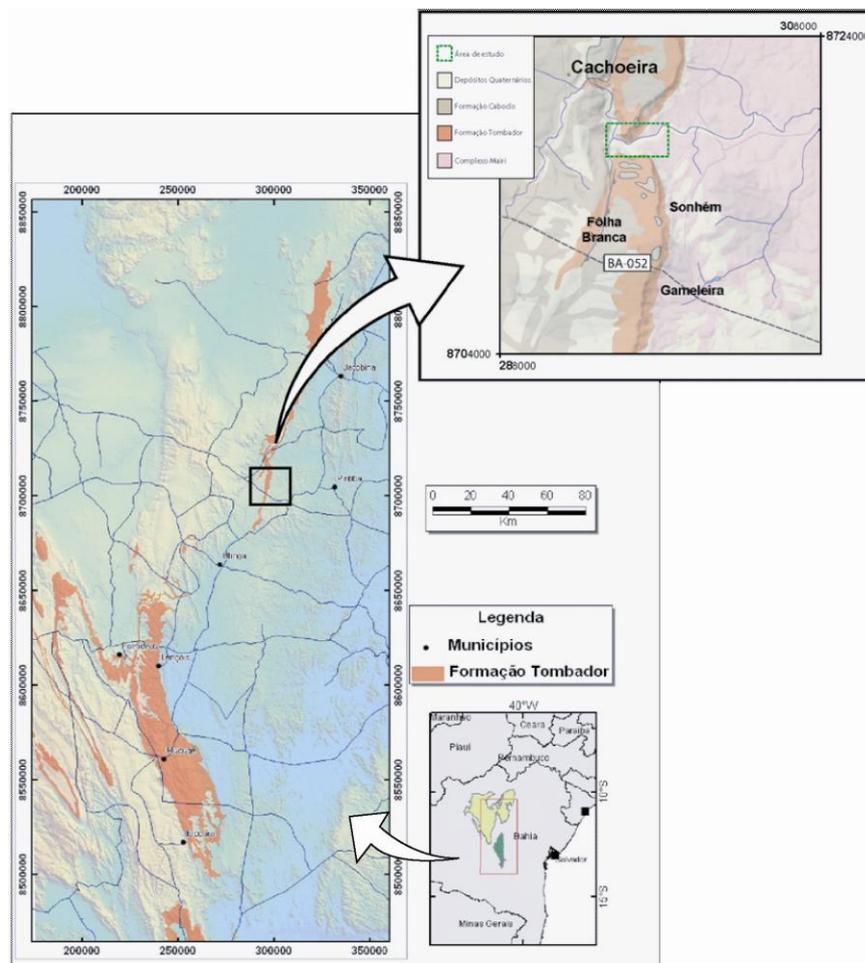


Figura 1: Mapa de localização.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

Neste capítulo será descrito o contexto geológico do trabalho de forma a descrever unidades litotectônicas em escala regional como o Cráton do São Francisco (ALMEIDA, 1981), Aulacógeno do Paramirim (ALKIMIM, 1993) e a Chapada Diamantina. Em seguida será descrita Formação Tombador

O Cráton São Francisco (CSF) (Figura 2) é delimitado a sul-sudeste, pela Faixa Araçuai, a sul pela Faixa Alto Rio Grande, a oeste pela Faixa Brasília, a noroeste pela Faixa Rio Preto, a norte pela Faixa Riacho do Pontal e a nordeste pela Faixa Sergipana, sendo o esforço dessas faixas o resultante para moldar o Cráton no Evento Brasileiro Almeida (1981).

O CSF representa uma porção da crosta continental arqueana, formada por segmentos crustais como o Bloco Gavião, o Bloco Serrinha e o Bloco Jequié (MASCARENHAS et al., 1979), que se chocaram no Evento Transamazônico (2,2-1,8 Ga) e se comprimiram no Brasileiro (640-450 ma).

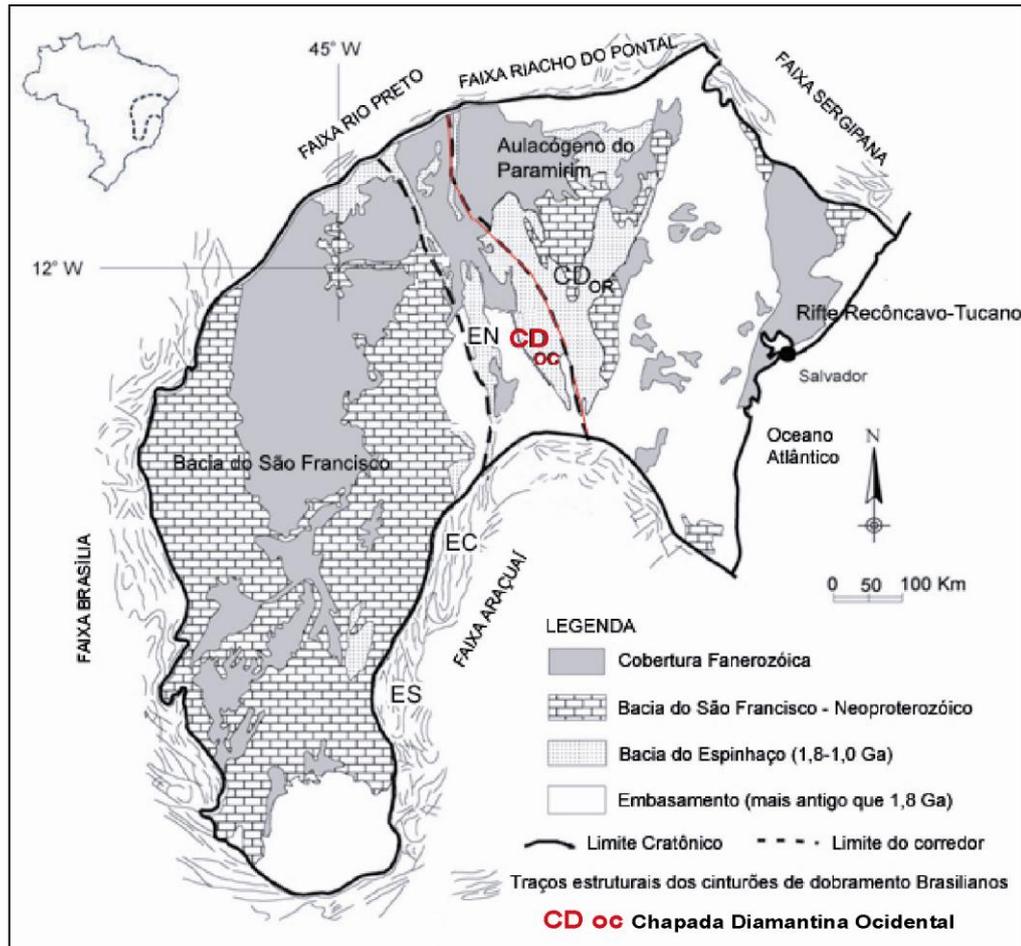


Figura 2: O Cráton do São Francisco e suas Faixas Móveis Marginais. Modificado de Almeida (1981).

A Chapada Diamantina está situada na parte central do CSF, conforme definido Almeida *et al.* (1977). A sua evolução, de acordo com Almeida & Hatsui (1984), se concluiu antes do Mesoproterozóico. Ela pode ser dividida nos domínios Ocidental e Oriental (Figura 3) (JARDIM DE SÁ *et al.*, 1976), devido principalmente a diferenças estruturais, separadas pelo lineamento Barra do Montes – João Correia (CRUZ, 2004). A deposição de suas rochas sedimentares, segundo alguns autores, ocorreu em uma bacia intracratônica do tipo aulacógeno (JARDIM DE SÁ *et al.*, 1976; INDA & BARBOSA, 1978; BRITO NEVES *et al.*, 1979; 1980; JARDIM DE SÁ, 1981; MOUTINHO DA COSTA & INDA, 1982; DOMINGUEZ, 1993). No entanto, Pedreira (1994) estudando a proveniência e a estratigrafia do Supergrupo Espinhaço na Chapada Diamantina Centro-Oriental sugere que este Supergrupo tenha se formado em uma bacia do tipo antepaís.

A sucessão sedimentar na Chapada Diamantina é composta pelo Supergrupo Espinhaço, de idade Mesoproterozóica e pelo Supergrupo São Francisco, de idade Neoproterozóica (Figura 4). O Supergrupo Espinhaço é composto, da base para o topo, pelos grupos Rio dos Remédios, Paraguaçu e Chapada Diamantina, enquanto que o Supergrupo São Francisco é formado pelo Grupo Uma. O Grupo Chapada Diamantina foi inicialmente descrito por Derby (1906) na região de Lençóis-Mucugê e por Branner (1910) na Serra do Tombador, situada entre as cidades de Jacobina e Lages.

A bacia Chapada Diamantina, repositória dos depósitos siliciclásticos/carbonáticos relacionados à Supersequência Tombador/Caboclo, apresenta sucessões estratigráficas verticais diferenciadas, quando considerado todo o seu contexto bacinal. Na borda oriental da bacia, entre Morro do Chapéu e Jacobina, sua sedimentação é eminentemente eólica, constituída por depósitos de dunas, de rios temporários e lençóis de areia. Na região entre Lençóis e Mucugê seu preenchimento começa com depósitos de complexo aluvial, representados por sistemas de leques aluviais e fluviais entrelaçados (DOMINGUEZ, 1996) e estuarinos (RAJA GABAGLIA, 1997), gradando para depósitos marinhos (pelitos, cherts, carbonato, sílex, etc) representantes da formação Caboclo.

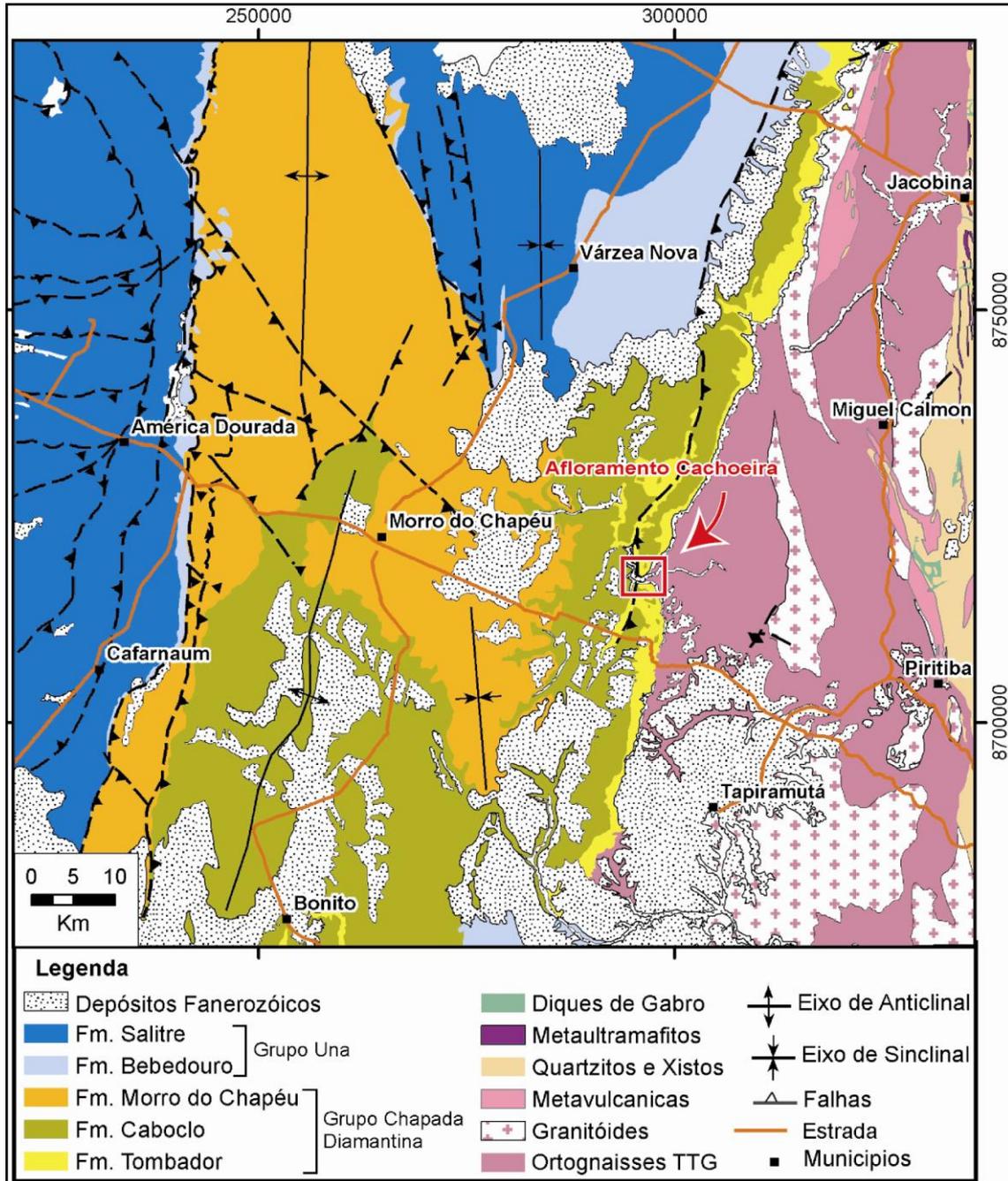


Figura 3: Mapa geológico da Chapada Diamantina Oriental. Para este mapa, foi usada como base o Mapa Geológico do Estado da Bahia da CPRM (2003).

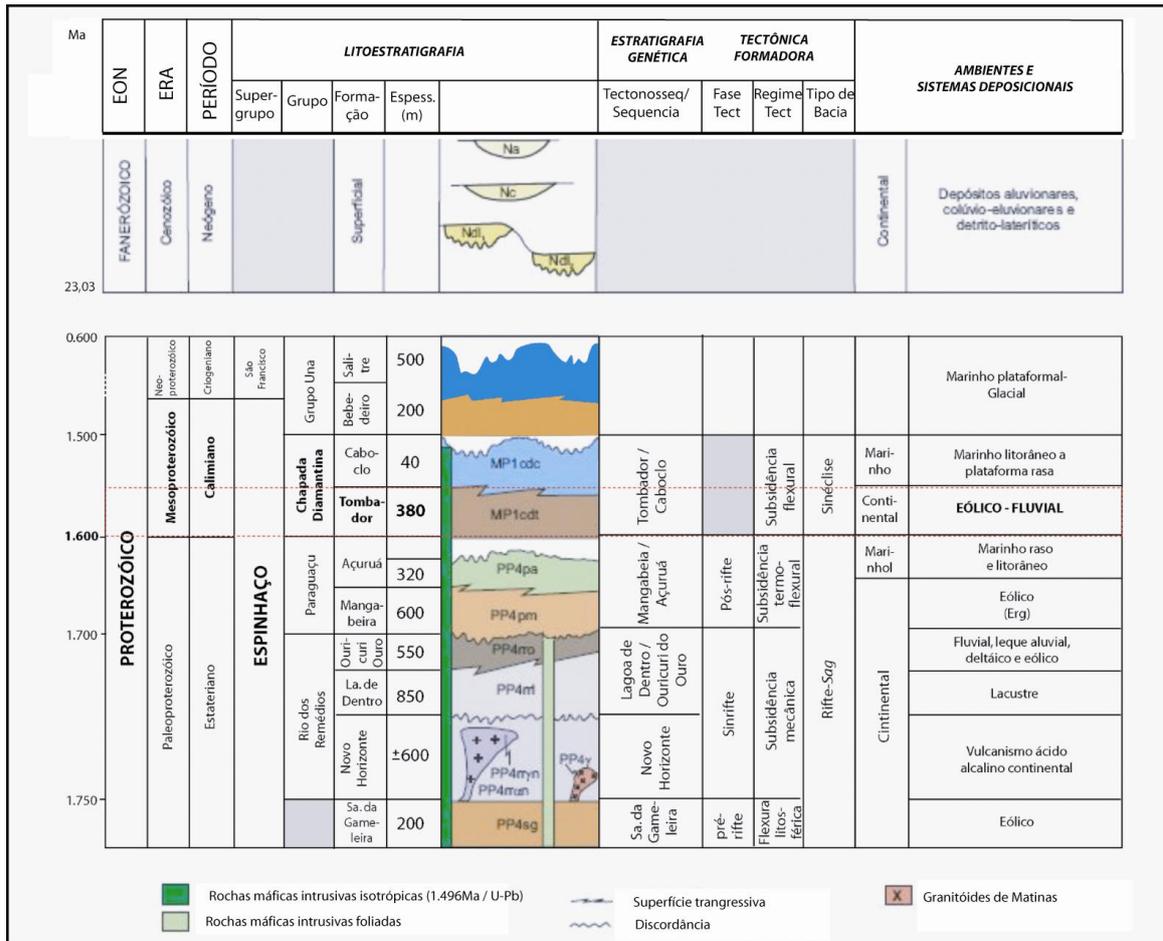


Figura 4: Carta estratigráfica da Chapada Diamantina. Modificado de Guimarães et. al. (2005).

3. METODOLOGIA

A correta interpretação de depósitos sedimentares antigos, quer para fins acadêmicos ou aplicados, requer um conhecimento sobre dois aspectos das sucessões sedimentares: a interpretação do ambiente deposicional original, utilizando as técnicas da análise de litofácies, conforme proposto por Walker & James (1992), e subdivisão da sucessão estratigráfica para unidades geneticamente relacionadas com os princípios da seqüência estratigrafia (por exemplo, VANWAGONER *et al.*, 1988; POSAMENTIER & ALLEN, 1999; CATUNEANU, 2006). Seguindo estas duas linhas de investigação, o afloramento Cachoeira foi selecionado para permitir a reconstrução da arquitetura deposicional mostrando como as litofácies e associações de fácies estão relacionadas no espaço e no tempo. Para tanto, serão descritas e interpretadas as principais litofácies e associações de fácies através de perfis verticais. Também foram confeccionados e interpretados fotomosaicos do afloramento, para se compreender as relações espaciais entre unidades sedimentares (litofácies, associação de fácies, superfícies limítrofes e elementos arquiteturais).

3. 1. Perfis colunares

Perfil colunar é uma representação gráfica em forma de coluna das rochas aflorantes ou de subsuperfície de um determinado intervalo estratigráfico. No perfil colunar o eixo horizontal indica a granulometria da rocha e o eixo vertical indica a espessura da camada, que é representada em escala específica para cada estudo. Para o levantamento destes dados no campo, foi levado uma base de descrição (Figura 5). O afloramento Cachoeira foi documentado, em dois perfis colunares na escala 1:100. Estes

perfis foram levantados em locais distintos do afloramento, e são correlacionáveis entre si. Neles foram descritas as litofácies, associações de fácies, medidas as paleocorrentes. Para este trabalho, os dois perfis foram unificados, gerando apenas um perfil composto Figura 15.

Antes de iniciar o levantamento do perfil, é necessário observar toda a área do afloramento a fim de identificar o basculamento das camadas e a presença de falhas para não ter perigo de haver repetição ou falta de camadas. Como no afloramento Cachoeira não foram encontradas falhas significativas e o basculamento é suave (aproximadamente 4°) com uma boa continuidade lateral, foi utilizada trena na maior parte do afloramento e, quando preciso, se teve o auxílio da régua para a medição e construção do perfil.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA		SEÇÃO/UNIDADE	
ESTRUTURAS GERADAS POR PROCESSOS HIDRODINÂMICOS OU DEFORMACIONAIS M Maciço Lam. Plano Paralela Lam. Cruz. Cavalgante Lam. Ondulada Lam. Ondulada Truncada Estr. Cruz. Tangencial Estr. Cruz. Acanalada Ripples Estr. Cruz. Bxo. Ângulo Estr. Cruzada Planar Fluidização Lam. Convoluta Estrutura em Chama Escorregamento Estrutura de Carga		ESTRUTURAS GERADAS POR PROCESSOS EÓLICOS Estratos cruzados compostos por marcas ond. edículas Estruturas de adesão Estratos cruzados compostos por fluxos de grãos Estratificação cruzada de baixo-ângulo Estratificação horizontal FÓSSEIS Bioturbação Conchas Fósseis Restos Vegetais Marca de raiz	
		Coord. UTM E: N:	Date: Escala:
		Cód. Fácies	Fóss. Amostras
		DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	
Paleocorrente Estruturas			
BI Sx Gr G M F MF S Ag Areia			
		Página /	

Figura 5: Modelo utilizado em campo para levantamento do perfil colunar a partir da descrição das litofácies. Nele contém uma legenda das principais estruturas geradas em processos eólicos e fluviais, espaço para escrever a coordenada UTM do afloramento, além da data da descrição e a escala adotada.

Descrição das litofácies

O significado do termo “fácies” tem sido objeto de muita discussão nas últimas décadas (MOORE 1949; TEICHERT 1958; KRUMBEIN & SLOSS 1963). Atualmente, a palavra é utilizada no sentido descritivo e interpretativo. Neste trabalho será adotado o termo “litofácies”, correspondendo a certos atributos observáveis em um corpo rochoso

sedimentar podendo ser interpretados em termos de processos deposicionais. Uma litofácies individual é uma unidade de rocha que pode ser definida e distinguida das demais por sua geometria, litologia, estruturas sedimentares, padrão de paleocorrente e conteúdo fossilífero. Cada litofácies representa um evento deposicional individual. Estas são agrupadas em associações de litofácies, as quais são características de um determinado ambiente deposicional (MIALL, 1999).

As descrições abrangem tamanho, esfericidade, arredondamento, grau de seleção e composição dos grãos, características das estruturas sedimentares presentes e medição das direções de paleocorrentes

Para facilitar a comunicação técnica, será adotada a nomenclatura de litofácies de Miall (1996) (que se fundamenta na caracterização dos aspectos litológico e estruturas sedimentares). A Tabela 1 apresenta esta classificação de litofácies com interpretações para sistemas fluviais, porém com algumas alterações. Neste projeto foram adicionadas três novas fácies marcadas nesta tabela com um asterisco.

Tabela 1: Classificação de litofácies para sistemas fluviais modificado de Miall,(1996).

Cód.	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
Sg *	Areia fina a grossa	Laminação cruzada sigmoidal	Dunas com formas linguóides
Sw *	Areia muito fina a média	Laminações onduladas truncadas	Marcas de ação das ondas
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
Ht *	Silte e areia fina a média	Intercalação entre marcas onduladas e laminações finas maciças	Ciclo de diminuição de energia com relação de tração e suspensão
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

Associações de fácies

Uma associação de fácies consiste em um agrupamento de fácies geneticamente relacionadas, cujas características e inter-relações permitem que se possa interpretar o ambiente deposicional (MIALL, 1999).

A partir da análise bi e tridimensional do afloramento é possível individualizar diferentes elementos arquiteturais. Elemento arquitetural é um litossoma caracterizado por sua geometria externa e interna, associação de fácies e escala, representando um processo particular ou conjunto de processos atuando em um sistema deposicional. Miall (1985) sugeriu a existência de oito elementos arquiteturais básicos em depósitos internos aos canais fluviais, representados na Figura 6 e na Tabela 2. Miall (1996) também identificou seis elementos arquiteturais principais associados a depósitos de interflúvios (Figura 7).

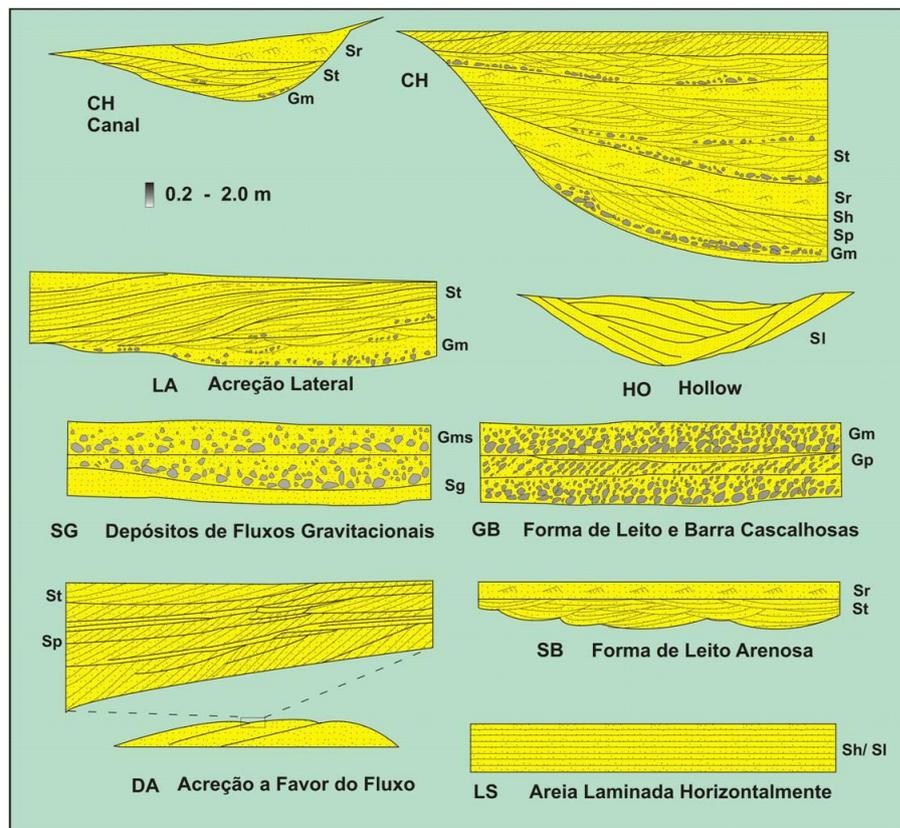


Figura 6: Elementos arquiteturais básicos de canais fluviais (modificado de Miall, 1988).

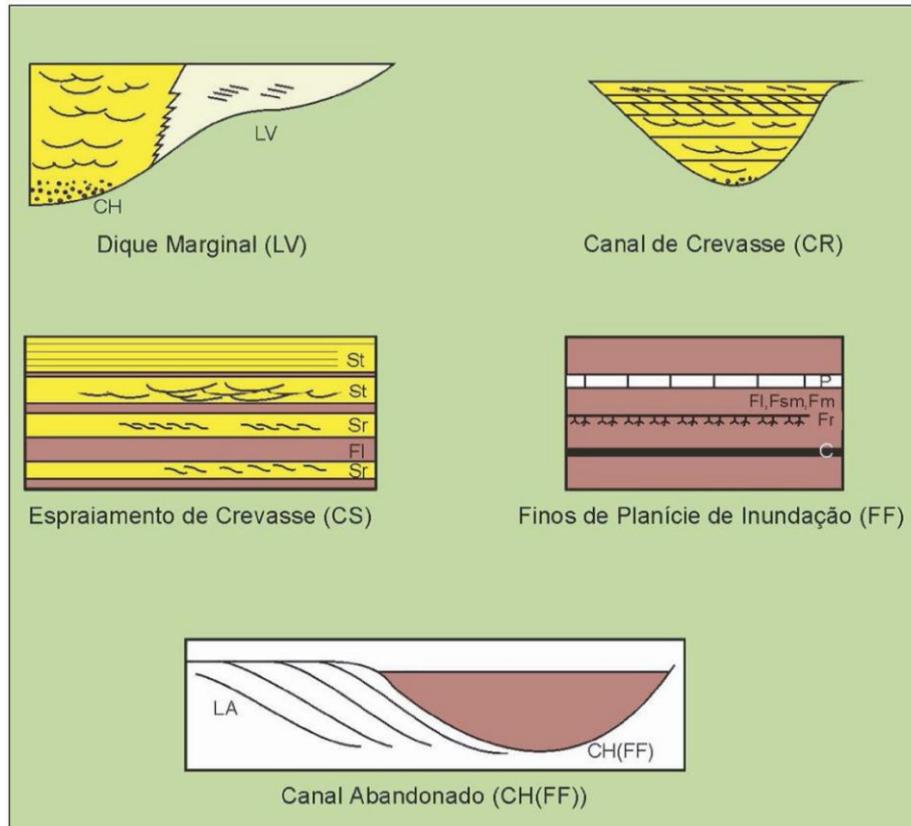


Figura 7: Elementos arquiteturais básicos externos ao canal fluvial (baseado em Miall, 1996).

Tabela 2: Elementos arquiteturais formados dentro de canais fluviais (modificado de Miall, 1988).

Elemento Arquitetural	Cód.	Fácies	Geometria e arquitetura interna	Interpretação
Canal (Channels)	CH	Combinação variada	Corpos sedimentares limitados por superfícies erosivas côncavas. Escala altamente variada.	Preenchimento de canais menores internos ao cinturão de canais
Fluxo de gravidade de sedimentos (Sediment gravity flows)	SG	Gmm, Gmg, Gci, Gcm	Corpos com geometria lenticular normalmente intercalados com elementos GB e SB.	Amalgamação de sucessivos episódios de fluxos de detritos
Formas de Leito e Barra Cascalhosas (Gravels bars and bedforms)	GB	Gm, Gp, Gt	Corpos tabulares ou em lente formados por complexos amalgamados de sets de estratos cruzados.	Barras longitudinais cascalhosas.
Depósitos de Acreção Frontal (Downstream accretion macroform)	DA	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Ss	Corpos lenticulares constituídos por sets de estratos cruzados simples de grande porte ou estratos cruzados compostos caracterizados por sets de pequeno a médio porte limitados por superfícies inclinadas a favor do fluxo.	Migração a favor do fluxo de barras arenosas de meio canal.
Depósitos de Acreção Lateral (Lateral accretion macroform)	LA	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss. Raramente Gm, Gt e Gp.	Corpos lenticulares ou cuneiformes, contendo sets de estratos cruzados separados por superfícies de 1ª, 2ª ou 3ª ordem.	Barras em pontal ou acreção lateral em barras de meio de canal.
Lençóis de Areia Laminados (Laminated sand sheet)	LS	Sh, Sl; raramente St, Sp, Sr.	Corpos com geometria em lençol formados por complexos amalgamados de estratos plano-paralelos ou de baixo ângulo.	Lençóis de areia formados em contextos de rápida descarga.
Formas de Leito Arenosas (Sandy bedforms)	SB	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Ss	Corpos com geometria em lente ou lençol, formados por sets amalgamados de estratos cruzados separados por superfícies (1ª, 2ª ou 3ª ordem) subhorizontais.	Migração e cavalgamento de dunas subaquosas.
Hollow (Scour hollows)	HO	Sh, Sl	Corpos com geometria lenticular, limitados na base por superfícies erosivas côncavas. O mergulho dos planos de acamamento da litofácies Sl é paralelo à superfície limítrofe basal.	Preenchimento de feições erosivas formadas em regiões de confluência de canais.

Medidas 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: marcas onduladas (*ripple marks*) e estratificações cruzadas; canais; lineações de partição e lineações primárias de correntes (produto de fluxo de formas de leito planas); seixos imbricados; marcas de sola; plantas, ossos, conchas orientadas e estruturas de deslizamento. Neste trabalho as medidas serão extraídas somente do primeiro e quarto item listados devido à ocorrência observada em campo.

As medidas de paleocorrentes necessitam ser documentadas de modo organizado e sistemático, de modo que, em cada observação realizada, devam constar:

- Localização e posição exata dentro da seção colunar
- Tipo de estrutura que foi medida
- A direção do fluxo medida e mergulho do plano da estrutura
- Inclinação e mergulho estrutural local das camadas

A técnica de análise de paleocorrentes trará informações como a direção do aporte sedimentar e indicativos sobre a orientação das correntes de enchente (*flood*) ou vazante (*ebb*) de maré.

De acordo com Tucker (1982), quando rochas sedimentares encontram-se tectonicamente inclinadas é necessário restaurar as direções das medidas de estruturas sedimentares para suas orientações anteriores ao basculamento. Quando o basculamento é superior a 5° deve-se fazer as correções dessas medidas utilizando a projeção estereográfica resultando assim, na restauração do fluxo original. Os diagramas de paleocorrente foram gerados no *software* Rockworks/2006, sem a necessidade de correção, pois as camadas estão com mergulho inferior a 10° (S0: 260/04), exceto quando os estratos cruzados compõem uma barra composta (*foreset*: 320/25).

Registro fotográfico

Todas as litofácies foram registradas em fotografia para ajudar na sua descrição (Figura 21, Figura 22 e Figura 23). Também foram registradas fotos com estruturas importantes e interpretadas no *software* Illustrator (Figura 19 e Figura 20). Este recurso é muito importante para facilitar a compreensão deste trabalho.

Estes perfis colunares têm como objetivo a caracterização da sucessão de litofácies com suas abrangências verticais e entendimento da história evolutiva do afloramento. Na fase de organização e processamento dos dados obtidos em campo, estes perfis foram digitalizados a partir do *software* Adobe Illustrator e também receberam padronizações, acrescentando a estes um diagrama de paleocorrente, e colunas para representar os Tratos de Sistema, Sequência Depositional e posicionamento dos fotomosaicos.

3. 2. Fotomosaicos

Quatro fotomosaicos das porções mais importantes do afloramento foram feitos, com o objetivo de interpretá-los e compreendê-los. Para garantir o melhor resultado possível nos dados gerados a partir deste método, cuidados e técnicas fotográficas foram estudadas, pois a máxima resolução dos detalhes e mínima distorção de características lineares são qualidades necessárias para transmitir apropriadamente as relações sedimentares manifestadas no afloramento.

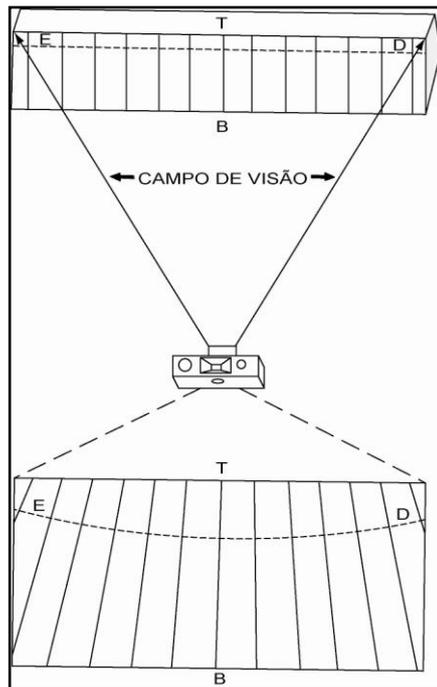


Figura 8: Diagrama esquemático mostrando a causa da distorção gerada quando um afloramento tem sua face inclinada. As linhas paralelas representam linhas verticais na face do afloramento e a linha tracejada é uma reta horizontal. Na parte superior da foto há uma distorção porque o campo de visão da câmera aumenta com a distância da câmera.

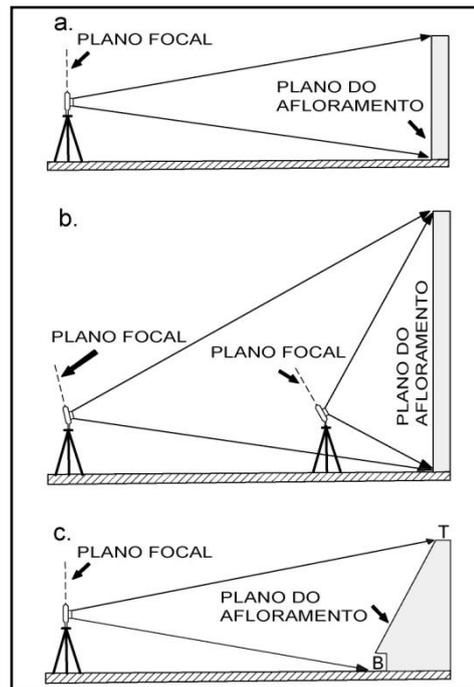


Figura 9: Diagrama esquemático mostrando a posição da câmera em relação ao afloramento. Desenho "a" mostra um caso sem distorção, enquanto "b" e "c" mostram distorções geradas quando o afloramento é muito grande em relação à distância da câmera até o plano do afloramento e quando há uma inclinação na face do afloramento, respectivamente.

No afloramento, fatores como: distância e um correto posicionamento da câmera em relação ao afloramento foram fundamentais para a eliminar o máximo possível da distorção gerada na foto. Como em uma fotografia há uma deformação na escala do afloramento em alguns pontos, como por exemplo no topo (Figura 8), é importante que o plano focal da câmera esteja paralelo a face do afloramento, minimizando a distorção de perspectiva (Figura 9) e assim aumentando a precisão das relações espaciais nos retratos do afloramento (WIZEVICH, 1991).

Conhecendo estas imperfeições da foto, no momento de fazer o fotomosaico uma sobreposição de 60% entre uma foto e sua subsequente é proposta, além disso é descartada as bordas da imagem, pois são inutilizáveis. Após a obtenção de todas as fotografias com o máximo de cuidado, foi utilizado o programa Adobe Photoshop 7.0 (*software* de edição e manipulação de imagens e fotografias) para fazer a montagem e alterações

quando necessárias. Com o fotomosaico pronto, em uma volta ao campo foram identificadas as principais superfícies limítrofes e litofácies. Na etapa de laboratório, estas interpretações foram digitalizadas no *software* Adobe Illustrator gerando o resultados como o proposto na Figura 15.

3. 3. Levantamento bibliográfico

Todos os estágios do projeto estão ancorados ao levantamento bibliográfico, desde a preparação para a execução do projeto até a discussão e resultados. As principais leituras foram em livros e artigos sobre aspectos deposicionais e estratigráficos de ambiente estuarino e sedimentação no Pré-Cambriano.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica, primeiramente será revisado o conceito de “estuário” e posteriormente o ambiente estuarino dominado por maré será analisado de forma sucinta, a fim de descrever, em seu âmbito geral, aspectos importantes desde a porção próxima ao mar até o limite de influência da maré.

Pritchard (1967) define um estuário com base na salinidade da água, quando a água do mar é diluída por águas fluviais. Boyd *et al.* (2006) descreve estuários e vales incisos como um complexo e possivelmente um agrupamento ambiental único, uma vez que representam a criação de espaço por um processo (principalmente erosão fluvial) e preenchimento deste espaço por outros processos (depósitos fluviais, estuarinos e marinhos), com sedimentos provenientes de fontes fluviais e marinhos. Ele descreve também que estes estuários são, em sua natureza, geralmente transgressivos. Um estuário se estende desde o limite das fácies costeiras na boca até onde exista fácies influenciadas pelas correntes de maré (DALRYMPLE, 1992). Para este trabalho processos de criação dos espaços para o posterior preenchimento não serão analisados.

Os estuários podem ser divididos em dois tipos (Figura 10): estuários dominados pela energia das ondas e estuários dominados pela energia das marés, entretanto, por definição, todos eles têm uma entrada fluvial associada.

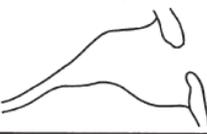
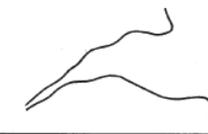
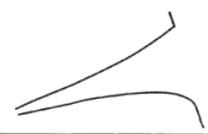
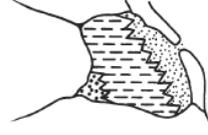
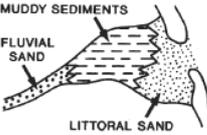
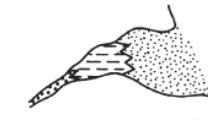
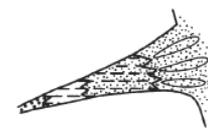
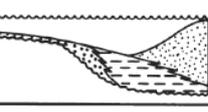
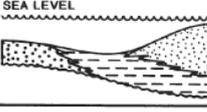
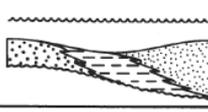
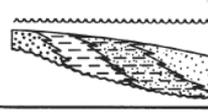
COASTAL - PLAIN ESTUARIES				
WAVE DOMINATED			TIDE DOMINATED	
	LAGOONAL	PARTIALLY-CLOSED	OPEN-ENDED	TIDAL
MORPHOLOGICAL CONFIGURATION	CLOSED, PARTIALLY OPEN, SHORE-PARALLEL 	SHORE-PARALLEL TO SHORE-NORMAL 	SHORE-NORMAL 	SHORE-NORMAL 
TIDAL RANGE	MICROTIDAL	MICROTIDAL TO MESOTIDAL	MESOTIDAL TO LOW MACROTIDAL	HIGH MACROTIDAL (EXTREME TIDAL RANGES)
CIRCULATION PATTERN	PARTIALLY MIXED	PARTIALLY MIXED TO WELL STRATIFIED (DEPENDENT ON RIVER DISCHARGE)		HOMOGENEOUS (VERTICALLY AND LaterALLY)
SEDIMENT DISTRIBUTION PATTERN		MUDDY SEDIMENTS FLUVIAL SAND LITTORAL SAND 		
AXIAL SECTION		SEA LEVEL 		
EXAMPLE :	GREAT SOUND, NEW JERSEY	MIRAMICHI, NEW BRUNSWICK	GIRONDE	BROAD SOUND, AUSTRALIA

Figura 10: Classificação de estuários (REISON, 1992)

A presença da corrente de maré é fundamental para o conceito de um estuário (BOYD *et al.*, 2006). Estuário é definido pelo Dicionário de Inglês de Oxford como “a boca de um grande rio, onde a maré encontra a corrente de água doce” ou mais plenamente, “corpos de água costeiros semifechados que têm uma conexão livre com o mar aberto e onde a água doce, derivados de drenagem, se mistura com o mar. Estuários são frequentemente sujeitos a ação das marés”

Há uma grande variação longitudinal de processos deposicionais em um ambiente estuarino que está relacionada com três formas de energia: as correntes do rio, as correntes de maré e ondas (Figura 11). Em estuários dominados por maré, as correntes de maré excedem a energia das ondas na boca do estuário e barras alongadas são geradas (HAYES, 1975, DALRYMPLE, 1990), com sentido de migração em direção a terra. A energia das correntes de enchente perdem velocidade a medida que entram no estuário devido a dissipação pelo atrito com o fundo. Além disso, a energia de um rio diminui em força e relativa importância em direção ao mar, devido ao aumento da interação com as correntes de maré, ou seja, quanto mais próximo a boca do estuário, menos feições indicativas de um fluxo vazante.

Como resultado, o movimento da água na parte próxima ao mar de estuários é tipicamente dominado por correntes de maré, enquanto que a parte em direção a terra, próximo ao seu limite, é dominada pela corrente do rio (Figura 11 e Figura 12)

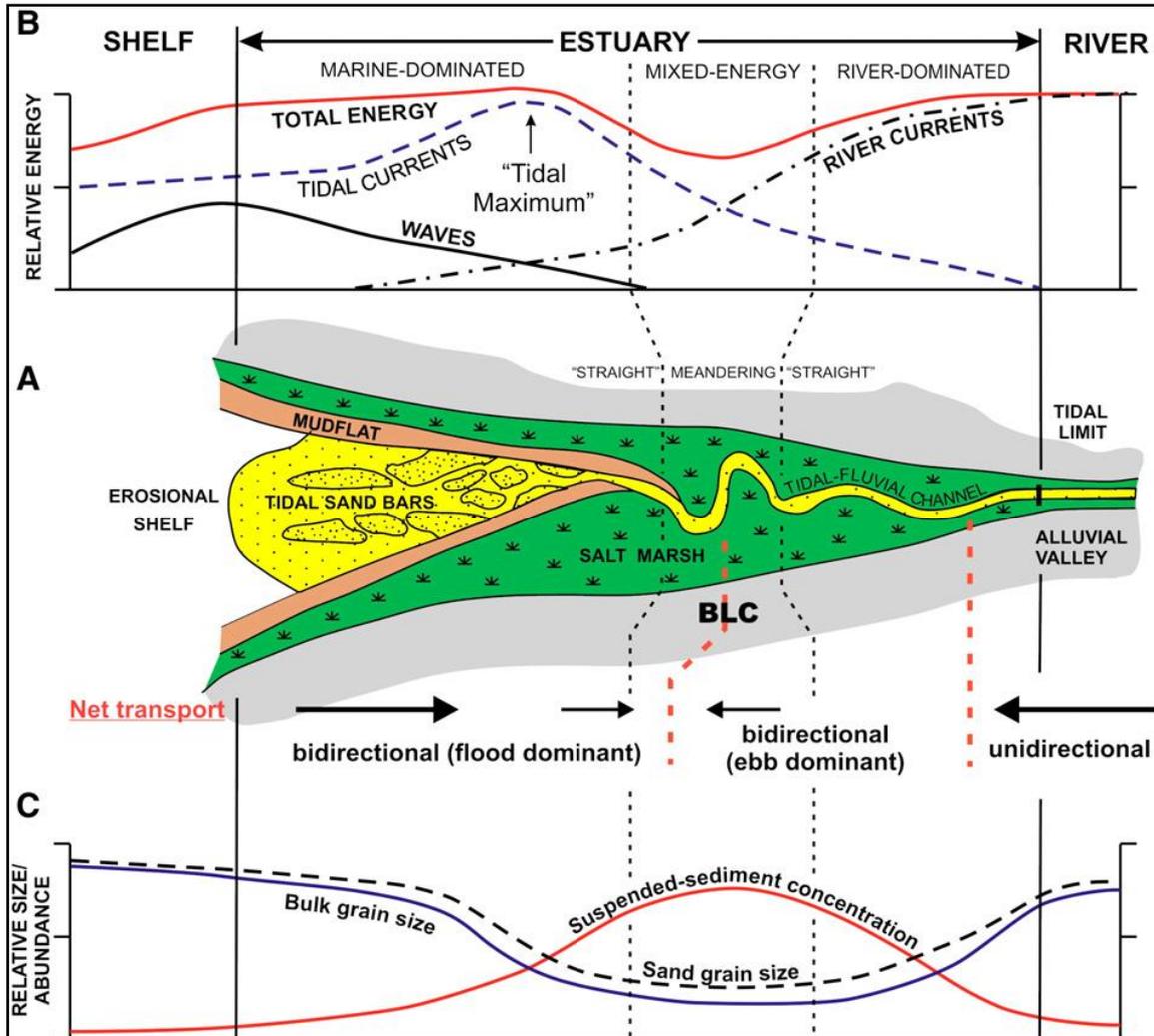


Figura 11: (A) Mapa esquemático de um estuário dominado por maré. Note a presença de barras próximas ao mar e a corrente dominante em cada porção do estuário. (B) Variação longitudinal dos três principais processos físicos e a resultante de interação deles. (C) Variação longitudinal da fração areia, sedimento em suspensão. (DALRYMPLE & CHOI, 2007)

Esta mistura de energias (DALRYMPLE, 1992) foi detalhada por Martinius & Gowland (2011) que subdividiram em três zonas: a mais próxima a boca de estuário é identificada como contendo correntes bidirecionais, porem com corrente enchente dominante, a intermediária contém correntes bidirecionais com a vazante dominando e a mais próxima ao sistema fluvial é

interpretada como unidirecional vazante, porém com modulação das correntes de maré. Este segmento é afetado pelo efeito de remanso: a corrente do rio é direcionada, resultado de uma alternância de retardo (pelo efeito da maré) e aceleração (pelo rebaixamento das marés).

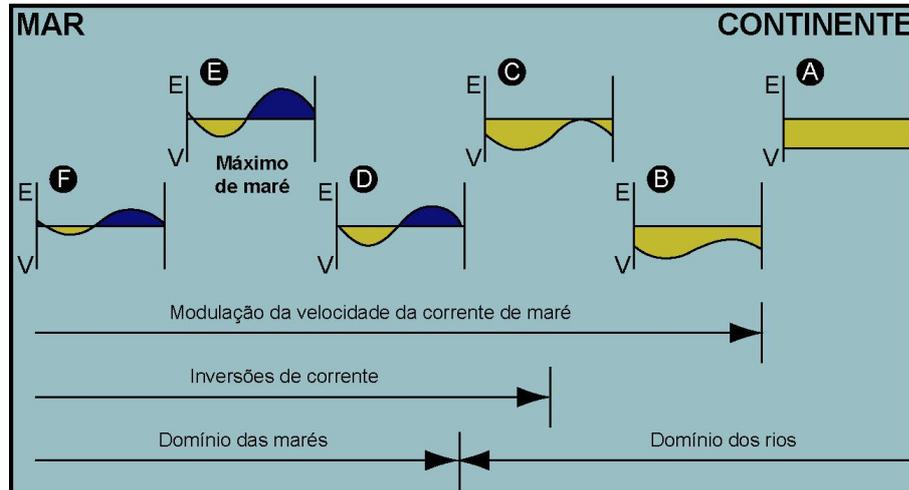


Figura 12: Modelo simplificado representando a mudança dos padrões das correntes na transição do domínio dos rios (à direita) e do domínio das marés (à esquerda). E = Corrente de enchente; V = corrente vazante. (DALRYMPLE & CHOI, 2007)

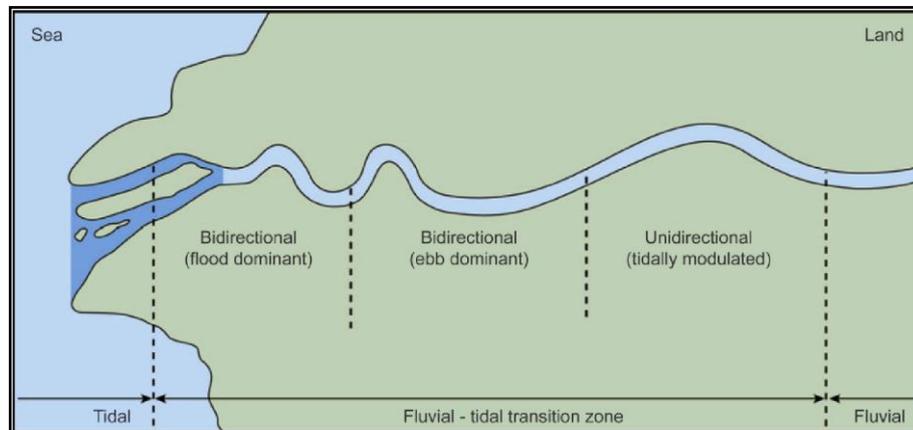


Figura 13: Esboço esquemático de distribuição de energia das marés e fluvial em um rio hipotético retirado de Martinus & Gowland (2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo fará uma discussão sobre os dados e resultados obtidos neste trabalho. Para uma compreensão clara e um melhor reconhecimento da sucessão sedimentar, foram feitas descrições de litofácies e associação de fácies a partir de um perfil vertical, representado na Figura 15 (legenda das litologias disponível na Figura 14) e de três perfis laterais elaborados a partir de fotomosaicos (Figura 26 e Figura 27). O afloramento Cachoeira pode ser subdividido em dois intervalos com associações de fácies distintas separados por uma superfície erosiva, sendo estes: Intervalo Inferior e Intervalo Superior e serão descritos separadamente. Este trabalho tem como foco principal a descrição do Intervalo Superior.

Em cada intervalo será mostrada a descrição de litofácies abordando os aspectos sedimentológicos e estratigráfico e uma descrição do modelo deposicional. No Intervalo Superior, além disso, serão mostrados os dados dos perfis laterais no qual foi possível hierarquizar as superfícies e descrever os elementos arquiteturais. Por último, uma interpretação do modelo deposicional e evolução estratigráfica do afloramento estudado será proposta, juntamente com a reconstrução paleogeográfica.

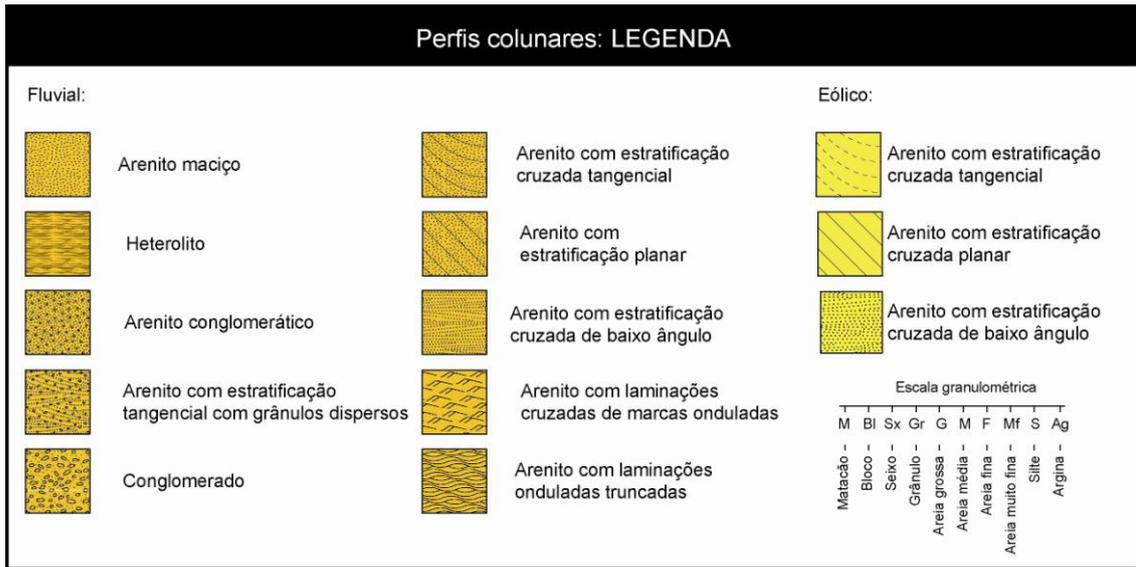


Figura 14: Legenda das estruturas e granulometria da seção deste trabalho.

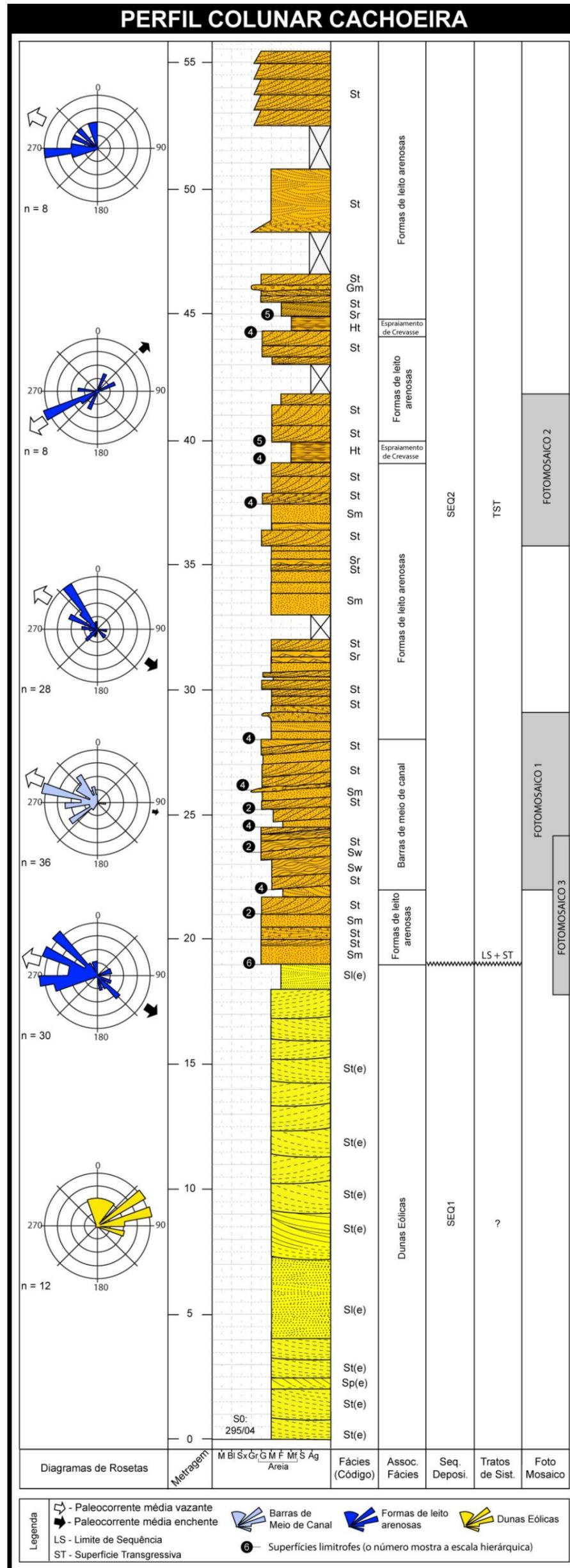


Figura 15: Perfil colunar do afloramento Cachoeira

INTERVALO INFERIOR

5. 1. Descrição das litofácies

No Intervalo Inferior, três litofácies foram reconhecidas: (St(e), Sp(e) e Sl(e)). Tanto a nomenclatura como a interpretação das litofácies foram feitas utilizando a classificação Miall (1985, 1996), de forma a abranger litofácies formadas por processos que ocorrem em ambientes não fluviais.

As descrições das litofácies, bem como a relação de porcentagem de distribuição, representada na Figura 16, estão relacionadas com todo o intervalo estudado, ou seja, não estão restritas somente ao perfil colunar. Este intervalo é composto essencialmente por quartzarenitos de cor acinzentada com camadas com geometria tabular e estratos cruzados tangenciais e de baixo ângulo. Abaixo segue uma tabela (Tabela 3) sumarizada com a descrição, as estruturas e a interpretação das litofácies encontradas.

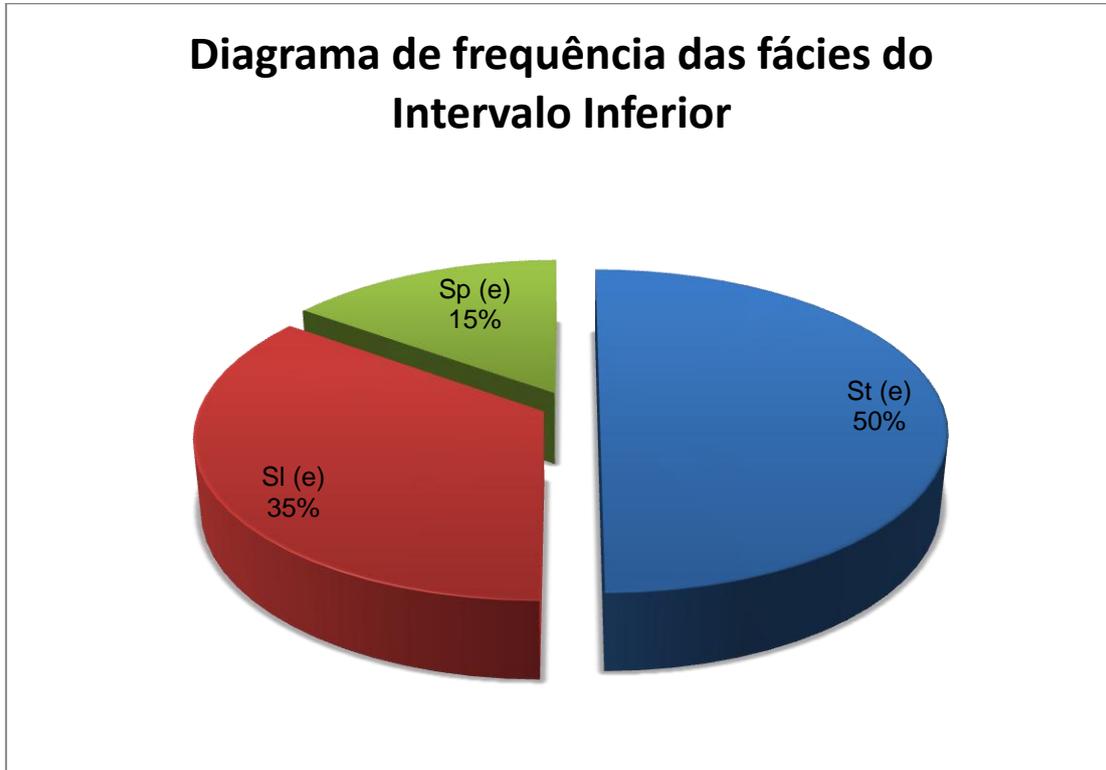


Figura 16: Gráfico mostrando a distribuição relativa das litofácies descritas no Intervalo Inferior do afloramento Cachoeira.

Tabela 3: Classificação de litofácies, modificado de Miall, 1996.

Código	Fácies	Estruturas sedimentares	Interpretação
St(e)	Areia fina a grosso, bimodal	Estratificação cruzada acanalada	Dunas 3D com crista sinuosa
Sp(e)	Arenito fino a médio, bimodal	Estratificação cruzada planar	Migração de dunas subaquosas com cristas retas (2D)
SI(e)	Arenito fino a médio	Estratificação cruzada de baixo ângulo (<15°)	Dunas eólicas, lençóis de areia eólicos com dunas atenuadas

Arenitos com estratificação cruzada tangencial de sistema eólico (St (e))

Esta litofácies é caracterizada por arenitos quartzosos, bimodais e bem arredondados, com estratificações cruzadas de 0,5 a 1,5 metros (Figura 23a). Esta litofácies aparece em aproximadamente 46% do afloramento. Em um corte paralelo ao fluxo os estratos cruzados são tangenciais enquanto que em um corte transversal ao fluxo são acanaladas. Internamente os estratos cruzados são caracterizadas por lâminas centimétricas (<3cm) de fluxos de grãos, inversamente gradadas, na porção mais íngreme dos foresets, que gradam para laminações finamente espaçadas, de marcas onduladas eólicas na base dos sets.

Interpretação: Arenitos finos a grossos, bimodais, com estratificações cruzadas de grande porte compostas por lâminas de fluxo de grãos e de marcas onduladas eólicas, permitem interpretar esta litofácies como depósitos residuais de dunas eólicas. A geometria acanalada dos estratos cruzados em corte transversal ao fluxo, indica que as dunas eólicas tinham uma linha de crista sinuosa.

Arenito com estratificação cruzada planar eólico (Sp (e))

Compreende arenitos finos a médios, bem selecionados, bem arredondados, com bimodalidade e gradação inversa em lamina de até 2cm

marcando os estratos cruzados planares em *sets* de até 0,5m de camadas tabulares (Figura 23b). Aparece de 1-2% do afloramento em camadas tabulares.

Interpretação: Estratificações cruzadas planares compostas por laminações com gradação normal permitem interpretar esta litofácies como depósitos residuais de dunas eólicas de crista reta.

Arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo de sistema eólico (SI (e))

Esta litofácies consiste em arenitos quartzosos, bem selecionados, bimodais, com grãos bem arredondados, com estratificações plano-paralelas ou cruzadas de baixo ângulo (Figura 23c) formadas por laminações milimétricas, inversamente gradadas, de marcas onduladas eólicas. .

Interpretação: Os arenitos com estratos subhorizontais, compostos por laminações de marcas onduladas eólicas com gradação inversa, são interpretados como depósitos de lençóis de areias formados pela migração e cavalgamento de marcas onduladas subcríticas sobre uma superfície deposicional seca (MOUNTNEY, 2006), em condições de alta taxa de sedimentação (HUNTER, 1977).

5. 2. Sistema Depositional

A interpretação de um sistema deposicional tem como função o reconhecimento da natureza dos depósitos sedimentares de uma determinada área em um específico tempo geológico, tendo como base a leitura e correlação de litofácies sedimentares em afloramentos ou testemunhos, como também o seu arranjo tridimensional. O intervalo inferior é caracterizado diversos *sets* de St(e) empilhados separados por superfícies de 1ª ordem (superfície interpretada a partir de BROOKFIELD, 1977), chegando a compor 11 m de mesma litofácies, por vezes separados por *sets* de SI(e) com no máximo 3 m. A presença dominante de estratos de dunas eólicas cavalgantes, separador por raros depósitos de interdunas secas, indica um sistema eólico seco (classificação de Kocurek, 1996), formado em POESTER, O. C., 2011. Arquitetura de fácies e evolução estratigráfica do sistema fluvial influenciado por maré do topo da Formação Tombador (Mesoproterozóico), Chapada Diamantina-BA

um contexto saturado, com uma alta disponibilidade de areia pra transporte eólico (Figura 17).

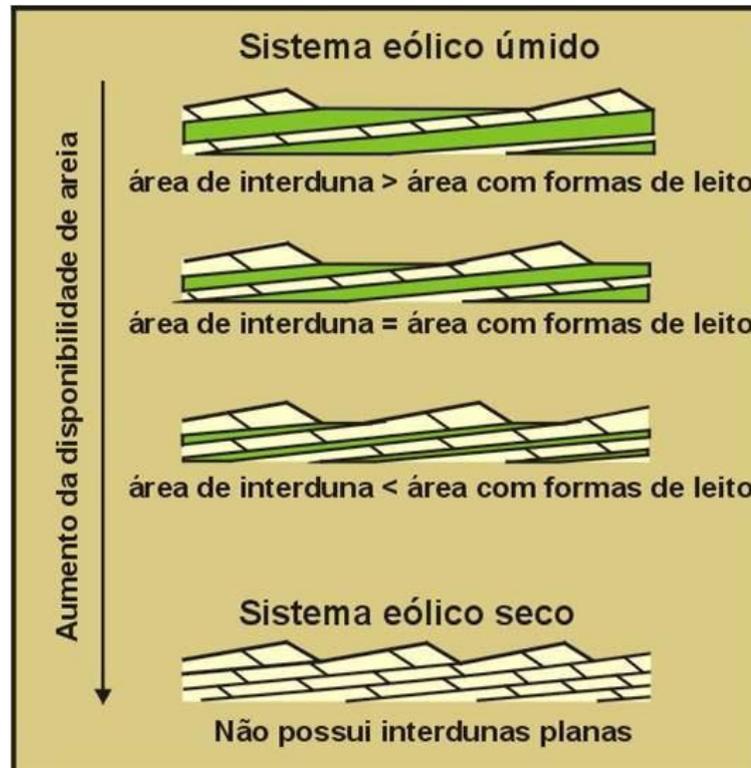


Figura 17: Transição entre sistemas eólicos úmidos e secos, marcada por um aumento na disponibilidade de areia (KOCUREK & HAVHOLM, 1993).

INTERVALO SUPERIOR

Este intervalo, por ser o de maior importância no trabalho, recebeu maior atenção, incluindo aos dados as descrições das superfícies limítrofes e elementos arquiteturais.

5. 3. Descrições das litofácies

No Intervalo Superior, oito litofácies foram reconhecidas: (St, Sp, Sr, Sl, Sg, Sw, Sm e Ht). A nomenclatura e a interpretação destas litofácies foram feitas utilizando a classificação Miall (1985, 1996). A Figura 18 mostra a distribuição de todas as litofácies no afloramento.

Este intervalo é composto essencialmente por quartzarenitos de cor amarelada com diversas camadas lenticulares e tabulares. Abaixo segue uma tabela (Tabela 4) sumarizada com a descrição, as estruturas e a interpretação das litofácies encontradas.

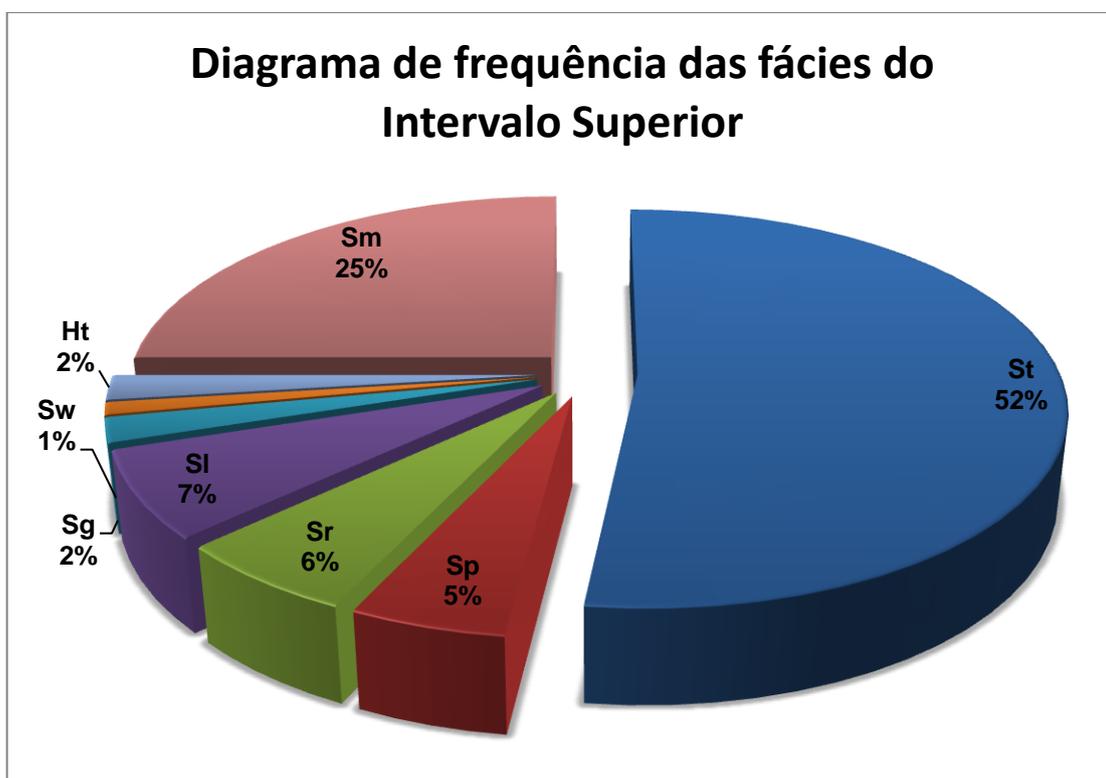


Figura 18: Gráfico mostrando a distribuição relativa das litofácies descritas no Intervalo Superior do afloramento Cachoeira.

Tabela 4: Classificação de litofácies, modificado de Miall, 1996.

Cód.	Fácies	Estruturas sedimentares	Interpretação
St	Areia fina a muito grossa (podendo ser cascalhosa)	Estratificações cruzadas acanaladas, por vezes podendo conter laminações cruzadas de marcas onduladas com sentido oposto na base dos estratos ou marcas de reativações	Migração de dunas de crista sinuosa em canais fluviais. As marcas onduladas e reativações são formadas em momentos de correntes de enchentes com menor energia
Sp	Areia fina a muito grossa (podendo ser cascalhosa)	Estratificações cruzadas planares podendo ter estratificações com variadas espessuras respeitando uma ciclicidade	Migração de dunas transversais 2D podendo ser desaceleradas pela influência das correntes de maré
Sr	Areia muito fina a grossa	Laminações cruzadas de marcas onduladas	Marcas onduladas (regime de fluxo inferior)
Sl	Areia fina a média	Estratificação de baixo ângulo (<15°)	Preenchimento de suaves depressões
Sg	Areia fina a grossa	Laminação cruzada sigmoidal com marcas de reativação	Barras de forma linguóides com paradas periódicas da migração
Sw	Areia muito fina a média	Laminações onduladas truncadas	Marcas de ação das ondas
Sm	Areia muito fina a grossa	Maciço ou laminação indistinta	Fluxos hiperconcentrados em regime de fluxo inferior ou perda de estruturas devido ao metamorfismo
Ht	Silte e areia fina a média	Intercalação entre marcas onduladas e laminações finas maciças	Ciclo de diminuição de energia com relação de tração e suspensão

Arenitos com Estratificação Cruzada Tangencial (St)

Esta litofácies compreende aproximadamente 45-55% do afloramento. Elas são compostas por arenitos com granulometria média a grossa, mal selecionada, com estratificação cruzada tangencial assintótica à base da camada, podendo apresentar gradação normal internamente (Figura 21a) em camadas de até 3 m de espessura. Quando cortadas em um plano perpendicular ao fluxo, estas estratificações aparecem como formas acanaladas com até 7 m de extensão lateral. Por vezes ocorrem seixos e grânulos formando níveis na base das camadas ou dispersos ao longo dos planos de estratificação. Internamente aos *sets*, podem ocorrer laminações cruzadas de marcas onduladas centimétricas que migram em um sentido contrário ao mergulho dos *foresets* dos estrato cruzados (Figura 19). Estas laminações cruzadas aparecem restritas a base da estratificação cruzada, quando o ângulo de mergulho é baixo. Muito raramente aparecem lâminas de siltito intercalados nas estratificações. Superfícies de reativação são comuns (Figura 20) nesta litofácies.

Interpretação: Os arenitos com estratificações cruzadas tangenciais são interpretados como depósitos de dunas subaquáticas de crista sinuosa (dunas 3D), formadas por fluxos trativos unidirecionais em condições de regime de fluxo inferior (MIALL, 1977 e 1996). A presença de superfícies de reativações e raras lâminas de silte intercaladas às estratificações indicam uma instabilidade da corrente (TAPE, C. H., *et al*, 2003). A presença de marcas onduladas subindo a face frontal de dunas subaquáticas sugere a existência de períodos de inversão no sentido da corrente com uma componente mais forte (SHANLEY *et al*. 1992). Condições de fluxo instável com momentos de parada e inversão de corrente são característicos, embora não exclusivos, de ambientes de maré (DALRYMPLE & RHODES, 1995).

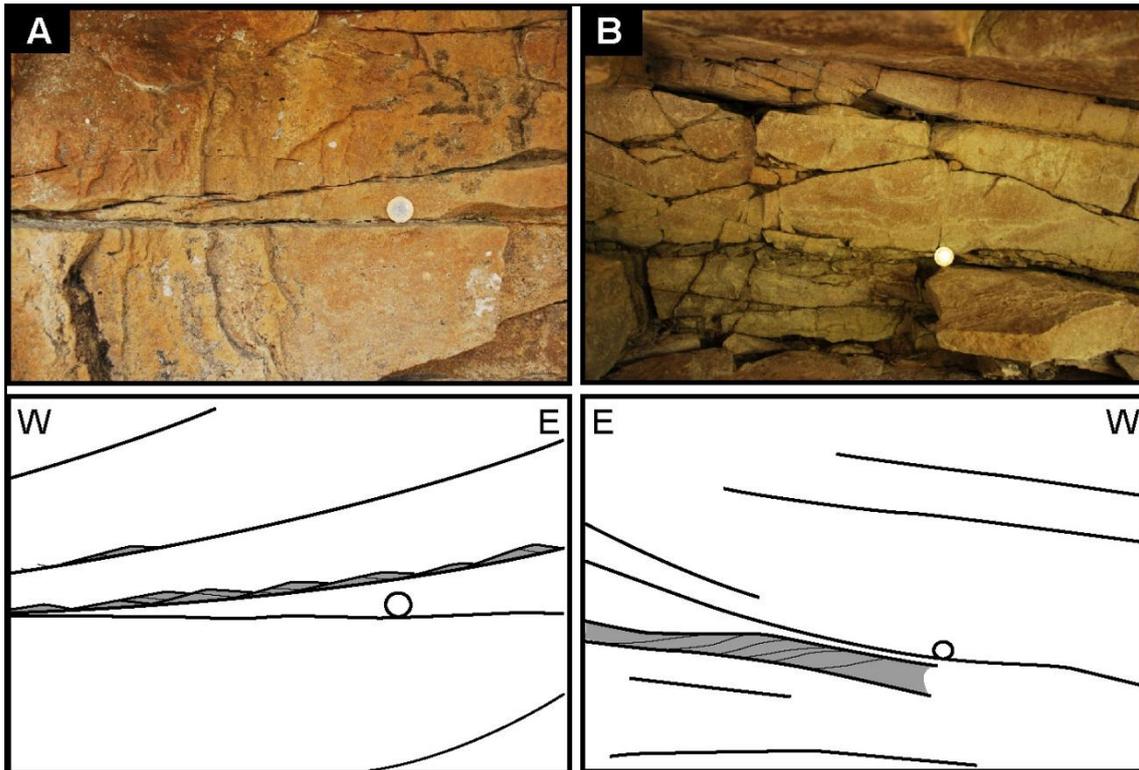


Figura 19: Fotografias interpretadas da litofácies St contendo laminações cruzadas de marcas onduladas com sentido contrário subindo a parte frontal da duna.

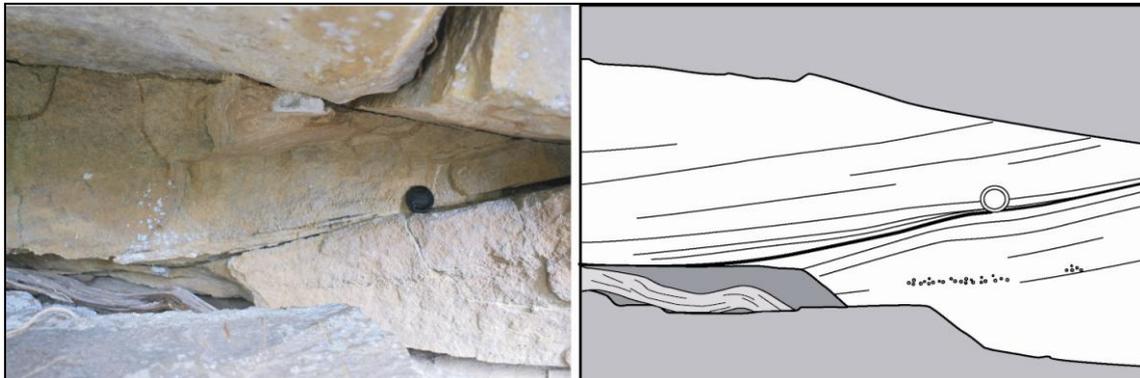


Figura 20: Fotografia interpretada da litofácies St com reativação marcada pela linha preta mais grossa.

Arenitos com Estratificação Cruzada Planar (Sp)

A litofácies Sp compreende 3-5% do afloramento e é composta por arenitos com granulometria média, moderadamente selecionada e dispostos em camadas de até 1 m de espessura e com uma extensão máxima de 20 m em camadas tabulares ou lenticulares. Os estratos cruzados apresentam um alto ângulo (aproximadamente 35°) em relação à base dos sets (Figura 21b).

Internamente, os estratos cruzados apresentam uma mudança na espessura das lâminas, variando lateralmente de conjuntos de lâminas mais espessas para mais delgadas, e vice-versa, de forma periódica (Figura 30).

Interpretação: A litofácies Sp é interpretada pela migração de dunas de crista reta (2D), em ambiente subaquoso sob regime de fluxo inferior (MIALL, 1996). Essa litofácies é formada em velocidade de fluxo levemente inferior à litofácies St. A deposição dessa litofácies realizou-se durante períodos de rebaixamento do nível d'água ou pela diminuição da velocidade do fluxo (GHAZI, 2009) em processos unidirecionais. A ciclicidade da variação das espessuras dos estratos cruzados planares pode estar relacionado a variações periódicas na velocidade de migração da duna subaquática.

Arenitos com laminações cruzadas de marcas onduladas (Sr)

Aparecem em aproximadamente 5-7% do afloramento. São arenitos com granulometria de fina a média, moderadamente selecionados, grãos subarredondados, compostos por sets de laminações cruzadas de marcas onduladas, dispostos em camadas centimétricas a decimétricas tabulares ou lenticulares. Apresentam estratificações cruzadas de pequeno porte (Figura 21c) em sets de até 5 cm formadas por laminações onduladas assimétricas. É comum aparecerem com ângulo de cavalgamento subcrítico.

Interpretação: Interpreta-se como migração de marcas onduladas desenvolvidas em condições de baixa velocidade do fluxo (<1m/s), fluxo inferior, (ASHLEY, 1990).

Arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl)

Esta litofácies, que compreende aproximadamente 7% do afloramento, é composta por arenitos de granulometria média a grossa subarredondados, moderadamente selecionada com estratificações plano-paralelas ou estratificações cruzadas de baixo ângulo (<15°) (Figura 21d). Ocorrem formando sets de até 1 m de espessura e dezenas de metros de

comprimento. Grânulos de quartzo subarredondados são eventualmente encontrados dispersos ou raramente formando *lags* na base dos *sets*.

Interpretação: Arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo são interpretados como preenchimentos de suaves depressões ou dunas atenuadas formadas, neste último caso, em condições transicionais entre o regime de fluxo inferior e superior (MIALL, 1996).

Arenitos com estratificação cruzada sigmoidal (Sg)

Esta litofácies é a menos comum no afloramento. Ela está presente em aproximadamente 2% do afloramento e compreende arenitos de granulometria média a grossa, moderadamente selecionados dispostos em camadas tabulares de até 1 metro de espessura. As estratificações tangenciam a base e o topo das camadas (Figura 21e). Esta litofácies comumente apresenta superfícies de reativação côncavas, regularmente espaçadas (20 a 30 cm). Pode evoluir lateralmente para Sp.

Interpretação: Estratificações sigmoidais são interpretadas como migração de dunas linguóides com alta taxa de agradação vertical. As reativações regularmente espaçadas são relacionadas a paradas da corrente. Kresia & Moiola (1986) descreveram, estruturas sigmoidais geradas por acelerações e desacelerações da corrente de maré.

Arenitos Maciços (Sm)

Compreende arenitos de granulometria de fina a grossa, maciços, mal selecionados podendo conter grânulos de quartzo dispersos (Figura 21f). Esta litofácies corresponde a aproximadamente 25% dos depósitos, aparecendo desde a base até o topo em camadas tabulares ou lenticulares de 0,15-1 m de espessura, podendo ter dezenas de metros de extensão. As camadas maciças por vezes podem conter base erosiva.

Interpretação: Arenitos maciços podem se formar em resposta a processos deposicionais (COLLINSON, 1970; McCABE, 1977; JONES & RUST, 1987; TURNER & MONRO, 1987; LOWE, 1988) ou por deformação

pós-deposicional (ALLEN & BANKS, 1972; DOE & DOTT, 1980; ALLEN, 1986). No afloramento estudado, esta litofácies não aparenta estar relacionada com deformações pós-sedimentares, porém o metamorfismo pode ser responsável pela ausência de estruturas internas em alguns casos. Desta forma, as camadas maciças são interpretadas, em sua maioria, como fluxos de massa hiperconcentrados gerados durante períodos de fortes chuvas e escoamento extremo.

Arenitos com Laminação Ondulada Truncada (Sw)

Esta litofácies é caracterizada por arenitos médios, moderadamente selecionado, com laminação ondulada truncada com comprimento de onda <20cm, dispostos em camadas decimétricas (Figura 22a). Não é possível identificar uma gradação interna às laminações. Corresponde a menos de 2% dos depósitos descritos no afloramento, aparecendo em apenas um ponto do afloramento.

Interpretação: Este aparecimento pontual de laminações truncadas é interpretado como a ação da energia das ondas retrabalhando o substrato.

Heterolito (Ht)

Esta litofácies é caracterizada por conter de granodecrescência ascendente composta por camadas centimétricas de arenitos médios em camadas lenticulares, bem selecionados com laminações cruzadas de marcas onduladas com paleocorrente unimodal sotoposto a arenitos muito finos a siltitos com laminação plano-paralela (Figura 22b). A proporção de arenito médio com laminações onduladas para arenito muito fino com laminação plano-paralela é de aproximadamente 3 pra 1. Corresponde a 2% dos depósitos descritos.

Interpretação: A sobreposição de arenitos finos/siltitos a arenitos com marcas onduladas é interpretada como um ciclo de diminuição de energia, uma vez que os arenitos são depositados em um contexto de tração

por um fluxo unidirecional e os pelitos são formados por assentamento gravitacional de partículas em suspensão em corpo de água sem corrente.

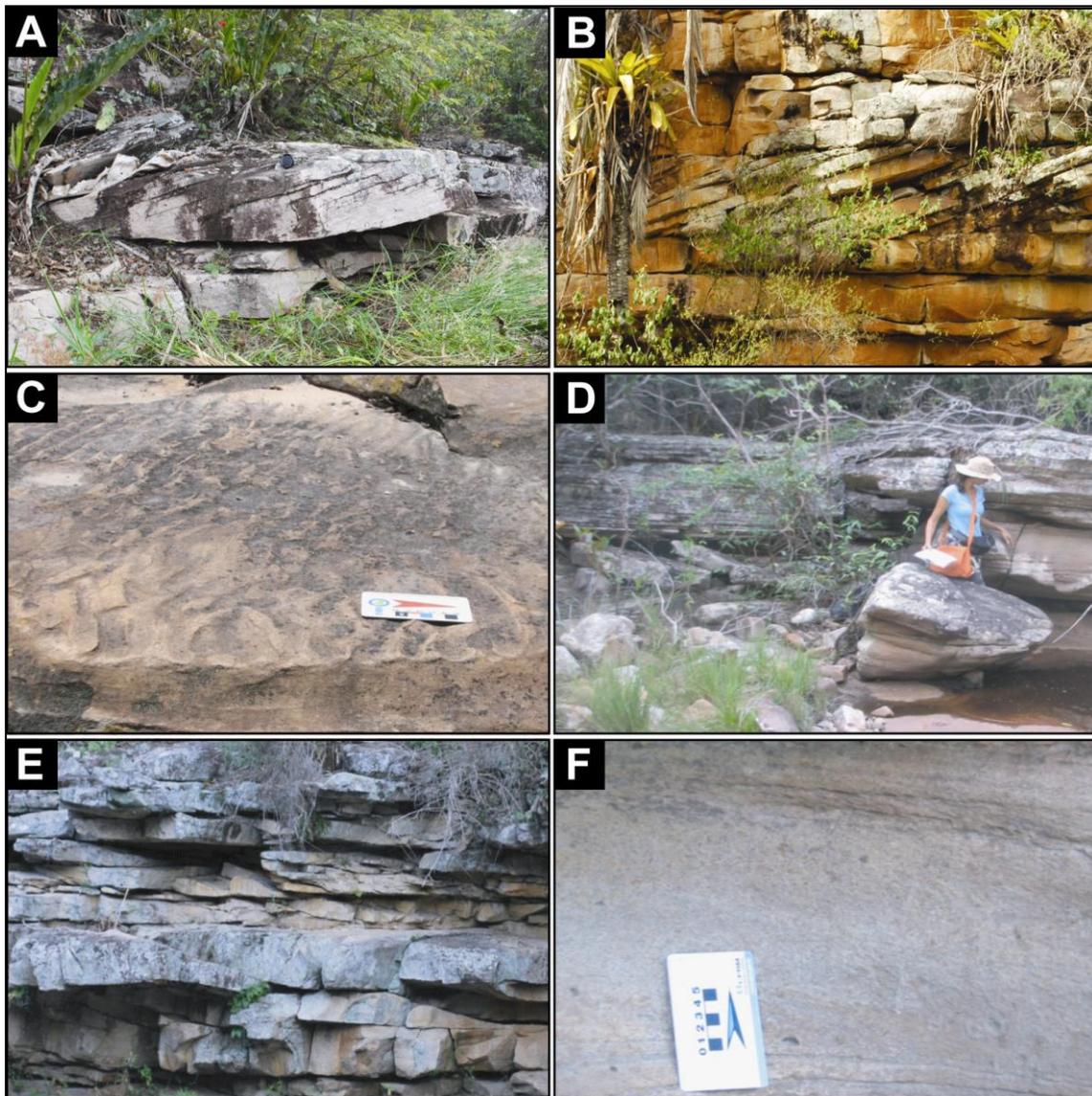


Figura 21: Litofácies descritas no afloramento Cachoeira: (A) arenito com estratificação cruzada tangencial (St); (B) arenito com estratificação cruzada planar (Sp); (C) arenito com laminação cruzada de marcas onduladas (Sr); (D) arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl); (E) arenito com estratificação cruzada sigmoidal (Sg); (F) arenito maciço (Sm).

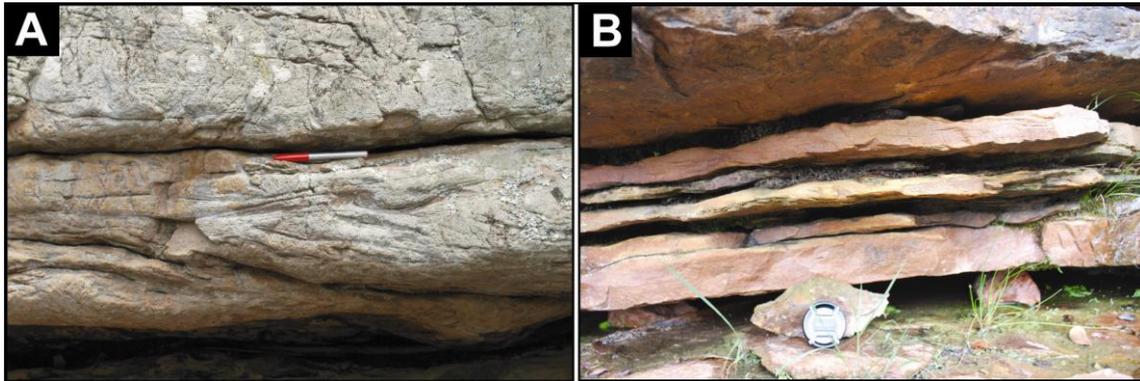


Figura 22: Litofácies descritas no afloramento Cachoeira: (A) arenito laminações onduladas truncadas; (B) arenito com intercalação entre marcas onduladas e laminações finas maciças (Ht).

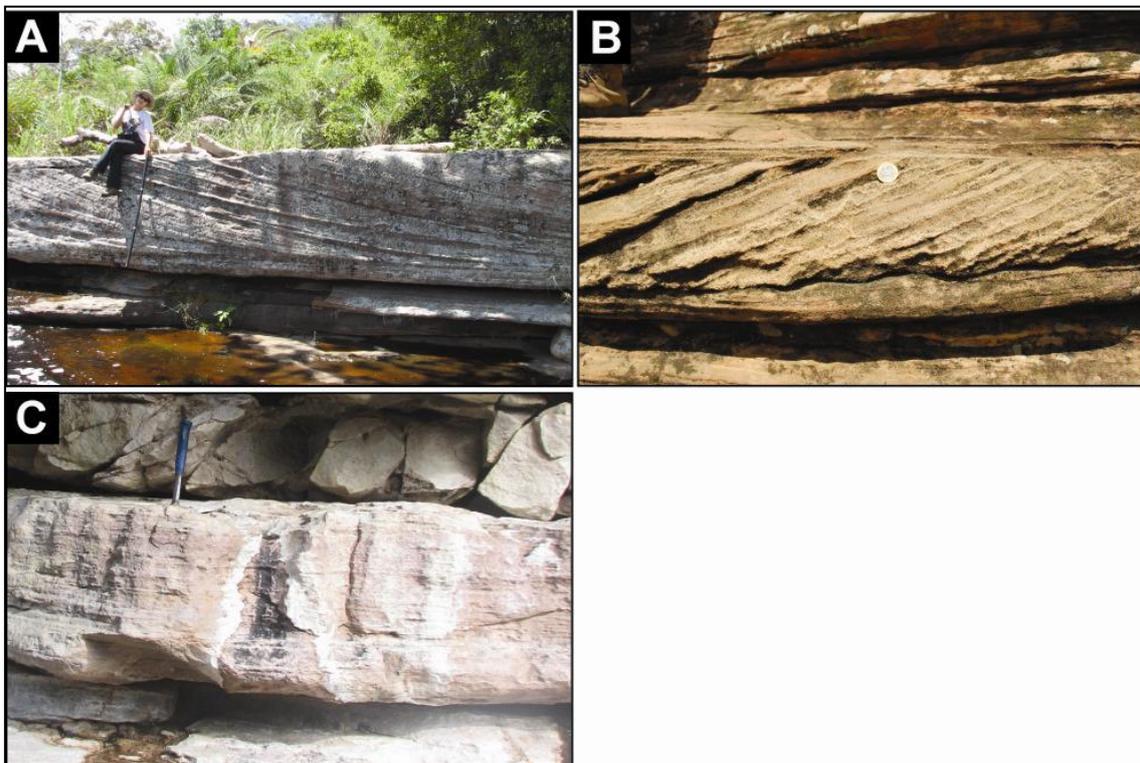


Figura 23: Associação de fácies de dunas eólicas: (A) arenito com estratificação cruzada tangencial (St(e)); (B) arenito com estratificação cruzada planar (Sp(e)) e (C) arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl(e)).

5. 4. Superfícies limítrofes

Segundo Miall (1988, 1991) existem seis ordens de superfícies limítrofes em depósitos fluviais, que separam litossomas de diferentes escalas físicas e temporais. No intervalo estudado foram reconhecidas cinco ordens de superfícies: mais de cem de 1ª e 2ª, dezenas de 4ª ordem, duas de 5ª ordem e uma de 6ª ordem. A superfície de 3ª ordem não foi reconhecida.

Superfícies de 1ª ordem

Superfícies desta escala hierárquica separam sets com a mesma litofácies podendo aparecer internas a elementos arquiteturais. Elas evidenciam sedimentação contínua, sem alteração nas condições do fluxo. São interpretadas como migração de formas de leito de mesma morfologia em condições de sedimentação sem alteração durante o período de deposição (MIALL, 1996). No afloramento elas aparecem com extensões com até dezenas de metros, planas, horizontais ou com até 25° de inclinação.

Superfície de 2ª ordem

Estas superfícies separam sets de litofácies distintas. Essa superfície indica mudanças nas condições do fluxo, porém não evidenciam um hiato temporal (MIALL, 1996). No afloramento elas aparecem com geometria semelhante às de 1ª ordem.

Superfície de 4ª ordem

Esta superfície representa o limite superior das macroformas, separando, portanto, diferentes assembléias de litofácies acima e abaixo delas. Em sistemas fluviais entrelaçados elas são tipicamente convexas no topo das macroformas e planas em depósitos externos ao canal. Elas

marcam a migração das barras, estando vinculadas à instabilidade do fluxo devido às irregularidades presentes no leito do canal fluvial ou à reorganização do fluxo durante períodos de enxurradas (WIZEVICH, 1992). Esta superfície pode truncar em baixo ângulo superfícies de hierarquia menor (1^a a 3^a ordem) ou aparecer paralelas a elas. Este último indica a presença de elementos arquiteturais DA ou LA. No afloramento elas aparecem com relevo erosivo e com dezenas de metros de extensão, vezes truncando superfícies de escala hierárquica menor, vezes paralelas a elas. Aparecem com geometrias planas ou convexas.

Superfície de 5^a ordem

Esta foi definida como a superfície que delimita o canal ou um complexo de preenchimento de canais. Esta superfície tem a sua gênese associada à incisão e/ou migração lateral de canais fluviais (MIALL, 1985; 1996). No afloramento elas aparecem com centenas de metros com geometria plana com relevo irregular, por vezes marcada por feições de corte e preenchimento.

Superfície de 6^a ordem

Superfícies de 6^a ordem aparecem com extensões regionais e delimitam grupos de canais ou paleovales. Estas superfícies marcam mudanças significativas no sistema fluvial que são vinculadas a variações no nível de base estratigráfico. No afloramento ela aparece como uma superfície abrupta separando os arenitos eólicos do Intervalo Inferior dos arenitos fluviais do Intervalo Superior.

5. 5. Elementos arquiteturais

No Intervalo Superior foram definidos três tipos de elementos arquiteturais internos aos canais (alguns representados no modelo análogo

da Figura 28): Formas de Leito Arenosas (SB), Depósitos de Acreção Lateral (LA), Depósitos de Acreção Frontal (DA) e Canal (CH) e um externo ao canal: Espriamento de Crevasse (CS). A designação dos elementos seguiu a proposta desenvolvida por Miall (1985; 1988; 1996).

Formas de leito arenosas (SB)

São caracterizados corpos arenosos com geometria em lençol de 5-7 m de espessura, limitados por superfícies de 4ª ordem. São constituídos internamente por *sets* amalgamados de até 0,5 m de espessura que contém as litofácies Sm, Sl, St, Sg e Sp separadas por superfícies de 1ª ou 2ª ordem, horizontais ou suavemente inclinadas no sentido oposto ao mergulho dos estratos cruzados. A litofácies St apresenta abundantes superfícies de reativação regularmente espaçadas neste elemento arquitetural. As formas de leito arenosas (SB) se formam pela migração e cavalgamento de dunas subaquáticas nas partes mais rasas do canal, incluindo o topo de macroformas, onde é comum a formação de dunas (MIALL, 1996).

Depósitos de Acreção Frontal (DA)

Superfícies de 4ª ordem delimitam estas unidades deposicionais de aproximadamente 5 m de altura que foram interpretadas como Depósitos de Acreção Frontal (DA). Estes depósitos são formados por um conjunto de *sets* de litofácies Sl, Sw, Sm e St que são limitados por superfícies de 1ª e 2ª ordem. Estas superfícies limítrofes estão inclinadas com aproximadamente 25° de mergulho para NW com um sentido levemente oblíquo aos observados nos estratos cruzados adjacentes (~30° de diferença), conforme pode ser observado na Figura 24. Apesar de ser largamente assumido que as cristas de formas de leito crescem perpendiculares as direções de corrente dominante, diversos autores como Terwindt, 1970, 1971; Langhorne, 1973; Dalrymple, 1984; Aliotta & Parillo, 1987; Fenster *et al.*, 1990 notaram situações onde dunas de larga escala (barras) migram oblíquoamente a esta corrente, coerente com o que ocorre no afloramento.

Estas barras apresentam-se com dimensões de no mínimo 60 metros no seu eixo paralelo a direção do fluxo, 40 metros no seu eixo menor e 5 metros de altura. Estas medidas são da dimensão mínima, pois o topo da macroforma pode ter sido erodida.

Por causa da morfologia de um estuário dominado por maré, a energia das ondas normais do mar penetra alguma distância para dentro deste e a dissipação da energia por atrito em águas rasas faz com que as ondas percam energia em direção a terra (DALRYMPLE R.W. & KYUNGSIK C., 2007). Desta forma, como esta litofácies Sw é encontrada compondo barras complexas, sugere-se que tenham sido depositadas em eventos de grandes tempestades.

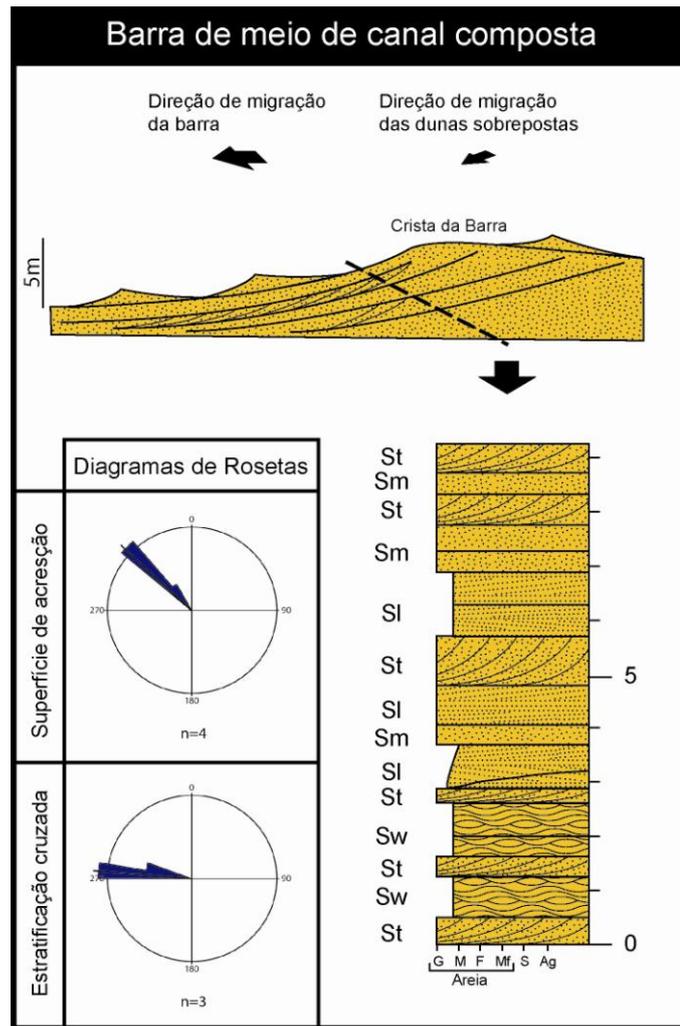


Figura 24: Sucessão vertical de uma barra composta. Ao lado, a relação de direção de mergulho das superfícies de acreção e dos sets de estratificações cruzadas. Notar que as dunas sobrepostas à barra migram obliquamente a ela.

Depósitos de Acreção Lateral (LA)

Este elemento arquitetural aparece no afloramento de forma muito semelhante às DA's, difere apenas na relação da direção de mergulho das superfícies limítrofes de 1ª e 2ª ordem e dos estratos cruzados (Figura 25). Segundo Allen (1965, 1970) e Miall (1985, 1992, 1996), esta diferença de orientação das superfícies de acreção e dos estratos cruzados constitui o principal critério utilizado na identificação de Depósitos de Acreção Lateral no registro geológico. No afloramento este elemento aparece como um corpo lenticular, limitado por superfícies de 4ª ordem e composto por um

conjunto de sets limitados por superfícies cruzadas de 1ª e 2ª ordem inclinadas com 12°-20° de mergulho para SSE (Figura 25). Por sua vez, os estratos cruzados limitados pelas superfícies mergulham para WSW. Este elemento foi diagnosticado em apenas uma porção do afloramento, sobreposto a uma DA e sotoposto a camadas tabulares do elemento arquitetural SB. Ele tem mais de 30 metros no seu eixo paralelo ao fluxo e 5 metros de espessura.

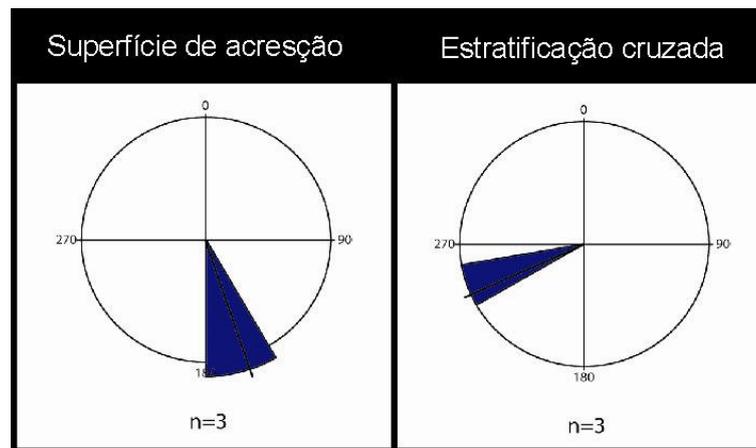


Figura 25: Figura comparativa entre a direção de mergulho das superfícies de acreção e das estratificações cruzadas.

Canal (CH)

É diagnosticado em uma única porção do afloramento como um corpo limitado por uma superfície erosiva e côncava na base e uma superfície plana no topo, sendo ambas interpretada como de 4ª ordem. Ela aparece erodindo o elemento arquitetural SB e internamente é composto por litofácies St e Sm em camadas delimitadas por superfícies de 1ª e 2ª que por vezes truncam a base do canal. Este litossoma tem 15m de extensão e 1,7m de altura e é interpretado como o preenchimento de um canal menor interno ao cinturão de canais (MIALL, 1988).

Espraiamento de crevasse (CS)

Este elemento arquitetural aparece no afloramento em dois pontos, como corpos lenticulares de base côncava e topo plano com aproximadamente 1 m de espessura e até 25 m de extensão. Os topos destes corpos são diagnosticados como superfícies de 5° ordem e as bases de 4ª ordem. O Espraiamento de Crevasse é caracterizado por ser composto por uma repetição sucessiva da litofácies Ht. Este elemento arquitetural é interpretado como o desconfinamento dos fluxos de canais de crevasse e geração de lobos que progradam sobre corpos lacustres da planície de inundação Miall (1996).

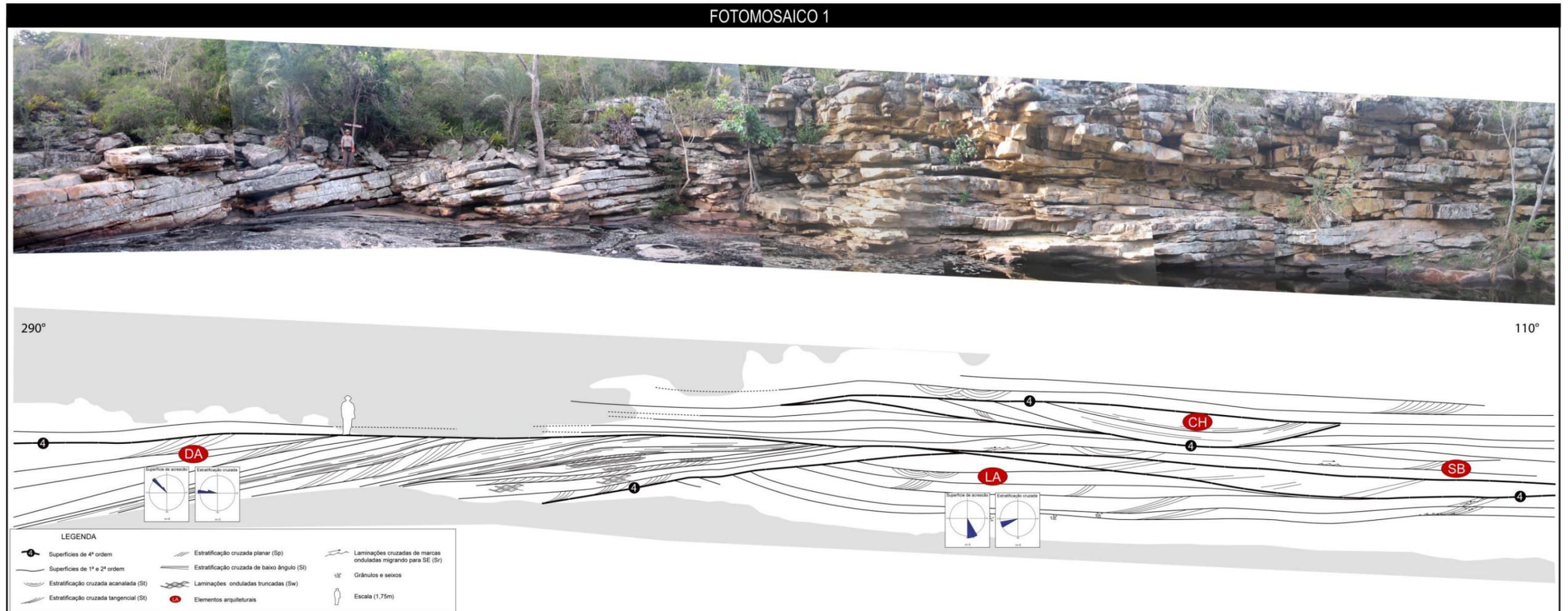


Figura 26: Fotomosaico interpretado. Notar as diversas litofácies, elementos arquiteturais e superfícies limítrofes que compõem esta parte do afloramento. Notar também os elementos DA e LA com os respectivos dados de paleocorrente das superfícies de acreção e dos estratos cruzados.

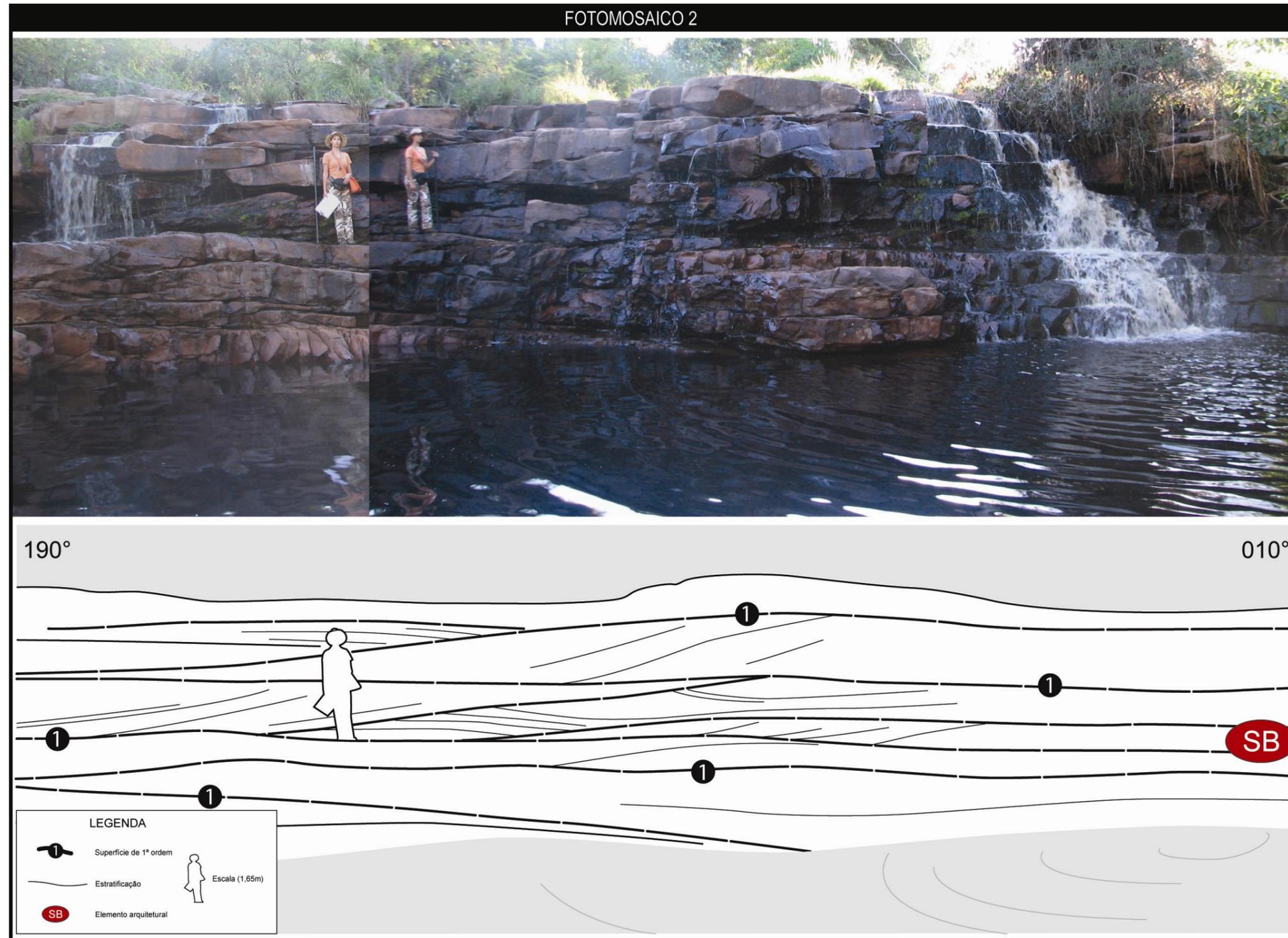


Figura 27: Fotomosaico interpretado. Esta porção do afloramento é dominado pelo elemento arquitetural SB e composto essencialmente pela litofácies St.

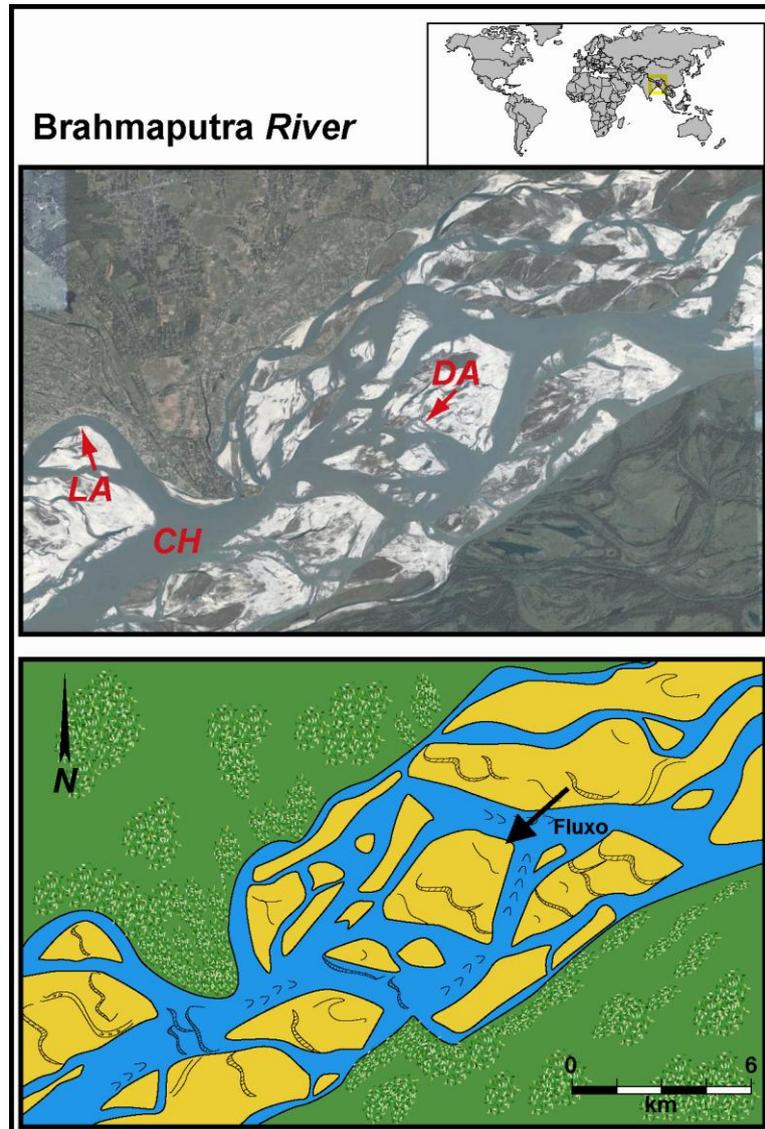


Figura 28: Modelo análogo de um rio entrelaçado usando como exemplo o rio Brahmaputra. Notar a presença dos mesmos elementos arquiteturais encontrados no afloramento.

5. 6. Sistema deposicional

Este item descreverá o sistema deposicional reconhecido no Intervalo Superior do afloramento.

Rios entrelaçados influenciado por maré:

Esta unidade ocorre de forma abrupta sobre a unidade eólica. Compreende, de forma geral, um pacote de 36 metros ou mais de arenitos finos a grossos, bem a moderadamente selecionados, dispostos em camadas tabulares e lenticulares, com espessuras que variam de 0,2- 3m, compostas predominantemente por estratificação cruzada tangencial, com estratificação cruzada planar, com estratificação cruzada de baixo ângulo, arenitos maciços e arenitos com laminações cruzadas de marcas onduladas. Este pacote é caracterizado por corpos arenosos de elemento DA, SB, LA e CH intercalados com lentes de elemento CS.

A presença de arenitos mal selecionados, com estruturas geradas por fluxos trativos e predominantemente unidirecionais, organizados em sets formando elementos arquiteturais SB, DA, LA e CH, sugere que estes depósitos representam um sistema fluvial (COLLINSON, 1996; BRISTOW, 1987, 1993). A ocorrência restrita de depósitos de overbank (elemento CS), associado a baixa dispersão das paleocorrentes, aliado a predominância de elementos SB e DA, sugere um sistema fluvial entrelaçado. Segundo Miall (1996) as alturas das barras fluviais são um guia para definir a profundidade mínima dos canais. Portanto, com base na espessura máxima da maior macroforma DA, estima-se que a profundidade do canal tenha sido de no mínimo 5m, caracterizando um sistema entrelaçado profundo.

Os sets de estratos cruzados descritos podem conter superfícies de reativação regularmente espaçadas (10 a 30 cm), laminações cruzadas de marcas onduladas subindo a porção basal dos estratos cruzados e por vezes podem aparecer com variações cíclicas na espessura das estratificações. As direções de paleocorrentes dos estratos cruzados e laminações cruzadas de marcas onduladas se agrupam em dois setores preferenciais, WNW e ESE, sendo a primeira mais comum e a segunda com menor intensidade. Paleocorrentes dos dois setores podem variar em até 50° tanto para sul quanto para norte. *Drapes* de lama são muito raros no afloramento. Estratificações cruzadas sigmoidais também são raras, elas são reconhecidas pelas marcas de reativação côncavas contidas nelas.

As superfícies de reativações nos estratos cruzados indicam que a face frontal da forma de leito alterou-se diversas vezes por reversões na direção do fluxo, causando erosão do estrato sotoposto (SHANLEY, 1992). A bipolaridade dos estratos cruzados e das laminações cruzadas de marcas onduladas indicando paleocorrentes reversas, mas com intensidade da corrente diferentes, refletem uma corrente dominante para WNW e uma corrente subordinada para ESE.

Estas superfícies de reativação, laminações cruzadas de marcas onduladas com sentido de corrente oposto e raros *drapes* de lama, sugere que os depósitos dos canais fluviais entrelaçados tenham sofrido retrabalhamento por correntes de maré enchente que desacelerava e até mesmo invertia o fluxo fluvial (i. e. SHANLEY, K. W., 1992, BJÖRKLIND. P. P., 2005 e MARTINIUS, A. W. & GOWLAND, S. 2011).

As medidas de paleocorrente feita nos estratos cruzados de maior importância (WNW) no afloramento são coerentes com as medidas feitas em sistemas fluviais da Fm. Tombador (Figura 31), sugerindo um aporte fluvial vindo de áreas fontes a ESE. Próximo a costa, os canais fluviais passavam a ser influenciados pelas correntes de maré enchente providas de W que retrabalhavam as faces frontais das dunas e barras fluviais.

Não foi observado mudança no ângulo de mergulho dos *foresets* das estratificações cruzadas, porém a diferença de espessura a cada marca de reativação é interpretada como mudanças na aceleração de migração das dunas causadas pela maré nos ciclos de *Neap-Spring* (Figura 30) (MARTINIUS A. W. & GOWLAND S., 2011). Esta desaceleração acontece uma vez que a maré cheia tem maior alcance de influência dentro do sistema fluvial, ou seja, no momento de *Spring* a corrente vazante é “freada” pela corrente de enchente.

Para a definição da zona em que se enquadra o afloramento, três fontes de energia devem ser consideradas: as correntes do rio, as correntes de maré e ondas (Figura 11). O Afloramento Cachoeira mostra claramente que o sentido preferencial era vazante e que as barras mostram uma paleocorrente em direção ao oceano.

A ausência de estratificação em espinha de peixe, raros *drapes* de lama, marcas de desaceleração de dunas sem inversão de corrente, bem como a presença de marcas onduladas de um fluxo de enchente subindo o pé de dunas indica que a porção deste afloramento, dentro do modelo sumarizado das variações de corrente dentro de um estuário (Figura 12) é próximo ao ponto próximo a “C”, pois é onde a energia do rio tem maior importância em relação à energia da maré, porém não deixando de ser influenciada por ela. Se analisarmos a Figura 13, o afloramento representa depósitos fluviais da zona unidirecional com corrente vazante modulada pela corrente de maré e bidirecional com corrente vazante dominante. Nesta parte do estuário, dominam processos fluviais modulados pela ação de correntes de maré.

Pelo fato de um estuário ser um sistema hipersincrônico (Figura 29), há um ponto de máxima velocidade da maré que ocorre no meio dele, chamado de “máximo de maré”, e existem duas áreas com correntes de maré relativamente fracas (na boca e na porção próxima ao sistema fluvial). Na interpretação deste trabalho, este ponto está à jusante dos depósitos do afloramento, próximo ao ponto “E” da (Figura 12).

Segundo Dalrymple & Choi (2007) marcas de ondas aparecem apenas na zona de domínio das marés de um estuário. Neste trabalho, nota-se que no Proterozóico, possivelmente em função do clima, grandes tempestades eram capazes de gerar ondas que tinham energia o suficiente para adentrar até o sistema fluvial e retrabalhar seus sedimentos.

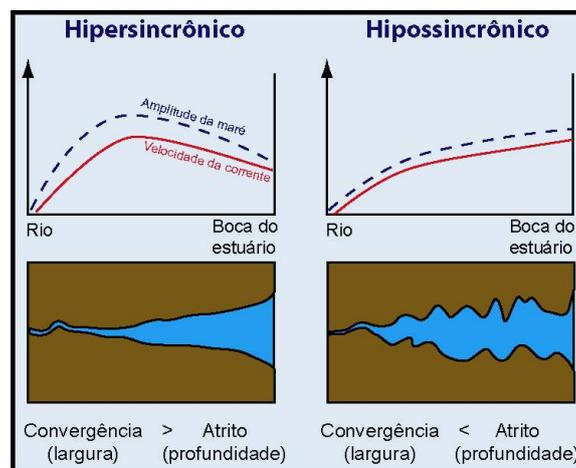


Figura 29: No sistema hipersincrônico as variações de maré e velocidade da corrente aumentam à medida que se aproximam da terra, pois a onda que entra é comprimida e

afunilada para dentro do estuário, até que o atrito excessivo faz com que elas diminuam a velocidade até o limite com o rio (Modificado de DALRYMPLE & CHOI, 2007).

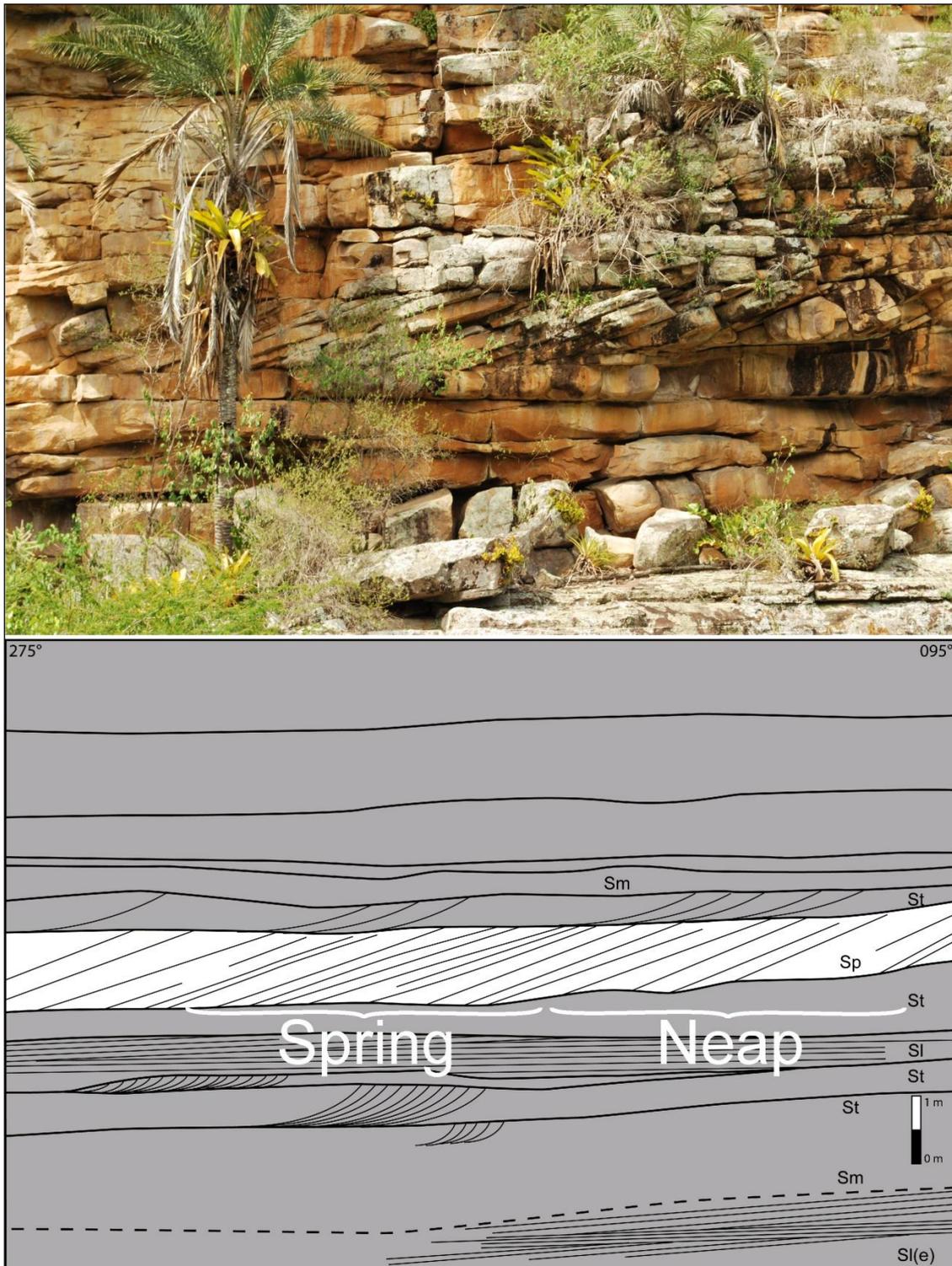


Figura 30: Fotomosaico 3 interpretado, incluindo (i) o contato dos arenitos eólicos com os arenitos fluviais marcado pela linha tracejada e (ii) o adelgaçamento dos foresets da litofácies Sp no período de alinhamento da Terra e Lua (Spring), causada pela desaceleração da migração da duna pela influência das correntes de maré (enchente).

5. 7. Estratigrafia de Sequência

Variações verticais de sistemas deposicionais possibilitaram uma análise do comportamento do registro relacionado a variações do nível do mar. A partir do reconhecimento e delimitação dos padrões de empilhamento, usando outros dados de afloramentos não estudados neste trabalho, reconheceu-se uma superfície cronoestratigráfica LS (Limite de Sequência) e duas sequências deposicionais incompletas.

A Sequência Depositional 1 (SEQ1) aparece no afloramento como depósito de um sistema eólico. São 19m de intercalações de litofácies St(e), Sl(e) e Sp(e) que caracterizam associações de fácies de dunas eólicas secas.

A Sequência Depositional 2 (SEQ2) inicia-se de forma abrupta sob uma superfície erosiva que escava os depósitos da Sequência 1 formando possivelmente vales incisos. Posteriormente com a subida do nível relativo do mar ocorre o preenchimento dos vales por sistemas fluviais com influência de maré, definindo o Trato de Sistema Transgressivo (TST). O projeto PETROBRA/UFRGS, analisa, também, a estratigrafia, a faciologia e os ambientes de sedimentação da Formação Tombador na porção nordeste da Chapada Diamantina e identifica o mesmo limite de sequência em outras seções, gerando uma figura, que neste trabalho foi simplificada e é apresentada na Figura 31 incluindo o perfil colunar do Afloramento Cachoeira.

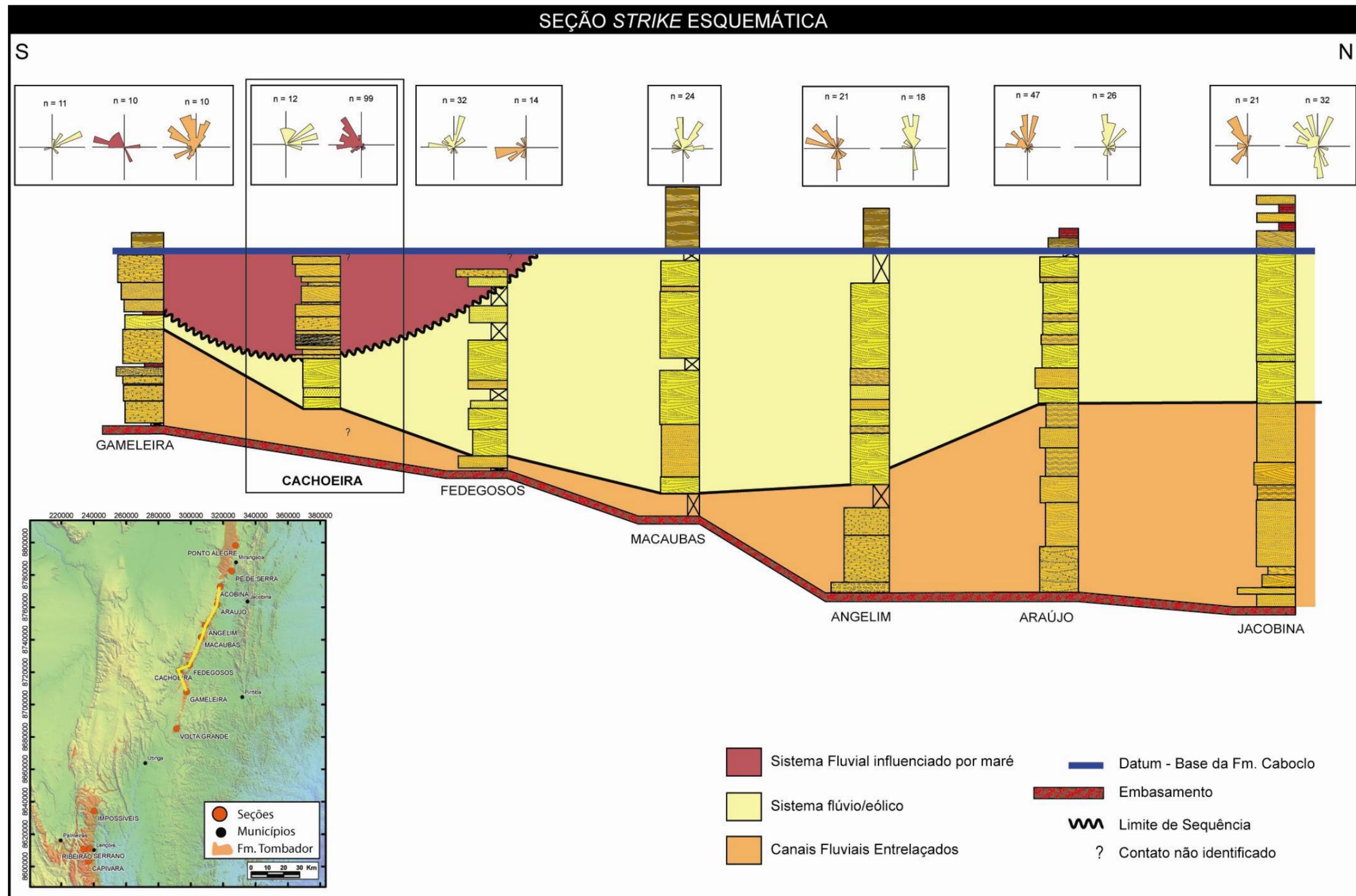


Figura 31: Seção *strike* da porção nordeste da Formação Tombador (modificado do projeto PETROBRAS/UFRGS). Em destaque o perfil colunar gerado no afloramento Cachoeira. Notar a forma de cunha do pacote gerado no sistema fluvial influenciado por maré do topo e as paleocorrentes de todos os sistemas fluviais com sentido preferencial para N.

6. CONCLUSÕES

A seção estudada corresponde ao topo da Formação Tombador, tendo sido levantado 55 metros de seção que permitiram a individualização de dois intervalos: Intervalo Inferior e Intervalo Superior.

No intervalo Inferior foram reconhecidas três litofácies: St(e), Sp(e) e Sl(e). Ele é caracterizados por diversos sets de litofácies St(e), por vezes intercalados com a litofácies Sl(e) e Sp(e) caracterizando um sistema eólico seco com alta disponibilidade de areia.

No intervalo Superior foram reconhecidas oito litofácies (St, Sp, Sr, Sl, Sg, Sw, Sm e Ht), cinco elementos arquiteturais (SB, LA, DA, CH e CS) e cinco ordens de superfícies limítrofes (1^a, 2^a, 4^a, 5^a e 6^a). A predominância de SB e DA (com 5 m de espessura), raros CS e baixa dispersão de paleocorrente indicam um sistema fluvial entrelaçado profundo para os depósitos do topo da Formação Tombador. O espessamento e adelgaçamento das estratificações cruzadas planares, marcas de reativação regularmente espaçadas, sentido bidirecional das paleocorrentes indica que este sistema fluvial foi influenciado por correntes de maré.

O Afloramento Cachoeira compreende duas Sequências Depositionais incompletas separadas por um Limite de Sequência. Os sedimentos do sistema fluvial influenciado por maré foram depositados no Trato de Sistema Transgressivo.

É possível correlacionar depósitos de sistema de maré antigos com atuais, uma vez que poucas diferenças são observadas nos registros. Das três formas de energia atuantes no estuário, apenas a energia das ondas demonstra um comportamento diferente em relação aos depósitos atuais. No Proterozóico elas tinham força o suficiente para retrabalhar sedimentos de porções mais distante da boca do estuário em direção a terra.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkimim, F.F., Brito Neves, B.B., Alves, J.A.C. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – uma revisão. *In: Dominguez, J.M.L. & Misi, A. (eds). O Cráton do São Francisco*. Salvador, SBG / Núcleo BA / SE/ SGM / CNPq. p 45 – 62.
- Allen, J.R.L., 1965. A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. *Sedimentology*, 5, 89-101.
- Allen, J.R.L., 1970. Studies in fluvial sedimentation: a comparison of fining-upward cyclothems, with special reference to coarse-member composition and interpretation. *J. Sediment. Petrol.*, v. 40, p. 298-323.
- Allen, J.R.L., 1986. Earthquake magnitude-frequency, epicentral distance, and soft-sediment deformation in sedimentary basins. *Sediment. Geol.* v. 46, p. 67-75.
- Almeida, F. F. M.; Hasui, Y.; Neves, B. B. B.; Fuck, R. A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sciences Review*, v. 17, p. 1-29.
- Almeida, F.F.M. & Hasui, Y., 1984. *O Pré-Cambriano no Brasil*. São Paulo, E. Bluncher, p. 378 p..
- Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*,v.7, p. 349-364.
- Ashley, G.M. 1990. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. *J. Sedim. Petrol.*, v. 60, p. 160-172.

- Björklund, P. P., 2005. Stacked fluvial and tide-dominated estuarine deposits in high-frequency (fourth-order) sequences of the Eocene Central Basin, Spitsbergen: *Sedimentology*. v. 52, p. 391-428.
- Boyd, R.; Dalrymple, R. W. e Zaitlin, B., 2006. Estuarine and Incised-Valley Facies Models. In A. Posamentier, H. W. and Walker, R. G. *In: Facies Models Revisited*. SEPM Special Publication v. 84, p. 171-235
- Branner, J. C. 1910 The Tombador Escarpment in the State of Bahia, Brazil. *Am. Jour. Sci.* 30 : 335-343.
- Bristow, C.S. 1987. Brahmaputra river: channel migration and deposition. *In: Ethridge, F.G.; Flores, R.M.; Harvey, M.D. (Eds.). Recent developments in fluvial sedimentology*. SEPM Special Publication, v. 39, p. 83-91.
- Bristow, C.S. 1993. Sedimentology of the Rough Rock: a Carboniferous braided river sheet sandstone in northern England. *In: J.L. Best & C.S. Bristows (Eds.). Braided Rivers. Geological Society Special Publication*, p. 291-304.
- Brito Neves, B.B., Kawashita, K. e Delhal, J., 1979. A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. *Rev. Bras. Geoc.*,v. 9 (1): p. 71-85.
- Brookfield, M.E. 1977. The origin of bounding surfaces in ancient aeolian sandstones. *Sedimentology*, v. 24, p. 303-332.
- Catuneanu, O. 2006. *Principles of Sequence Stratigraphy*. (1ª ed.) Elsevier.
- Collinson, J.D. 1996. Alluvial sediments. In: Reading, H.G. (Ed.). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Blackwell Science, London, Third Edition, p. 37-82.
- Collinson, J.D., 1970. Deep channels, massive beds and turbidity current genesis in the Central Pennine Basin. *Proc. Yorksh. Geol. Soc.* v. 37, p. 495-519.

- Cruz, S.C.P., 2004. *A Interação Tectônica entre o Aulacógeno do Paramirim e o Orógeno Araçuaí-Oeste Congo*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP. p 503.
- Dalrymple R. W., CHOI K. 2007. Morphologic and facies trends through the fluvial–marine transition in tide-dominated depositional systems: A schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. *Earth-Science Reviews* 81, p.135–174
- Dalrymple R W.. & Rhodes R.. 1995. Estuarine dunes and barforms. *In: PERILLO GM (Ed.). Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Developments. Sedimentology*, Elsevier, v. 53: p. 359-422.
- Dalrymple, R. W.; Zaitlin, B.A.; Boyd, R. 1992. Estuarine facies models: Conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 62, p. 1130 – 1146.
- Dalrymple, R.W. 1984. Morphology and internal structure of sandwaves in the Bay of Fundy. *Sedimentology*, v. 31, p. 365–382.
- Danderfer Filho, A., Lagoeiro, L.E., Alkimim F.F. O sistema de dobramentos e empurrões da Chapada Diamantina (BA): registro da inversão do Aulacógeno do Espinhaço no decorrer do Evento Brasileiro. *In: II Simpósio do Cráton do São Francisco, Salvador. Anais*, 197 – 199. 1993.
- Danderfer Filho, A.; Lagoeiro, L.E.; Alkmin, F.F., 1993. O Sistema de dobramentos e empurrões da Chapada Diamantina (BA): Registro da inversão do Aulacógeno do Espinhaço no decorrer do evento Brasileiro. *In: Simpósio Sobre O Cráton Do São Francisco*, 2, Salvador, 1993. Salvador, SBG/SGM, p. 197-199.
- Derby, 1906. O.A. The Serra do Espinhaço, Brazil. *Journal of Geology*. v. 14, p. 374-401.

- Doe, T.W. & Dott, R.HJr., 1980. Genetic significance of deformed cross-bedding -- with examples from the Navajo and Weber Sandstones of Utah. *J. Sediment. Petrol.* v. 50, p. 793-812.
- Dominguez, J.M.L. 1996. As coberturas plataformais do Proterozóico Médio e Superior. In: Barbosa, J.S.F., & Dominguez, J.M.L. (eds). *Geologia da Bahia – Texto explicativo*. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração do Estado da Bahia. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, Salvador. p. 105 – 125.
- Dominguez, J.M.L., 1993. As coberturas do Cráton do São Francisco: uma abordagem do ponto de vista de análise de bacia. In: J.M.L., Dominguez & Misi, A. (eds). *O craton do São Francisco*. Salvador, SBG/SGM/CNPq, p. 137 – 159.
- Fenies H. & Faugeres J.C., 1998. Facies and geometry of tidal channel-fill deposits (Arcachon Lagoon, SW France). *Marine Geology* 150, p. 131–148.
- Fenster M.S., FitzGerald D.M., Bohlen W.F., Lewis R.S. & Baldwin C.T., 1990. Stability of giant sand waves in eastern Long Island Sound U.S.A. *Mar. Geol.*, v. 91, p. 207–225.
- Fischbein, S.A., Joeckel, R.M., & Fielding, C.R., 2009, Fluvial-estuarine reinterpretation of large, isolated sandstone bodies in epicontinental cyclothem, Upper Pennsylvanian, northern Midcontinent, USA, and their significance for understanding late Paleozoic sea-level fluctuations: *Sedimentary Geology*, v. 216, p. 15-28.
- Ghazi, S., 2009. *Sedimentology and stratigraphic evolution of the Early Permian Warchha Sandstone, Salt Range, Pakistan*. Tese de PhD University of the Leeds, England, p. 362.
- Greb S. F., ARCHER A. W., 1995. Rhythmic sedimentation in mixed tide and wave deposit, hazel patch sandstone (Pennsylvanian), Eastern Kentucky coal field. *Journal of Sedimentary Research*, v. B65, p. 96 – 106.

- Greb S. F. & Archer A. W., 1998. Annual sedimentation cycles rhythmites of carboniferous tidal channels. *Tidalites: process and products, SEPM Special Publication*, n. 61.
- Guimarães, J.T. & Pedreira, A.J. 1990. Utinga, Folha SD.24-V-A-II, Estado da Bahia. Texto Explicativo. Brasília, DNPM. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. 1990.
- Hjellbakk, A. 1997. Facies and fluvial architecture of a high-energy braided river: the Upper Proterozoic Seglodden Member, Varanger Peninsula, northern Norway. *Sedimentary Geology*.
- Inda H.A.V. e Barbosa J.S.F. 1978. Geologia da Bahia. Texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo. SICM/SGM, Salvador, p.137.
- Jardim de Sá, E.F., Bartels, R.L., Brito Neves, B.B. & McReath, I. Geocronologia e modelo tectonomagmático da Chapada Diamantina e Espinhaço Setentrional. 29º Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto – MG. *Anais*. v.4. p. 205 – 227. 1976.
- Jardim De Sá, E.F.; Legrand, J. & Hackspacher, P.C. 1981. Contraste de estilos estruturais e metamórficos na Faixa Dobrada Sergipana. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 11(3). p. 128-137.
- Jones. B.G. & Rust, B.R., 1983. Massive sandstone facies in the Hawkesbury Sandstone, a Triassic fluvial deposit near Sydney. Australia. *J. Sediment. Petrol.* v.53, p. 1249-1259.
- Kocurek, G. & Havholm, K.G. 1993. Eolian sequence stratigraphy - a conceptual framework. *In: Weimer, P. & Posamentier, H.W. (eds.). Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications. Soc. Econ. Paleont. Miner. Special publication*, v. 52, p.393-409.
- Kresia R. D. & Moiola R. J., 1986. Sigmoidal tidal bundles and tide-generated sedimentary structures of the Curtis Formation, Utah. *Geological Society of America Bulletin*, v. 97, p. 381 – 387.

- Langhorne, D.N. 1973. A sandwave field in the outer Thames estuary, Great Britain. *Mar. Geol.*, v. 14, p. 129–143.
- Lanier W. & Tessier B., 1998. Climbing-ripples bedding in the fluvio-estuarine transition. *Tidalites: process and products, SEPM Special Publication*, n. 61. P. 109-117
- Lanier, W. P., Feldman, H. P., e Archer, A. W., 1993, Tidal sedimentation from a fluvial to estuarine transition, Douglas Group, Missourian-Virgilian, Kansas. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 63, p. 860-873.
- Levell B. K., 1980. A late Precambrian tidal shelf deposit, Finnmark, North Norway. *Sedimentology* 27, p. 539 – 557
- Martinius, A.W. & Gowland, S. (2011) Tide-influenced fluvial bedforms and tidal bore deposits (Late Jurassic Lourinhã Formation, Lusitanian Basin, Western Portugal). *Sedimentology*, v. 58, p. 285–324.
- Mascarenhas, J. F., 1979. Estruturas do tipo "Greenstone belt" no Leste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. *Anais. Ouro Preto-MG : SBG, 1976. v. 4, p. 25-49.*
- Mascarenhas, J.F.; Pedreira, A.J.; Gil, C.A.; Neves, J.P.; Oliveira, J.E.; Silva Filho, M.A.; Marinho, M.M. *Geologia da Região Centro-Oriental da Bahia - Projeto Bahia - Bahia II - Sul da Bahia; Relatório Integrado. Brasília, MME/DNPM, (Geologia Básica n.8). p. 128. 1979.*
- McCabe, P.J., 1977. Deep distributary channels and giant bedforms in the Upper Carboniferous of the Central Pennines, northern England. *Sedimentology* v. 24, p. 271-290.
- Miall, A. D., 1999. In defense of facies classifications and models. *Journal of Sedimentary Research*, v. 69, p. 2-5.
- Miall, A.D. 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth-Sci. Rev.*, v. 13, p. 1-62.
- Miall, A.D. 1985. Architectural-elements analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Sci. Rev.*, v. 22, p. 261-308.

- Miall, A.D. 1988. Facies Architecture in clastic sedimentary basins. *In*: Kleinspehn, K.L. & Paola, C. *New perspectives in basin analysis, Berlin, Springer-Verlag*, p. 67-81.
- Miall, A.D., 1996. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. New York, Springer-Verlag, p. 582.
- Miall, A.D.. 1991. Hierarquies of arquitectural units in terrigenous clastic rocks, and their relationship to sedimentation rocks. *In*: Miall, A.D. & Tyler, N. (Eds.). The three-dimentional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. Soc. Econ. Paleont. Miner., Concepts Sediment. *Paleont.*, v. 3, p. 6-12.
- Moore, R. C., 1949, Introduction to Historical Geology: *McGraw-Hill Book Company*, New York, p. 582.
- Pedreira, A. J. 1994. O Supergrupo Espinhaço na Chapada Diamantina Centro - oriental, Bahia : Sedimentologia, Estratigrafia e Tectônica. São Paulo, USP – Instituto de Geociências. p.126.
- Pedreira, A. J. C. L. D., 1994. O supergrupo espinhaço Na chapada diamantina centro - oriental, Bahia: sedimentologia, estratigrafia e tectônica. 1994. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de geociências, curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo
- Pedreira, A.J. & Margalho, R.S.F.X. Geologia da Chapada Diamantina Oriental, Bahia (Folha Mucugê). *In*: PEDREIRA, A.J. & MARGALHO, R.S.F.X.; Orgs., Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Mucugê (Folha SD.24-V-C-II), Estado da Bahia; Texto Explicativo. Brasília; DNPM/CPRM, p.19-68. 1990.
- Posamentier, H.W., Allen, G.P., 1999, Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology* v. 7, p. 210.
- Raja Gabaglia, G.P. & Arregui, C.D. 2008. Curso de Campo da Chapada Diamantina. PETROBRAS. 15p.

- Savini, R.R.; Raja Gabaglia, G.P. 1997. Curso de Campo da Chapada Diamantina. Salvador, Petrobras, SEREC/CEN-SUD, p. 15.
- Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração do Estado da Bahia. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, Salvador. p 105 – 125. 1996.
- Tape, C. H.; Cowan, C. A. e Runkel, A., 2003. Tidal-bundle sequences in the Jordan Sandstone (Upper Cambrian), Southeastern Minnesota, U.S.A.: evidence for tides along inboard shorelines of the sauk epicontinental sea. *Journal Of Sedimentary Research*, v. 73, n° 3, p. 354–366.
- Terwindt, J.H.J., 1970. Observation on submerged sand ripples with heights ranging from 30 to 200 cm occurring in tidal channels of S.W. Netherlands. *Geol. Mijnb.*, v. 49 , p. 489–501.
- Van Den Berg J.H., Boersma J. R., Gelder A., 2007. Diagnostic sedimentary structures of the fluvial-tidal transition zone – Evidence from deposits of the Rhine and Meuse. *Netherlands Journal of Geosciences*, p. 287 – 306.
- Van Wagoner, J.C.; Posamentier, H.W.; Mitchum, R.M.; Vail, P.R.; Sarg, J.F.; Loulit, T.S.; Handerbol, J. 1988. An overview to the fundamentals of sequence and key definitions. *In*: Wingus, C.K.; Hastings, B.S.; Kendall, C.G.S.C.; Posamentier, H.W.; Ross, C.A.; Van Wagoner, J.C. (eds.). *Sea-level changes: an integrated approach*. SEPM Special Pub., 42, p.22-24.
- W C Krumbein, W. C. e Sloss, L. L., 1963. Stratigraphy and Sedimentation, (2ªed.) Freeman, San Francisco.
- Walker, R. G., James, N. P., 1992. Facies models: response to the sealevel change. *Geological Association of Canada*, St. John´s. p. 454.
- Walker, R.G. and Cant, D.J., 1984. Sandy Fluvial Systems, p.71-90. In Walker, R.G. (ed.) *Facies Models. Geological Society of Canada Publications*, Toronto, Ontario.

-
- Wizavich, M. C. 1991. Photomosaics of Outcrops: useful photographic techniques. In: MIALL, A. D.; TYLER, N. (Eds.). The three dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. Tulsa: SEPM Concepts in *Sedimentology and Paleontology*, v. 3. p. 22-24.
- Zalán P. V., Silva P.C.R., 2007. Bacia São Francisco. Boletim Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 561-571.

