

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ÉRIK MARTINS DARIO

**ARQUITETURA DE FÁCIES E MODELO DEPOSICIONAL DOS DEPÓSITOS
FLUVIAIS EFÊMEROS DA FORMAÇÃO SANGA DO CABRAL, TRIÁSSICO
INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE
DO SUL**

PORTO ALEGRE

2017

ÉRIK MARTINS DARIO

**ARQUITETURA DE FÁCIES E MODELO DEPOSICIONAL DOS
DEPÓSITOS FLUVIAIS EFÊMEROS DA FORMAÇÃO SANGA DO CABRAL,
TRIÁSSICO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, NA REGIÃO CENTRAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

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.

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

Supervisor: Msc. Adriano Domingos dos Reis

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitor: Jane Fraga Tutikian

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Dario, Érik Martins Dario

Arquitetura de fácies e modelo deposicional dos depósitos fluviais efêmeros da Formação Sanga Do Cabral, Triássico Inferior da Bacia do Paraná, na Região Central do Rio Grande Do Sul. / Érik Martins Dario. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2017. [59 f.] il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2017.

Orientador: Claiton Marlon dos Santos Scherer

1. Bacia do Paraná. 2. Triássico. 3. Formação Sanga do Cabral. 4. Inundações em lençol. 5. Estruturas de fluxo superior. I. Título.

CDU 551.7

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Renata Cristina Grun

CRB 10/1113

PORTO ALEGRE

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso **ARQUITETURA DE FÁCIES E MODELO DEPOSICIONAL DOS DEPÓSITOS FLUVIAIS EFÊMEROS DA FORMAÇÃO SANGA DO CABRAL, TRIÁSSICO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**, elaborado por **ÉRIK MARTINS DARIO**, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Dr. Anderson J. Maraschin

Dr. Renata A. Kuchle

Msc. Rosália Barili

Agradecimentos

Agradeço a meu pai, mãe e irmã, por todo amor que sempre me deram e pelo apoio em todas as escolhas da minha vida. Obrigado por estarem do meu lado nesses anos de distância. Sem vocês nada seria possível.

Agradeço a Camila minha companheira em todos esses anos de geologia, obrigado por estar do meu lado em todos momentos.

Quero agradecer os amigos que me acompanharam desde os primeiros dias de geologia: Manuella, Natália, Rafael, Tramontina, Luan, Radaelli e Joana. Obrigado por todo companheirismo nas horas boas e ruins em que passamos durante todos esses anos.

Agradeço ao meu amigo e orientador Claiton, obrigado por todo conhecimento e paciência em todos esses anos trabalhando juntos.

O meu muito obrigado a família que fiz na estratigrafia. Agradeço ao Zazá, João, Bofill, Carrel, Raquel, Fran, Nathalia, Duda, Alemão. Em especial gostaria de agradecer ao Adriano por toda ajuda no meu trabalho de conclusão, por toda ajuda no campo e paciência nas infinitas discussões geológicas. Muito obrigado Carlinhos pela amizade e por nossas conversas diárias sobre futebol.

Todos vocês são parte importante na minha formação como geólogo e como pessoa.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

(José de Alencar)

Resumo

A Formação Sanga do Cabral, pertencente ao Triássico Inferior da Bacia do Paraná, aflora nos blocos Oeste e Central do Rio Grande do Sul, é composta essencialmente por depósitos fluviais influenciados por correntes efêmeras com paleocorrente para Norte-Nordeste. O propósito do trabalho é definir o modelo deposicional da Formação, compreendendo a relação arquitetural entre os diferentes corpos sedimentares. Os dados foram obtidos através da descrição de afloramentos na região Central do estado do Rio Grande do Sul, utilizando como metodologias o levantamento de perfis colunares, fotomosaicos e a medição de paleocorrentes. Como resultados foram obtidos dez litofácies, sendo elas oito arenosas, uma pelítica e uma conglomerática. Arquiteturalmente, a Formação Sanga do Cabral é composta por duas geometrias: lençóis de areia e canais rasos. Os lençóis de areia são formados por arenitos finos, micáceos com formas de leito de fluxo superior a inferior com intraclastos dispersos, intercalados com camadas de conglomerados intraformacionais maciços e raras camadas de pelitos, ambas formadas durante eventos de inundação. Os canais rasos são compostos principalmente por arenitos finos, micáceos com estratificações cruzadas e por lentes de conglomerados intraformacionais na base dos canais. A formação é dominada por lençóis de areia, com raros canais erodindo o topo dos depósitos tabulares. Os canais são interpretados como incisões formadas na fase final do evento de inundação em lençol, devido à erosão causada pelo confinamento do fluxo em irregularidades topográficas no período de diminuição da energia do fluxo. A formação é interpretada como sendo formada exclusivamente por inundações em lençol, devido ao predomínio de camadas formadas em fluxos desconfinados de alta energia e ausência de macroformas de outros estilos fluviais.

Palavras-Chave: Bacia do Paraná. Triássico. Formação Sanga do Cabral. Inundações em lençol. Estruturas de fluxo superior.

Abstract

The Sanga do Cabral Formation outcrops in the Central and West blocks of Rio Grande do Sul, Lower Triassic of the Paraná Basin, is composed essentially by fluvial deposits influenced by ephemeral streams with North and Northeast paleocurrents. The main objective of this work is to define the depositional model of the Sanga do Cabral Formation, understanding the architectural relationship between the different sedimentary bodies. The data was obtained from outcrops descriptions in the Central region of the Rio Grande do Sul, using vertical cross sections, photomosaics and paleocurrent analysis. As results were individualized ten lithofacies: eight sandy, one pelitic and one conglomeratic. Architecturally the Formation is composed by two distinctive geometries: sand sheets and shallow channels. The sand sheets are mainly composed by micaceous fine sandstones with lower and upper flow regime sedimentary structures, with dispersed intraclasts, associated with intraformacional conglomerates and rare mudstone beds, interpreted as flash floods events. The shallow channels are essentially composed by micaceous fine sandstones with cross-bedding and intraformacional conglomerates lenses in the channel base. The formation is dominated by sand sheets, with rare channels eroding the top of tabular deposits. Those channels are interpreted as incisions created in the final phase of the flash flood events, due the erosion generated by the flow confinement in topographic irregularities during the decrease of the flow energy. The Sanga do Cabral Formation is interpreted as being formed only by sheet floods events, suggested by the dominance of beds formed by unconfined high energy flows and the absence of macroforms of other fluvial styles.

Key-words: Paraná Basin. Triassic. Sanga do Cabral Formation. Sheet floods. Upper flow regime structures.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa geológico com a localização dos afloramentos descritos.....	16
Figura 2 - Carta cronoestratigráfica mesozoica da Bacia do Paraná aflorante no Rio Grande do Sul.....	17
Figura 3 - Mapa da reconstrução paleogeográfica da Terra durante o Triássico Inferior.....	18
Figura 4 - Mapa geológico das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul.....	19
Figura 5 - Diferença entre sistemas fluviais meandranes efêmeros, sistemas entrelaçados de alta energia e inundações em lençol.	22
Figura 6 - Diferenças entre as formas de leito de fluxo inferior e superior.	24
Figura 7 - Diagrama de fases estendido com estruturas sedimentares de fluxo supercrítico.....	26
Figura 8 - Desenho esquemático com a interpretação das estruturas representativas de fluxo superior e transicional.....	28
Figura 9 - Desenho esquemático das características do Cyclic steps.....	29
Figura 10 - Elementos arquiteturais de canais fluviais.	32
Figura 11 - Elementos arquiteturais externos ao canal fluvial.	32
Figura 12 - Perfil colunar utilizado no levantamento de campo.....	34
Figura 13 - Facies Fm - Pelitos avermelhados, 10 cm de espessura, entre duas camadas arenosas.....	39
Figura 14 - Facies Sr – Arenitos como laminações cruzadas de marcas onduladas, com ângulo de cavalgamento crítico a supercrítico. Na base arenitos com laminações horizontais (Sh).....	40
Figura 15 - Fácies Sm – Arenitos maciços.....	41
Figura 16 - Fácies St – Arenitos com estratificação cruzada acanalada. O set de estrato cruzado está sobrepondo arenitos com estratificação horizontal (Sh). ..	42
Figura 17 - Fácies Ss – Arenitos com estratificações cruzadas sigmoidais com 20 cm de altura e extensão de 5 metros, com intraclastos lamosos no topo da camada. A cima arenito maciço.....	44

Figura 18 - Fácies Sl - arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo. Por muitas vezes a distinção entre a fácies Sl e Sh é difícil devido ao pequeno ângulo da estratificação cruzada.....	45
Figura 19 - Fácies So, Arenitos com laminação ondulada, com comprimento de onda de 40 cm.	46
Figura 20 - Laminação ondulada em arenitos finos com comprimento de onda de 50 cm. Estrutura interpretada como antidunas.....	46
Figura 21 - Fácies Sh – Arenitos com laminação horizontal.....	48
Figura 22 - Fácies Sc, estrutura de erosão e preenchimento formada em fluxo superior chamada de chute and pool. Interpretação completa do afloramento está no apêndice (fotomosaico 03).	49
Figura 23 - Fácies Sc, estrutura de cyclic steps, formada pela sequência de saltos hidráulicos em fluxos de alta energia. Interpretação completa no apêndice (fotomosaico 04)	50
Figura 24 - Fácies Gm, conglomerados intraformacionais.	51
Figura 25 - Diagrama de roseta evidenciando o sentido Norte-Nordeste da paleocorrente dos depósitos fluviais da Formação Sanga do Cabral.	52
Figura 26 - Acumulado de intraclastos lamosos no arenito maciço.....	53
Figura 27 - Fotomosaico ilustrando a arquitetura de fácies da Formação. Na porção esquerda da seção é possível observar um canal em contato com os depósitos de lençóis de areia. Interpretação completa do fotomosaico está no apêndice (fotomosaico 01).	54
Figura 28 - Diferença entre as estruturas diagnósticas encontradas nas três fases de inundações em lençol.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	14
1.2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
2	FORMAÇÃO SANGA DO CABRAL E SUA CONTEXTUALIZAÇÃO NA BACIA DO PARANÁ.	17
3	ESTADO DA ARTE	21
3.1	SISTEMAS FLUVIAIS EFÊMEROS.	21
3.2	ESTRUTURAS SEDIMENTARES FORMADAS SOBRE FLUXO TRANSICIONAL E SUPERIOR. 23	
4	MÉTODOS E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO	30
4.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	30
4.2	LEVANTAMENTO ESTRATIGRÁFICO.....	30
4.2.1	<i>Análise de fácies</i>	30
4.2.2	<i>Elementos arquiteturais</i>	31
4.2.3	<i>Perfil colunar</i>	33
4.2.4	<i>Seções laterais (fotomosaicos)</i>	34
4.2.5	<i>Medidas de paleocorrente</i>	35
5	RESULTADOS	37
5.1	LITOFÁCIES	37
5.1.1	<i>Fácies Fm</i>	39
5.1.2	<i>Fácies Sr</i>	40
5.1.3	<i>Fácies Sm</i>	41
5.1.4	<i>Fácies St</i>	42
5.1.5	<i>Fácies Ss</i>	43
5.1.6	<i>Fácies Sl</i>	44
5.1.7	<i>Fácies So</i>	45

5.1.8	<i>Fácies Sh</i>	47
5.1.9	<i>Fácies Sc</i>	48
5.1.10	<i>Fácies Gm</i>	50
5.2	ANÁLISE DE PALEOCORRENTE	51
5.3	ARQUITETURA DE FÁCIES E MODELO DEPOSICIONAL.....	52
5.4	COMPARAÇÃO COM MODELOS DA BIBLIOGRAFIA	55
5.5	DISCUSSÃO.....	58
6	CONCLUSÕES	60
7	REFERÊNCIAS	61
8	APÊNDICE	64

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, inúmeros estudos tem detalhado a arquitetura de fácies de sistemas fluviais, permitindo a elaboração de diferentes modelos deposicionais associados a diferentes granulometrias e distintos regimes de fluxo (MIALL, 1996). Entretanto, as reconstruções de sistemas fluviais efêmeros tem sido generalistas, agrupados em poucos modelos deposicionais, e vinculados a fluxos desconfiados ou fracamente canalizados (KARCZ, 1970; SPALLETTI; PINOL, 2005; STEAR, 1985; MCKEE; CROSBY; BERRYHILL, 1967; BROMLEY, 1991). Entretanto, sistemas fluviais efêmeros mostram uma grande diversidade faciológica, decorrentes de rápidas variações na descarga, que resultam na transição lateral e intercalação vertical de estruturas sedimentares geradas em diferentes regimes de fluxo (inferior, transicional e superior) (MIALL, 1996; FIELDING, 2006). Sendo assim, existe a necessidade de mais estudos de detalhe sobre depósitos deste gênero, para construir modelos deposicionais que ajudem a ilustrar a diversidade de arquiteturas de fácies dos sistemas fluviais efêmeros. Nesse sentido, a Formação Sanga do Cabral consiste em um excelente estudo de caso para a reconstrução da arquitetura de fácies de fluviais efêmeros.

A Formação Sanga do Cabral, corresponde a depósitos do Triássico Inferior da Bacia do Paraná, aflorando no estado do Rio Grande do Sul e Uruguai (SCHERER; FACCINI; LAVINA, 2000; ZERFASS, 2003). Esta unidade é composta principalmente por arenitos finos e conglomerados intraformacionais, interpretados como depósitos fluviais influenciados por correntes efêmeras em ambiente árido a semiárido (LAVINA, 1991). Internamente os corpos arenosos são formados por uma vasta gama de estruturas sedimentares, sendo que algumas delas são raramente descritas na bibliografia, garantindo grande importância sedimentológica para a unidade.

1.1 Objetivos

Os objetivos principais do trabalho são definir a arquitetura de fácies e o modelo deposicional da Formação Sanga do Cabral.

Dentre os objetivos específicos destacam-se:

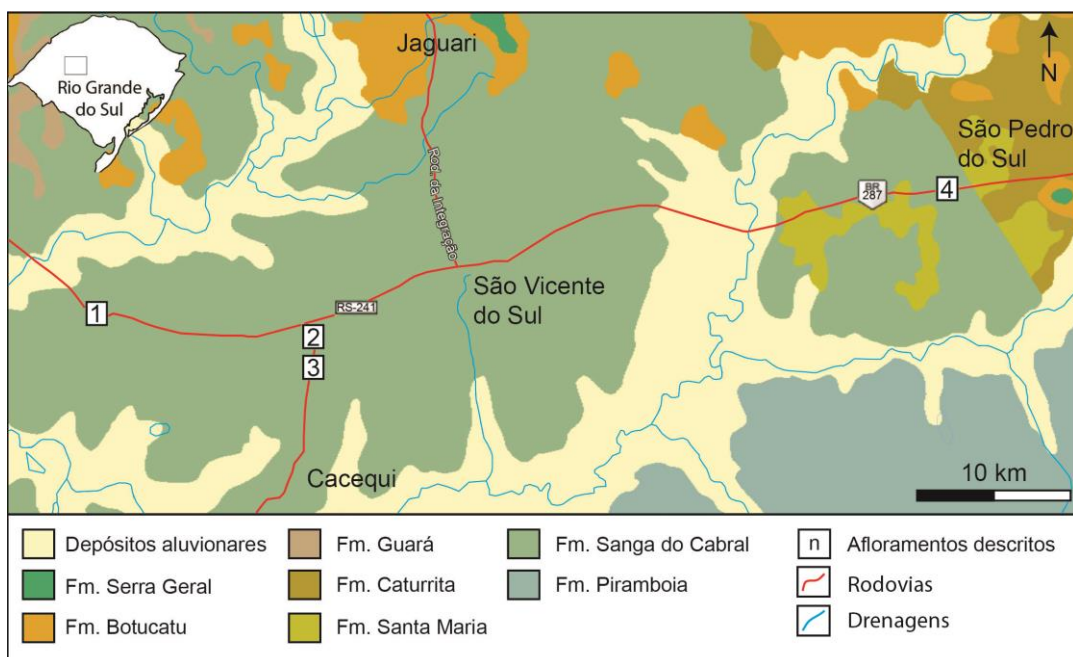
- Fazer um levantamento das fácies e associações de fácies;
- Descrever e documentar estruturas de fluxo supercrítico;
- Reconstruir o estilo fluvial e sua dinâmica deposicional;
- Comparar os depósitos interpretados com modelos da bibliografia.

1.2 Localização da área de estudo

O estudo descreveu quatro afloramentos do tipo corte de estrada na região entre Cacequi, São Pedro do Sul e São Vicente do Sul (figura 1), localizados no centro do estado do Rio Grande do Sul. Foram levantadas mais de uma seção vertical em cada afloramento devido a grande variação lateral das fácies. As coordenadas dos pontos levantados estão no apêndice no canto superior dos perfis colunares.

Os afloramentos 1, 2 e 3 estão localizados no bloco estrutural oeste e o afloramento 4 no bloco central do estado. Os dois blocos são limitados pela zona de falhas Jaguari-Mata (SCHERER; FACCINI; LAVINA, 2000).

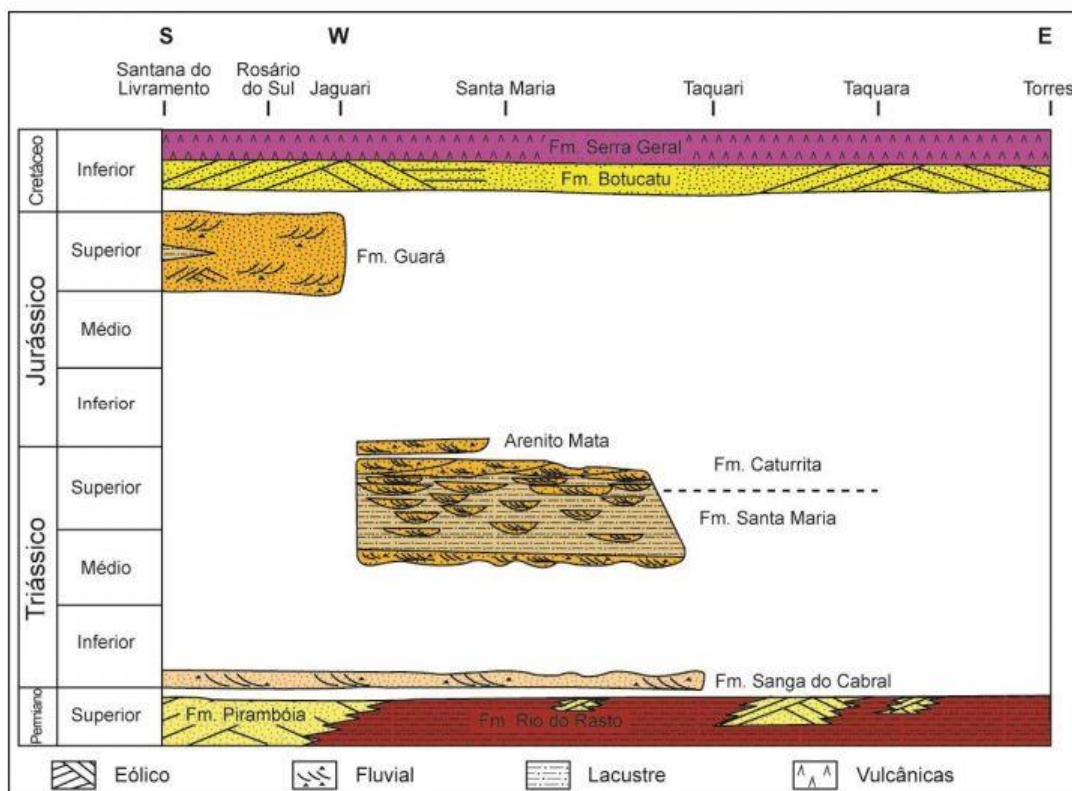
Figura 1. Mapa geológico com a localização dos afloramentos descritos.



2 FORMAÇÃO SANGA DO CABRAL E SUA CONTEXTUALIZAÇÃO NA BACIA DO PARANÁ.

A Formação Sanga do Cabral, definida por Andreis et al. (1980), faz parte do registro Mesozoico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul e do Uruguai (figura 2). A datação realizada por Lavina (1982) confirmou a idade Triássica Inferior para a Formação. Esse intervalo de tempo corresponde à máxima agregação do Pangea (figura 3), marcado pelo baixo nível eustático e pelo domínio da sedimentação continental (ZERFASS, 2003). A proveniência dos sedimentos é relacionada ao cinturão orogênico Gondwanides, localizada ao Sul da formação (ZERFASS, 2003).

Figura 2 - Carta cronoestratigráfica mesozoica da Bacia do Paraná aflorante no Rio Grande do Sul.



Fonte: Modificado de Faccini (1989)

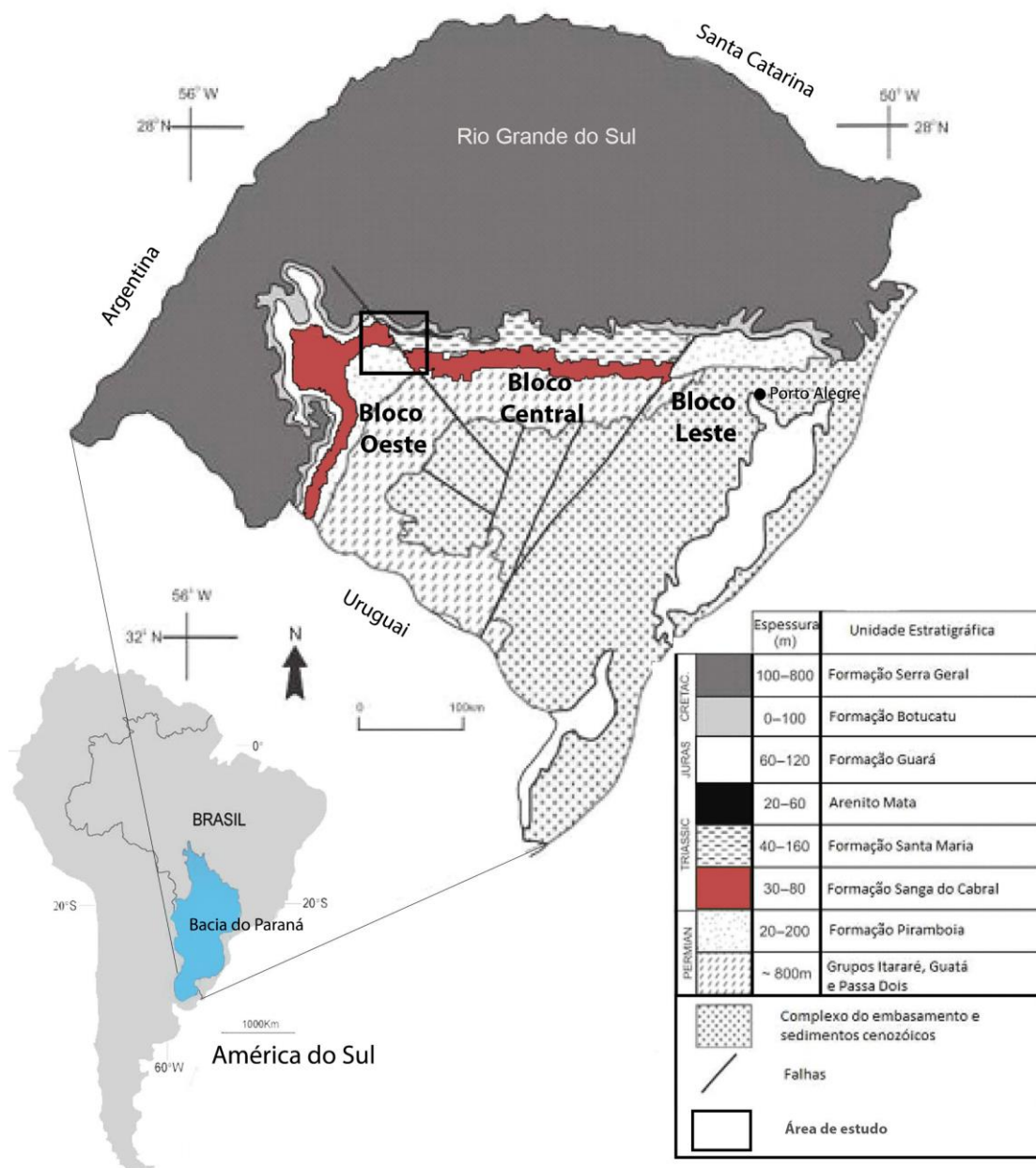
Figura 3 - Mapa da reconstrução paleogeográfica da Terra durante o Triássico Inferior.



Fonte: Modificado de SCOTESE (2014)

Localizada na porção sudoeste da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, a Formação Sanga do Cabral está presente no Brasil nos blocos estruturais: central e oeste (LAVINA; SCHERER, 1997) (figura 4). Nos dois blocos está sobrepondo os depósitos Permianos da Formação Piramboia e da Formação Rio do Rastro. No bloco oeste a formação possui contato superior erosivo com a Formação Guará (SCHERER; FACCINI; LAVINA, 2000) e no bloco central com a Formação Santa Maria (LAVINA; SCHERER, 1997).

Figura 4 - Mapa geológico das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul.



Fonte: Modificado de SCHERER; FACCINI; LAVINA (2000)

Segundo Scherer, Faccini e Lavina (2000) a base da Formação Sanga do Cabral é composta por conglomerados intraformacionais e arenitos conglomeráticos, com estratificação cruzada. Acima dos arenitos fluviais são encontradas lentes de pelitos e siltitos avermelhados laminados e arenitos finos lenticulares com laminação cruzada cavalgante, representando depósitos lacustres rasos. Sobre os pelitos

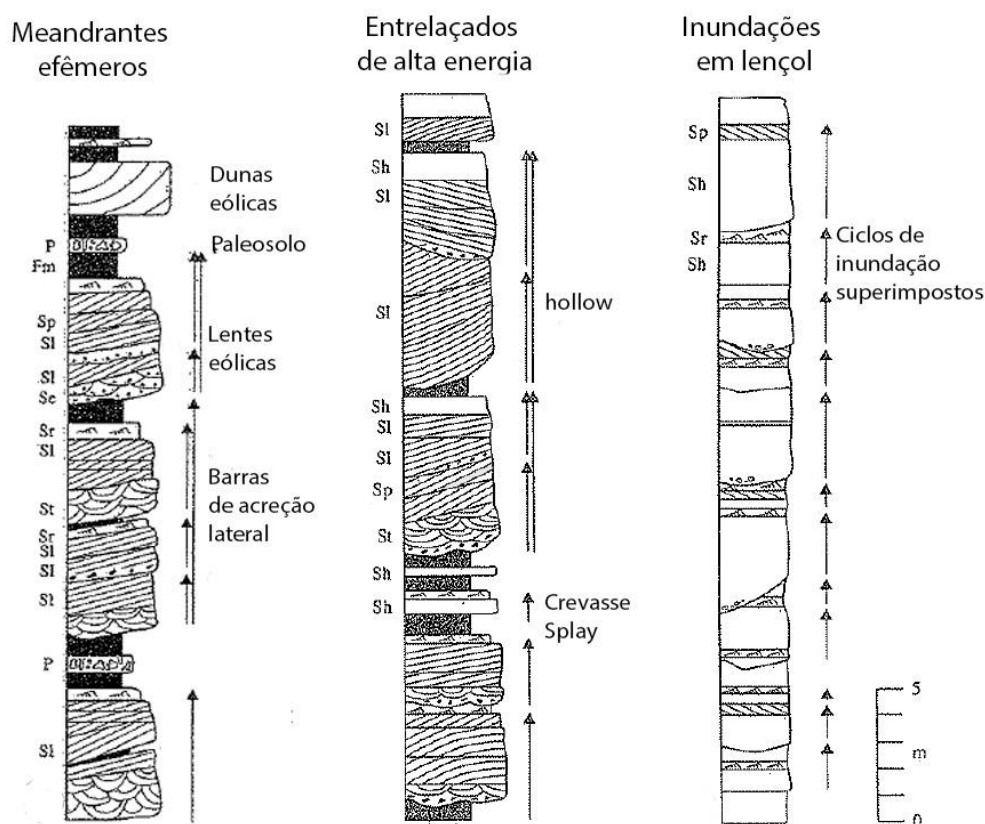
ocorre o retorno dos arenitos fluviais e conglomerados intraformacionais associados a arenitos finos com laminação horizontal, estruturas indicativas de fluxo superior, sugerindo um sistema fluvial entrelaçado com variações no fluxo, e/ou fluvial efêmero. Ocasionalmente são encontrados no registro arenitos finos a médios, com estratificações cruzadas de grande porte, interpretados como eólicos.

3 ESTADO DA ARTE

3.1 Sistemas fluviais efêmeros.

Os sistemas fluviais efêmeros são normalmente formados ou reativados por eventos climáticos como chuvas e tempestades, em zonas áridas e semiáridas, causando inundações com duração de horas que atingem quilômetros de extensão. Segundo Miall (1996) as principais características dos depósitos fluviais efêmeros são a presença de superfícies de escavação e preenchimento. Nestes sistemas são abundantes as estruturas sedimentares formadas sobre fluxo transicional e superior, como estratificação cruzada de baixo ângulo e laminação horizontal (COWAN, 1991). Além da presença de gretas de contração e tipos variados de nódulos evaporíticos (MERTZ; HUBERT, 1990). É comum também a intercalação com lentes de arenitos eólicos (MIALL, 1996). Os sistemas fluviais que sofrem a influências de descargas efêmeras com maior relevância para esse trabalho são: as inundações em lençol, os fluviais meandrantefêmeros e os entrelaçados de alta energia (figura 5).

Figura 5 - Diferença entre sistemas fluviais meandrantefêmeros, sistemas entrelaçados de alta energia e inundações em lençol.



Fonte: Modificado de Miall (1996)

Miall (1977) definiu as inundações em lençol e as distinguiu dos diferentes estilos de sistemas fluviais entrelaçados. A descrição das inundações propostas por ele se basearam no artigo de Mckee, Crosby e Berryhill (1967), onde eles descreveram os sedimentos da inundação que ocorreu em 1965 no córrego Bijou, localizado no Colorado.

As inundações em lençol são fluxos fluviais desconfiados, com duração de horas e alto poder erosivo. Formada por fluxos turbulentos com domínio de água sobre sedimentos. Formam depósitos constituídos por arenitos bem selecionados, normalmente com granodecrescência ascendente (MIALL, 1996). As inundações em lençol são comuns em zonas áridas e semiáridas devido à falta de vegetação, pois esta serve como barreira contra a aceleração do fluxo.

A principal característica destes depósitos sedimentares é a predominância de estruturas sedimentares de fluxo transicional e superior, como a laminação horizontal e a estratificação cruzada de baixo ângulo (COWAN, 1991), que constituem o elemento arquitetural chamado de lençol de areia laminado (LS) definido por MIALL (1985). Em sistemas atuais é comum a presença de antidunas, porém essas são raras no registro, possivelmente em decorrência de seu baixo grau de preservação (LANGFORD; BRACKEN, 1987). Os canais são ausentes ou pouco definidos. As superfícies de erosão e deposição são marcadores dos diferentes eventos de inundação (MIALL, 1996).

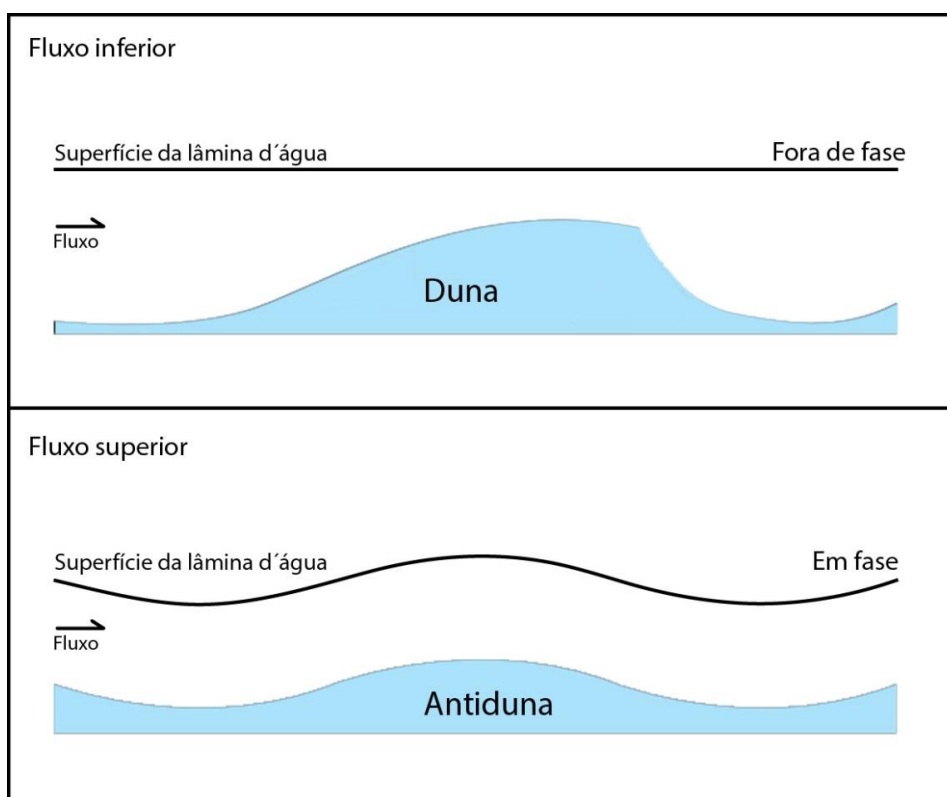
O rio efêmero meandrante, arquiteturalmente apresenta corpos arenosos principalmente confinados, em forma de fita, podendo formar depósitos de acreção lateral (MIALL, 1996). Dependendo da magnitude da inundação, pode ocorrer a transbordamento do canal formando corpos em lençol devido ao desconfinamento (MCKEE; CROSBY; BERRYHILL, 1967). Segundo Stear (1983) a planície de inundação é formada por lama e camadas finas de arenito. São comuns também estruturas de erosão e preenchimento, e *drapes* de lama entre unidades acrescionárias, indicando múltiplos eventos de erosão e sedimentação. As ombreiras dos canais são pouco desenvolvidas e os lençóis de areias por vezes apresentam ondulações.

Os sistemas fluviais entrelaçados de alta energia são formados por uma rede de canais interconectados separados por barras arenosas a cascalhosas. Possuem alta variabilidade de descarga de fluxo e alto suprimento sedimentar, formados preferencialmente em áreas com declividades maiores (MIALL, 1996). O sistema é caracterizado pela presença de uma grande quantidade de formas de leito e principalmente por barras de meio de canal (SCHERER et al., 2008). Diferentemente de outros sistemas fluviais entrelaçados, os de alta energia são caracterizados pela maior ocorrência de laminações horizontais e estratificações cruzadas de baixo ângulo. É comum, também, em regiões de confluência de canais, a ocorrência de formas erosivas preenchidas chamadas de *hollows* (MIALL, 1988).

3.2 Estruturas sedimentares formadas sobre fluxo transicional e superior.

Os regimes de fluxos são definidos pela relação de fase entre a forma de leito e entre a superfície da coluna de água. No regime de fluxo inferior, a forma de leito não replica a forma da superfície da lâmina d'água. Enquanto que no regime de fluxo superior a forma de leito e a lâmina d'água estão em fase (figura 6) (GUY; SIMONS; RICHARDSON, 1966). As formas de leito de fluxo transicional são formadas durante a transição entre esses dois fluxos.

Figura 6 - Diferenças entre as formas de leito de fluxo inferior e superior.



As estruturas sedimentares de regime de fluxo superior são geradas em fluxos que apresentam número de Froude superiores a 0,84 (VAN DEN BERG E VAN GELDER, 1998). A alta velocidade do fluxo confere uma maior influência da inércia em relação à gravidade, sobre essas condições, originando essa classe de estruturas.

Fórmula de Froude

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gd}} \quad (1)$$

U= velocidade média

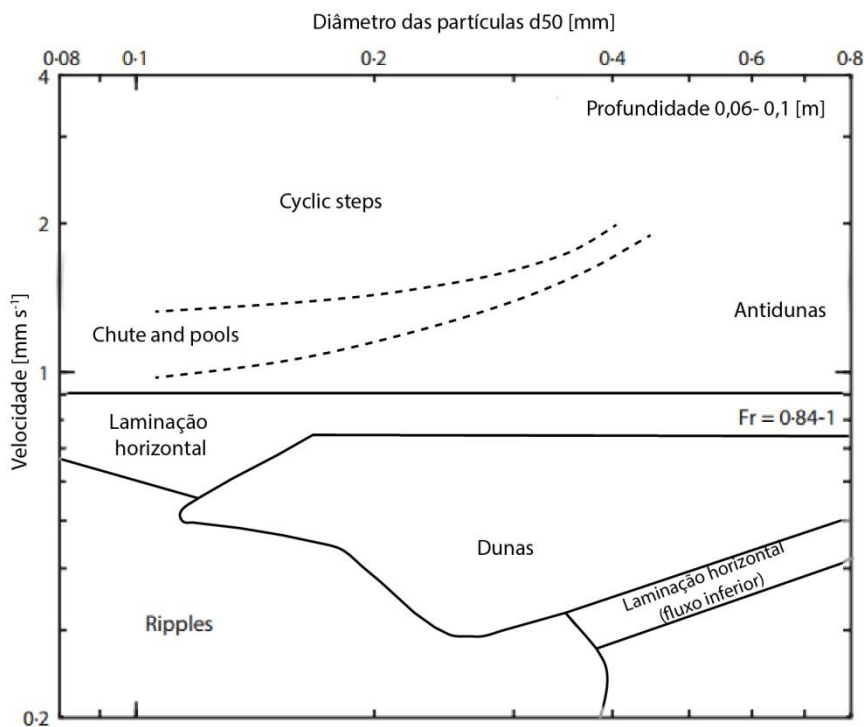
g= aceleração da gravidade

d= espessura do fluxo

A partir da fórmula de Froude é possível determinar o regime do fluxo. Fluxos com Fr menores que 1 são considerados de fluxo inferior e os fluxos com Fr maior que 1 são considerados de fluxo superior.

Segundo o digrama de fases publicado por Cartigny (2014) (figura 7), modificada de Van den Berg e Van Gelder (1998), as estruturas formadas, em ordem crescente de velocidade, no fluxo superior são: laminação horizontal; antidunas; *chute and pool* e *cyclic steps*. O fluxo transicional formado entre o campo de estabilidade de dunas e laminação horizontal, forma estratificações do tipo sigmoidal que com o aumento da energia gradam para baixo ângulo, chamadas de dunas *humpback* (FIELDING, 2006).

Figura 7 - Diagrama de fases estendido com estruturas sedimentares de fluxo supercrítico.



Fonte: Cartigny (2014)

As dunas do tipo *humpback*, segundo Fielding (2006), são formadas no regime de fluxo transicional. Elas apresentam forma côncava a sigmoideal, e são geradas pela erosão parcial de dunas de regime de fluxo inferior, devido ao aumento na velocidade do fluxo. A erosão no dorso e topo formam estratificações cruzadas sigmoideais que gradam para estratificações de baixo ângulo em direção a corrente. Com o aumento da velocidade do fluxo as dunas *humpback* diminuem de tamanho, tendendo a uma forma horizontalizada. No estágio avançado de erosão, a duna *humpback* é formada quase que inteiramente por estratificações de baixo ângulo.

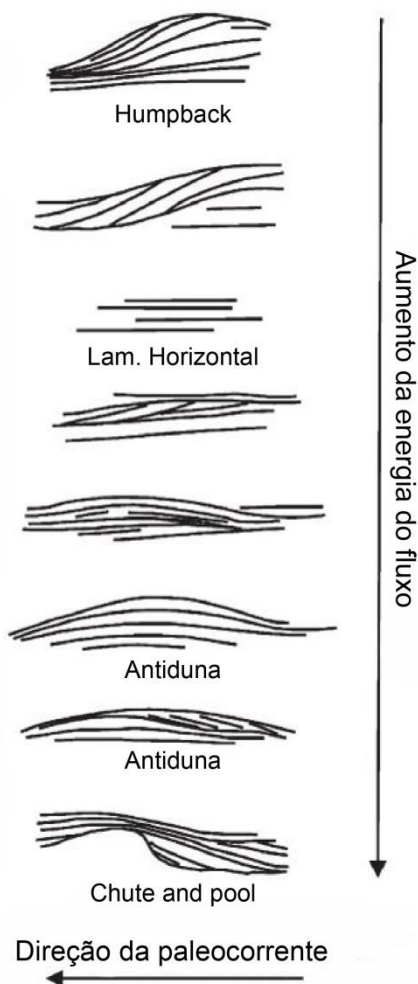
A laminação horizontal é a primeira estrutura formada no regime de fluxo superior. É uma forma de leito plana formada em ambiente agradacional. Segundo Bridge e Best (1988) a laminação horizontal é formada pela migração de ondas de baixa amplitude em um leito plano.

As antidunas são formas de leito formadas sobre fluxo supercrítico (Froude >1). São formadas pela replicação das ondulações da superfície da água pelo leito. Por essa razão normalmente apresentam uma morfologia externa convexa e são

formadas em sequência. Internamente são constituídas por laminações simétricas, concordantes com a forma externa da ondulação. Em fluxos mais energéticos, a laminação ondulada está associada a estratificações cruzadas depositadas a favor ou contra a corrente (FIELDING, 2006). Kennedy (1961) mostrou que existe uma relação diretamente proporcional entre o comprimento de onda das antidunas com a espessura da lâmina d'água, provando que as antidunas podem ocorrer em tamanhos variados.

Chute and pools são estruturas formadas por um salto hidráulico, onde o fluxo mais raso em alta velocidade (*chute*) passa abruptamente para uma zona de maior profundidade e, conseqüentemente, com menor velocidade de fluxo (*pool*) (FIELDING 2006). Os *chute and pools* são preenchidos no sentido contrário a corrente, por estratificações cruzadas que gradam para baixo ângulo. Normalmente as estruturas de *chute and pool* são separadas por zonas de leitos planos (ALEXANDER et al, 2001). A figura esquemática 8, modificada de FIELDING (2006), mostra a evolução das formas de leito em razão do aumento da energia do fluxo.

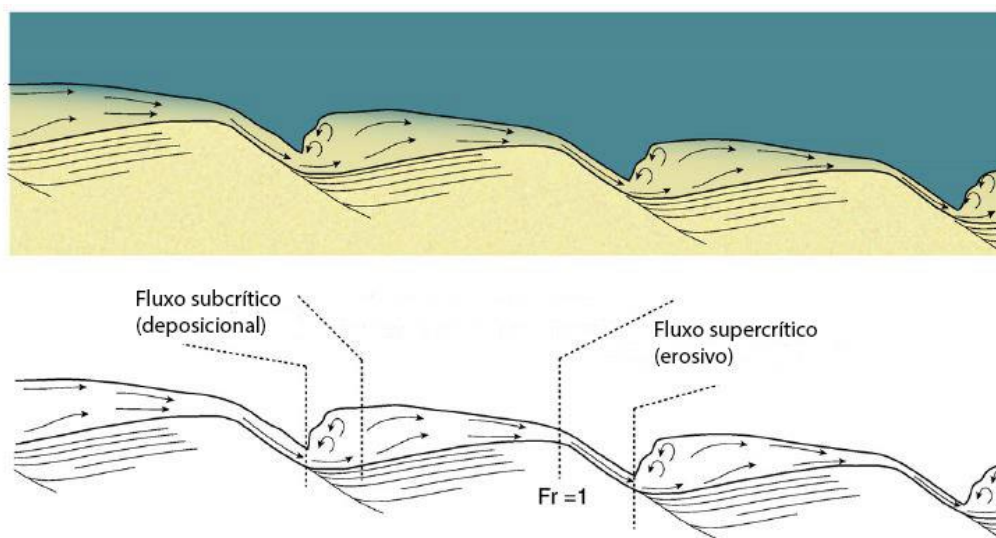
Figura 8 - Desenho esquemático com a interpretação das estruturas representativas de fluxo superior e transicional.



Fonte: Fielding (2006)

Cyclic Steps são estruturas formadas por uma sequência de degraus (*steps*) que migram contra a corrente (KOSTIC et al, 2010). Cada degrau é limitado nas duas pontas por saltos hidráulicos na zona a jusante, onde o fluxo é supercrítico, favorecendo a erosão. Na zona a montante o fluxo dominante é subcrítico, favorecendo a deposição de sedimentos. A figura 9 apresenta um desenho esquemático.

Figura 9 - Desenho esquemático das características do Cyclic steps.



Fonte: Cartigny (2011)

4 MÉTODOS E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

A metodologia utilizada é dividida em duas etapas principais. A primeira é o levantamento bibliográfico, realizado durante todo o andamento do projeto. O segundo é o levantamento sedimentológico\estratigráfico, que engloba conhecimentos teóricos de estratigrafia e sedimentologia somados as técnicas de campo como: levantamento de perfil colunar; seções laterais e medição de paleocorrentes.

4.1 Levantamento bibliográfico

Técnica que serve como alicerce para todo projeto. O levantamento bibliográfico é a pesquisa e leitura de livros e artigos, referentes à área de estudo, técnicas descritivas e aspectos conceituais referentes a sistemas fluviais. Para elaboração desse trabalho foram pesquisados os seguintes assuntos: Bacia do Paraná; Formação Sanga do Cabral; sistemas fluviais; fluviais efêmeros, estruturas de fluxo superior e transicional. Utilizando como fonte o portal periódicos da CAPES e a biblioteca do instituto de geociências da UFRGS.

4.2 Levantamento estratigráfico

4.2.1 *Análise de fácies*

A análise de fácies consiste no primeiro passo dado no levantamento estratigráfico de rochas sedimentares. Através das fácies, é possível interpretar a associações de fácies, os elementos arquiteturais e os sistemas deposicionais.

As fácies, segundo Walker (1992), são definidas por atributos físicos, sendo eles: cor; geometria; composição; textura; estruturas sedimentares e conteúdo

fossilífero. Já a definição genética de Reading (1996) diz que litofácies é um litossoma, formado por uma ou mais camadas, e essas formadas sobre certas condições de sedimentação, refletindo um processo particular, um conjunto de condições ou um ambiente.

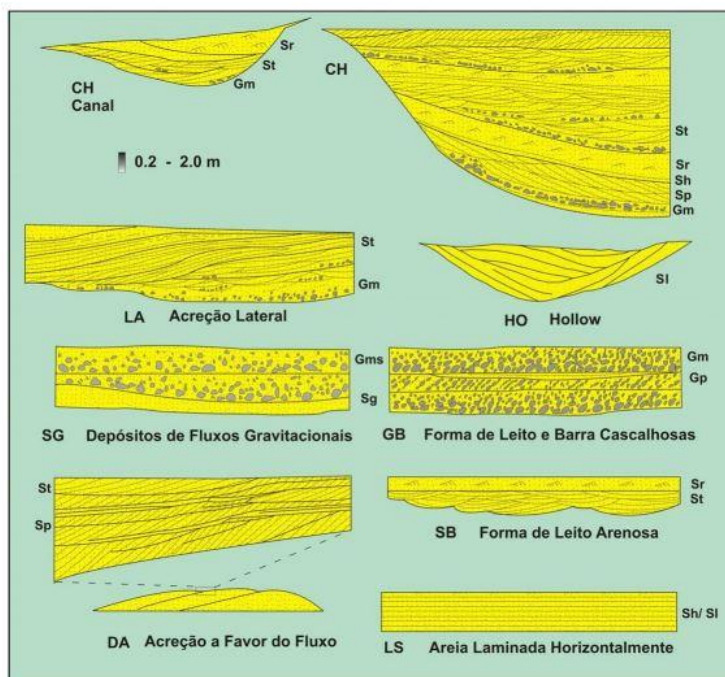
Para a classificação das fácies foram utilizados os princípios do código de fácies proposto por Miall (1996), que ressalta a litologia e estrutura deposicional como as características essenciais para o reconhecimento dos processos sedimentares. A classificação utiliza de duas e a três letras, onde a primeira é maiúscula e indica o tamanho de grão dominante em inglês (e.g. S= sand, areia). As duas últimas letras, sempre minúsculas, indicam a estrutura ou textura em inglês (e.g. t= trough cross-stratified, estratificação cruzada tangencial).

As fácies podem ser agrupadas em associações e sucessões de fácies. As associações de fácies são o agrupamento de fácies geneticamente relacionadas, formadas por processos deposicionais que se desenvolveram em um mesmo ambiente sedimentar (COLLINSON, 1969). Já a sucessão de fácies é a mudança vertical das fácies, refletindo o sistema deposicional e suas variações ao longo do tempo. A partir da associação de fácies é possível fazer a interpretação do modelo deposicional. A interpretação é feita a partir da comparação com modelos de fácies de ambientes sedimentares, atuais ou pretéritos, reconhecidos pela bibliografia.

4.2.2 Elementos arquiteturais

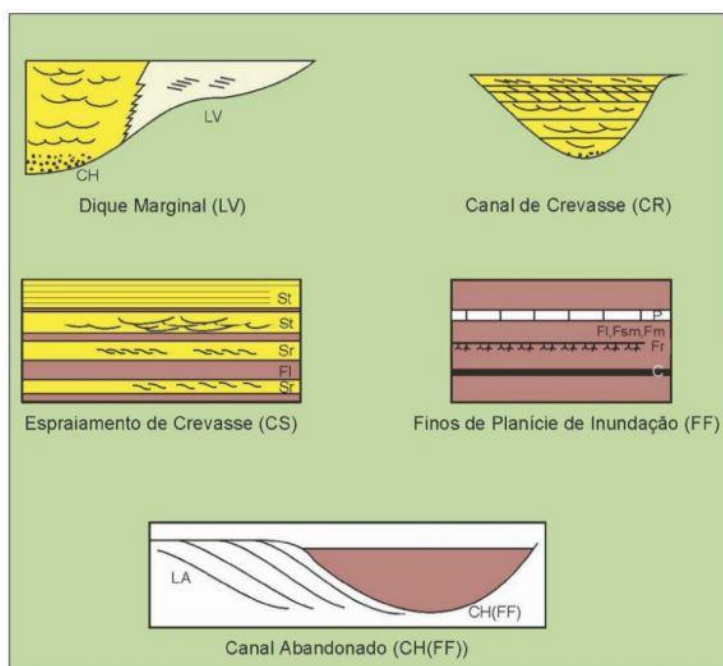
O elemento arquitetural é um litossoma caracterizado por sua geometria externa e interna, associação de fácies e escala, representando um processo particular ou conjunto de processos atuando em um sistema deposicional (MIALL, 1988). Miall (1985) sugeriu a existência de oito elementos arquiteturais básicos em depósitos internos aos canais fluviais (figura 10). Miall (1996) também identificou seis elementos arquiteturais principais associados a depósitos externos ao canal (figura 11).

Figura 10 - Elementos arquiteturais de canais fluviais.



Fonte: Modificado de Miall (1988)

Figura 11 - Elementos arquiteturais externos ao canal fluvial.



Fonte: Modificado de Miall (1996)

4.2.3 Perfil colunar

A técnica de levantamento de perfil colunar é utilizada em campo para representar graficamente as fácies e associações de fácies. Permitindo ainda a integração de maneira organizada de outros dados geológicos, como a medidas de paleocorrente e feições estruturais.

O perfil colunar consiste na descrição das fácies em folhas milimetradas, onde o eixo horizontal representa o tamanho de grão, e o vertical indica a espessura da camada de rocha. Nesse trabalho foi utilizado a escala de 1:20 (figura 12). Além da representação gráfica, no perfil colunar é descrito a localização do ponto, paleocorrente, código de fácies, conteúdo fossilífero, numeração das fotos, número e localização das amostras coletadas. Na etapa de pós-campo os perfis levantados foram digitalizados utilizando o software Adobe Illustrator CS6, mantendo a mesma escala utilizada em campo.

Figura 12 - Perfil colunar utilizado no levantamento de campo.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA		SEÇÃO/UNIDADE	
ESTRUTURAS GERADAS POR PROCESSOS HIDRODINÂMICOS OU DEFORMACIONAIS		ESTRUTURAS GERADAS POR PROCESSOS EÓLICOS	
<ul style="list-style-type: none"> M Maciço Lam. Plano Paralelo Lam. Cruz. Cavaliante Lam. Ondulada Lam. Ondulada Truncada Est. Cruz. Tangencial Est. Cruz. Acanalada Ripóles 	<ul style="list-style-type: none"> Est. Cruz. Bis. Ângulo Est. Cruzada Planar Fludização Lam. Convoluta Estrutura em Chama Escorregamento Estrutura de Carga 	<ul style="list-style-type: none"> Estratos cruzados compostos por marcos ond. edulos Estruturas de adesão Estratos cruzados compostos por fluxos de grãos Estratificação cruzada de baixo-ângulo Estratificação horizontal 	FÓSSEIS: <ul style="list-style-type: none"> Bioturbação Cóncavas Fóssais Restos Vegetais Marca de nível
		Coord. UTM	
		E:	
		N:	
		Data:	
		Escala:	
		Col. Fósseis	Fotos Acoradas
		DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	
<p style="text-align: right;">Paleocorrente Estrutura</p>			
<p style="text-align: center;">Bt Sx Gr G M F ME S Ag</p> <p style="text-align: center;">Área</p>		Página /	

4.2.4 Seções laterais (fotomosaicos).

As seções laterais são imagens panorâmicas de afloramentos, montadas a partir da junção de várias fotos com sobreposição. Técnica utilizada para descrever

e interpretar associações de fácies, elementos arquiteturais e superfícies limítrofes ao longo do afloramento.

As seções laterais foram montadas a partir de fotos de toda a extensão do perfil, tiradas seguindo uma linha paralela ao afloramento, mantendo sempre a mesma altura e distância e com uma escala de referência. Foi utilizada também a sobreposição de 40% entre as imagens para facilitar a junção e excluir as bordas deformadas das fotos. A máquina fotográfica utilizada foi a Sony $\alpha 6000$, lente 3.5-5.6/18-55.

A etapa seguinte é a correção da distorção causada pela lente. Foi utilizado o software Adobe Lightroom 6, onde é possível fazer a correção específica para cada modelo de máquina fotográfica e modelo de lente, diminuindo deformações no fotomosaico e facilitando a etapa de agrupamento das fotos. Na etapa de junção das fotos foi utilizado o software Adobe Photoshop CS6. Através de testes visando a menor distorção possível, foi utilizada a função *photomerge* do software, no *layout* de perspectiva, que monta a seção automaticamente, retirando a zona de borda deformada da foto e corrigindo deformações geométricas. Vários testes foram realizados comparando seções feitas de modo manual com as de modo automático. As seções que utilizaram a função automática *photomerge* apresentaram menor deformação.

4.2.5 Medidas de paleocorrente

As medidas de paleocorrente são extraídas de dados de superfície de algumas estruturas sedimentares. São importantes para a definição de superfícies limítrofes, elementos arquiteturais e para definição de estruturas sedimentares, como por exemplo as antidunas que apresentam variação de cento e oitenta graus na paleocorrente.

As medições neste trabalho foram realizadas com a bússola Brunton Geotransit devidamente declinada, com precisão de dois graus na medição do azimute e precisão de dois graus na medida do mergulho da camada. A notação utilizada foi a trama, que corresponde a direção de mergulho dos estratos cruzados.

As medidas foram realizadas principalmente em estratificações cruzadas e em laminações cruzadas de marcas onduladas, ambas pouco frequentes na formação. A Formação Sanga do Cabral, por ser formada em um ambiente subaquoso de alta energia, possui, em sua maioria, formas de leito de fluxo superior e transicional que, de forma geral, não fornecem medidas confiáveis devido ao baixo ângulo das estruturas.

5 RESULTADOS

Através do trabalho de campo foi obtido como resultado o levantamento de 13 perfis colunares (localizados no apêndice), totalizando 53 metros de seção levantada. Também foi descrito e interpretado quatro seções laterais, realizadas em quatro afloramentos distintos. Os resultados são apresentados nesse capítulo seguindo essa ordem: litofácies; arquitetura deposicional e modelo deposicional; comparação com modelos da bibliografia.

5.1 Litofácies

A partir da descrição dos afloramentos foram identificadas dez litofácies. As litofácies foram individualizadas usando as diferenças de granulometria e de estruturas sedimentares. Para cada fácies foi utilizado um código, seguindo o modelo idealizado por Miall (1996) (tabela 1).

As fácies são majoritariamente constituídas por arenitos finos, bem selecionados, de coloração avermelhada, micáceos, ocasionalmente com intraclastos lamosos, com tamanho variando de seixos a grânulos. Por vezes os intraclastos estão concentrados formando conglomerados arenosos. Pelitos são raros.

Tabela 1. Síntese das litofácies identificadas em campo.

Fácies	Descrição	Interpretação
Fm	Pelitos avermelhados, maciços.	Assentamento gravitacional de partículas em suspensão (MIALL, 1977).
Sr	Arenitos finos, bem selecionados, micáceos, com laminações cruzadas de marcas onduladas.	Marcas onduladas formadas sobre regime de fluxo inferior unidirecionais trativos (ALLEN, 1963).
Sm	Arenito fino, bem selecionado, micáceo, sem estruturas sedimentares aparentes. Por vezes apresenta grânulos e seixos de intraclastos lamosos dispersos.	Deposição rápida de fluxos hiperconcentrados, fluidização ou bioturbação (Miall, 1996).
St	Arenitos finos a conglomeráticos, micáceos, mal selecionados, com estratificação cruzada acanalada.	Dunas subaquáticas 3D formados sobre regime de fluxo inferior unidirecional trativo (ALLEN, 1963).
Ss	Arenitos finos, bem selecionados, micáceos, com estratificação sigmoidal a baixo ângulo.	Dunas atenuadas (<i>humpback dunes</i>) formadas pela erosão do <i>topset</i> de dunas em condições transicionais entre o regime de fluxo unidirecional inferior e superior (WIZEVICH, 1992).
Sl	Arenitos finos, bem selecionados, micáceos, com estratificação cruzada de baixo ângulo.	Dunas fortemente atenuadas formadas na transição entre os regimes de fluxo inferior e superior (BRIDGE E BEST, 1998).
So	Arenitos finos, bem selecionados, micáceos, com laminações onduladas, por vezes com truncamento interno.	Formas de leito formadas sobre fluxo superior unidirecional, indicando a presença de antidunas.
Sh	Arenitos finos, bem selecionados, micáceos, com laminação horizontal.	Formas de leito plano formadas em condições de regime de fluxo superior.
Sc	Arenitos finos, bem selecionados, micáceos, preenchendo concavidades com estratificações cruzadas de baixo ângulo gradando lateralmente para laminações horizontais.	Formas de leito formadas por erosão e preenchimento, em regime de fluxo superior, interpretados como <i>chute and pool</i> ou <i>cyclic steps</i> .
Gm	Conglomerados intraformacionais (clastos de pelitos e arenitos), maciços.	Fluxos hiperconcentrados.

5.1.1 *Fácies Fm*

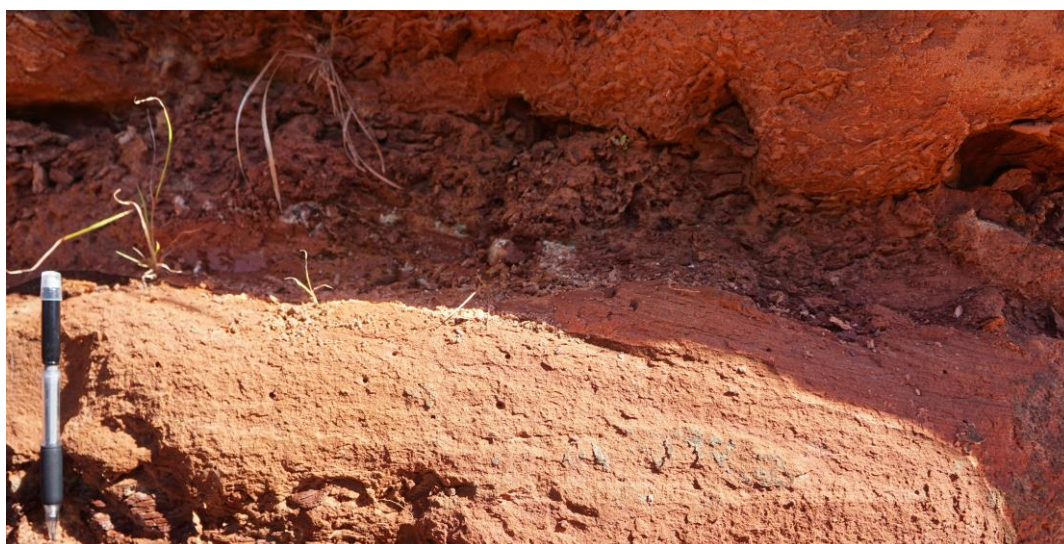
Descrição:

Folhelhos de cor vermelha, maciços, com a presença de micas. Ocorrem raramente na formação, formando camadas descontínuas com espessura média de 10 cm e continuidade lateral de 4 m (figura 13).

Interpretação:

Fácies formada pela decantação de partículas finas em suspensão (MIALL, 1977). Depositada no final de eventos de inundação em áreas que permitiram a estagnação da água. O caráter descontínuo das camadas é causado por eventos seguintes de inundação que erodem os depósitos finos.

Figura 13 - Facies Fm - Pelitos avermelhados, 10 cm de espessura, entre duas camadas arenosas.



5.1.2 Fácies Sr

Descrição:

Arenitos finos, avermelhados, bem selecionados, micáceos, com laminações cruzadas de marcas onduladas (*ripples*). Formam camadas lateralmente contínuas de até 10 m com espessura variando de 5 a 20 cm, normalmente sobrepostas a laminações horizontais (figura 14).

Interpretação:

Fácies formada pela migração de marcas onduladas em fluxo inferior trativo, unidirecional, subaquoso (ALLEN, 1963). A localização da camada de *ripples* no topo das laminações horizontais é gerada pela desaceleração do fluxo. Segundo o diagrama de fases de Cartigny (2014), o campo de estabilidade de formação de dunas em arenitos finos é restrito, favorecendo o aparecimento de *ripples*.

Figura 14 - Facies Sr – Arenitos como laminações cruzadas de marcas onduladas, com ângulo de cavalgamento crítico a supercrítico. Na base arenitos com laminações horizontais (Sh).



5.1.3 *Fácies Sm*

Descrição:

Formada por arenitos finos, vermelhos, bem selecionados, micáceos, sem estrutura sedimentar aparente, apresentando, por vezes, grânulos e seixos de intraclastos lamosos. As camadas apresentam espessura máxima de 1 m e extensão lateral de até 5 m (figura 15).

Interpretação:

Os arenitos maciços foram gerados por fluxos hiperconcentrados, onde a velocidade da deposição não permitiu a seleção hidráulica dos sedimentos (SMITH, 1986). Fluxos com alta energia favorecem a mobilização de sedimentos não consolidados, formando corpos hiperconcentrados que através de uma variação na velocidade de fluxo permitem a rápida deposição em massa da carga de sedimentos (LOWE, 1982).

Figura 15 - *Fácies Sm* – Arenitos maciços.



5.1.4 Fácies St

Descrição:

Arenitos finos, vermelhos, bem selecionados, micáceos, com estratificação cruzada tangencial. Grânulos e seixos de intraclastos lamosos dispersos. Apresentam micas dispersas ou formando acumulados nos *foresets*. As camadas são contínuas, com duas geometrias distintas: lenticular e tabular. A espessura varia de 20 cm a 1 m e extensão lateral de até 7 m (figura 16).

Interpretação:

Os arenitos da fácies St são interpretados como resultado da migração de dunas 3D em fluxo inferior (ALLEN, 1963). As duas geometrias distintas são explicadas pela formação em dois contextos diferentes. As camadas com geometria tabular foram formadas na etapa de desaceleração de fluxos desconfinados. As camadas lenticulares foram formadas no estágio finais das inundações, onde ocorre a incisão de pequenos canais (BROMLEY, 1991).

Figura 16 - Fácies St – Arenitos com estratificação cruzada acanalada. O set de estrato cruzado está sobrepondo arenitos com estratificação horizontal (Sh).



5.1.5 Fácies Ss

Descrição:

Arenito fino, bem selecionado, vermelho, com estratificação cruzada sigmoidal gradando lateralmente para baixo ângulo, com grânulos e seixos de intraclastos lamosos dispersos. As micas estão dispersas e por vezes acumuladas nos *foresets*. As camadas possuem geometria tabular e espessura variando de 20 a 40 cm (figura 17).

Interpretação:

A fácies é interpretada como depósitos de dunas 3D atenuadas pelo incremento da energia do fluxo, sendo formadas na transição entre fluxo inferior e superior (WIZEVICH, 1992). Essas estruturas são chamadas de dunas *humpback* (FIELDING, 2006). A forma convexa das dunas é consequência da erosão que planifica o dorso e deposita o sedimento remobilizado na face frontal da duna. Com incremento da energia no fluxo as dunas diminuem de tamanho, formando estratos cruzados de baixo ângulo.

Figura 17 - Fácies Ss – Arenitos com estratificações cruzadas sigmoidais com 20 cm de altura e extensão de 5 metros, com intraclastos lamosos no topo da camada. A cima arenito maciço.



5.1.6 Fácies S1

Descrição:

Fácies composta por arenitos finos, vermelhos, bem selecionados, com estratificação cruzada de baixo ângulo, por vezes de difícil distinção com a fácies Sh. Ocorrem micas, seixos e grânulos de intraclastos lamosos dispersos. Camadas com geometria tabular, com espessura variando de 20 cm a 2 m (figura 18).

Interpretação:

A fácies é produto da atenuação em estágio avançados de dunas 2D e 3D, em regime de fluxo transicional (BRIDGE E BEST, 1988).

Figura 18 - Fácies SI - arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo. Por muitas vezes a distinção entre a fácies SI e Sh é difícil devido ao pequeno ângulo da estratificação cruzada.



5.1.7 Fácies So

Descrição:

Arenitos finos, bem selecionados, vermelhos, micáceos, com grânulos e seixos de intraclastos lamosos dispersos. É composta por laminações onduladas com padrão simétrico, com comprimento de onda de 20 cm a 1 m, por vezes apresentando truncamentos internos. As ondulações variam lateralmente no afloramento, podendo gradar para laminações horizontais. As camadas são tabulares e possuem grande continuidade lateral com espessura variando de 10 cm a 1 m (figura 19 e 20).

Interpretação:

Os arenitos com laminações onduladas são interpretados como antidunas (FIELDNG, 2006), que são formadas em fluxo supercrítico e superior, onde a forma de leito replica as ondulações da superfície da lamina d'água. A variação no padrão das ondulações é explicada por Cartigny (2014), pois as antidunas são formas transicionais, podendo ter variações na morfologia de acordo com a energia do fluxo.

Figura 19 - Fácies So, Arenitos com laminação ondulada, com comprimento de onda de 40 cm.



Figura 20 - Laminação ondulada em arenitos finos com comprimento de onda de 50 cm. Estrutura interpretada como antidunas.



5.1.8 Fácies Sh

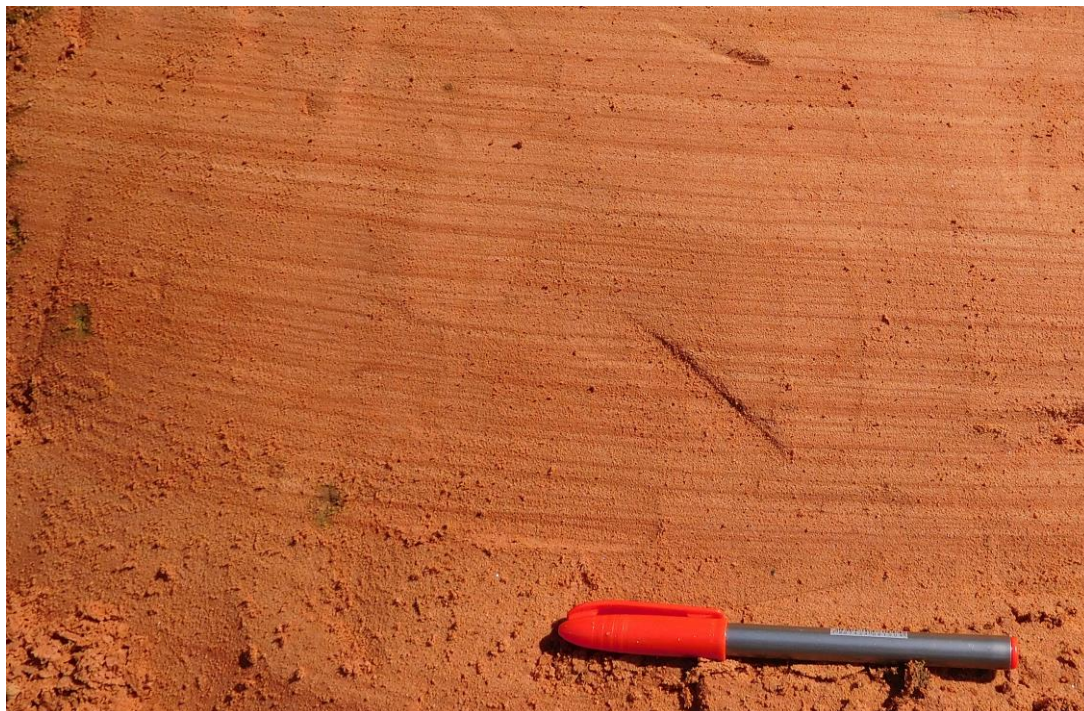
Descrição:

Arenito fino, vermelho, bem selecionado, micáceo, composto por laminações horizontais milimétricas (figura 21). A laminação é marcada por pequenas diferenças granulométricas, ou acumulação de minerais pesados. É frequente a presença de grânulos e seixos de intraclastos lamosos. As camadas possuem continuidade lateral variando entre 2 metros a toda extensão do afloramento. Apresentam espessura variando de 15 cm até 1,20 m. Por vezes é possível observar a gradação para a fácies So marcado pela ondulação da laminação horizontal.

Interpretação:

Essa litofácies representa formas de leito plano, formadas por fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo superior. A gradação para a fácies So é causada pelo incremento da energia do fluxo que desestabiliza as formas de leito plana, formando ondulações, associadas a fase inicial do desenvolvimento de antidunas (CARTIGNY, 2014).

Figura 21 - Fácies Sh – Arenitos com laminação horizontal.



5.1.9 Fácies Sc

Descrição:

Formas de leito côncavas, preenchidas por estratificações cruzadas de baixo ângulo. É composta por arenitos finos, bem selecionados, vermelhos, micáceos, com grânulos e seixos de intraclastos lamosos dispersos. As formas côncavas aparecem isoladas ou em sequências. As formas isoladas possuem tamanho médio de 40 cm de extensão e 20 cm de altura. Por sua vez, as sequências de formas côncavas possuem aproximadamente 1,5 m de comprimento e 1 m de altura, gradando lateralmente para fácies Sh ou So (figura 22 e 23)

Interpretação:

A fácies é interpretada como estruturas de erosão e preenchimento formadas em regime fluxo superior, chamadas de *chute and pool* e *cyclic steps*. Essas estruturas são geradas em zonas em que o fluxo apresenta uma variação abrupta na velocidade, normalmente causada por diferenças de profundidade. A variação na

velocidade do fluxo gera um vórtice erosivo chamado de salto hidráulico, causando a formação das concavidades. As concavidades são preenchidas normalmente contra o sentido da corrente, indicando um sentido de mergulho dos *foresets* inversa ao sentido do fluxo. As formas isoladas são interpretadas como *chute and pools*, formadas em fluxos de menor energia. Fluxos com maior energia possibilitam a formação de uma sequência de saltos hidráulicos, formando um conjunto de concavidades em uma mesma superfície, chamadas de *cyclic steps* (KOSTIC, 2010).

Figura 22 - Fácies Sc, estrutura de erosão e preenchimento formada em fluxo superior chamada de chute and pool. Interpretação completa do afloramento está no apêndice (fotomosaico 03).

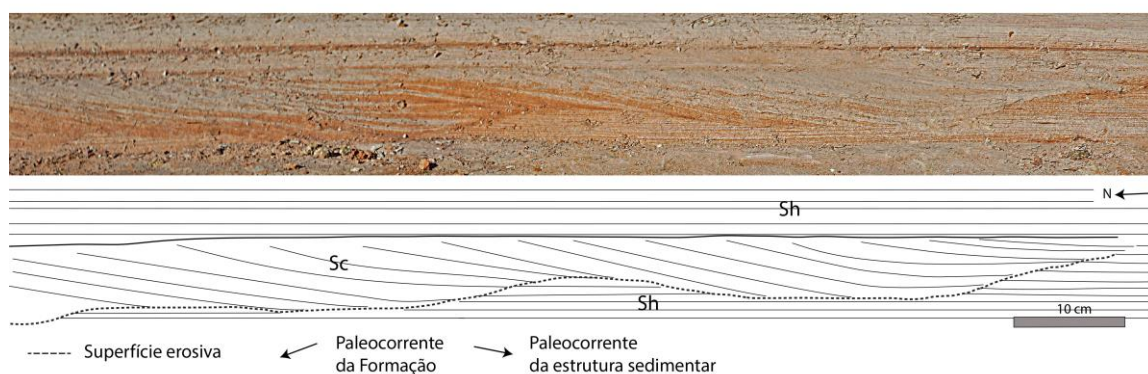
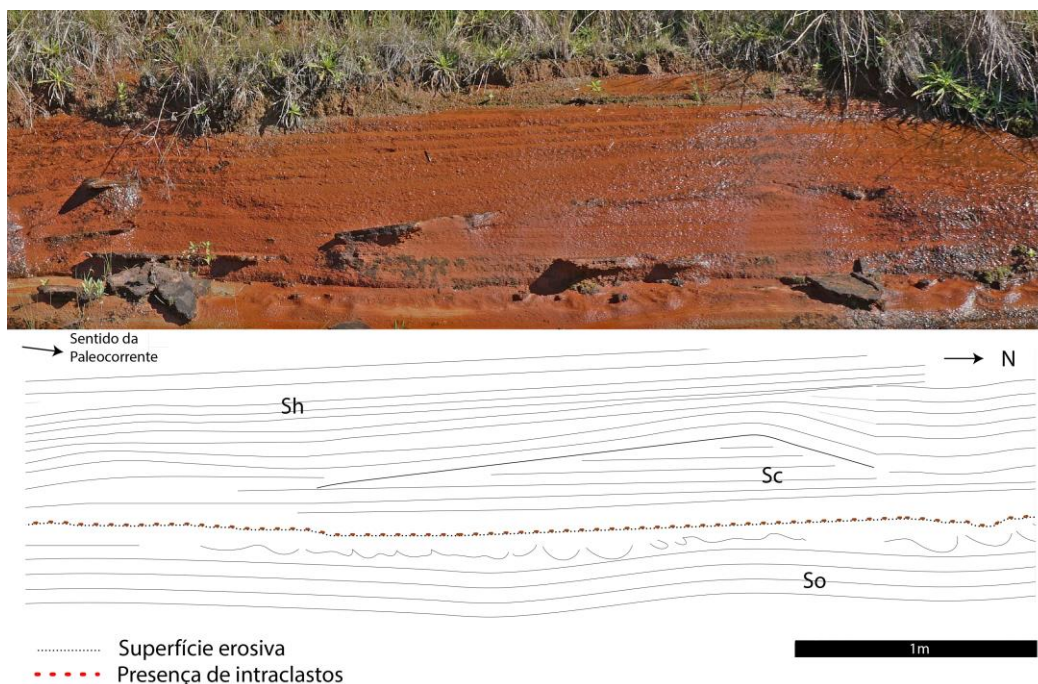


Figura 23 - Fácies Sc, estrutura de cyclic steps, formada pela sequência de saltos hidráulicos em fluxos de alta energia. Interpretação completa no apêndice (fotomosaico 04)



5.1.10 Fácies Gm

Descrição:

Conglomerados arenosos intraformacionais, compostos majoritariamente por intraclastos de lama de 1 a 5 cm de diâmetro, em forma de tabletes ou redondos. São encontrados também concreções carbonáticas de 2 a 5 cm, normalmente arredondadas, com fragmentos de fósseis. O arcabouço dos intraclastos é formado por arenitos finos, bem selecionados, muito micáceos. As camadas são tabulares com até 50 centímetros de espessura ou em forma de lentes descontínuas dentro das fácies arenosas (figura 24).

Interpretação:

Os conglomerados são formados por fluxos hiperconcentrados nas fases iniciais da inundação, onde as camadas de pelitos depositadas no fim de eventos anteriores são erodidas e se misturam com os arenitos transportados pelo fluxo.

Figura 24 - Fácies Gm, conglomerados intraformacionais.

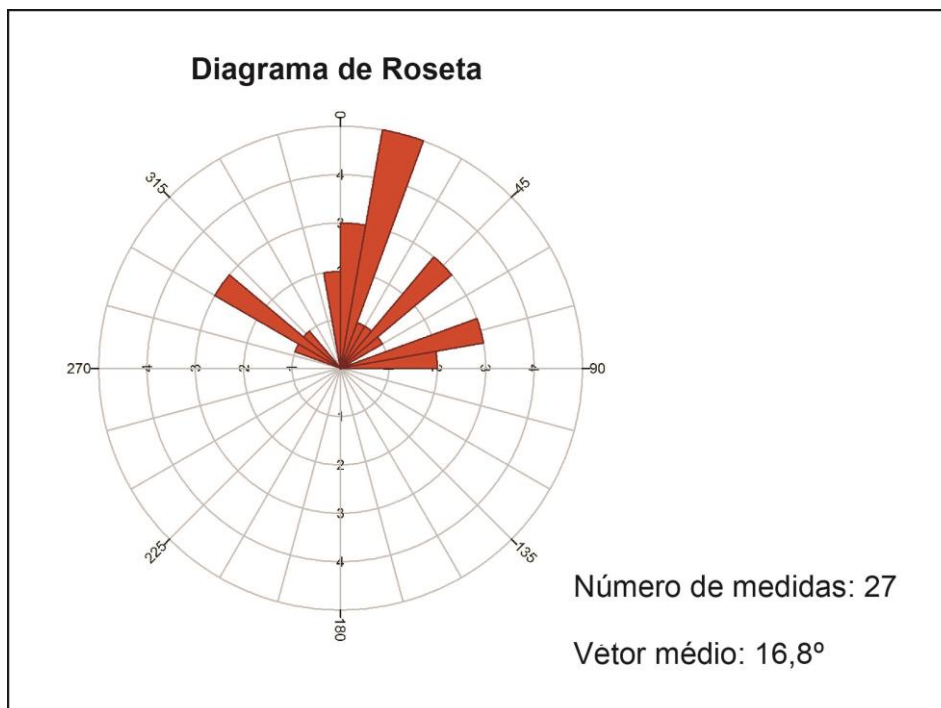


5.2 Análise de Paleocorrente

A partir da medição de estruturas sedimentares nos afloramentos descritos foram obtidas 27 medidas de paleocorrente (figura 25), 19 em estratificações cruzadas tangenciais (St), 4 em estratificações cruzadas sigmoidais (Ss) e 4 em marcas onduladas (Sr). O número limitado de medidas de paleocorrente é devido ao domínio da ocorrência de estruturas sedimentares com baixo ângulo de laminação, que não dão resultados confiáveis de paleocorrente. As medidas estão localizadas nos perfis colunares no apêndice.

Os depósitos fluviais da Formação apresentam paleocorrentes com domínio para Norte-Nordeste, com vetor médio de $16,8^\circ$ (figura 25). As paleocorrentes medidas nas camadas lenticulares, interpretadas como canais fluviais, não apresentaram diferenças significativas com as das camadas tabulares. A dispersão das medidas (Figura 25) pode sugerir um padrão distributivo para o sistema fluvial, embora o baixo número de medidas não permita conclusões consistentes neste sentido. O resultado corrobora com a teoria de Zeffass (2003), de que a área fonte da Formação Sanga do Cabral é o cinturão orogênico Gondwanides, localizado a Sul.

Figura 25 - Diagrama de roseta evidenciando o sentido Norte-Nordeste da paleocorrente dos depósitos fluviais da Formação Sanga do Cabral.



5.3 Arquitetura de fácies e modelo deposicional

Descrição:

A Formação Sanga do Cabral é formada predominantemente por corpos arenosos tabulares, limitados por superfícies erosivas, marcadas pela concentração de intraclastos lamosos (figura 26), muitas vezes formando conglomerados intraformacionais, maciços (Gm). Os corpos têm de 2 a 5 m de espessura com grande continuidade lateral (figura 27). Internamente são compostos principalmente por arenitos finos, micáceos, com intraclastos lamosos, laminações horizontais (Sh), laminações onduladas (So) e estratificações cruzadas de baixo ângulo (Sl). Subordinadamente são formados por arenitos maciços (Sm), estratificações cruzadas tangenciais (St), estratificações cruzadas sigmoidais (Ss) e laminações cruzadas de marcas onduladas de pequeno porte (Sr). Essas fácies se intercalam constantemente, sendo comum a alternância entre Sh e Sr. Por vezes, observa-se a

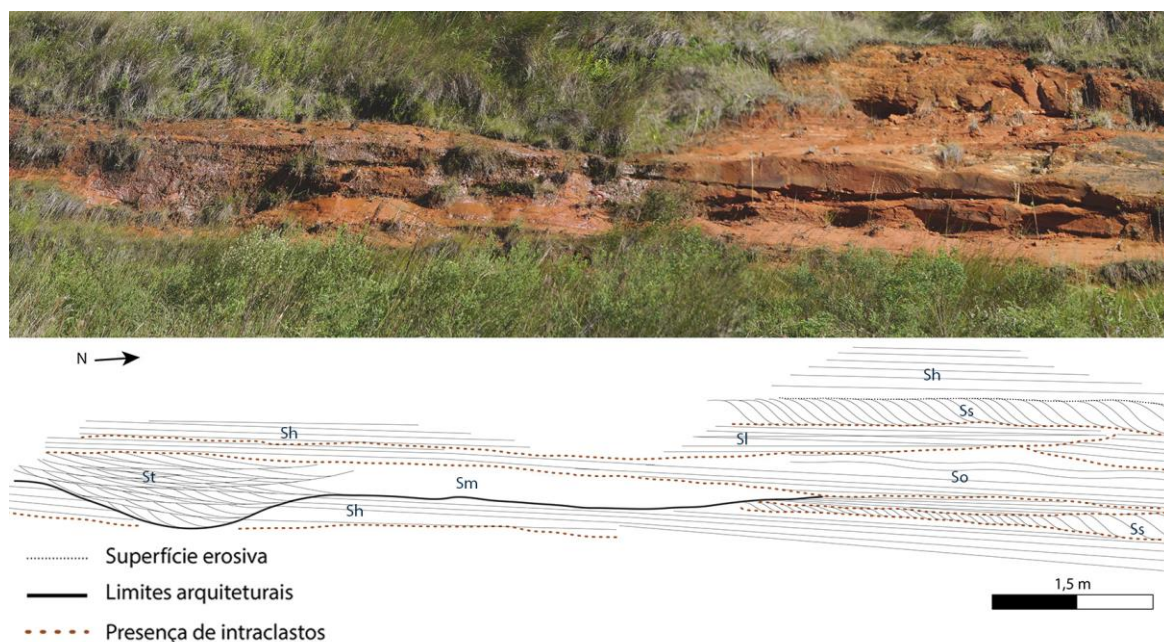
fácies Sc, formada por estruturas de corte e preenchimento, sobrepostas/intercaladas com estratos com laminações horizontais, por vezes erodindo o topo da camada inferior.

Figura 26 - Acumulado de intraclastos lamosos no arenito maciço.



Intercalados com os pacotes tabulares, ocorrem corpos arenosos lenticulares, com até 2 metros de espessura e com até 10 metros de extensão lateral paralelo ao fluxo, intercalados com pacotes da associação de fácies de lençóis de areia (figura 27). Esses corpos lenticulares são limitados na base por superfícies erosivas, côncavas, marcadas pela concentração de intraclastos lamosos. Internamente, são compostos por arenitos finos com estratificações cruzadas tangenciais (St) e estratificações cruzadas de baixo ângulo (Sl). Na base de um dos corpos descritos, encontra-se delgadas (<20cm) lentes de conglomerados intraformacionais, maciços (Gm). Depósitos finos são raros na sucessão (foram descritos apenas dois), sendo marcados por níveis de lamitos, maciços, descontínuos lateralmente (<3m de extensão lateral) e com espessuras máximas de 20 cm.

Figura 27 - Fotomosaico ilustrando a arquitetura de fácies da Formação. Na porção esquerda da seção é possível observar um canal em contato com os depósitos de lençóis de areia. Interpretação completa do fotomosaico está no apêndice (fotomosaico 01).



Interpretação:

O domínio de corpos tabulares com grande continuidade lateral e com formas de leito geradas em diferentes regimes de fluxo sugere que a associação é formada por fluxos desconfiados com alta variação na descarga, podendo ser classificado como um sistema fluvial de inundação em lençol na classificação de Miall (1977, 1996). O domínio de fácies de regime de fluxo superior mostra que a maior parte da deposição ocorreu na fase de maior energia do fluxo. A presença de formas de leito de fluxo supercrítico, como *chute and pools* e *cyclic steps*, significa que o fluxo atingiu altas velocidades. A pequena espessura dos *chute and pools* e *cyclic steps* sugere uma lâmina de água rasa. A intercalação de fácies geradas em regime de fluxo inferior e superior dentro do corpo arenoso indica mudanças na velocidade do fluxo durante a inundação. A presença de arenitos maciços revela que em algumas circunstâncias os fluxos foram supersaturados em sedimentos, inibindo a turbulência e, por consequência, a formação de estruturas sedimentares.

Os corpos côncavos com base erosiva são interpretados como canais fluviais rasos formados nos estágios finais de inundação (BROMLEY, 1991). Segundo o modelo de Bromley op. cit., as incisões de pequenos canais fluviais rasos são

comuns no final desses eventos. As incisões ocorrem no final das inundações sobre os sedimentos recém-depositados, que logo são preenchidas por formas leito formadas em um contexto de menor energia do fluxo. A presença de estruturas formadas em regime de fluxo inferior (St) e transicional (SI) demonstra que embora existam variações na velocidade de fluxo, estas não são tão significativas quanto aquelas existentes nos pacotes tabulares, indicando fluxos de mais baixa energia durante o término da inundação.

As camadas de lamitos foram geradas por decantação de sedimentos em suspensão no final do fluxo, quando ocorre a redução da velocidade da corrente para quase zero. A presença de níveis de intraclastos na base dos corpos arenosos e a descontinuidade das camadas de pelito indica que muitos dos níveis lamosos foram erodidos por inundações subsequentes, não sendo preservadas no registro geológico.

5.4 Comparação com modelos da Bibliografia

Apesar de muitos trabalhos descreverem sistemas fluviais efêmeros ou perenes com contribuições efêmeras, poucos trabalhos descrevem com detalhe os depósitos de inundações em lençol. Na maioria dos trabalhos aparecem subordinados aos depósitos fluviais perenes ou são descrições dos danos causados por inundações em períodos atuais.

Para fortalecer a interpretação do modelo deposicional, foi realizada a comparação com dois modelos de inundações em lençol da bibliografia que mais se assemelham a Formação Sanga do Cabral. O primeiro é um modelo para depósitos recentes, idealizado por Mckee, Crosby e Berryhill (1967), utilizado por Miall (1977), para classificar o estilo fluvial de inundação em lençol. O segundo modelo foi proposto por Bromley (1991) para a Formação Kayenta de idade Jurássico Inferior. Os dois modelos utilizados para a comparação foram selecionados principalmente a partir da semelhança granulométrica dos depósitos, que tem grande influência nas formas de leito e na relação das inundações em lençol com outros estilos fluviais.

O trabalho de Mckee, Crosby e Berryhill (1967), apesar de tratar de um depósito atual, possui grande valor descritivo, pois foram levantados 75 perfis

colunares, formando seções laterais com diferentes ângulos em relação à inundação. O modelo de Bromley (1991) foi escolhido devido a grande ênfase na descri o em três dimensões do afloramento, pela presença de canais similares aos encontrados na Forma o Sanga do Cabral, e pela contemporaneidade dos depósitos de inunda o em lençol com um sistema fluvial perene.

Modelo Bijou Creek (MCKEE; CROSBY; BERRYHILL, 1967)

O modelo Bijou Creek proposto por McKee op. cit. (1967) tem como base a descri o de depósitos gerados por um evento de inunda o do Rio Bijou Creek, Colorado, EUA, no ano de 1965. Essa inunda o ocorreu durante aumento súbito do volume de chuva em uma tempestade que durou mais de uma semana na região. A inunda o, considerada de média magnitude, teve dura o de 9 a 12 horas. Os depósitos são predominantemente arenosos e atingiram a distância de até 800 metros do canal principal do rio.

O material depositado   composto principalmente por arenitos finos a grossos, com espessura média de 60 a 90 cm, formando camadas tabulares. As camadas internamente são compostas de 90 a 95% por lamina es horizontais. Adicionalmente, são encontradas formas de leito de baixo ângulo, *ripples*, estratifica es cruzadas dentro e fora do canal principal e muitas evidências de fluidiza es. McKee op. cit. também reconheceu no trabalho algumas estruturas de corte e preenchimento de pequena escala, ondula es e uma fei o convexa, possivelmente associada a estruturas formada em regime de fluxo superior, ainda pouco estudadas na época. Foi descrito também zonas com acúmulos de intraclastos.

A Forma o Sanga do Cabral também   dominada por arenitos com lamina es horizontais, mas a presença de outras estruturas de fluxo superior e transicional como as lamina es onduladas (So) e as de baixo  ngulo (SI) são muito mais frequentes do que as descritas no modelo do Bijou Creek. Possivelmente a magnitude do evento, assim como a granulometria do depósito, podem interferir na propor o entre as formas de leito.   importante lembrar que o clima do Colorado   temperado, diferente do clima  rido a semiárido proposto para a Forma o Sanga do Cabral (LAVINA, 1991). Climas mais secos favorecem a acelera o do fluxo,

devido à baixa umidade do solo e pouca vegetação, formando conseqüentemente formas de leito de mais alta energia.

Um ponto importante destacado por McKee, Crosby e Berryhill (1967) foi a constatação de que um mesmo evento de inundação pode ter variações na energia de fluxo, refletindo nas formas de leito. O modelo constatou isso através de medições de velocidade na correnteza da inundação e na intercalação de laminações horizontais com laminações cruzadas de marcas onduladas de corrente. O canal fluvial principal do rio Bijou foi parcialmente preenchido por laminações horizontais durante a inundação, mas após o fim da enxurrada o leito principal do rio foi reativado, erodindo parte das laminações horizontais, passando a gerar formas de leito de regime de fluxo inferior, como dunas 3D e marcas onduladas de corrente. A reativação do sistema fluvial não ocorre nos canais presentes na Formação Sanga do Cabral. Os canais estão isolados e restritos no topo das inundações, e não avulsionam ou são reativados. Aparentemente são gerados e suprimidos no mesmo evento de inundação.

Modelo Kayenta Formation (BROMLEY, 1991)

O modelo descreve os depósitos fluviais da Formação Kayenta, parte do Grupo Glen Canyon, de idade Jurássica Inferior. Essa unidade é formada por correntes efêmeras e fluviais perenes com alta variação na taxa de descarga, depositadas na planície árida das montanhas rochosas. Composta por arenitos líticos e arcóseos de granulometria muito fina a média, conglomerados intraformacionais e raras lentes pelíticas. A formação foi dividida pelo autor em três elementos geométricos: arenitos com laminações horizontalizadas; arenitos com estratificação cruzada e canais arenosos.

Os arenitos com laminações horizontalizadas são geometricamente tabulares, compostos principalmente por arenitos finos a médios com laminação horizontal e ondulada, estratificação cruzada de baixo ângulo, *ripples* trativas unidirecionais e em menor quantidade por estratificações cruzadas planares e tangenciais. Essa geometria é interpretada como correntes efêmeras, similares em geometria e na estrutura interna com os depósitos da Formação Sanga do Cabral. Assim como na Formação Sanga do Cabral, os corpos tabulares apresentam canalizações pequenas entre os eventos de inundação. O autor as interpretou como incisões

formadas nos estágios de desaceleração da inundação, onde ocorre a erosão do sedimento recém-depositado e a deposição de dunas dentro desses canais.

Os outros dois elementos geométricos são formados pelo sistema fluvial perene. Os arenitos com estratificação cruzada são formados pelos elementos arquiteturais de acreção frontal e lateral (MIALL, 1985). Os canais arenosos são formados pelo elemento arquitetural de canal (MIALL, 1985). Ambos apresentam evidências de variações na descarga do fluxo, como variações repentinas na granulometria e por formas de leito de fluxo superior. Diferentemente da Formação Sanga do Cabral o sistema fluvial do modelo é dominado por depósitos formados pelo sistema fluvial perene. As camadas formadas por inundações são pouco presentes no topo da Formação e são altamente erodidas pelos depósitos fluviais perenes.

Na comparação entre os dois modelos é possível observar que a Formação Sanga do Cabral é similar aos corpos arenosos com laminação horizontalizada, ambos interpretados como sendo formados por inundações fluviais. A principal diferença é a ausência de uma arquitetura de fácies formada por outro estilo fluvial dentro da Formação Sanga do Cabral.

5.5 Discussão

A partir da comparação com modelos e da análise dos dados coletados é possível afirmar que a Formação é composta inteiramente por depósitos formados por inundações em lençol. Dentro do mesmo evento de inundação é possível diferenciar três fases deposicionais. A primeira fase é marcada por um aumento crescente na energia e uma grande carga de sedimentos, resultando na erosão parcial do leito precedente. A segunda fase ocorre no ápice da inundação, onde o fluxo está com a maior energia. Os depósitos formados nessa fase são principalmente formados por laminações horizontais (Sh), onduladas (So) ou cruzadas de baixo ângulo (Sl), por vezes apresentando formas de leito de regime de fluxo inferior (Sr e St), formadas em momentos curtos de desaceleração. Na fase final da inundação ocorre à contínua desaceleração da energia do fluxo e da lâmina d'água, quando se dá a incisão dos canais. A incisão ocorre quando o fluxo é

confinado em irregularidades topográficas, devido ao menor nível de lâmina d'água, e erode os sedimentos recém-depositados. Após a formação do canal, ocorre a deposição interna de formas de leito geradas em regime de fluxo inferior (fácies Sr e St). No final da inundação, quando a velocidade do fluxo cai pra próximo de zero, acontece a deposição dos sedimentos finos que se encontram em suspensão. Essas camadas de pelitos podem ser erodidas pelos eventos seguintes, ficando representada no registro por níveis de intraclastos.

Figura 28 - Diferença entre as estruturas diagnósticas encontradas nas três fases de inundações em lençol.



Trabalhos anteriores descreveram a formação como depósitos formados por rios entrelaçados (SOUTO-RIBEIRO, 1999; ZERFASS, 2003), devido as canalizações e elementos arquiteturais de meio de canal. Devido a grande extensão da formação é possível que exista a contribuição de fluviais entrelaçados e até a contemporaneidade com depósitos eólicos (SCHERER; FACCINI; LAVINA, 2000). Entretanto, na área de estudo a formação é composta apenas por inundações em lençol.

6 CONCLUSÕES

1. A Formação Sanga do Cabral é formada por dez litofácies, sendo oito arenosas, uma conglomerática e uma pelítica. Dominando no registro as fácies arenosas com laminação horizontal (Sh), laminação ondulada (So) e estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl);
2. São encontradas formas de leito de fluxo superior e supercrítico como: laminações onduladas, formadas na fase inicial das antidunas; *chute and pools*, formadas pela erosão e deposição causada por saltos hidráulicos e *cyclic steps*, formas de leito de maior energia formadas por uma sequência de saltos hidráulicos;
3. Os depósitos fluviais apresentam sentido de paleocorrente para Norte-Nordeste, o que sugere como área fonte a cadeia Gondwanides, como proposto por Zerfass *et al.* (2003).
4. Através da análise arquitetural foi possível diferenciar duas geometrias distintas. A primeira de maior relevância é a tabular, formada principalmente por arenitos finos com estruturas de fluxo superior a transicional, formadas na fase de aceleração da inundação. A segunda é lenticular, formando canais rasos compostos por arenitos finos, principalmente com estratificações cruzadas tangenciais, formados na fase de desaceleração do fluxo devido ao confinamento do fluxo e da erosão dos sedimentos recém-depositados, ainda pouco consolidados (BROMLEY, 1991).
5. A partir do empilhamento vertical e da arquitetura de fácies foi interpretado que a Formação Sanga do Cabral é composta pela intercalação de depósitos formados exclusivamente em eventos de inundação em lençol, sem a participação de outros estilos fluviais, pelo menos na área estudada;
6. Os eventos de inundação podem ser individualizados pela presença de camadas de pelitos, depositados no topo das inundações, mas raramente é possível diferenciar os eventos nos afloramentos, pois as camadas pelíticas estão altamente erodidas e com pouca continuidade lateral, ficando representadas no registro por níveis de intraclastos.

7 REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, J. et al. Bedforms and associated sedimentary structures formed under supercritical water flows over aggrading sand beds. **Sedimentology**, v. 48, n. 1, p. 133-152, 2001.
- ALLEN, John R.L. The classification of cross-stratified units. With notes on their origin. **Sedimentology**, v. 2, n. 2, p. 93-114, 1963.
- ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E.; MONTARDO, D. K. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. Camboriú: SBGeo, 1980. p. 659-673.
- BRIDGE, John S.; BEST, James L. Flow, sediment transport and bedform dynamics over the transition from dunes to upper-stage plane beds: implications for the formation of planar laminae. **Sedimentology**, v. 35, n. 5, p. 753-763, 1988
- BROMLEY, Michael H. Variations In Fluvial Style As Revealed By Architectural Elements, Kayenta Formation, Mesa Creek, Colorado, Usa: Evidence For Both Ephemeral And Perennial Fluvial Processes, in: MIAL, Andrew D.; TYLER, Noel. **The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery**. 1991. p. 94–102.
- CARTIGNY, Matthieu JB et al. A comparative study of sediment waves and cyclic steps based on geometries, internal structures and numerical modeling. **Marine Geology**, v. 280, n. 1, p. 40-56, 2011.
- CARTIGNY, Matthieu JB et al. Morphodynamics and sedimentary structures of bedforms under supercritical-flow conditions: New insights from flume experiments. **Sedimentology**, v. 61, n. 3, p. 712-748, 2014.
- COLLINSON, John David; COLLINSON, D. B. J. D.; THOMPSON, David B. **Sedimentary structures**. 1982.
- COWAN, E. Jun. The large-scale architecture of the fluvial Westwater Canyon Member, Morrison Formation (Upper Jurassic), San Juan Basin, New Mexico. in: MIAL, Andrew D.; TYLER, Noel. **The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery**. 1991. p. 80–93.
- FACCINI, U. F. **O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul. Uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais**. 1997. 121p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.
- FIELDING, Christopher R. Upper flow regime sheets, lenses and scour fills: extending the range of architectural elements for fluvial sediment bodies. **Sedimentary Geology**, v. 190, n. 1, p. 227-240, 2006.
- GUY, H. P; Daryl B. Simons; Everett V. Richardson. *Summary of alluvial channel data from flume experiments*, US Government Printing Office, 1966.
- KARCZ, Iaakov. Sedimentary structures formed by flash floods in southern Israel. **Sedimentary Geology**, v. 7, n. 3, p. 161-182, 1972.
- KENNEDY, John F. The mechanics of dunes and antidunes in erodible-bed channels. **Journal of Fluid mechanics**, v. 16, n. 4, p. 521-544, 1963.

- KOSTIC, Svetlana et al. Cyclic steps: A phenomenon of supercritical shallow flow from the high mountains to the bottom of the ocean. **Journal of Hydro-environment Research**, v. 3, n. 4, p. 167-172, 2010.
- LANGFORD, Richard; BRACKEN, Bryan. Medano Creek, Colorado, a model for upper-flow-regime fluvial deposition. **Journal of Sedimentary Research**, v. 57, n. 5, 1987.
- LAVINA, Ernesto Luiz. **Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná**. 1991. 333 f. Tese (Doutorado Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.
- LAVINA, Ernesto Luiz. **Paleontologia, estratigrafia e bioestratigrafia da Formação Sanga do Cabral (Triássico inferior do Grupo Rosário do Sul), na Folha de Catuçaba, Rio Grande do Sul**. 1982. 98 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.
- LOWE, Donald R. Sediment gravity flows: II Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. **Journal of Sedimentary Research**, v. 52, n. 1, 1982.
- MCKEE, E. D.; CROSBY, E. J. T.; BERRYHILL JR, H. L. Flood deposits, Bijou Creek, Colorado, June 1965. **Journal of Sedimentary Research**, v. 37, n. 3, 1967.
- MERTZ JR, Karl A.; HUBERT, John F. Cycles of sand-flat sandstone and playa-lacustrine mudstone in the Triassic-Jurassic Blomidon redbeds, Fundy rift basin, Nova Scotia: implications for tectonic and climatic controls. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v. 27, n. 3, p. 442-451, 1990.
- MIALL, Andrew D. "Facies architecture in clastic sedimentary basins. **New perspectives in basin analysis**, 1988. p. 67-81.
- MIALL, Andrew D. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. **Earth-Science Reviews**, v. 22, n. 4, p. 261-308, 1985.
- MIALL, Andrew D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. 1977.
- MIALL, Andrew D. **The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology**. Springer, 1996.
- READING, Harold G. **Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy**. 3rd. Edition. **Blackwell Science. Oxford**, 1996.
- SCHERER, C. M. S. et al. Ambientes fluviais. **Ambientes de sedimentação siliciclática do Brasil. Beca/BALL edições Ltda, São Paulo**, p. 102-130, 2008.
- SCHERER, C. M. S.; LAVINA, E. L. Aloformação Guará: uma nova unidade estratigráfica mesozóica na porção meridional da Bacia do Paraná. **Simpósio Sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, Barra do Garças, Resumos**, 1997. v. 3, p. 36-37.
- SCHERER, Claiton M.S.; FACCINI U.F.; LAVINA E.L. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. In: HOLZ, Michael; DE ROS, Luis F. (Ed.), **Geologia do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: CIGO/UFRGS**, 2000. p. 335-354.
- SCOTSESE, Christopher R. Atlas of Middle & Late Permian and Triassic Paleogeographic maps, maps 43—48 from volume 3 of the PALEOMAP Atlas for ArcGIS (Jurassic and Triassic) and maps 49—52 from volume 4 of the PALEOMAP PaleoAtlas for ArcGIS (Late Paleozoic). **Mollweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston**, 2014.
- SMITH, Gary A. Coarse-grained nonmarine volcanoclastic sediment: Terminology and depositional process. **Geological Society of America Bulletin**, v. 97, n. 1, p. 1-10, 1986.

SOUTO-RIBEIRO, Andrea Wallau. **Sedimentologia e tafonomia da Formação Sanga do Cabral eotriássico - Bacia do Paraná Rio Grande do Sul**. 1999. 93 f. Dissertação (mestrado) - Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

SPALLETTI, Luis A.; PIÑOL, Ferrán Colombo. From alluvial fan to playa: an Upper Jurassic ephemeral fluvial system, Neuquén Basin, Argentina. **Gondwana Research**, v. 8, n. 3, p. 363-383, 2005.

STEAR, Willo M. Comparison of the bedform distribution and dynamics of modern and ancient sandy ephemeral flood deposits in the southwestern Karoo region, South Africa. **Sedimentary Geology**, v. 45, n. 3-4, p. 209-230, 1985.

VAN DER BERG, J.H.; Van Gelder, A. Discussion: Flow and sediment transport over large subaqueous dunes: Fraser River, Canada. **Sedimentology**, 45. p. 217-221, 1998.

WALKER, Roger G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. **Facies models response to sea-level change**, p. 1-14, 1992.

WIZEVICH, Michael C. Sedimentology of Pennsylvanian quartzose sandstones of the Lee Formation, central Appalachian Basin: fluvial interpretation based on lateral profile analysis. **Sedimentary Geology**, v. 78, n. 1-2, p. 1-47, 1992.

ZERFASS, Henrique. **História tectônica e sedimentar do Triássico da Bacia do Paraná (Rio Grande do Sul, Brasil) e comparação geológica com as bacias de Ischigualasto e de Cuyo (Argentina)**. 2003. 191 f. Tese de Doutorado. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

8 APÊNDICE