

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

PEDRO MANHÃES NETTO

**ARQUITETURA DEPOSICIONAL E CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DA
FM. GUARDA VELHA NO GEOSÍTIO TOCA DAS CARRETAS - GRUPO
GUARITAS/BACIA DO CAMAQUÃ**

Caçapava do Sul

2023

PEDRO MANHÃES NETTO

**ARQUITETURA DEPOSICIONAL E CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DA
FM. GUARDA VELHA NO GEOSÍTIO TOCA DAS CARRETAS - GRUPO
GUARITAS/BACIA DO CAMAQUÃ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Geologia da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para obtenção
do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Ezequiel Galvão de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Felipe Guadagnin

Caçapava do Sul

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

N469a Netto, Pedro

ARQUITETURA DEPOSICIONAL E CARACTERIZAÇÃO
FACIOLÓGICA DA FM. GUARDA VELHA NO GEOSÍTIO TOCA
DAS CARRETAS - GRUPO GUARITAS/BACIA DO CAMAQUÃ /
Pedro Netto.

63 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2023.

"Orientação: Ezequiel Souza".

1. Formação Guarda Velha. 2. Depósitos Fluviais.
3. Arquitetura deposicional. 4. Toca das Carretas.
I. Título.

PEDRO MANHAES NETTO

ARQUITETURA DEPOSICIONAL E CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DA FM. GUARDA VELHA NO GEOSÍTIO TOCA DAS CARRETAS - GRUPO GUARITAS/BACIA DO CAMAQUÃ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 27 de janeiro de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ezequiel Galvão

Orientador

Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. André Borba

Universidade Federal de Santa Maria

Geólogo Marcelo Lusa

Universidade Federal do Pampa



Assinado eletronicamente por **MARCELO LUSA, GEOLOGO**, em 30/01/2023, às 11:14, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **EZEQUIEL GALVAO DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/01/2023, às 13:38, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1039043** e o código CRC **6AC2C3B7**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

AGRADECIMENTO

Manifesto aqui meu agradecimento, primeiramente, a minha família, a qual nunca me faltou amparo. A certeza de apoio e de uma base sólida foi essencial para minhas decisões, que sempre me serviu de motivação para poder seguir meus objetivos me abastecendo de coragem para seguir novos caminhos e encarar novos desafios. Dedico esta conquista inteiramente a elas e – sobretudo – em memória ao meu pai, distante deste plano físico mas sempre presente em todos nós.

As amigadas que cultivei ao longo desta caminhada. As experiências, vivências, dificuldades e alegrias compartilhadas. Ao verdadeiro sentimento de fazer parte de um coletivo cercado de pessoas incríveis com as quais aprendo e ensino. Aos que também seguem o rígido caminho das rochas e aos que por outros caminhos cruzaram com o meu por esses anos, espero que possamos estar sempre unidos pela vida e celebrando o nosso progresso. Gratidão a todos!

A UNIPAMPA e a todos os servidores, que cuidam e dedicam-se diariamente para que a educação de qualidade prevaleça sobre todas as adversidades. A todos os professores que compartilham conhecimento e inspiram a todos nós alunos. Viver em Caçapava do Sul e estudar na UNIPAMPA é ter um convívio diário com a Geologia.

Aproveito para agradecer também, particularmente, aos que me ajudaram ativamente na construção deste trabalho. Ao professor Ezequiel, pela paciência, companheirismo e conhecimento compartilhado; ao professor Guadagnin pelas aulas e material compartilhado; a Flávia “Flavinha” Pereira pela motivação diária, conselhos e companhia durante as atividades de campo; a Rennan “Fly” Cardoso pela longa convivência diária durante esses anos e com quem aprendi técnicas importantes para a construir o material gráfico deste trabalho; Ao querido Yuri “Filhão” Brasileiro que em toda sua gentileza se dispôs a acordar cedo em um sábado para ir a campo comigo e Vinicius “Silver” Tavares, a quem acompanhei despreziosamente em um dia de trabalho há alguns anos atrás e acabei conhecendo o geossítio da Toca das Carretas.

“Não foi por tua causa que o mundo (cosmos) foi gerado, mas foste tu que nasceste para o bem dele”

Jâmblico

RESUMO

O Grupo Guaritas representa um importante registro sedimentar Cambriano que ocorre na região centro-sul do Rio Grande do Sul. Situado no topo da sucessão da Bacia do Camaquã, o Grupo é formado por depósitos fluviais, eólicos e de leques aluviais em um contexto tectônico de bacia tipo rifte e subdividido em 5 unidades principais, totalizando uma espessa sucessão superior a 1.000 metros. Na região da Toca das Carretas, em Caçapava do Sul/RS, afloram as rochas sedimentares pertencentes à Formação Guarda Velha, unidade basal do Grupo, compostas por arenitos e conglomerados provenientes de sistemas fluviais entrelaçados com influência de leques aluviais. Diante disso, o presente trabalho realizou a análise das relações espaciais presentes nas rochas sedimentares aflorantes no geossítio Toca das Carretas, a fim de caracterizar a geometria dos depósitos através de métodos de mapeamento geológico de campo, levantamento de seções colunares em escala de 1:50, caracterização faciológica e análise de arquitetura deposicional. No total, foram obtidos ca. de 100 m de seção vertical que compreendem três perfis principais: TC-01 (unidades A a E), TC-02, e TC-03. Foram identificadas oito litofácies distintas (Gm, Gcm, Gh, Gt, Sl, St, Sr e Fl) que remetem a associações de sistemas fluviais entrelaçados de alta energia caracterizados por carga de leito cascalhoso depositados sob grande oscilação de energia de descarga, diferentes regimes de fluxo, variação de aporte sedimentar e espaço de acomodação designados por influências climáticas e atividade tectônica. As litofácies organizam-se em duas associações de fácies: i) inundações em lençóis intermediários e ii) barras longitudinais em canais proximais. Tais associações estão relacionadas ao processo de formação e migração de leito e formação de barras longitudinais e inserem-se em um intervalo no qual variação textural longitudinal manifesta uma tendência granocrescente, sugerindo o aumento do aporte sedimentar a medida que atinge a região proximal, influenciado pelo retrabalhamento dos sedimentos provenientes dos leques aluviais. As medidas de paleocorrente apontam para um canal orientado seguindo o eixo da bacia em direção NNE-SSW. O produto final deste estudo possibilitou a compilação dos dados obtidos para a confecção de um painel educacional para divulgação turística aliado às informações geológicas correspondentes ao geossítio da Toca das Carretas.

Palavras-Chave: Formação Guarda Velha, Depósitos Fluviais, Arquitetura deposicional, Toca das Carretas.

ABSTRACT

The Guaritas Group represents an important sedimentary record of Cambrian age occurring in the central-south region of Rio Grande do Sul. Established at the top of the Camaqua Basin succession, the group is formed by fluvial, aeolian and alluvial deposits, in a rift type basin geological setting and subdivided in 5 main units represented by an extensive succession with more than 1.000 meters. At the Toca das Carretas, Caçapava do Sul/RS, the sedimentary rocks of the Guarda Velha Formation are exposed representing the basal unit, composed by sandstones and conglomerates from braided river systems with alluvial influence. Therefore, the present paper worked toward to the acknowledgement of the spatial relations amongst the sedimentary rocks outcrops in the area, recognizing the geometry and internal structures by using geological field methods such as geological mapping, detailed graphic logs, facies successions analysis, depositional architecture. Eventually, there was acquired around 100 m of sedimentary column corresponding three main sedimentary logs: TC-01 (A to E units), TC-02 and TC-03. Eight distinct lithofacies were identified (Gm, Gcm, Gh, Gt, Sl, St, Sr and Fl) that forward to high energy braided fluvial systems characterized by bed load deposited by wide discharge oscillation, distinct flow regimes, sedimentary influx variation and accommodation space, caused under climatic and tectonic influence. The lithofacies are arranged in two facies associations: i) intermediary sheet flood and ii) proximal longitudinal bar channels. Those associations are related to the bedform formation and migration and longitudinal bar formation and are placed in a interval of longitudinal textural variation expressing coarse upwards tendency, suggesting episodes of high sedimentary influx as it reaches to the proximal region, influenced by the rework of alluvial sediments provenance. Paleocurrent data shows that the channel are oriented towards the basin trend NNE-SSW. The final product of this paper qualified the compilation of the data acquired to design a educational panel for tourist promotion unified to the geological information about the Toca das Carretas geosite.

Keywords: Guarda Velha Formation, Fluvial Deposits, Depositional Architecture, Toca das Carretas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - (A) Mapa de localização do estado do Rio Grande do Sul com destaque no município de Caçapava do Sul; (B) Mapa de localização da área de estudo; (C) Mapa geológico da área de estudo. Base de dados: IBGE, CPRM e Alaska Satellite Facility. Datum SIRGAS 2000 / zona UTM 22S.	17
Figura 2 - Mapa geológico da Bacia do Camaquã. A área de estudo está inserida no círculo.	19
Figura 3 - Carta estratigráfica do Grupo Guaritas.	21
Figura 4 - Mapa geológico do Grupo Guaritas. A área de estudo está inserida dentro do círculo	22
Figura 5 - Modelo paleogeográfico da evolução dos sistemas fluviais da Fm. Guarda Velha.	23
Figura 6 - Padrões de canais aluviais. (a) Canais fluviais de carga de leito; (b) Canais fluviais de carga mista; (c) Canais fluviais de carga em suspensão.	25
Figura 7 - Feições morfológicas de rio entrelaçado.	26
Figura 8 - Variação longitudinal do gradiente topográfico acompanhado da redução granulométrica em leques fluviais. Porção frontal da geleira Scott, Alasca.	27
Figura 9 - Hierarquia de unidades deposicionais em um sistema fluvial. Os números circulados indicam a ordem das superfícies.	29
Figura 10 - Exemplar de uma seção padrão utilizada em campo	33
Figura 11 - Padrões de paleocorrente em diagrama de rosácea.....	36
Figura 12 - Mapa de localização dos perfis obtidos na etapa de campo. As linhas representam o caminho vertical realizado para o levantamento. O ponto representa a entrada da gruta principal, onde foram obtidos 5 perfis laterais. “A” e “B” denotam, respectivamente, os pontos iniciais e finais para os perfis realizados fora da gruta.....	37
Figura 13 - Perfis internos da Toca (TC-01)	38
Figura 14 - Perfil TC-02 digitalizado com as fácies representativas encontradas em campo. (A) Perspectiva em planta da fácies Gt; (B) Lobos residuais de cascalho das fácies Gm; (C) Fácies Gm e Sl interdigitadas em sucessões granodecrescentes; (D) Fácies St com seixos na base das estratificações cruzadas	39
Figura 15 - Perfil TC-03 digitalizado, com padrões de paleocorrente e fácies representativas encontradas em campo. (A) fácies Sl caracterizado pelo baixo ângulo de mergulho, laminação milimétrica e presença de seixos dispersos; (B) Pacotes arenosos lateralmente extensos exibindo a sobreposição de uma lente da fácies St sob camadas tabulares de fácies Sl; (C) Pacotes conglomeráticos da fácies Gt sendo intercalado por arenitos da fácies St; (D) Espessos	

pacotes conglomeráticos em estratificação tangencial com ângulo de mergulho moderado.; (E) Lente arenosa da fácies S1 sobreposta por pacotes conglomeráticos da fácies Gh. (F) Visão geral do afloramento encontrado na porção superior do perfil. Figuras (D) e (E) estão inclusos neste afloramento.....	40
Figura 16 - Mosaico de fotos correspondentes às litofácies encontradas nos afloramentos. A) Litofácies S1 em geometria lenticular disposta intercalada a litofácies Gt (contato inferior) e Gh (contato superior); B) Camada da litofácies Gm; C) Litofácies Sr exibindo marcas onduladas de pequeno porte depositadas ao topo de estratos cruzados tangenciais; D) Camada tabular da litofácies Gt com estratos cruzados de médio porte ; E) Camada centimétrica de Litofácie F1 com laminações delgadas intercalando litofácies S1 (contato inferior) e St (contato superior); F) Camada métrica de litofácies St compondo estratificação cruzada tangencial de médio porte	43
Figura 17 - Quadro de litofácies arenosas. (A) Empilhamento vertical entre de fácies Gm (inferior) e St com seixos na base (superior). (B) Fácies St exibindo sets de estratificação cruzada de médio porte, delimitado no topo e na base por <i>lag</i> conglomerático. (C) Fácies S1 alteradas exibindo laminações bem definidas. (D) Fácies S1 evidenciando laminações milimétricas marcadas por alternância de coloração e seixos acumulados em um intervalo de deposição	45
Figura 18 - Quadro de litofácies conglomeráticas encontradas em campo. (A) Camada de litofácies Gm compondo pacote granodescente; (B) Litofácies Gh intercalando camada arenosa da fácies St, exibindo estratificação horizontal pouco desenvolvida; (C) Lente conglomerática da fácies Gt erodindo fácies S1; (D) Pacote de conglomerado maciço da fácies Gm	46
Figura 19 - Seção tipo da associação de inundação em lençóis levantada no perfil TC-01A, evidenciando a ciclicidade da sucessão Gm/Gh, S1/St	47
Figura 20 - (A) <i>Multistorey</i> de fácies St compondo <i>sets</i> com seixos na base; (B) Foto em detalhe destacando clastos imbricados ; (C) Destaque nos seixos depositados na base dos <i>sets</i>	48
Figura 21 - (A) Fotomosaico de afloramento lateralmente extenso com pacotes sedimentares de fácies S1/St e <i>lags</i> conglomeráticos. (B) Interpretação do fotomosaico. Os números circulos representam a ordem hierárquica das superfícies	49
Figura 22 - Seção tipo da associação de barras longitudinais em canais proximais, demonstrando espessos pacotes conglomeráticos intercalados por uma lente arenosa da fácies S1	52

Figura 23 - (A) Visão geral do afloramento; (B) Destaque no contato da lente S1 sobre a fácies Gt e seus aspectos texturais; (C) Visão geral da lente arenosa, destaque na porção superior em contato erosivo com fácies Gh; (D); Foto em detalhe exibindo laminações e aspectos texturais do arenito; (E) Fotomosaico interpretado. Os números inseridos nos círculos indicam a ordem hierárquica das superfícies destacadas.; (F) Modelo conceitual de fluxo canalizado análogo ao intervalo encontrado no afloramento, extraído de Nemec & Steel (1984)

..... 53

Figura 24 -Intervalo exibindo dois pulsos gradativos bem desenvolvidos. (A) Visão geral; (B) Porção superior; (C) Porção inferior 54

Figura 25 - Painel geológico criado para divulgação geoturística do geossítio Toca das Carretas 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de classificação de litofácies.....	35
Tabela 2: Quadro de litofácies identificadas em campo.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS

Fm. - Formação

MDE - Modelo Digital de Elevação

GPS - *Global Positioning System*

m – Metros

cm - Centímetros

ca – Cerca

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
3 JUSTIFICATIVA	16
4 ÁREA DE ESTUDO	17
5 CONTEXTO GEOLÓGICO	18
5.1 Grupo Guaritas.....	20
5.2 Formação Guarda Velha	21
6 ESTADO DA ARTE.....	24
6.1 Sedimentação Pré-cambriana.....	24
6.2 Sistemas fluviais entrelaçados	24
6.3 Escalas deposicionais.....	28
6.4 Trabalhos anteriores aplicados	29
7 MATERIAIS E MÉTODOS	31
7.1 Etapa Pré-campo	31
7.2 Mapeamento Geológico.....	32
7.3 Perfis colunares.....	32
7.4 Análise faciológica	34
7.5 Análise de paleocorrente	35
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
8.1 Descrição de litofácies	41
8.2 Associação de fácies.....	44
8.3 Associação de fácies de inundações em lençóis intermediários.....	44
8.4 Associação de fácies de barras longitudinais em canais proximais.....	50
8.5 Arquitetura do sistema deposicional	55
8.6 Divulgação e turismo	57
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

A natureza dos eventos atuantes durante a deposição de sedimentos em um ambiente é dinâmica, muitas vezes influenciada por diversos processos geológicos simultâneos. As rochas sedimentares preservam indícios que nos permitem entender tais manifestações a partir de diferentes escalas de observação. A análise da distribuição espacial destes sedimentos possibilita a reconstrução da arquitetura do ambiente deposicional e processos sedimentares nos quais foram submetidas, a partir da análise de fácies nos pacotes sedimentares, sucessões faciológicas, geometria dos depósitos e padrões de paleofluxo.

A Bacia do Camaquã é composta por unidades sedimentares e vulcanogênicas espessas, depositadas na transição do Neoproterozoico ao Paleozóico inferior (Paim *et al.*, 2000; Borba, 2006). O Grupo Guaritas corresponde à unidade mais recente depositada na Bacia do Camaquã em um contexto distensional do tipo *rift* (Fragoso-Cesar, 1991; Fragoso-Cesar *et al.*, 1999) preserva um registro destes depósitos sedimentares, com excelentes exposições rochosas ao longo de sua área de cobertura. O grupo aflora na região central da Bacia, cobrindo uma área aproximada de 150 km por 50 km, subdivido em 5 formações geológicas compostas por conglomerados, arenitos conglomeráticos e arenitos provenientes de sistemas fluviais, aluviais e eólicos (Paim, 1995; Almeida, 2005; Almeida *et al.*, 2009).

Na base do Grupo Guaritas estão os depósitos da Fm. Guarda Velha, que sobrepõem o Grupo Santa Bárbara em discordância angular e posteriormente é sobreposta pela Formação Varzinha por um contato gradacional (Ribeiro, 1970). A Formação registra aproximadamente 500 metros de rochas sedimentares de idade Cambriana que compreendem depósitos de dois sistemas fluviais distintos contemporâneos durante os estágios de clímax inicial do *rift* (Santos *et al.*, 2014). Na Toca das Carretas, um geossítio localizado a 20 quilômetros do município de Caçapava do Sul, rochas da Fm. Guarda Velha afloram na região, destacando-se pela forma de morro testemunho com morfologia côncava arredondada que se destaca diante das coxilhas e campos circundantes, apresentando uma elevação de aproximadamente 185 metros. Na face sudeste, localiza-se a entrada do amplo salão principal de sua caverna, com um tamanho aproximado de 60 metros (Peixoto, 2017). Além do valor geológico, a Toca das Carretas detém um valor histórico para a região, servindo de abrigo para índios Charruas, tropas farroupilhas em épocas de guerra e diversos viajantes que abrigavam suas carretas em seu interior (Degrandi, 2011).

Diante disto, o presente trabalho apresenta a análise faciológica e reconstrução da arquitetura deposicional dos depósitos presentes no geossítio para a compreensão dos mecanismos controladores atuantes na área de estudo. Os resultados aqui discorridos contribuem com o conhecimento científico acerca da Fm. Guarda Velha através da obtenção de dados geológicos de uma região que carece estudo de detalhe, tal como conciliam com ações que incentivem a valorização do geossítio através de produto para divulgação geoturística.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral a caracterização do sistema deposicional do geossítio Toca das Carretas no município de Caçapava do Sul/RS, através do estudo de detalhe de sua associação de fácies e arquitetura deposicional. Para isto tem-se como objetivos específicos:

- Definir e caracterizar as fácies, as associações de fácies e compreender o padrão de empilhamento em sua arquitetura deposicional;
- Interpretar a geometria dos depósitos através de estudo de detalhes e padrões de paleocorrente;
- Entender os fatores que controlam a dinâmica e deposição da Fm. Guarda Velha;
- Ampliar o conhecimento acadêmico acerca do contexto geológico no qual o geossítio está inserido;
- Confeccionar um painel educativo integrando os resultados obtidos da arquitetura deposicional do geossítio Toca das Carretas para contribuir com a promoção da divulgação turística e científica.

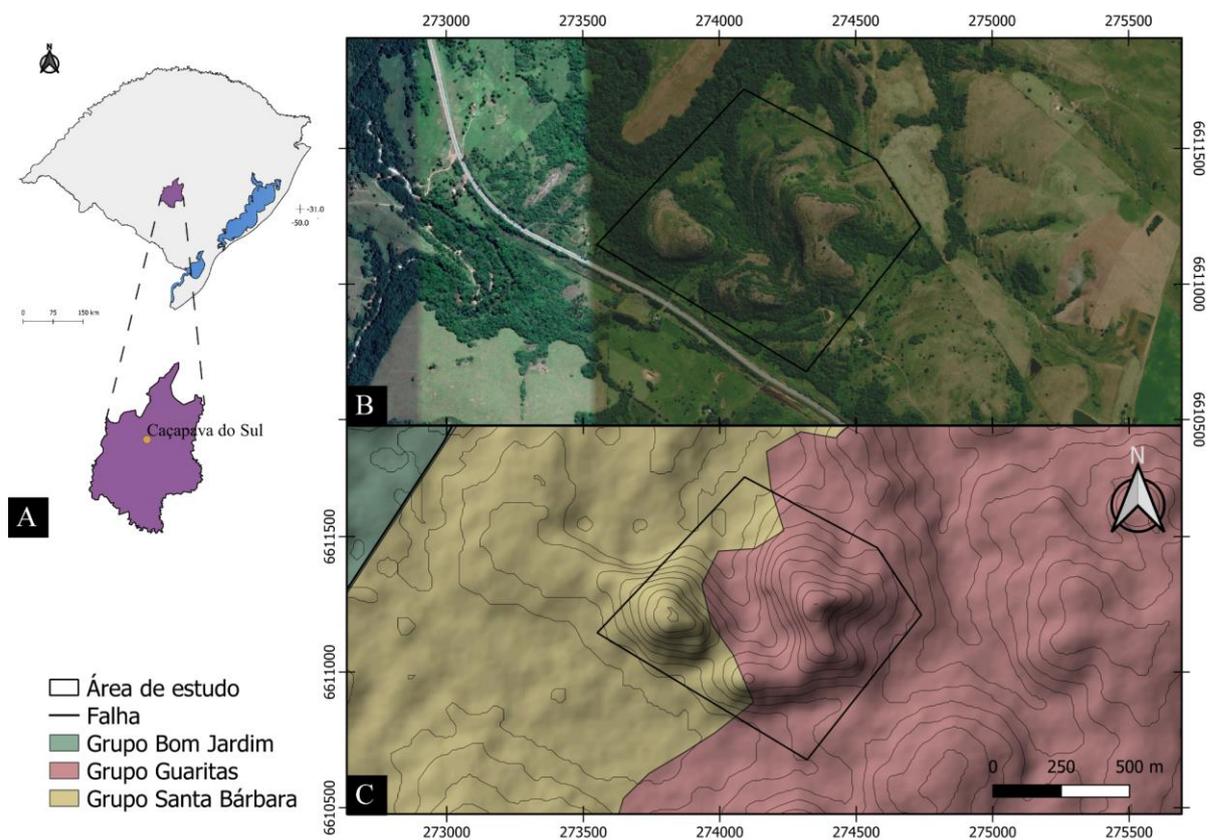
3 JUSTIFICATIVA

O presente estudo propõe contribuir com a compreensão acerca das feições geológicas da Fm. Guarda Velha expostas no geossítio da Toca das Carretas, que carecem de estudo de detalhe. Por se tratar de uma área de alto valor cultural, geológico e turístico, a compreensão de seu passado geológico é essencial para incentivo de iniciativas educacionais, sociais, científicas e turísticas para que atuem em harmonia em prol do reconhecimento e crescimento econômico da região. Ainda, supõe-se que os dados aqui levantados possam agregar ao entendimento científico da arquitetura deposicional e geometria dos depósitos da Fm. Guarda Velha.

4 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na região do Rincão da Pitangueira, distrito de Bom Jardim, a cerca de 20 km de distância do pórtico de entrada da cidade de Caçapava do Sul-RS. A principal via de acesso se dá pela rodovia federal BR-392 saindo da sede municipal em direção sudeste. O acesso ao geossítio se encontra a 5 km após o entrocamento com a BR-153. A porteira de entrada está na margem esquerda, a nordeste da rodovia. O acesso às exposições rochosas pode ser feito com automóveis pela estrada vicinal até as proximidades de sua gruta principal. A partir desta localidade, a movimentação através de trilhas permite melhor acessibilidade aos afloramentos.

Figura 1 - (A) Mapa de localização do estado do Rio Grande do Sul com destaque no município de Caçapava do Sul; (B) Mapa de localização da área de estudo; (C) Mapa geológico da área de estudo. Base de dados: IBGE, CPRM e Alaska Satellite Facility. Datum SIRGAS 2000 / zona UTM 22S.



Fonte: Autor.

5 CONTEXTO GEOLÓGICO

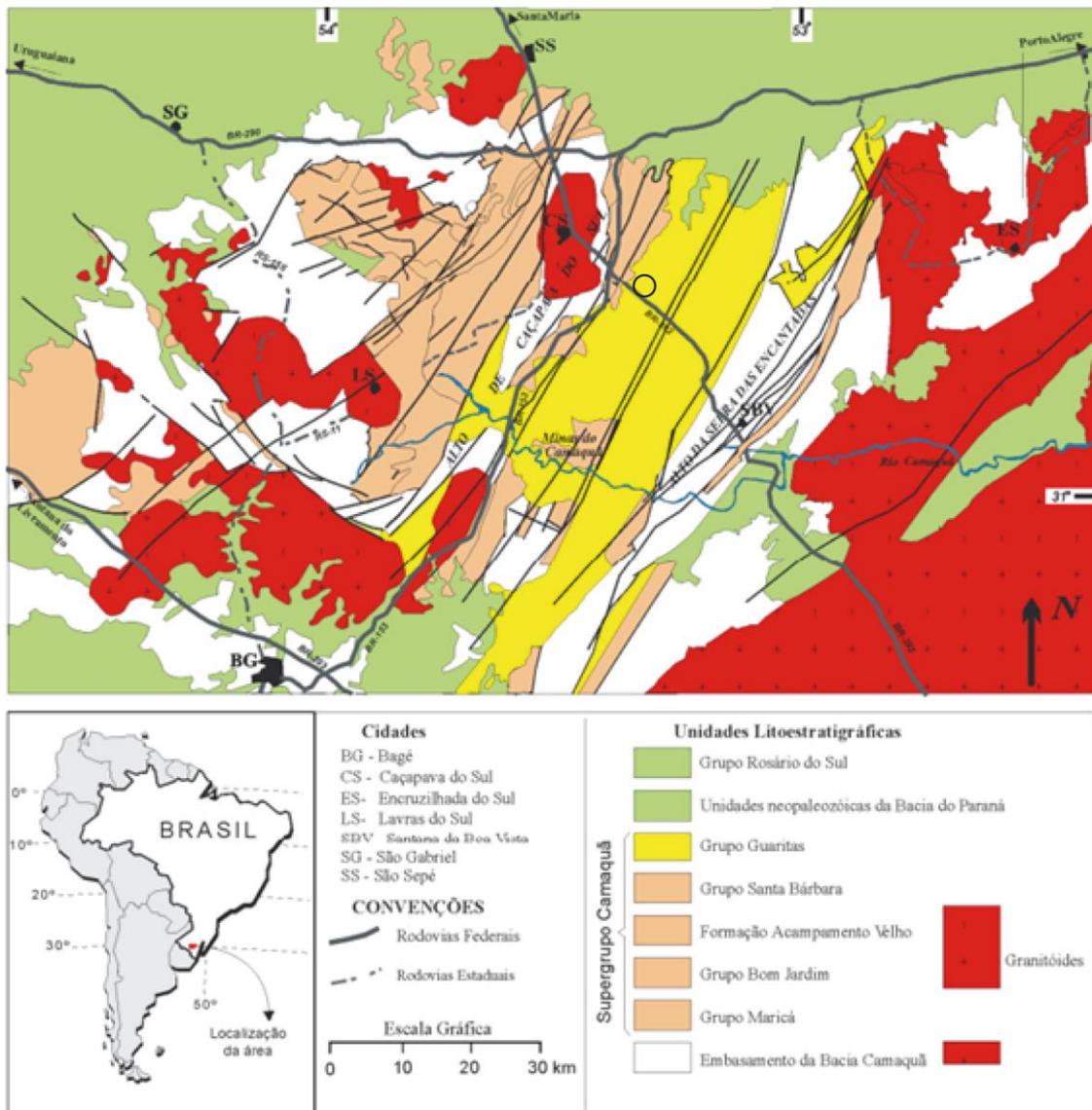
A Bacia do Camaquã representa uma complexa sucessão de unidades vulcânicas e sedimentares aflorantes na região do Escudo Sul-riograndense, associadas às fases tardi- a pós-colisionais do Ciclo Brasileiro do Cinturão Dom Feliciano (e.g. Fragoso-César, 1984; Chemale Jr. *et al.*, 1995; Paim *et al.*, 2000; Hartmann *et al.*, 2008). A bacia totaliza mais de 10.000 metros de espessura de preenchimento, registrando a recorrência de extensão regional e regime tectônico *strike-slip* após os eventos orogênicos que formaram a placa Gonduânica (Almeida, 2005). Neste contexto registram-se quatro pulsos tectono-vulcano-sedimentares ocorridos em um lócus deposicional (Paim *et al.*, 2000) associados a diferentes ambientes tectônicos e com distintas assinaturas vulcânicas (Paim *et al.*, 2014). Apresenta orientação principal em sentido NE-SW, sendo delimitada pelos cinturões Tijucas e Dom Feliciano a leste, e sobrepõe o Terreno São Gabriel e Cráton Rio de La Plata a oeste (Paim *et al.*, 2014). A ausência de deformações plásticas ou metamorfismo a configuram como uma das bacias Pré-cambrianas mais bem preservadas do mundo (Paim *et al.*, 2014). Falhas de alto ângulo delimitam o alto de Caçapava do Sul e o alto da Serra das Encantadas, que colaboram a adotar uma subdivisão da bacia em três porções: as sub-bacias Camaquã Ocidental, Central e Oriental (Almeida, 2005).

É composta por depósitos vulcano-sedimentares de idade Ediacarana a Eocambriana (Almeida, 2005), e configura, da base para o topo, as unidades: Grupo Maricá (depósitos siliciclásticos marinhos e fluviais); Grupo Bom Jardim (depósitos aluviais e lacustres e rochas vulcânicas intermediárias e básicas); Formação Acampamento Velho (vulcânicas ácidas a básicas); Grupo Santa Bárbara (depósitos aluviais e costeiros); Grupo Guaritas (depósitos aluviais e eólicos) e Suíte Intrusiva Rodeio Velho (subvulcânicas básicas a intermediárias) datadas em 535 Ma (Almeida 2005, Almeida *et al.* 2009). As unidades constituintes da Bacia do Camaquã ocorrem em blocos estruturais limitados por falhas de alto ângulo que, com exceção do Grupo Guaritas, geralmente apresentam um ângulo de mergulho dos estratos variando entre 16° e 60° (Almeida *et al.*, 2009).

Segundo Paim *et al* (2014), as unidades mais antigas (Grupo Maricá e Bom Jardim) apresentam dobras moderadamente apertadas que são vinculadas a falhas transcorrentes, inversas e de empurrão. Os grupos Santa Bárbara e Guaritas foram depositados em ambiente continental sob influência do estágio final da tectônica transcorrente sinistral (Chemale Jr., 2000) ou nos estágios finais da tectônica de escape lateral do Cinturão Dom Feliciano (Tommasi *et al.*, 1994) durante o final da aglutinação do Gondwana Ocidental em ambiente transtraccional

(Paim *et al.*, 2000). A presença de uma falha principal delimitando o Grupo Guaritas a leste é reconhecida no registro sedimentar, portanto, há evidência para uma provável mudança no *locus* deposicional ao longo da evolução da bacia (Almeida *et al.*, 2009). Sua margem oeste é limitada por falhas pós-deposicionais, com evidência de deposição em leques aluviais restritos aos níveis estratigráficos basais, sugerindo uma geometria original de *half-graben* para a bacia, suportada pelo transporte *onlap* das unidades mais jovens em direção ao oeste (Almeida *et al.*, 2009).

Figura 2 - Mapa geológico da Bacia do Camaquã. A área de estudo está inserida no círculo.



Fonte: Adaptado de Almeida (2005).

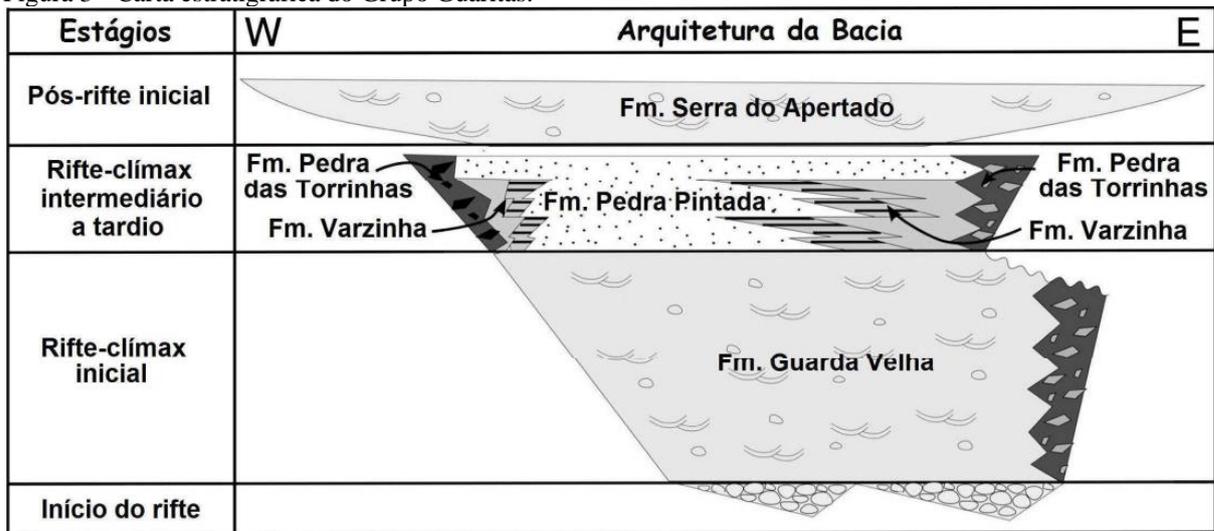
5.1 Grupo Guaritas

O Grupo Guaritas foi definido por Robertson (1966), descrevendo-o como rochas de estruturas acamadadas predominantemente horizontais, que constituem por brechas de tálus, fanglomerados e arcósios de granulação grossa localizadas na Serra das Guaritas, a noroeste das Minas de Camaquã. Situado no topo da Bacia do Camaquã, é composto por arenitos conglomeráticos e ritmitos psamo-pelíticos proveniente de depósitos aluviais e arenitos finos a médios com estratificação cruzada de grande porte associados a depósitos eólicos (Almeida, 2005). Os arenitos compõem a maior fração de depósitos da unidade, classificados como arcósios e arcósios líticos de caráter imaturo (Paim, 1995; Almeida *et al.*, 2009). Se estende por aproximadamente 150 km por 50 km, apresenta uma forma alongada orientada em NNE-SSW em relação ao seu eixo longitudinal e uma espessura de aproximadamente 1.500 metros (Almeida *et al.*, 2009). Na borda leste é limitado pela zona de falhas da Serra das Encantadas e na borda oeste pela zona de falhas do Alto de Caçapava do Sul, preservando a geometria de ombreiras de bacia tipo *rift* em seus limites (Almeida, 2005).

O contato entre a base do Grupo Guaritas com o Grupo Santa Bárbara é dado por uma discordância angular regional, indicando um evento tectônico distinto no decorrer de sua deposição (Fragoso-César *et al.*, 2003; Almeida *et al.*, 2009). De acordo com Almeida (2005) e Almeida *et al.* (2009), após uma nova revisão da estratigrafia do Grupo Guaritas baseado em mapeamento em escala de detalhe, reconhecimento de superfícies de inconformidade e zonas de falhas, o grupo foi subdividido em cinco formações, sendo elas da base para o topo: Guarda Velha (depósitos aluviais efêmeros), Varzinha (depósitos flúvio-lacustres efêmeros), Pedra Pintada (depósitos eólicos influenciados por interdunas), Pedra das Torrinhas (Leques Aluviais) e Serra do Apertado (depósitos aluviais efêmeros).

Rochas básicas a intermediárias representam eventos de magmatismo vinculados aos estágios de evolução do Grupo, que ocorrem em corpos intrusivos rasos, formados predominantemente por *sills* com presença frequente de vesículas em suas porções superiores encaixadas principalmente nas formações Pedra Pintada, Pedra da Arara e Varzinha (Almeida, 2005). Almeida *et al.* (1999), em estudo geoquímico, classifica as rochas como andesitos, basaltos sub-alcálicos, traquiandesitos e basaltos alcalinos, e utilizando os elementos traços como indicadores tectônicos observa que tais características litoquímicas são compatíveis com ambiente distensivo. As evidências de intrusão rasa, como feições de intrusão em sedimento inconsolidado, considera esta unidade denominada Suíte Intrusiva Rodeio Velho (Fragoso-Cesar *et al.*, 1999) como parte da evolução da bacia no Grupo Guaritas.

Figura 3 - Carta estratigráfica do Grupo Guaritas.

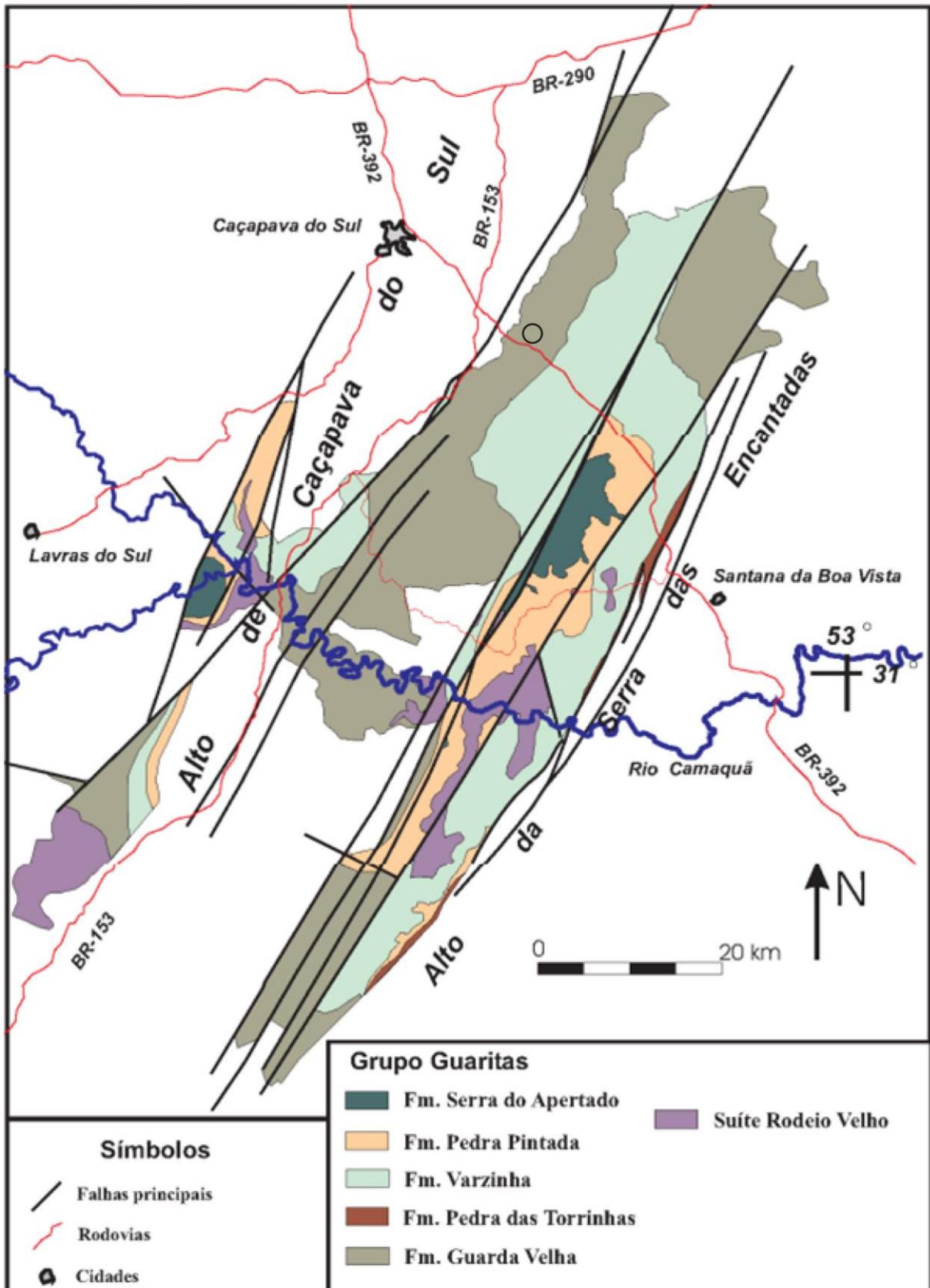


Fonte: Almeida, 2009.

5.2 Formação Guarda Velha

Nomeada originalmente pela localidade do Passo da Guarda Velha por Ribeiro e Litchemberg (1978), esta unidade representa a Formação basal do Grupo Guaritas e assenta sobre a discordância angular que delimitam o contato com os arenitos do Grupo Santa Bárbara e é sobreposta pela Formação Varzinha em contato gradacional (Ribeiro, 1970). Os depósitos da formação são interpretados como de ambiente fluvial dominado por carga de fundo (Almeida, 2005; Paim e Scherer, 2007), apresentando diferentes ambientes deposicionais coexistentes lateralmente (Paim, 2005; Almeida, 2005; Santos, 2010). São caracterizados por espessas camadas em ciclos de granocrescência ascendente de conglomerados, intercalados com arenitos conglomeráticos associados e depósitos da fase inicial do *rift* (Almeida, 2005; Almeida *et al.*, 2009; Santos, 2010).

Figura 4 - Mapa geológico do Grupo Guaritas. A área de estudo está inserida dentro do círculo.

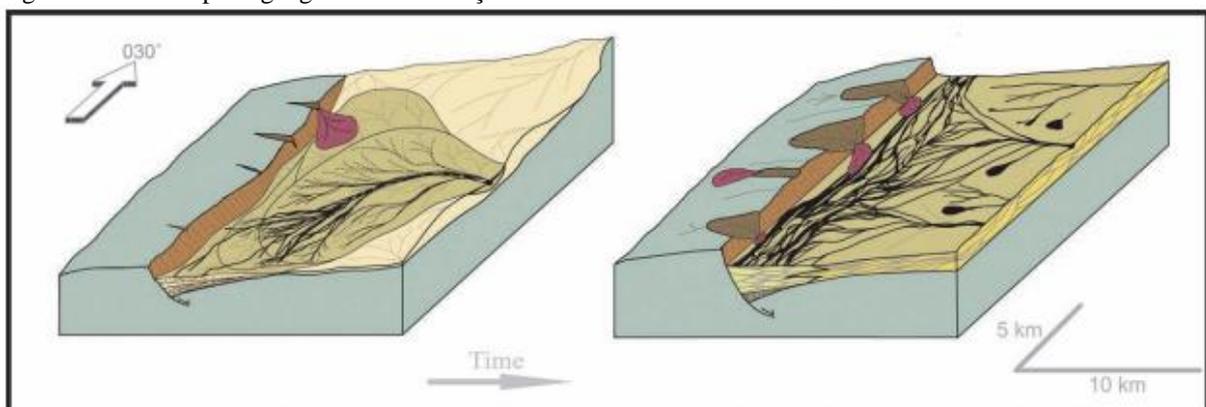


Fonte: Modificado de Almeida (2005)

As sucessões basais da Fm. Guarda Velha são restritas a preenchimentos locais em depressões topográficas próximas da discordância e são notórias pela presença de granulometria mais grossa em relação aos depósitos sobrepostos, sendo tipificada por barras conglomeráticas formando estratificações aparentemente desconectadas de um depocentro comum durante os estágios de iniciação do *rift* (Almeida *et al.*, 2009). Paim (1994; 1995) destaca dois sub ambientes para a sucessão aluvial: Leques aluviais com padrões de paleofluxo perpendiculares ao eixo da bacia (leques aluviais de margem oeste e leste) e sistema fluvial entrelaçado axial alinhado ao eixo da bacia (*western border trunk river deposits*). Os depósitos de leques aluviais na margem oeste preservam-se em ocorrências isoladas, e foram intensamente retrabalhados pelo sistema fluvial axial (Paim, 1995).

Santos *et al.* (2014) reconhece três estilos de sistemas fluviais na Fm. Guarda Velha através de análise faciológica de detalhe, arquitetura deposicional, padrões de paleocorrente e proveniência de clastos. O primeiro sistema está associado aos primeiros estágios de *rift* da bacia e é caracterizado por canais e barras fluviais conglomeráticas entrelaçado em uma configuração indicativa de sistema fluvial distributivo (*Earlt-Rift Fluvial System*). No estágio de clímax do *rift* (*Early To Climax-Rift Stage Fluvial System*), outros dois sistemas desenvolveram-se de forma simultânea: (i) Sistema Fluvial Axial (*Axial Fluvial System*), representados por depósitos na região oeste, composto por arenito médio a grosso com estratificações planares e tangenciais associados a barras longitudinais em processo de acreção frontal e lateral; (ii) Sistema Fluvial Transverso (*Transverse River System*) localizado na margem leste, formado por uma associação de fácies variada incluindo arenito médio a grosso com estratificações cruzadas tangenciais intercalados com arenitos plano paralelos, lentes lamosas e ocorrência abundante de estruturas de *soft sediment deformation*.

Figura 5 - Modelo paleogeográfico da evolução dos sistemas fluviais da Fm. Guarda Velha.



Fonte: Santos *et al.*, 2014.

6 ESTADO DA ARTE

6.1 Sedimentação Pré-Cambriana

Modelos deposicionais atualmente estabelecidos possuem grande influência na observação de processos recentes em bacias Fanerozóicas, justificados pela facilidade de acesso a exposições litológicas recentes e pela demanda de avanço do conhecimento para aplicações em exploração de hidrocarbonetos (Altermann & Corcoran, 2002). No entanto, registros Pré-cambrianos compreendem aproximadamente 85% do tempo geológico e aproximadamente 75% de recursos minerais globais (Bose *et al.*, 2012). Rochas sedimentares Pré-cambrianas exibem princípios fundamentais sedimentológicos, como estruturas sedimentares e processos genéticos equivalentes aos modelos atuais observados em litologias Fanerozóicas. (Eriksson *et al.*, 1998; Altermann & Corcoran, 2002). O padrão de sedimentação Pré-cambriana diferencia-se principalmente pela intensidade e taxa de variabilidade de processos atuantes como intemperismo, erosão, transporte, deposição, litificação e diagênese (Donaldson *et al.*, 2002; Eriksson *et al.*, 2005).

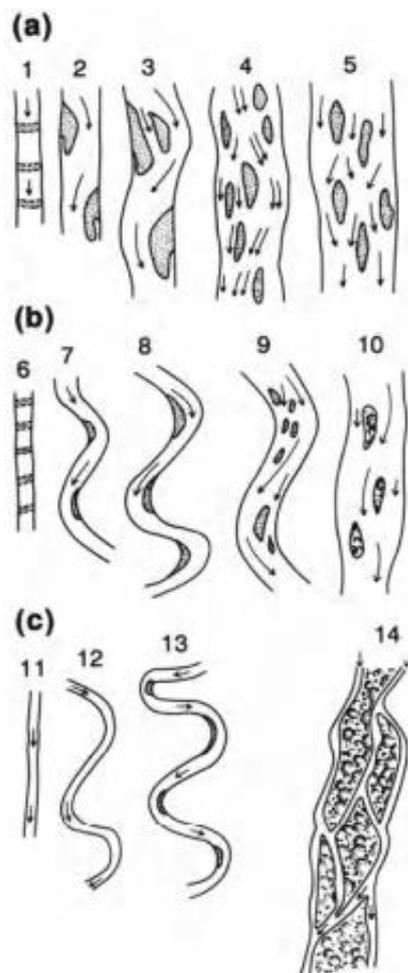
Segundo Eriksson *et al.* (1998), a ausência da biota, principalmente vegetação, aliados ao predominante processo de intemperismo mecânico, produziu quantidades abundantes de sedimentos detríticos. Diante de tais condições, sistemas deposicionais aluviais com influência de rios entrelaçados (*braided rivers*) são reconhecidos com mais frequência quando comparados aos depósitos atuais. Sem a ação das raízes para auxiliar na fixação do solo e devido a maior sensibilidade a rápidas mudanças climáticas, amplos canais fluviais se formavam apresentando menor estabilidade enquanto comportavam fluxos de escoamento episódicos de alta intensidade com abundantes cargas de leito.

6.2 Sistemas Fluviais Entrelaçados

Os padrões morfológicos dos canais entrelaçados manifestam-se por canais abundantemente arenosos de baixa sinuosidade que se entrelaçam por múltiplos canais durante períodos de pouca vazão, mas quando ativos em períodos de cheia produzem diversas formas de leito em larga escala (Galloway & Hobday, 1983). Os canais fluviais de carga de leito demonstram capacidade de carregar alta proporção de areia grossa a cascalhos através da tração e saltação ao longo de seus canais (Nichols, 2009). A deposição da carga de leito produz estruturas e formas de leito variadas. Sedimentos arenosos e cascalhos carregados ao longo do

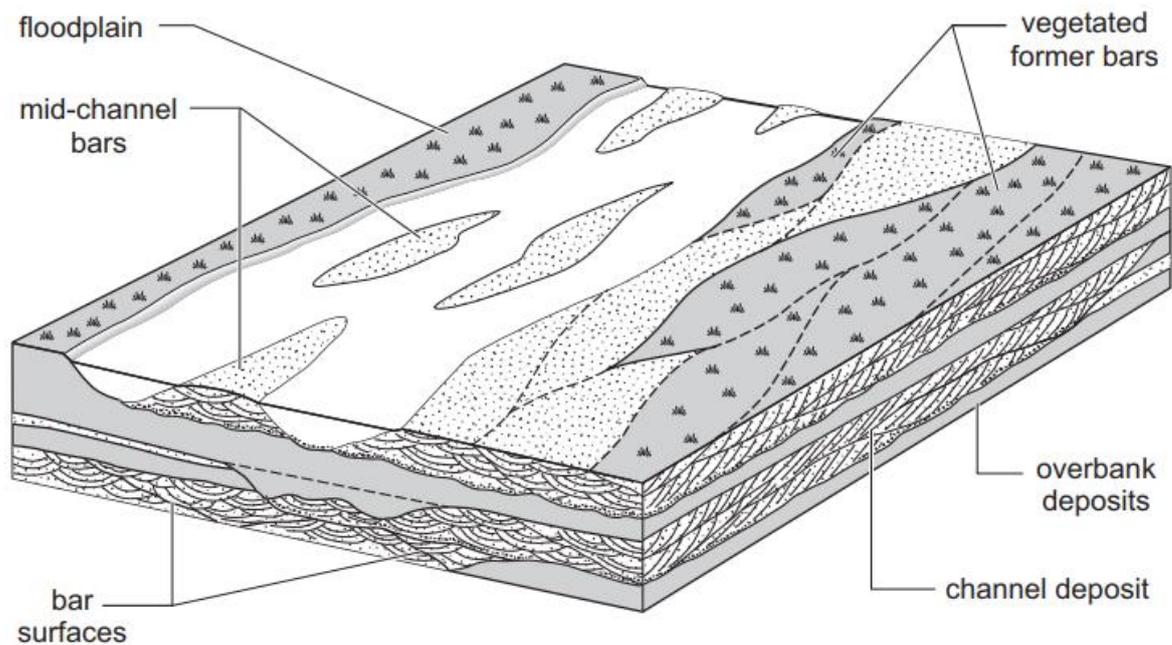
canal tendem a depositar-se em períodos de menor energia de fluxo, culminando em depósitos residuais (*coarse lag*) e formação de barras arenosas que permanecem expostas em períodos de fluxo com baixa energia (Nichols, 2009). Deposição da carga de fundo e o desenvolvimento de barras longitudinais dificultam a passagem da água, obstruindo-se e criando ramificações à medida que amplia a largura do canal pela erosão da margem, podendo aterrar, avulsionar ou promover a incisão destes canais (Miall, 1977). Períodos de fluxo de alta energia tendem a retrabalhar o leito. Sedimentos erodidos carregados pelo fluxo depositam-se no plano de maior declive das barras formando estratificações cruzadas. A migração lateral dos canais entrelaçados pode gerar acreção lateral nas margens, acumulando barras longitudinais e as expondo fora do canal principal que serão posteriormente cobertas por depósitos de planícies fluviais (*overbank*) ou erodidas e sobrepostas por novos canais (Nichols, 2009).

Figura 6 - Padrões de canais aluviais. (a) Canais fluviais de carga de leito; (b) Canais fluviais de carga mista; (c) Canais fluviais de carga em suspensão.



Durante o preenchimento dos canais predominam unidades deposicionais formadas por processos de acreção do leito, tais como barras - longitudinais, transversais ou laterais - e preenchimento de múltiplos canais secundários truncados que denotam sequências texturais complexas (Galloway & Hobday, 1983). As sucessões verticais geralmente são mal desenvolvidas por inúmeros ciclos incompletos depósitos de canais e barras, ou exibem abundantes superfícies erosivas, descontínuos lobos residuais de cascalhos e lençóis de cascalhos difusos no leito arenoso. A organização interna das estruturas nas sucessões compõe estratificações horizontais, estratificações cruzadas de baixo ângulo e estratificações cruzadas tangenciais. Laminações em *ripples* podem ser encontradas quando sedimentos finos em suspensão se depositam e são preservados, mas representam uma fração minoritária granulométrica nestes depósitos fluviais (Galloway & Hobday, 1983).

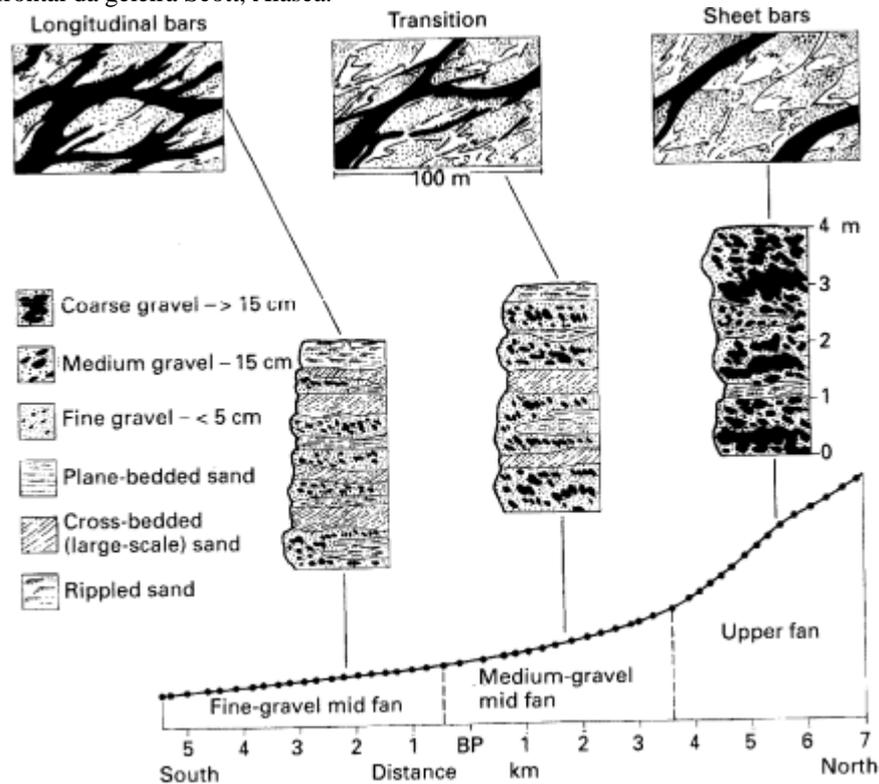
Figura 7- Feições morfológicas de rio entrelaçado.



Fonte: Nichols, 2009.

Nestas condições, há uma dispersão textural ao longo dos canais exibindo variação longitudinal gradativa em relação a distribuição do tamanho dos grãos e formas de leito geradas. Tais variações relacionam-se com a escala dos processos e refletem uma combinação de fatores como litologia da área fonte, espaço de acomodação para o aporte sedimentar e variações climáticas, sendo o último expresso pelos padrões de descarga em um determinado ambiente (Collinson, 1996). Conforme Galloway & Hobday (1983), verifica-se uma redução do diâmetro máximo dos clastos à medida que o fluxo atinge as áreas distais.

Figura 8 - Variação longitudinal do gradiente topográfico acompanhado da redução granulométrica em leques fluviais. Porção frontal da geleira Scott, Alasca.



Fonte: Boothroyd, 1972

De acordo com Miall (1977), diferentes sucessões cíclicas de fácies podem ser geradas:

(i) Ciclo de enchentes: uma superimposição de camadas formadas em episódios progressivos de queda de energia de fluxo;

(ii) Ciclo resultante de acreção lateral: um ciclo gerado pela formação de barras longitudinais ou laterais;

(iii) Ciclo resultante de agradação de canal: representam o preenchimento de um canal principal ou local. O enfraquecimento da energia do fluxo ocorre durante a sedimentação, seguido pelo abandono do canal devido ao processo de avulsão;

(iv) Ciclo de reocupação do canal: canais abandonados ou parcialmente preenchidos podem ser posteriormente ocupados pela avulsão.

A arquitetura deposicional dos sistemas fluviais é controlada pela atuação de dois principais processos: autogênicos e alogênicos (Miall, 2014). Os processos autogênicos são responsáveis pela taxa de avulsão (mobilidade) dos canais e incisão dos canais dentro da planície. Os processos alogênicos referem-se à influência do tectonismo, clima e eustasia. Os controles eustáticos são desconsiderados no presente estudo pelo fato de não haver a interação direta entre o sistema fluvial estudado com a variação do nível do mar. Os fatores climáticos controlam as taxas de descarga fluvial e exercem um controle fundamental no aporte sedimentar

e competência de transporte que esses fluxos vão exercer sob os sedimentos. Os controles tectônicos afetam na forma do relevo e em seu gradiente topográfico. Sendo assim, o sistema fluvial tende a responder a dinâmica destes processos através de erosão ou agradiação de sua planície, em busca de um perfil longitudinal que equilibre seu fluxo com o aporte sedimentar em razão da mudança do espaço de acomodação (Miall, 2014).

A ação conjunta destes controles na arquitetura deposicional dependem de duas variáveis fundamentais, espaço de acomodação e sedimentação, que são utilizadas para interpretar os padrões de empilhamentos e controles sin-deposicionais de um respectivo registro geológico (Catuneanu, 2017). O espaço de acomodação é o espaço disponível para que ocorra o preenchimento de sedimentos (Jervey, 1988) em contexto subaquoso (abaixo do nível do mar/lago) ou subaéreo (interior de bacias sem a influência de ambiente marinho/lacustre), enquanto a sedimentação é influenciada pelos processos que atuam no equilíbrio entre aporte sedimentar e energia do ambiente – espaço de acomodação, clima, gradiente topográfico da área fonte e mudanças autogênicas – alterando os padrões de distribuição dos sedimentos (Catuneanu, 2006).

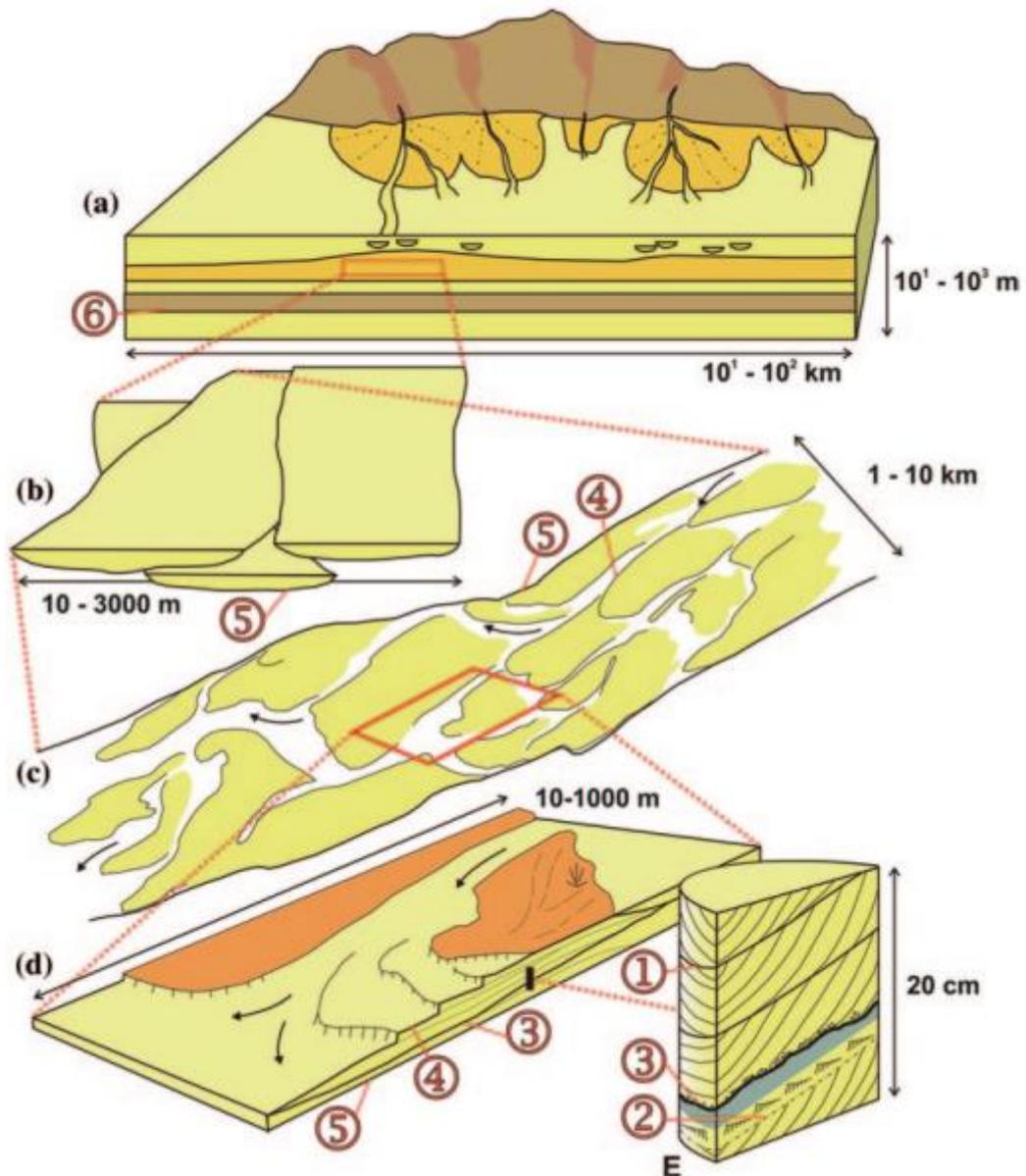
6.3 Escalas Deposicionais

De acordo com Miall (1988), o processo de sedimentação em ambientes fluviais estruturam uma hierarquia de unidades deposicionais que produzem formas de leito de pequena a larga escala, compreendo complexo de barras, canais e múltiplos canais, alcançando a escala do próprio sistema deposicional. Tais unidades deposicionais são delimitadas por uma hierarquia de ordem relativa a suas superfícies, representados por períodos de não deposição ou erosão abrangendo uma escala temporal de minutos a centenas de milhares de anos para se formarem.

Ainda segundo o autor, as superfícies de 1ª ordem são atribuídas as laminações individuais formadas durante o processo de sedimentação contínua no interior dos *sets*. As superfícies de 2ª ordem compõem superfícies limitantes que separam *cosets* e indicam alterações nas condições e/ou mudança de direção dos fluxos. As superfícies de 3ª ordem são definidas por superfícies erosivas com baixo ângulo de mergulho (normalmente inferior a 15°) e truncam estratos sobrepostos, formadas pela variação da velocidade do fluxo ou orientação das formas de leito. Superfícies de 4ª ordem delimitam pacotes que exibem acreção frontal e lateral (*Macroforms*; Allen, 1983), de forma plana ou convexa. Superfícies de 5ª são

lateralmente extensas e limitam lençóis arenosos e canais preenchidos. As superfícies de 6ª ordem compõem superfícies estratigráficas de unidades fluviais em bacias sedimentares.

Figura 9 - Hierarquia de unidades deposicionais em um sistema fluvial. Os números circulados indicam a ordem das superfícies.



Fonte: Miall (2014)

6.4 Trabalhos anteriores aplicados

Ribeiro (1970), ao mapear a geologia da folha de Bom Jardim, descreve a distribuição e relação de contato do Grupo Santa Bárbara com o Grupo Guaritas, observando camadas pertencentes a fácies fanglomerado recobrendo uma discordância angular, e linha de contato recortada por canais de erosão que formam cabeceiras de drenagem. Posteriormente, define

a fácies, de forma resumida, em extensas faixas de fanglomerados de coloração vermelha composta de seixos arredondados de rochas resistentes imersos numa matriz arenosa em mistura com fragmentos angulosos de outras rochas, arenitos conglomeráticos, feldspáticos ou quartzosos, em unidades lenticulares, com estratificação cruzada em grande escala. Ribeiro & Litchtenberg (1978) propõem a formalização dos membros Camadas Guarda Velha (parte inferior) e Camadas Varzinha (parte superior), em referência às suas áreas tipo situadas no Passo da Guarda Velha e Varzinha. Tais membros são descritos por camadas constituídas predominantemente por detritos rudáceos, brechas de tálus e fanglomerados que lateralmente gradam para arenitos arcóscicos grosseiros, sobreposta por arenitos vermelhos, siltitos e argilitos intercalados pertencentes ao Membro Varzinha exibindo grande continuidade lateral.

Em um trabalho de reconhecimento de sedimentação da Bacia do Camaquã, Lavina (1985) reconhece fácies de leque e planície aluvial de canais entrelaçados em um perfil confeccionado próximo ao entroncamento da BR-392 com a BR-153, nas quais consistem em sequências de conglomerados e arenitos espessas com pelitos subordinados, com paleocorrente predominante de nordeste para sudoeste. Associa as sequências conglomeráticas a superposição de barras longitudinais, deposição de dunas subaquosas sugeridas pelas frações arenosas com presença de estratificações cruzadas acanaladas, migração de barras transversais pela ocorrência de estratificações cruzadas tabulares, e a deposição de delgadas litologias pelíticas possivelmente relacionadas ao transporte em e posterior decantação no interior de canais abandonados.

Paim (1994) através de análise de fácies sedimentares e geometria das camadas interpretou as unidades da Formação como depósitos aluviais efêmeros, considerando por ele como parte da Aloformação Varzinha, no topo do Alogrupo Guaritas. Fragoso-Cesar et al. (1999) retomam a definição proposta por Ribeiro & Litchenberg (1978) redefinindo as Camadas Guarda Velha como Formação.

Almeida (2005) em trabalho de reconstituição paleogeográfica, analisa fácies e elementos arquiteturais na Formação Guarda Velha. A interpretação dos dados levantados sugere oscilação de descarga e desequilíbrio entre topografia deposicional do fim de um ciclo e capacidade de transporte e erosão do início do ciclo seguinte, marcados por abundantes superfícies erosivas e elementos de canais efêmeros com ciclos granodecrescentes. Camadas de leito arenosas lateralmente contínuas e formas de leito conglomeráticas foram associadas a canais rasos e amplos com grande mobilidade lateral. Intraclastos argilosos na base dos ciclos de canais efêmeros indicam estagnação de fluxo, decantação e provável exposição subaérea e

gretação. O conjunto dessas características resultou na interpretação de sistema deposicional de rios efêmeros em clima áridos ou semi-áridos.

Almeida *et al.* (2009) pondera sobre o eixo principal de transporte do sistema fluvial, indicando orientação para sudoeste. A análise de proveniência e de paleocorrentes refletem estágios iniciais de um sistema fluvial principal durante os primeiros estágios de formação, derivando de áreas a norte da bacia. Portanto, sugeriu que maior parte da Formação Guarda Velha depositou-se durante o clímax inicial do *rift*, com exceção das camadas inferiores dominadas por barras conglomeráticas possivelmente depositadas no estágio inicial do *rift*.

Ceolin (2018) em trabalho de conclusão de curso realiza um estudo em afloramentos da Fm. Guarda Velha localizados próximos a ponte sobre o arroio Irapuá, às margens da rodovia BR-153. Neste trabalho foram construídos quatro modelos virtuais de afloramento com o objetivo de propor um análogo de reservatório de hidrocarbonetos, através de interpretações fotofaciológicas e fotoestratigráficas dos modelos virtuais e análise de fácies e descrição de sequências deposicionais realizadas em campo utilizando-se de conceitos de estratigrafia de sequências.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

7.1 Etapa Pré-Campo

Etapa inicial do trabalho consolidando a base para todas as etapas de execução posteriores, definida pela revisão bibliográfica da área de estudo e utilização de imagens de satélite para reconhecimento da região. A revisão bibliográfica é fundamental para a contextualização geológica na qual a área de estudo está inserida. Para isso, compila-se informações disponíveis obtidas em livros, artigos, teses e trabalhos realizados anteriormente auxiliando na escolha da metodologia a ser utilizada durante o reconhecimento em campo.

A confecção de mapas temáticos é essencial para que se conheça a natureza das feições fisiográficas a serem encontradas. Bases cartográficas disponibilizadas pela CPRM, IBGE e modelos digitais de elevação do Alaska Satellite Facility foram utilizadas para a construção de mapas utilizando o software *QGIS 3.16.3*.

7.2 Mapeamento geológico

A etapa foi realizada após o levantamento dos dados necessários anteriores à atividade em campo. A execução do estudo conta com o auxílio de bases cartográficas, GPS para georreferenciamento preciso de coordenadas em pontos de interesse, bússola para obtenção de medidas de paleocorrentes, trena para medir a dimensão das feições de interesse, lupa de mão para análise mineralógica, martelo geológico e câmera fotográfica.

O mapeamento geológico representa a fase de coleta de dados em escala de detalhe das litologias in situ. Para isso, perfis colunares foram elaborados em conjunto com a análise de fácies sedimentares e medidas de paleocorrente, para reconhecer os processos responsáveis pela variação granulométrica e geométrica de camadas sedimentares em uma sucessão vertical.

7.3 Perfis colunares

A confecção de perfis colunares é realizada em campo, demonstrando graficamente a variação vertical da geometria das camadas associada às mudanças dos padrões granulométricos dominantes, estruturas primárias, medidas de paleofluxo, presença de assembleia fossilífera e demais observações de interesse. Este método tem como objetivo estabelecer relações espaciais e temporais para a interpretação dos processos sedimentares atuantes, convergindo a um possível modelo deposicional paleoambiental (Collinson *et al.*, 2006). O eixo vertical representa a espessura da camada em escala definida para evidenciar feições significativas observadas, enquanto o eixo horizontal determina a granulometria predominante presente nos sedimentos. Os padrões representados no empilhamento vertical refletem na relação da sedimentação as variações de fluxo no tempo, marcados por pulsos de granocrescência e/ou estratocrescência (ascendente ou descendente) e superfícies de contato (gradacional, abrupta ou erosiva) entre camadas.

Figura 10 – Exemplar de uma seção padrão utilizada em campo.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA		SEÇÃO/UNIDADE:	NOMES:
ALGUMAS ESTRUTURAS GERADAS POR PROCESSOS HIDRODINÂMICOS OU DEFORMACIONAIS M Maciço E. Cruzada Planar Fluidização Lam. Plano Paralela E. Cruz. Tangencial Lam. Convoluta Lam. Cruz. de ripples E. Cruz. Acanalada Escorregamento Ripples assimétricas Lam. Ondulada Truncada Ripples simétricas Estrutura de Carga E. Cruz. Baixo Ângulo Estrutura em Chama		ALGUMAS ESTRUTURAS GERADAS POR PROCESSOS EÓLICOS Estratificação horizontal Estratificação cruzada de baixo ângulo Estratificação cruzada planar Estratificação cruzada tangencial Estratificação cruzada acanalada Estruturas de adesão	
			Ponto: Coord. UTM E: N: Data: Escala:
Areia Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag		Cód. Fácies	Paleocorrente Estruturas
		Fotos Amostras	Assoc. de fácies
DESCRIÇÃO LITOLÓGICA			
Areia Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag			
Areia Bl Sx Gr Mg G M F Mf S Ag			

Fonte: Autor.

7.4 Análise faciológica

A aplicação de técnicas de análise faciológica é de grande relevância para a interpretação dos processos e controles atuantes em um determinado sistema deposicional, sendo fundamentada a partir de uma metodologia descritiva das feições identificadas em campo. Por isso, a observação e classificação de litofácies são componentes padrão para metodologias relacionadas ao estudo de rochas sedimentares (Miall, 1996).

Uma fácies rochosa é definida por um corpo rochoso, representado por uma única camada ou pelo conjunto de múltiplas delas, portadora de características específicas que as distinguem das demais. Tais características remetem a determinadas condições de sedimentação que refletem processos particulares, conjunto de condições e ambiente deposicional. São classificadas a partir de atributos como cor, acamamento, composição, textura, conteúdo fossilífero e estruturas sedimentares (Reading & Levell, 1996). Em sua obra, o autor sugere a utilização do termo “litofácies” no caso de ausência de conteúdo fossilífero, atribuindo ênfase nos atributos físicos e químicos da rocha. Os modelos de análise de fácies de sistemas fluviais aplicados são descritos por Miall (1996), atribuindo códigos em que a primeira letra em maiúsculo representa a granulometria dominante da litofácies e letras minúsculas descrevem de forma mnemônica a estrutura interna ou textura.

Para as associações de fácies interpretadas, conforme a definição de Collinson (1969), considerando-as como um conjunto de fácies geneticamente relacionadas entre si representando semelhança no ambiente deposicional. Por esta definição, torna-se possível a reconstrução da arquitetura deposicional do ambiente. A interpretação dos controles responsáveis na arquitetura deposicional em uma análise faciológica requer o estabelecimento de relações geométricas, bidimensionais ou tridimensionais, entre fácies componentes em determinadas condições paleoambientais.

Segundo Reading & Levell (1996), para determinadas ocasiões, a sucessão vertical de fácies fornece a metodologia necessária a interpretação do sistema e principais mecanismos de controle; enquanto que para contextos mais complexos, a sistemática análise de superfícies hierárquicas limitantes e associação de fácies fornecem interpretações menos ambíguas, preferencialmente quando aplicadas a afloramentos com considerável exposição lateral.

Tabela 1 - Tabela de classificação de litofácies.

Código de Fácies	Fácies	Estruturas sedimentares	Interpretação
Gmm	Cascalho maciço matriz suportado	Gradação incipiente	Fluxo de detritos plástico, fluxo viscosos, 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)
Gh	Cascalho clasto suportado, acamamento incipiente	Acamamento horizontal, imbricação	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, pode ser cascalhosa	Estratificações cruzadas acanaladas	Dunas 3D, cristas sinuosas ou linguóides
Sp	Areia fina a muito grossa, pode ser cascalhosa	Estratificações cruzadas planares	Dunas transversais 2D
Sr	Areia muito fina a grossa	Laminação cruzada com marcas onduladas	Marcas onduladas (regime de fluxo inferior)
Sh	Areia fina a muito grossa, pode ser cascalhosa	Laminação horizontal, lineação de partição	Formas de leito plano (regime de fluxo superior ou crítico)
Sl	Areia fina a muito grossa, pode ser cascalhosa	Estratificações cruzadas de baixo ângulo (<15)	Preenchimentos de suaves depressões (<i>scour fills</i>), dunas atenuadas, antidunas
Ss	Areia fina a muito grossa, pode ser cascalhosa	Amplas e suaves depressões	Preenchimento de suaves depressões (<i>scour fills</i>)
Sm	Areia fina a grossa	Maciça ou laminação indistinta	Depósito de fluxos hiperconcentrados, fluidizações ou intensa bioturbação
Fl	Areia, silte, lama	Laminações finas, laminações cruzadas com marcas onduladas de porte muito pequeno	Depósitos externos ao canal, canais abandonados ou depósitos de inundação
Fsm	Silte, lama	Maciço	Depósitos externos ao canal ou canais abandonados
Fm	Lama, silte	Maciço, gretas de contração	Depósitos externos ao canal ou canais abandonados
Fr	Lama, silte	Maciço, raízes, bioturbação	Solo incipiente
C	Carvão, lama carbonosa	Restos vegetais, filmes de lama	Depósitos de pântanos vegetados (<i>swamps</i>)
p	Paleossolo carbonático (calcita, siderita)	Feições pedogênicas	Solo com precipitação química

Fonte: Adaptado de Miall (1985).

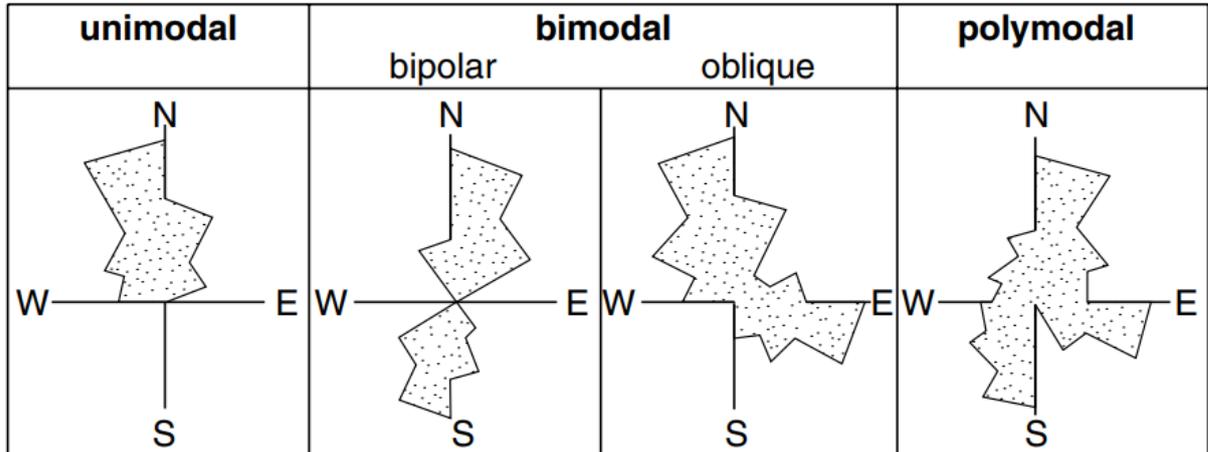
7.5 Análise de paleocorrente

Estruturas sedimentares que fornecem informações direcionais relativas ao conjunto de processos do sistema em um determinado tempo de deposição são definidas como paleocorrentes (Pettijohn, 1973). A medição sistemática de tais estruturas em campo através da direção e sentido da corrente em um paleoambiente, obtidas pela bússola, é um dos principais elementos para caracterização 3D da geometria interna de corpos sedimentares. Dados de paleofluxo frequentemente são utilizados em conjunto com análise de fácies para estudos de proveniência e reconstrução paleogeográfica (Nichols, 2009).

Miall (1999) divide os indicadores de paleofluxo em duas categorias: indicadores unidirecionais e indicadores de direção de fluxo. Nos indicadores unidirecionais é possível determinar a direção e o sentido do paleofluxo, presentes em estruturas laminadas cruzadas,

estratificações cruzadas, clastos imbricados e *sole marks*. Os indicadores de direção de fluxo fornecem apenas a direção do paleofluxo, obtidos através de lineações primárias, *groove casts*, clastos orientados e margem de corte.

Figura 11 - Padrões de paleocorrente em diagrama de rosácea.



Fonte: Tucker, 2003.

Para a análise em fácies fluviais as medidas retiradas em estratificações cruzadas transmitem valores confiáveis para determinar o paleofluxo devido à natureza direcional unimodal do valor de mergulho em sua estrutura. Para isso, é adequado que tais estruturas cruzadas estejam visíveis de forma bidimensional ou tridimensional em afloramento formando ângulo reto entre planos, visto que uma exposição unidimensional provavelmente refletirá em seu mergulho aparente (Tucker, 2003; Nichols, 2009). Enquanto estruturas menores (*ripples* e partição linear) geralmente refletem fluxos inferiores que não representam o contexto paleogeográfico em uma escala maior (Tucker, 2003). Aplicar correções para medidas é necessário em caso de basculamento superior a 25° estruturas lineares e superiores a 10° em estruturas planares, de acordo com a metodologia descrita por Tucker (2003).

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

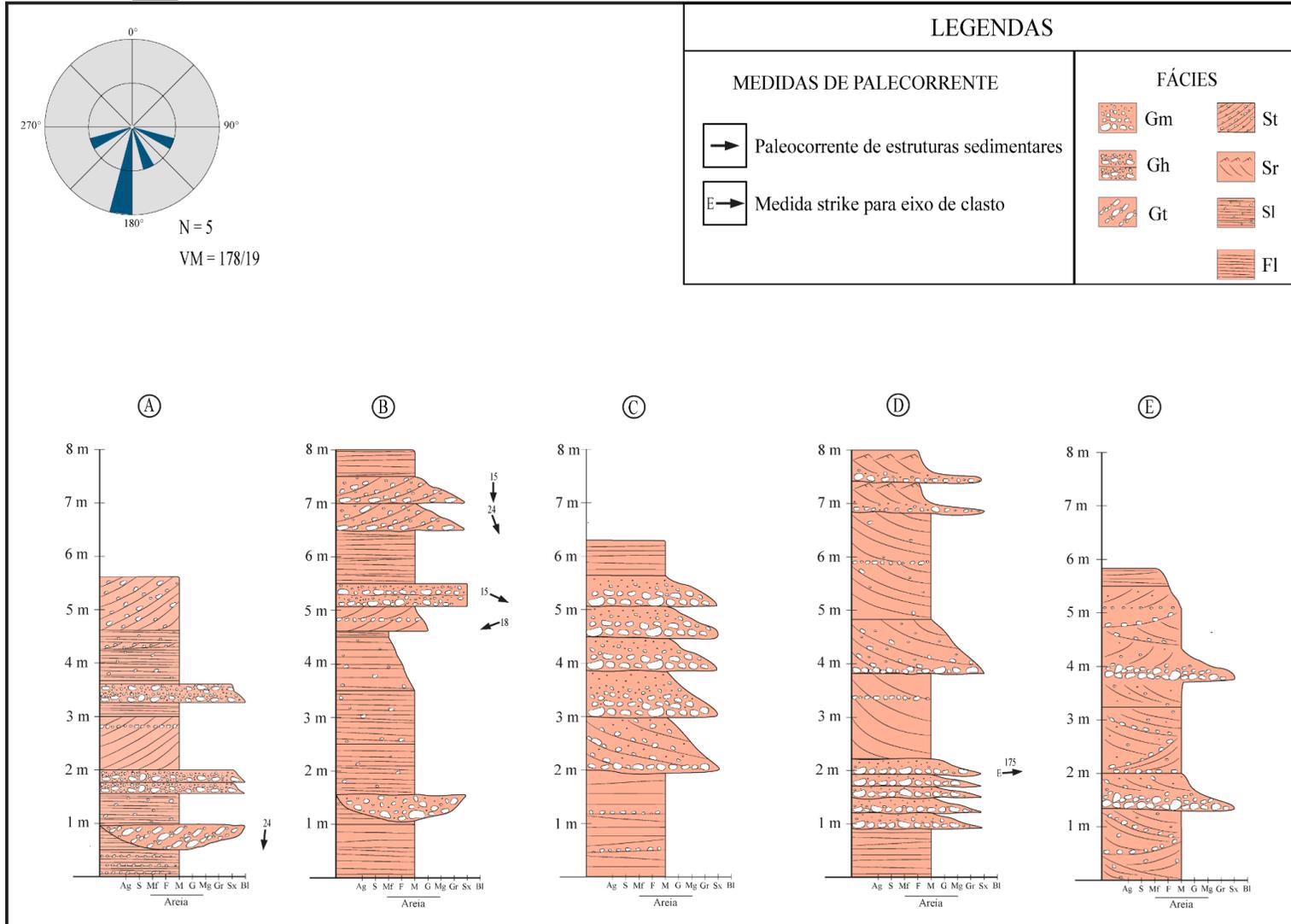
A etapa de trabalho de campo foi realizada em três dias de atividade, sendo cada dia dedicado ao levantamento de um perfil colunar representativo, previamente planejado através de imagens de satélite, percorrendo os locais que possibilitam maior exposição das feições sedimentares de interesse. Obteve-se, então, um total de sete perfis colunares em escala de 1:50 (Figuras 13, 14, e 15) totalizando ca. de 100 metros. O Perfil TC-01 é subdividido em cinco unidades (A, B, C, D e E) levantadas para representar o interior de sua gruta principal. Variam de cerca de 6 a 8 metros de espessuras e são espaçados lateralmente seguindo orientação oeste-leste ao longo da entrada da gruta. O Perfil TC-02 compõe um intervalo de 15 metros de espessura, ds, no sentido noroeste-sudeste. O Perfil TC-03 compreende um intervalo de 51 metros de espessura, em sentido leste-oeste alcançando o topo da Toca das Carretas.

Figura 12 - Mapa de localização dos perfis obtidos na etapa de campo. As linhas representam o caminho vertical realizado para o levantamento. O ponto representa a entrada da gruta principal, onde foram obtidos 5 perfis laterais. “A” e “B” denotam, respectivamente, os pontos iniciais e finais para os perfis realizados fora da gruta.



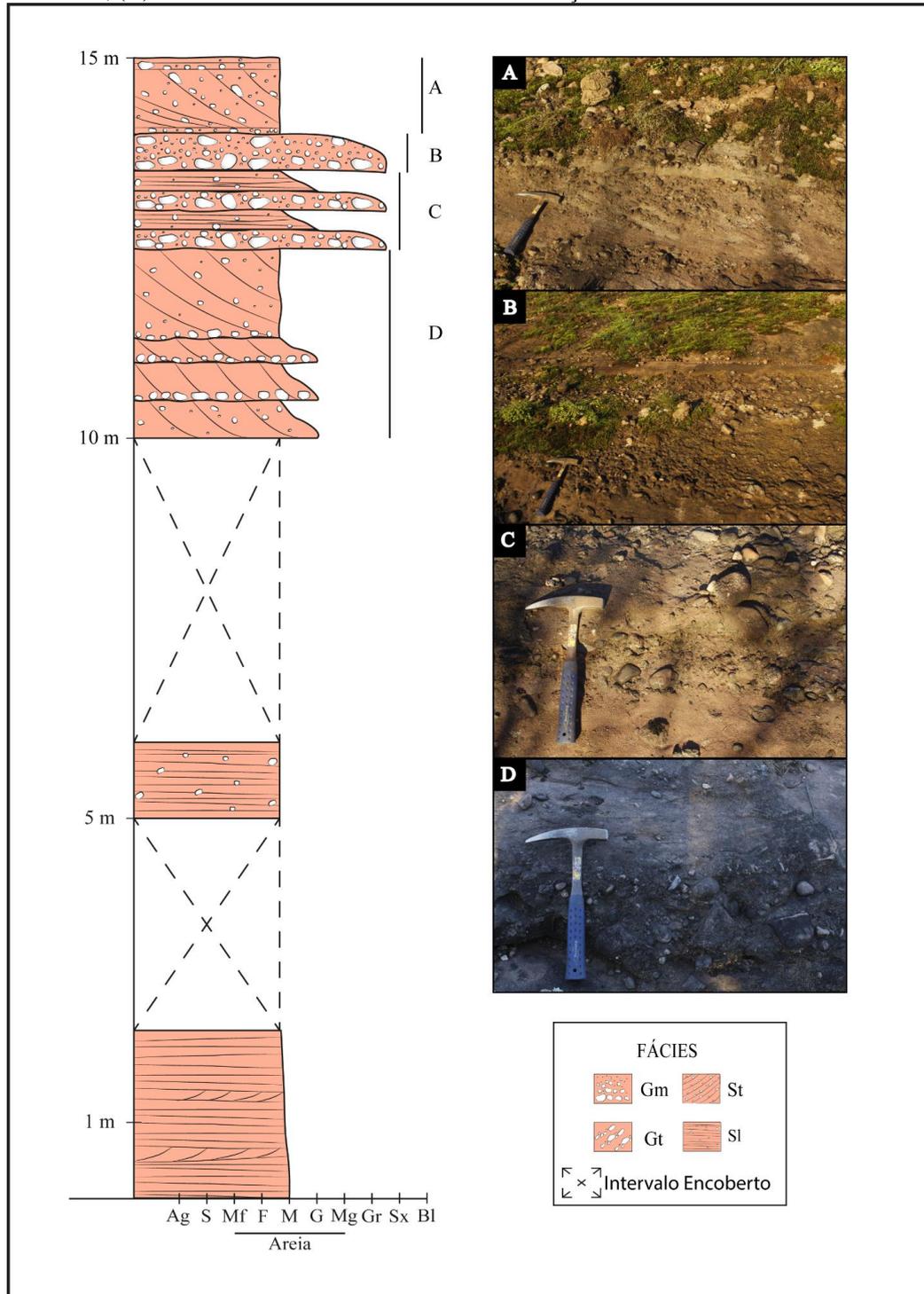
Fonte: Autor.

Figura 13 - Perfis internos da Toca (TC-01).



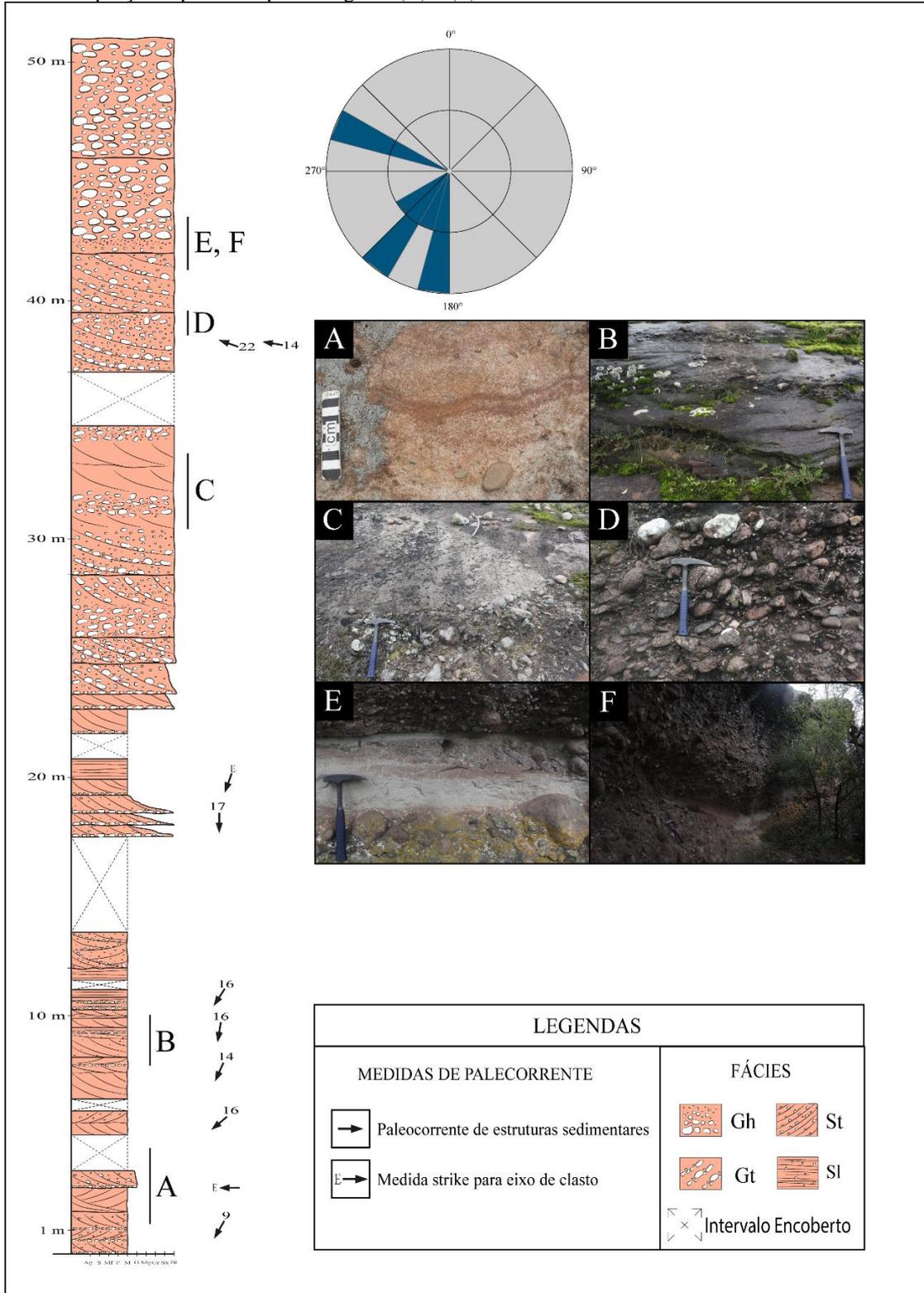
Fonte: Autor.

Figura 14 - Perfil TC-02 digitalizado com as fácies representativas encontradas em campo. (A) Perspectiva em planta da fácies Gt; (B) Lobos residuais de cascalho das fácies Gm; (C) Fácies Gm e Sl interdigitadas em sucessões granodecrescentes; (D) Fácies St com seixos na base das estratificações cruzadas.



Fonte: Autor.

Figura 15 - Perfil TC-03 digitalizado, com padrões de paleocorrente e fácies representativas encontradas em campo. (A) fácies SI caracterizado pelo baixo ângulo de mergulho, laminação milimétrica e presença de seixos dispersos; (B) Pacotes arenosos lateralmente extensos exibindo a sobreposição de uma lente da fácies St sob camadas tabulares de fácies SI; (C) Pacotes conglomeráticos da fácies Gt sendo intercalado por arenitos da fácies St; (D) Espessos pacotes conglomeráticos em estratificação tangencial com ângulo de mergulho moderado.; (E) Lente arenosa da fácies SI sobreposta por pacotes conglomeráticos da fácies Gh. (F) Visão geral do afloramento encontrado na porção superior do perfil. Figuras (D) e (E) estão inclusos neste afloramento.



Fonte: Autor.

8.1 Descrição de litofácies

Com base na proposta de classificação de Miall (1985), oito litofácies foram definidas de acordo com parâmetros granulométricos, texturais e estruturas sedimentares identificadas. De modo complementar, descreve-se, em conjunto com os parâmetros principais, características individuais em cada fácies referentes a geometria, espessura, relação de contato, tamanho máximo de grãos e medidas de paleofluxo. Quatro litofácies representam fácies conglomeráticas, três correspondem a fácies areníticas e uma corresponde a fácies pelítica.

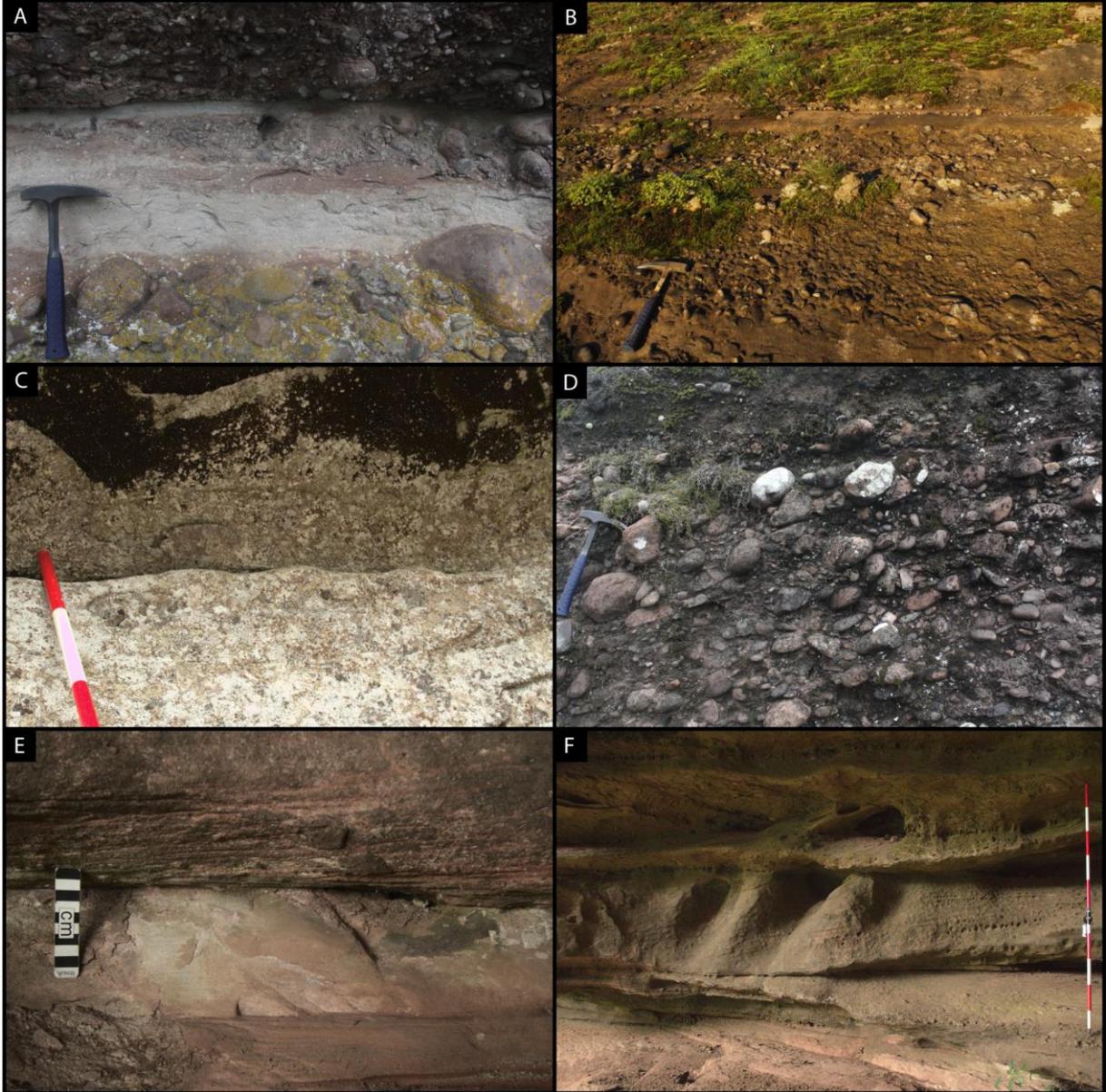
As litofácies predominantes são compostas por arenito médio a grosso, de caráter imaturo e coloração avermelhada. Frequentemente exibem grânulos e seixos dispersos, por vezes atingindo tamanho de bloco, associados a deposição de estruturas de laminação de baixo ângulo ou estratificações cruzadas tangenciais, que se apresentam em *sets* de pequeno a médio porte. Em um intervalo específico, há o predomínio de litofácies cascalhosas constituídas por conglomerados polimíticos clasto-suportados maciços, com laminação incipiente ou estratificação cruzada de médio porte. Os conglomerados possuem clastos arredondados com blocos atingindo diâmetro superior a 30 centímetros, com matriz de areia grossa mal selecionada.

Tabela 2 - Quadro de litofácies identificadas em campo.

Código de Fácies	Fácies	Estruturas sedimentares	Interpretação
Gm	Cascalho maciço matriz suportado	Maciço	Fluxo de detritos pseudoplástico e hiperconcentrados de alta competência
Gcm	Cascalho clasto suportado	Maciço, gradação normal	Fluxo de detritos viscosos e hiperconcentrados
Gh	Cascalho clasto suportado, acamamento incipiente	Acamamento horizontal, imbricação	Formas de leito longitudinais, depósitos residuais (lags)
Gt	Cascalho estratificado	Estratificações cruzadas acanaladas	Preenchimento de pequenos canais
St	Areia fina a muito grossa, pode ser cascalhosa	Estratificações cruzadas acanaladas	Dunas 3D, cristas sinuosas ou linguóides
Sr	Areia muito fina a grossa	Laminação cruzada com marcas onduladas	Marcas onduladas (regime de fluxo inferior)
Sl	Areia fina a muito grossa, pode ser cascalhosa	Estratificações cruzadas de baixo ângulo (<15)	Preenchimentos de suaves depressões (scour fills), dunas atenuadas, antidunas
Fl	Areia, silte, lama	Laminações finas, laminações cruzadas com marcas onduladas de porte muito pequeno	Depósitos externos ao canal, canais abandonados ou depósitos de inundação

Fonte: Autor.

Imagem 16 - Mosaico de fotos correspondentes às litofácies encontradas nos afloramentos. A) Litofácies Sl em geometria lenticular disposta intercalada a litofácies Gt (contato inferior) e Gh (contato superior); B) Camada da litofácies Gm; C) Litofácies Sr exibindo marcas onduladas de pequeno porte depositadas ao topo de estratos cruzados tangenciais; D) Camada tabular da litofácies Gt com estratos cruzados de médio porte; E) Camada centimétrica de Litofácia Fl com laminações delgadas intercalando litofácies Sl (contato inferior) e St (contato superior); F) Camada métrica de litofácies St com estratificação cruzada tangencial de médio porte.



Fonte: Autor e colaboradores.

8.2 Associação de fácies

Considerando as fácies reconhecidas em campo e a partir da análise da ciclicidade acerca de sua sucessão vertical, será discutido a seguir a descrição e interpretação das associações de fácies resultantes.

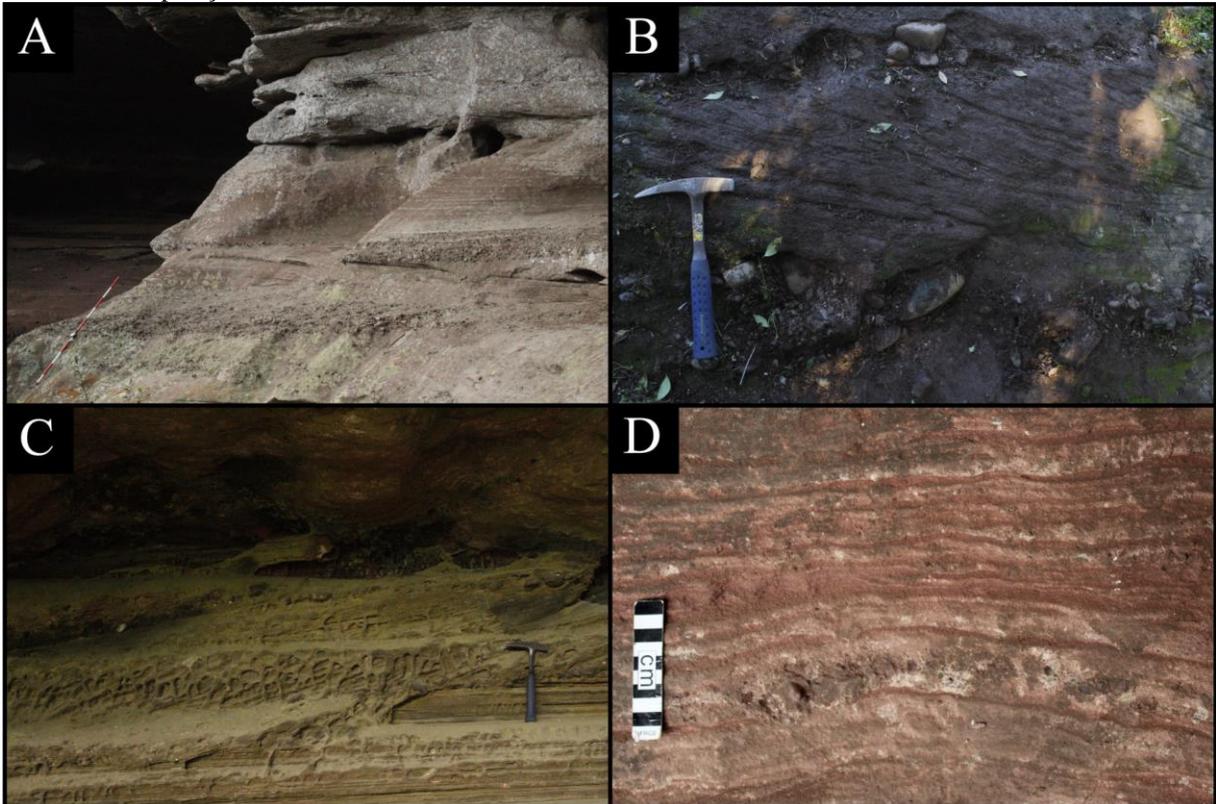
8.3 Associação de fácies de inundações em lençóis intermediários

Descrição: Composto pelas fácies Sl, St, Gm e Gh, compondo sucessões predominantemente areníticas de geometria tabular com intercalação de camadas ou lentes conglomeráticas. Os arenitos são compostos por areia média a grossa, comumente apresentando grânulos e seixos, grãos subarredondados com esfericidade moderada a alta e baixa maturidade textural. De modo geral, exibem composição majoritariamente quartzo feldspática associados a litoclastos de rochas vulcânicas, metamórficas e veios quartzosos que representam a fração granulométrica minoritária.

As fácies arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo (Sl) possuem laminações milimétricas marcadas pela alternância de cor e variação granulométrica. Laminações de coloração avermelhadas constituem grãos finos, enquanto as de coloração clara compreendem a fração granulométrica de areia média a grossa, por vezes contendo seixos na base ou próximo à base dos sets. As camadas variam de cinquenta centímetros a um metro de espessura em contato basal abrupto ou erosivo com as demais fácies.

Arenitos médios a grossos, mal selecionados, com seixos e grânulos dispersos, com estratificação cruzada tangencial (St) estabelecem-se como a fácies mais abundante desta associação. Por vezes ocorrem *lags* conglomeráticos na base das estratificações cruzadas tangenciais. A espessura total dos pacotes de cruzadas tangenciais varia entre setenta centímetros a dois metros, dispostos em sets de até um metro compondo *cosets* amalgamados de até 50 cm, com contato basal abrupto a erosivo. Sets de laminações cruzadas tangenciais possuem dimensões milimétricas a centimétricas (inferiores à 2 cm), frequentemente exibem gradação normal.

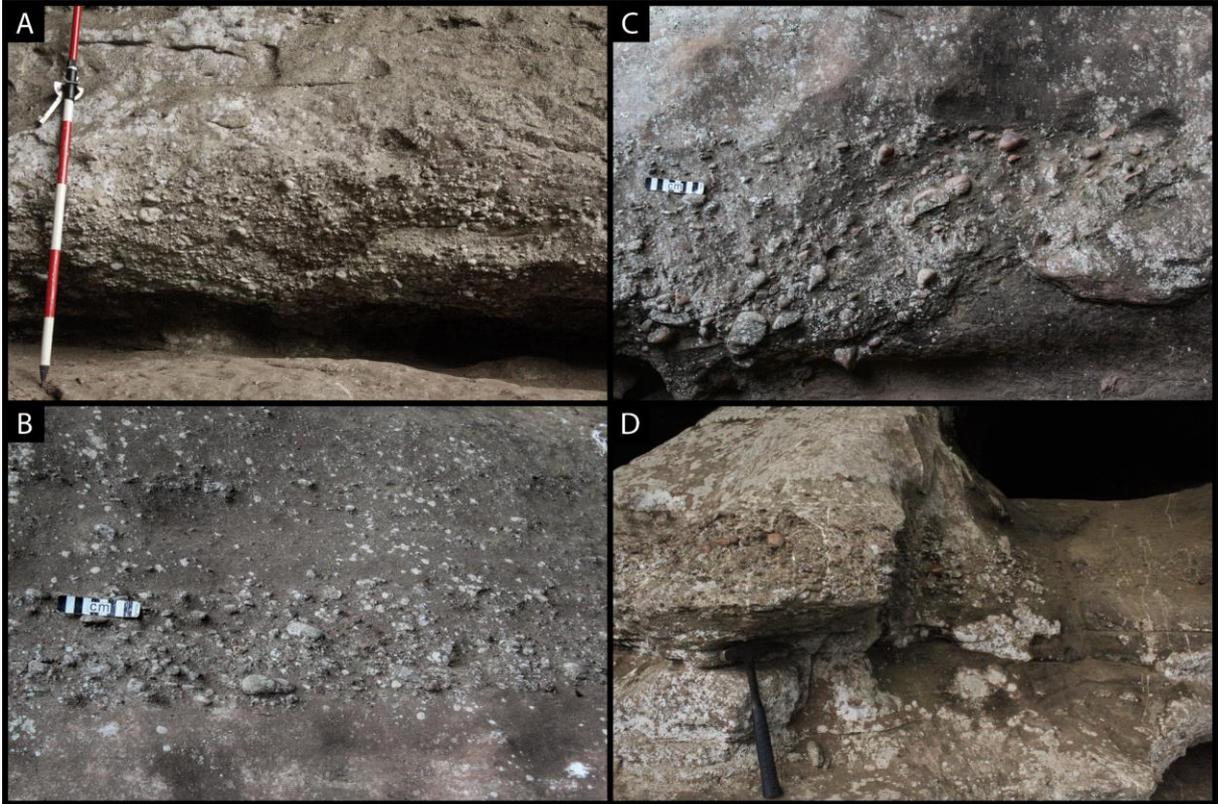
Figura 17 - Quadro de litofácies arenosas. (A) Empilhamento vertical entre de fácies Gm (inferior) e St com seixos na base (superior). (B) Fácies St exibindo sets de estratificação cruzada de médio porte, delimitado no topo e na base por *lag* conglomerático. (C) Fácies Sl alteradas exibindo laminações bem definidas. (D) Fácies Sl evidenciando laminações milimétricas marcadas por alternância de coloração e seixos acumulados em um intervalo de deposição.



Fonte: Autor e colaboradores.

Ortoconglomerados polimíticos intercalam com as fácies areníticas. Os clastos são arredondados, em granulometria predominante de seixos, mas que por vezes atingem dimensões de blocos, com empacotamento fechado e contato entre grãos. Os conglomerados maciços (Gm) e com estratificação horizontal (Gh), formam camadas tabulares ou lentes com espessura que variam em vinte centímetros a um metro, formando sucessões granodecrescentes. As estratificações horizontais nas fácies Gh evidenciam-se pela orientação e/ou imbricação dos clastos, principalmente os de forma alongada. Podem exibir em sua organização interna sucessivos pulsos gradacionais: blocos e seixos suportados gradam para grânulos e seixos envoltos por matriz arenosa grossa mal selecionada. Em ambas as fácies, a superfície basal é marcada por um contato abrupto à erosivo.

Figura 18 - Quadro de litofácies conglomeráticas encontradas em campo. (A) Camada de litofácies Gm compoendo pacote granodecrescente; (B) Litofácies Gh intercalando camada arenosa da fácies St, exibindo estratificação horizontal pouco desenvolvida; (C) Lente conglomerática da fácies Gt erodindo fácies Sl; (D) Pacote de conglomerado maciço da fácies Gm.



Fonte: Flávia Pereira, Colaboradora.

Subordinadamente, duas fácies pertencentes a esta associação apresentam-se em um breve intervalo. Pelitos laminados, denominados fácies Fl, formam uma camada de 10 centímetros e geometria tabular depositada em um intervalo de transição entre as fácies Sl e St. São compostos de arenito muito fino a silte de coloração bege clara, bem selecionado, dispostos em laminações milimétricas horizontais que são bem marcadas por variação granulométrica. Arenitos com marcas onduladas, denominados de fácies Sr, situam-se no topo de sucessões areníticas com estratificação cruzada tangencial. Diferenciam-se pela granulometria média a fina bem selecionada, com grãos arredondados e baixa esfericidade. As marcas onduladas possuem formato assimétrico, com ca. de 2 centímetros de amplitude e 20 centímetros de comprimento de onda.

As camadas tabulares de arenitos (Sl e St), com espessura entre um a dois metros, intercalam camadas tabulares métricas conglomeráticas (Gh e Gm), e por vezes lentes conglomeráticas (Gt) com 0,5 m de espessura, compoendo sucessões estrato-grano decrescentes em intervalos de três metros de espessura.

Os pacotes arenosos apresentam contato gradacional entre as fácies SI/St/Sr delimitados na porção superior por superfícies irregulares onduladas erosivas, salientadas por truncamentos preenchidos por clastos de tamanho de seixos. O contato basal dos pacotes conglomeráticos comumente é abrupto marcado por superfícies irregulares erosivas bem definidas. Quando sobrepostos por camadas arenosas, tendem a apresentar um contato gradativo. A empilhamento vertical de ciclos estrato-grano decrescentes entre as camadas tabulares e lateralmente contínuas das fácies arenosas e conglomeráticos ressalta o caráter agradacional dos processos em estágios de deposição dos canais.

Figura 19 - Seção tipo da associação de inundações em lençóis levantada no perfil TC-01A, evidenciando a ciclicidade da sucessão Gm/Gh, SI/St.



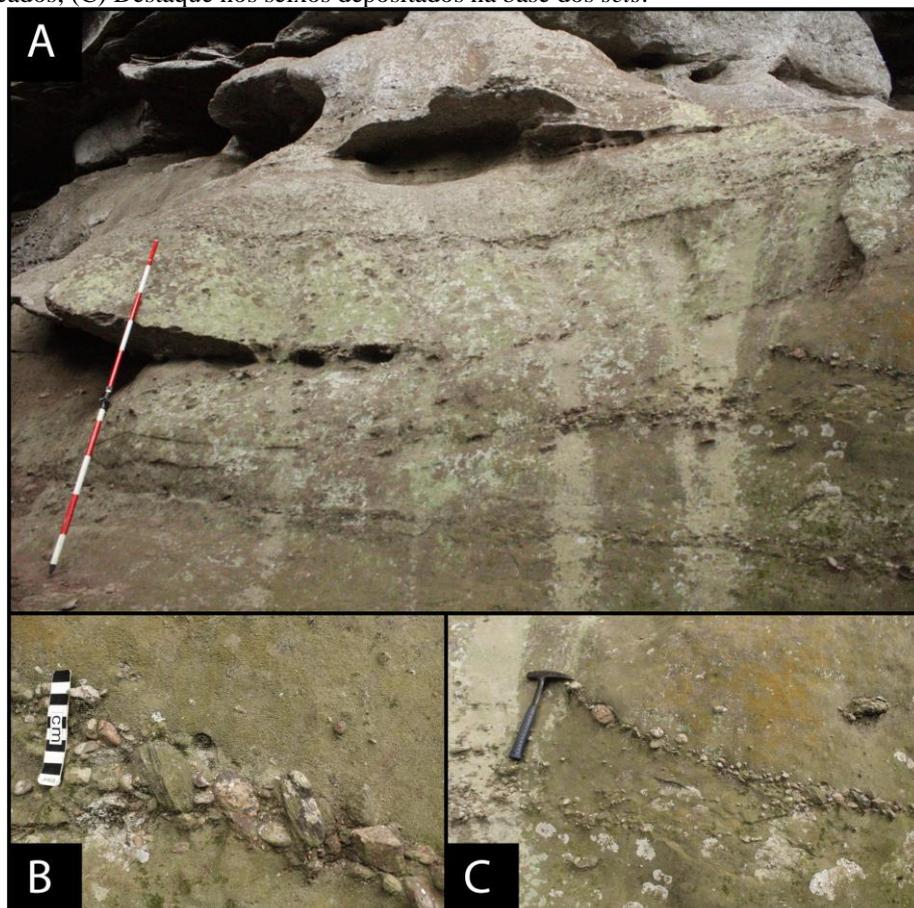
Fonte: Autor.

Interpretação: Depósitos da fácies SI são interpretados em contexto de fluxo subaquoso de alta velocidade em canais de baixa profundidade em regime transicional de fluxo unidirecional subcrítico e supercrítico, com condições de contínua movimentação das partículas (Miall, 1977; Miall, 1988; Todd, 1996). A acreção de sedimentos ao longo da margem das barras no sentido do fluxo produz estratificações cruzadas de baixo a moderado ângulo (Galloway & Hobday, 1983). Tal estrutura é produto da migração de dunas atenuadas de baixa amplitude no leito do canal (Best & Bridge, 1992), mas também podem estar associadas ao enfraquecimento da turbulência pela alta carga sedimentar em transporte (Todd, 1996). A geometria tabular, alternância granulométrica e presença de grânulos e/ou blocos dispersos na base dos sets de areia grossa representam períodos de alta capacidade de transporte de carga

sedimentar seguidos por eventuais reduções de capacidade hidráulica do canal (Steel & Thompson, 1983).

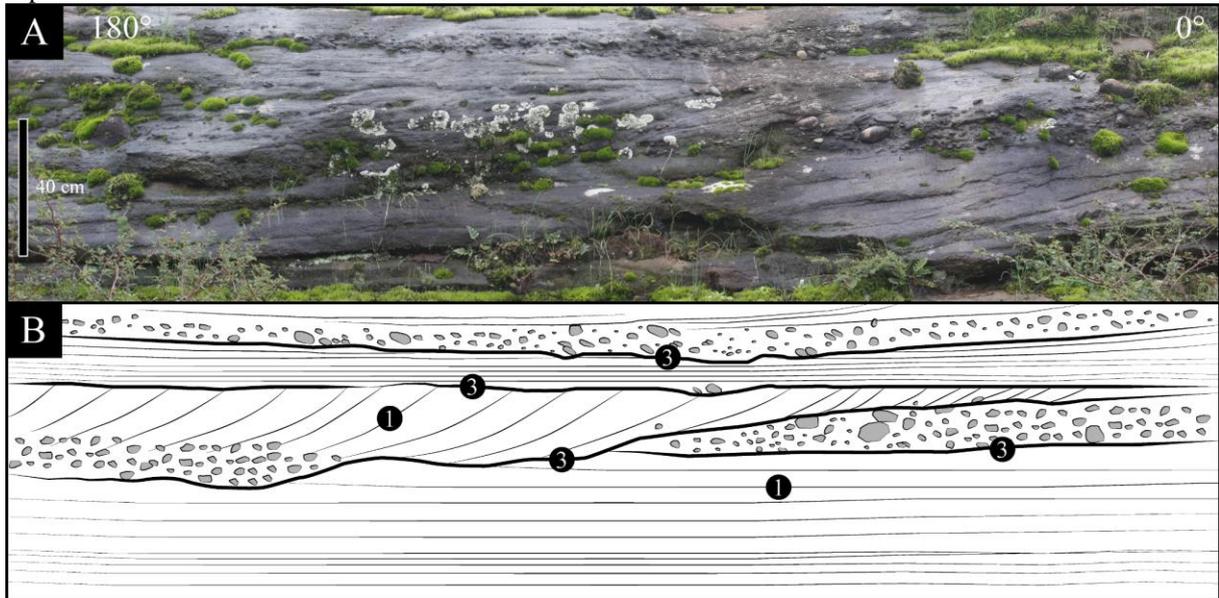
As estratificações cruzadas tangenciais são interpretadas como deposição e migração de dunas sinuosas tridimensionais (Miall, 1977) em fluxo subcrítico, trativo e unidirecional. A ciclicidade deste depósito é associada a estágios de cheia em canais rasos que frequentemente sobrepõem camadas da fácies S1, salientados pela transição de regime de fluxo (Steel & Thompson, 1983; Paim, 1995). *Cosets* de estratificação cruzada tangencial amalgamados empilhados verticalmente, separados por superfícies de 5ª ordem (e.g Miall, 1988), sugerem ampla agradação vertical formando pacotes sedimentares *multistorey* ou *multilateral sheet sandbodies* (Collinson, 1996). A agradação e migração das dunas tridimensionais é evidenciado pelo cavalgamento subcrítico e gradação textural interna nos *sets*, que comumente exibem seixos e blocos na base que gradam para areia grossa, refletindo flutuações de potencial hidráulico no interior dos canais. Eventuais acreções laterais são refletidas em planos inclinados -superfícies de 1ª ordem; Miall, 1988 - dos pacotes singulares de estratificação cruzada tangencial (Paim, 1994).

Figura 20 – (A) *Multistorey* de fácies St composto *sets* com seixos na base; (B) Foto em detalhe destacando clastos imbricados; (C) Destaque nos seixos depositados na base dos *sets*.



Fonte: Flávia Pereira, colaboradora.

Figura 21 – (A) Fotomosaico de afloramento lateralmente extenso com pacotes sedimentares de fácies S1/St e *lags* conglomeráticos. (B) Interpretação do fotomosaico. Os números circulados representam a ordem hierárquica das superfícies.



Fonte: Autor.

A formação de barras longitudinais (*Longitudinal bar formation*; Miall, 1977) são representadas por camadas tabulares, geralmente métricas, de conglomerados maciços ou com estratificação horizontal incipiente. A continuidade lateral das fácies Gm e Gh sugere amplos canais rasos com depósito residuais de cascalhos (*lags*) em fluxos trativos (Rust, 1984; Smith, 1990). Indicam a formação de barras longitudinais pela acreção de cascalhos e obstrução canal, na qual sua estratificação provavelmente relaciona-se com estágios de enchentes e intensa descarga de fluxo (Miall, 1977; Rust, 1984; Collinson, 1996).

O processo de preenchimento de canais isolados (*Channel scour and fill*; Miall, 1977) ocorrem em conglomerados com estratificação cruzada acanalada, devido a sua geometria lenticular e presença restrita nesta associação, depositados em fluxo subcrítico unidirecional trativo de alta competência e limitados por superfícies basais erosivas onduladas.

Processos de acreção em *low-water stages* (*low-water accretion processes*; Miall, 1977) constituem na presença das fácies Sr e Fl. Arenitos com estratificação de marcas onduladas (Sr) formam-se em regime de fluxo subcrítico unidirecional trativo, associado a migração de marcas onduladas em estágios de *waning flow* e canais rasos (Miall, 1977). As marcas onduladas presentes na associação encontram-se no topo de camadas métricas de estratificação cruzada tangencial e sugerem evidências de diminuição de intensidade do fluxo e profundidade do canal durante o processo de formação e migração do leito. Os pelitos laminados (Fl) são raros na sucessão e estão associados a deposição de sedimentos finos suspensos em ambiente de fluxo subcrítico. O fato de estar posicionado em um breve intervalo entre fácies S1 e St possibilita

que seja interpretado por depósitos de *wanning flow* em áreas temporariamente abandonados do canal (Miall, 1977), posteriormente erodido e retrabalhado por fluxos efêmeros responsáveis por depósitos de estratificação cruzada tangencial.

Predominantemente formada de processos de formação e migração de leito (*Bedform formation and migration*; Miall, 1977) de corpos arenosos. Depósitos de canais detém a maior parcela de carga de leito em um sistema fluvial e em sua estrutura encontram-se os principais processos de formação, incluindo estruturas deposicionais de agradação e acreção lateral (Galloway & Hobday, 1983). A alternância dos aspectos texturais presentes na associação descrita correspondem aos processos de canais fluviais com leito cascalhoso e grande variabilidade de descarga que raramente preservam depósitos de sedimentos finos em suspensão, denotando diversos ciclos incompletos de erosão e sedimentação (Paim, 1995). Os processos que atuam na formação e migração de leito são interpretados principalmente a partir da sucessão entre camadas de arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo e estratificação cruzada. Eventuais variações da competência do fluxo geram a acreção ao longo das margens das barras longitudinais produzindo arenitos de estratificação cruzada de baixo ângulo (Galloway & Hobday, 1983) relacionada aos processos de migração de leito e gradual atenuação da intensidade do fluxo.

8.4 Associação de fácies de barras longitudinais em canais proximais

Descrição: Compreende pacotes tabulares conglomeráticos com espessura entre um a seis metros, compostos pelas fácies Gh e Gt, eventualmente intercalado por arenitos com estratificação cruzada tangencial em camadas tabulares ou lentes arenosas com estratificação cruzada de baixo ângulo. Ortoconglomerados polimíticos de coloração avermelhada em empacotamento alto com contato facetado entre seixos e pontual entre blocos, envoltos em matriz arenosa mal selecionada.

Conglomerados com estratificação horizontal (fácies Gh) apresentam blocos arredondados, variando de esféricos a alongados, alcançando dimensões superiores a 30 centímetros. As estratificações horizontais estão evidenciadas pela orientação e/ou imbricação dos clastos, principalmente os de formato alongado. Frequentemente, a organização interna das estratificações exibe sucessivos pulsos gradacionais onde blocos e seixos suportados por clastos podem gradar a grânulos e seixos envoltos em uma matriz arenosa grossa e mal selecionada. Os pacotes tabulares assentam-se em contato abrupto e erosivo. As Camadas são espessas com quatro a cinco metros de altura.

Nas fácies Gt, seixos arredondados e esféricos dispõem-se no interior dos sets, enquanto blocos subarredondados, esféricos a alongados, mostram-se presentes na base das camadas e/ou dos sets. A fração granulométrica dominante varia entre seixo e blocos, sendo comum o predomínio dos blocos à medida que se encontram mais próximos ao topo do perfil. Sets de dimensões centimétricas com laminações atingindo 20 centímetros de espessura em estratificações cruzadas tangenciais de baixo ângulo, marcadas por gradação interna de blocos na base para seixos. Formam espessos pacotes que variam de um a seis metros, em contato abrupto a erosivo com as camadas sobrepostas.

Arenito médio a grosso de coloração avermelhada, mal a bem selecionado, com grânulos dispersos e presença de seixos, blocos e *lags* conglomeráticos na base das estratificações cruzadas tangenciais. Grãos de areia média à grossa de composição quartzo feldspática subarredondados e esféricos. Grânulos, seixos e blocos subarredondados e esféricos de veios de quartzo e litoclastos ígneos de composição félsica e máfica, enquanto litoclastos metamórficos e de muscovitas apresentam-se subarredondados em forma alongada com baixa esfericidade. O diâmetro máximo dos clastos pode atingir 30 centímetros. Intercalam camadas da fácies Gt em contato abrupto e apresentam espessura métrica

A lente arenosa da fácies Sl é composta de areia média moderadamente selecionada de coloração rosada clara, com presença de seixos dispersos e composta por estratificação cruzadas de baixo ângulo. Os grãos de areia média e grânulos são arredondados e esféricos, arranjos em laminação incipiente milimétrica. Seixos subarredondados e esfericidade moderada, por vezes apresentando forma alongada. Possuem espessura variando de 30 centímetros a 50 centímetros.

Os espessos pacotes tabulares conglomeráticos (Gt e Gh) demonstram uma aparente tendência granocrescente ao longo do empilhamento. Na porção inferior da associação, camadas da fácies Gt com dois metros de espessura intercalam-se com fácies arenosas St de dimensão semelhante em contato abrupto erosivo realçados por superfícies irregulares onduladas. Na porção superior os conglomerados da fácies Gt alternam lateralmente para uma lente arenosa da fácies Sl de 0,5 m, delimitados por uma superfície de contato abrupta não erosiva que sugere um evento de deposição posterior efetuado devido a remobilização dos clastos localizados no topo da camada conglomerática. A lente é sobreposta por pacotes conglomeráticas da fácies Gh com 5 metros de espessura em contato abrupto exibindo uma superfície basal irregular erosiva ondulada. A transição da fácies Gt para a Gh evidencia o caráter granocrescente do empilhamento detendo blocos com dimensões superiores a 30 cm.

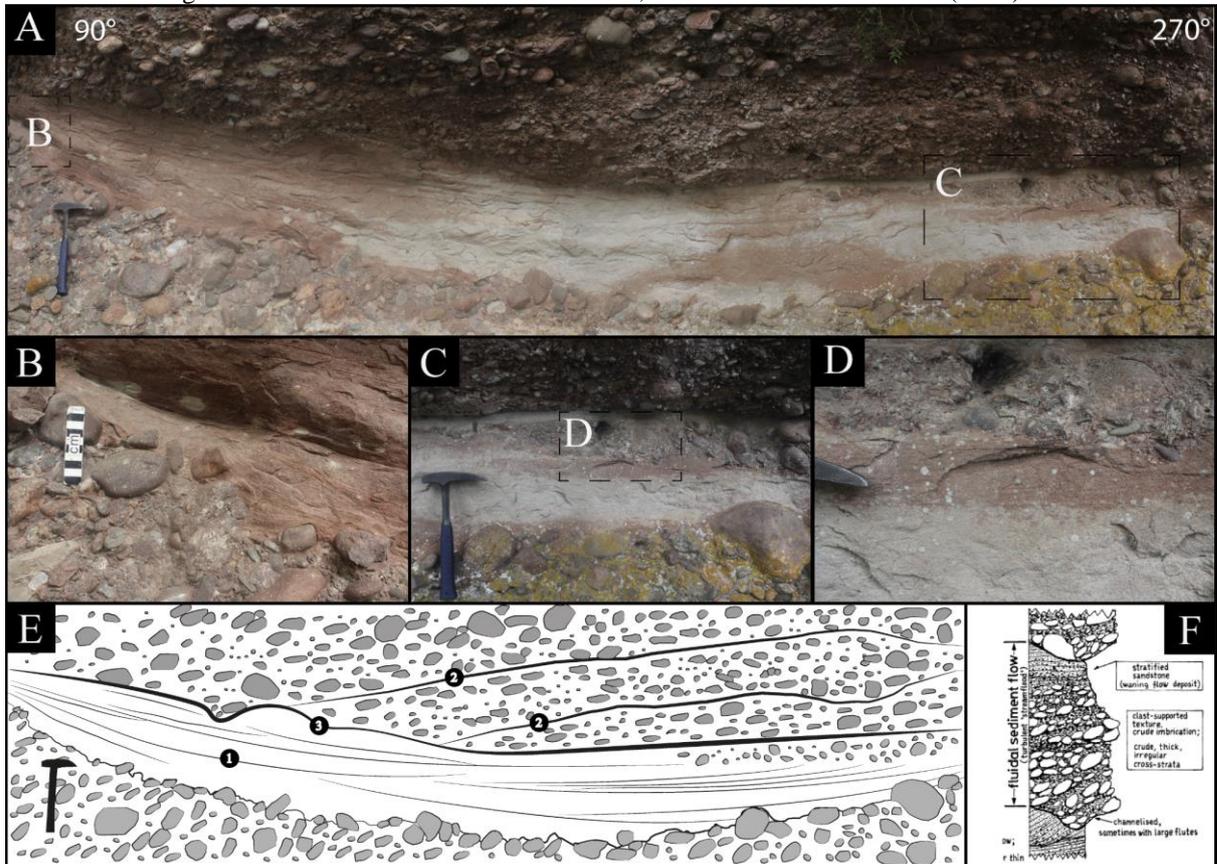
Figura 22 - Seção tipo da associação de barras longitudinais em canais proximais, demonstrando espessos pacotes conglomeráticos intercalados por uma lente arenosa da fácies S1.



Fonte: Autor.

Interpretação: A estratificação horizontal incipiente e a imbricação de clastos encontrada nos depósitos de fácies Gh sugerem deposição em superfícies de baixo gradiente (Nemec & Postma, 1993; Collinson, 1996) em fluxo supercrítico unidirecional, interpretados por barras longitudinais formadas pela acreção vertical de clastos em um canal obstruído ou depósito residual de cascalho no leito (Hein & Walker, 1977; Miall, 1977). A estratificação registra alterações texturais que refletem variações do gradiente hidráulico e acreção descontínua, comumente intercalado com arenitos (Nemec & Steel 1984). Deste modo, camadas que exibem estratos conglomeráticos horizontais bem organizados provavelmente formaram-se a partir de fluxos mais contínuos em relação a camadas com estratos horizontais pouco desenvolvidos (Steel & Thompson, 1983). A gradação interna identificada nos *sets* reflete estratificação binária em estágios de *waning flow* (Todd, 1996), associados ao processo de deposição de cascalhos que gradam para seixos com presença de matriz arenosa grossa carregada em suspensão em estágio de desaceleração do fluxo (Nemec & Steel, 1984). O contato basal desta fácies com os arenitos da fácies S1 é marcado por uma superfície erosiva ondulada.

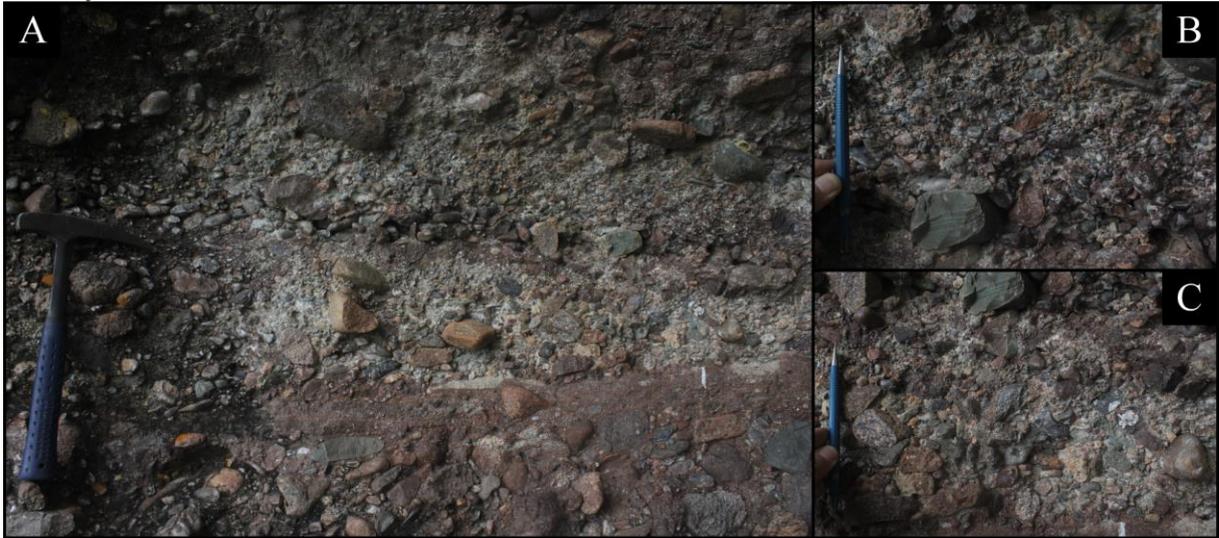
Figura 23 - (A) Visão geral do afloramento; (B) Destaque no contato da lente SI sobre a fácies Gt e seus aspectos texturais; (C) Visão geral da lente arenosa, destaque na porção superior em contato erosivo com fácies Gh; (D); Foto em detalhe exibindo laminações e aspectos texturais do arenito; (E) Fotomosaico interpretado. Os números inseridos nos círculos indicam a ordem hierárquica das superfícies destacadas.; (F) Modelo conceitual de fluxo canalizado análogo ao intervalo encontrado no afloramento, extraído de Nemeč & Steel (1984).



Fonte: Autor.

Os pacotes tabulares de conglomerados com estratificação cruzada (fácies Gt) são interpretados pelo processo de acreção frontal (*downstream*) nos flancos da barra longitudinal (Galloway & Hobday, 1983). A presença de blocos na base dos *sets*, sobrepostos por seixos com maior presença de matriz arenosa, denota uma gradação binária pouco desenvolvida e imatura, decorrente da deposição simultânea dos blocos por movimento de avalanche e retrabalhamento dos seixos depositados juntos ao *foreset* (Middleton & Hampton, 1976; Steel & Thompson, 1983). A variação textural observada nos depósitos reflete flutuações de competência em *waning flows* (Steel & Thompson, 1983) e preservam o avanço das barras longitudinais no leito dos canais entrelaçados (Collinson, 1996).

Figura 24 – Intervalo exibindo dois pulsos gradativos bem desenvolvidos. (A) Visão geral; (B) Porção superior; (C) Porção inferior.



Fonte: Autor.

As camadas tabulares de arenito com estratificação cruzada tangencial (fácies St) representam deposição e migração de dunas sinuosas tridimensionais (Miall, 1977; Bristow, 1993) em fluxo subcrítico unidirecional canalizado. Os depósitos intercalam as fácies Gt exibindo um contato gradativo na base e erosivo no topo, salientados por uma superfície côncava e ondulada. As lentes arenosas de estratificação cruzada de baixo ângulo (fácies Sl) indicam depósitos gerados durante os estágios finais de enchentes episódicas, através de migração de dunas atenuadas de baixa amplitude (Best & Bridge, 1992) em regime transicional de fluxo subcrítico a supercrítico unidirecional.

O predomínio de espessos pacotes conglomeráticos denotam o processo de deposição de cascalhos por um forte fluxo trativo concentrado em canais profundos (Hein & Walker, 1977; Rust & Koster, 1984; Paim, 1994). Um modelo de estratificação de barras longitudinais proposto por Hein & Walker (1977) considera o desenvolvimento de estratificação horizontal nas áreas proximais (*upstream* ou montante) ocasionada pelo alto aporte sedimentar dos fluxos concentrados em cascalhos, enquanto as estratificações cruzadas ocorrem a medida que o fluxo enfraquece em áreas mais distais (*downstream* ou jusante). Conseqüentemente, a sucessão vertical de fácies Gt para a fácies Gh reflete no registro do processo de avanço durante a formação das barras longitudinais, onde os pacotes de conglomerados estratificados de forma horizontal representam as porções de topo da barra nos quais ocorrem o contínuo processo de acreção e preservação (Steel & Thompson, 1983). As fácies arenosas presentes nesta associação manifestam-se de forma pontual mas sustentam um considerável valor interpretativo, visto que a estratificação indica alternâncias granulométricas e texturais devido a variações da

competência do fluxo e mudanças no processo de acreção que, geralmente, estão intimamente associados com arenitos bem laminados (Nemec & Steel, 1984).

8.5 Arquitetura do sistema deposicional

O conjunto da associação de fácies descritos da Fm. Guarda Velha na região do geossítio sustentam a interpretação de um sistema deposicional fluvial dominado por canais fluviais de alta energia com carga de leito cascalhoso (Miall, 1996). O sistema é caracterizado pela alta competência de transporte sedimentar a partir de fluxos unidirecionais trativos resultantes de recorrentes eventos de enchentes em canais desconfiados a canais rasos e amplos. Com base nos conceitos de Miall (1977), os principais processos que compõem os depósitos observados denotam formação e migração de leito em canais e formação de barras longitudinais. O valor médio das medidas de paleofluxo ($n = 9$) obtidas nas fácies St e Gt indicam uma tendência de transporte para 202° (sentido NNE - SSW), convergindo com modelos propostos por Paim (1995), Almeida (2005), Almeida *et al.* (2009) e Santos *et al.* (2014) que classifica como sistema de canais fluviais axiais que fluíam orientados ao eixo principal da bacia.

Os espessos pacotes conglomeráticos nos intervalos próximos ao topo do geossítio são associados a influência de leques aluviais proximais como principal área fonte de aporte sedimentar. Na região proximal há o predomínio de depósitos resultantes de descargas torrenciais, formados por seixos e blocos imersos em matriz arenosa, estratificados de forma horizontal em barras longitudinais exibindo imbricações e contato facetado entre clastos em resposta ao empacotamento fechado. Arenitos conglomeráticos e arenitos desenvolvem-se a partir da migração de dunas no leito arenoso dos canais à medida que o fluxo alcança regiões intermediárias, formando depósitos de inundações em lençol (*sheet floods*) que exibem estratificação de baixo ângulo a cruzadas tangenciais (Collinson, 1996). A escassez de uma quantidade expressiva de fácies pelíticas no intervalo estudado pressupõe que não houve uma associação de fácies que representasse depósitos distais.

As associações de litofácies interpretadas no intervalo estudado refletem diferentes condições de durante o processo de sedimentação. De forma geral, o padrão de sedimentação do intervalo estudado da Fm. Guarda Velha é caracterizado por canais de baixa sinuosidade e alta mobilidade (Collinson, 1996) em que a dimensão dos pacotes sedimentares suportam evidências para fluxos semi-perenes (Miall, 1996; Long, 2006; Santos *et al.*, 2014), formados por sucessivos eventos de enchentes que provocaram a acreção - lateral e frontal (*downstream*) - adicional de sedimentos (Allen, 1983). A escassez de intraclastos lamosos, fácies pelíticas e

associação de fácies que representem planícies de inundações (*overbank*) descartam a ocorrência de episódios de estagnação de fluxo ao ponto de decantar material fino em suspensão e exposição subaérea do leito.

A continuidade lateral de camadas individuais tabulares de espessura métrica (< 2m) que integram a associação de fácies de canais intermediários pressupõe o predomínio de canais rasos desconfinados. São marcados por fluxos altamente trativos e de alta competência, denotando sucessões verticais cíclicas granodecrescentes resultantes da atenuação de fluxos (*waning flow*) oriundos de descargas torrenciais. Tais ciclos manifestam-se pela gradação, em uma sucessão ideal, de fácies conglomeráticas (Gm, Gh ou *lags*) para St e Sl. Essa gradação representa a oscilação da capacidade de transporte de carga e do fluxo em regime inferior concordante com o leito para camadas formadas em canais rasos em regime de fluxo supercrítico. A superfície basal das fácies conglomeráticas e/ou *lags* presentes nestas sucessões são marcados por contatos abruptos erosivos, regularmente formando truncamentos com formato côncavo preenchido pelos cascalhos. Durante a sucessão pode haver a ausência ou alternância entre uma das fácies St e Sl. A ciclicidade destas unidades deposicionais apontam para o domínio do processo de acreção dos pacotes sedimentares em que ocorrem o preenchimento do canal (*channel fill*), enquanto o processo de migração lateral dos canais secundários é representado pelo empilhamento de sucessivas fácies St amalgamadas entre si (Galloway & Hobday, 1983). As sucessões cíclicas descritas são representadas no perfil TC-01, TC-02 e nos 20 metros iniciais do TC-03.

Os depósitos proximais identificados na parte superior do perfil TC-03 sugerem uma rápida mudança no aporte sedimentar. O avanço das barras longitudinais proximais - formadas pelos depósitos das fácies conglomeráticas Gt e Gh - exibe uma textura granocrescente com depósitos espessos situados no topo da associação. O caráter granocrescente e o empilhamento sucessivo de fácies cada vez mais proximais representam a resposta do aporte sedimentar do ambiente deposicional a persistentes episódios de atividade tectônica (Galloway & Hobday, 1983; Miall, 2014). Conforme Santos *et al.*, o sistema fluvial axial da Fm. Guarda Velha compreende em uma sucessão típica de bacia *rift*, na qual ocorrem continuamente processos avanço das barras proximais durante períodos de alta vazão principal, indicando fluxos relativamente constantes em que produzem a acreção frontal em seu canal principal.

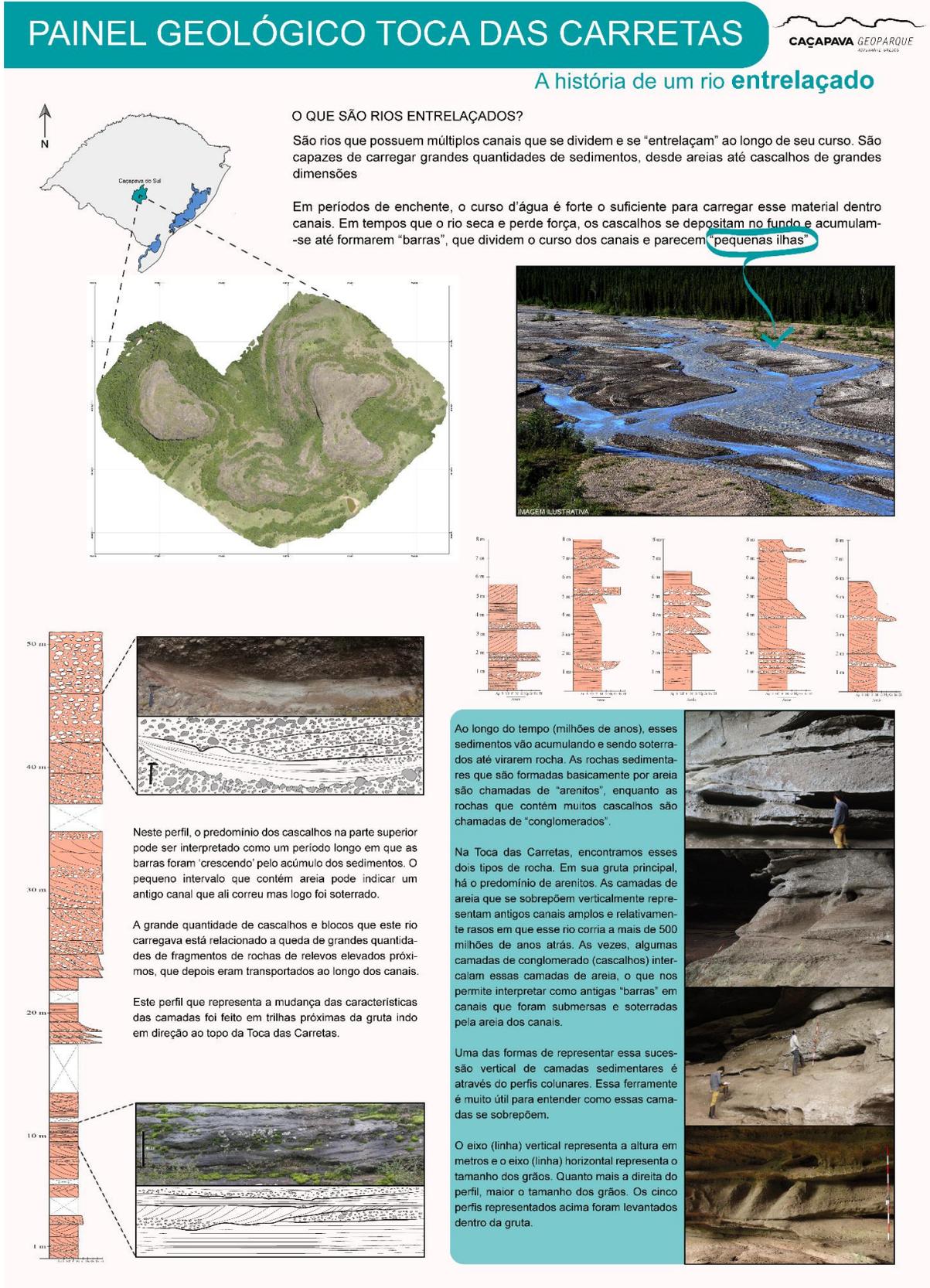
8.6 Divulgação e turismo

Estratégias para geoconservação devem integrar vertentes que atuem na valorização e divulgação do Patrimônio Geológico, pois independente de sua relevância e âmbito em que se inserem, os geossítios que apresentam uma baixa vulnerabilidade de degradação ou perda são os que se encontram em melhores condições para serem alvo de tais estratégias (Brilha, 2005). De forma complementar, Borba (2011) sugere que a efetiva proteção dos geossítios, a conscientização da população e autoridades locais, a “geoeducação” de crianças, jovens e adultos, tal qual o estímulo ao turismo sustentável e valorização de atividades, costumes e produtos locais configuram-se como estratégias de geoconservação. A definição de geoconservação entende-se aqui a partir de Sharples (2002) como “a conservação da geodiversidade por seus valores intrínsecos, ecológicos e (geo) patrimoniais”.

A valorização engloba um conjunto de ações para auxiliar nas informações e interpretações para que o público reconheça o valor dos geossítios, como por exemplo, a produção de painéis informativos e/ou interpretativos que podem ser colocados estrategicamente próximos de cada geossítio ou produção de folhetos que auxiliem o visitante ao longo do percurso de uma visita (Brilha, 2005). De modo convergente, Borba & Souza (2010) e Borba *et al.* (2011) propõem que um caminho possível para o geoturismo, a curto prazo no município de Caçapava do Sul, é a inserção de informações geológicas em linguagem acessível a todos os públicos, em programas voltados aquelas pessoas que já visitam tais localidades.

Diante disto, o presente trabalho propôs-se a confecção de um painel geológico para o geossítio da Toca das Carretas (Figura 25) como contribuição ao Geoparque Caçapava do Sul, a partir dos dados obtidos e interpretados nas seções anteriores. Sugere-se aqui, a utilização do painel geológico como panfletos para visitantes ou ampla divulgação através de mídias digitais para o incentivo à visitação.

Figura 25 – Pannel geológico criado para divulgação geoturística do geossítio Toca das Carretas.



Fonte: Autor.

Quanto ao caráter científico, e como já citado na justificativa, o presente trabalho espera que a valorização do geossítio através da iniciativa de divulgação geoturística avance em harmonia com a contribuição do conhecimento a respeito da Fm. Guarda Velha e do passado geológico da Toca das Carretas.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os afloramentos da Fm. Guarda Velha na área estudada exibem oito litofácies que se organizam em duas associações: inundações em lençóis intermediários e barras longitudinais em canais proximais. O empilhamento vertical das fácies denota um sistema deposicional fluvial entrelaçado de alta energia, caracterizado por canais amplos e rasos e abundante carga de fundo que fluía orientado de forma paralela ao eixo da bacia (NNE-SSW). Nas inundações em lençol é evidente o processo de formação e migração de leito em regiões intermediárias, marcado pela agradação de sucessões estrato-grano decrescentes de pacotes conglomeráticos a arenosos derivados de diversos ciclos com oscilação de energia entre períodos de enchentes e consequente atenuação da competência do fluxo. As barras longitudinais constituem espessos pacotes conglomeráticos com estratificação cruzada que alternam para conglomerados com estratificação horizontal incipiente à medida que alcançam o topo, denotando um caráter granocrescente ao longo da sucessão. Diante disto, o aumento do espaço de acomodação e aporte sedimentar é associado ao avanço das fácies proximais sobre as fácies intermediárias, sob a influência de controles alogênicos - clima e atividade tectônica - e retrabalhamento dos leques aluviais acumulados na borda oeste da Formação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D.P.M, LOPES, R.C, LIMA, L., GOMES, C.H. **Resultados preliminares do estudo petrográfico e geoquímicos das rochas pertencentes ao Mb. Rodeio Velho (Ordoviciano) – Bacia do Camaquã – RS/Brasil.** In: 1 Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, Boletim de resumos, p. 15. 1999.
- ALMEIDA, Renato Paes de. **Tectônica e sedimentação do Ediacarano ao Ordoviciano: exemplos do Supergrupo Camaquã (RS) e do Grupo Caacupé (Paraguai oriental).** 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, Renato P. et al. **Evolution of a rift basin dominated by subaerial deposits: The Guaritas Rift, Early Cambrian, Southern Brazil.** *Sedimentary Geology*, v. 217, n. 1-4, p. 30-51, 2009.
- ALTERMANN, W., CORCORAN, P.L. (Eds.), **Precambrian Sedimentary Environments: A Modern Approach to Ancient Depositional Systems.** Blackwell, Oxford, pp. 3-13. 2002
- BEST, J. I. M.; BRIDGE, John. **The morphology and dynamics of low amplitude bedwaves upon upper stage plane beds and the preservation of planar laminae.** *Sedimentology*, v. 39, n. 5, p. 737-752, 1992.
- BLAIR, Terence C.; MCPHERSON, John G. **Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages.** *Journal of sedimentary research*, v. 64, n. 3a, p. 450-489, 1994.
- BOOTHROYD, Jon C. **Coarse-Grained Sedimentation on a Braided Outwash Fan, Northeast Gulf of Alaska.** MASSACHUSETTS UNIV AMHERST COASTAL RESEARCH CENTER, 1972.
- BORBA, André Weissheimer. **Evolução geológica da " Bacia do Camaquã"(Neoproterozóico e Paleozóico inferior do Escudo Sul-riograndense, RS, Brasil): uma visão com base na integração de ferramentas de esteatigrafia, petrografia e geologia isotópica.** 2006.
- BORBA, A.W. & Souza, L.F. **The Pampa of southernmost Brazil: a region requiring geoconservation and geopark strategies.** In: European Geoparks Conference, 9, Lesvos, Greece, Abstracts..., Lesvos, p. 147. 2010.
- BORBA, André W. **Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul.** *Pesquisas em geociências*, v. 38, n. 1, p. 3-13, 2011.
- BORBA, A.W., Souza, L.F., Porto, P.R. & Petry, A.C. **A paisagem da Serra do Segredo (Caçapava do Sul, RS) como patrimônio geológico brasileiro: características, riscos à integridade e estratégias de conservação.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, 1, Rio de Ja[1]neiro, Atas..., p. 9. 2011.
- BOSE, Pradip K. et al. **Sedimentation patterns during the Precambrian: A unique record?.** *Marine and Petroleum Geology*, v. 33, n. 1, p. 34-68, 2012.
- BRISTOW, Charles S. **Sedimentary structures exposed in bar tops in the Brahmaputra River, Bangladesh.** *Geological Society, London, Special Publications*, v. 75, n. 1, p. 277-289, 1993.
- CATUNEANU, O. **Principles of sequence stratigraphy.** Elsevier, Amsterdam. 375 p. 2006.
- CATUNEANU, O. (2017): **Sequence Stratigraphy: Guidelines for a Standard Methodology.** *Stratigraphy & Timescales*, vol 2, p. 1-57.
- CEOLIN, Ana Carolina Gonçalves et al. **Formação Guarda Velha, Caçapava do Sul, RS: modelo de afloramento análogo em sistemas aluviais.** 2018.
- CHEMALE JR, F.; HARTMANN, L. A.; SILVA, LC da. **Stratigraphy and tectonism of the Brasiliano Cycle in southern Brazil.** *Communications of the Geological Survey of Namibia*, v. 10, p. 151-166, 1995.

- CHEMALE JR., F. (2000) Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense, in: Holz, M., De Ros, L.F. (Eds), Geologia do RS. CIGO/UFRGS, Porto Alegre, pp. 13-52.
- COLLINSON, John D. The sedimentology of the Grindslow Shales and the Kinderscout Grit: a deltaic complex in the Namurian of northern England. **Journal of Sedimentary Research**, v. 39, n. 1, 1969.
- COLLINSON, J.D. Alluvial sediments. *in*: READING, H.G. (Ed), **Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy**. 3ª ed., p. 37 - 81, 1996.
- COLLINSON, J., MOUNTNEY, N. & THOMPSON, D. **Sedimentary Structures**. Terra Publishing, London. 2006.
- DEGRANDI, Simone Marafiga et al. **Ecoturismo e interpretação da paisagem no Alto Camaquã/RS: uma alternativa para o (des) envolvimento local**. 2011.
- DONALDSON, J.A., Eriksson, P.G., Altermann, W. Actualistic versus non-actualistic conditions in the Precambrian: a reappraisal of an enduring discussion. In: Altermann, W., Corcoran, P.L. (Eds.), **Precambrian Sedimentary Environments: A Modern Approach to Ancient Depositional Systems**. Blackwell, Oxford, pp. 3-13. 2002
- ERIKSSON, Patrick G. et al. **Precambrian clastic sedimentation systems**. *Sedimentary Geology*, v. 120, n. 1-4, p. 5-53, 1998.
- ERIKSSON, Patrick G. et al. Patterns of sedimentation in the Precambrian. **Sedimentary Geology**, v. 176, n. 1-2, p. 17-42, 2005.
- FRAGOSO-CESAR, Antonio Romalino Santos et al. A antefossa molássica do cinturão Dom Feliciano no escudo do Rio Grande do Sul. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. 1984. p. 3272-3283.
- FRAGOSO-CESAR, A.R. **Tectônica de placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul**. 1991. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. et al. **Significado tectônico do magmatismo Rodeio Velho no Rift Guaritas (Eopaleozóico do Rio Grande do Sul, Brasil)**. SBG, Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, 1, Gramado, 1999.
- FRAGOSO-CESAR, Antonio Romalino Santos et al. **A Bacia Camaquã: um sistema intracontinental anorogênico de rifts do Neoproterozóico III-Eopaleozóico no Rio Grande do Sul**. SBG, Enc. Estrat. RS–Escudos e Bacias, v. 1, p. 139-144, 2003.
- GALLOWAY, William E.; HOBDAV, David K. **Terrigenous clastic depositional systems: applications to petroleum, coal, and uranium exploration**. Springer Verlag, 1983.
- HARTMANN, Léo Afraneo; SCHNEIDER, João Orestes; MCNAUGHTON, Neal Jesse. **Detrital zircon U-Pb age data, and Precambrian provenance of the Paleozoic Guaritas Formation, southern Brazilian Shield**. *International Geology Review*, v. 50, n. 4, p. 364-374, 2008.
- HARTMANN, Leo A.; LOPES, William R.; SAVIAN, Jairo F. **Integrated evaluation of the geology, aerogammaspectrometry and aeromagnetometry of the Sul-Riograndense Shield, southernmost Brazil**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 88, p. 75-92, 2016.
- HEIN, Frances J.; WALKER, Roger G. **Bar evolution and development of stratification in the gravelly, braided, Kicking Horse River, British Columbia**. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 14, n. 4, p. 562-570, 1977.
- JERVEY, M. T. **Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression**. 1988.
- LAVINA, E. L. et al. **Ambientes de sedimentação da Bacia do Camaquã, Eo-paleozóico do Rio Grande do Sul**. *Acta Geologica Leopoldensia*, v. 21, n. 9, p. 185-227, 1985.

- LONG, Darrel GF. **Architecture of pre-vegetation sandy-braided perennial and ephemeral river deposits in the Paleoproterozoic Athabasca Group, northern Saskatchewan, Canada as indicators of Precambrian fluvial style.** *Sedimentary Geology*, v. 190, n. 1-4, p. 71-95, 2006.
- MIALL, A.D. 1977. **A review of the braided-river depositional environment.** *Earth-Sci. Rev.*, **13**: 1-62.
- MIALL, Andrew D.; MIALL, Andrew D. **Analysis of fluvial depositional systems.** 1982.
- 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. **Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: anatomy of the Kayenta Formation (Lower Jurassic), southwest Colorado.** *Sedimentary Geology*, v. 55, n. 3-4, p. 233-262, 1988.
- MIALL, A. D. **The geology of fluvial deposits.** 1996.
- MIALL, Andrew D. **In defense of facies classifications and models.** *Journal of Sedimentary Research*, v. 69, n. 1, 1999.
- MIALL, Andrew D. **Principles of sedimentary basin analysis.** Springer Science & Business Media, 2013.
- MIALL, Andrew D. **Fluvial depositional systems.** Cham: Springer International Publishing, 2014.
- MIDDLETON, G. V., HAMPTON, M.A. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. *In: Marine sediment transport and environment management*, 1976.
- NEMEC, Wojciech; STEEL, R. J. **Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits.** 1984.
- NEMEC, W.; POSTMA, G. Quaternary alluvial fans in southwestern Crete: sedimentation processes and geomorphic evolution. *In: Alluvial sedimentation.* Oxford: International Association of Sedimentologists, 1993. p. 235-276.
- NICHOLS, Gary. **Sedimentology and stratigraphy.** John Wiley & Sons, 2009.
- NÓBREGA, Jorge Emanuel dos Santos. **Proveniência sedimentar do Grupo Guaritas, Cambriano da Bacia de Camaquã (RS).** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- PAIM, P. S. G. **Depositional Systems and Paleogeographical Evolution of the Camaquã and Santa Bárbara Basins.** Brazil. Phil. Doctor Thesis, University of Oxford. vI, 1994.
- PAIM, Paulo SG. **Alluvial palaeogeography of the Guaritas depositional sequence of southern Brazil.** *Sedimentary Facies Analysis: A Tribute to the Research and Teaching of Harold G. Reading*, p. 1-16, 1995.
- PAIM, Paulo Sérgio Gomes; CHEMALE JR, Farid; LOPES, R. da C. **A bacia do Camaquã.** *Geologia do Rio Grande do Sul*, p. 231-274, 2000.
- PAIM, Paulo SG; SCHERER, Claiton MS. **High-resolution stratigraphy and depositional model of wind-and water-laid deposits in the ordovician Guaritas rift (Southernmost Brazil).** *Sedimentary Geology*, v. 202, n. 4, p. 776-795, 2007.
- PAIM, Paulo Sérgio Gomes; JUNIOR, Farid Chemale; WILDNER, Wilson. **Estágios evolutivos da Bacia do Camaquã (RS).** *Ciência e Natura*, v. 36, n. 3, p. 183-193, 2014.
- PEIXOTO, Carlos Augusto Brasil. **Geoparque Guaritas-Minas do Camaquã: proposta. Estado do Rio Grande do Sul.** 2017.
- PETTIJOHN, Francis John; POTTER, Paul E.; SIEVER, Raymond. **Sand and sandstone.** Springer Verlag, New York. 1973.

RIBEIRO, M. & LICHTENBERG E. **Síntese da Geologia do Rio Grande do Sul**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, Anais, 6:2451-2463. 1978.

RIBEIRO, Maurício. **Geologia da Folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul-Brasil**. República Federativa do Brasil, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1970.

READING, H. G.; LEVELL, B. K. Controls on the sedimentary rock record. In: READING, H.G (Ed.) **Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy**. 3^a ed., p. 5-36, 1996.

RUST, Brian R. **A classification of alluvial channel systems**. 1977.

RUST, B. R.; KOSTER, E. H.; WALKER, R. G. Facies models. **Geoscience Canada Reprint Series**, v. 1, p. 53-69, 1984.

ROBERTSON, J. F. **Revision of stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava-Lavras region**. Notas e estudos, Porto Alegre, IG-UFRGS, v. 1, n. 2, p. 41-54, 1966.

SANTOS, Mauricio Guerreiro Martinho dos. **Tectônica e Sedimentação na Bacia do Camaquã Central (RS): Exemplos do Grupo Guaritas e do Grupo Santa Bárbara**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANTOS, Mauricio GM et al. **Distinct styles of fluvial deposition in a Cambrian rift basin**. *Sedimentology*, v. 61, n. 4, p. 881-914, 2014.

SCHUMM, Stanley A. **Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications**. 1981.

STEEL, R. J.; THOMPSON, D. B. **Structures and textures in Triassic braided stream conglomerates ('Bunter' pebble beds) in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England**. *Sedimentology*, v. 30, n. 3, p. 341-367, 1983.

SOUTHARD, Rupert B. **Orthophotography—its techniques and applications**. *Photogrammetric Engineering*, v. 24, n. 3, p. 443-451, 1958.

SMITH, Norman D. **Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse River, a braided outwash stream**. *The Journal of Geology* 82.2 (1974): 205-223.

SMITH, Simon A. **The sedimentology and accretionary styles of an ancient gravel-bed stream: the Budleigh Salterton Pebble Beds (Lower Triassic), southwest England**. *Sedimentary Geology*, v. 67, n. 3-4, p. 199-219, 1990.

TODD, S.P. Process deduction from fluvial sedimentary structures. in: CARLING, P.A, DAWNSON, M.R (Eds). **Advances in fluvial dynamics and stratigraphy**. Chichester: wiley, 1996.

TOMMASI, A. et al. **Orogen-parallel strike-slip faulting and synkinematic magmatism in the Dom Feliciano Belt, Southern Brazil**. *Tectonics* 13, 421- 437. 1994.

TUCKER, Maurice Eed. **Techniques in sedimentology**. 1988.

TUCKER, Maurice E. **Sedimentary rocks in the field**. John Wiley & Sons, 2003.