

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO FACIOLÓGICA DAS UNIDADES
TRIÁSSICAS NO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO ATRAVÉS DO CÁLCULO DE
ÍNDICES DE PROXIMIDADE E LATERALIDADE: DEPÓSITOS INUNDÍTICOS
GERADOS POR FLUXOS HIPERPICNAIS**

EDUARDO TREIN SALGADO

CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO FACIOLÓGICA DAS UNIDADES TRIÁSSICAS NO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO ATRAVÉS DO CÁLCULO DE ÍNDICES DE PROXIMIDADE E LATERALIDADE: DEPÓSITOS INUNDÍTICOS GERADOS POR FLUXOS HIPERPICNAIS

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

Orientadores: Prof. Dr. Rualdo Menegat

Prof^a. Dra. Ana Maria Pimentel Mizusaki

Porto Alegre, 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Trein Salgado, Eduardo

CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO FACIOLÓGICA DAS UNIDADES TRIÁSSICAS NO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO ATRAVÉS DO CÁLCULO DE ÍNDICES DE PROXIMIDADE E LATERALIDADE: DEPÓSITOS INUNDÍTICOS GERADOS POR FLUXOS HIPERPICNAIS / Eduardo Trein Salgado. -- 2016. 106 f.

Orientadora: Rualdo Menegat.

Coorientador: Ana Maria Pimentel Mizusaki.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Índice de Proximidade. 2. Índice de Lateralidade. 3. Gráben Arroio Moirão. 4. Inunditos. 5. Fluxo Hiperpicnal. I. Menegat, Rualdo, orient.

II. Pimentel Mizusaki, Ana Maria, coorient. III.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A comissão Examinadora abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO FACIOLÓGICA DAS UNIDADES TRIÁSSICAS NO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO ATRAVÉS DO CÁLCULO DE ÍNDICES DE PROXIMIDADE E LATERALIDADE: DEPÓSITOS INUNDÍTICOS GERADOS POR FLUXOS HIPERPICNAIS**”, elaborado por “**EDUARDO TREIN SALGADO**”, como requisito parcial para obtenção do grau Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Ana Karina Scomazzon

Prof. Dr. Anderson Maraschini

Prof^a. Dr^a. Renata Alvarenga

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha família, pelo apoio e pela educação pautada na liberdade de pensamento que me passaram. Ensinaram-me, acima de tudo, a questionar tudo que se pusesse na minha frente, sem aceitar verdades absolutas.

Agradeço meus avós, que são grandes amigos que eu vou levar para a vida toda. Ao meu avô José Antônio dos Reis Salgado que é um exemplo de carinho e dedicação aos que ama, além de ter um dos raciocínios mais rápidos que já vi na vida. Se eu for tão parecido nesses sentidos contigo quanto eu vou ser de aparência, serei muito feliz. As tuas histórias de viajante me empolgaram a vida inteira, talvez seja por isso que eu vim parar na Geologia...

Agradeço a minha avó, Teresinha dos Reis Salgado, uma conselheira firme e carinhosa, uma das mulheres mais fortes que eu já conheci. Teus ensinamentos vão sempre me guiar, pelo caminho do justo e do certo. Teu carinho nunca vai deixar meu coração endurecer e eu vou pra sempre ser grato por isso.

Agradeço ao meu pai, José Roberto dos Reis Salgado por sempre me fazer pensar, por nunca me deixar simplesmente aceitar as coisas. Tu me ensinou a nunca olhar de cima pra baixo para ninguém, e nunca deixar ninguém me olhar de baixo pra cima.

Agradeço ao meu irmão Gustavo Trein Salgado, com quem sempre posso aprender um pouco e com quem sempre é possível rir. Embora tenhamos, nos últimos anos, morado tão pouco tempo na mesma cidade, sempre que nos encontramos conversamos muito sobre tudo do mundo. As aulas de ciências e história que tu me dava antes de dormir quando éramos pequenos, despertou meu interesse e acompanha meu raciocínio até hoje.

Agradeço a minha mãe, Silvânia Paula Trein, por ser esse ser de carinho infinito que nunca desiste de me botar pra cima em todos os momentos. Tua energia e juventude me inspiram. Tua honestidade inabalável me enche de orgulho e gana de melhorar. A certeza do teu companheirismo me dá segurança e me tira o medo sempre.

Agradeço aos meus amigos da Música da Casa Verde. Esse laboratório de música, autoconhecimento e de vivência em grupo é uma parte indispensável da minha vida. Os amigos que fiz por causa da música e a música que fiz por causa dos amigos me fazem uma pessoa melhor.

Agradeço aos meus amigos da Geologia, que trilharam esse caminho comigo: Marcelo (agradecimento especial pela ajuda que me dispensou para esse trabalho), Kalil, João, Jú, Danilo, Maurício, Crippa, Baú, Rafa, Glauber, Gomes, Tael, Lari, Hemeli, Marra... Embora alguns tenham partido pra outros lugares, os momentos que vivemos juntos nos moldaram e vão continuar a nos encher de alegria. Onde dois ou mais estiverem reunidos, lá estará a Mansão 11!

Agradeço a Dé, minha companheira e amiga, que me mostra sempre o lado mais doce da vida. Eu não sabia que a vida era tão colorida assim antes de te conhecer. Cada conversa contigo é um universo de aprendizado e de alegria. Tua sabedoria e leveza são um alento pra mim em qualquer momento.

Agradeço aos amigos da Austrália, com quem compartilhei um ano da minha vida. Não precisou muito para formarmos uma família. Queria poder todos os dias chegar em casa e ter vocês para contar o que aconteceu no dia, enquanto assistimos o nascer da lua na sacada.

Agradeço ao professor Rualdo, grande inspiração para mim como Geólogo. Tua paixão pela vida é inspiradora e contagiante, tua percepção que ao nosso redor existe sempre um universo de coisas fascinantes ocorrendo me faz querer aprender sempre mais. Agradeço também a professora Ana Maria Pimentel Mizusaki pela orientação, pela atenção e por dividir toda a expertise estratigráfica.

Agradeço ao Brasil, por ter nascido aqui, por ter nascido latino. Que possamos nos orgulhar pelo que somos. Como diria Gabriel Garcia Marquez: “A América Latina não quer nem tem por que ser um peão sem rumo ou decisão, nem tem nada de quimérico que seus desígnios de independência e originalidade se convertam em uma aspiração ocidental”.

Agradeço por fim a UFRGS e ao IGEO pela educação de qualidade que impera na Universidade pública brasileira. Aos professores e funcionários que possibilitam a nossa formação e a construção da ciência nacional.

RESUMO

O Gráben Arroio Moirão (GAM) localiza-se entre os municípios de Santana da Boa Vista e Canguçu, RS. Constitui-se como estrutura tectônica deprimida com escarpas limitantes elevadas orientadas segundo a direção NE-SW. O flanco noroeste (o mais longo) tem aproximadamente 60 km de comprimento e sua largura, na região central, é cerca de 28 km. As unidades sedimentares ali aflorantes são fragmentos isolados da Bacia do Paraná, pertencentes à Supersequência Santa Maria, sendo depositadas no Triássico por sistemas deposicionais de inunditos, pouco descritos na literatura em termos de sua distribuição lateral e distal. Nesse período geológico, predominaram mecanismos tectônicos distensivos na região, gerando blocos abatidos. O presente trabalho propõe-se a caracterizar a distribuição faciológica dos depósitos triássicos do GAM. Para tanto, foram analisados perfis colunares para determinar a posição que cada um deles representa no sistema deposicional como um todo. As fácies encontradas foram agrupadas em três diferentes tipos de associações: (1) Associação de fácies proximal B: constituída por arenitos grossos a conglomerados, maciços, com estratificação cruzada ou laminação planar difusa, transporte por tração; (2) Associação de fácies distais S: de argilito a arenitos finos, maciços, laminados ou com *climbing ripples*, transportados por suspensão; (3) Associação de fácies de flotação L: de argilitos a siltitos finos laminados, transportados por plumas de flotação e depositados por decantação, correspondentes a porções mais lateralizadas em relação ao vetor principal de deposição. Também foram definidos os índices de proximidade e lateralidade para cada perfil colunar, possibilitando a classificação de cada um, de acordo com esses dois eixos. Os dados foram integrados e utilizados para a confecção de mapas que expressam a distribuição dos valores desses índices, além de arcabouços temáticos, mostrando os valores dos índices para diferentes ciclos deposicionais em cada perfil. O modelo resultante coloca-se como uma contribuição à compreensão da distribuição faciológica de hiperpicnitos.

ABSTRACT

Gráben Arroio Moirão (GAM) is located between the cities of Santana da Boa Vista and Canguçu, RS. It is a depressed tectonic structure with high limiting escarpments orientated according to the NE-SW direction. The northwest flank (the longest) is about 60 km long and its width, in the central region, about 28 km. The sedimentary units there are isolated fragments of the Paraná Basin, belonging to Santa Maria Supersequence, deposited in the Triassic by depositional systems of floods, little described in the literature in terms of their lateral and distal distribution. In this geological period, tectonic distensive mechanisms predominated in the region, generating down-dropped blocks. The present work intends to characterize the faciological distribution of GAM's Triassic deposits. For that, vertical profiles were analyzed to determine the position that each of them represents in the depositional system as a whole. The facies found were grouped into three different types of associations: (1) Association of proximal facies B: consisting of coarse sandstones to conglomerates, massive, with cross stratification or diffuse planar lamination, transported by traction; (2) Association of distal facies S: from argillite to fine sandstone, solid, rolled or with climbing ripples, transported by suspension; (3) Association of flotation facies L: from argillites to laminated fine siltstones, transported by lofting plumes and deposited by decanting, corresponding to lateralized portions in relation to the main deposition vector. The proximal and lateral indices for each vertical profile were defined, allowing the classification of each, according to these two axes. The data were integrated and used for the preparation of maps that express the distribution of the values of these indices, as well as thematic frameworks, showing the index values for different depositional cycles in each profile. The resulting model places itself as a contribution to the understanding of the faciological distribution of hyperpicnites.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa esquemático da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul e localização das unidades triássicas no Gráben Arroio Moirão	1
Figura 2 -Diagrama conceitual para análise de fácies de depósitos hiperpicnais.....	3
Figura 3 - Supersequências da Bacia do Paraná..	6
Figura 4 – Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná	10
Figura 5 - Arcabouço de correlação Estratigráfica I.....	17
Figura 6 - Arcabouço de correlação Estratigráfica II.....	17
Figura 7 – Esquema conceitual para a interpretação genética das fácies em inunditos gerados por fluxos hiperpicnais, associações de fácies ao longo do sistema deposicional.	18
Figura 8 - Esquema conceitual para a interpretação genética das fácies em inunditos gerados por fluxos hiperpicnais, variação lateral de fácies.....	19
Figura 9 - Mapa do Índice de Proximidade	24
Figura 10 - Mapa de Índice de Lateralidade.	25
Figura 11 - Arcabouço Temático de Proximidade I.....	27
Figura 12 - Arcabouço Temático de Lateralidade I.....	28
Figura 13 - Arcabouço Temático de Proximidade II.....	29
Figura 14 - Arcabouço Temático de Proximidade I.....	30
Figura 15 - Mapas de Proximidade e Lateralidade antes do refinamento da fórmula e do acréscimo dos pontos descritos no Anexo I.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - – Tabela das siglas a serem utilizadas, nesse trabalho, para a codificação de fácies.....	12
Tabela 2 - Classificação das fácies da associação de fácies B. Na coluna mais de baixo aparecem os subgrupos e na penúltima coluna aparecem possíveis interpretações.....	21
Tabela 3 - Classificação das fácies da associação de fácies S	22
Tabela 4 - Classificação das fácies da associação de fácies L.....	23

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	LOCALIZAÇÃO	2
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESE	3
1.3	JUSTIFICATIVA	4
1.4	OBJETIVOS E METAS.....	4
2.	ESTADO DA ARTE.....	5
2.1	A EVOLUÇÃO DA BACIA DO PARANÁ	5
2.2	EVOLUÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO.....	8
2.3	BACIA DO PARANÁ NO TRIÁSSICO	9
2.4	FLUXOS HIPERPICNAIS	11
3.	MÉTODOS.....	11
3.1	LEVANTAMENTO DE PERFIS COLUNARES E ANÁLISE DE FÁCIES.....	12
3.2	CLASSIFICAÇÃO DAS FÁCIES.....	13
3.3	ÍNDICES DE PROXIMIDADE (Pt) E DE LATERALIDADE (Lt)	14
3.4	MAPAS E ARCABOUÇOS	16
4.	RESULTADOS	20
4.1	ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES.....	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
4.2	MAPAS DE ÍNDICE DE PROXIMIDADE E DE ÍNDICE DE LATERALIDADE.....	24
4.3	ARCABOUÇOS TEMÁTICOS.....	26
5	DISCUSSÃO.....	26
5.1	ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES.....	31
5.2	MAPAS DE ÍNDICE DE PROXIMIDADE, ÍNDICE DE LATERALIDADE	31
5.3	ARCABOUÇOS TEMÁTICOS.....	32
6	CONCLUSÕES.....	34
7	REFERÊNCIAS.....	35
8	ANEXO I PERFIS COLUNARES	41

9	ANEXO II ESPESSURAS E CÁLCULO DE VALORES DOS PERFIS INTEIROS UTILIZADOS	51
10	ANEXO III TABELAS DEMONSTRANDO OS VALORES DE ÍNDICE DE PROXIMIDADE, LATERALIDADE E DAS ESPESSURAS DAS SUBCLASSES	86

1. INTRODUÇÃO

A maioria das bacias triássicas do SW do Gondwana estão diretamente relacionadas com o processo orogênico das Gondwanides (Zerfass, 2003). É possível dividir essas bacias em dois grupos, segundo a configuração tectônica: 1) bacias de antepaís (expostas principalmente no Chile e na Argentina); 2) bacias de riftintracontinental (Zerfass, 2004). Entre as bacias que se encontravam ativas durante esse período, fazendo parte do segundo grupo, destaca-se a Bacia do Chaco-Paraná, que cobre uma área de cerca de 1,5 milhão de quilômetros quadrados (Milani, 2007).

O objeto de estudo do presente trabalho são as unidades sedimentares triássicas do Gráben Arroio Moirão (GAM) – relictos da Bacia do Chaco-Paraná sobre o Escudo Sul-Riograndense (ESRG) – localizadas entre as cidades de Santana de Boa Vista e Canguçu (Figura 1).

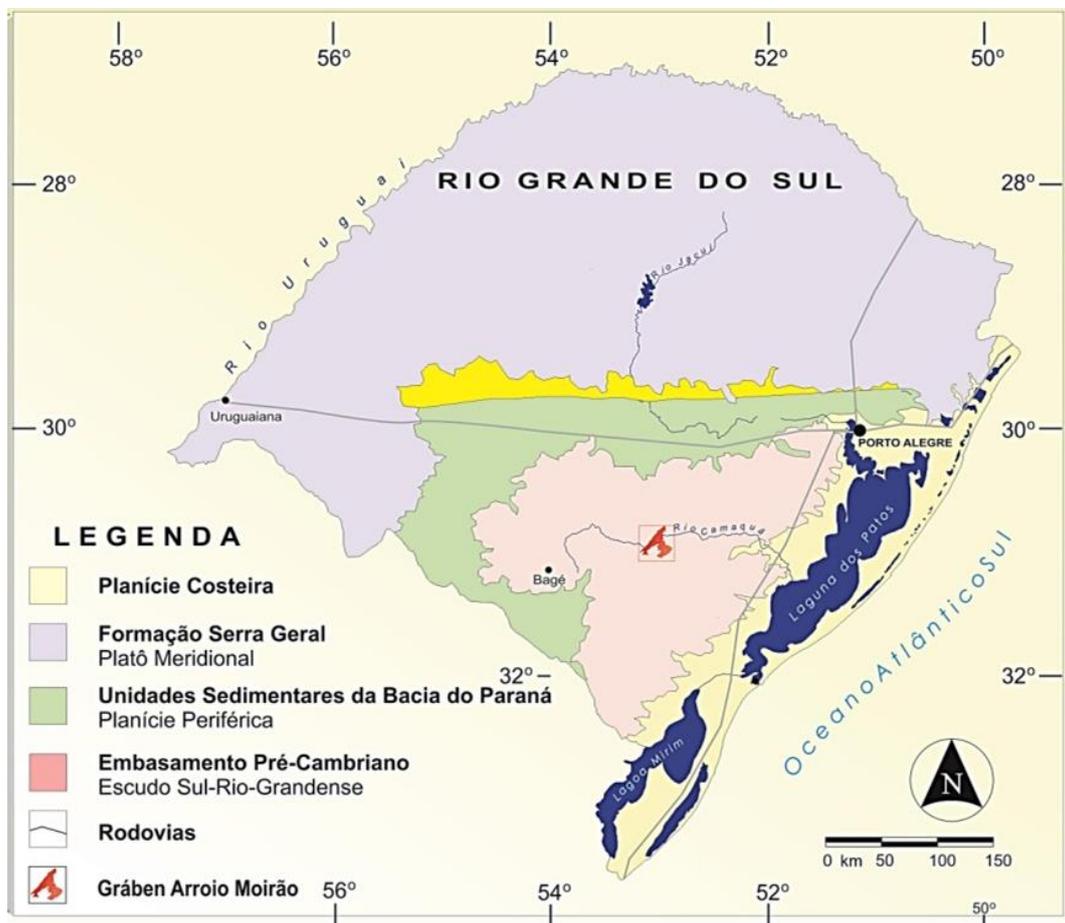


Figura 1 – Mapa esquemático da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul e localização das unidades triássicas no Gráben Arroio Moirão. (Modificado de Milani, 1997)

Diversos autores definiram que os pacotes de rochas sedimentares mesozóicas do Gráben Arroio Moirão seriam pertencentes ao Grupo Rosário do Sul (Faccini *et al.*, 1990; Ketzer, 1997), que reúne arenitos da Formação Santa Maria e Formação Sanga do Cabral, representando um remanescente da Bacia do Paraná sobre o ESRG. Os modelos sedimentares propostos incluem sistemas fluviais entrelaçados (Ketzer, 1997). Porém a ausência de grande número de depósitos de acreção lateral e a constante má seleção das rochas do GAM levanta dúvida quanto a esse modelo. Outro modelo sedimentar proposto foi o de inundito (Lima, 2014), que será o modelo seguido no presente trabalho. O termo inundito refere-se ao produto de corrida de material durante uma inundação fluvial, cuja principal deposição está relacionada à penetração de fluxos densos (hiperpícnais) em águas rasas, com exposição subaérea eventual (Fambrini, 1998).

Fluxos hiperpícnais foram amplamente estudados em ambientes marinhos devido ao seu interesse na indústria de hidrocarbonetos por seu potencial de formação de reservatórios (Kneller, 1995; Mulder & Alexander, 2001; Gladstone & Pritchard, 2010; Lamb *et al.*, 2010, apud da Silva *et al.*, 2013).

1.1 LOCALIZAÇÃO

A principal via de acesso para a área de estudo dá-se pela rodovia BR-392, a qual se orienta perpendicularmente às encostas do gráben. O GAM é delimitado a oeste pela Zona de Falhas Açoteia-Piquiri (ZFAP) e, a leste, pela Zona de Falhas Dom Feliciano, ambas de idade neotriássica a cretácea. Por sua vez, essas estruturas possuem mesma orientação que estruturas tectônicas proterozoicas, respectivamente, a Zona de Cisalhamento Santana da Boa Vista (ZCSB) e a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu (ZCDC) (Machado, 2014). Como as rochas aflorantes no GAM são de idade triássica (Menegat & Scherer, 1993) ele é um gráben preservacional, não encontrando relação direta com o gráben deposicional triássico. Geometricamente, a estrutura tem a forma de um “H” com eixo orientado a nordeste, em que se desenham nitidamente dois setores, um SW e outro NE.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESE

A estratigrafia de detalhe GAM foi feita anteriormente por Lima (2014), Rodrigues (2015) e Borsa (2015), que utilizaram como modelo deposicional inunditos gerados por fluxos hiperpicnais em lagos rasos. Os sistemas do tipo inundito são muito semelhantes a turbiditos marinhos, porém ocorrem em águas mais rasas e, portanto, possuem dimensões mais limitadas. O modelo referência de depósitos gerados por hiperpicnitos utilizado nesse trabalho é o de Zavala *et al.* (2011), que aparece de maneira resumida na figura 2. A bibliografia sobre inunditos é muito limitada (Seilacher, 1991; Della Fávera, 1980) e pouco se sabe sobre a sua distribuição faciológica, esse fato constitui-se em um dos problemas que o presente trabalho visa iniciar a resolução.

Em depósitos gerados por esse tipo de fluxo, é possível caracterizar índices de proximidade (Pt) e de lateralidade (Lt) para os perfis colunares – levando em conta o modelo proposto por Zavala *et al.* (2011) (figura 2) - bem como classifica-los de acordo com a sua posição no sistema deposicional como um todo. Esse método mostrou-se muito útil e eficiente quando utilizado em depósitos gerados por hiperpicnitos em contexto marinho (Zavala *et al.*, 2011), portanto pode ser útil também no contexto lacustre (caso do GAM). A eficácia dessa técnica como ferramenta de caracterização de distribuição faciológica e rastreamento de fácies para sistemas deposicionais como os encontrados nos estratos triássicos do GAM é uma das hipóteses que o presente trabalho se presta a testar.

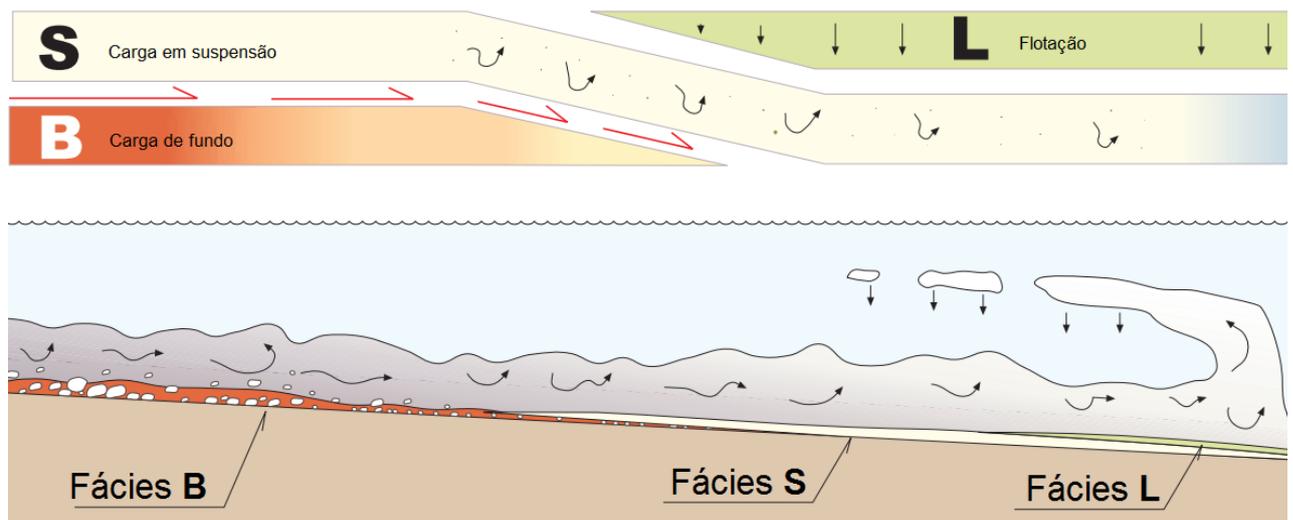


Figura 2 -Diagrama conceitual para análise de fácies de depósitos hiperpicnais. Fácies B corresponde ao material transportado pelo fundo por tração sob um fluxo turbulento. Fácies S corresponde ao material fino que se deposita por decantação. Fácies L é relacionada ao material que é elevado pela água intersticial do fluxo, após este ter perdido a carga mais grossa e portanto diminuído sua densidade (modificado de Zavala *et al.*, 2011).

1.3 JUSTIFICATIVA

A caracterização detalhada desse relicto da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Riograndense se faz importante na medida em que seus depósitos são de borda da Bacia do Paraná, e como tal sofreram influências mais diretas e integrais dos eventos tectônicos e sedimentares do sudoeste gonduânico triássico. A descrição da distribuição areal dos depósitos em relação ao sistema deposicional como um todo, pode vir a dar suporte para uma melhor interpretação de evolução tectono-sedimentar para a região no Triássico.

A caracterização da distribuição faciológica de hiperpicnitos faz-se interessante também por sua capacidade de formação de reservatórios. Os estratos triássicos do GAM foram testados quanto à possibilidade de serem usados como análogos de reservatório (Rodrigues, 2015).

1.4 OBJETIVOS E METAS

O estudo da distribuição faciológica de inunditos gerados por fluxos hiperpicnais constitui-se no principal objetivo desse trabalho. Percorrendo a bibliografia a fim de encontrar métodos para esse fim, foi encontrado o trabalho de Zavala *et al.*(2011) que utilizou técnicas de determinação de índices de proximidade (Pt) e lateralidade (Lt). Essa técnica se mostrou interessante para a caracterização de distribuição faciológica e rastreamento de fácies no contexto marinho na Formação Mercure, Venezuela. Entre os objetivos específicos está o teste da aplicabilidade dessa técnica para depósitos mais continentais. Além disso, visou-se gerar mapas de índice de proximidade e lateralidade, além de arcabouços de correlação temáticos levando-se em conta esses dados.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 A EVOLUÇÃO DA BACIA DO PARANÁ

A evolução da Bacia do Paraná (Fig 3) está intimamente ligada aos movimentos de convergência entre o Gondwana e a placa oceânica do Panthalassa, durante o Fanerozoico. Essas forças impuseram a formação de cinturões colisionais que definiram uma extensa faixa posicionada junto à margem sudoeste do paleocontinente, denominados de Gondwanides (Keidel, 1916; apud Milani, 1998).

Existe ainda certa divergência sobre o processo responsável pela criação de espaço inicial da Bacia do Paraná. Segundo Fulfaro *et al.* (1982) um conjunto de calhas aulacogênicas, com orientação NW-SE, foram as precursoras da sedimentação da Bacia do Paraná. Zalán *et al.* (1990) defenderam que a contração térmica, que se sucedeu aos fenômenos tectono-magmáticos do Ciclo Brasileiro, foi importante para a criação do espaço de acomodação inicial. Já Milani *et al.* (2007) propôs que a flexura litosférica por sobrecarga tectônica – que se propagou continente adentro a partir da calha de antepaís na porção mais ocidental do Gondwana – foi um importante mecanismo de subsidência durante a evolução da Bacia. Seis supersequências foram definidas por Milani (1997) para a Bacia, quais sejam: Rio Ivaí (Cardociano-Landoveriano), Paraná (Lockoviano-Fransiano), Gondwana I (Westfaliano-Scythiano), Gondwana II (Anisiano-Noriano), Gondwana III (Neo-jurássico – Berriasiano) e Bauru (Aptiano – Maestrichtiano).

O início da implantação da Bacia deu-se em depressões alongadas de direção NE-SW, segundo as tramas do embasamento pré-cambriano. Essas depressões representam zonas de fraqueza do embasamento, relacionadas ao arcabouço brasileiro, que foram reativadas no Neo-Ordoviciano - pelas forças compressivas originárias da Orogenia Oclóyica, na borda do continente (Ramos *et al.* 1986). Essas depressões impuseram o início da sedimentação da Bacia do Paraná, com a Supersequência Rio Ivaí (Milani, 2007).

A Supersequência Rio Ivaí foi o primeiro ciclo de sedimentação fanerozoica, nesta área, que se apoiou num embasamento cratônico, consolidado após os fenômenos da Orogenia Brasileira (Almeida & Hasui, 1983, apud Milani, 1998), portanto o entendimento dessa supersequência faz-se essencial para compreender

a implantação da Bacia do Paraná sobre o embasamento. A associação dos sedimentos Rio Ivaí com os basaltos Três lagoas, sugerem uma tectônica sinsedimentar, provavelmente relacionada a algum mecanismo de rifteamento, ligado à implantação da Bacia do Paraná (Milani 1998).

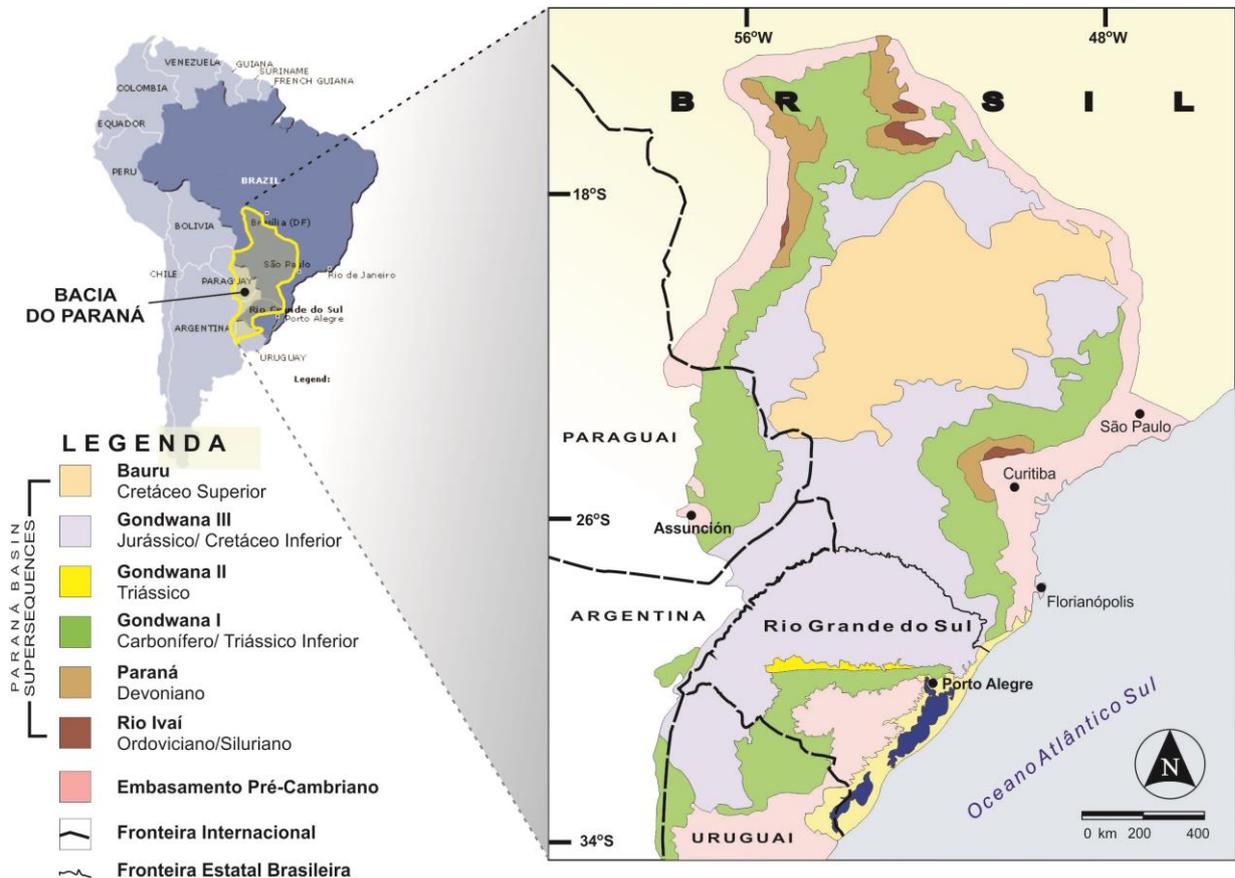


Figura 3 - Superseqüências da Bacia do Paraná. Modificado de Milani (1997).

O topo da Superseqüência Rio Ivaí é definido por uma superfície de discordância que erodiu o pacote ordovício-siluriano, por esse motivo a próxima seqüência a se depositar (a Superseqüência Paraná) assenta-se em unidades anteriores ou diretamente no embasamento (Milani, 1998). A Superseqüência Paraná possui geometria tabular e representa um ciclo transgressivo-regressivo completo de oscilação do Panthalassa, começando com a Formação Furnas (sedimentos arenosos continentais a transitacionais eodevonianos) recoberta pela Formação Ponta Grossa (formada por sedimentos marinhos siltico-argilosos) (Milani, 1998).

Entre o Neodevoniano e o Carbonífero Médio, a região foi severamente esculpida por eventos erosivos. No Fameniano terminal (final do Devoniano) e no Eocarbonífero, houve provavelmente breves fases de sedimentação, porém seus registros foram quase totalmente perdidos, podendo ser detectável por associações

de palinomorfos dessa idade no Grupo Itararé. Essa discordância é conhecida como discordância do Neodevoniano (ou pré-Itararé) e representa um hiato de 70 Ma. Sua origem foi interpretada como decorrente de fatores tectônicos ligados à Orogenia Herciniana (Zalán, 1991; López-Gamundí & Rossello, 1993). As altas latitudes da placa gonduânica durante o Devoniano terminal e o Eocarbonífero (Caputo & Crowell, 1985; Caputo *et al.* 2008), criando calotas de gelo na área, além do rebaixamento do nível do mar no ápice dessas glaciações, contribuíram para a inexistência de um registro missisipiano na Bacia (Milani 2007).

O Gondwana migra para Norte no Carbonífero médio, impondo a retomada da acumulação sedimentar na bacia e um tempo de profundas alterações tectônicas e climáticas. É depositada a Supersequência Gondwana I, que representa um ciclo transgressivo-regressivo completo, gerado pela invasão e posterior saída do oceano Panthalassa sobre o interior do Gondwana (Milani, 2007). A retomada da sedimentação está diretamente ligada ao degelo das calotas gonduânicas, tendo o seu representante mais específico o Grupo Itararé (Milani, 1998). A Supersequência Gondwana I chega a sua máxima inundação no Artinskiano e se encerra com sistemas deposicionais continentais ligados ao início do Triássico. O desenvolvimento do Gondwana I foi acompanhado de um progressivo fechamento da Bacia do Paraná às incursões marinhas vindas de oeste. A bacia passou a ser intracratônica, aprisionada no interior árido do Gondwana mesozoico (Milani, 2007).

Tectonicamente, a porção sul do Gondwana sofreu distensão generalizada à entrada do Triássico (Uliana & Biddle, 1998). Na Bacia do Paraná ocorreu a Supersequência Gondwana II, que apresenta registro preservado em bacias do tipo gráben, e está restrita às porções sul-riograndense. No decorrer do mesozoico, seguiram-se as condições de erosão ligadas à abrasão eólica do substrato interior do Gondwana. Na Bacia do Paraná essa erosão se apresenta como a maior lacuna do registro estratigráfico. Sobre essa superfície erosiva, estabeleceram-se extensos campos de dunas a partir do final do Jurássico (Formação Botucatu), pertencente à Supersequência Gondwana III. Quando do rompimento do continente gonduânico, houve derrames de enormes volumes basálticos, evento conhecido como magmatismo Serra Geral, que marca o fim dos eventos de sedimentação na grande área interior do megacontinente (Milani, 2007).

Desde o início da sedimentação do Botucatu, a plataforma Sul-Americana apresentava caráter ascensional generalizado. Porém, com o acúmulo de quase 2.000 m de espessura de lavas basálticas, a placa passou a buscar ajuste isostático ocorrendo então a inversão desse comportamento. Nesse contexto, definiu-se uma depressão que foi preenchida, no Neocretáceo, pela Supersequência Bauru (Milani, 2007). Para Fernandes e Coimbra (1996), essa supersequência não deve ser incluída na Bacia do Paraná mas, sim posta em uma nova Bacia, a Bacia Bauru.

2.2 EVOLUÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO

Os primeiros relatos sobre as unidades gonduânicas aflorantes no Arroio Moirão inseriram essas rochas na série Camaquã (Franco, 1944; Leinz, 1945). O conteúdo fossilífero e as relações de campo fizeram que Tessari e Picada (1966) dessem idade devoniana para essas unidades. Também se criou uma denominação: Formação Caneleiras. Essa unidade foi correlacionada com o Grupo Itararé, do Eopermiano.

A descoberta de fósseis de vertebrados do Triássico, denominados *Scaphonyxfishi* (Jorst, 1981), colocou em dúvida a idade Devoniana. Com a nova atribuição de idade, vários autores passaram a propor novas hipóteses de correlação da Formação Caneleiras com a seção gonduânica da Bacia do Paraná. Na década de 90 relacionou-se a Formação Caneleiras com a Formação Santa Maria (Triássico Médio a Superior), com bases em estudos na região de Santana da Boa Vista. Menegat & Scherer (1993) posicionaram a Formação Caneleiras no Permotriássico, a partir de um estudo na região de Encruzilhada do Sul, relacionando-a com as camadas vermelhas (*red beds*) da Bacia do Paraná. Nesse estudo de 1993, foi ressaltada a incompatibilidade tectônica entre a Formação Caneleiras e as unidades pré-gonduânicas (Grupo Camaquã).

Uma abordagem de cunho tectônico e estratigráfico foi proposta por Fernandes & Menegat (1995), procurando integrar partes isoladas sobre o Escudo Sul-Riograndense na região de Encruzilhada do Sul. Duas sequências deposicionais foram correlacionadas com a Formação Rio Bonito e com as formações Rio do

Rasto e Sanga do Cabral. Como consequência desses estudos, desde a década de 90, o nome Formação Caneleiras vem sendo substituído pelas respectivas formações gonduânicas da Bacia do Paraná, sendo hoje correlacionada com a Formação Santa Maria.

2.3 BACIA DO PARANÁ NO TRIÁSSICO

Duas formações constituem as ocorrências triássicas de rochas sedimentares na porção sul-riograndense da Bacia do Paraná: Sanga do Cabral e Santa Maria. Sanga do Cabral é uma sequência de segunda ordem tectonicamente controlada de espessuras entre 50 a 100 m. A desconformidade que imprime o limite basal dessa Supersequência, é correlata ao paroxismo dos Gondwanides I descrita por Veevers' *et al.* (1994). Zeffass (2003) interpretou as fácies dessa Supersequência como resultantes de processos relacionados a enchentes episódicas desenvolvidas em clima árido ou semiárido. O ambiente sedimentar foi interpretado por Zeffass (2003) como canais não-confinados desenvolvidos em uma planície aluvial com baixa taxa de criação de espaço de acomodação. Foram achados fósseis de tetrápodes da família Procolophonidae, que sugerem idade Induana (Ruban *et al.*, 2009).

Em 1947, Gordon propôs o nome Formação Santa Maria os estratos Triássicos do Rio Grande do Sul. Essa Sequência também é de segunda ordem tectonicamente controlada, e foi dividida por Zeffass *et al.* (2003) em três sequências de terceira ordem, que são separadas por desconformidades (ver Fig. 2). A sequência Santa Maria 1 tem 50 m de espessura e é de idade Ladiniana, sua sedimentação iniciou-se com deposição fluvial (rios de baixa sinuosidade) sotopostos por lagos transgressivos rasos. A sequência Santa Maria 2, de 130m de espessura e idade Carniana, inclui um trato de sistema transgressivo bem preservado composto de ritmitos e depósitos deltaicos e fluviais. A sequência Santa Maria 3, tem 20 m de espessura e sua idade é Rhaetiana à Jurássica Inferior. É composta por arenitos conglomeráticos, ricos em fósseis de coníferas silicificados (Zeffass *et al.*, 2003).

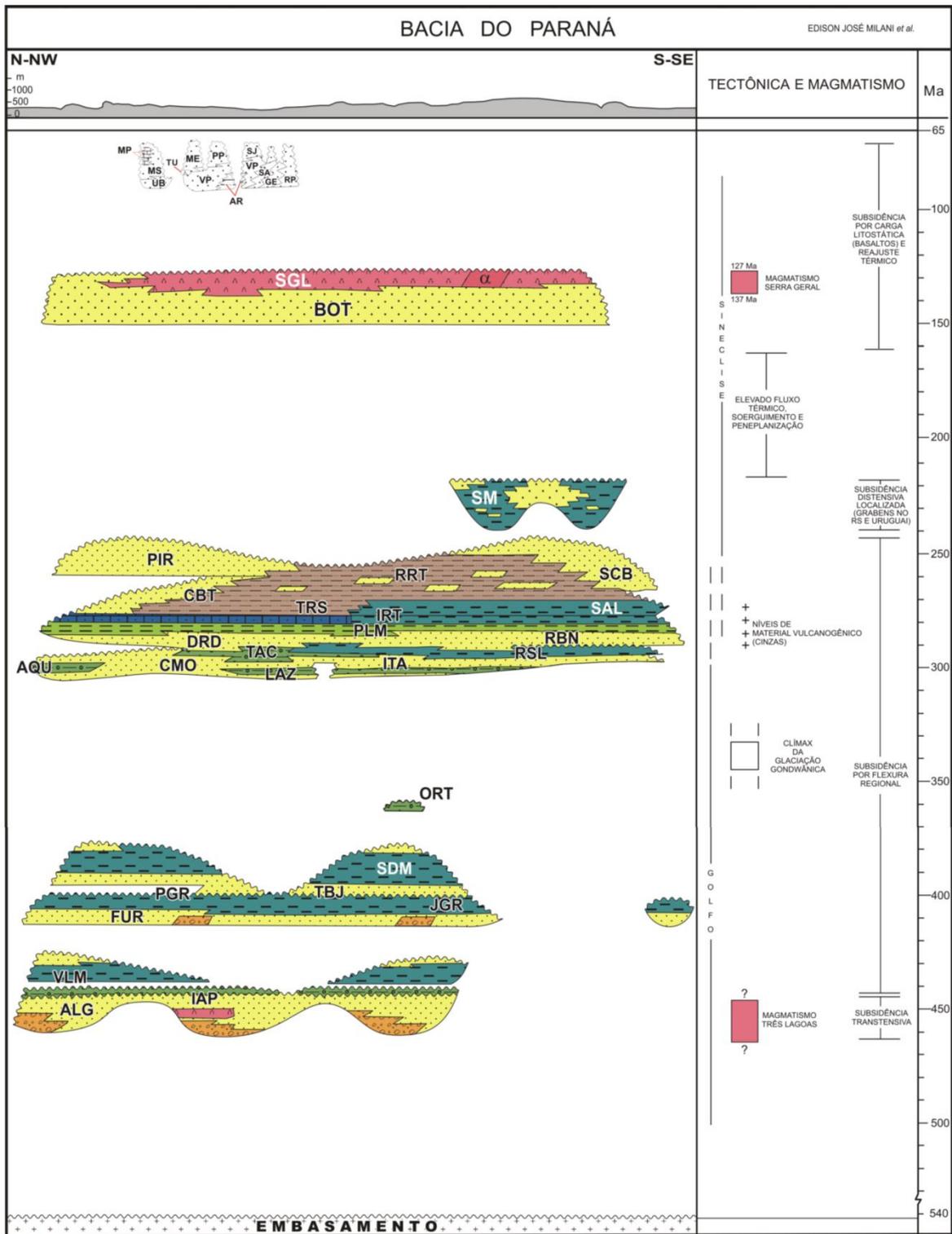


Figura 4 – Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná (modificado de Milani, 2007)

2.4 FLUXOS HIPERPICNAIS

Fluxos hiperpicnais se originam quando uma descarga fluvial possui densidade superior ao corpo de água que a recebe (Mulder & Alexander, 2001; apud Zavala *et al.*, 2011). Esses depósitos apresentam características erroneamente classificadas como fluviais como carga de fundo, canalização e meandros (Cheng-Shing & HoShing, 2008; apud Zavala *et al.*, 2011).

O estudo de fluxos hiperpicnais está intimamente ligado ao estudo de turbiditos. Normak & Piper (1991) concluíram que os principais processos de ignição para a formação de turbiditos são: terremotos, sobrecarga sedimentar, tempestades e fluxos hiperpicnais provocados por enchentes fluviais. O papel das enchentes fluviais na formação de turbiditos submarinos foi ganhando mais importância, e se concluiu uma relação genética entre sistemas fluvo-deltaicos e sedimentação turbidítica (Milliman & Syvitski, 1992; Mulder & Syvitski, 1995; Mutti *et al.*, 1996; apud Mutti, 1999).

3. MÉTODOS

Para o estudo da distribuição faciológica no GAM, utilizou-se a técnica de índice de proximidade e lateralidade *sensus* Zavala *et al.*, 2011. Esse método demanda o levantamento de perfis colunares e identificação das fácies. A partir da obtenção desses dados iniciais, se propôs uma tabela de fácies operacionais, classificaram-se as fácies em diferentes grupos, analisou-se a espessura que cada grupo de fácies representa em cada perfil e aplicaram-se as fórmulas para determinação dos índices de proximidade e lateralidade (as fórmulas serão apresentadas nessa seção).

3.1 LEVANTAMENTO DE PERFIS COLUNARES E ANÁLISE DE FÁCIES

Os dados de perfis colunares que foram utilizados no trabalho são de três fontes diferentes: (1) Perfis compilados por Borsa (2015) (28 perfis); (2) Perfis coletados na disciplina de Mapeamento de Rochas Sedimentares (GEO04026, IGeo – UFRGS) em 2015 (4 perfis, em anexo); (3) Perfis coletados no campo realizado entre os dias 24/06 e 27/06 de 2016 (3 perfis, em anexo). Foram utilizados 35 perfis nesse trabalho, na escala 1:50 e as siglas utilizadas para as fácies estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela das siglas a serem utilizadas, nesse trabalho, para a codificação de fácies. O código de cada fácies é formado utilizando as abreviações apresentadas nessa tabela. Ex.: Arenito grosso com granulos, estratificação tangencial e intraclastos, seria representado da seguinte maneira: Ag/gr (t) i.

SIGLA	TEXTURA	SIGLA	SUB-TEXTURA	SIGLA	ESTRUTURA	SIGLA	DETALHE
Cg	Conglomerado	bl	blocoso	t	est. tangencial	i	intraclasto
Pcg	Paraconglomerado	sx	Seixoso	pp	est. plano paralela	f	fóssil
Acg	Arenito Conglomerático	gr	Granuloso	l	laminado	pb	pavimento basal
Amg	Arenito muito grosso	ag	Arenoso grosso	m	maciço	mi	micáceo
Ag	Arenito grosso	am	Arenoso médio	mo	marcas de onda	pa	paleossolo
Am	Arenito médio	af	Arenoso fino	gn	gradação normal		
Af	Arenito fino	amf	Arenoso muito fino	lmo	laminação cruzada marcas de onda		
Amf	Arenito muito fino	s	Siltoso	w	wavy		
S	Silito	ar	argiloso	fl	flaser		
Ar	Argilito			li	linsen		

Como suporte teórico para a análise de fácies e sequências deposicionais, foram utilizadas as técnicas propostas por Walker (1992; 2006), Darymple (2010), Posamentier (1993), Miall (1990). Essas técnicas se baseiam no levantamento de perfis colunares em campo e a posterior análise dos dados descritos em campo visando à identificação de fácies e associação de fácies. O levantamento de campo envolve três etapas:

(a) Preparação logística do levantamento de campo: obtenção das folhas topográficas da área, confecção de mapas-base e de tiras de campo do mapa-base e de imagens de satélite. As imagens de satélite auxiliam a definir áreas aflorantes importantes para o mapeamento.

(b) Obtenção de dados em campo: descrição e caracterização de fácies, sucessões de fácies e modelos deposicionais, e levantamento de perfis colunares. Os equipamentos de campo foram: bússolas Brunton, lupa Intex de aumento 10 vezes, GPS Garmin, trena de 10 m, mapas geológicos e cartográficos, escalímetro, caderneta de campo, martelo Eastwing 2 kg, sacos plásticos de amostragem.

(c) Compilação e tratamento de dados obtidos em campo: compilação de caderneta, organização de fotografias e amostragem, cartografação e graficação de perfis colunares em software Adobe Illustrator CS6, elaboração do quadro de fácies; interpretação, integração e síntese das informações obtidas na etapa anterior.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FÁCIES

Após a coleta de todos os dados, as fácies elencadas foram divididas em três grupos e sete subgrupos, levando em conta texturas e estruturas sedimentares. Essa divisão foi importante para a determinação dos índices de proximidade e lateralidade, explicados a seguir.

Essa classificação de fácies é genética e é derivada da segregação do fluxo hiperpicnal no momento em que ele entra em um corpo d'água (Fig. 2). Parte do fluxo se transporta como carga de fundo (Associação de Fácies B), sendo sobreposta por um fluxo turbulento (Associação de Fácies S). Depois de perder parte de sua carga, o fluxo torna-se menos denso, começando a ascender na coluna d'água. Em consequência disso, grãos muito finos e restos vegetais ascendem e são

posteriormente depositados por decantação (Associação de Fácies L) (Zavala, 2008). Para maior detalhe a respeito dessas associações de fácies, ver item 4.1.

3.3 ÍNDICES DE PROXIMIDADE (Pt) E DE LATERALIDADE (Lt)

Índices de proximidade e lateralidade foram utilizados anteriormente para a caracterização de distribuição faciológica em depósitos oligo-miocênicos da sub-bacia Maturin, na Venezuela (Zavala *et al*, 2011). Esses índices se prestam a caracterizar cada perfil colunar de acordo com esses dois eixos. Isso permite o reconhecimento de zonas de *bypass* e determinação de áreas deposicionais marginais. Esses índices devem ser calculados separadamente para cada seção analisada.

O índice de proximidade indica o quão proximal é um dado corpo sedimentar, em relação ao sistema hiperpicnal como um todo. Ele é determinado a partir de relações de espessura entre as fácies B e a fácies S (ver Fig. 2), em uma determinada coluna analisada, segundo a equação (1):

$$Pt = \frac{100 B}{(B + S)}$$

Equação 1: Cálculo do índice de proximidade, conforme Zavala (2011)

O valor de Pt é adimensional e varia de 0 a 100, sendo diretamente proporcional à proximidade do depósito. Valores de 100 a 50 indicam partes proximais do sistema. Valores entre 50 e 0 indicam porções intermediárias e, por fim, se o valor de Pt for 0, indica o final da área de transição canal-lobos e o início da porção distal do sistema.

O índice de lateralidade indica a proporção da espessura da fácies L em relação às fácies B e S (ver figura 2), segundo a equação (2):

$$Lt = \frac{100L}{(L + B + S)}$$

Equação 2: Cálculo do índice de lateralidade, conforme Zavala (2011)

A fácies L tende a se depositar em áreas de topografia mais elevada, enquanto às fácies B e S tendem a concentrar-se nas porções de menor cota do depósito. Em áreas deposicionais planas, o índice Lt tende a ser menor que 15, indicando uma pequena espessura de depósitos L.

3.3.1 Refinamento da Fórmula

Devido a sua simplicidade, foi observada, no decorrer do trabalho, pouca precisão nas fórmulas propostas por Zavala. Essas fórmulas ignoram as diferenças entre os subgrupos de cada associação de fácies (Fig. 7 e 8). Por exemplo: a fácies B1 (extremamente proximal) acaba significando a mesma coisa que a fácies B3, que embora também proximal seja relativamente mais mediana. Por esse motivo testaram-se diversas abordagens e fórmulas a fim de aumentar a precisão. Optou-se por fim pela criação de coeficientes que levam em conta as heterogeneidades dentro de cada associação.

O coeficiente de proximidade (C_{pt}) é dado pela equação (3):

$$C_{pt} = (0.5 \times B1) + (0,3 \times B2) + (0.2 \times B3) + (0.1 \times S1)$$

Equação 3: Coeficiente de Proximidade

Observa-se que os pesos diminuíram de B1 a B3, e por fim adiciona-se – com um peso muito pequeno – S1, que se apresenta mais proximal em relação às fácies S2 e S3.

Adicionando-se o coeficiente de proximidade diretamente à fórmula de Zavala (no lugar de B na parte de cima da equação 1), os valores do índice de proximidade ficaram exageradamente altos. Isso decorre de que se começou a tratar com subgrupos na parte de cima da equação e prosseguiu-se utilizando grupos na parte de baixo. Para resolver esse problema, foi usada a média entre cada um dos subgrupos, como mostrado na equação (4).

$$Pt = \frac{100 \times Cpt}{[(B1 + B2 + B3) \div 3] + [(S1 + S2 + S3) \div 3]}$$

Equação 4: Fórmula para o cálculo do Índice de proximidade, utilizando-se o coeficiente de proximidade.

O coeficiente de lateralidade (Cl_t) é dado pela seguinte fórmula:

$$Cl_t = (0.5 \times L) + (0.3 \times S3) + (0.2 \times S2)$$

Equação 5: Coeficiente de lateralidade

Conforme é possível observar na figura 8, as fácies S3 e S2 são mais laterais que as fácies S1 e B. Por esse motivo são consideradas no coeficiente de lateralidade, embora com menores valores. Se utilizarmos o Cl_t na equação 2 (no lugar do L do dividendo), sem fazer nenhuma alteração nos depararemos o mesmo problema encontrado com a equação Pt, discutido anteriormente. Portanto, foi usada a média dos subgrupos na parte de baixo da equação. A fácies L foi simplesmente dividida por três, para ter valores da mesma ordem que os das outras fácies. A nova equação para índice de lateralidade está expressa a baixo (equação 6).

$$Lt = \frac{100 \times Cl_t}{[(B1 + B2 + B3) \div 3] + [(S1 + S2 + S3) \div 3] + (L \div 3)}$$

Equação 6: Fórmula para o cálculo do Índice de lateralidade, utilizando-se o coeficiente de lateralidade.

3.4 MAPAS E ARCABOUÇOS

Os valores de Pt e Lt de um perfil particular não dão muita informações isoladamente, sendo necessário integrá-los a outros perfis. Para tanto foram confeccionados dois mapas para esse trabalho: 1) mapa com os valores de Pt; 2) mapa com os valores de Lt. Para a confecção dos mapas foi utilizada a interpolação de pontos pela ponderação do inverso da distância (IDW) do *software* ArcGIS 10.2[®].

Além dos mapas, foram confeccionados arcabouços temáticos valendo-se de dois arcabouços de correlação produzidos anteriormente (Borsa, 2015) (Fig. 5 e 6).

Para cada um desses arcabouços de correlação, foram criados dois arcabouços temáticos: um de Pt e outro de Lt. O objetivo dessa figura é a visualização das variações de proximidade e lateralidade – de determinado ponto de um ciclo para o outro – além de ser possível identificar áreas canalizadas de acordo com as variações da lateralidade.

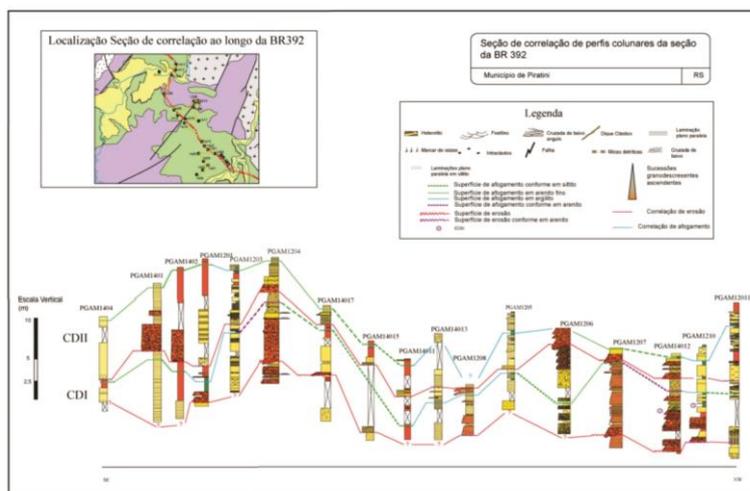


Figura 5 - Arcabouço de correlação Estratigráfica. (Extraído de Borsa, 2015). Nesse trabalho lhe foi atribuído o nome Arcabouço I.

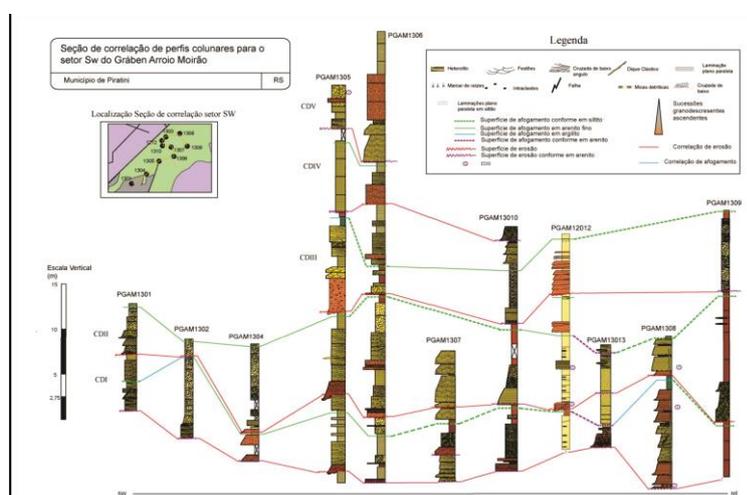


Figura 6 - Arcabouço de correlação Estratigráfica. (Extraído de Borsa, 2015). Nesse trabalho lhe foi atribuído o nome Arcabouço II.

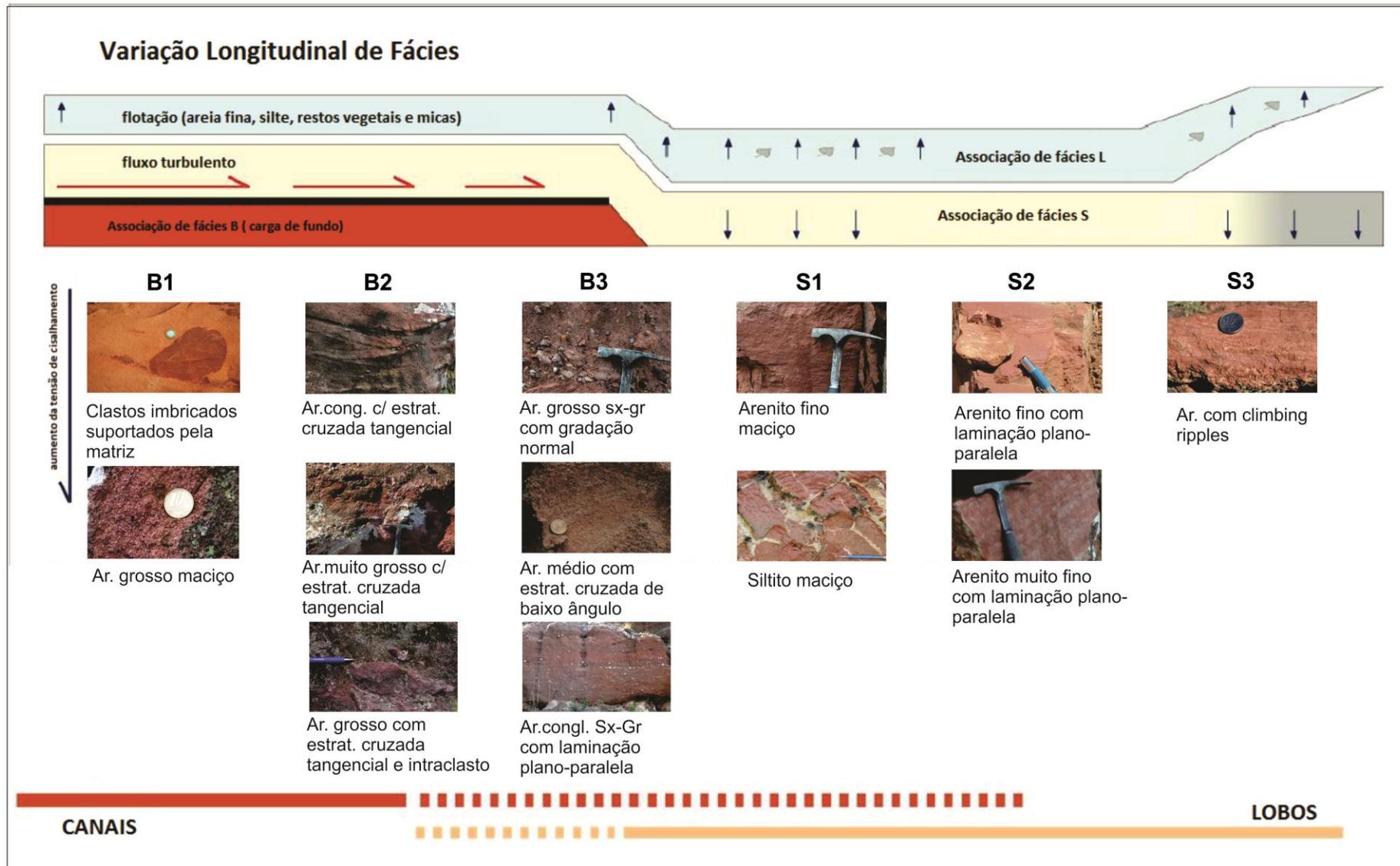


Figura 7 – Esquema conceitual para a interpretação genética das fácies em inunditos gerados por fluxos hiperpicnais, associações de fácies ao longo do sistema deposicional. Fotos com algumas fácies e feições típicas de cada associação e subgrupos, da maneira como são encontradas no GAM. Sem escala. (modificado de Zavala *et al.*, 2011).

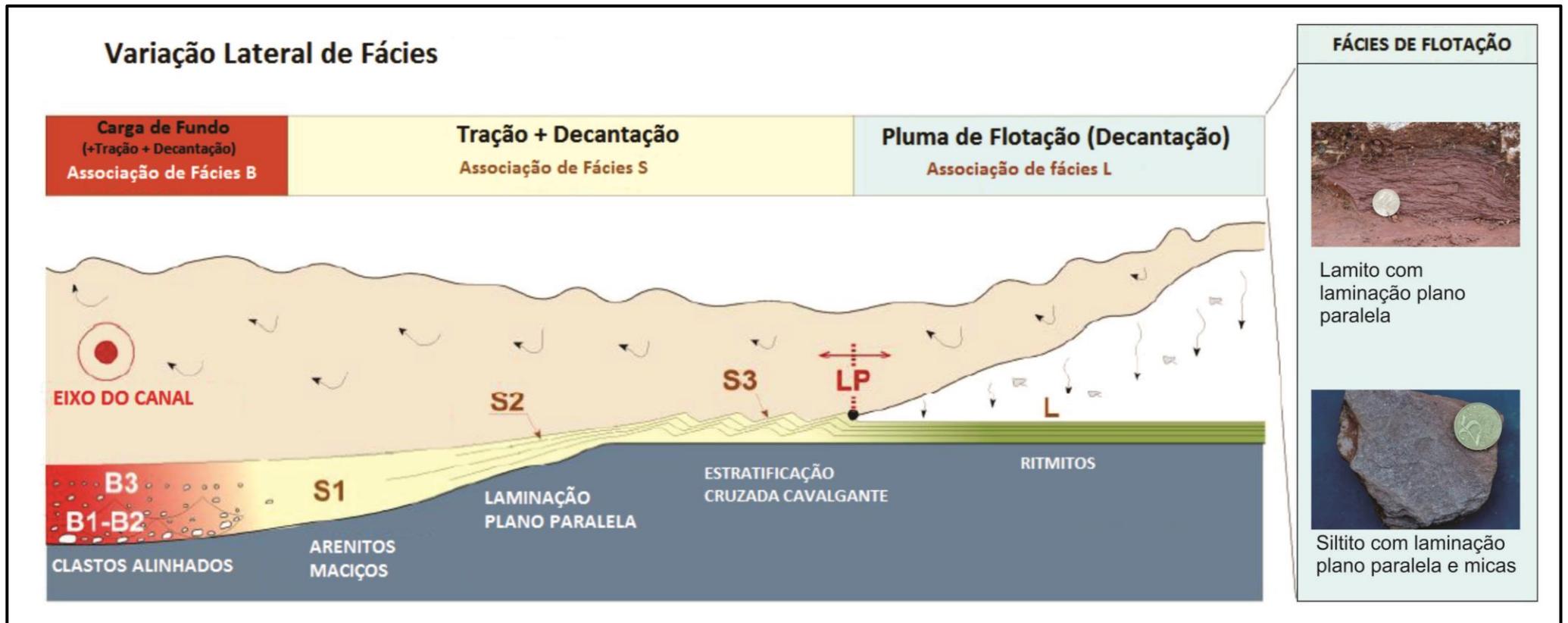


Figura 8 - Esquema conceitual para a interpretação genética das fácies em inunditos gerados por fluxos hiperpicnais, variação lateral de fácies. Fotos com algumas fácies e feições típicas de cada associação e subgrupos, da maneira como são encontradas no GAM. Sem escala. (modificado de Zavala, 2016).

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES

Levando-se em conta critérios de estrutura sedimentar e de textura, as fácies descritas no GAM foram divididas em três associações de fácies que por sua vez foram subdivididas em sete subgrupos (fig. 7 e 8).

4.1.1 Associação de Fácies B

A associação de fácies B é formada por sedimentos mais grossos e são transportados por tração, como carga de fundo (Zavala *et al*, 2011). Essa associação de fácies, tipicamente proximal, é subdividida em três subgrupos, progressivamente mais distais: 1) **B1**: formado por sedimentos grossos (de arenito grosso a conglomerado) com estrutura maciça; 2) **B2**: de arenito médio a conglomerado com estratificação cruzada tangencial; 3) **B3**: nesse grupo encontramos algumas fácies de granulometria mais fina, mas que – devido às estruturas sedimentares – indicam transporte de carga de fundo, são elas os arenitos de fino a médio com estratificação cruzada acanalada e estratificação de baixo ângulo. Além dessas, no subgrupo B3, também encontramos arenitos grossos a conglomerados com gradação normal e laminação plano-paralela. A classificação levou em conta o modelo de Zavala *et al* (2011), mas adaptou-se essa metodologia às fácies encontradas no GAM. A tabela 2 sintetiza essa classificação.

Tabela 2 - Classificação das fácies da associação de fácies B. Na coluna mais de baixo aparecem os subgrupos e na penúltima coluna aparecem possíveis interpretações.

B – Carga de fundo					
Cg	Cg(m) PCg(m)	Cg/Ag(t) Cg/Bl-Sx (t)		PCg (gn) i	Cg (lpp)
ACg	Acg/Gr-Sx (m)	Acg (t) Acg/Gr-Sx (t)			
Amg	Amg/Sx (m)				
Ag	Ag (m)			Ag/ Sx-Gr (gn) Ag/Gr (gn)	Ag(lpp) Ag/Sx-Gr (lpp)
Am		Am(t)			
Am			Am(bxa)		
Af			Af(bxa) Af (eca) Af (ecp)		
	Desaceleração rápida de velocidade ou perda de estrutura	3D, fácies de canalização do fluxo.	Dunas 2Doutwash Transição de fluxo	Desaceleração do fluxo	Fluxo inferior
	B1	B2	B3	B3	B3

4.1.2 Associação de Fácies S

A associação de fácies S é formada pelo colapso gravitacional do fluxo turbulento em suspensão (Zavala, 2016). É caracterizada por desaceleração de fluxo e se deposita em posições mais distais do fluxo hiperpicnal, próximo aos lobos. É subdividida em três subgrupos: 1) **S1**: granulometrias finas a médias maciças e com gradação normal; 2) **S2**: arenitos muito finos e finos com estratificação de baixo ângulo e laminação plano-paralela; 3) **S3**: arenitos muito finos a médios com laminação *flaser* e marcas de onda. Zavala define um subgrupo S4, mas como ele não foi encontrado dentre as fácies do GAM, não entraremos em detalhes quanto a ele. A tabela 3 sintetiza essa classificação.

Tabela 3 - Classificação das fácies da associação de fácies S

S – Fluxo turbulento						
Am	Am/Af (gn) Am/ Gr (gn)	Am/g (m) Am (m) i			Am/f (fl)	Am (lmo)f;
Af	Af/Sx (gn)	Af(m) Af(m) mi Af/gr (m) i		Af (lpp) Af/m (lpp)	Af (fl) Af(li)	Af/m (lmo) Af (lmo)
Amf	Amf/m (gn)	Amf(m) Amf/St (m) Amf/Gr (m)	Amf (boxa)	Amf (lpp)f Amf (lpp)	Amf (fl)	Amf (lmo) Amf/f (lmo);
St		St(m)r St/Gr(m)				
Ar		Ar(m)				
	Desaceleração do fluxo	Desaceleração rápida de velocidade ou perda de estrutura	Dunas 2D Transição de fluxo	Tração, Fluxo superior	Tração/suspensão	Limite T/S
	S1	S1	S2	S2	S3	S3

4.1.3 Associação de Fácies L

A deposição dos sedimentos das fácies anteriormente apresentadas (B, S), leva o fluxo hiperpicnal a diminuir sua densidade. Isso acarreta na ascensão de plumas de sedimentos que são posteriormente depositados por suspensão. Essa camada de sedimentos depositados cobre todas as demais fácies. Entretanto é facilmente erodida por qualquer fluxo subsequente, especialmente no eixo axial do fluxo hiperpicnal, preservando-se melhor nas porções mais laterais. Por esse motivo, a associação de fácies L é caracteristicamente mais lateral (Zavala *et al*, 2011). Essa associação de fácies não é subdividida, e apresenta texturas muito finas (silte e argila) com laminação plano-paralela e marcas de onda. A fácies Ar/Af (lmo) mi foi colocada nessa associação de fácies devido à presença de micas orientadas em abundância, que segundo Zavala *et al* (2011) são características dessa associação. Essa classificação está sintetizada na tabela 4.

Tabela 4 - Classificação das fácies da associação de fácies L

L – Pluma de flotação		
St	St (lpp)	
Ar	Ar/Si (l) Ar (lpp) Lm(lpp)	Ar/Af (lmo)mi
	Decantação	Decantação e tração secundária
	L	L

4.2 MAPAS DE ÍNDICE DE PROXIMIDADE E DE ÍNDICE DE LATERALIDADE

Os mapas de índice de proximidade (Pt) e lateralidade (Lt) foram feitos utilizando-se valores obtidos através de, respectivamente, as equações 4 e 6. Com esses valores, realizou-se a interpolação IDW e obtiveram-se os mapas de índices de proximidade (Fig. 9) e de lateralidade (Fig. 10).

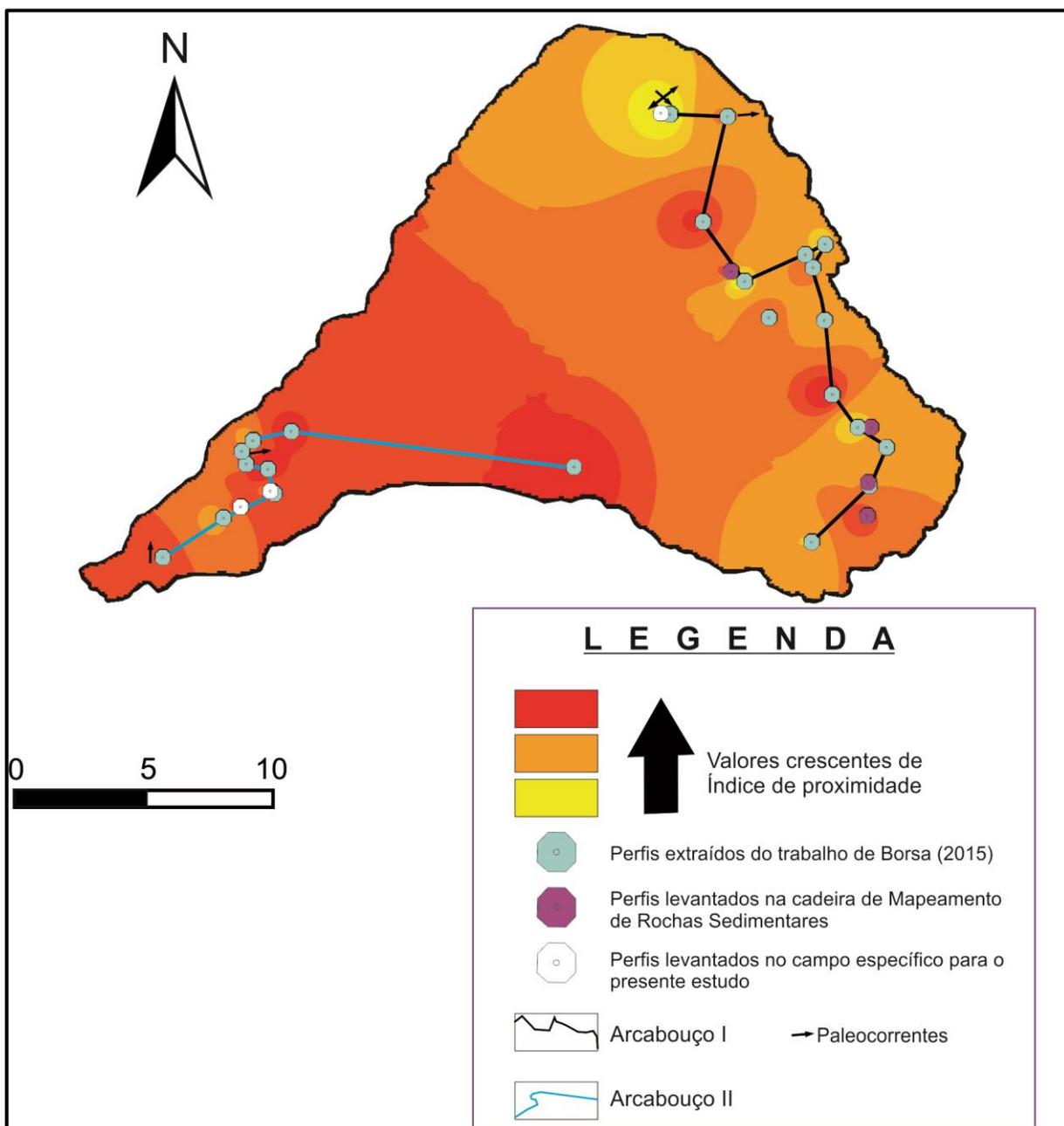


Figura 9 - Mapa do Índice de Proximidade

Pela escassez de pontos em algumas áreas, a interpolação perdeu bastante de sua precisão. Entretanto é possível observar algumas tendências gerais. No mapa de proximidade, por exemplo, a maior concentração de pontos distais fica a nordeste, e a maior concentração de zonas proximais fica a Sudoeste, no setor Camaquã. Esses dados indicam uma tendência geral de dispersão de SW-NE, que concorda com as paleocorrentes (representadas nos mapas pelas linhas pretas).

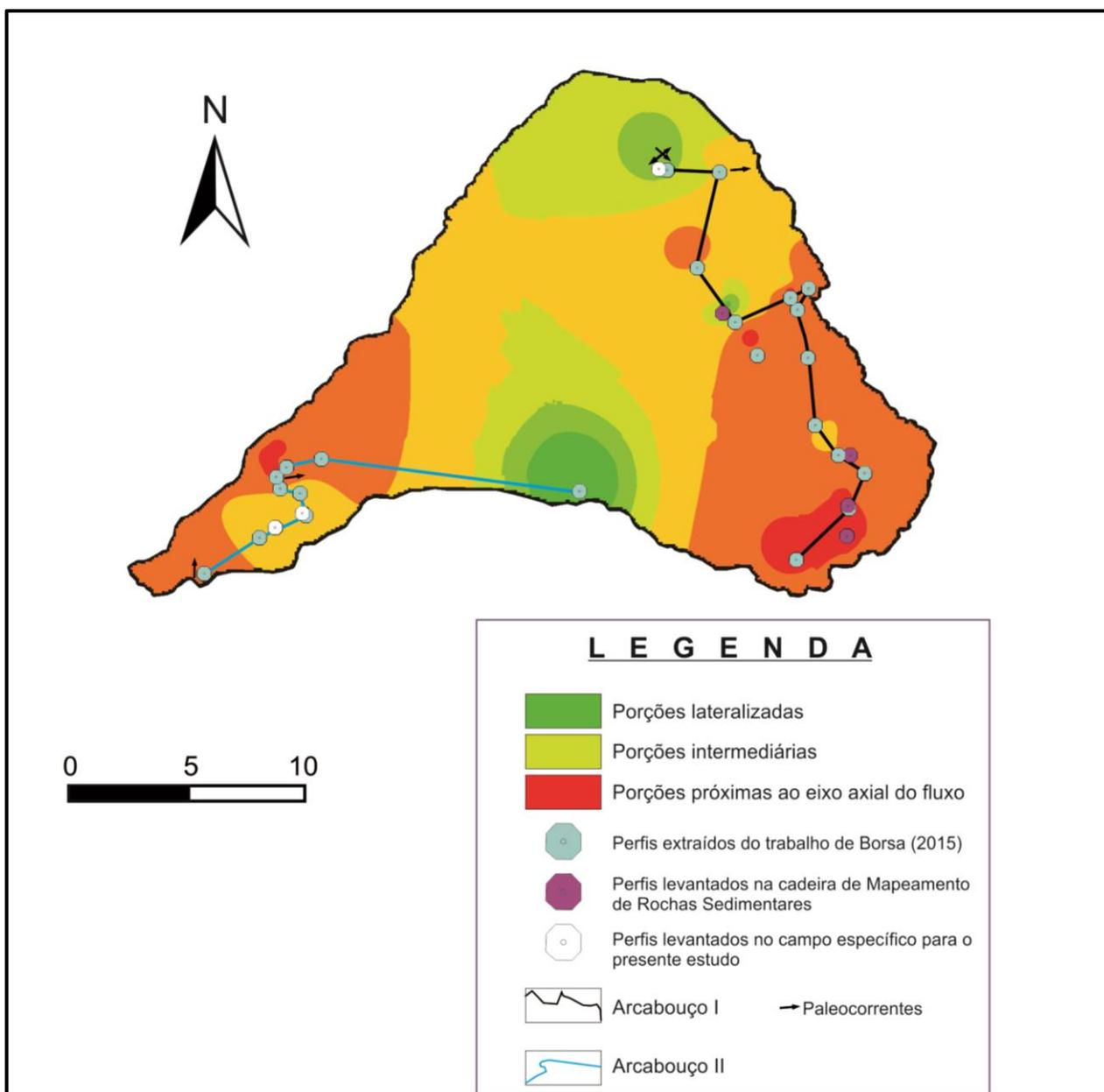


Figura 10 - Mapa de Índice de Lateralidade.

4.3 ARCABOUÇOS TEMÁTICOS

Foram produzidos dois arcabouços temáticos: um para índice de proximidade e outro para índice de lateralidade. No arcabouço de correlação estratigráfica I (Fig. 5), é possível individualizar-se dois ciclos. Os valores de Pt e Lt foram calculados individualmente para cada ciclo e representados nos arcabouços temáticos (figura 9 e 10, respectivamente).

No arcabouço de correlação estratigrafia 2 (figura 6), foram individualizados três ciclos, o mesmo processo feito no arcabouço 1 foi feito nesse, resultando nos arcabouços temáticos das figuras 11 e 12.

5 DISCUSSÃO

Esse trabalho se propôs a caracterizar esse exemplo de depósito de inundito gerado fluxo hiperpicnal continental quanto a sua distribuição faciológica. Além de interesses quanto a rochas formadas por esse estilo deposicional (possível utilização como análogo para reservatório de hidrocarbonetos, como defendido por Rodrigues, 2015), as rochas sedimentares triássicas do GAM possuem interesses intrínsecos. Por ser de borda de bacia (Bacia do Paraná), essas unidades triássicas sofreram maior influência tectônica. Seu conteúdo fossilífero aumenta seu interesse no entendimento da vida triássica no SW do Gondwana, o presente estudo não trabalha diretamente com essa temática, mas seus dados podem servir de informações adicionais para a prospecção de fósseis.

O método escolhido para esse trabalho é o do geólogo argentino Carlos Zavala, como proposto em seu trabalho de 2011. Nesse trabalho, ele aplicou técnicas de índice de proximidade e lateralidade para um depósito marinho gerado por um fluxo hiperpicnal na sub-bacia Maturin, Venezuela. Por ter uma malha de pontos muito completa, foi possível – naquele trabalho – produzir uma representação dos lobos subaquáticos de dispersão.

Escola Vertical (m)

10

5

2.5

CDII

CDI

PGAM1404

PGAM1401

PGAM1402

PGAM1201

PGAM1202

PGAM1204

PGAM14017

PGAM14015

PGAM14011

PGAM14013

PGAM1208

PGAM1205

PGAM1206

PGAM1207

PGAM1210

PGAM14012

PGAM120

SE

SW

ARCABOUÇO DE CORRELAÇÃO I

ÍNDICE DE PROXIMIDADE

N

PGAM 1210

PGAM 1404

0 5 10

LEGENDA

↑ Valores crescentes de Índice de proximidade

● Perfis extraídos do trabalho de Borsa (2015)

● Perfis levantados na carteira de Mapeamento de Rochas Sedimentares

○ Perfis levantados no campo específico para o presente estudo

▭ Arcabouço I

▭ Arcabouço II

V alores de Índice de Proximidade

> 90

71 - 90

51 - 70

31 - 50

11 - 30

0 - 10

Figura 11 - Arcabouço Temático de Proximidade I. Na figura no canto inferior esquerdo, observar o posicionamento do Arcabouço I no mapa, bem como a orientação em que o arcabouço é apresentado nessa figura. No canto inferior direito, legenda com as cores para a interpretação do arcabouço temático acima. Arcabouço extraído de Borsa (2015). Restante da figura: Dados da Pesquisa (2016)

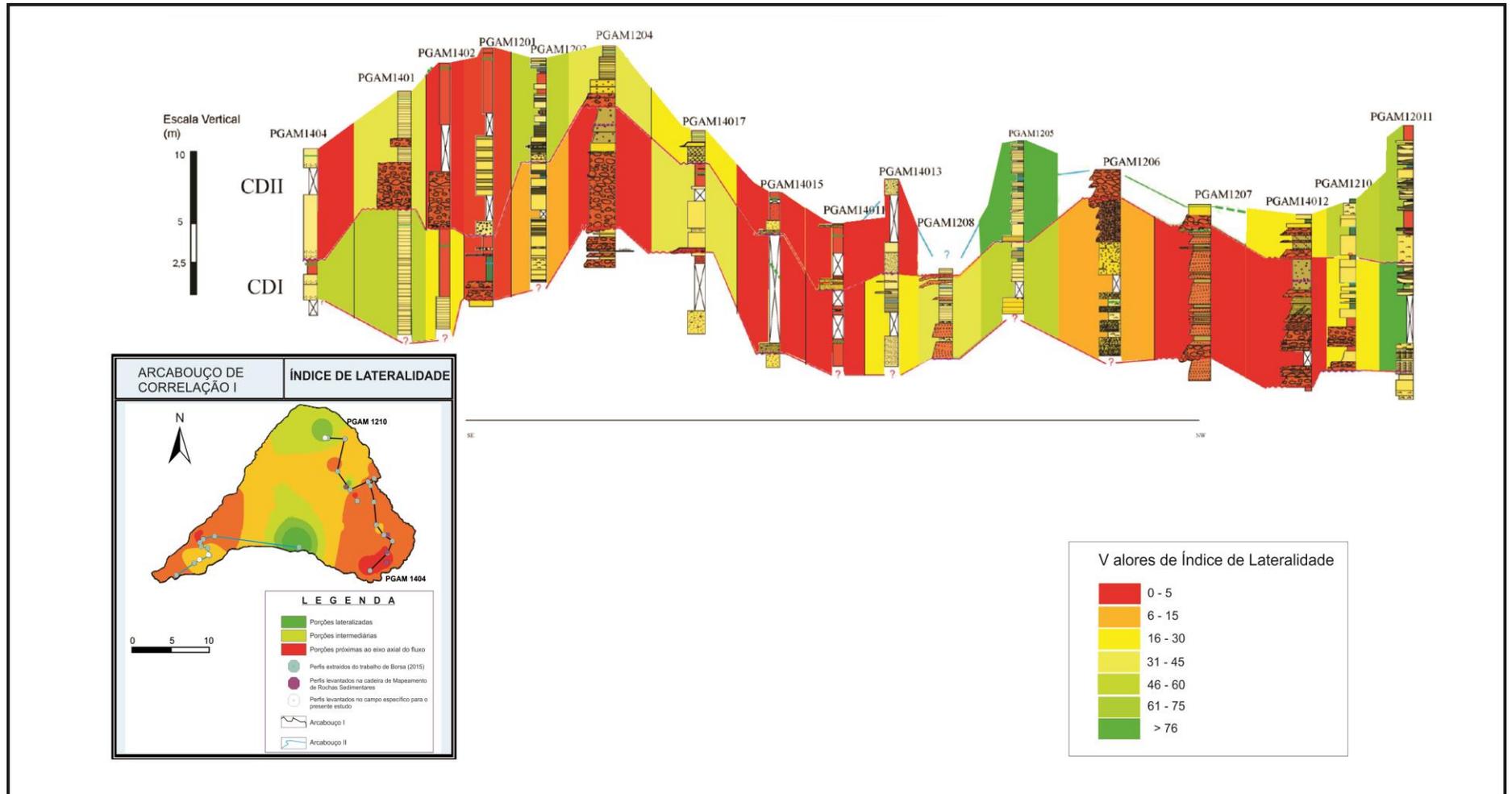


Figura 12 - Arcabouço Temático de Lateralidade I. Na figura no canto inferior esquerdo, observar o posicionamento do Arcabouço I no mapa, bem como a orientação em que o arcabouço é apresentado nessa figura. No canto inferior direito, legenda com as cores para a interpretação do arcabouço temático acima. Arcabouço extraído de Borsa (2015). Restante da figura: Dados da Pesquisa (2016)

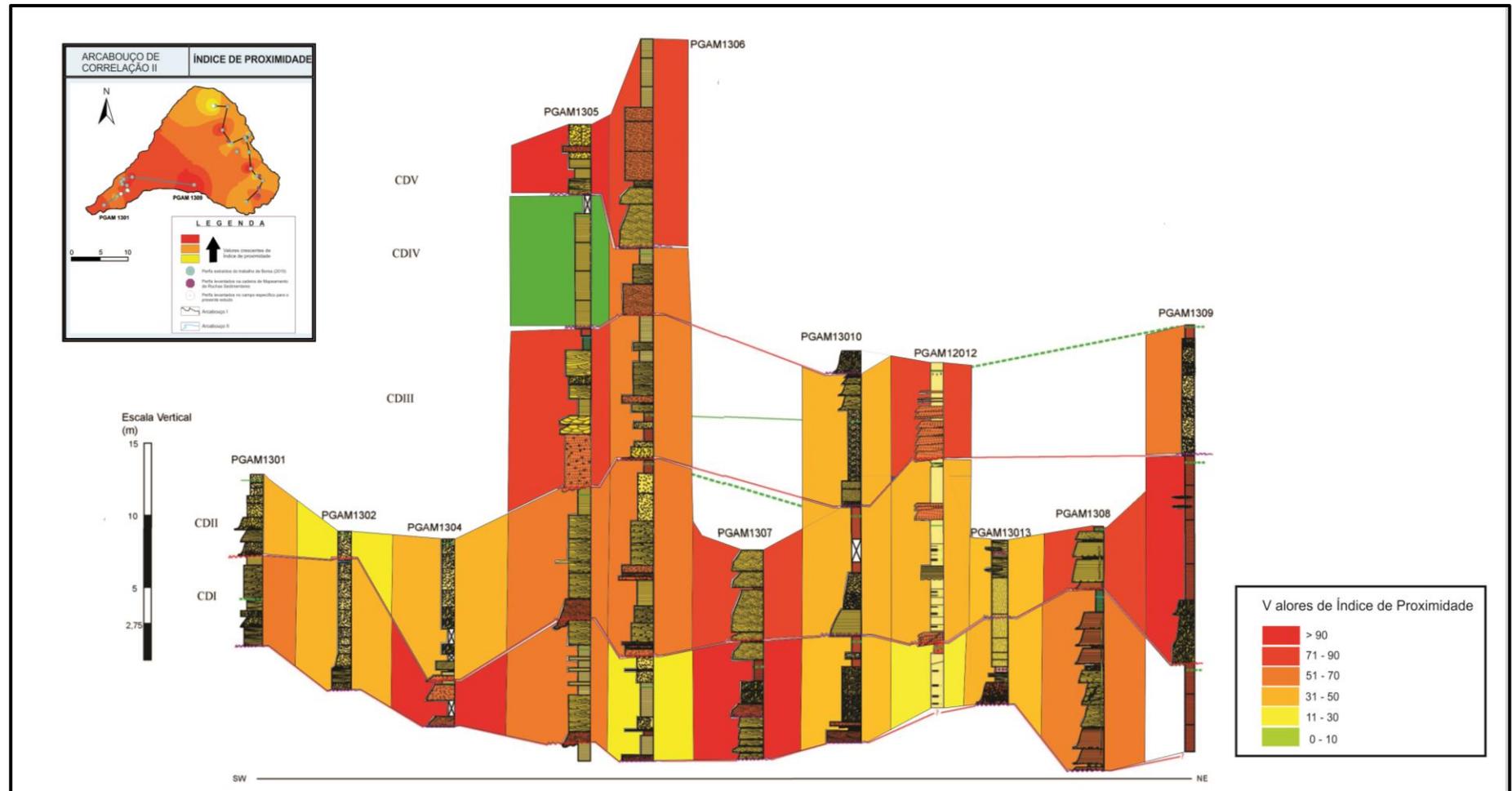


Figura 13 - Arcabouço Temático de Proximidade II. Na figura no canto inferior esquerdo, observar o posicionamento do Arcabouço II no mapa, bem como a orientação em que o arcabouço é apresentado nessa figura. No canto inferior direito, legenda com as cores para a interpretação do arcabouço temático acima. Arcabouço extraído de Borsa (2015). Restante da figura: Dados da Pesquisa (2016)

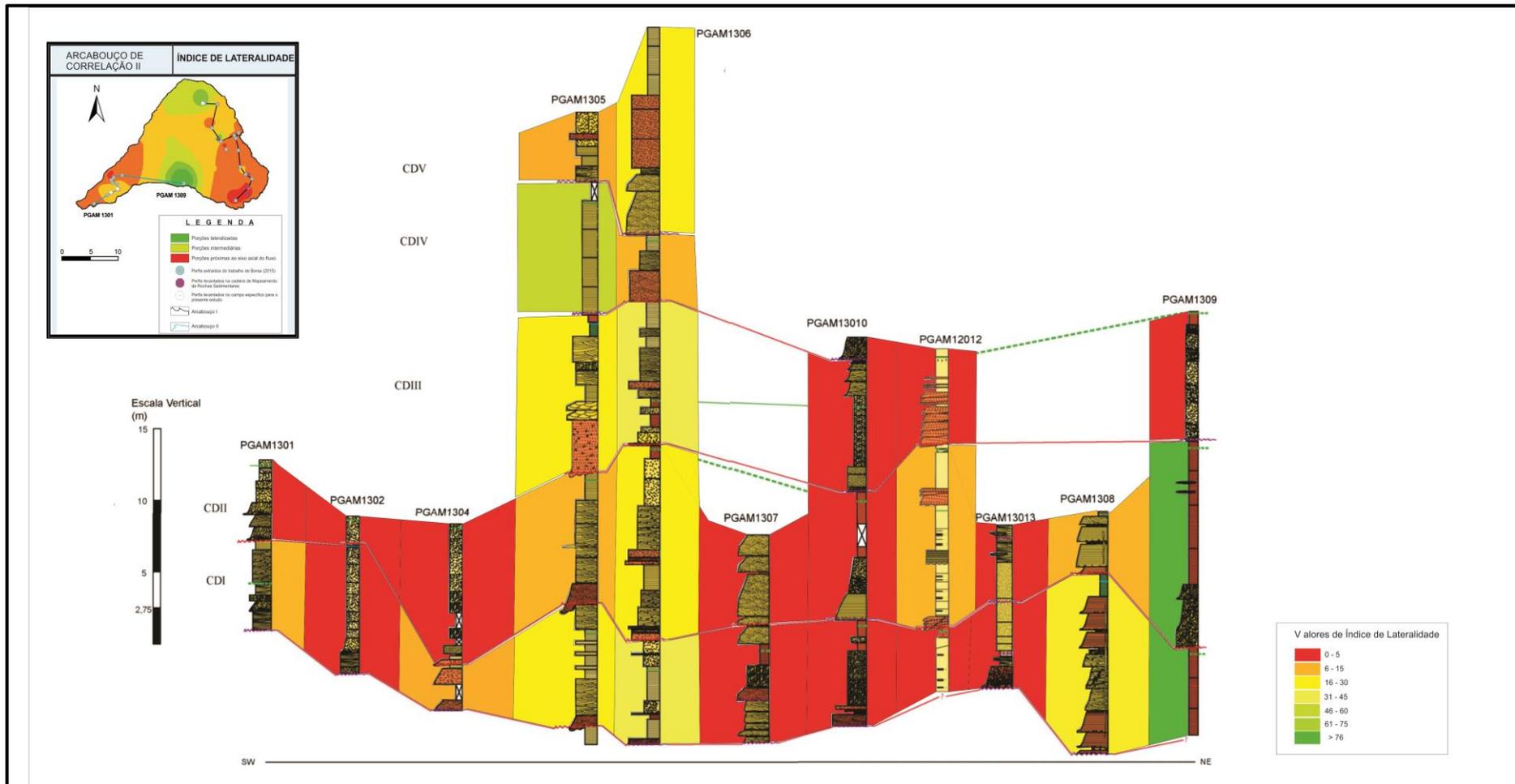


Figura 14 - Arcabouço Temático de Proximidade I. Na figura no canto inferior esquerdo, observar o posicionamento do Arcabouço I no mapa, bem como a orientação em que o arcabouço é apresentado nessa figura. No canto inferior direito, legenda com as cores para a interpretação do arcabouço temático acima. Arcabouço extraído de Borsa (2015). Restante da figura: Dados da Pesquisa (2016)

5.1 ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES

Essa primeira etapa se prestou a classificar as fácies de acordo com o modelo proposto por Zavala *et al.*(2011). Essa classificação que, além de textura leva em conta estrutura sedimentar, é interessante por ser uma classificação genética, mais do que apenas descritiva. As fácies encontradas no GAM responderam muito bem a essa classificação.

5.2 MAPAS DE ÍNDICE DE PROXIMIDADE, ÍNDICE DE LATERALIDADE

Os mapas de índice de proximidade e lateralidade mostraram uma melhora muito grande após as modificações nas fórmulas de Zavala *et al* (2011). Na figura 15 é possível observar os mapas de proximidade e lateralidade sem as alterações das fórmulas e sem a adição dos perfis incluídos no presente trabalho.

No caso do mapa de proximidade (Fig. 9) é possível observar que a diminuição de proximidade tem uma tendência geral de ser SW-NE. Porém, ele parece dividir-se quando chega próximo ao arcabouço I. Isso concorda com o modelo de hiperpicnitos, já que a tendência geral é a dispersão do fluxo quando ele se torna mais distal, na forma digitada, como um “delta subaquoso” (Zavala, 2005).

No mapa de lateralidade (Fig. 10) podemos perceber duas regiões mais canalizadas (extremos NE e SW do mapa) e duas regiões mais lateralizadas (extremo NW e porção central do mapa). É possível observar também uma intercalação entre porções mais e menos lateralizadas no decorrer do arcabouço I. Esse dado também corrobora o modelo de hiperpicnitos, mostrando também a dispersão do fluxo de maneira digitada.

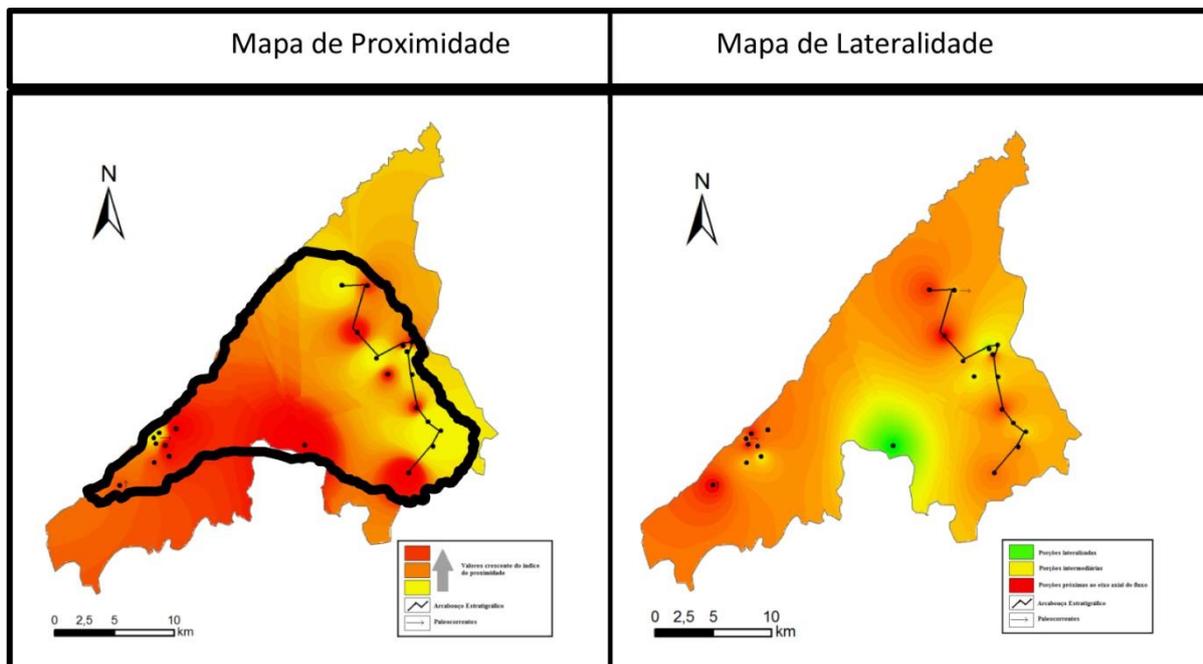


Figura 15 - Mapas de Proximidade e Lateralidade antes do refinamento da fórmula e do acréscimo dos pontos descritos no Anexo I. Observar a forma preta por cima do Mapa de Proximidade (figura da esquerda), corresponde ao novo polígono utilizado para os mapas novos (Fig. 9 e 10). (Dados da Pesquisa, 2016)

5.3 ARCABOUÇOS TEMÁTICOS

5.3.1 Arcabouço I

No arcabouço I foram realizados os cálculos dos índices para os dois ciclos deposicionais. Os ciclos deposicionais um (CD I) e dois (CD II) mostram uma relativa concordância entre si, com os valores mantendo-se próximos para o mesmo perfil de um ciclo para o outro. Entretanto existem alguns perfis que mudam bruscamente de um ciclo para o outro. Isso mostra que o sistema deposicional era bastante dinâmico, acarretando em alterações nos dois eixos analisados por esses índices (o eixo axial do fluxo e o seu eixo perpendicular, ou seja, a lateralidade).

Conforme é possível observar no mapa e de acordo com as discussões da seção anterior, o arcabouço I está praticamente perpendicular em relação ao eixo do fluxo, e na porção mais distal do mapa. Isso explica os valores relativamente baixos no arcabouço de proximidade I (Fig, 11) e a grande alternância de valores de lateralidades observada no arcabouço temático de lateralidade I (Fig 12). Existem três zonas mais canalizadas (1.perfis PGAM 1402 e 1201; 2. perfis PGAM 14015, 14011 e 14013; 3. perfis 1207 e 14012) cercados de zonas lateralizadas. Isso indica a dispersão do fluxo de maneira digitada, o que seria esperado para depósitos gerados por fluxos hiperpicnais (Zavala, 2005).

5.3.2 Arcabouço II

O arcabouço II encontra-se mais proximal que o I e está relativamente mais paralelo em relação ao eixo do fluxo. Os índices, para os arcabouços temáticos II, foram calculados para cinco ciclos deposicionais diferentes, entretanto é importante observar que os ciclos quatro (CD IV) e cinco (CD V) estão presentes em apenas dois perfis e o ciclo três (CD III) em apenas cinco perfis. No arcabouço temático de proximidade II (Fig. 13), é possível observar uma tendência geral de valores mais altos de proximidade, em relação ao arcabouço temático de proximidade I. Isso confere com o que foi observado no mapa de proximidade. Com algumas exceções, os valores de proximidade mantiveram-se relativamente constantes.

O arcabouço temático de lateralidade II (Fig. 14) demonstra, longitudinalmente, uma relativa constância de valores altos de lateralidade (predomínio das cores amarelas, laranjas e vermelhas). Isso confere com a posição do perfil no mapa. O único perfil que destoa dessa tendência geral é o PGAM 1309 que, como é possível observar no mapa, encontra-se bastante afastado do restante do perfil. Se ao invés desse último, que está posicionado a leste do arcabouço, encontrássemos afloramentos a NE do restante do arcabouço, os dados poderiam apresentar uma maior coerência. Entretanto, como é possível observar no mapa, temos um grande vazio de pontos na região central. Isso se deve a ausência de afloramentos, já que a área é mais baixa, e por ela cruza o Rio Camaquã, eficiente agente de erosão.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho se propôs a caracterizar a distribuição de fácies em modelos de inunditos, até então não tão explorada (Seilacher, 1999). O modelo utilizado para esse trabalho é uma adaptação do modelo de Zavala *et al.* (2011), já que aquele trabalho caracterizou depósitos turbidíticos gerados por hiperpicnitos e o presente estudo caracteriza depósitos inundíticos.

O método de índices de proximidade e lateralidade se mostrou útil para caracterização de distribuição faciológica no GAM. Se a malha de pontos fosse mais densa, seria possível analisar como os lobos se comportam de um ciclo para o outro. Com esses mapas foi possível observar a direção geral da dispersão do fluxo, bem como as regiões mais lateralizadas e mais canalizadas. Os resultados mais satisfatórios acabaram sendo quando o método foi aplicado aos arcabouços de correlação. Foi possível identificar zonas de canais e a relativa independência entre a lateralidade e a proximidade. Também é possível observar a dinamicidade do sistema deposicional, já que alguns perfis – de um ciclo para o outro – mudaram significativamente sua proximidade e lateralidade.

Evidenciou-se a melhora na qualidade dos dados antes e depois do refinamento da fórmula. Essas alterações na fórmula foram um dos principais resultados positivos do presente trabalho, propondo uma maior precisão para o método de cálculo de Proximidade e Lateralidade. Recomenda-se, entretanto, a confecção de mapas específicos para cada ciclo deposicional. Como alguns pontos possuem vários ciclos (chegando a um máximo de cinco nesse trabalho), a precisão acaba diminuindo.

Esse método pode ser utilizado, como um rastreador de fácies sedimentares específicas. A diminuição do índice de proximidade também indica a direção de dispersão sedimentar, enquanto que o aumento da lateralidade indica o afastamento do vetor principal do fluxo. Esses dados podem servir de subsídios para diversas funções, como a prospecção de fósseis, já que indicam a ocorrência de ambientes mais propensos a fortes erosões e ambientes mais propensos a preservação dos fósseis. Por exemplo, os icnofósseis encontrados no GAM encontram-se nas fácies mais distais ou laterais (S e L) e nunca nas fácies B.

7 REFERÊNCIAS

- Borsa, G. N. D. O. (2015). *Novas chaves de correlação para as unidades triássicas do Gráben Arroio Moirão: caracterização de sismitos e aplicação na estratigrafia.*
- Caputo, M. V.; Crowell, J. C.(1985) Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era. Geological Society of America Bulletin, Boulder, 96, p. 1020-1036
- Caputo, M. V.; Melo, J. H. G.; Streef, M.; Isbell, J. L.(2008) Late Devonian and Early Carboniferous glacial records of South America. In: FIELDING, C. R.; FRANK, T. D.; ISBELL, J. L. (Ed.). Resolving the Late Paleozoic ice age in time and space. Boulder: Geological Society of América. p. 161-173. Special Paper, 441.
- Dalrymple, R.W., James, N.P.(2010) eds. "Facies Models 4." Geological Association of Canada.
- Della Favera, J. C. (1980). Reconhecimento de novas fácies e ambientes deposicionais na Bacia do Parnaíba. In *SBG, Congresso Brasileiro de Geologia* (Vol. 31).
- Faccini, U.F., Schultz, C.L., Figueiredo, C.E., Sangineto, L.R & Soares, S.C. (1990). *Sobre a ocorrência de vertebrados fósseis triássicos na região de Santana de Boa Vista (RS).* Ciência e Natura, 12:103-104.
- Fambrini, G.L.(1998) O Grupo Camaquã (Transição Proterozóico-Fanerozóico) na região das Minas do Camaquã, RS: análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes. Diss. Universidade de São Paulo.
- Fernandes, L. A., Coimbra, A. M. (1996) A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 195-205.
- Fernandes, L.A.D.; Menegat, R. & Costa, A.F.U. (1995) Evolução Tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Riograndense: Parte I e II – Uma contribuição a partir do registro geológico. Revista Brasileira de Geociências, 25(4) 351-384

Franco, R. R. 1944. *A faixa estanífera do Rio Grande do Sul*. Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, v.44, 5-54.

Fulfaro, V. J., Saad, A. R., Santos, M. V., Vianna(1982) Bacia do Paraná - Milani *et al.* R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 233-256.

Gordon Jr., M., (1947). Classificação das formações gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Notas Prelim. Estud. – Dep. Nac. Prod. Miner. 38, 1 – 20.

James N.P., and Walker, R.G (1992) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, St. John's, Nfld.: Geological Association of Canada - Association géologique du Canada.

Jost, H. (1981). Geology and metallogeny of the Santana da Boa Vista Region, Southern Brazil. Athens-EUA. Teses de Doutorado. TheUniversity of Georgia, 208 p.

Keidel, J. (1916) *La geología de las sierras de la Provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sud Africa y los Andes*. Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Buenos Aires, v. 9, n. 3, p. 1-78.

Kerr, P.F. (1977). Optical mineralogy. 4.ed. New York: Mcgraw-Hill, 1977. 492 p. : il.

Ketzer, J.M.M. 1997. *Cronoestratigrafia das unidades gonduânicas preservadas sobre o Escudo Sul-Riograndense (Formação Caneleiras)*. Instituto de Geociências UFRGS, Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 215p.

Klein, C. & Dutrow, B. (2012). Manual de Ciências dos Minerais. 23ª ed.

Kneller, B. C., & Branney, M. J. (1995). Sustained high-density turbidity currents and the deposition of thick massive sands. *Sedimentology*, 42(4), 607-616.

Lima, L.G. (2014). *Análise de fácies e modelos deposicionais de unidades triássicas da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Riograndense na região do Gráben Arroio Moirão, RS*

em busca de marcadores estratigráficos. Trabalho Temático em Geologia. IGEO/UFRGS, 105 p.

Leinz, V. & Pnagel, H. (1945). *A mina de estanho Campinas, Município de Encruzilhada, RS*. Boletim da Divisão de Fomento e Produção Mineral, DNPM, Rio de Janeiro, n. 70, 99.

Lisle, R.J., Brabham, P., Barnes, J. (2014). Mapeamento Geológico; Guia de campo. [Tradução de Rualdo Menegat *et al.* Porto Alegre: Bookman, 231p.]

López-Gamundí, O. R., & Rossello, E. A. (1993). Devonian-Carboniferous unconformity in Argentina and its relation to the Eo-Hercynian orogeny in southern South America. *Geologische Rundschau*, 82(1), 136-147.

Machado, João Pacífico Silveira Luiz. 2014 *Estruturação do Graben Arroio Moirão, Santana Da Boa Vista, RS: tectônica e geocronologia*

Machado, J.P.S.L.; Philipp, R.P.; Faccini, U.F.; Jelinek, A.R.; Zvirtes, G.(2015) Tectônica Rúptil Meso e Cenozóica e a formação do Gráben Arroio Moirão, Santana da Boa Vista-Piratini, RS. *In IX Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia. II Workshop de Recursos Minerais da Região Sul.*

Menegat, R. & Scherer, C.M.S. (1993). Formação Caneleiras (RS): Devonianaou Permotriássica; Critérios para o enquadramento estratigráfico de seqüências isoladas sobre o Escudo Sul-Riograndense. *In: Simpósio Sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, 1., Rio Claro(SP). Resumos expandidos IG/UNESP. 90-93.*

Milani, E. J. (1997). *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental* (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.).

Milani, E. J., & Ramos, V. A. (1998). Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(4), 473-484.

Milani, Edison José, Almerio Barros França, and R. L. Schneider. "Bacia do Paraná." B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007

Milani, E. J., França, A. B., & Medeiros, R. A. (2007). Rochas geradoras e rochasreservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro*, 15(1), 135-162.

Mulder, T., & Alexander, J. (2001). The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits. *Sedimentology*, 48(2), 269-299.

Posamentier, H. W., & James, D. P. (1993). An overview of sequence-stratigraphic concepts: uses and abuses. *Sequence stratigraphy and facies associations*, 3-18.

Mutti, E. (Ed.). (1999). *An Introduction to the Analysis of Ancient Turbidite Basins from an Outcrop Perspective: AAPG Continuing Education Course Note, No. 39* (No. 39). AAPG.

Ramos, V. A., Jordan, T. E., Allmendinger, R. W., Mpodozis, C., Kay, S. M., Cortés, J. M., & Palma, M. (1986). Paleozoic terranes of the central Argentine-Chilean Andes. *Tectonics*, 5(6), 855-880.

Rodrigues, Y. C. (2015). *Caracterização de arenitos de depósitos efêmeros de unidades triássicas na região do Gráben Arroio Moirão, RS: potenciais análogos de reservatórios*.

Ruban, D. A., Zeffass, H., & Pugatchev, V. I. (2009). Triassic synthems of southern South America (southwestern Gondwana) and the Western Caucasus (the northern Neotethys), and global tracing of their boundaries. *Journal of South American Earth Sciences*, 28(2), 155-167.

Seilacher, A., Einsele, G., & Ricken, W. (Eds.). (1991). *Cycles and events in stratigraphy*. Springer.

Shiraiwa, S. H. O. Z. O., & Ussami, N. (1993, November). Flexura da litosfera continental sob os Andes Centrais e a origem da Bacia do Pantanal. In *3rd International Congress of the Brazilian Geophysical Society*.

da SILVA, D. B., Puhl, E. Manica, R., Viana, R.A., Borges, A.L. 2013 *Comportamento de um fluxo hiperpicnal gerado em simulação física: uma comparação entre fluxo confinado e não confinado*. Pesquisas em Geociências, 40 (2): 147-156

Tessari, R. I., & Picada, R. S. (1966). *Geologia da quadrícula de Encruzilhada do Sul*. Divisão de Fomento da Produção Mineral.

Uliana, M. A., & Biddle, K. T. (1988). Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de geociências*, 18(2), 172-190.

Veevers, J. J., & Powell, C. M. (Eds.). (1994). *Permian-Triassic Pangean basins and foldbelts along the Panthalassan margin of Gondwanaland* (Vol. 184). Geological Society of America.

Walker, R. G. (2006). Facies models revisited: Introduction. *SPECIAL PUBLICATION-SEPM*, 84, 1.

Zalán, P., Wolff, S., Astolfi, M., Vieira, I., Conceição, J., Appi, V., ... & Marques, A. (1990). The Paraná Basin, Brazil, inside the Interior Cratonic Basins. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, United States of America*, 5, 681-708.

Zalan, P. V. (1991). Influence of Pre-Andean orogenies on the Paleozoic intracratonic basins of South America.

Zanotto, O. A. (1993). Erosão pós-Cretáceo na Bacia do Paraná, com base em dados de reflectância da vitrinita. *Simpósio Sul-Brasileiro de geologia*, 5, 58.

Zavala, C. 2008. Towards a genetic facies tract for the analysis of hyperpycnal deposits. In *American Association of Petroleum Geologists, Hedberg Conference, March* (pp. 3-7).

Zavala, C., Valiente, L. B., & Vallez, Y. 2008. The origin of lofting rhythmites. Lessons from thin sections. In *AAPG Hedberg Conference, March* (pp. 3-7).

Zavala, C., J. Marcano, J. Carvajal, and M. Delgado, 2011, Genetic indices in hyperpycnal systems: A case study in the late Oligocene –early Miocene Merecure Formation, Maturin Subbasin, Venezuela, in R. M. Slatt and C. Zavala, eds., *Sediment transfer from shelf to deep water— Revisiting the delivery system: AAPG Studies in Geology* 61, p. 53– 73..

Zavala, C., & Arcuri, M. (2016). Intrabasinal and extrabasinal turbidites: Origin and distinctive characteristics. *Sedimentary Geology*, 337, 36-54.

Zerfass, H., Lavina, E. L., Schultz, C. L., Garcia, A. J. V., Faccini, U. F., & Chemale, F. (2003). Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimate. *Sedimentary Geology*, 161(1), 85-105.

Zerfass, H., Chemale, F., Schultz, C. L., Schultz, C. L.,(2004). *Tectonics and sedimentation in Southern South America during Triassic*. *Sedimentary Geology* 166 265-292.