

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

**INUNDITOS COMO ANÁLOGOS DE RESERVATÓRIOS – UM  
EXEMPLO NOS DEPÓSITOS GONDUÂNICOS TRIÁSSICOS DO  
GRÁBEN ARROIO MOIRÃO, RS**

**YOLANDA CALIMAN RODRIGUES**

ORIENTADORA: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Pimentel Mizusaki

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Rualdo Menegat

Porto Alegre, 2018

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

**INUNDITOS COMO ANÁLOGOS DE RESERVATÓRIOS – UM  
EXEMPLO NOS DEPÓSITOS GONDUÂNICOS TRIÁSSICOS DO  
GRÁBEN ARROIO MOIRÃO, RS**

**YOLANDA CALIMAN RODRIGUES**

ORIENTADORA: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Pimentel Mizusaki

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Rualdo Menegat

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. – Rogério Roque Rubert – Universidade Federal do Mato Grosso -  
UFMT

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cassiana Michelin – Universidade Federal do Rio Grande do Sul -  
UFRGS

Prof. Dr. Anderson Maraschin - Pontifícia Universidade Católica do Rio  
Grande do Sul – PUC/RS

Dissertação de mestrado apresentada como  
requisito parcial para a obtenção do Título de  
Mestre em Geociências

Porto Alegre, 2018

## CIP - Catalogação na Publicação

Rodrigues, Yolanda Caliman  
INUNDITOS COMO ANÁLOGOS DE RESERVATÓRIOS - UM  
EXEMPLO NOS DEPÓSITOS GONDUÂNICOS TRIÂSSICOS DO  
GRÁBEN ARROIO MOIRÃO, RS / Yolanda Caliman  
Rodrigues. -- 2018.

66 f.

Orientadora: Ana Maria Pimentel Mizusaki.

Coorientador: Rualdo Menegat.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências,  
Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto  
Alegre, BR-RS, 2018.

1. Turbidito extrabacinal. 2. Fluxos  
hiperpícnais. 3. Depósitos efêmeros. 4. Bacia do  
Paraná. 5. Formação Santa Maria. I. Mizusaki, Ana  
Maria Pimentel, orient. II. Menegat, Rualdo,  
coorient. III. Título.

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

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGGEO-UFRGS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro e logístico.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Pimentel Mizusaki e ao meu co-orientador Prof. Dr. Rualdo Menegat, pela oportunidade de estudar sob suas orientações, por seus ensinamentos compartilhados e discussões acerca da geologia e demais temáticas.

Ao doutorando Aurélio Fagundes Silva pela colaboração no projeto de mestrado e por todo apoio oferecido na elaboração do artigo.

Aos colegas do grupo de pesquisa Rodrigo Fontana, Sérgio Leon Dias, Mateus Arndt e Guilherme Gomes.

Aos amigos Aurélio Fagundes, Thais Ferreira, Adriana Strapasson, Mariana Nicolini, Ágata Ribas, Christophe Lardon, Juliano Lima, Vanessa Rodrigues, Tomaz Melo, Pedro Xavier, Maurício Schmitt e aos funcionários Luiz, Sheila, Regina e Lauren.

Finalmente, e muito importante, à minha mãe Dinalva Caliman Rodrigues, à minha irmã Giorgia Caliman Rodrigues, ao meu irmão Giovanni Luis Caliman Rodrigues e, especialmente, dedico ao meu avô Clementino Caliman.

A todos, o mais sincero obrigada.



## RESUMO

O estudo de reservatórios de óleo e gás de sistemas continentais tem enfatizado, na última década, arenitos associados a inunditos, provenientes de fluxos hiperpicnais. Contudo, há poucos estudos para entender sua arquitetura e heterogeneidade, resultando em dificuldades de reconhecimento e de exploração. O presente trabalho visa à análise de pacotes triássicos da Bacia do Paraná pertencentes à Formação Santa Maria, que ocorrem como fragmentos isolados sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense na região do Gráben Arroio Moirão (RS). Para tanto, fez-se uso de mapeamento sistemático, análise de heterogeneidade de fácies e estratigrafia de sequências, que incluem levantamento de perfis colunares, identificação de associações e sucessões de fácies e superfícies-chave. Além disso, classificaram-se os arenitos e qualificou-se a porosidade com base na análise petrográfica. Foi possível delimitar os principais depósitos de arenitos, no quais predomina geometria tabular, grãos mal selecionados e matriz argilosa. Distinguiram-se cinco ciclos deposicionais granodecrescentes ascendentes, limitados na base e no topo por superfícies erosivas, que marcam heterogeneidades recorrentes. As fácies-reservatório foram classificadas como subarcósios, de matriz argilosa oxidada, com agregados de caulinita, e porosidade intergranular do tipo shrinkage. A integração dos dados resultou na elaboração de um modelo de variação lateral e vertical de fácies de depósitos de inunditos. Nele, identificaram-se fácies constituídas por arenitos grossos a conglomeráticos, com estratificações cruzada tangencial e plano-paralela, como potenciais modelos análogos de reservatórios. Esses resultados possibilitam prospectar outros depósitos arenosos dessa unidade estratigráfica da Bacia do Paraná, para fins de dimensionar regionalmente o análogo de reservatório.

**Palavras-Chave:** Bacia do Paraná, Formação Santa Maria, Turbiditos extrabaciais.

## ABSTRACT

The study of oil and gas reservoirs in continental systems has emphasized, in the last decade, sandstones associated with inundites, coming from hyperpicnal flows. However, there are few studies to understand its architecture and heterogeneity, resulting in difficulties for exploration and exploitation. The current work aims at the analysis of Triassic strata from the Paraná Basin belonging to the Santa Maria Formation, which occur as isolated fragments on the Sul-rio-grandense Shield in Arroio Moirão Graben (RS). For this, systematic mapping, facies heterogeneity analysis and sequence stratigraphy were used, including columnar profiles, identification of associations and sequences of facies and key surfaces. In addition, the sandstones were classified and the porosity was qualified based on the petrographic analysis. It was possible to define the main deposits of sandstones, in which predominate tabular geometry, poorly selected grains and clayey matrix. Five ascending granodecrescent depositional cycles were distinguished, limited at the base and at the top by erosive surfaces, which marked recurrent heterogeneities. The reservoir facies were classified as subarcósios, of oxidized clay matrix, with aggregates of kaolinite, and intergranular porosity of the shrinkage type. The integration of the data resulted in the elaboration of a model of lateral and vertical variation inundites deposits facies. In it, facies composed of conglomeratic thick sandstones were identified, with tangential cross stratification and planar stratification, as potential analog models of reservoirs. These results allow the prospection of other sandy deposits from this stratigraphic unit of the Paraná Basin, in order to size the reservoir analogue regionally.

**Keywords:** Paraná Basin, Santa Maria Formation, Extrabasinal turbidites.

**LISTA DE FIGURAS**

- FIGURA 1.** HIERARQUIA DAS HETEROGENEIDADES NOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES COM RELAÇÃO ÀS ESCALAS DE CAMPO, RESERVATÓRIO E PETROFÍSICA (MODIFICADO DE PAIM; FACCINI; NETTO, 2003 *APUD* BUCHEM *ET AL.*, 1995; DREYER, 1993; MIALL, 1996). .....14
- FIGURA 2.** CARTA CRONOESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ. (FONTE: MODIFICADO DE MILANI *ET AL.*, 2007). O RETÂNGULO VERMELHO DESTACA AS SUPERSEQUÊNCIAS GONDWANA I E GONDWANA II, E O POSICIONAMENTO DAS FORMAÇÕES SANGA DO CABRAL (SCB) E SANTA MARIA (SM). .....20
- FIGURA 3.** MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DO RIO GRANDE DO SUL. (FONTE: MODIFICADO DE ZERFASS, *ET AL.* 2003). .....21
- FIGURA 4.** MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, DESTACADO PELO QUADRADO LARANJA (FONTE: MODIFICADO DE KETZER, 1997). .....23
- FIGURA 5.** CLASSIFICAÇÕES COMPOSICIONAL (À ESQUERDA) E TEXTURAL (A DIREITA) DE ARENITOS. (FONTE: PETTIJOHN, 1987; UDDEN-WENTWORTH E BLAIR & MACPHERSON, 1999, MODIFICADO POR TUCKER 2001). .....28

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>9</b>
1. INTRODUÇÃO .....	9
2. OBJETIVOS .....	10
2.1. Objetivo geral .....	10
2.2. Objetivos específicos.....	10
3. ESTADO DA ARTE.....	11
3.1. O estudo de análogos de reservatórios.....	11
3.2. Reservatórios em Depósitos Efêmeros .....	13
3.3. O estudo de modelos de inunditos .....	14
3.4. A Bacia do Paraná e suas unidades triássicas.....	18
4. ÁREA DE ESTUDO .....	23
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
5.1. Obtenção de dados de campo .....	25
5.2. Análise de fácies, modelos e sequências deposicionais .....	25
6. TEXTO INTEGRADOR.....	29
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>36</b>
CARTA DE SUBMISSÃO.....	36
ARTIGO.....	36

## **ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Constam nesse documento Resumo e Abstract que sintetizam os objetivos e os resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto de pesquisa. O Capítulo 1 – Introdução – versa sobre premissas de trabalho, objetivos gerais e específicos da pesquisa, estado da arte, metodologia e texto integrador relevantes à compreensão da dissertação. A seguir, no Capítulo 2 está a carta de submissão, o artigo científico submetido à revista “Geologia USP. Série Científica” e referências bibliográficas.

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

Reservatório é a rocha com porosidade e permeabilidade adequadas à acumulação de hidrocarbonetos (BJORLYKKE, 2010). Nas bacias sedimentares produtoras de hidrocarbonetos, o estudo de reservatórios em subsuperfície é de fundamental importância, pois permite, não só o conhecimento do sistema petrolífero, como também a melhor exploração das reservas de hidrocarbonetos. Os reservatórios em subsuperfície normalmente se encontram em grandes profundidades e os dados para seu estudo provêm da aplicação de métodos indiretos (e.g. perfilação geofísica) e restritos (e.g. testemunhos). Assim, há necessidade do estabelecimento de modelos análogos de reservatórios em rochas aflorantes que possibilitam um melhor entendimento de reservatórios em subsuperfície.

Os arenitos são de grande potencial reservatório, especialmente aqueles associados a ambientes eólicos e plataformais (WALKER, 1992). No entanto, corpos arenosos com porosidade e permeabilidade também podem ocorrer intercalados com corpos argilosos, para constituírem reservatórios não-convencionais (ALPAY, 1972). Nesse sentido, torna-se uma questão chave aprimorar o conhecimento de modelos sedimentares efêmeros, como em depósitos fluviais efêmeros (NORTH; TAYLOR, 1996) e/ou em depósitos efêmeros provenientes de fluxos hiperpicnais em frente deltaica (OLARIU; STEEL; PETTER, 2010) para novas explorações em eventuais reservatórios de óleo e gás. Depósitos efêmeros, como os inunditos (SEILACHER, 1991; DELLA FÁVERA, 2001), têm sido recentemente identificados nas unidades triássicas da Bacia do Paraná, isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense (LIMA, 2014). Tais unidades como as que ocorrem no Gráben Arroio Moirão (GAM) foram analisadas neste trabalho, para o estudo de um modelo análogo de reservatório associado a modelos deposicionais de inunditos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Elaborar um modelo deposicional que caracterize e especifique adequadamente os depósitos areníticos de sistemas efêmeros que ocorrem nas unidades Triássicas da Bacia do Paraná, as quais se encontram isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense, como o Gráben Arroio Moirão (GAM). Cabe ainda ressaltar, que o presente estudo tem a natureza de um exercício exploratório no que se refere tanto à proposição de modelos efêmeros para as unidades do GAM quanto à possibilidade desses depósitos, como os inunditos, constituírem-se em análogos de reservatórios.

### **2.2. Objetivos específicos**

- 1) Caracterizar as fácies e sucessões de fácies de arenitos de inunditos para as unidades Triássicas do GAM;
- 2) Definir o arcabouço estratigráfico de alta resolução do intervalo estudado consoante análise e hierarquização de superfícies-chave conforme preconizado pela estratigrafia de sequências e análise de fácies;
- 3) Definir as diferentes escalas de heterogeneidades deposicionais de arenitos desses depósitos efêmeros;
- 4) Definir a geometria externa dos corpos arenosos e de que forma estão conectados.

### 3. ESTADO DA ARTE

#### 3.1. O estudo de análogos de reservatórios

Os estudos de modelos análogos em afloramentos são atividades que constituem-se de análise multidisciplinar, a qual agrega dados provenientes de coleta e descrição de amostras de rochas e posterior análise petrológica; e caracteriza os modelos sedimentares para possível entendimento dos fatores controladores do armazenamento, trapeamento e fluxo de fluidos em reservatórios de hidrocarbonetos (PAIM; FACCINI; NETTO, 2003; BJORLYKKE, 2010). A complexidade do meio poroso resultante dos processos deposicionais, como os formados pelos diferentes ambientes deposicionais e diagenéticos, são fatores controladores da qualidade dos espaços permoporosos do reservatório e na percolação dos fluidos, ou seja, formam os diversos controles espaciais e temporais que resultam nas heterogeneidades da rocha-reservatório (SLATT, 2006; BJORLYKKE, 2010).

Segundo Bjorlykke (2010) os principais parâmetros controlados direta ou indiretamente para os processos deposicionais pelo ambiente deposicional são: composição mineralógica, tamanho do grão, arredondamento, esfericidade, seleção, orientação dos grãos e composição química da água de formação. Estes parâmetros influenciam inicialmente na origem de porosidade em arenitos-reservatório e na distribuição dos primeiros constituintes autigênicos (argilas infiltradas em ambientes subaéreos e cimentos eodiagenéticos). Os processos e constituintes diagenéticos, incluindo compactação mecânica, dissolução e precipitação de fases minerais, ocorrem e se distribuem em conformidade com a participação dos diferentes fatores capazes de influenciar a evolução e intensidade dos processos diagenéticos. Dentre os fatores capazes de influenciar, Byrnes (1994) e Paim; Faccini; Netto (2003) definem como:

- Os atributos das litofácies incluindo desde a distribuição vertical e lateral das diferentes litologias até os atributos composicionais e texturais da mineralogia detrítica original dos sedimentos.



- A composição dos fluidos intersticiais que percolam os depósitos e que se mantêm aprisionados no interior dos sedimentos, no caso de depósitos continentais diretamente relacionados ao ambiente deposicional e ao clima.
- A história de soterramento, particularmente controlando o maior ou menor tempo de residência de um depósito junto à superfície ou em diferentes profundidades (manutenção de condições de temperatura e pressão sobre os depósitos)

Portanto, rochas-reservatório são aquelas que contêm valores de porosidade e de permeabilidade adequadas percolação de fluidos intersticiais e, conseqüentemente à acumulação de hidrocarbonetos. Define-se porosidade como porcentagem em volume dos poros da rocha em relação à rocha total. Já a permeabilidade é a capacidade da rocha de transmitir fluido, sendo expressa em Darcy (D) ou milidarcy (mD) e função da quantidade, geometria e grau de conectividade dos poros. De modo geral, porosidade e permeabilidade são diretamente proporcionais ao grau de seleção e tamanho dos grãos e inversamente proporcional à esfericidade (SLATT, 2006, BJORLYKKE, 2010).

De acordo com Alpay (1972) e Paim; Faccini; Netto (2003), para melhor entender as escalas de heterogeneidades de reservatório, os depósitos sedimentares se dividem em hierarquias observacionais controladas pelas seguintes escalas (Figura 1):

- a) Escala gigascópica a megascópica: relacionada à escala de bacia, envolvendo a estratigrafia de sequências e tectônica de bacia. Tem suas heterogeneidades controladas pelo arcabouço estratigráfico e estrutural da bacia.
- b) Escala macroscópica a mesoscópica: envolve as dimensões de um campo de petróleo ou regiões entre poços. Tem suas heterogeneidades definidas a partir das arquitetura estratigráfica, elementos arquiteturais, da faciologia, variações regionais quanto à distribuição das fácies e dos *trends* de permeabilidade. Para isso, também são importantes os estudos paleogeográficos, paleoambientais e análises de proveniência.
- c) Escala microscópica: corresponde à identificação e quantificação de porosidade e permeabilidade. Neste nível de caracterização atinge a escala em intervalos específicos de camada, e são reconhecidas as continuidades e descontinuidades, laterais e verticais das litofácies, e definição de modelos diagenéticos, cujos atributos permoporosos são definidos por análises petrológicas e petrofísicas.

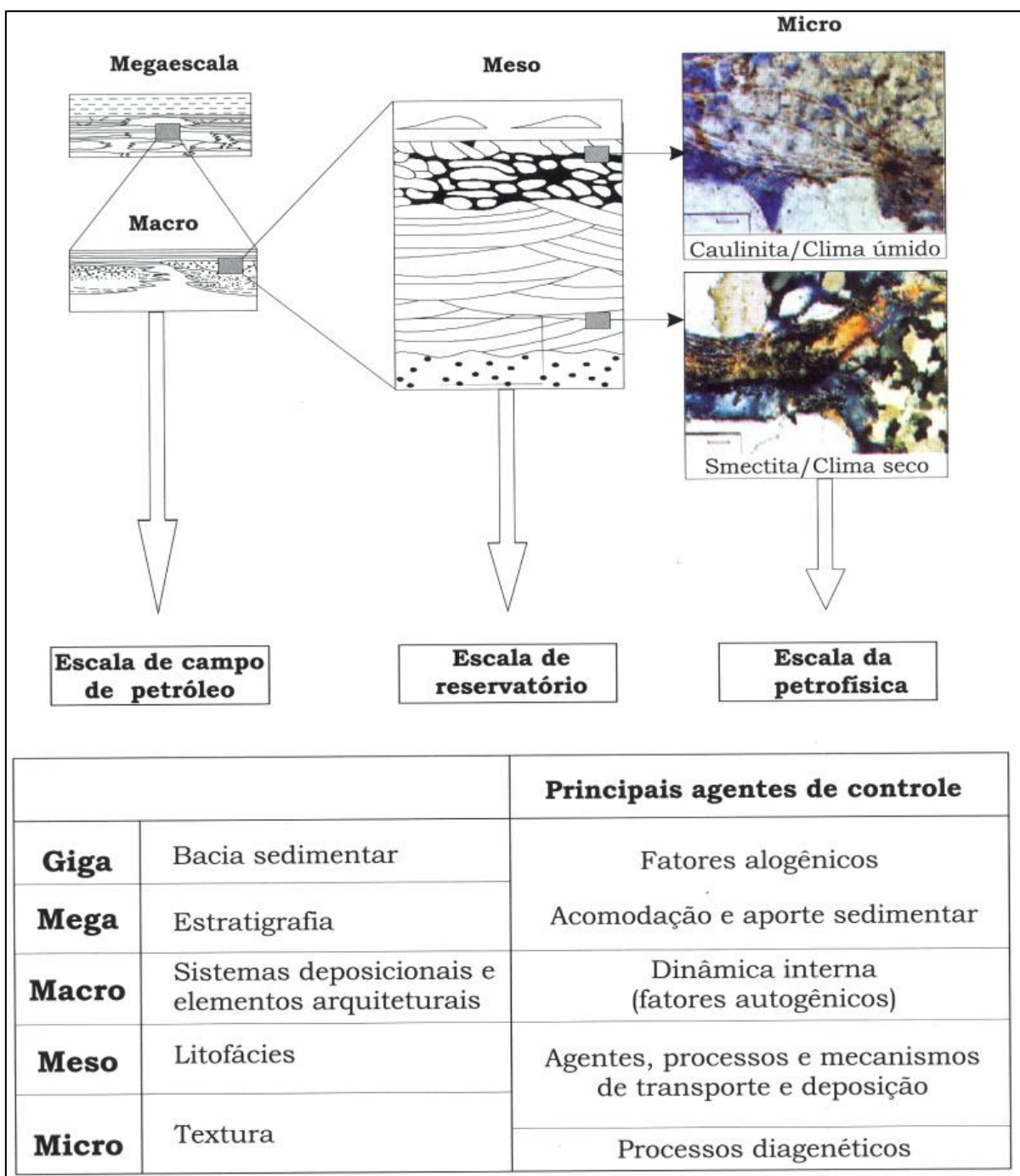
A análise integrada dessas escalas observacionais compreende em importante ferramenta para reduzir as incertezas sobre os procedimentos a serem adotados no desenvolvimento e na produção de campos de petróleo. O conhecimento das heterogeneidades dos reservatórios propicia o modelamento geométrico de reservatórios para a simulação de fluxo fluido em seus respectivos contextos permoporosos. Dessa forma, tem-se o melhor aproveitamento exploratório da energia natural e/ou posteriormente introduzida nos reservatórios, visando a produzir o maior volume de hidrocarboneto no reservatório.

### **3.2. Reservatórios em Depósitos Efêmeros**

Reservatórios em corpos arenosos vinculados a depósitos efêmeros são encontrados atualmente, como descrito por Yang *et al.*, (2017) que descrevem um reservatório Triássico na Bacia Ordos na China, atribuído ao modelo de hiperpicnito lacustre. Estes depósitos efêmeros, ou episódicos, constituem-se um tipo de reservatório não-convencional, em que seus corpos arenosos estão intercalados a corpos lamosos, numa configuração de reservatório compartimentado.

Que depósitos efêmeros podem apresentar características de análogos de reservatórios de óleo e gás? Como compreender a heterogeneidade de tais depósitos sedimentares? North e Taylor (1996) buscaram analisar um análogo de reservatório em depósitos fluviais efêmeros, assim como Olariu; Steel; Petter, 2010), neste caso, para depósitos efêmeros provenientes de fluxos hiperpicnais em frente deltaica. Especificamente, para o modelo de desaceleração de fluxos hiperpicnais em corpos de água rasa, Zavala *et al.* 2011; Zavala; Arcuri (2016) apresentaram um estudo completo e aprofundado de fácies. Modelo este, também denominado Inundito por autores como Seilacher (1991) e Della Fávera (2001).

As respostas para essas questões seriam de grande importância para aprimorar o conhecimento desses modelos para o estudo de análogos de reservatórios. Estas são questões chave para eventual exploração e exploração de hidrocarbonetos.



**Figura 1.** Hierarquia das heterogeneidades nos depósitos sedimentares com relação às escalas de campo, reservatório e petrofísica (modificado de PAIM; FACCINI; NETTO, 2003 *apud* BUCHEM *et al.*, 1995; DREYER, 1993; MIAL, 1996).

### 3.3. O estudo de modelos de inunditos

A gênese de inunditos é atribuída de forma restrita a eventos de inundação e tempestade com grande descarga d'água em ambientes continentais (SEILACHER,

1991; DELLA FÁVERA, 2001). Seus fluxos podem ser originados em cabeceiras de montanhas, onde o alto contraste de gradientes entre terras altas e baixas favorece a concentração de sedimentos e rápida elevação do nível de base local. Além disso, tais descargas são comuns em ambiente áridos e semiáridos, onde a água que escorre superficialmente tem a propensão de tornar-se altamente concentrada em sedimentos muito finos, conferindo-lhe caráter denso (KELLY; OLSEN, 1993). Esses fatores propiciam que sejam disparados fluxos de densidade, que ao desembocarem em corpos d'água geram fluxos hiperpicnais, o que dificilmente aconteceria com os fluxos normalmente turbulentos de rios (ZAVALA; ARCURI, 2016).

Depósitos sedimentares efêmeros, como os inunditos, estão associados a eventos de grandes inundações fluviais episódicas, as quais podem, ainda, atingir corpos d'água rasa, bem como lagos profundos e mares, onde a deposição de sedimentos ocorre pela forma de fluxos hiperpicnais. Embora proposto por Seilacher (1991) e no Brasil por Della Fávera (2001), para eventos de inundações fluviais episódicas em corpos de água rasa, o modelo de inundito tem muitos outros significados na literatura. Às vezes são referidos como um processo e em outras são endereçados como um modelo deposicional. Não há clareza como inunditos e inundações estão relacionados.

Essa diversidade de significados reflete em uma miscelânea de nomenclaturas, o que dificulta o claro entendimento dos processos deposicionais e do uso desses modelos (ver Tabela 1 do artigo, Capítulo 2). Como não há um método de identificação padronizado, emprega-se de maneira semelhante o padrão de fácies utilizado por (WALKER, 1992) como ferramenta de predição e comparação. De acordo com essa metodologia um modelo de fácies serve como um análogo para a comparação. O emprego dessa metodologia leva a uma tendência de identificação desses modelos de forma genérica, como flúvio-lacustre.

*Lato sensu*, todas as inundações resultam em inunditos (DELLA FÁVERA, 2001). São consideradas nessa classe, inundações em sistemas fluviais perenes, cujo registro sedimentar está vinculado a uma anomalia agradacional de barras fluviais, devido à abrupta elevação do nível d'água. Essas inundações podem estar associadas a lagos efêmeros (HEWARD, 1978; DELLA FÁVERA, 2001).

*Stricto sensu*, inunditos podem ter origem de sistemas efêmeros subaéreos, em regiões áridas, provenientes de inundações relâmpago com geração de rios intermitentes, eventualmente associados a lagos efêmeros, playa lake, etc.

(FISCHER *et al.*, 2008; POSTMA, 2014). Contudo, quando o fluxo é suficientemente denso, pode alcançar corpos d'água rasos (DELLA FÁVERA, 2001), baías protegidas (SEILACHER, 1991) e até mesmo ambiente marinho profundo (ZAVALA *et al.*, 2011, 2016). Nesses casos, ao desembocar em corpos d'água como fluxo hiperpicnal, desenvolve depósitos subaquosos semelhantes aos de turbidito clássico, como descrito por Mutti *et al.* (1992). Nesse compasso, Zavala *et al.*, 2011 e Zavala; Arcuri (2016) propuseram um modelo distinto denominado 'turbidito extrabacinal' ou também 'hiperpicnito', onde estabeleceram a natureza do processo deposicional desses fluxos subaquosos hiperpicnais e as correspondentes sucessões e associações de fácies.

Na literatura geológica, o reconhecimento dos processos em sistemas subaquosos de turbiditos extrabacinais e seus depósitos (MULDER *et al.*, 2003; ZAVALA *et al.*, 2011, ZAVALA; ARCURI, 2016) abriram fronteiras para o entendimento dos processos geradores de hiperpicnitos e inunditos em depósitos lacustres e marinhos. Em seu trabalho, Zavala; Arcuri (2016) diferenciou as correntes de turbidez "clássicas" e as relacionadas com as inundações. Esses autores utilizaram o conceito e a nomenclatura do modelo de proveniência de Zuffa (1985, 1987), que diferencia as partículas produzidas dentro da bacia (intrabacinais) e as partículas produzidas fora da bacia (extrabacinais), para renomear os diferentes turbiditos, de acordo com a origem dos fluxos, que podem ser intrabacinais (turbiditos clássicos) ou extrabacinais (turbiditos provenientes de fluxos hiperpicnais).

Turbiditos clássicos intrabacinais são originados por fluxos de gravidade de sedimentos subaquosos originados dentro de uma bacia marinha ou lacustre, por desestabilização de modo instantâneo ou progressivo (MOORE, 1961), devido a terremotos ou sobrecarga de sedimentos instáveis em deltas de margens de plataforma e em áreas de talude (HAMPTON, 1972). Os fluxos movem-se devido à sua própria contribuição e pela densidade do fluido circundante (PARSONS *et al.*, 2007). As correntes de turbidez intrabacinais iniciam-se como um fluxo de detritos coesivo que se transforma progressivamente (por meio de saltos hidráulicos e transformações de fluxo) em um fluxo granular e finalmente, turbulento (MUTTI, 1992, PIPER *et al.*, 1999). Essas transformações de fluxo são consequência da aceleração e arraste de água em áreas de declive. Nas correntes intrabacinais de turbidez, a maior velocidade de fluxo é alcançada na cabeça e decresce

progressivamente em direção ao corpo e à cauda (KNELLER; BUCKEE, 2000). Ao avançar na água do mar estática, o fluxo de turbidez intrabacinal deve necessariamente deslocar para trás a água ambiente. Isto resulta em uma divergência de fluxo na cabeça e na geração de uma corrente de retorno que deve manter em suspensão todos os materiais transportados pelo fluxo turbulento em avanço. Esta suspensão permanente na área da cabeça deriva em uma excelente triagem de grãos e "lavagem" contínua da suspensão turbulenta arenosa. A fração arenosa mais grossa é então, reincorporada para o fluxo de avanço, enquanto que os materiais mais finos e mais leves permanecerão em suspensão e serão segregados para a cauda da corrente de turbidez. Assim, as correntes de turbidez intrabacinais têm uma tendência para perder materiais mais leves. Conseqüentemente, os fluxos de turbidez intrabacinais não podem transportar materiais leves derivados do continente como carvão vegetal ou detritos vegetais para longas distâncias, uma vez que serão rapidamente lavados e excluídos do fluxo principal de turbiditos (BLANCO VALENTE, 2012 *Apud* ZAVALA; ARCURI, 2016).

Fluxos hiperpicnais tem sua origem exclusivamente continental e podem ser provocados por chuvas episódicas ou sazonais que geram descargas, relativamente densas de água doce, lama e outros materiais suspensos e formam depósitos de lóbulos de arenito (MUTTI *et al.*, 1996), denominados turbiditos extrabacinais (ZAVALA; ARCURI, 2016). Quando desembocam em corpos d'água, descarregam uma mistura de água e sedimento com uma densidade maior do que a água da bacia receptora. Ao mergulhar-se na água do mar, por exemplo, o fluxo permanece hiperconcentrado e muito denso, avançando como uma "cunha" abaixo da água e resultando numa baixa mistura e limitada incorporação de água da bacia, o que evita a geração de plumas flutuantes (hipopicnais). Essa característica permite que os materiais finos se mantenham nos interstícios dos grãos mais grossos, obliterando muito os poros, diferentemente do que ocorre com os turbiditos clássicos ou intrabacinais. Como há mistura limitada com a água do mar, estes fluxos hiperpicnais de águas meteóricas levam consigo materiais mais leves como detritos vegetais de troncos, folhas e *charcoal* (SELVARAJ *et al.*, 2015 e BLANCO VALENTE, 2012 *Apud* ZAVALA; ARCURI, 2016). De acordo com Zavala; Arcuri (2016), consideram-se:

- Os fluxos hiperpicnais de areia (com ou sem carga de fundo associados) acumulam frequentemente camadas compostas de areia a cascalho em áreas

proximais. Seus depósitos típicos mostram mudanças bruscas ou graduais de fácies, com abundantes restos vegetais. Em águas marinhas, a inversão de densidade induzida pela água doce resulta na acumulação de ritmitos de floculação nas áreas de margem de fluxo.

- Os fluxos hiperpicnais lamosos são carregados por uma suspensão turbulenta predominantemente composta por uma mistura de partículas de silte e de argila de composições variadas. Uma vez que a concentração de sedimentos em suspensão não diminui substancialmente, o fluxo permanecerá ligado ao fundo da bacia até a sua acumulação final. Os depósitos típicos compõem camadas de folhelhos de centímetros a decímetros de espessura, dispostas sobre uma base erosiva com microfósseis marinhos deslocados e restos de plantas dispersos.

Enquanto que tais correntes carregam fragmentos vegetais até regiões profundas da bacia, fluxos densos intrabaciniais ou turbiditos clássicos os depositam somente em regiões proximais. Além dessa característica distintiva, é particularmente singular nos fluxos extrabaciniais os depósitos de *lofting* (segregação por plumas de suspensão), constituídos por níveis com grande concentração de mica ou de fragmentos vegetais e folhas. Com isso, o modelo de fluxos hiperpicnais de Zavala; Arcuri (2016) é particularmente importante, pois nos leva a considerar que os depósitos de inunditos nem sempre se formam na borda da bacia acima do nível de base de erosão fluvial. Isso pode ser um fator que propicie equívocos de interpretação, pois depósitos de canais de fluxo hiperpicnal podem se parecer com os de sistemas fluviais, enquanto que a deposição de finos da porção distal desses fluxos, com os finos do sistema lacustre, que geram sucessões de grossos e finos que levam a interpretação ambígua de depósitos 'flúvio-lacustres'. Quando, na verdade, poderiam se tratar de depósitos hiperpicnais de regiões mais profundas da bacia, inclusive contendo fragmentos de folhas bem preservados, como pode ocorrer nas porções profundas de lagos de distensão crustal.

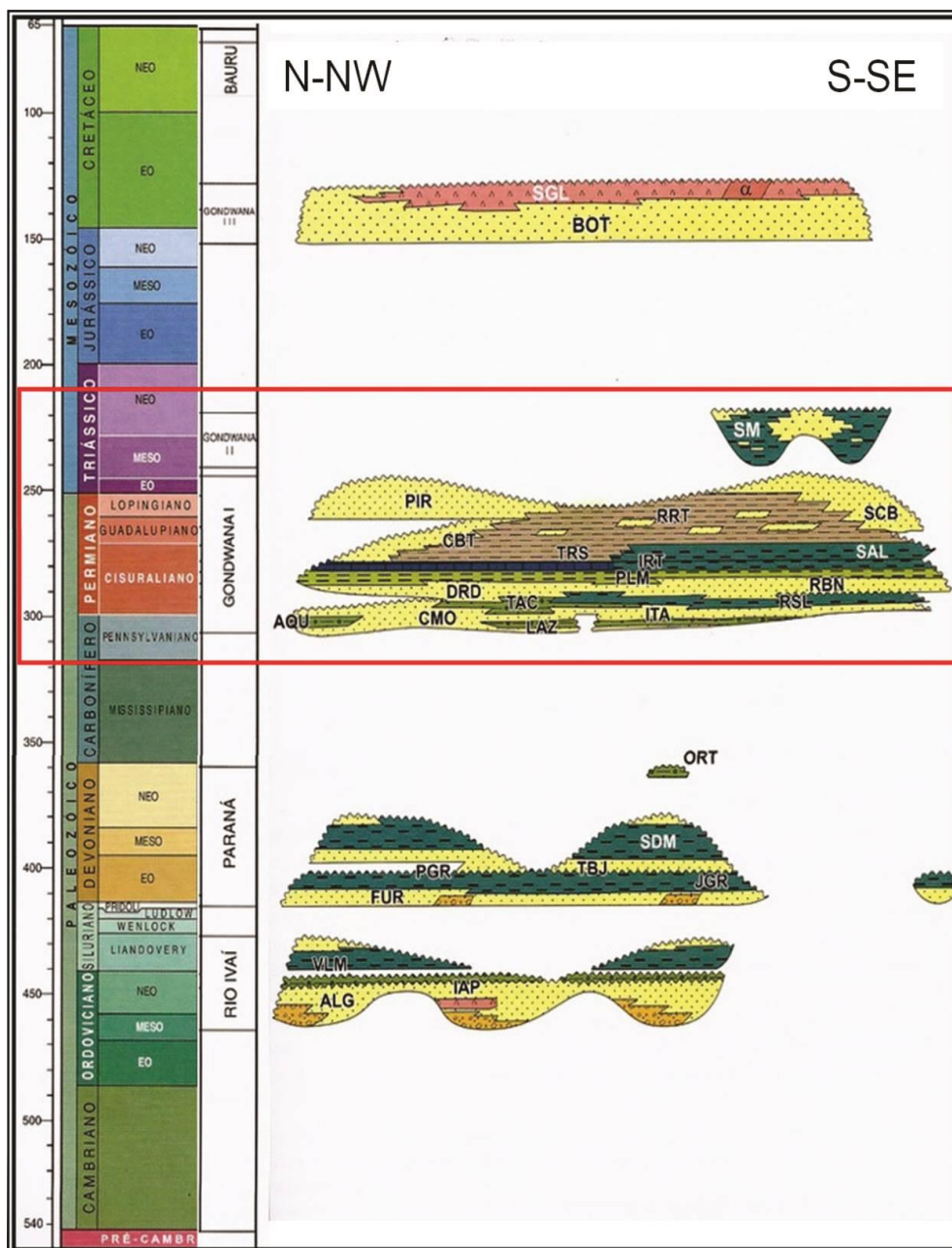
### **3.4. A Bacia do Paraná e suas unidades triássicas**

A Bacia do Paraná, onde se insere a área a ser estudada, compreende uma bacia intracratônica da plataforma Sul-americana, localizada na região sul-sudoeste do Brasil, oeste do Paraguai, nordeste da Argentina e norte do Uruguai, com área aproximada de 1,6 milhões de km<sup>2</sup> e espessura de cerca de 6.000 metros de rochas

sedimentares e magmáticas (SCHNEIDER *et al.*, 1974). A bacia compreende, segundo Milani (1997), seis supersequências deposicionais, sendo elas, da base para o topo: Rio Ivaí (Sequência Ordovício-Siluriana), Paraná (Sequência Devoniana), Gondwana I (Sequência Carbonífera–Eotriássica), Gondwana II (Sequência Meso-Neotriássica), Gondwana III (Sequência Neojurássica-Eocretácea) e Bauru (Sequência Neocretácea). Essas unidades foram definidas a partir de superfícies de discordância e constituem-se em sequências de segunda ordem, ou seja, aquelas causadas por grandes eventos tectônicos e eustáticos. De acordo com Milani e colaboradores (2007), as três primeiras supersequências definem três ciclos transgressivo-regressivos paleozoicos, enquanto as demais representam depósitos controlados unicamente por tectonismo.

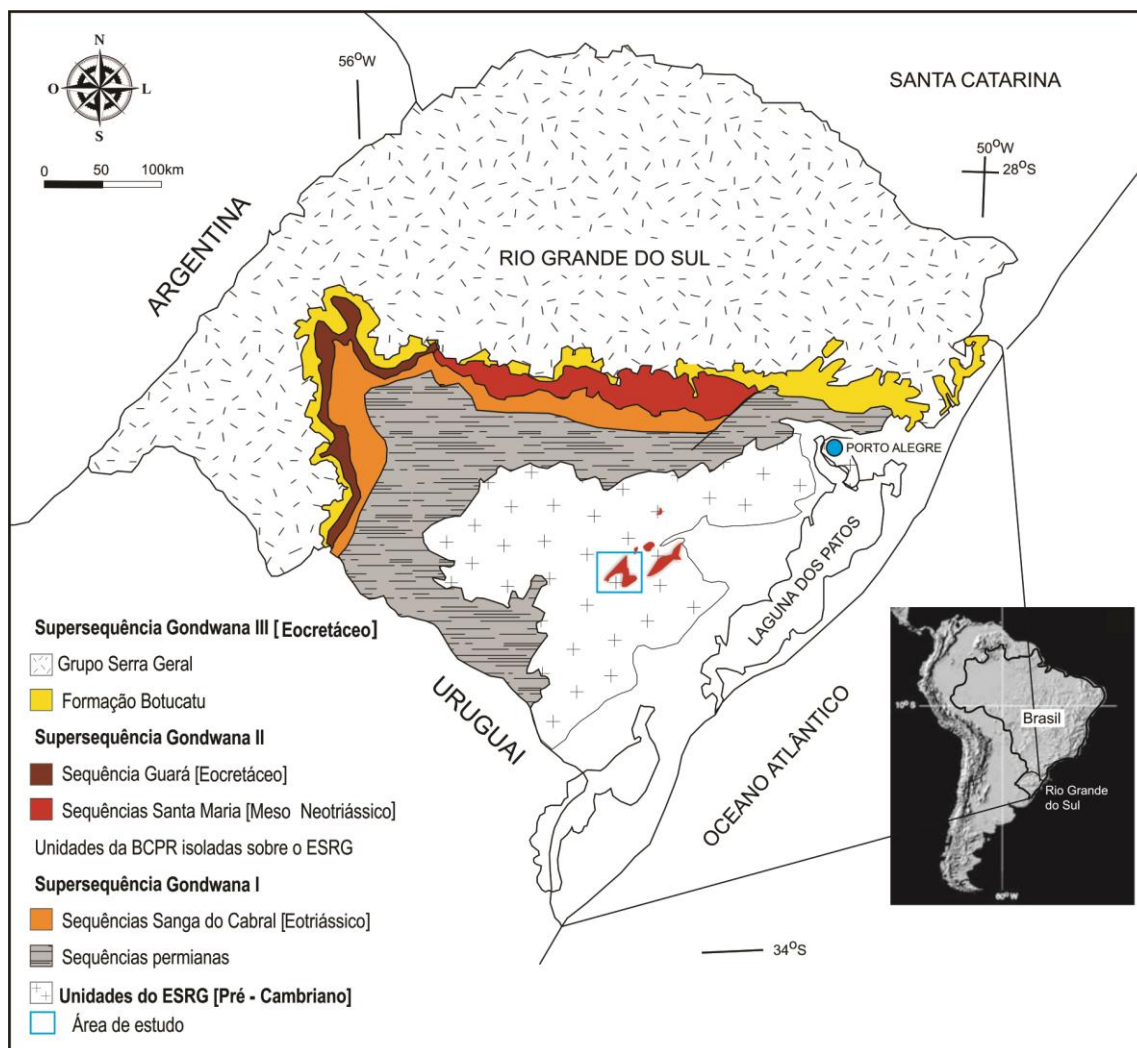
A porção triássica da Bacia do Paraná é compreendida por parte da Supersequência Gondwana I (Formação Sanga do Cabral) e pela Supersequência Gondwana II (Formação Santa Maria) (Figura 2). Essas supersequências foram depositadas em contexto de distensão generalizada na porção sul do paleocontinente Gondwana e delimitam-se restritamente às porções sul-riograndense e uruguaia da bacia, onde representam uma sedimentação acumulada em bacia distensiva (Uliana e Biddle, 1988).





**Figura 2.** Carta cronoestratigráfica da Bacia do Paraná. (Fonte: modificado de Milani *et al.*, 2007). O retângulo vermelho destaca as superseqüências Gondwana I e Gondwana II, e o posicionamento das formações Sanga do Cabral (SCB) e Santa Maria (SM).

Zerfass *et al.* (2003, 2004) denominou a Supersequência Gondwana II de Supersequência Santa Maria, e subdividiu-a em três sequências de terceira ordem denominadas, da base para o topo, como sequências Santa Maria I, II e III (Figura 3). Posteriormente, Horn *et al.* (2014), introduziu uma quarta unidade e propôs novos nomes para as sequências de terceira ordem, da base para o topo, como segue: Pinheiro-Chiniquá (correspondente à Santa Maria I), Santa Cruz (nova unidade), Candelária (anterior Santa Maria II) e Mata (antiga Santa Maria III).



**Figura 3.** Mapa geológico simplificado do Rio Grande do Sul. (Fonte: modificado de Zerfass, 2003).

O conteúdo fóssilífero contido nesses estratos está relacionado à paleofauna de tetrápodes que também ocorre em unidades estratigráficas da Argentina e África do Sul (BARBERENA; ARAÚJO; LAVINA, 1991; SOARES, 2011). A presença desses fósseis foi reconhecida por diversos trabalhos, como os de Lavina (1982), Barberena *et al.* (1985), Santana (1992); Schultz (1995) e Silva (1999). Nestes fósseis foram baseadas diversas propostas de biozoneamento. A utilizada por

Zerfass e colaboradores inclui as zonas de: *Procolophon* (na Supersequência Sanga do Cabral), Therapsida (na Sequência Santa Maria 1), Rincossauros (na Sequência Santa Maria 2) e Intervalo de *Jachaleria* (na Sequência Santa Maria 2).

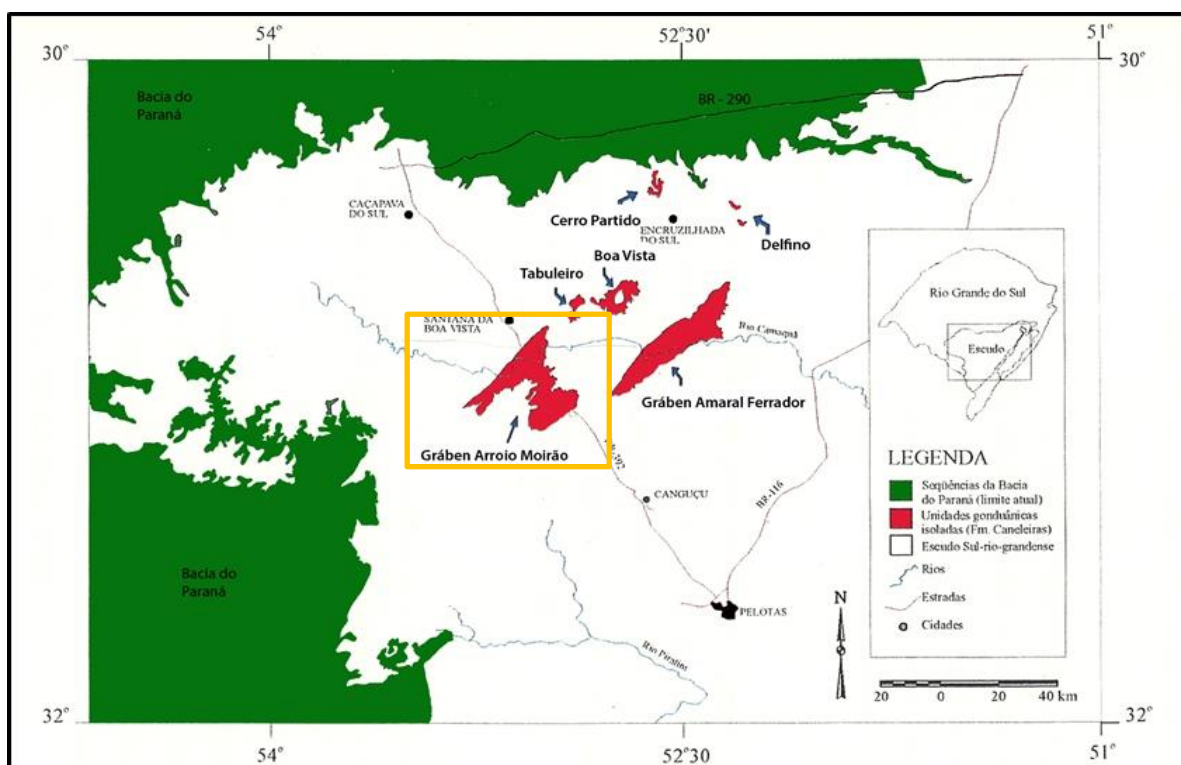
As unidades formais da litoestratigrafia, quais sejam grupos, formações e membros, comumente utilizados na descrição dos estratos da bacia, e as principais unidades informais pela estratigrafia de sequências encontram-se sumarizadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Representação das principais proposições estratigráficas do Triássico no RS, em negrito as proposições especificamente, mais importantes para a área de estudo.

GEOCROLOGIA			LITOESTRATIGRAFIA		ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS		
Período	Época	Idade	Andreis (1980)		Zerfass (2003)		Milani (2007)
			Grupo	Formação	2º ordem	3º ordem	2º ordem
Triássico	Superior	Rhaetiano	Rosário do Sul	Caturrita	Supersequência Santa Maria	Sequência Santa Maria III	Supersequência Gondwana II
		Noriano		Santa Maria		Sequência Santa Maria II	
		Carniano				Sequência Santa Maria I	
	Médio	Ladiniano					
		Anisiano					
	Inferior	Olenekiano					
Induano		Sanga do Cabral	Supersequência Sanga do Cabral	Supersequência Gondwana I			

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende depósitos gonduânicos triássicos que ocorrem no Gráben Arroio Moirão (GAM), sobre o Escudo Sul-rio-grandense. A região situa-se ao sul da Bacia do Paraná, entre as cidades de Canguçu e Santana da Boa Vista (Rio Grande do Sul). Trata-se, dessa forma, de depósitos efêmeros característicos de ambiente tectônico distensional (ULIANA; BIDDLE, 1988 *apud* MILANI *et al.*, 2007)



**Figura 4.** Mapa de localização do Gráben Arroio Moirão no Estado do Rio Grande do Sul, destacado pelo quadrado laranja (Fonte: modificado de KETZER, 1997).

Nessa região, estudos prévios realizados durante a disciplina de Mapeamento Geológico de Rochas Sedimentares pelo Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da UFRGS em 2012 e 2013 (UFRGS, 2012; UFRGS 2013) mostraram que os depósitos correspondem a inunditos, definidos como turbiditos rasos (Della Fávera, 2001).

Segundo o mapeamento geológico da Folha de Pedro Osório (SH.22-Y-C) da CPRM (1999), as unidades sedimentares que afloram ao longo da BR 392, na região do Gráben Arroio Moirão, foram individualizadas em duas unidades distintas: a Formação Sanga do Cabral e a Formação Santa Maria. Contudo, no mapeamento

geológico da CPRM de 2005, essas unidades foram incluídas apenas na Formação Sanga do Cabral (CPRM, 2005) (Figura 2 do artigo, Capítulo 2).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

A aplicação de teorias de análise de heterogeneidade de fácies, estratigrafia de sequências e suas respectivas técnicas como: levantamento de perfis colunares, definições de sucessões e associações de fácies do modelo inundito, será necessária para caracterizar os depósitos efêmeros e identificar onde se distribuem as fácies mais arenosas e em que medida elas podem constituir-se em um análogo de reservatório.

A metodologia deriva da aplicação de teorias de análise de fácies e modelos deposicionais, de estratigrafia de sequências, de heterogeneidade de fácies, da caracterização de reservatórios, e suas respectivas técnicas. Assim, faz-se necessário:

- a) Mapeamento sistemático para o reconhecimento da área de estudo (STOW, 2005; COE, 2010; LISLE, BRABHAM, BARNES, 2014; TUCKER, 2014) e identificação das porções arenosas no gráben, litologias alvo em estudos de reservatório.
- b) Técnica de análise de fácies (WALKER, 1992; DALRYMPLE, 2010; JAMES e DALRYMPLE, 2010), onde foram descritos 20 afloramentos e levantados sete perfis colunares, sendo dois perfis colunares de detalhe PGAM13-005 e PGAM13-008, de onde foram identificadas e interpretadas 20 fácies e 7 sucessões de fácies
- c) Identificação de modelos deposicionais de acordo com técnicas de Miall (1999), Einsele (2000), Potter e Pettijohn (1977);
- d) Correlação e definição do arcabouço estratigráfico com base em modelos de Catuneanu (2006);
- e) Comparação de fácies do modelo teóricos deposicional de inunditos propostos na literatura, usou-se o interpretado por Zavala *et al.* (2011) e Zavala e Arcuri (2016).
- f) Caracterização de fácies lâminas petrográficas de acordo com Terry e Chilingar (1955), Folk (1968), Pettijohn, (1987) e Tucker (2001).

A integração dos dados resultará na elaboração de um modelo de variação lateral e vertical de fácies de depósitos efêmeros como análogos de reservatório.

### **5.1. Obtenção de dados de campo**

Foi realizado o trabalho de campo na região de Canguçu-RS, para o reconhecimento da área de estudo e investigação das porções mais arenosas do gráben, litologias alvo em estudos de reservatório. Uma segunda etapa de campo, para o detalhamento dos afloramentos mais importantes para este trabalho.

Fazendo uso principalmente dessas ferramentas e de acordo com a técnica de análise de fácies foram descritos 20 afloramentos e levantados onze perfis colunares ao longo da BR-392 e em demais locais, pelo acesso de estradas vicinais. Foram coletadas 36 amostras representativas das principais fácies, devidamente embaladas e identificadas. Posteriormente, foram descritas macroscopicamente com auxílio de lupa de aumento de 10 vezes.

### **5.2. Análise de fácies, modelos e sequências deposicionais**

A partir do estudo de fácies e suas associações, por meio de levantamentos de perfis colunares, é possível identificar modelos e sequências deposicionais. Esse método foi empregado inicialmente em campo de acordo com o *Modus Operandi* de análise de fácies (WALKER, 2006; DALRYMPLE, 2010), de onde foram extraídas as informações para se reconhecer o modelo de depósitos efêmeros, suas heterogeneidades, distribuições e geometrias de fácies. Além disso, possibilita a correlação de perfis, o que resulta no entendimento da extensão dos depósitos de interesse.

Os procedimentos adotados no uso dessas técnicas são:

- a) Reconhecimento e descrição de fácies;
- b) Análise e interpretação do processo sedimentar a partir das fácies;
- c) Análise e interpretação de sucessões, associações de fácies e elementos arquiteturais;
- d) Definição de modelos deposicionais e superfícies-chave;
- e) Elaboração de perfis colunares compostos e correlação dos mesmos;
- f) Identificação de unidades-chave para correlação;
- g) Definição do arcabouço estratigráfico.

Diversos atributos de uma rocha sedimentar combinam-se para definir uma fácies, tais como: a litologia ou composição mineralógica do sedimento; a textura, que se refere às feições e aos arranjos dos grãos nos sedimentos, pelo exame do tamanho do grão e suas variações; as estruturas sedimentares e superfícies de acamamento; paleocorrentes; a cor dos sedimentos; a geometria e as relações das camadas ou unidades de rocha entre si e suas variações laterais e verticais em termos de espessura e composição; e natureza, distribuição e preservação dos fósseis contidos nas rochas sedimentares (TUCKER, 2014).

O estudo de fácies e avaliação dos tipos de contatos entre as camadas são exemplos de descrições documentadas em forma de perfis colunares. Esse método empregado para coleta de dados de campo fornece uma percepção visual imediata do pacote sedimentar e, a partir dele, pode-se correlacionar e comparar com afloramentos equivalentes de outras áreas.

Os perfis colunares foram levantados em escala 1:50, sendo que os perfis PGAM13-005 e PGAM13-008 foram selecionados para estudo de detalhe, por apresentarem depósitos arenosos significativos para o estudo de reservatórios. Os perfis foram digitalizados em software Adobe Illustrator CS6 (ver Anexo). A localização desses perfis encontra-se no mapa da Figura 2 do artigo (Capítulo 2 desta dissertação).

Nesses afloramentos selecionados para aquisição de dados de pesquisa, foram coletadas 11 amostras. Estas foram selecionadas para serem laminadas e descritas microscopicamente.



### 5.2.1. Fotomosaicos e geometria de depósitos e fácies

Para o melhor entendimento de geometrias, continuidades das camadas ao longo dos afloramentos e identificação de superfícies que as delimitam, fez-se uso também da técnica de fotomosaicos (MIALL, 1999). Esta consiste em obter-se fotografias ortogonais à superfície aflorante, em intervalos regulares, mantendo-se uma sobreposição de até 40% entre uma imagem e sua subsequente. A montagem do fotomosaico, por sua vez, é feita por meio de digitalização em software gráfico Corel Draw.

### 5.2.2. Correlação estratigráfica

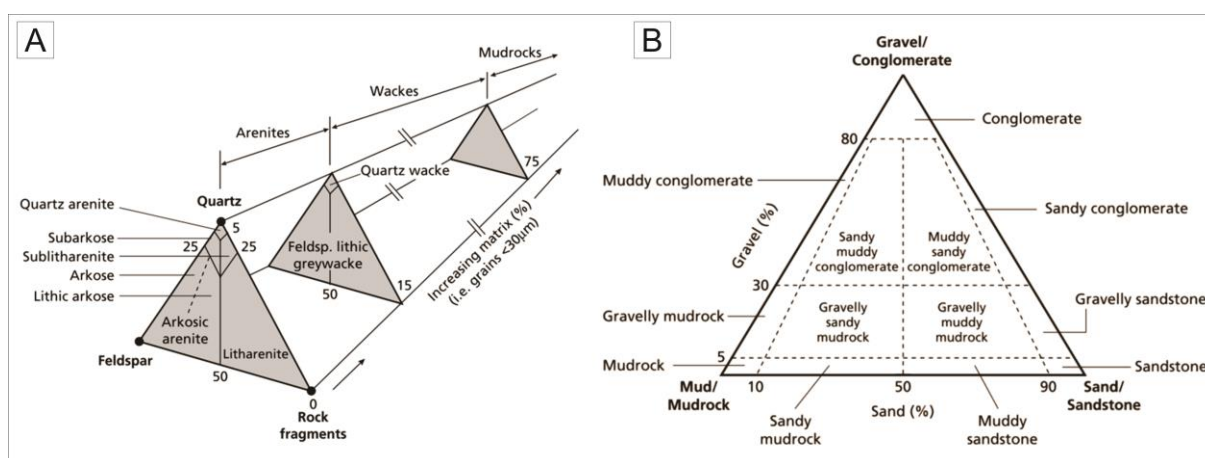
A estratigrafia de sequências é baseada no reconhecimento de tratos de sistemas (unidades deposicionais) limitados por superfícies-chave. Essas superfícies podem representar eventos de erosão regional ou de deposição síncrona em toda a bacia (CATUNEANU, 2006). Os tratos de sistemas são geneticamente relacionados à variação do nível de base. Tais tratos são, por sua vez, constituídos por modelos deposicionais e suas sucessões e associações de fácies. Dessa forma, aplica-se nesse trabalho a metodologia de Catuneanu (2006) e Dalrymple (2010). Contudo, conforme apontado por Zeffass *et al.* (2004), essa metodologia deve ser aplicada para sequências continentais tendo como premissa a variação de nível de base devido a causas tectônicas e também, em outra ordem, por ciclos climáticos. Dessa forma, rastreiam-se as superfícies-chave, como superfícies erosivas e de máxima inundação lacustre e suas correlatas. Para fins práticos, identificam-se unidades operacionais em cada perfil colunar com base em critérios de delimitação de superfícies erosivas na base e no topo, reconhecimento da variação granulométrica granodescrescente ascendente, bem como de considerável variação do tamanho do grão entre o topo da sucessão sotoposta e a base da sobreposta. Essas unidades operacionais correspondem, assim por definição, às unidades sequenciais controladas pelas variações do nível de base.



### 5.2.3. Análise petrográfica

A análise petrográfica é importante para a identificação de minerais detríticos e diagenéticos, bem como para a descrição de texturas, estruturas, tipos de poros e quantificação da porosidade presentes em uma rocha-reservatório. Para fins deste estudo, foram analisadas cinco lâminas delgadas, preparadas a partir de amostras impregnadas com resina azul, no Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências da UFRGS, e descritas em microscópio óptico de polarização modelo Laborlux 12 POL S da marca Leitz.

Utiliza-se a contagem semi-quantitativa de componentes da rocha diretamente em lâmina petrográfica, por estimativa visual de acordo com escala de Terry e Chilingar (1955) e classificação composicional de Folk (1968) para a descrição da mineralogia e porosidade. O procedimento baseia-se na contagem comparativa a escalas de estimativa porcentual para cada componente mineralógico em lâmina. Com esses dados é possível fazer a classificação da rocha e determinar a sua porosidade. Os minerais podem estar isolados ou em fragmentos de rocha, denominados fragmentos líticos. Independente do tipo de ocorrência, cada mineral é contado separadamente. Após essa etapa, faz-se um recálculo, para 100% da lâmina, com os valores dos principais constituintes: feldspato, quartzo e grãos líticos utilizados para classificação da rocha. A classificação textural é baseada na contagem dos seguintes constituintes: lama, areia e cascalho (TUCKER, 2001). Para tanto, utiliza-se o diagrama “b” (Figura 5).



**Figura 5.** Classificações composicional (à esquerda) e textural (a direita) de arenitos. (Fonte: Pettijohn, 1987; Udden-Wentworth e Blair & MacPherson, 1999, modificado por Tucker 2001).

## 6. TEXTO INTEGRADOR

As principais contribuições provenientes do desenvolvimento da presente dissertação estão no artigo científico intitulado “Inunditos como análogos de reservatórios – um exemplo nos depósitos Gonduânicos Triássicos do Gráben Arroio Moirão, RS”, submetido na Revista Geologia USP. Série Científica.

O estudo se baseou nas análises de fácies do pacote sedimentar do GAM para: I) distinguir o tipo de modelo deposicional adequado para a área e; II) caracterizá-lo como análogo de reservatório. Para tanto, utilizou-se de teorias de análise de heterogeneidade de fácies, levantamento de perfis colunares, estratigrafia de seqüências, definições de sucessões e associações de fácies, e comparação com modelos teóricos propostos na literatura. O estudo de afloramentos em campo e estudos de laboratório permitiu relacionar o depósito com o modelo de desaceleração de fluxos hiperpicnais em corpos de água rasa, segundo Zavala *et al.* (2011) e Zavala e Arcuri (2016). Modelo este, também denominado Inundito por autores como Seilacher (1991) e Della Fávera (2001).

Sugere-se como modelo hipotético para a área do Gráben Arroio Moirão que os depósitos se tratam de inunditos depositados por fluxos hiperpicnais em lagos perenes. Além disso, buscou-se identificar a potencialidade desse modelo como um análogo de reservatórios.

Para a análise como modelo de análogo de reservatório, compreende-se que as fácies de texturas mais grossas, a exemplo de conglomerados e arenitos conglomeráticos (associação de fácies B, porção proximal), arenitos grossos e médios (associação de fácies S, porção mediana), que estão encimados pelas fácies de texturas mais finas: arenito fino a muito fino (associação de fácies S4, porções mediana distal) possam ser interpretadas como potenciais fácies-reservatórios. Apresenta ainda, um padrão de geometria tabular, boa extensibilidade e, por análise de lâminas petrográficas essas fácies podem apresentar porosidade de até 7% [Ag/Sx(t)]. Também foram diagnosticadas fácies de lamitos, siltitos e argilitos (associação de fácies L, porção distal) que resultam da deposição de pluma de flotação ou *Lofting* (associação de fácies L).

As associações de fácies B e S possuem características de fácies-reservatório e são capeadas pela associação de fácies L, que é análoga a selante, e a recorrência do padrão cíclico no empilhamento vertical confere a heterogeneidade de distribuição de fácies de inunditos, que em uma análise em megaescala resultaria num análogos de reservatório não convencional, do tipo compartimentado.

O artigo debate o modelo proposto para o Gráben Arroio Moirão e, baseado no modelo de fácies de turbiditos extrabaciais, emprega a análise comparativa de fácies, estudo de processos deposicionais e distribuição das associações de fácies no espaço.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALPAY, O. A. A practical approach to defining reservoir heterogeneity. **Journal of Petroleum Technology**, v. 7, p. 841-848, 1972.
- BARBERENA, M. C.; ARAÚJO, D. C.; LAVINA, E. L. Late Permian and triassic tetrapods of southern Brazil. **National geographic research**, v. 1, p. 5-20, 1985.
- BYRNES, A. B. Empirical methods of reservoir quality prediction. In: WILSON, M. D. (Ed.). **Reservoir quality assessment and prediction in clastic rocks**. SEPM (Short Course 30), p. 9-21, 1994.
- BUCHEM, F. S. P.; BOER, P. L.; MC CAVE, J. P. The organic carbon distribution in Mesozoic marine sediments and the influence of orbital climatic cycles (England and the western North Atlantic). In: HUC, A – Y (Ed.). **Paleogeography, Paleoclimate and Surce Rocks**, AAPG, n. 40, p. 303-335, 1995.
- BJORLYKKE, K. **Petroleum Geoscience: from sedimentary environments to rock physics**. Berlim, Springer-Verlag, 2010, 199 p.
- CPRM. **Mapa Geológico da Folha de Pedro Osório**, Folha SH.22-Y-C. Responsáveis técnicos RAMGRAB, G. E.; WILDNER, W. BRASÍLIA, CPRM, escala 1:250.000, 1999.
- CPRM. **Mapa Geológico da Folha de Cachoeira do Sul**, Folha SH.22-Y-A. Responsáveis técnicos PORCHER, C. A.; LOPES, R. C. BRASÍLIA, CPRM, escala 1:250.000, 2000.
- CATUNEANU, O. **Principles of Sequence Stratigraphy**. New York, Elsevier, 2006, 386 p.
- COE, A. L. **Geological field techniques**. Milton Keynes, UK, Wiley-Blackwell, 2010, 323p.
- DALRYMPLE, R. W. Interpreting sedimentary successions: facies, facies analysis and facies models. In: JAMES, N. P. e DALRYMPLE, R. W. **Facies models 4**. Labrador (CA), Geological Association of Canada, p. 3-18, 2010.
- DELLA FÁVERA, J. C. **Fundamentos da Estratigrafia Moderna**. Rio de Janeiro: Ed. da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2001.
- DREYER, T. Geometry and facies of large-scale flow units in fluvial dominated fan-delta-front sequences from ASHTON, M. (Ed), **Advances in Reservoir Geology**. Geological Society Special Publication, n. 69, p. 135-174, 1993.
- EINSELE, G. **Sedimentary basins**. Berlin, Springer-Verlag, 2000, 628 p.
- FACCINI, U. F.; SCHULTZ, C. L.; FIGUEIREDO, C. E.; SANGINETO, L. R.; SOARES, S. C. Sobre a ocorrência de vertebrados fósseis triássicos na região de Santana da Boa Vista (RS). **Ciência e Natura**, 12, p. 103-104, 1990.

FISHER, J. A.; KRAPF, C. B. E.; LANG, S. C.; NICHOLS, G. J.; PAYENBERG, T. H. D. Sedimentology and architecture of the douglas creek terminal splay, lake eyre, central Australia. **Sedimentology**, v. 55, p.1915-1930, 2008.

HAMPTON, M. A. The role of subaqueous debris flow in generating turbidity currents. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 42, p. 775–793, 1972.

HEWARD, A. P. Alluvial fan sequence and megasequence models with examples from Westphalian D-Stephanian B coalfields, northern Spain. In: MIALL, A. D. (Ed.), **Fluvial Sedimentology**, Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 5, p. 669-702, 1978.

JAMES, N. P.; DALRYMPLE, R. W. (Eds.). **Facies Models 4**. Labrador (CA), Geological Association of Canada, 2010, 586 p.

KELLY, S. B.; OLSEN, H. Terminal fans – a review with reference to Devonian examples. **Sedimentary Geology**, v. 85, p. 339-374, 1993.

KNELLER, B.; BUCKEE, C. The structure and fluid mechanics of turbidity currents: a review of some recent studies and their geological implications. **Sedimentology**, v. 47, p. 62–94, 2000.

LIMA, L. G. Análise de fácies e modelos deposicionais de unidades triássicas da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense na região do Gráben Arroio Moirão, RS em busca de marcadores estratigráficos. **Trabalho Temático em Geologia**. IGEO/UFRGS, 2014, 105 p.

LISLE, R. J.; BRABHAM, P.; BARNES, J. **Mapeamento Geológico: guia de campo**. [Tradução de Rualdo Menegat et al.]. Porto Alegre: Bookman, 2014, 231 p.

MANSURBEG, H.; EL-GHALI, M. A. K.; MORAD, S.; PLINK-BJÖRKLUND, P. The impact of meteoric water on the diagenetic alterations in deep-water, marine siliciclastic turbidites. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 89, p. 254-258, 2006.

MIALL, A. D. The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. **Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag**, 1996, 582 p.

MIALL, A. D. **Principles of sedimentary basin analysis**. 3ed. New York, Springer-Verlag, 1999, 616 p.

MILANI, E. J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. **Tese (doutorado)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2v, 1997.

MILANI, E.J.; RAMOS, V.A. Orogenias Paleozoicas no Domínio Sul-Occidental do Gondwana e os Ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 28, v. 4, p. 473-484, 1998.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, n. 15, v. 2, p. 265-287, 2007.

MOORE, D. G. Submarine slumps. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 31, p. 343-357, 1961.

MULDER, T.; SYVITSKI, J. P. M.; MIGEON, S.; FAUGÉRES, J. C.; SAVOYE, B. Marine hyperpycnal flows: initiation, behavior and related deposits. A review. **Marine and Petroleum Geology**, v. 20, p. 861–882, 2003.

MUTTI, E. **Turbidite sandstones**. AGIP – Istituto di Geologia Università di Parma. 1992, 275 p.

MUTTI, E.; DAVOLI, G.; TINTERRI, R.; ZAVALA, C. The importance of ancient fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonically active basins. **Memorie di Scienze Geologiche**, Università di Padova, v. 48, p. 233–291, 1996.

NORTH, C. P.; TAYLOR, K. S. Ephemeral-fluvial deposits: integrated outcrop and simulation studies reveal complexity. **AAPG Bulletin**, v. 80, n. 6, p. 811-830, 1996.

OLARIU, C.; STEEL, R. J.; PETTER, A. L. Delta-front hyperpycnal bed geometry and implications for reservoir modelling: Cretaceous Panther Tongre delta, Book Cliffs, Utah, AAPG Bulletin, 2010.

PAIM, P. S. G.; FACCINI, U. F.; NETTO, R. G. **Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares (Estudo de Casos)**. São Leopoldo, 2003, 239 p.

PARSONS, J. D.; FRIEDRICHS, C. T.; MOHRIG, D.; TRAYKOVSKI, P.; IMRAN, J.; SYVITSKI, J. P. M.; PARKER, G.; PUIG, P.; BUTTLES, J.; GARCIA, M. H. The mechanics of marine sediment gravity flows. In: NITTROUER, C. A.; AUSTIN, J. A.; FIELD, M. E.; KRAVITZ, J. H.; SYVITSKI, J. P. M.; WIBERG, P. L. (Eds.), **Continental Margin Sedimentation: from sediment transport to sequence stratigraphy**. International Association of Sedimentologists, Special Publication, v. 37, p. 275-337, 2007.

PIPER, D. J. W.; HISCOTT, R. N.; NORMARK, W. R. Outcrop-scale acoustic facies analysis and latest Quaternary development of Hueneme and Dume submarine fans, offshore California. **Sedimentology**, v. 46, p. 47–78, 1999.

POSTMA, G. Generic autogenic behaviour in fluvial systems: lessons from experimental studies. **Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ.**, 46, p. 1-18, 2014.

POTTER, P. E.; PETTIJOHN, F. J. **Paleocurrents and basin analysis**. 2ed. New York, Springer-Verlag, 1977, 296 p.

STOW, D.A.V. **Sedimentary rocks in the field: a color guide**. New York, Academic Press, 2005, 352p.

SANTANA, R. G. **Tetrápodes fósseis da formação Sanga do Cabral (Eotriássico do RS), Porto Alegre**. 1992, 95p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** vol. 1. Porto Alegre: SBG, 1974. p. 41-65.

SCHULTZ, C. L. Subdivisão do Triássico do Rio Grande do Sul com base em microfósseis: problemas e perspectivas. **Com. Mus. Cien. Tec**, n. 1, p. 25– 32, 1995.

SILVA, S.D. Biostratigraphy of the Permian–Triassic boundary in southern Brazil. **Ameghiniana**, v. 4, p. 10, 1999.

SEILACHER, A. Events and their signatures - an Overview. In: EINSELE, G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. (Eds.), **Cycles and events in stratigraphy**. New York: Springer-Verlag. p. 222-226, 1991.

SELVARAJ, K.; LEE, T. Y.; YANG, J. Y. T.; CANUEL, E. A.; HUANG, J. C.; DAI, M.; LIU, J. T.; KAO, S. J. Stable isotopic and biomarker evidence of terrigenous organic matter export to the deep sea during tropical storms. **Marine Geology**, v. 364, p. 32-42, 2015.

SLATT, R. M. **Stratigraphic reservoir characterization for petroleum geologists, geophysicists, and engineers**. Handbook of petroleum exploration and production. New York, Elsevier, 2006, 478p.

TERRY, R.; CHILINGAR, G. Summary of concerning some additional aids in studying sedimentary formations by M. S. Shvetsov. **Journal of Sedimentary Petrology**, p. 229-234, 1955.

TUCKER, M. E. **Sedimentary Petrology**. 3ed. Oxford (UK), Blackwell, 2001, 262 p.

TUCKER, M. E. **Rochas Sedimentares: guia geológico de campo**. 4ed. Porto Alegre, Bookman, 2014, 294p.

ULIANA, M. A.; BIDDLE, K. Mesozoic-Cenozoic Paleogeographic and Geodynamic Evolucion of Southern South America. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, p. 172-190, 1988.

WALKER, R.G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: WALKER, R.G.; JAMES, N.P. (Eds.), **Facies Models: Response to Sea Level**. Canada: Association of Canada, 407 p., 1992.

YANG, R.; JIN, Z.; VAN LOON, A. J. T.; HAN, Z.; FAN, A. Climatic and tectonic controls of lacustrine hyperpycnite origination in the Late Triassic Ordos Basin, central China: Implications for unconventional petroleum development. **AAPG Bulletin**, v. 101, n. 1, p. 95-117, 2017.

ZAVALA, C.; ARCURI, M. Intrabasinal and Extrabasinal turbidites: origin and distinctive characteristics. **Elsevier, Sedimentary Geology**, 2016.

ZAVALA, C.; ARCURI, M.; DI MEGLIO, M.; GAMERO DIAZ, H.; CONTRERAS, C. A genetic facies tract for the analysis of sustained hyperpycnal flow deposits. In: SLATT, R. M.; ZAVALA, C. (Eds.). **Sediment transfer from shelf to deep water - Revisiting the delivery system: AAPG Studies in Geology**, v. 61, p. 31–51, 2011.

ZAVALA, C.; ARCURI, M.; BLANCO VALIENTE, L., 2012a. The importance of plant remains as a diagnostic criteria for the recognition of ancient hyperpycnites. **Revue de Paléobiologie**, v. 11, p. 457-469, 2012.

ZERFASS, H. **História tectônica e sedimentar do Triássico da Bacia do Paraná (Rio Grande do Sul, Brasil) e comparação geológica com as bacias de Ischigualasto e de Cuyo (Argentina)**. Porto Alegre. 2003. 191 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

ZERFASS, H.; LAVINA, E. L. C.; SCHULTZ, C. L.; GARCIA, A. J. V.; FACCINI, U. F.; CHEMALE JR, F. Sequence Stratigraphy of continental Triassic Strata of Southernmost Brazil: A Contribution to Southwestern Gondwana Paleogeography and Paleoclimate. **Sedimentary Geology**, v. 161, p. 85-105, 2003.

ZERFASS, H.; CHEMALEJR, F.; SCHULTZ, C. L.; LAVINA, E. Tectonics and Sedimentation in Southern South America During Triassic. **Sedimentary Geology**, v. 166, p. 265-292, 2004.

ZUFFA, G. G. Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. In: ZUFFA, G.G. (Ed.), **Provenance of Arenites: The Netherlands**. Reidel, Dordrecht, p. 165–189, 1985.

ZUFFA, G. G. Unravelling hinterland and offshore paleogeography of deep-water arenites. In: LEGGETT, J.K.; ZUFFA, G.G. (Eds.), **Marine Clastic Sedimentology, Concepts and Case Studies**. Graham and Trotman, London, p. 39–61, 1987.



## CAPÍTULO 2

### CARTA DE SUBMISSÃO

### ARTIGO

# Geologia

Série Científica **USP**

---

[CAPA](#) [SOBRE](#) [PÁGINA DO USUÁRIO](#) [PESQUISA](#) [ATUAL](#) [ANTERIORES](#) [NOTÍCIAS](#) [SUBMISSÕES ONLINE](#)

Capa > Usuário > Autor > Submissões Ativas

### Submissões Ativas

**ATIVO**   ARQUIVO

ID	MM-DD ENVIADO	SECÃO	AUTORES	TÍTULO	SITUAÇÃO
143145	02-05	ART	Rodrigues, Mizusaki, Menegat, Aurélio	INUNDITOS COMO ANÁLOGOS DE RESERVATÓRIOS - UM EXEMPLO NOS...	Aguardando designação

1 a 1 de 1 itens

**Iniciar nova submissão**  
[CLIQUE AQUI](#) para iniciar os cinco passos do processo de submissão.

### Apontamentos

**TODOS**   NOVO   PUBLICADO   IGNORADO

DATA DE INCLUSÃO	HITS	URL	ARTIGO	TÍTULO	SITUAÇÃO	AÇÃO
Não há apontamentos.						

[Publicado](#) | [Ignorado](#) | [Excluir](#) | [Selecionar todos](#)

**IDIOMA**

**USUÁRIO**  
 Logado como:  
**calimanrodrigues**

- [Meus periódicos](#)
- [Perfil](#)
- [Sair do sistema](#)

**AUTOR**  
 Submissões
 

- [Ativo \(1\)](#)
- [Arquivo \(0\)](#)
- [Nova submissão](#)

**CONTEÚDO DA REVISTA**  
 Pesquisa   
 Escopo de Busca Todos

**Procurar**

- [Por Edição](#)
- [Por Autor](#)
- [Por Título](#)
- [Outras revistas](#)

<b>Assunto [GEOUSP] Agradecimento pela submissão</b>
<b>Remetente</b> Daniel Machado
<b>Para</b> Yolanda Caliman Rodrigues
<b>Responder para</b> publicg@usp.br
<b>Data</b> Hoje 21:03

Yolanda Caliman Rodrigues,

Agradecemos a submissão do trabalho "Inunditos como análogos de reservatórios - um exemplo nos depósitos Gonduânicos Triássicos do Gráben Arroio Moirão, RS" para a revista Geologia USP. Série Científica.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão:

<http://www.revistas.usp.br/guspsc/author/submission/143145>

Login: calimanrodrigues

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Daniel Machado  
 Geologia USP. Série Científica

---

Geologia USP. Série Científica  
<http://www.revistas.usp.br/guspsc>

**Inunditos como análogos de reservatórios – um exemplo nos depósitos Gonduânicos Triássicos do Gráben Arroio Moirão, RS**

*Inundites as analogues of reservoirs - an example in the Triassical Gondwanic deposits of Arroio Moirão Graben, RS*

Inunditos como análogos de reservatórios

<sup>1</sup> Yolanda Caliman Rodrigues - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>2</sup> Ana Maria Pimentel Mizusaki - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>3</sup> Rualdo Menegat - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>4</sup> Aurélio Fagundes Silva - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>1</sup> Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Avenida Bento Gonçalves 9500, Cx.P. 15.001, CEP. 91.501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. Telefone: (51) 33087902

<sup>1</sup> yolanda.caliman@ufrgs.br

<sup>2</sup> ana.mizusaki@ufrgs.br

<sup>3</sup> rualdo.menegat@ufrgs.br

<sup>4</sup> aureliofagundes@hotmail.com

Numero de palavras: 9356

Total de figuras: 13

Total de tabelas: 7

## RESUMO

Os arenitos associados a modelos efêmeros como os inunditos, provenientes de fluxos hiperpicnais em corpos de água rasa podem eventualmente ser reservatórios de hidrocarbonetos. No entanto há poucos estudos para entender sua arquitetura e heterogeneidade, resultando em dificuldades para exploração e exploração destes reservatórios. O presente trabalho visa a análise de pacotes triássicos da Bacia do Paraná pertencentes à Formação Santa Maria, que ocorrem como fragmentos isolados sobre o Escudo Sul-rio-grandense na região do Gráben Arroio Moirão (RS). Para tanto, fez-se uso de mapeamento sistemático, análise de heterogeneidade de fácies e estratigrafia de sequências, que incluem levantamento de perfis colunares, identificação de associações e sucessões de fácies e superfícies-chave como metodologia principal. Secundariamente, algumas análises petrográficas foram realizadas. Foi possível delimitar os principais depósitos de arenitos, nos quais predominam geometria tabular, grãos mal selecionados e alguma matriz argilosa. Distinguiram-se cinco ciclos deposicionais granodrecrescentes ascendentes, limitados na base e no topo por superfícies erosivas, que marcam heterogeneidades recorrentes. As fácies-reservatório são subarcósios, de matriz argilosa oxidada, com agregados de caulinita, porosidade intergranular e *shrinkage*. Identificaram-se potenciais fácies-reservatório constituídas por arenitos grossos a conglomeráticos, com estratificações cruzada tangencial e plano-paralela. A integração dos dados resultou na elaboração de um modelo de variação lateral e vertical de fácies de depósitos de inunditos de lago raso, como um potencial modelo análogo de reservatório do tipo compartimentado. Esses resultados possibilitam prospectar outros depósitos arenosos dessa unidade estratigráfica da Bacia do Paraná, para fins de dimensionar regionalmente o análogo de reservatório.

Palavras-Chave: Bacia do Paraná; Formação Santa Maria; Turbiditos extrabacinais.

## ABSTRACT

Sandstones associated with ephemeral models such as inundites from hyperpicnal flows in shallow water bodies may occasionally be hydrocarbon reservoirs. However, there are few studies to understand its architecture and heterogeneity, resulting in difficulties for exploration and exploitation of these reservoirs. The current work aims at the analysis of Triassic strata from the Paraná Basin belonging to the Santa Maria Formation, which occur as isolated fragments on the Sul-rio-grandense Shield in Arroio Moirão Graben (RS). Thus, we employed systematic mapping, facies heterogeneity and sequence stratigraphy analyses, which include columnar profiles, identification of facies associations and sequences, and of key surfaces as the main methodology. Secondly, petrographic analyses were performed. It was possible to define the main deposits of sandstones, in which tabular geometry, poorly selected grains and clayey matrix predominate. Five ascending granodrecrescent depositional cycles were distinguished, limited at the base and at the top by erosive surfaces, which marked recurrent heterogeneities. The reservoir facies are subarkoses, of oxidized clay matrix, with aggregates of kaolinite, intergranular porosity and shrinkage. We identified potential reservoirs facies formed by conglomeratic to thick sandstones, with cross tangential and planar bed stratification. The data integration resulted in the elaboration of a model of lateral and vertical facies variation of shallow lake inundite deposits, as a potential analogous model of compartmentalized type reservoir. These results allow the prospection of other sandy deposits from this stratigraphic unit of the Paraná Basin, in order to size the reservoir analogue regionally.

Keywords: Paraná Basin; Santa Maria Formation; Extrabasinal Turbidites.

## INTRODUÇÃO

Análogos de reservatório de modelos inundíticos, embora sejam constituídos por espessos pacotes de arenitos intercalados com lamitos, têm tido pouca ênfase na literatura geocientífica. (Lira, 2004, Santos, 2005; Pestilho, et. al. 2017). A gênese desses depósitos é atribuída de forma restrita a eventos de inundação e tempestades com grande descarga d'água em ambientes continentais, como em cabeceiras de montanhas, onde o alto contraste de gradientes entre terras altas e baixas favorece a concentração de sedimentos e rápida elevação do nível de base local, provocando grandes inundações fluviais episódicas (Seilacher, 1991; Della Fávera, 2001, Zavala, 2010). Esses fatores propiciam que sejam disparados fluxos densos, os quais dificilmente aconteceriam em períodos normais de fluxos turbulentos de rios (Zavala et. al. 2016).

### *Modelos de inunditos*

O termo inunditos refere uma diversidade de situações deposicionais, nem sempre claras. Isso porque as grandes inundações podem formar depósitos tanto em sistemas fluviais perenes, como também em condições áridas, que comumente se desenvolvem como fluxos densos em rios efêmeros (McKee et al., 1967; Williams, 1971; Miall, 2006). Além disso, os inunditos se diversificam consoante a dispersão dos fluxos densos a jusante. Por um lado, o fluxo pode terminar de modo desconfiante sobre leitos secos, dando lugar a modelos do tipo 'leque terminal' (*terminal fan*, Kelly & Olsen, 1993). Por outro, pode se espriar nas planícies baixas, formando *playas* e lagos efêmeros (Postma, 2014), originando modelos como o 'espraçamento terminal' (*terminal splay*, Fischer et. al, 2008). Contudo, quando o fluxo é suficientemente denso, pode alcançar corpos d'água rasos (Della Fávera J.C., 2001), baías protegidas (Seilacher A., 1991) e até mesmo ambiente marinho profundo (Zavala et. al, 2011, 2016). Nesses casos, ao desembocar em corpos d'água como fluxo hiperpicnal, desenvolve depósitos semelhantes aos de turbidito clássico, como descrito por Mutti et al. (1992). Nesse compasso, Zavala et al. (2011, 2016) propuseram um modelo distinto denominado 'turbidito extrabacinal' ou também 'hiperpicnito', onde estabeleceram a natureza do processo deposicional desses fluxos subaquosos hiperpicnais e as correspondentes sucessões e associações de fácies. Embora Seilacher (1991) e Della Fávera (2001) tenham proposto o modelo de inundito para eventos de inundações fluviais episódicas em corpos de água rasa, há muitos outros significados para esse termo na literatura. Às vezes, o termo inundito é referido ao processo deposicional que relaciona fluxos de baixa densidade. Em outras, é endereçado como um modelo deposicional com sentido predominantemente geomorfológico. Não há clareza como inunditos e inundações estão relacionados. Essas questões são especialmente importantes para a caracterização dos tipos de inunditos com a finalidade de se conhecer suas potencialidades como reservatório de óleo e gás.

Para melhor definir o inundito, fez-se uma ampla revisão bibliográfica das proposições que referiam depósitos sedimentares gerados por inundações. O resultado encontra-se sintetizado na Tabela 1, em que os modelos foram agrupados em duas grandes categorias: a) depósitos de inunditos predominantemente subaéreos, por sua vez subdivididos em sistemas perenes (sem ou com formação de lagos efêmeros) e em sistemas efêmeros (com lago efêmero presente ou ausente); e b) depósitos predominantemente subaquosos, de águas rasas ou profundas. As principais características distintivas de cada categoria e subcategoria foram definidas com base em seis modelos, selecionados por melhor representarem cada uma delas.

Além da complexidade dos processos sedimentares e da variedade do *locus* deposicional (desde a base da escarpa até zonas profundas da bacia), durante muito tempo não houve a proposição de um modelo faciológico completo de inunditos que pudesse ajudar na metodologia de seu reconhecimento. Em seu trabalho, Zavala et al. (2016) deixaram bem evidentes esse modelo faciológico completo e as distinções entre esses depósitos. Uma delas é a origem exclusivamente continental dos turbiditos extrabacinais provocados por chuvas episódicas ou sazonais, com grandes descargas de água e lama, que conferem a esse fluxo

singular uma densidade superior a da bacia receptora. Essa característica permite o seu deslocamento inercial próximo ao leito por centenas de quilômetros.

Tabela 1 - Tipos de inunditos, principais modelos e características.

TIPOS DE INUNDITO		EXEMPLO	CARACTERÍSTICAS	
Depósitos Subaéreos	Em sistemas perenes [modelos fluviais ou aluviais]	Lago efêmero ausente	<b>Inundito comum</b> Della Fávera, 2001.	lato sensu
		Lago efêmero presente	<b>Inundação em leques aluviais com lago efêmero distal</b> Heward, 1978; Della Fávera, 2001	
	Em sistemas efêmeros [formação modelos próprios]	Lago efêmero eventual	<b>Terminal fan</b> Kelly e Olsen, 1993. <b>Rios efêmeros arenosos e Inundações relâmpago</b> Miall, 2006.	stricto sensu
		Lago efêmero presente	<b>Terminal Splay</b> Fisher, 2008.	
Depósitos subaquosos [modelo turbidítico extrabacinal]	Água rasa lago ou baía	<b>Inundito Clássico</b> Seilacher, 1991. <b>Turbidito raso</b> (Della Fávera, 2001).	Hiperpicnito corpos aquosos rasos Semelhante a turbidito; Marcas de raízes e superfície de ressecamento; Camadas plano-paralelas de arenitos e folhelhos, ritmitos	
	Água profunda lago ou mar	<b>Hiperpicnitos</b> Zavala et al. 2011; Zavala et al. 2016.		Hiperpicnito corpos aquosos profundos; Semelhante a turbidito; Origem extrabacinal

Os depósitos de correntes de turbidez (fluxos hiperpicnais) iniciadas no continente durante as cheias de rios foram por eles denominados de ‘turbiditos extrabacinais’. Enquanto que tais correntes carregam fragmentos vegetais até regiões profundas da bacia, fluxos densos intrabacinais ou turbiditos clássicos depositam-nos somente em regiões proximais. Além dessa característica distintiva, é particularmente singular nos fluxos extrabacinais os depósitos de *lofting* (segregação por plumas de suspensão), constituídos por níveis com grande concentração de mica ou de fragmentos vegetais e folhas. Além disso, o modelo de Zavala et al. (2016) é particularmente importante, pois nos leva a considerar que os depósitos de inunditos nem sempre se formam na borda da bacia acima do nível de base de erosão fluvial. Isso pode ser um fator que propicie equívocos de interpretação, pois depósitos de canais do fluxo hiperpicnal podem se parecer com os de sistemas fluviais, enquanto que a deposição de finos da porção distal desses fluxos se assemelha com os finos do sistema lacustre, gerando sucessões de sedimentos grossos e finos que levam a interpretação ambígua de depósitos ‘flúvio-lacustres’. Quando, na verdade, poder-se-ia tratar de depósitos hiperpicnais de regiões mais profundas da bacia, inclusive contendo fragmentos de folhas bem preservados, como poderiam ocorrer nas porções profundas de lagos de distensão crustal.

Torna-se uma questão chave aprimorar o conhecimento de modelos sedimentares efêmeros ou episódicos, para eventual exploração e exploração de óleo e gás. Depósitos efêmeros, como os Inunditos (Seilacher, 1991, Della Fávera, 2001), têm sido recentemente identificados, nas unidades triássicas da Bacia do Paraná isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense. Tais unidades como as que ocorrem no Gráben Arroio Moirão (GAM) foram analisadas neste trabalho, para o estudo de um modelo análogo de reservatório associado a modelos deposicionais de Inunditos.

*Aspectos geológicos e estratigráficos da área de estudo*

A Bacia do Paraná (BCPR), localizada na região sul-sudoeste do Brasil, oeste do Paraguai, nordeste da Argentina e norte do Uruguai, com área aproximada de 1.500.000 km<sup>2</sup> (Milani et al., 2007). Seu depocentro registra uma sucessão intracontinental de cerca de 7.000 m de espessura composta de rochas sedimentares e vulcânicas que vão desde o Paleozoico até o Cretáceo (Milani e Zalán 1999) (Fig. 1). Ela é uma ampla sinéclise que se consolidou inicialmente na forma de depressões alongadas na direção NE-SW, segundo a trama e zonas de fraqueza do substrato pré-cambriano (Milani, 1997). O arcabouço estratigráfico da sucessão vulcano-sedimentar está estruturado, segundo Milani et al. (2007), por seis supersequências deposicionais, sendo elas, da base para o topo: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru (Fig. 1). Essas unidades foram definidas a partir de superfícies de discordância e constituem-se em seqüências de segunda ordem, ou seja, aquelas causadas por grandes eventos tectônicos e eustáticos. Mais especificamente, a Supersequência Gondwana II, do Triássico, onde se insere o pacote sedimentar deste trabalho, foi depositada em contexto de distensão generalizada na porção sul do paleocontinente Gondwana (Uliana e Biddle, 1988 *apud* Milani et al., 2007). Delimita-se restritamente, às porções sul-riograndense e uruguaia da bacia, onde representam uma sedimentação acumulada em bacia distensiva.

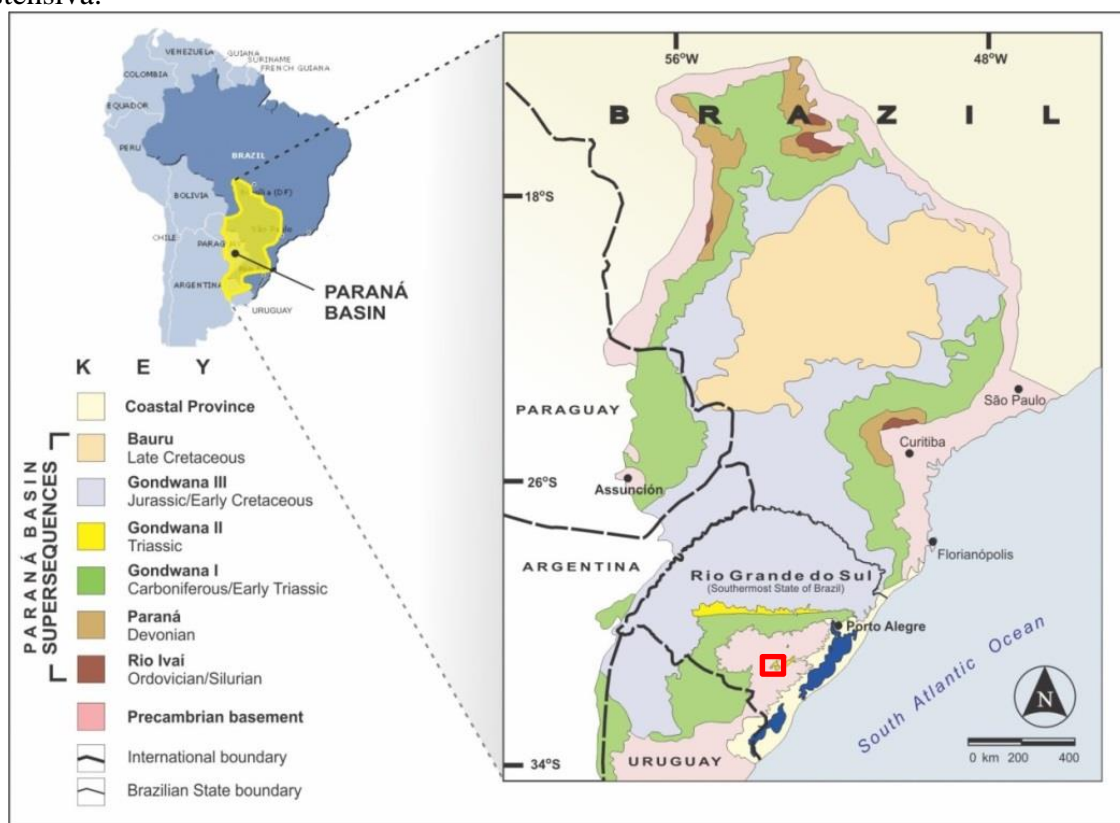


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, destacada pelo quadrado vermelho, e contexto estratigráfico da Bacia do Paraná.

Gamermann (1973), por meio de estudos litoestratigráficos, propôs a denominação de Formação Rosário do Sul para identificar o pacote do Triássico da BCPR. Essa unidade foi por ele considerada como sendo o registro de um sistema deposicional flúvio-lacustre constituído, na base, pela 'Fácies Fluvial', correspondendo a canais fluviais e planície de inundação e, no topo, pela 'Fácies Santa Maria' (*sensu* Moraes Rego, 1930 *apud* Faccini, 2000), constituída por depósitos lacustres subordinados. Contudo, Bortoluzzi (1974) elevou a Fácies Santa Maria à categoria de Formação, como já havia sido definida por Gordon Jr. (1947 *apud* Faccini, 2000), a qual estava sobreposta à Formação Rosário do Sul por meio de contato gradacional. Pela presença da flora *Thinfieldia-Dicroidium* e vertebrados fósseis, definiu que as Formações Rosário do Sul e Santa Maria eram pertencentes ao Triássico Superior, não sendo possível correlacioná-las com as demais regiões da BCPR. A última estruturação

litoestratigráfica envolvendo o Triássico sul-rio-grandense resultou do trabalho de Andreis et al. (1980). Esses autores englobaram todas as unidades triássicas no Grupo Rosário do Sul, o qual tinha, na base, a Formação Sanga do Cabral (anterior Fm. Rosário do Sul), posicionada entre o Permiano Superior e a base do Triássico Médio, seguida pela Fm. Santa Maria (do Triássico Médio e Superior) e, no topo, a Fm. Caturrita, pertencente ao Triássico Superior. O estudo desse pacote sedimentar com base na Estratigrafia de Sequências iniciou com Faccini (2000) e avançou com Zerfass (2003) e Zerfass et al. (2004), que denominaram de Supersequência Santa Maria (equivalente a Supersequência Gondwana II de Milani et al., 2007). Essa supersequência foi subdividida em três sequências de terceira ordem denominadas, da base para o topo, como sequências Santa Maria I, II e III. Posteriormente, Horn et al. (2014), introduziram uma quarta unidade e propuseram novos nomes para as sequências de terceira ordem sendo, da base para o topo, como segue: Pinheiro-Chiniquá (correspondente à Santa Maria I), Santa Cruz (nova unidade), Candelária (anterior Santa Maria II) e Mata (antiga Santa Maria III).

O conteúdo fossilífero contido na Supersequência Santa Maria está relacionado à paleofauna de tetrápodes que também ocorre em unidades estratigráficas da Argentina e África do Sul (Barberena et al., 1991; Soares et al., 2011). Especificamente, para os pacotes sedimentares da região do GAM, a ocorrência também de fósseis tetrápodes, incluindo-se rincossauros (Faccini et al., 1990, Horn et al., 2015), possibilitou correlacioná-los com a Cenozona de Rincossauros. Com base nessa cenozona, Zerfass (2003) incluiu o pacote sedimentar desse Gráben na sequência Santa Maria II. Afirmaram ainda, que há notável similaridade faciológica entre esses depósitos com os da Supersequência Santa Maria, que ocorrem de forma contígua à BCPR na região de São Pedro do Sul e Mata. Os pacotes sedimentares foram inicialmente interpretados como constituintes de modelos ‘fluvio-lacustres’ (Gabermann, 1973; Andreis et al., 1980; Faccini, 2000). Nova interpretação proposta por Lima (2014) caracterizou o modelo inundito para esta sequência aflorante no GAM. Posteriormente, outras interpretações para esses depósitos triássicos sugeriram modelos fluviais efêmeros (Horn, 2016, 2017) ou ainda, localmente, o modelo *terminal splay* (Borsa, 2017).

#### *O Gráben Arroio Moirão*

A área de estudo compreende depósitos gonduânicos triássicos que ocorrem no GAM, relictos da Bacia do Paraná (BCPR) posicionados sobre o Escudo-Sul-Rio-Grandense, formado por unidades metamórficas do Neoproterozoico Superior, na porção central do Cinturão Dom Feliciano (Fig. 2). A região situa-se ao sul da porção contígua da BCPR, entre as cidades de Canguçu e Santana da Boa Vista (RS). Trata-se de depósitos sedimentares característicos de ambiente tectônico distensional (Uliana e Biddle, 1988 *apud* Milani et al., 2007).

## **MÉTODOS**

O presente trabalho tem como proposição a identificação e caracterização de corpos arenosos, em depósitos do tipo inundito, que se colocam como análogos potenciais para reservatórios de óleo e gás. Para tanto, utilizou-se de teorias de análise de heterogeneidade de fácies, estratigrafia de sequências, levantamento de perfis colunares, definições de sucessões e associações de fácies de modelos efêmeros.

Os principais métodos utilizados no levantamento de dados deste trabalho e seus principais produtos são a seguir enumerados: a) mapeamento sistemático para o reconhecimento da área de estudo (Stow, 2005; Coe, 2010; Lisle et al., 2014; Tucker, 2014) e identificação das porções arenosas dos pacotes sedimentares aflorantes no gráben; b) técnicas de análise de fácies (Walker, 1992; Dalrymple, 2010; James e Dalrymple, 2010) e descrição de 20 afloramentos e sete perfis colunares; c) levantamento de detalhe de dois perfis colunares (PGAM13-005 e PGAM13-008), nos quais foram identificadas e interpretadas 20 fácies e 7



sucessões de fácies; d) identificação de modelos deposicionais de acordo com técnicas de Miall (1999), Einsele (2000), Potter e Pettijohn (1977); e) caracterização de fácies em cinco lâminas petrográficas para a análise da composição e dos processos químicos que geraram a rocha, configurando a porosidade secundária; f) montagem e análise de cinco fotomosaicos dos perfis colunares de detalhe, onde identificou-se geometrias das fácies-reservatório e sua extensionalidade. g) identificação de superfícies-chave de erosão e de cinco ciclos deposicionais (CD), com espessura variando de 3,75 m a 12,0 m, caracterizando tipologia de heterogeneidades em depósitos efêmeros como análogo de reservatórios.

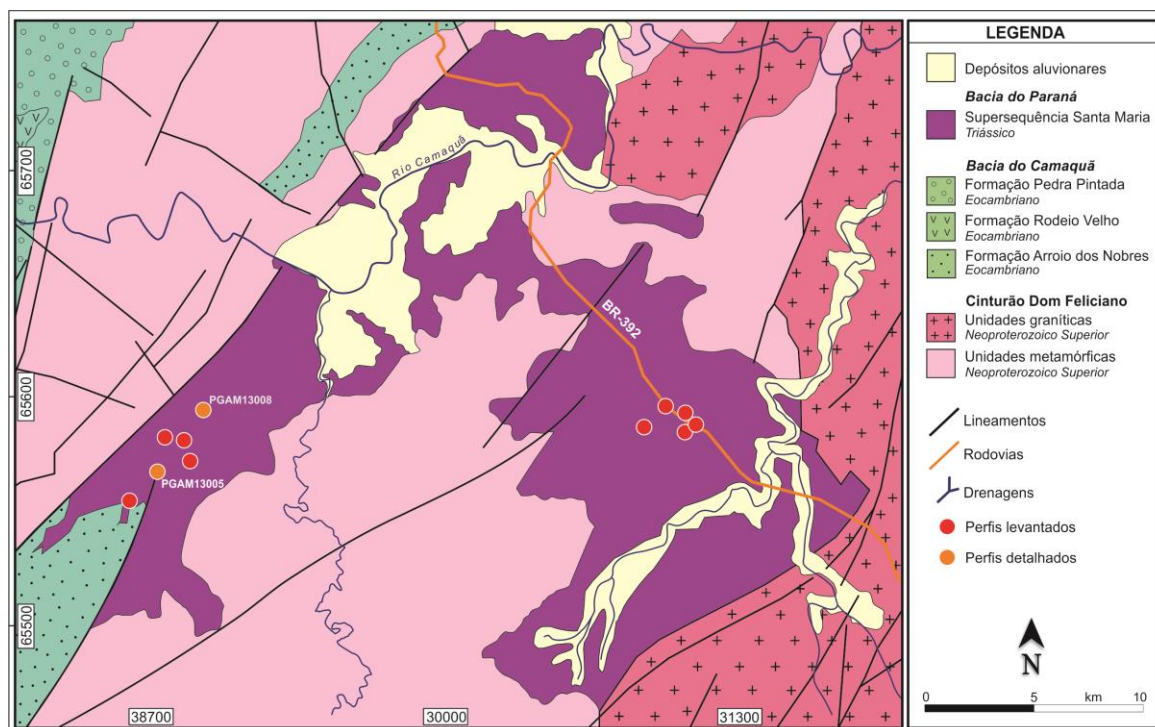


Figura 2 – Mapa geológico do GAM e localização de perfis da área de estudo. (Modificado de Wilder et al., 2005)

## RESULTADOS

### Análise de fácies e processos deposicionais

Com base na geometria, textura e estrutura das fácies dos pacotes sedimentares do GAM, pode-se agrupá-las de acordo com os processos hidrodinâmicos de sua formação. Distintas famílias de fácies foram relacionadas às diferentes composições de fluxos extrabaciais, em sua origem. Considerando-se um fluxo de composição mista, de cascalho a lama, as fácies puderam ser agrupadas em três associações geneticamente relacionadas: associação faciológica proximal (AFB), mediana (AFS) e distal (AFL). Esses depósitos resultaram da configuração de correntes hiperpicnais e da perda de competência do fluxo. Essas associações de fácies correspondem àquelas do modelo de distribuição faciológica proposto por Zavala et al., 2011, 2016 (Fig. 3).

De modo geral, as fácies dos pacotes sedimentares do GAM apresentam geometria tabular, coloração avermelhada, má seleção, composição quartzo-feldspática. Parâmetros como geometria das camadas, textura, estrutura sedimentar e paleocorrente, e conteúdo fóssilífero foram utilizados para a identificação de 20 fácies, cujas abreviaturas, descrições, interpretação do processo deposicional encontram-se relacionados nas Tabelas 2, 4 e 6 e fotografias nas tabelas 3, 5 e 7.



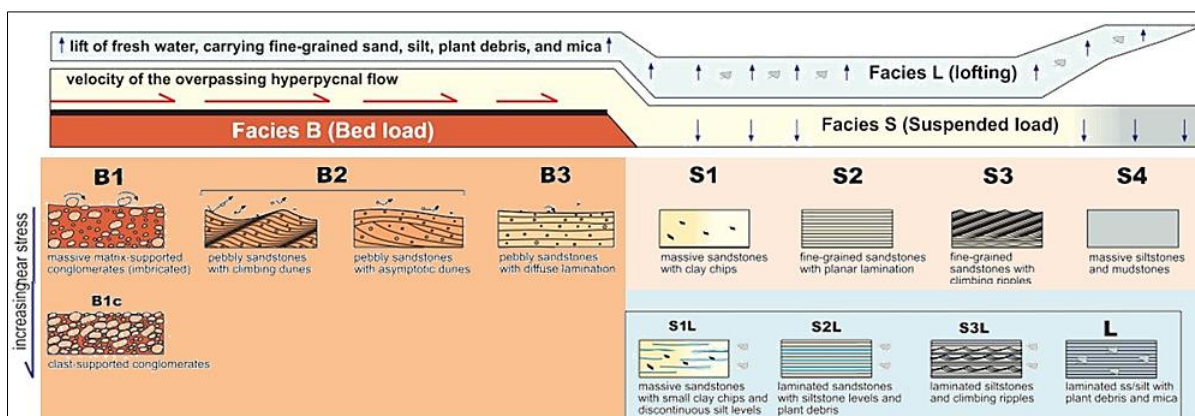


Figura 3 - Modelo de distribuição das associações e subgrupos de fácies de fluxos hiperpicnais. As cores das associações de fácies coincidem com a tabela de fácies abaixo (modificado de Zavala et al., 2011).

### *Associação de fácies proximal (AFB)*

Caracteriza-se por fácies de granulação grossa de carga de fundo, comumente com geometrias tabularoides, coloração avermelhada, matriz de areia muito fina ou argilosa, gradação normal intraestratal, má seleção de grãos, intraclastos de tamanho seixo a bloco de composição argilosa a arenítica muito fina. Recorrente superfície erosiva na base dos sets, com subsequente preenchimento por canais rasos. A imbricação de clastos é comum, como indicativo de fluxo do tipo newtoniano, em que os clastos podem rotar livremente. Essa característica é distintiva de um fluxo hiperpicnal quando comparado ao modelo de turbidito clássico ou intrabacinal, pois nesses casos, não há possibilidade de imbricação de clastos, (cf. Mutti et al., 1992). Essa associação, que representa canais rasos de progradação inicial de fluxos hiperpicnais, é constituída pelas subassociações de fácies B1, B2 e B3 (Tabela 2), como detalhadas a seguir.

Subgrupo de Fácies B1: Fácies de estrutura maciça, abundante matriz, sem indicador aparente da forma de leito, regime de fluxo inferior. Interpretada como resultante de fluxos rápidos de transição de baixa densidade para tração, produzindo depósitos de progradação de carga de fundo (conglomerados) e formação de pavimentos.

Subgrupo de Fácies B2: a) Fácies com estratificação cruzada tangencial de pequeno a grande porte, ou em sets festonados, representando leitos dunoides 3D, em regime de fluxo inferior. Foram interpretadas como resultantes: a1) do processo de segregação textural em fluxos de baixa densidade e transição para correntes trativas (arenitos conglomeráticos) formando fácies de progradação de carga de fundo em canais; a2) de processos de correntes trativas de desaceleração de fluxo (arenito muito grosso a grosso) formando fácies de preenchimento de canais; b) Fácies de arenito grosso com estratificação cruzada plano-paralela, de médio porte, representando leitos dunoides 2D, em regime de fluxo inferior. Foi interpretada como resultante de processos de correntes subaquosas trativas de desaceleração de fluxos de baixa densidade, formando associação de fácies de canais. Este subgrupo de fácies é constituinte importante dos análogos de reservatórios.

Subgrupo de Fácies B3: a) Fácies com laminação plano-paralela, representando formas de leitos tabulares. Foram interpretadas como resultantes de processos de: dispersão de fluxos de regime de fluxo inferior (arenito conglomerático a médio), originados por depósitos de canais rasos por uma combinação do efeito da deposição de carga de fundo e posterior segregação de clastos ou intraclastos pela passagem do fluxo turbulento; b) Fácies com estratificação cruzada de baixo ângulo representando formas de leitos dunoides 2D, cuja textura de arenito grosso foi interpretada como resultante de processos de correntes trativas de rápida dispersão, originado em depósitos de canais rasos. Este subgrupo de fácies é constituinte importante dos análogos de reservatórios.

Tabela 2 - Associação de fácies proximal (AFB): fácies, grupos e interpretação dos processos deposicionais, Em destaque, fácies que constituem reservatórios.

GRUPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
B1	Cg/Gr (m)	Conglomerado granuloso e arenoso maciço, avermelhado, mal selecionado, com blocos esparsos ( $\Phi_{\text{máx}} = 20$ cm) e intraclastos de arenito fino.	Corrente trativa, regime de fluxo inferior, sem evidência da forma de leito
B2	Ag(cpp) mp	Arenito grosso, com estratificação cruzada plano-paralela de médio porte (mp) e gradação normal intraestratal; avermelhado, quartzo-feldspático. Mal selecionado, seixos de quartzo angulosos dispersos, mica e fração fina significativa (cerca de 5%)	Corrente trativa, regime de fluxo inferior, dunas 2D
	Ag(t)gp, nSx/Gr	Arenito grosso com estratificação cruzada tangencial de grande porte e gradação normal intraestratal, avermelhado, quartzo-feldspático. Seixos e grânulos, marcando os planos de estratificação. Níveis centimétricos de siltito com laminação plano-paralela	Corrente trativa, regime de fluxo inferior, dunas 3D
	Ag/Sx(t)	Arenito grosso seixoso com estratificação cruzada tangencial, gradação normal intraestratal, avermelhado, quartzo-feldspático. Intraclastos argilosos ( $\Phi_{\text{máx}} = 8$ cm) na base dos sets, "mud drapes", pavimento basal seixoso	Corrente trativa, regime de fluxo inferior, dunas 3D
	Ag(t)f, nSx/Gr	Sets festonados (f) de arenito grosso, com estratificação cruzada tangencial e gradação normal intraestratal, avermelhado, quartzo-feldspático. Mal selecionado, com fração de 5% de argila e grãos dispersos de areia fina e muito grossa. Níveis de seixos e grânulos (nSx/Gr) e intraclastos argilosos ( $\Phi_{\text{máx}} = 10$ cm).	Corrente trativa, regime de fluxo inferior, dunas 3D
	Acg/Sx-Gr(t)	Arenito conglomerático seixoso a granuloso, com estratificação cruzada tangencial e gradação normal intraestratal, avermelhado, quartzo-feldspático. Mal selecionado (fração de areia fina a silte). Níveis e lentes de grânulos e seixos ( $\Phi_{\text{máx}} = 4$ cm). Intraclastos argilosos de até 54 cm	Corrente trativa, regime de fluxo inferior, dunas 3D
	Amg(t)	Arenito muito grosso com estratificação cruzada tangencial, gradação normal intraestratal, cor laranja-clara, quartzo-feldspático e com mica, mal selecionado, com areia fina e grânulos. Níveis de seixos na base da estratificação	Corrente trativa, regime de fluxo inferior, duna 3D
B3	Ag(lpp)	Arenito grosso, com laminação plano-paralela, avermelhado, quartzo-feldspático	Corrente trativa, fluxo inferior, forma de leito plana
	Ag/Sx-Gr(lpp)	Arenito grosso, seixoso a granuloso, com laminação plano-paralela e gradação normal intraestratal, avermelhado, quartzo-feldspático, imaturo, mal selecionado, ; grânulos e seixos muito angulosos, moderada esfericidade, de quartzo e feldspato. Intraclastos argilosos ( $\Phi_{\text{máx}} = 18$ cm).	Corrente trativa, fluxo inferior, forma de leito plana
	Acg/Sx-Gr (lpp)	Arenito conglomerático, seixoso a granuloso, avermelhado, com laminação plano-paralela e gradação normal intraestratal, pavimento basal de seixos de quartzo e, por vezes, intraclastos argilosos de até 6 cm	Corrente trativa, fluxo inferior, forma de leito plana
	Ag/Sx-Gr(bxa)	Arenito grosso a seixoso com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo, avermelhado, quartzo-feldspático, com grânulos quartzosos esparsos. Com diques clásticos de areia muito grossa sobressalentes	Corrente, regime trativo de fluxo inferior, forma de leito 2D

#### Associação de fácies mediana (AFS)

Caracteriza-se por fácies de carga de suspensão de granulação fina, representando comumente geometrias tabulares ou lençóides, coloração avermelhada, má seleção de grãos, intraclastos de tamanho seixo (até 4 cm), charcoal, muscovita dispersa. Essa associação de fácies corresponde à desaceleração de um fluxo turbulento rico em areia, em canais rasos, e é constituída pelos subgrupos de fácies S1, S2 e S4 (Tabela 3), com processos geradores detalhados a seguir.

Subgrupo de Fácies S1: Fácies de estrutura maciça, sem indicador aparente da forma de leito, cujas texturas variam de arenito médio a muito fino. Foi interpretada como resultante de provável deposição em zona de transição agradacional, caracterizada por grande concentração de sedimentos e escape de fluidos. Outra interpretação possível é a acumulação por colapso gradual de areia de granulação mais fina proveniente de fluxo turbulento.

Subgrupo de Fácies S2: Fácies com laminação plano-paralela, representando formas de leito tabulares interpretadas como resultantes de processos de diluição unidirecional de fluxos em regime superior (arenitos finos a muito finos) originando depósitos em desconfinamento de canais rasos. A laminação milimétrica, por vezes está marcada por níveis delgados de mica.

Subgrupo de Fácies S4: Fácies siltito com estrutura maciça, sem indicador aparente da forma de leito, interpretada como resultante de processos do limite suspensão/tração. A fácies origina-se por depósitos de plumas de suspensão quando o fluxo para completamente. Consequentemente, a fácies S4 é usualmente identificada no limite entre diferentes eventos de fluxos hiperpicnais.

Tabela 3 – Prancha de fotos da Associação de fácies proximal (AFB).


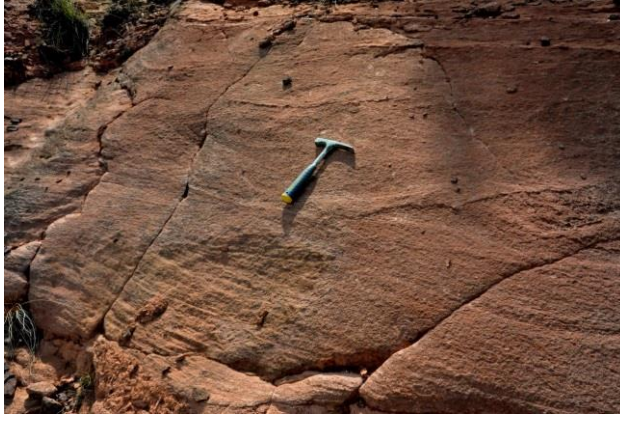

	
Ag/Sx-Gr(lpp) - Arenito grosso, seixoso a granuloso, com estratificação plano-paralela, AFB (B3)	Ag(t)gp, nSx/Gr - Arenito grosso com estratificação cruzada tangencial de grande porte, AFB (B2)
	
Ag(cpp)mp - Arenito grosso, com estratificação cruzada plano-paralela de médio porte. AFB (B2)	

Tabela 4 - Associação de fácies mediana (AFS): fácies, grupos interpretação dos processos deposicionais. Em destaque, fácies constituintes de análogo de reservatórios.

GRUPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
S1	Amf(m)	Arenito muito fino, maciço, rosado a avermelhado, quartzo-feldspático. Mal selecionado, com grãos de areia média a grossa esparsos. Por vezes: grânulos e seixos quartzosos dispersos; intraclastos ( $\Phi_{\text{máx}} = 4 \text{ cm}$ ); matéria carbonosa	Desaceleração abrupta de fluxo, corrente trativa, regime de fluxo inferior
	Af(m)	Arenito fino maciço, avermelhado, quartzo-feldspático. Mal selecionado, com grãos dispersos de areia muito grossa, grânulos e seixos ( $\Phi_{\text{máx}} = 1 \text{ cm}$ )	Desaceleração abrupta de fluxo, corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior
	Am(m)	Arenito médio maciço, avermelhado, quartzo-feldspático. Com grãos angulosos, por vezes, subangulosos, com moderada esfericidade.	Desaceleração abrupta de fluxo, corrente subaquosa trativa, regime de fluxo inferior
	Ag(m)	Arenito grosso maciço, avermelhado, quartzo-feldspático. Mal selecionado, fração fina argilosa e intercalações centimétricas de arenito fino e lentes de siltito. Grãos angulosos a subangulosos. Seixos de quartzo esparsos. Pavimento de intraclastos e seixos quartzosos.	Desaceleração abrupta de fluxo, corrente trativa, regime de fluxo inferior, sem evidência da forma de leito
S2	Af(lpp)	Arenito fino com laminação plano-paralela, avermelhado, quartzo-feldspático e com mica marcando a laminação.	Corrente trativa, regime de fluxo superior, forma de leito plana

*Associação de fácies distal (AFL)*

Essa associação é constituída pelos subgrupos de fácies L e S2L (Tabela 4), com processos geradores detalhados a seguir.

Subgrupo de Fácies L: Fácies com laminação plano-paralela, formas de leitos tabulares delgadas ou lençóides, cujas texturas variam de siltitos a lamitos. Foram interpretadas como resultantes de plumas de flotação, geradas pela reversão de densidade no processo de *lofting* (Zavala, 2011, 2016), com elevação da água intersticial, menos densa que a da bacia receptora. Esse efeito pode ser resultante do contraste de temperatura entre o fluxo



extrabacinal mais quente que adentra em corpo d'água mais frio. Isso poderia ocorrer em tempestades de períodos iniciais da primavera, cujas correntes hiperpicnais mais quentes adentrariam em águas de lagos ainda frias, devido ao final de inverno.

Fácies S2L: A fácies S2 relaciona-se verticalmente e lateralmente à L gerando uma fácies transicional de ritmitos S2L, caracterizada por uma intercalação milimétrica de arenito fino ou muito fino com lamitos, níveis de mica e/ou fragmentos de plantas. Formação de laminação plano-paralela envolvendo processos de dispersão de fluxos de regime de fluxo superior de canais rasos desconfinantes, em morfologias lençóides, combinados ao processo de plumas de flotação, que podem estar associada a áreas próximas a diques marginais.



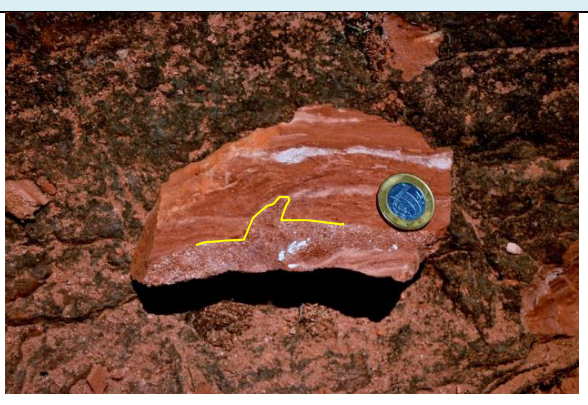

Tabela 5 - Prancha de fotos da Associação de fácies mediana (AFS).



Tabela 6 – Associação de fácies Distal (AFL): fácies, grupos e interpretação dos processos deposicionais.

GRUPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
S4	St(m)	Siltito maciço, avermelhado, mal selecionado, com grãos dispersos de areia muito fina a média de quartzo	Deposição distal no limite suspensão/tração. Regime de fluxo inferior
S2L	Lm (lpp)	Lamito com laminação plano-paralela e boa fissilidade, avermelhado. Mal selecionado, níveis de areia fina e de mica e impressões de folhas inteiras (Glossopterídeas). Interdigita-se lateralmente com arenito grosso a seixoso.	Corrente subaquosa de tração/ suspensão, forma de leito plana
	Amf (lpp)	Arenito muito fino com laminação plano-paralela, avermelhado, quartzo-feldspático, com níveis micáceos. Estrutura tipo flama (fl) na base; intercalação de níveis de arenito fino ou de arenito médio a grosso; fragmentos carbonosos, Flora Dicroidium (D).	Corrente trativa, fluxo superior, associada com plumas de flotação. Forma de leito plana
L	St(lpp)	Siltito avermelhado, com laminação plano-paralela, por vezes incipiente (com grãos dispersos de areia média); com níveis de mica.	Corrente de suspensão, forma de leito plana com influência de tração

Tabela 7- Prancha de fotos da Associação de fácies Distal (AFL).

	
Lm (lpp) - Lamito com laminação plano-paralela, AFL (S2L)	St(lpp) - Siltito avermelhado, com laminação plano-paralela, AFL (L)
	
Amf (lpp) - Arenito muito fino com laminação plano-paralela, e estrutura tipo flama, AFL (S2L)	St(m) - Siltito maciço, avermelhado, mal selecionado, AFS (S4)

### *Análise das sucessões de fácies e modelo deposicional*

Para a identificação de sucessões de fácies nos pacotes sedimentares do GAM foi considerada a variação vertical de atributos como: variação textural granodescrescente ascendente, mudança brusca no padrão textural e contatos por superfícies erosivas. Os agrupamentos faciológicos mostram agradações ou retrogradações para o topo, representadas por litologias de texturas mais finas (arenitos finos a lamitos) repetidos de maneira cíclica nos perfis levantados. Para tanto, fez-se o reconhecimento da variação granulométrica granodescrescente ascendente, bem como de considerável variação do tamanho do grão entre o topo da sucessão sotoposta e a base da sobreposta. Essas unidades operacionais correspondem, assim por definição, às unidades sequenciais controladas pelas variações do nível de base.

A integração da distribuição lateral de fácies e recorrência do padrão cíclico das associações de fácies possibilita identificar o modelo deposicional constituído que afere a fácies de inunditos. As sucessões de fácies são constituídas, na base, por fácies de texturas mais grossas, a exemplo de conglomerados e arenitos conglomeráticos da associação de fácies B (porção proximal), sucedidas por arenitos grossos e médios da associação de fácies S (porção mediana), por sua vez encimadas por fácies de texturas mais finas, como arenito fino a muito fino da associação S4 (porções mediana distal). Por fim, fácies de lamitos, siltitos e argilitos da associação de fácies L (porção distal) capeiam a sucessão (ver Figura 4). Dentre os lamitos, distinguem-se aqueles com níveis significativos de mica, que resultaram da deposição da pluma de flotação ou *lofting* (associação de fácies L). Tanto a sucessão de fácies como as associações de fácies permitem identificar o modelo deposicional de inundito associado a lagos (Lima, 2014). Destaca-se que as associações de fácies B e S possuem características de fácies-reservatório e são capeadas pelas associações de fácies L, eventuais selantes. Assim os ciclos deposicionais em que as fácies arenosas são expressivas e capeadas por fácies argilosas podem ser considerados como um análogo de reservatório (Fig. 4).



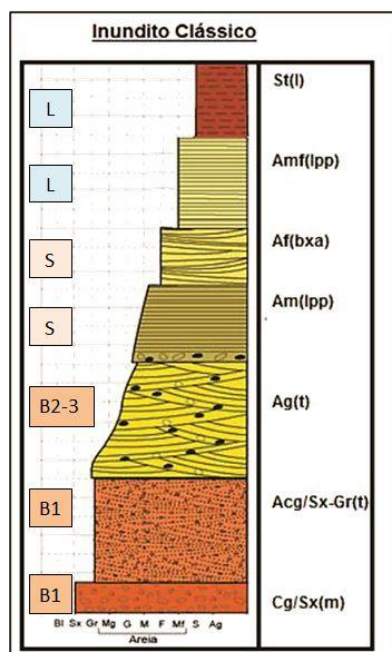


Figura 4 - Perfil de uma sucessão de fácies característica de um inundito do GAM. À esquerda o código dos subgrupos de fácies e, à direita, código de fácies. (Modificado de Lima, 2014) análogo para reservatório de hidrocarboneto.

#### Caracterização petrográfica

Foram selecionadas cinco fácies para estudo de detalhe dos perfis colunares PGAM1308 e PGAM1305, posicionados no setor SW do Gráben Arroio Moirão (Fig. 2):

A fácies arenito grosso seixoso com estratificação cruzada tangencial [Ag/Sx(t)] (Fig. 5 - A) do perfil colunar PGAM1308, em lâmina petrográfica é um arenito com 38% de areia grossa e 20% de areia muito grossa, visualmente determinados. Trata-se de um arenito mal selecionado, pois também ocorrem outras granulométricas como areia muito fina, fina, média além de fração argila. É grão suportado, porém apresenta uma matriz argilosa e oxidada destacando-se a presença de caulinita. É constituído por aproximadamente 58% de quartzo policristalino, 33% de quartzo monocristalino e 8% de feldspatos e traços de muscovita. É um subarcósio onde a porosidade representa em torno de 7% sendo intergranular, shrinkage, além de microporosidade. (Figura 5).

A fácies arenito conglomerático seixoso a granuloso, com estratificação plano-paralela [Acg/Sx-Gr(lpp)] (Fig. 6 - A), do perfil colunar PGAM1308, é um arenito com grânulos subangulosos de intraclastos (25%), fração predominantemente angulosa com areia muito grossa a grossa (60%) e matriz argilosa (15%). É sustentado pelos grãos e mal selecionado. É um subarcósio estimado visualmente com 61% de quartzo policristalino, 28% de quartzo monocristalino e 11% de feldspatos. A porosidade foi estimada em torno de 7%, sendo intergranular, *shrinkage* e microporosidade (Fig. 6).

A fácies arenito grosso a seixoso, com laminação plano-paralela [Ag/Sx-Gr(lpp)] (Fig. 7 - A), do perfil colunar PGAM1308 é um arenito com 25% de grânulos e 25% de areia muito grossa, também areia muito fina a grossa (20%) e fração argila (30%), sustentado pelos grãos. Classificado como subarcósio e constituído por 64% de quartzo policristalino, 36% de quartzo monocristalino e traços de mica. A porosidade visual é praticamente nula eventualmente por fraturamento de grãos. A matriz argilosa é praticamente recristalizada para caulinitas (Fig. 7).

A fácies arenito conglomerático seixoso a granuloso, com estratificação cruzada tangencial [Acg/Sx-Gr(t)] (Fig. 8 - A, perfil colunar PGAM1305) é um arenito com grânulos de intraclastos (20%), predominando areia muito grossa a grossa (65%) e matriz argilosa (15%) oxidada e agregados de caulinita. É classificado como subarcósio e constituído por 52% de quartzo policristalino, 31% de quartzo monocristalino, 2% de feldspatos e traços de

muscovita. A porosidade foi estimada visualmente em até 7%, intergranular secundária, *shrinkage* e microporosidade.

A fácies arenito grosso, com estratificação cruzada tangencial em sets festonados, com níveis de seixos e grânulos [Ag(t)f,nSx/Gr], (Fig. 9 - A, perfil colunar PGAM130), é um arenito com 22% de areia média e grânulos (3%), areia muito grossa (5%), areia grossa (10%), areia fina (15%), areia muito fina (5%) e pseudomatriz (30%) pois são agregados de caulinita substituindo grãos. É um subarcósio e constituído por 65% de quartzo monocristalino, 26% de quartzo policristalino, 9% de feldspatos e traços de muscovita. A porosidade foi estimada visualmente em 5%. A porosidade pode ser caracterizada como intergranular secundária e microporosidade.

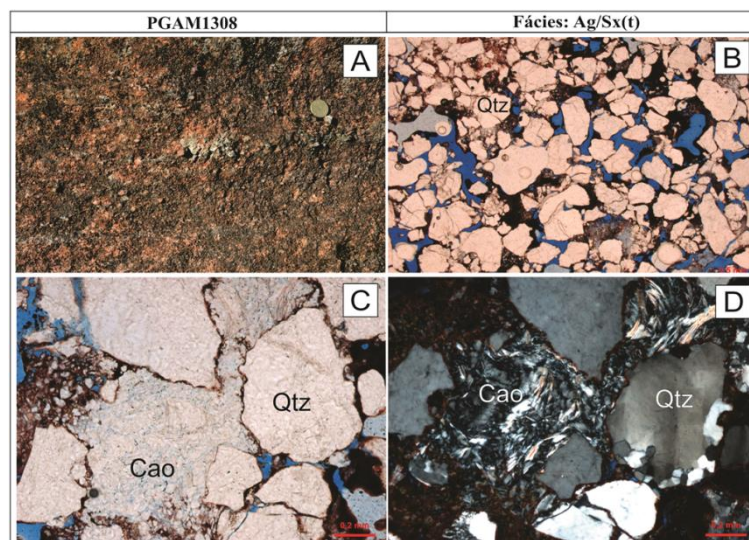


Figura 5 - Fotografias e fotomicrografias da fácies arenito grosso seixoso [Ag/Sx(t)]: A) Aspecto macroscópico da amostra; B e C) observar a textura da amostra, porosidade intergranular e shinkage em nicóis paralelos; D) fotomicrografia B, porém em nicóis cruzados destacando-se a caulinita (Cao) e quartzo (QTZ).

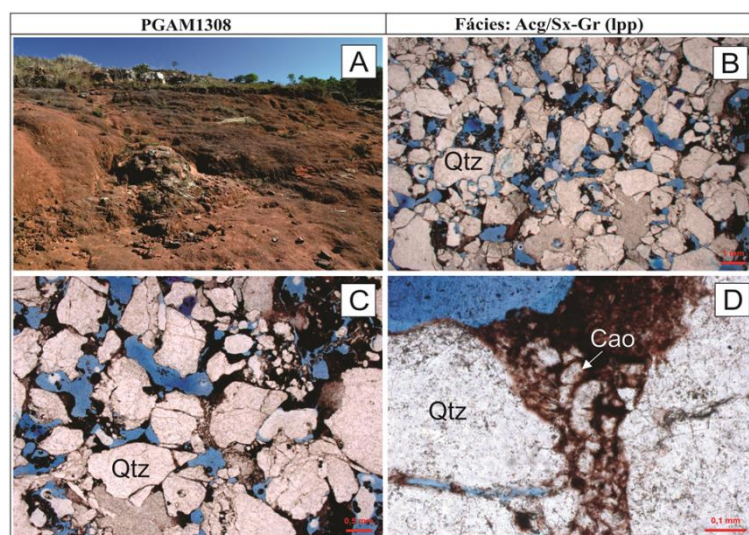


Figura 6 - Fotografias e fotomicrografias da fácies arenito conglomerático seixoso granuloso [Acg/Sx-Gr(lpp)]. A) Afloramento e aspecto macroscópico; B e C) aspecto geral mostrando grãos mal selecionados, quartzo (QTZ), porosidade (em azul) e traços de matriz argilosa em nicóis paralelos; D) Detalhe ressaltando a matriz argilosa e agregados de caulinita (CAO) em nicóis cruzados.



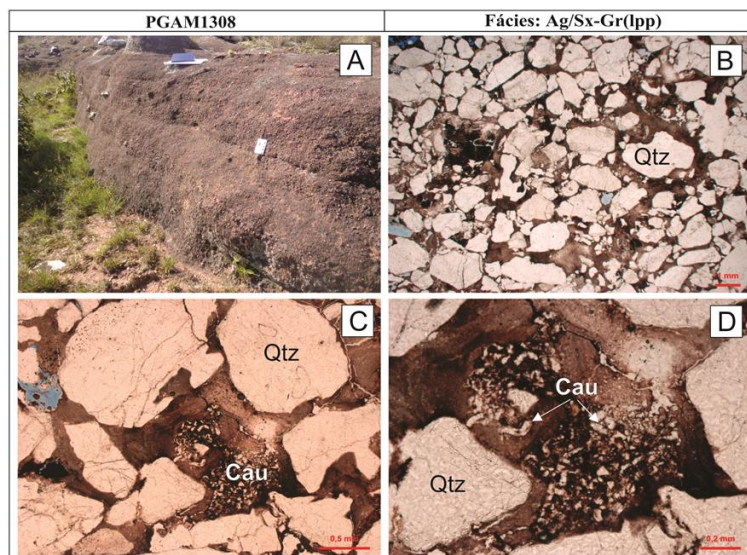


Figura 7 - Fotografias e fotomicrografias da fácies arenito grosso seixoso granuloso [Ag/Sx-Gr(lpp)]. A) Aspecto de campo; B, C e D) Fotomicrografias em ND. Cau= caulinita, Qtz=quartzo.

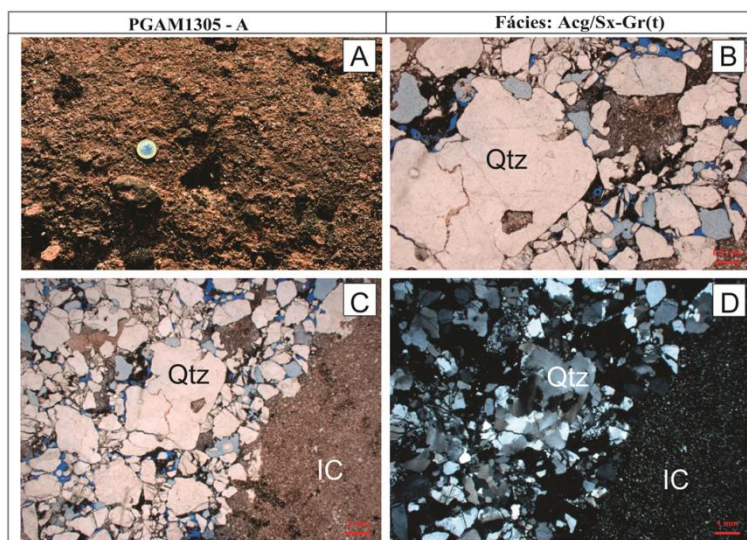


Figura 8 - Fotografias e fotomicrografias da fácies arenito conglomerático seixoso granuloso [Acg/Sx-Gr(t)]. A) Afloramento e aspecto macroscópico; B e C) detalhe mostrando aarcabouço, grãos de quartzo (QTZ) e intraclasto (IC) em nicóis paralelos; D) detalhe da fotomicrografia em C, porém com nicóis cruzados salientando o quartzo e intraclasto.



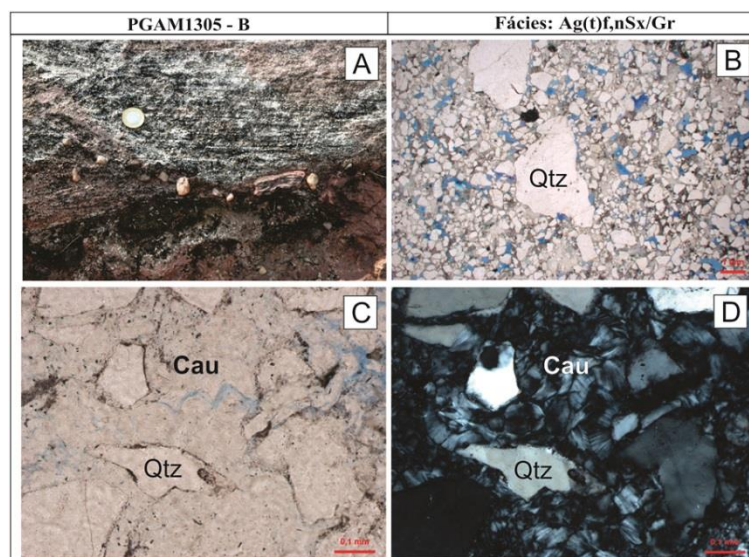


Figura 9 - Fotografias e fotomicrografias da fácies arenito grosso, com estratificação cruzada tangencial em sets festonados, com níveis de seixos e grânulos [Ag(t)f,nSx/Gr]. A) Afloramento e aspecto macroscópico; B, C) detalhe mostrando arcabouço com grãos de quartzo (QTZ) e matriz substituída por caulinita (Cau) em nicóis paralelos; D) detalhe da fotomicrografia em C, porém em nicóis cruzados.

#### *Geometria dos depósitos propostos como análogos de reservatório*

A avaliação da geometria, continuidade lateral e vertical das prováveis fácies-reservatório foi realizada por meio de fotomosaicos e análise de campo dos afloramentos dos perfis colunares PGAM1308 (Fig. 10) e PGAM1305 (Fig. 11), respectivamente, com espessuras de 17 m e 44 m, posicionados no setor SW do Gráben Arroio Moirão (Fig. 2).

Na porção mediana do perfil colunar PGAM1308 (Fig. 10), identifica-se por ‘A’ e ‘B’ as camadas da fácies arenito conglomerático seixoso a granuloso com laminação plano-paralela [Acg/Sx-Gr(lpp)], igualmente identificadas nos fotomosaicos 1 e 2. Observa-se a continuidade lateral (aproximadamente 100 m) e a geometria tabular desse conjunto de camadas, totalizando 3,5 m de espessura e intercalação por uma delgada camada de arenito muito fino maciço. Na porção superior do mesmo perfil, as camadas ‘C’ e ‘D’ são fácies de arenito grosso seixoso a granuloso com laminação plano-paralela [Ag/Sx-Gr(lpp)] (também no fotomosaico 3). A geometria é tabular com boa continuidade lateral (aprox. 50 m), espessura de 2,5 m e está intercalado por uma delgada camada de arenito grosso maciço. As fácies selantes, como o lamito laminado (cor verde no perfil da figura 10), são igualmente contínuas e com razoável extensão lateral. Na porção inferior do perfil colunar PGAM1305-A (Fig 10), “E” é a fácies arenito muito fino com laminação plano-paralela [Amf (lpp)]. A geometria é lençóide, com espessura de 3,5 m e intercalação com delgadas camadas de arenito médio, constituindo um ritmo. Sobreposta há uma camada de 1,5 m de espessura, tabular de arenito grosso com estratificação cruzada plano-paralela de médio porte [Ag(cpp)mp], identificada por F. Possui contato plano com a camada sobreposta de arenito conglomerático seixoso-granuloso com estratificação cruzada tangencial [Acg/Sx-Gr(t)], identificada por G e com geometria tabular e boa continuidade lateral. Está representada em detalhe no fotomosaico (Fig. 11), onde evidenciam-se superfícies de menor ordem, que limitam *cosets*, os quais salientam heterogeneidades internas.

#### *Correlação e modelo análogo*

As superfícies-chaves identificadas constituem-se como superfícies erosivas na base das sucessões de fácies e suas conformidades correlatas que delimitam os ciclos deposicionais. Igualmente considerou-se que em cada ciclo há um conjunto de camadas de fácies finas no topo que caracterizam agração ou retrogradação máxima, e nelas podem estar posicionadas

superfícies de máxima inundação (SIM). Em cada perfil colunar, com base em critérios de delimitação de superfícies erosivas na base e no topo, foram identificadas unidades operacionais que podem representar eventos de erosão regional ou de deposição síncrona em toda a área. Essas unidades operacionais correspondem, assim por definição, às unidades sequenciais controladas pelas variações do nível de base. A correlação dos perfis colunares do setor SW do GAM permitiu identificar quatro ciclos deposicionais completos e um, no topo, incompleto, com espessura variando de 3,75 a 12,0 m, interpretados como resultantes da desaceleração de fluxo hiperpicnal de baixa densidade. Esses ciclos deposicionais (CD) são limitados na base por superfícies erosivas que variam lateralmente para superfícies de conformidade correlativa, indicadas por mudanças abruptas de textura (Fig. 12). Geralmente, iniciam-se na base com fácies conglomeráticas que são sobrepostas por arenitos grossos a finos e eventualmente, siltitos e lamitos.

A distribuição lateral e vertical desses depósitos cíclicos evidenciada com a correlação de quatro perfis colunares (ver PGAM1204, 1308, 1305, 1309 na Seção de Correlação da Fig. 12) pode ser entendida pelo modelo de distribuição lateral de associações de fácies (Fig. 13), proposto por Zavalla et al. (2016) para fluxos hiperpicnais. Nessa seção, no perfil PGAM1204, bem à esquerda, predomina a associação de fácies da porção proximal (AFB), que corresponde a conglomerados com contatos basais erosivos em zona de *by pass*. No perfil PGAM1308, predomina a associação de fácies da porção mediana proximal (AFS), identificada por conglomerados, superfícies basais erosivas e fácies de granulometrias finas no topo. No perfil PGAM1305 seguinte, prevalece a associação de fácies da porção mediana distal (AFS), constituída por arenitos grossos a finos, capeados por pelitos. Por fim, no perfil PGAM1309, sobressai a associação de fácies da porção distal (AFL), que corresponde a arenitos muito finos e pacotes mais espessos de pelitos.

Pela distribuição lateral de fácies, é possível identificar o sentido de desaceleração do fluxo hiperpicnal e a conformação de depósitos areno-conglomeráticos, possíveis reservatórios, capeados por pelitos (em verde) (Fig. 13).

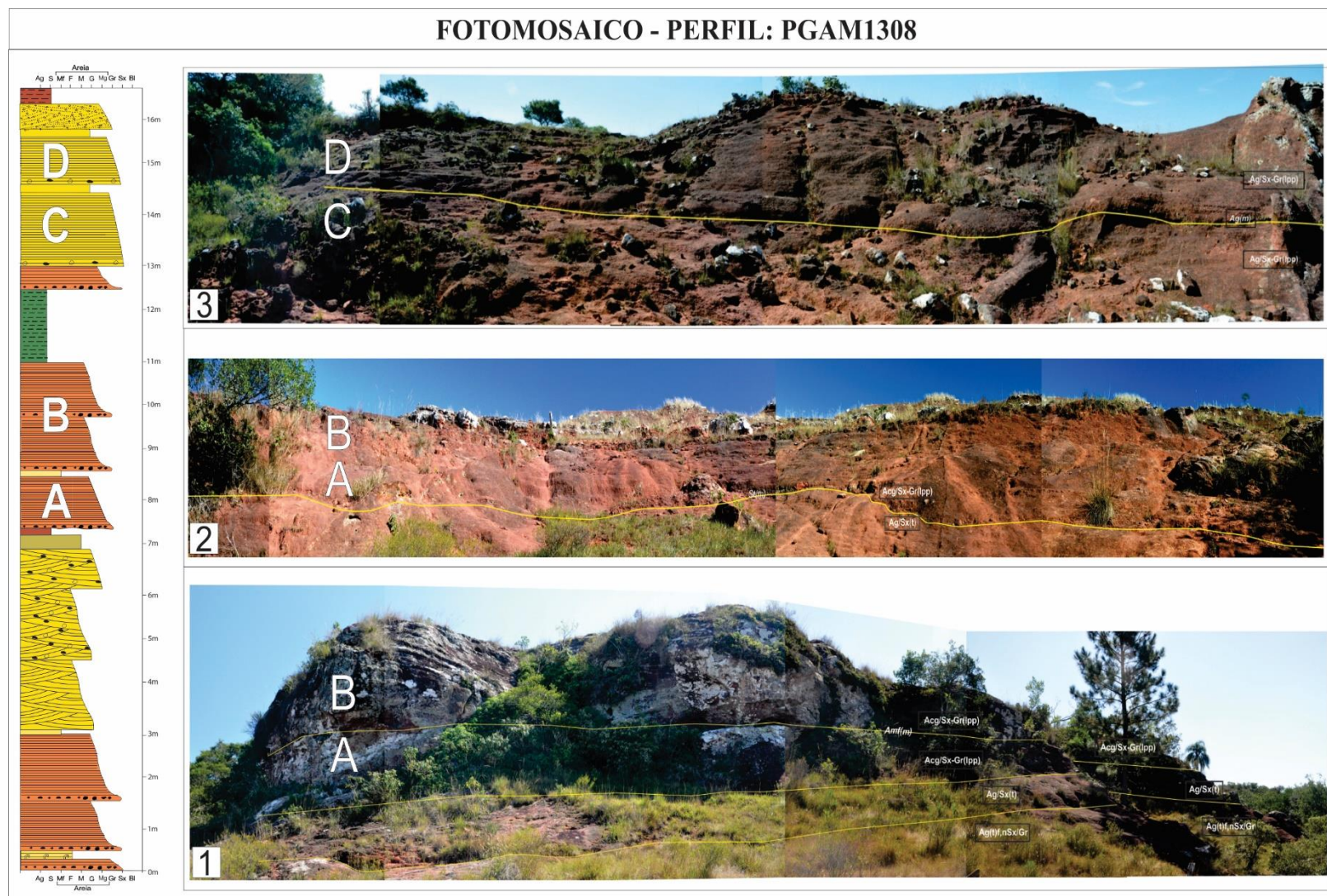


Figura 10 – Fotomosaicos 1, 2 e 3 correspondentes ao perfil colunar PGAM1308, nos quais foram marcadas as principais superfícies. Observar que não há truncamento de superfícies e nem incisão das mesmas, conferindo boa conectividade lateral em mesoescala para o análogo de reservatório.



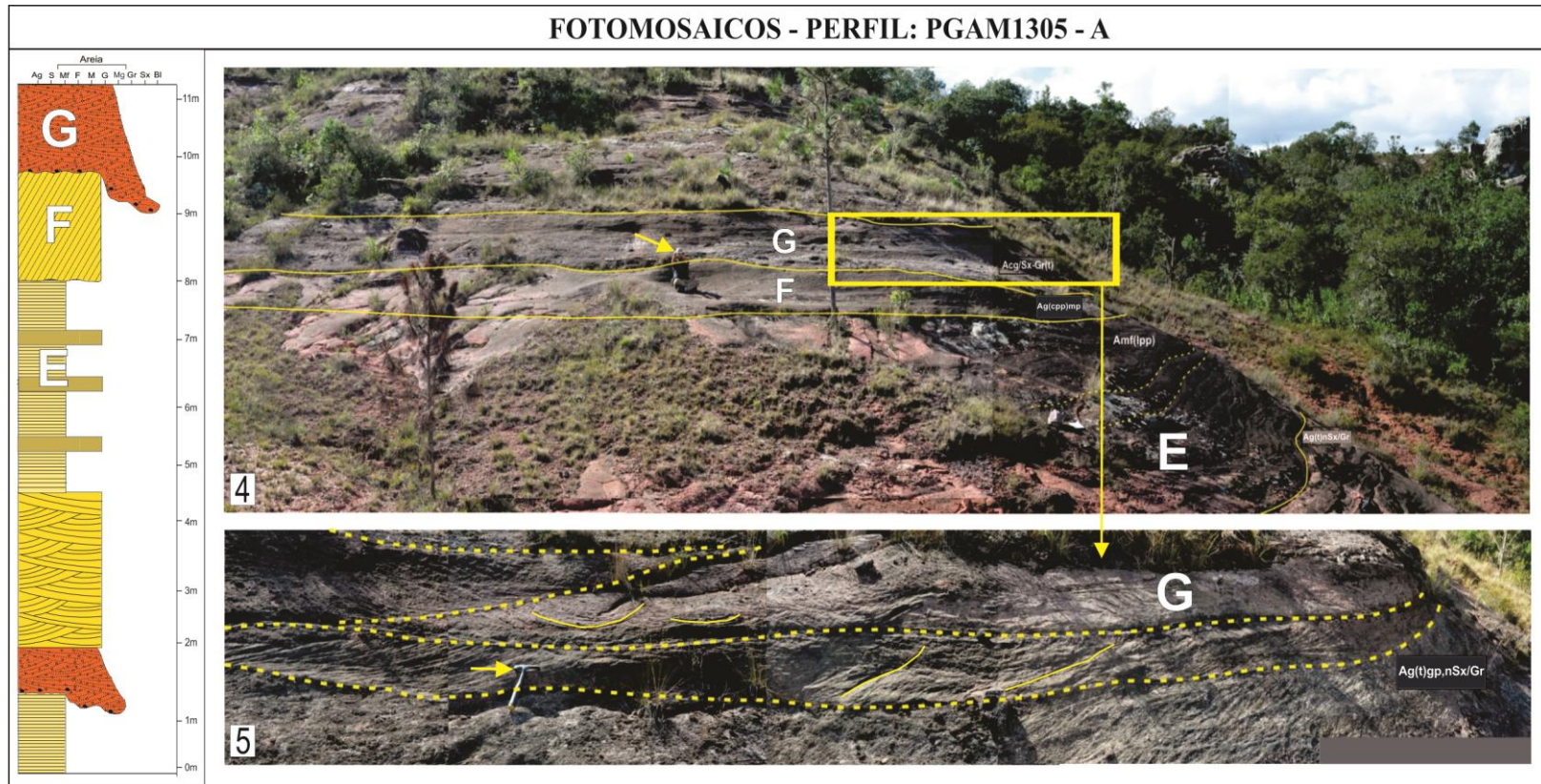


Figura 11 - Fotomosaicos 4 e 5 correspondentes ao perfil colunar PGAM1305, nos quais foram marcadas as principais superfícies. As linhas contínuas representam contatos de fácies tabulares e, as linhas pontilhadas, representam superfícies de menor ordem, provavelmente reativação da estratificação cruzada acanalada evidenciando as heterogeneidades internas das camadas. (fotomosaico 5).

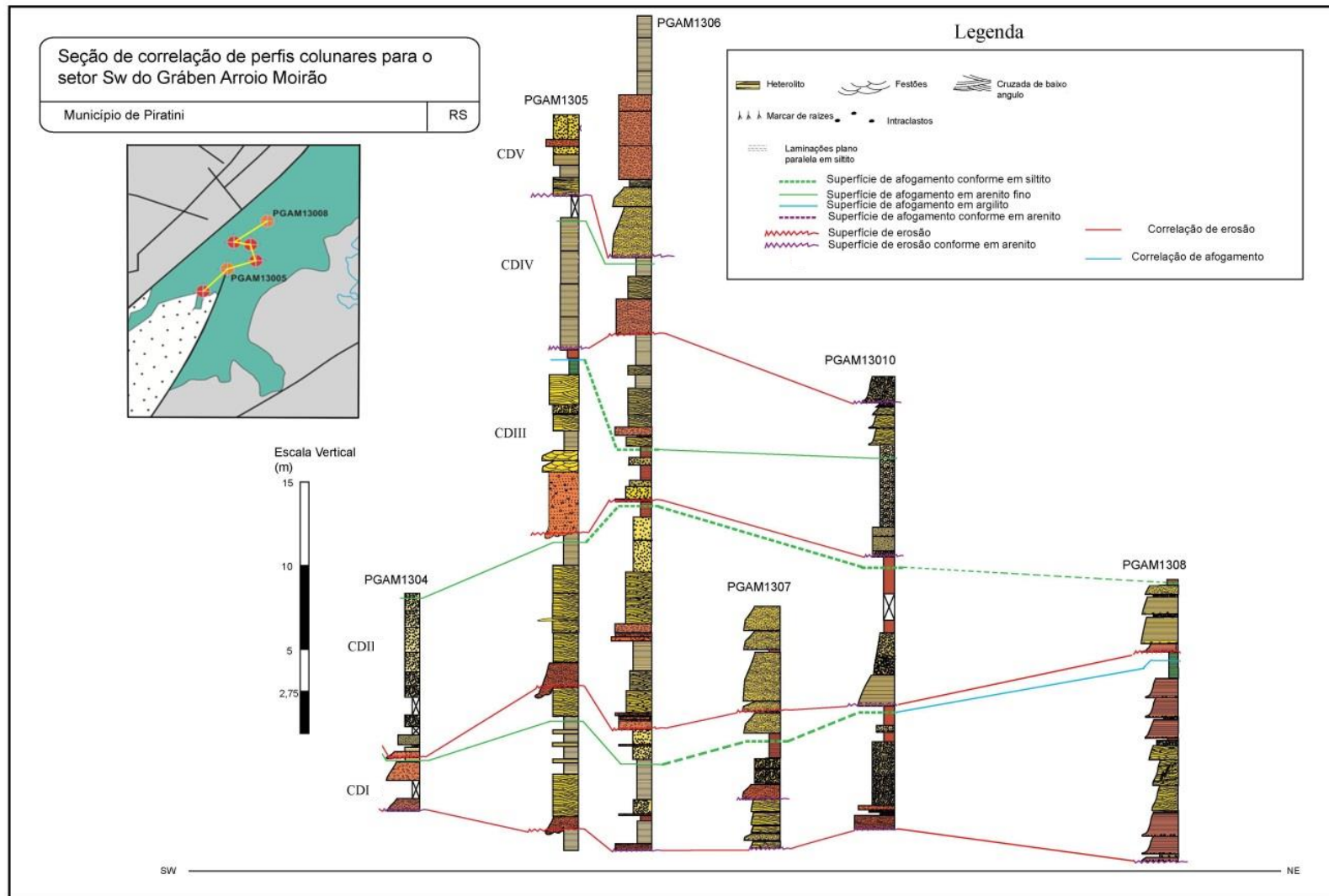


Figura 12 – Seção de correlação de perfis colunares do setor SW do GAM e ciclos deposicionais (CDI, CDII, CDIII, CDIV, CDV).

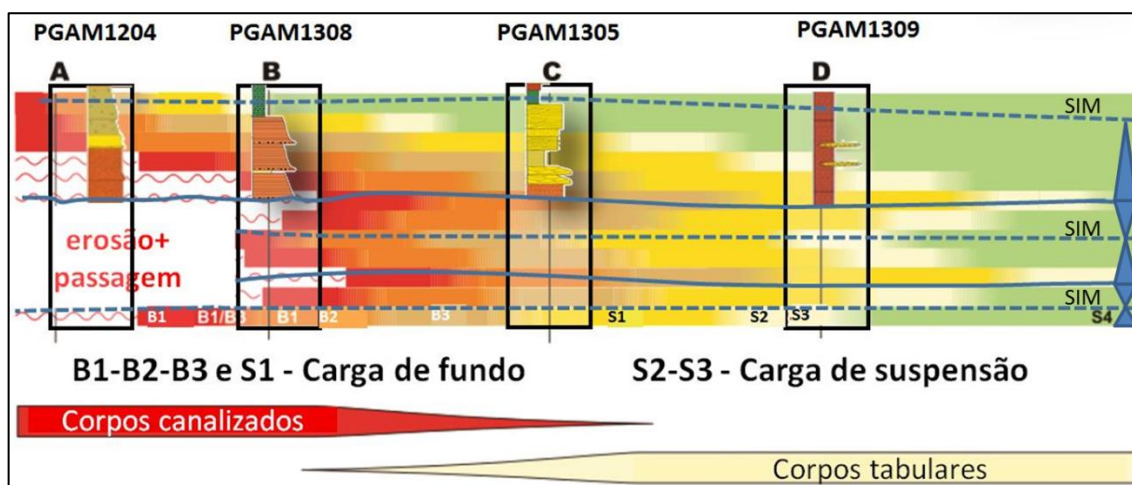


Figura 13 - Modelo da distribuição lateral e heterogeneidade de fácies. Os retângulos pretos identificam o posicionamento dos perfis colunares do GAM conforme o modelo de associação de fácies para fluxos hiperpicnais (Fonte: modificado de Zavala et al., 2011).

#### *Análogo de reservatório*

Considerando o modelo, foi feita uma análise multiescalar para entender a potencialidade desses depósitos como um análogo de reservatório. Nesse modelo, pode-se compreender que a associação de fácies B, relacionadas à carga de fundo, representa o início de cada ciclo deposicional. Quando em espessos pacotes, possuem potencial para análogo de reservatório. Foi possível constatar, em análise de microescala, através de análises petrográficas, especificamente para as fácies [Ag/Sx(t)], [Acg/Sx-Gr(lpp)] e [Acg/Sx-Gr(t)], a baixa porosidade (máximo 7%), do tipo intergranular secundária, intergranular por fraturas e microporosidade em caulinitas, assim como, foi diagnosticada a cimentação e substituição de feldspatos por caulinita. Ainda para essa associação de fácies B, constatou-se para a fácies [Ag/Sx-Gr(lpp)] porosidade praticamente nula, em análise de lâmina. O padrão de alta carga de lama que preenche boa parte dos poros foi evidenciado pelos dados petrográficos de rochas aflorantes desse modelo inundítico lacustre.

A geometria das fácies analisadas em lâmina petrográfica pode ser entendida em detalhe, em termos de mesoescala, por meio dos fottomosaicos, gerados em dois perfis detalhados correspondendo às figuras 10 e 11. As estruturas internas e interpretação dessas fácies possibilitaram o entendimento da distribuição e sua relação em todo o depósito. Estes foram avaliadas para o entendimento de suas heterogeneidades por parâmetros geométricos, e relações de contato entre as camadas. A geometria das fácies aqui analisadas como potenciais análogos de reservatório é predominantemente tabular ou lençoide, resultante do registro de canais rasos e pouco escavados. As geoformas são compatíveis com as geometrias geradas por fluxos hiperpicnais, onde ocorre o espalhamento do fluxo e o desconfinamento de canais (Zavala et al., 2011). Essas relações conferem boa conectividade lateral para um potencial reservatório. Para dimensionar um possível pacote espesso que tenha potencialidade de reservatório é possível conferir no perfil 1308 para essa mesma associação de fácies (Fig. 10), um pacote de 11 m de arenito. Este está capeado por uma camada de lamito de 1,5 m com laminação plano-paralela e grande quantidade de mica que resulta da deposição de pluma de flotação ou *Lofing* (associação de fácies L), representam o encerramento de um espesso ciclo deposicional. Demonstra ser distribuída de forma contínua e com grande extensão lateral e pode conferir a essa litologia a característica fácies selantes, barreira vertical para fluxos ascendentes no contexto de um reservatório, em análise de heterogeneidade em mesoescala. Esses depósitos possuem distribuição lateral, evidenciadas pelas correlações dos perfis que abrangem uma extensão de aproximadamente 7 km. A recorrência do padrão cíclico retrogradacional de fácies no empilhamento vertical confere a heterogeneidade de distribuição



de fácies de inunditos (Zavala et al., 2011). Esses pacotes mostraram ser interrompidos ao final de cada ciclo pela presença de fácies selantes argilosas, que, em uma análise em macro escala, resultaria num reservatório compartimentado e não convencional (Fig. 4, 12 e 13). Com a correlação dos perfis levantados na região, chega-se a um modelo análogo de reservatório para os depósitos efêmeros da porção SW do Gráben Arroio Moirão. (Fig 12). Esse modelo tem padrão semelhante quando comparado a estudos de Lira (2004), para análogos de inunditos evidenciados pela baixa porosidade e boa lateralidade dos depósitos. Esta característica é evidenciada pela correlação dos perfis colunares e suportado pelo modelo de distribuição de fácies.

## DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Neste artigo foram discutidos os modelos propostos para o GAM, relicto Triássico da Bacia do Paraná no Escudo Sul-rio-grandense. Considerando-se a hipótese do modelo de inundito lacustre perene, desencadeado por inundações fluvial e conduzido por fluxos hiperpicnais (Tabela 1). O modelo é reforçado, pois são amplamente encontradas na área, fácies com intraclastos argilosos formados em períodos de recarga d'água, quando influxos episódicos erodem pavimentos lamíticos. Estes são sedimentados por cheias anteriores, quando ocorreu a transgressão lacustre, posteriormente, com o rebaixamento d'água, em períodos longos de estiagem, expõe-se os depósitos e assim, encerra-se um ciclo. Outra característica que corrobora a hipótese são as fácies com abundantes fragmentos vegetais, além de *charcoal* remobilizados e níveis micáceos. Esta última característica indica o mecanismo deposicional de *lofting* por decantação de plumas de flotação (Zavala, 2016). Além disso, as fácies são predominantemente mal selecionadas com alta carga de sedimentos finos, o que pode conferir baixas porosidades em reservatórios desse modelo deposicional (Pestilho et al., 2017; Yang et al., 2017). Diferentemente do que ocorre em turbiditos clássicos, os quais detêm sucessão de fácies muito semelhante a esses depósitos, envolve retrabalhamento de carga de fundo, o que elimina boa parte dos sedimentos finos. Da mesma forma, quando os turbiditos extrabacinais ou hiperpicnitos são comparados aos depósitos fluviais subaéreos, distinguem-se destes pela grande quantidade de matriz em suas fácies.

Novos estudos (Cardoso et al., 2018) em rochas da sequência Santa Maria II na região do GAM apontam que o espaçamento irregular de anéis de crescimento identificados em *charcoal* sugerem para condições cíclicas de disponibilidade hídrica em clima árido em período de *greenhouse*. Nessas inundações episódicas, a superfície continental seria lavada, possibilitando elevada concentração de sedimentos finos (Kelly & Olsen, 1993), que reabasteceriam lagos perenes com fluxos hiperpicnais. De igual modo, a presença de fósseis de rincossauros (Horn et al., 2015), também aponta para a existência de cursos d'água duradouros na região. Por esses fatores, sugere-se que o reabastecimento cíclico de água em paleoclima árido confere suporte à hipótese de lagos perenes, embora Lima (2016) e Borsa et al. (2017) tenham proposto modelos de lagos efêmeros para a área. Além disso, não há evidências de ampla ocorrência de paleossolos que sustentem a proposição de modelos efêmeros.

Propõe-se, com base em amplo estudo e análise de fácies do pacote sedimentar do GAM, correlação de perfis colunares, e com base nos marcos teóricos de modelos de inunditos propostos na literatura, um modelo análogo de reservatório não convencional do tipo compartimentado, onde os pacotes arenosos apresentam geometria tabular, boa extensibilidade e porosidade da associação de fácies B alcança até 7%, são selados pelos pacotes finos de lamitos da associação de fácies distal. Com a integração dos dados, demonstra-se que o modelo de inundito de lagos efêmeros seria o mais adequado para a área do Gráben Arroio Moirão, relicto Triássico da Bacia do Paraná no Escudo Sul-rio-grandense. Propõe-se um modelo de análogo de reservatório do tipo compartimentado para um modelo de inundito em lago perene.

## AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a CAPES pela bolsa de mestrado e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo pela oportunidade de realização deste trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

- Andreis, R., Bossi, G., Montardo, D. (1980). O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul. *XXXI Congresso Brasileiro de Geologia*, 2, 659–673. Camboriú: SBG.
- Barberena, M.C., Araújo, D.C., Lavina, E.L., Faccini, U.F. (1991) The vidence for close paleofaunistic affinity between South America and Africa, as indicated by Late Permian and Triassic tetrapods. VII International Gondwana Symposium, 455-467. São Paulo
- Borsa, G.N.O. (2015). *Novas chaves de correlação para as unidades triássicas do gráben arroio moirão: caracterização de sismitos e aplicação na estratigrafia*. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS
- Borsa, G.N.O., Mizusaki, A.M.P., Menegat, R. (2017). The Triassic belt preserved in Arroio Moirão Graben, southernmost Brazil: Depositional system, sequence stratigraphy and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences*, 77, 123- 140.
- Bortoluzzi, C.A. (1974). Contribuição à geologia da região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 4(1), 7–86.
- Bouma, A.H. (1962). *Sedimentology of some flysch deposits, a graphic approach to facies interpretation*. New York: Elsevier Pub. Co.
- Cardoso, D. dos S., Mizusaki, A.M.P., Guerra-Sommer M., Menegat R., Barili R., Jasper A., Uhl D. (2018). Wildfires in the Triassic of Gondwana Paraná Basin. *Journal of South American Earth Sciences*, 81. In press.
- Catuneanu, O. (2006). *Principles of Sequence Stratigraphy*. New York: Elsevier.
- Coe, A.L. (2010). *Geological field techniques*. Milton Keynes: Wiley-Blackwell.
- Dalrymple, R.W. (2010). Interpreting Sedimentary Successions: facies, facies analysis and facies models. In: James, N.P., Dalrymple, R.W. (Eds.). (2010). *Facies Models 4*. Geological Association of Canada.
- Della Fávera. J. C., (2001). *Fundamentos de Estratigrafia Moderna*. Rio de Janeiro: Ed. UERJ.
- DOI: 10.1016/j.jsames.2017.12.018
- Einsele, G. (2000). *Sedimentary basins*. Berlin: Springer-Verlag.
- Faccini, U.F. (2000). *Estratigrafia do Permo-Triássico do Rio Grande do Sul: estilos deposicionais versus espaço de acomodação*. Tese (Doutorado). Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS.
- 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 da Boa Vista (RS). *Ciência e Natura*, 12, 103-104.
- Fisher, J.A., Krapf, C.B.E., Lang. S.C., Nichols, G.J., Payenberg, T.H.D. (2008). Sedimentology and arquitecture of the douglas creek terminal splay, lake eyre, central Australia. *Sedimentology*, 55, 1915-1930.
- Folk, R.L. (1968). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin: Hemphill's Publishing Company.
- Gamermann, N. (1973). Formação Rosário do Sul. *Pesquisas em Geociências*, 2, 5-36.
- Gordon, M. (1947). Classification of the Gondwanic Rocks of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. *Boletim do Departamento Geológico e Mineralógico do Brasil*, 38, 1 – 19.
- Heward, A.P., (1978). Alluvial fan sequence and megasequence models: With examples from Westphalian D – Stephanian B Coalfields, Northern Spain. In: A. D. Miall (Ed.), *Fluvial Sedimentology*, , p. 669-702. Canadian Society of Petroleum Geologists (Memoir 5).



- Horn B.L.D., Goldberg K., Schultz, C.L. (2017). Interpretation of massive sandstones in ephemeral fluvial settings: A case study from the Upper Candelaria Sequence (Upper Triassic, Parana Basin, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 81, 108-121.
- Horn, B.L.D. (2016). Análise sedimentológica da Supersequência Santa Maria e suas implicações estratigráficas. Porto Alegre. 99p. Tese (Doutorado) Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS.
- Horn, B.L.D., Melo, T.P., Schultz, C.L., Philipp, R.P., Kloss, H.P., Goldberg, K. (2014). A new third-order sequence stratigraphic frame work applied to the Triassic of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil, based on structural, stratigraphic and paleontological data. *Journal of South American Earth Sciences*, 55, 123- 132.
- Horn, B.L.D., Schultz, C.L., de Figueiredo, A. E. Q., Motta, F. A. (2015). Recognition of the hyperodapedon assemblage zone (Late Triassic) in a relictual occurrence over the Sul-Rio-Grandense shield. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18, 91-96.
- James, N.P., Dalrymple, R.W. (Eds.). (2010). *FaciesModels 4*. Geological Association of Canada.
- Kelly, S.B., Olsen, H.O. (1993). Terminal fans - a review with reference to Devonian examples. *Sedimentary Geology*, 85, 339-374.
- Leeder, M. (1999). *Sedimentology and Sedimentary Basins from Turbulence to Tectonics*. Oxford: Blackwell Science.
- Lima, L. G. (2014). *Análise de fácies e modelos deposicionais de unidades triássicas da Bacia do Paraná sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense na região do Gráben Arroio Moirão, RS: Em busca de marcadores estratigráficos*. Monografia (Graduação). Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS.
- Lima, L., G. (2016). *Inunditos como um modelo sedimentar – identificação no Gráben Arroio Moirão (RS)*. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS
- Lira, A.R.A. (2004) *Caracterização em multiescala de análogos de reservatórios da Formação Maceó (Aptiano da Bacia de Alagoas), nas regiões de Japaratinga e Morros de Camaragibe – AL*. Tese (Doutorado). Recife: Centro de Tecnologia e Geociências – UFP.
- Lisle R.J. L., Brabham P.J., Barnes J.W. (2014). *Mapeamento Geológico básico: guia geológico de campo* (5ª ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Mckee, E.D., Crosby, E.J., Berryhill, H.L. (1967). *Flood deposits, Bijou Creek, Colorado*. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37, 829-851.
- Miall, A.D. (1999). *Principles of sedimentary basin analysis* (3ª ed.) New York: Springer-Verlag.
- Miall, A.D. (2006). *The Geology of Fluvial Deposits - Sedimentary Facies, Basin Analysis, and petroleum Geology*. University of Toronto: Springer.
- Milani E.J., Zalán P.V. (1999). Na outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. *Episodes*, 22(3), 199-205.
- Milani, E. J. (1997). Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu Relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. Tese (Doutorado) Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS.
- Milani, E.J., Melo, J.G., Souza, P.A., Fernandes, L. A., França, A. B. (2007). Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), 265-287.
- Morais Rego. L. F. (1930). A geologia do petróleo no Estado do Rio de Janeiro. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico*, 46, 1-110.
- Mutti, E. (1992). *Turbidite sandstones*. San Donato Milanese: AGIP - Istituto di Geologia Università di Parma.
- Paim, P.S.G., Faccini, U.F., Netto, R.G. (2003). *Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares (Estudo de Casos)*. São Leopoldo: Ponto e Virgula.
- Pestilho A.L.S., Monteiro L.V.S., Oliveira D.M., Neto E.V.S. (2017) Hyperpycnal-fed lacustrine turbidites in rift basins: Facies analysis and diagenesis of the Early Cretaceous

- Pendência Formation, Potiguar Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. In press.
- Ponciano, L.C.M.O. (2009). Tafofácies das Formações Cabeças, Devoniano da bacia do Parnaíba, Piauí. Dissertação (Mestrado) Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS.
- Postma, G., (2014). Generic autogenetic behaviour in fluvial systems: lessons from experimental studies. *Inter. Assoc. Sedimentol. Special Publication*, 46, 1-18.
- Potter, P.E., Pettijohn, F.J. (1977). *Paleocurrents and basin analysis* (2ª ed.). New York: Springer-Verlag.
- Rodrigues, Y. C. (2015). Caracterização de arenitos de depósitos de efêmeros de unidades triássicas na região do Gráben Arroio Moirão, RS: potenciais análogos de reservatórios. Monografia (Graduação). Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS.
- Salgado, E.T. (2016) Caracterização da distribuição faciológica das unidades Triássicas no Gráben Arroio Moirão através do cálculo de índices de proximidade e lateralidade: depósitos inundáticos gerados por fluxos hiperpicnais. Monografia (Graduação), Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS.
- Santos, V.H. (2005). Sequência Siluro-Devoniana e Eocarbonífera da Bacia do Parnaíba, Brasil, como análogos para a exploração de hidrocarbonetos. Tese (Doutorado), Recife: Centro de Tecnologia e Geociências – UFP.
- Seilacher, A. (1991). Events and their signatures - an Overview. In: G. Einsele, W. Ricken, A. Seilacher (Eds.), *Cycles and events in stratigraphy*, 222-226. New York: Springer-Verlag.
- Soares, M.B., Schultz, C.L., Horn, B.L.D. (2011). New information on *Riograndia guaibensis* Bonaparte, Ferigolo and Ribeiro, 2001 (Eucynodontia, Trithelodontidae) from the Late Triassic of southern Brazil: anatomical and biostratigraphic implications. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83, 329-354.
- Stow, D.A.V. (2005). *Sedimentary rocks in the field: a color guide*. New York: Academic Press.
- Terry, R.; Chilingar, G. (1955). Summary of: "Concerning some additional aids in studying sedimentary formations". *Journal of Sedimentary Petrology*, 25, 229-234.
- Tucker, M. E. (2001) *Sedimentary Petrology* (3ª ed.) Oxford: Blackwell.
- Tucker, M.E. (2014). *Rochas Sedimentares; guia geológico de campo* (4ª ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Uliana, M.A., Biddle, K. (1988). Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociências*, 18(2), 172-190.
- Walker, R.G. (1992). Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: Walker, R.G. & James, N.P. (eds.), *Facies Models: Response to Sea Level*. Canadá: Association of Canada.
- Wilder, W., Ramgrab, G.E., Lopes, R.C., Iglesias, C.M.F. (2005). Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:750.000. Porto Alegre: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil – CPRM.
- Williams, P. B., Kemp, P.H. (1971). Initiation of Ripples on Flat Sediment Beds. *Journal of the Hydraulics Division*, 97(4), 502-522.
- Yang, R. Jin, Z., van Loon A. J. T., Han, Z., Fan, A. (2017). Climatic and tectonic controls of lacustrine hyperpycnite origination in the Late Triassic Ordos Basin, central China: Implications for unconventional petroleum development. *AAPG Bulletin*, 101 (1), 95–117.
- Zavala, C., Arcuri, M. (2016). Intrabasinal and Extrabasinal turbidites: origin and distinctive characteristics. *Sedimentary Geology*, 337, 36-54.
- Zavala, C., Arcuri, M., Di Meglio, M., Gamero Diaz, H., Contreras, C. (2011). A genetic facies tract for the analysis of sustained hyperpycnal flow deposits. In: R. M. Slatt, C. Zavala. (eds.). *Sediment transfer from shelf to deep water - Revisiting the delivery system*, AAPG Studies in Geology. 61, 31–51.

Zerfass, H. (2003). História tectônica e sedimentar do Triássico da Bacia do Paraná (Rio Grande do Sul, Brasil) e comparação geológica com as bacias de Ischigualasto e de Cuyo (Argentina). Tese (Doutorado), Porto Alegre: Instituto de Geociências – UFRGS.

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

<b>ANEXO I</b>	
Título da Dissertação/Tese:	
<b>" INUNDITOS COMO ANÁLOGOS DE RESERVATÓRIOS - UM EXEMPLO NOS DEPÓSITOS GONDUÂNICOS TRIÁSSICOS DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO, RS "</b>	
Área de Concentração: Estratigrafia	
Autora: <b>Yolanda Caliman Rodrigues</b>	
Orientadora: Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Ana Maria Pimentel Mizusaki	
Examinador: Prof. Dr. Anderson Maraschin	
Data: 15/02/2018	
Conceito: <b>A</b>	
PARECER:	
O estudo desenvolvido na Dissertação reforçou o modelo deposicional de inunditos, anteriormente proposto para unidades sedimentares triássicas dispostas sobre o Escudo Sul-riograndense.	
A metodologia para tal <u>sugestão</u> de modelo (conforme a autora propõe em "Considerando-se a <u>hipótese</u> de modelo de inundito de lago efêmero...") foi muito bem empregada, cujos resultados estratigráficos e petrográficos permitiram a compreensão do preenchimento sedimentar da unidade-alvo. Entretanto, ressalto que a autora coloca duas sugestões de lagos: efêmero e perene (vide último parágrafo à página 60).	
O manuscrito está muito bem organizado, de acordo com a estrutura adequada para uma Dissertação. Escassos erros de ortográfica e digitação, exceto por alguns equívocos em relação à posição das vírgulas.	
As figuras são muito esclarecedoras e com ótima resolução, exceto pelas fotomicrografias, pois as escalas estão diminutas a ponto de não enxergá-las, além de que alguns componentes poderiam ter sido indicados por flechas (por exemplo, na figura 5C indicar a porosidade <i>shrinkage</i> , entre outras).	
A bibliografia está devidamente adequada ao tema, inclusive com referências atuais.	
Demais observações, sugestões e dúvidas estão elencadas em parecer anexado.	
Assim, parablenizo a autora, sua orientadora e seu co-orientador pela excelente qualidade científica do trabalho, o qual contribuiu grandemente ao conhecimento estratigráficos dos relictos, bem como do preenchimento sedimentar da Bacia do Paraná durante o Triássico.	
Assinatura: <i>Anderson J. Maraschin</i>	Data: 15/02/2018
Ciente do Orientador:	
Ciente do Aluno:	





Avaliação Complementar - Dissertação - Yolanda Caliman Rodrigues  
Observações, sugestões e dúvidas.

Elencadas abaixo as observações, sugestões e dúvidas surgidas durante a leitura da Dissertação.

Ressalto que não comprometem a qualidade técnica e científica do trabalho.

Parte 1 - Introdução à Dissertação

Pg. 4 - Resumo - Qual o significado de "...sistemas continentais..."? Qual a configuração geológica de um sistema continental? Diferem do "sistemas marinhos"? Os subarcósios de matriz argilosa oxidada são os mesmo arenitos grossos a conglomeráticos, uma vez que "As fácies-reservatório foram classificadas como subarcósios...fácies constituídas por arenitos grossos a conglomeráticos...como potenciais modelos análogos de reservatório."

Pg. 9 - Introdução - 2º parágrafo: juntamente com Alpay, 1972 incluir também Yang et al. 2017.

Pg. 10 - Objetivos - "Elaborar um modelo deposicional..." enquanto que à pagina 24 consta "...c) identificação de modelos deposicionais..."

Pg. 11 - 2º parágrafo: "...parâmetros controladores..." e não "controlados".

"...para os processos deposicionais pelo ambiente deposicional..." Confuso...

"...(argilas infiltradas em ambientes subaéreos e outros cimentos eodiagenético)."

Embora possa também ocorrerem na telodiagênese, argilas infiltradas geralmente são indicativas de eodiagênese em ambiente árido/semiárido.

Pg. 12 - 1º parágrafo - "...adequadas à percolação de fluídos..."

Pg. 13 - 3º parágrafo - inserir parênteses em Olariu, Steel; Petter (2010) e em Zavala et al. (2011)

Pg. 14 - Figura 1 - Esmectita e não Smectita. Deslocá-la para a página 13, após final do subitem 3.1

Pg. 15 - 2º parágrafo - "...emprega-se de maneira semelhante ao padrão de fácies utilizado por (Walker, 1992)..." Walker, 1992 entre parênteses?

Pgs. 16 e 17 - Dúvida: Cabeça, corpo e cauda são expressões adequadas para correntes de turbidez?

Poderia ter uma figura para ilustrar o processo descrito.

Turbiditos extrabacinais são hiperpicnitos, porém inunditos são os depósitos?

Pg. 18 - No final do item 3.3, poderia ter uma figura ilustrado o processo.

Pg. 18 - item 3.4 - Embora comum na literatura, o correto é 1,6 **milhão** de km<sup>2</sup> e não milhões.

Excluir "...a ser estudada..." Não, já foi!

Pg. 19 - Talvez por questão de formatação, aqui aparece Milani e colaboradores (2007) e não et al., como aparece na legenda da figura 2 (pg. 20). À pg. 22 também ocorre com Zefass e colaboradores (ano?).

Pg. 21 - Barberena, Araújo; Laviana como 1985 nas Referências e não 1991. Lavina (1982) não consta das Referências, assim como Soares (2011).

Pg. 23 - UFRGS, 2012 e UFRGS, 2013 não constam das Referências.

Pg. 24 - CPRM 2005 ou 2000, de acordo com a referência à página 31?

Pg. 24 - Item 5 - 1º e 2º parágrafos repetidos.

Pg. 24 - 7 ou 11 perfis colunares (vide pg. 25).

Pg. 24 - modelos deposicionais ou modelo?

Pg. 24 - e) "...modelo teóricos..." excluir o s de teóricos.

Pg. 24 - f) excluir fácies de "...caracterização de fácies lâminas..."

Pg. 24 - Folk (1968) e Pettijohn (1987) não constam das Referências.

Pg. 26 - onde está o Anexo referente aos perfis digitalizados??

Pg. 26 - Coletadas 11 amostras para laminação, porém apenas 5 foram descritas. Por quê?

Pgs. 26 e 27 - *softwares* (em itálico).

Pg. 29 - 4º parágrafo - O que significa a sigla [Ag/Sx(t)]?

Pg. 30 - 1º parágrafo: "As associações de fácies B e S possuem características de fácies reservatório...". Quais características?

Pg. 31 - Faccini et al. 1990, Mansurberg et al 2006, Milani, E.J. 1997 e Milani, E.J.; Ramos, V.A. 1998, Zefass, H. (2003) e Zavala et al. 2012a não estão no texto. Observar a ordem alfabética em Stow, Santana, Schneider, Schultz, Silva, Seilacher, Selvara e Slatt.



## Artigo

Pg. 38 - Resumo - Mesma observação do Resumo da Parte 1 da Dissertação.

Pg. 39 - Introdução - pontuação: retirar o ponto após "...geocientífica." e a vírgula após Pestilho, ...

Zavala et al. 2016 ou Zavala e Arcuri (2016)? Vide pg. 63 e por todo o texto!

Pg. 40 "Depósitos efêmeros, (excluir vírgula) como inunditos...têm sido recentemente identificados ...sobre o Escudo sul-riograndense. Referências?

Pg. 41 - "Ela é uma ampla sinéclise...". "Ela" soa estranho na escrita...

Inserir espaço em Gordon Jr.(1947...

Pg. 42 - "...Zerfass et al. (2004) que o denominaram de ..."

Pg. 42 - b) descrição de 7 perfis colunares e c) levantamento de detalhe de dois perfis colunares"... Mas os perfis da pg. 56 são 6 e me parecem bem detalhados, e não dois detalhados. Ou foram apenas correlacionados? Se sim, também houve descrição detalhada...

Pg. 43 - "Esses depósitos resultaram da configuração de correntes hiperpicnais e da perda de competência de fluxo". Isso me parece mais interpretativo do que resultado. Caberia no item "Discussões e Conclusões".

Pg. 44 - A Figura 3 permanecerá em inglês no artigo?

Pg. 44 - 3º parágrafo: Há um é "perdido", após "...em regime de fluxo inferior."

Pg. 44 - Manter as fácies B1c, S1L e S3L na Figura 3 mesmo não ocorrendo nos perfis do GAM?

Pg. 45 - "...subgrupo de fácies S1 e S2 (Tabelas 4 e não Tabela 3).

A fácies S4 pertence à AFS (pg. 45) ou à AFL (pg. 47, tabela 6)?

Pg. 46 - "...subgrupos de fácies L e S2L (Tabela 6 e não Tabela 4).

Pg. 47 - A fácies S2L é um ritmito representativo das fácies S2 + L ou S2 + Lm?

Pg. 48 - "Tanto a sucessão de fácies...modelo deposicional de inunditos associados a lagos (Lima, 2014). Definição da autora ou resultado da dissertação?

Pg. 49 - Figura 4 - Legenda: análogo de reservatório de hidrocarboneto no final da legenda?

Pg. 49: Foram selecionadas apenas 5 fácies das 20 fácies descritas para a caracterização petrográfica? Qual(is) o(s) motivo(s) para descartar as demais?

Por que apenas os perfis PGAM1305 e 1308 foram detalhados e descritos petrograficamente?

Quando possível, utilizar o método de contagem de pontos de Gazzi-Dickinson (1985) e não apenas a estimativa visual.

Pg. 50: O que significa porosidade intergranular secundária e microporosidade?

Faltou um 5 em PGAM 130)

Figuras 5 e 6 - Escalas "invisíveis". Poderia indicar com setas as feições descritas nas legendas.

Figura 6 A: aspecto macroscópico? Tipo de porosidade?

Pgs. 51 e 52: Figuras 8 e 9 - tipo de porosidade?

Pg. 52: superfície-chave e não superfícies-chaves

Pg. 53: quatro ou seis perfis colunares na figura 12?

PGAM 1304 e não 1204.

Pg. 59: Geometria das fácies analisadas em lâmina petrográfica??

Inserir espaço em "...é possível conferir no perfil 1308...

Pg. 60: Item Discussões e Conclusões: modelos propostos? Mas não foi apenas um? Ou são os modelos retirados da literatura?

Pg. 60: Zavala, 2016?

Pg. 60: último parágrafo: lago efêmero ou perene???

Agradecimentos: retirar o "pelo" em "...pelo pela oportunidade..."

Não encontrei Leeder, M. (1999), Ponciano, L.C.M.O. (2009) e Salgado, E.T. (2016) no texto.

Finalizando, o mais relevante é deixar muito claro ao leitor as diferenças entre Turbiditos Extrabaciais, Hiperpicnitos e Inunditos, esclarecendo quem é(são) o(s) processo(s) e quem é(são) o(s) produto(s)!

Porto Alegre, 15/02/2018

Anderson J. Maraschin

Anderson J. Maraschin

Geólogo Pesquisador I

Laboratório de Sedimentologia e Petrologia

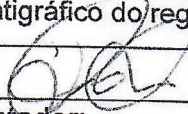
Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul



<b>ANEXO I</b>
Título da Dissertação/Tese:
<b><i>"INUNDITOS COMO NÁLOGOS DE RESERVATÓRIOS - UM EXEMPLO NOS DEPÓSITOS GONDUÂNICOS TRIÁSSICOS DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO, RS"</i></b>
Área de Concentração: Estratigrafia
<b>Autora: Yolanda Caliman Rodrigues</b>
Orientadora: Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Ana Maria Pimentel Mizusaki
Examinador: Prof. Dr. Rogério Roque Rubert
Data: 16/02/2017
Conceito: A
<b>PARECER:</b>
O estudo desenvolvido na presente dissertação contribui de forma significativa para o entendimento e desenvolvimento da caracterização faciológica e arcabouço estratigráfico de alta resolução das unidades triássicas da Bacia do Paraná, que ocorrem isoladas sobre o Escudo Sul-Rio-Grandense mais especificamente no Graben Arroio Moirão, além de desenvolver um exercício acerca da proposição de modelos análogos de reservatórios para os depósitos de inunditos presentes nesta unidade.
Tendo como ponto de partida uma revisão conceitual abrangente e satisfatória, que incluiu tanto o estudo geral de modelos análogos, reservatórios em depósitos efêmeros, modelos de inunditos, como evolução dos conhecimentos acerca das unidades estudadas, a autora propôs-se a resolução do problema através de mapeamento, identificação de fácies e modelos deposicionais, correlação e comparação do arcabouço e modelo do arcabouço estratigráfico, modelo de fácies para depósitos de inunditos, caracterização petrográfica preliminar e difração de Raio-X para frações finas.
Os objetivos foram cumpridos utilizando-se de ferramentas adequadas na coleta de dados de campo e interpretação e utilizando-se de analogias de compreensão fácil para o leitor, tendo como principais méritos a concisão na estruturação dos argumentos especial na explanação do estado de arte e nas discussões do tema proposto com poucas observações a serem tomadas a respeito.
No que se refere ao capítulo introdutório algumas observações estão propostas abaixo, uma vez que o artigo será submetido à revisão dos revisores especializados definidos pelo periódico.
A título de contribuição alguns comentários são cabíveis do referido capítulo, no que tange a estruturação geral do texto com alguns parágrafos por vezes longos. Também merecedores de melhor definição seriam a metodologia e produtos gerados na identificação dos elementos arquiteturais propostos no tópico "Análise de fácies, modelos e sequencias deposicionais", além de observações em algumas conceituações no que tange a nomenclatura de fácies e os processos deposicionais a elas atribuídos. Outras observações serão enviadas diretamente à Orientadora.
As discussões finais são consistentes com boa argumentação e integração dos dados trabalho com outros trabalhos já desenvolvidos e outros modelos propostos, dando um



embasamento compatível ao modelo proposto para o arcabouço da área.	
Assim, parabeno Autora e Orientadora pela escolha e bom desenvolvimento do	
tema, bem como pelos resultados obtidos, que contribuem consideravelmente na	
evolução dos conhecimentos acerca do tema de modelos análogos de reservatórios para	
depósitos de inunditos, bem como na evolução dos conhecimentos a respeito do	
arcabouço estratigráfico do registro triássico no estado Rio Grande do Sul.	
Assinatura: 	Data: 16/02/2018
Ciente do Orientador:	
Ciente do Aluno:	

## Anexo 1

Título da Dissertação: “INUNDITOS COMO ANÁLOGOS DE RESERVATÓRIO – UM EXEMPLO NOS DEPÓSITOS GONDUÂNICOS TRIÁSSICOS DO GRÁBEN ARROIO MOIRÃO, RS”

Área de concentração: Estratigrafia

Autora: Yolanda Caliman Rodrigues

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Pimentel Mizusaki

Co-Orientador: Prof. Dr. Rualdo Menegat

Examinador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cassiana Roberta Lizzoni Michelin

Data: 16/02/2018

Conceito: A (Excelente)

A dissertação apresentada aborda um tema de grande importância do ponto de vista estratigráfico, já que estabelece de forma inédita o modelo sedimentar do Gráben Arroio Moirão como potencial reservatório de óleo e gás, fazendo uma correlação com modelos não convencionais de reservatório. Este trabalho é apresentado na forma de um artigo científico, acompanhado de um texto introdutório ao tema abordado.

O resumo apresentado é claro e informativo, estabelece o problema, apresenta os objetivos a serem alcançados além de propor uma metodologia para a resolução da problemática em questão. Por fim, apresenta de forma sintética as principais conclusões obtidas.

No texto introdutório consta uma introdução, na qual a autora caracteriza os inunditos, suas principais características estratigráficas e ainda apresenta um modelo deposicional sugerido na literatura. Além disso, o texto aponta a localização da área em estudo, faz uma excelente caracterização geológica da Bacia do Paraná e do posicionamento do Gráben Arroio Moirão. Os métodos de estudo são apresentados adequadamente e aplicáveis à resolução do problema, contemplando assim o estado da arte. Destaco a seguir, poucas sugestões que contribuiriam para o aprimoramento do excelente texto apresentado:

Na figura 3, pg. 21 é apresentado um mapa das supersequências da Bacia do Paraná. Neste, sugiro verificar e espessura e continuidade da Formação Botucatu.

No item 4 – área de estudo, que consta na página 23 é apresentada uma figura de detalhe com a localização do Gráben. Nesta legenda fala-se em quadrado laranja, o qual não está na figura citada.

Além disso, algumas figuras citadas no decorrer do texto introdutório estão inseridas no artigo (capítulo 2), sugiro inserir as figuras assim que citadas no texto, para facilitar a leitura e interlocação.

No item materiais e métodos, a etapa representada pela letra F está confusa. Ao observar os resultados contidos no artigo, percebe-se que a autora expõe os resultados obtidos a partir da análise petrográfica, nesse sentido, na letra G a proposição de uma análise petrográfica preliminar tira o mérito da descrição petrográfica detalhada que foi apresentada. Ainda no que diz respeito à petrografia, sugiro uniformizar o número de



amostras laminadas e descritas. Em alguns momentos do texto a autora fala em 11 e em outros 5. Na página 28, parágrafo 2, há uma pequena confusão entre parâmetros texturais e composicionais na classificação de arenitos. Rever este parágrafo.

No texto integrador, facilitaria para o leitor a inserção de um parágrafo comentando brevemente os resultados alcançados, ou talvez uma figura integradora das associações de fácies descritas.

O artigo submetido está muito bem redigido, expõem de forma clara e integradora os principais modelos de inunditos. A apresentação da tabela 1, que contém os tipos de inunditos, principais modelos e características foi acertada e oportuna. Ressalto apenas que o idioma de redação da figura 1 necessita ser uniformizado com o texto.

Os resultados expostos no artigo são robustos e claros, condizentes com a metodologia empregada. A autora propõe uma divisão das fácies observadas em campo com base na geometria, textura e estrutura, e conclui com êxito as observações levantadas. Apenas ressalto que as fotografias das associações de fácies (AFB, AFS) apresentadas como tabela sejam citadas como figura e que sejam inseridas logo após a sua descrição no texto.

Sente-se falta dos resultados obtidos nas análises de DRX e MEV aventadas na metodologia empregada discutida no capítulo 1, bem como de uma quantificação de porosidade, importante componente para análise de um sistema permo-poroso em reservatórios.

Este estudo fornece dados conclusivos a respeito da ocorrência de inunditos efêmeros no Gráben Arroio Moirão, e sua correlação com reservatórios não convencionais, dados que são compatíveis com a metodologia de trabalho empregada. Considero que os objetivos propostos para esta dissertação foram alcançados.

Parablenizo a mestranda e seus orientadores pelo material de excelente qualidade apresentado.