

# O GRUPO ITARARÉ (NEOCARBONÍFERO-EOPERMIANO) ENTRE PORTO AMAZONAS (PR) E MAFRA (SC): SEDIMENTAÇÃO GRAVITACIONAL EM CONTEXTO MARINHO DELTAICO COM INFLUÊNCIA GLACIAL

João Filipe SUSS<sup>1</sup>, Fernando Farias VESELY<sup>2</sup>, Amanda SANTA CATHARINA<sup>3</sup>, Mario Luis ASSINE<sup>4</sup>; Paulo Sérgio Gomes PAIM<sup>5</sup>

(1) Petra Energia S/A. Alameda Oscar Nienmayer, 119, 15º andar. CEP 30210-340. Endereço eletrônico: jfs@petraenergia.com.br ; joaosuss@gmail.com.

(2) UFPR/Departamento de Geologia, Curitiba. Endereço eletrônico: vesely@ufpr.br.

(3) UNESP/Curso de Graduação em Geologia. Endereço eletrônico: amanda.catharina@gmail.com.

(4) UNESP/Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Endereço eletrônico: assine@rc.unesp.br.

(5) UNISINOS/Departamento de Geologia. Endereço eletrônico: ppaim@unisinos.com.br.

Introdução

Trabalhos anteriores

Materiais e métodos

Resultados

Fácies Sedimentares

Diamictito de matriz lamosa e maciço - Dmm

Diamictito de matriz lamosa, maciço e com feições de deformação penecontemporânea - Dmm(d)

Diamictito de matriz lamítico-arenosa com blocos arenito e ritmito e feições de deformação penecontemporânea- Dh(m) (bl-d)

Ritmitos em camadas centimétricas e com marcas de Sola - Rg(sl)

Ritmitos em camadas milimétricas e com clastos caídos - Rld

Ritmito com laminação plano-paralela e *ripples* cavalgantes - Rlr

Folhelho e folhelho com clastos caídos - Fl e Fld

Arenito fino com laminação plano-paralela - Sh

Arenito médio com gradação normal e intraclastos de argila - Sg(i)

Arenito Grosso a Conglomerático com Estratificação Cruzada Acanalada - St

Arenito Fino a Médio com Estratificação Cruzada Planar - Sp

Arenito Fino com Laminação Ondulada Cavalgante - Sr

Arenito Médio com Laminação Cavalgante e Seixos dispersos - Sr(p)

Arenito Fino com Estruturas de Deformação Penecontemporânea - Sd

Associações de fácies

Associação A1

Associação A2

Associação A3

Associação B

Discussão

Conclusões

Agradecimentos

Referências bibliográficas

**RESUMO** - Depósitos de fluxos gravitacionais na seção permocarbonífera da Bacia do Paraná são há muito conhecidos, todavia carecem de estudos mais detalhados visando a caracterização de fácies, dos processos e do contexto deposicional. Depósitos de transporte em massa (MTDs), na forma de fluxos de detritos (*debris flows*), deslizamentos (*slides*) e escorregamentos (*slumps*), compõem de maneira significativa a sucessão estratigráfica do Grupo Itararé na região compreendida entre Porto Amazonas (PR) e Mafra (SC), na borda leste da Bacia do Paraná. A análise de fácies e levantamento de perfis verticais resultou na discriminação de quatro associações de fácies. A associação A1 compreende depósitos lamosos, acumulados em ambiente marinho profundo e influenciados por gelo flutuante. As associações A2 e A3 representam depósitos provenientes de fluxos gravitacionais de massa (MTDs) e de sedimentos (turbiditos) respectivamente. A associação B é constituída por arenitos ligados a processos trativos, e foi interpretada como depósitos deltaicos. O empilhamento estratigráfico é caracterizado por sucessões progradacionais cíclicas, em que a associação A é superposta pela associação B. Nesse contexto, sucessivos avanços de sistemas deltaicos com alta taxa de

sedimentação foram provavelmente o mecanismo desencadeador da instabilidade de taludes deposicionais e disparo de fluxos gravitacionais. MTDs demonstram importante aplicação na reconstrução paleogeográfica.

**Palavras Chave:** Grupo Itararé, ressedimentação, deglaciação, depósitos de transporte em massa, turbiditos.

**ABSTRACT** - Gravitational sedimentation from the permocarboniferous section of Paraná Basin is well known although still understudied. Mass-transport deposits (MTDs) as debris flows and slumps, beside turbidites, predominantly set up the stratigraphic framework of the Itararé Group in the area between Porto Amazonas (Paraná State) and Mafra (Santa Catarina State), eastern border of Paraná Basin. The reconnaissance of these deposits started from a detailed facies analysis, which has resulted on the differentiation of four main facies associations. The first one (facies association A1) is related to a glacially influenced deep-water environment as pelagic muds, rain-out deposits and ice rafted debris. Facies association A2 includes extensive mass transport deposits (MTD) and facies association A3 is composed of sand and mud turbidites. The fourth one (facies association B) is related to shallow marine environment connected to deltaic deposits. The sedimentary stacking pattern from the facies associations suggests a marine progradation of the deltaic unit over deep water facies associations. It was accomplished, nevertheless, that the movements of the glaciers did not affected directly the studied depositional sites, but it had a great role on the generation and supply of proglacial sediments. MTDs also have relevant implications for paleoenvironment analysis and sequence stratigraphy.

**Key Words:** Itararé Group, resedimentation, mass transport deposits, deglaciation, turbidites.

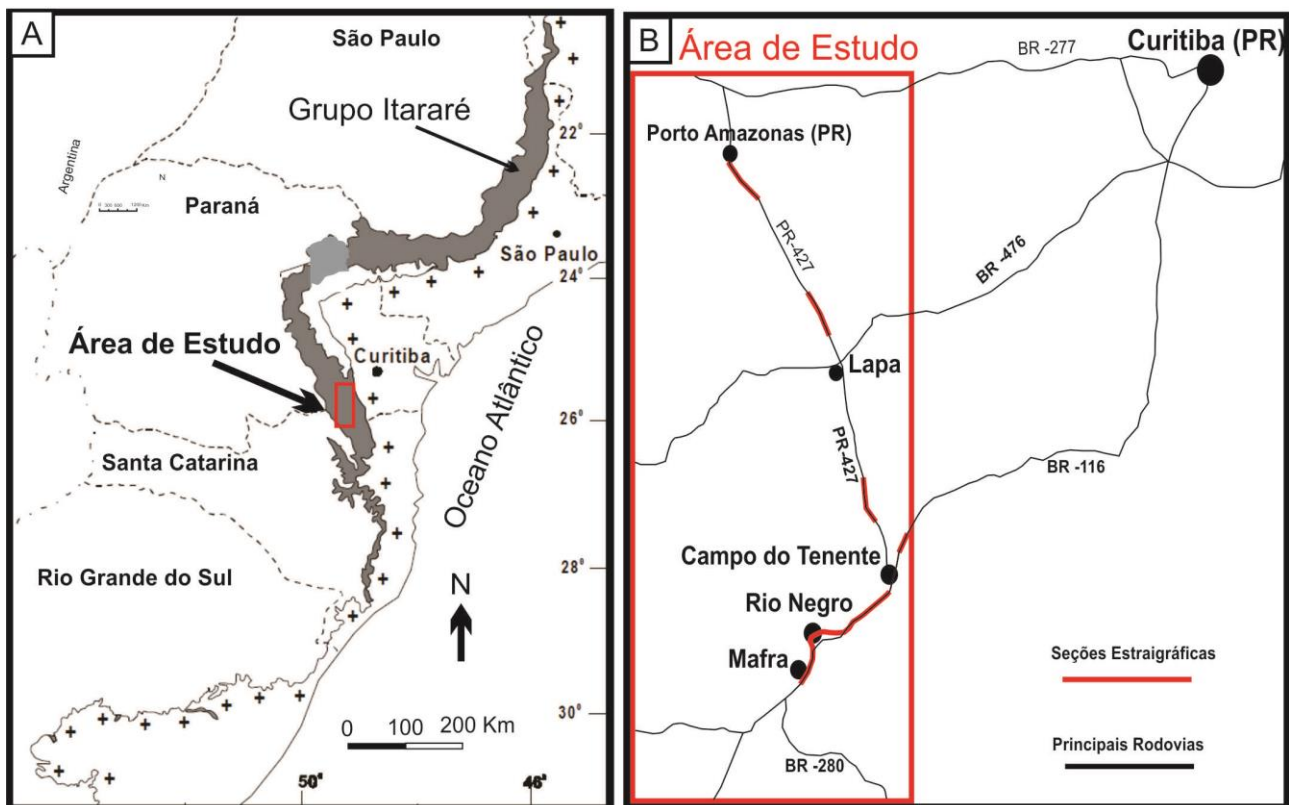
## INTRODUÇÃO

O Grupo Itararé (Gordon Jr., 1947) tem comprovadamente sua deposição influenciada pela glaciação permocarbonífera, a qual incursionou sobre boa parte do paleocontinente Gondwana e controlou o preenchimento sedimentar da Bacia do Paraná. Embora inicialmente interpretado como o produto de sedimentação glacial e proglacial direta em ambiente continental (Leinz, 1937), registros de processos subaquáticos ligados a fluxos gravitacionais no Grupo Itararé tem sido descritos por diversos autores (e.g. Salamuni et al., 1966; Castro, 1991; Gama Jr. et al., 1992; Vesely & Assine 2004, Vesely et al., 2005; Carneiro & Costa, 2006; e d'Avila, 2009). Em outras sucessões cronocorrelatas da porção oeste do paleocontinente, tais como o Grupo Paganzo (Neocarbonífero no noroeste da Argentina) e Grupo Grant (Permocarbonífero da Bacia de Canning, Austrália), a sedimentação marinha glácio-influenciada também tem sua ocorrência registrada em trabalhos recentes (e.g. López Gamundí, 1991; Eyles & Eyles, 2000, Kneller et al., 2004; Dykstra et al., 2006; 2007; 2011).

Muitas das fácies reconhecidas no Grupo Itararé estão relacionadas a processos de

ressedimentação (e.g. Gama Jr. et al. 1992), os quais exigem a existência de um gradiente capaz de desestabilizar os sedimentos previamente acumulados e movê-los pela ação da gravidade. Depósitos de transporte em massa (MTD – *mass transport deposits*) incluem sedimentos previamente acumulados que foram remobilizados antes de substancial litificação e transportados via fluxos gravitacionais não newtonianos, tais como deslizamentos, escorregamentos e fluxos de detritos (e.g. Meckel, 2010). Depósitos de fluxos gravitacionais não coesivos, como correntes de turbidez (Kuenen & Migliorini, 1950; Bouma, 1962; Middleton & Hampton, 1973; Lowe, 1982; Mutti et al. 2003) ocorrem frequentemente associados.

Nesse sentido, o presente estudo tem como escopo a caracterização faciológica dos depósitos de fluxos gravitacionais existentes na região compreendida entre as cidades de Porto Amazonas (PR) e Mafra (SC), borda leste da Bacia do Paraná (Figura 1). O objetivo é definir o contexto deposicional e estratigráfico em que esses depósitos ocorrem, visando discutir sua evolução paleoambiental.



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo. A – Localização da área na faixa de afloramentos leste da Bacia do Paraná. B - Detalhe da localização área de estudada no Grupo Itararé.

## TRABALHOS ANTERIORES

A maior parte dos depósitos glacio-influenciados do Grupo Itararé foi inicialmente interpretada como glacio-continental, incluindo varvitos, tilitos e feições oriundas de deformação glaciotectônica. (e.g. Woodworth, 1912 *apud* Rocha Campos, 1967; Leinz, 1937; Almeida, 1948).

O modelo de Leinz (1937) apontou para o caráter continental dos depósitos glaciais permocarboníferos, com uma diminuta parte ligada ao ambiente marinho, caracterizada por “pseudo-tilitos”. As descobertas, no estado de São Paulo, de feições do tipo *roche moutonnée*, estrias glaciais e tilitos associados (Almeida, 1948), corroborava o modelo.

Ao mesmo tempo em que se postulava sedimentação essencialmente terrestre, trabalhos paleontológicos relatavam fósseis de ambiente marinho nas sucessões do Grupo Itararé. (e.g. Gordon Jr., 1947; Almeida 1948). Sanford & Lange (1960), por exemplo, reconheceram duas associações de fácies principais para o Grupo Itararé. A primeira glacio-continental, com a presença de tilitos e varvitos, e a segunda, mais nova, que incluía

diamictitos ou conglomerados subaquáticos depositados durante transgressões marinhas.

Martin (1961) interpretou deformações penecontemporâneas como de origem glaciotectônica e utilizou-as para inferir os sentidos de movimento do gelo. Estas estruturas foram reinterpretadas por Rocha-Campos (1967) como típicas de escorregamentos marinhos de talude, não tendo, portanto, relação direta com o deslocamento do gelo.

Ao estudar a região de Rio Negro (PR) e Mafra (SC), Salamuni et al. (1966) descreveram pela primeira vez depósitos gerados por correntes de turbidez no Grupo Itararé. Os autores identificaram turbiditos delgados siltico-argilosos, com *ripples*, marcas de sola e possíveis turboglifos.

Farjallat (1967), a partir de estudos na borda oeste da bacia, também descreveu evidências de movimentos de massa subaquosos caracterizados por “fluxos de lama, correntes turbidíticas e escorregamentos”, correspondendo a “deposição em ambiente marinho ou lacustre”. Ocorrências de fluxos gravitacionais submarinos foram descritas ainda nos trabalhos de Bigarella et al. (1967), Trein

(1967), Rocha Campos (1967), Tommasi (1973) e Schneider et al. (1974).

Ao estudar o Grupo Itararé no sul do estado do Paraná e o norte de Santa Catarina, Canuto (1985) descreveu fácies de fluxos gravitacionais do tipo *slurry* e fluxos de detritos em ambiente glácio-lacustre/marinho. Contudo, também propôs a ação direta do gelo como mecanismo de deposição de diamictitos, reconhecendo tilitos em diferentes níveis estratigráficos. Nos trabalhos de Gravenor & Rocha Campos (1983) e Caetano-Chang (1984) diversas ocorrências de diamictitos foram também interpretadas como depósitos formados diretamente pelo gelo.

O trabalho de França & Potter (1988) é reconhecidamente um marco no estudo do Grupo Itararé, uma vez que possibilitou pela primeira vez uma correlação do arcabouço regional da unidade em sub-superfície. O trabalho define três ciclos de segunda ordem com características retrogradacionais destacando a deposição marinha glácio-influenciada. No âmbito dos lamitos seixosos (diamictitos) do Grupo Itararé, especificamente do Membro Tarabaí (Formação Lagoa Azul) os autores ainda concluem que “baseando-se na descrição de testemunhos não é possível classifica-los com *lodgment tills* ou *flow tillites* conforme proposto por Rocha Campos (1983) ao estudarem afloramentos”.

Castro (1991) reconheceu expressivo condicionamento marinho profundo na sedimentação Itararé. Fácies denotadas por folhelhos, turbiditos e depósitos caóticos, ligados a este contexto, foram identificadas na

parte superior do Grupo Itararé (Formação Rio do Sul), na região leste de Santa Catarina. Gama Jr. et al. (1992) salientaram a grande importância dos processos e fácies de ressedimentação também no estado de São Paulo, colocando as geleiras prioritariamente como fontes de sedimentos para fluxos gravitacionais subaquosos. O mesmo foi apontado por Eyles et al. (1993) ao estudar testemunhos de poços na porção mais central da bacia.

Deformações penecontemporâneas ligadas a escorregamentos foram descritas por Vesely et al. (2005). Estes autores também discutiram a possibilidade da existência de quebras de gradiente entre as porções sul e norte da bacia durante o permocarbonífero. Carneiro & Costa (2006) revisitaram os afloramentos estudados pelos autores supracitados e descreveram ainda feições semelhantes na região de Campinas (SP), aventando escorregamentos subaquosos como responsáveis por pelo menos parte das estruturas observadas.

D’Avila (2009) discorreu acerca dos turbiditos e depósitos de fluxos de massa na região de Dr. Pedrinho (SC). O autor identificou importantes depósitos ligados a fluxos de detritos, deslizamentos e escorregamentos, bem como correntes de turbidez de alta e baixa densidade. Vesely (2007) e d’Avila (2009) interpretaram que muitos turbiditos do Grupo Itararé estariam ligados a fluxos hiperpicnais possivelmente originados por correntes catastróficas de água de degelo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo faciológico de detalhe da área em estudo possibilitou a discriminação de 15 fácies sedimentares (Tabela 1), as quais podem ser agrupadas em quatro principais categorias litológicas: diamictitos, ritmitos (fácies heterolíticas), folhelhos e arenitos.

De acordo com a abordagem de Flint (1960), diamictito representa qualquer mistura de cascalho e areia, pobremente selecionada, sustentada por uma matriz lamosa. Em se

tratando de um ambiente marinho glacio-influenciado, a utilização do termo descritivo “diamictito” tende a preservar a utilização do termo “tilito” somente para rochas depositadas sob influência glacial direta, sem quaisquer subsequentes retrabalhamentos (Eyles et al., 1983). Neste trabalho, o termo diamictito foi empregado apenas para rochas desprovidas de laminação, embora essa característica não esteja contemplada na definição de Flint (1960).

**Tabela 1.** Tabela simplificada das fácies descritas na área de estudo.

Código	Nome
Dmm	Diamictito de matriz lamosa maciço
Dmm(d)	Diamictito de matriz lamosa e com feições de deformação sin-deposicional
Dhm(b-d)	Diamictito de matriz lamosa-arenosa, com blocos líticos de arenito e ritmo e feições de deformação sin-deposicional
Rg(sl)	Ritmito em camadas centimétricas com gradação normal e marcas de sola
Rld	Ritmito em camada milimétricas com laminação plano paralela e clastos caídos
Rlr	Ritmito laminado com <i>ripples</i> cavalgantes
Fl	Folhelho laminado
Fd	Folhelho com seixos caídos
Sh	Arenito fino com laminação plano-paralela
Sg(i)	Arenito médio com gradação normal e intraclastos de argila
St	Arenito fino com estratificação cruzada acanalada
Sp	Arenito fino com estratificação cruzada planar
Sr	Arenito fino com laminação cavalgantes
Sr(p)	Arenito médio com laminação cavalgante e com seixos no arcaçouço
Sd	Arenito fino com feições de ressedimentação

O termo ritmo é utilizado neste trabalho para definir fácies heterolíticas com intercalações rítmicas de arenito muito fino a fino e pelito, em escala milimétrica a centimétrica, internamente laminados ou maciços, comumente com gradação normal. Essa terminologia almeja evitar outras nomenclaturas de cunho interpretativo (e.g. varvitos).

A classificação faciológica utilizada, adaptada do esquema de Eyles *et al.* (1983), consiste num código composto de até quatro letras para cada fácies. A primeira letra, maiúscula, indica o litotipo preponderante na fácies. A segunda, minúscula, relaciona-se à textura principal da matriz (apenas utilizada para o grupo dos diamictitos) e pode variar de

predominantemente composta por lama (lamosa “m”) ou ainda numa composição híbrida de lama mais areia de granulação fina a média (lamosa + arenosa “h”). Apesar de descritiva, essa adaptação do código original de Eyles *et al.* (1983) reflete distintas origens e graus de homogeneização dos diamictitos estudados, assim como propuseram Schermerhorn (1966) e Eyles & Eyles (2000). Já a terceira letra minúscula, empregada a todas as fácies, visa caracterizar a principal estruturação interna. Um quarto caractere, minúsculo e entre parênteses, enfatiza certas feições que possam contribuir para interpretações de processos deposicionais, como por exemplo: clastos pingados, intraclastos ou deformações penecontemporâneas.

## RESULTADOS

### Fácies sedimentares

#### *Diamictito de matriz lamosa e maciço - Dmm*

Rocha composta por uma matriz siltico-argilosa, a qual sustenta clastos de diferentes composições (gnaisse, granito, xisto), arredondados a sub-angulosos e de dimensões milimétricas a centimétricas (até 10 cm de diâmetro). Não ocorre orientação preferencial dos clastos.

É provável que esta fácies relacione-se com a sedimentação por decantação de uma pluma de sedimentos finos, em condições de baixa energia e abaixo da ação de ondas. Já os clastos maiores indicam influência de gelo flutuante na deposição desta fácies, processo conhecido como chuva de detritos (*rain-out*). Outro processo deposicional possível seria o fluxo de detritos embora feições de ressedimentação, tais como deformações penecontemporâneas, não tenham sido observadas. De acordo com Lowe (1982) e Eyles et al., (1983, 1985), o processo de ressedimentação gravitacional de sedimentos lamosos em contexto proglacial é comum.

#### *Diamictito de matriz lamosa, maciço e com feições de deformação penecontemporânea - Dmm(d)*



**Figura 2.** Matriz de depósitos de transporte em massa A) Matriz típica da fácies Dmm(d) e Dhm (b-d) . B) Intraclasto de folhelho erodido e incorporado pela fácies Dmm(d).

Esta fácies é produto de ressedimentação mediante fluxo gravitacional de massa, muito provavelmente fluxo de detritos (*debris flow*) num talude subaquático. Este fato é evidenciado pelo alto grau de deformação interna observado nos depósitos, na forma de

Diamictito de coloração acinzentada, apresentando matriz predominantemente siltico-argilosa e clastos arredondados a sub-angulosos de variadas composições (gnaisse, granito, folhelho e arenito) e tamanhos (desde a escala milimétrica até a escala métrica, atingindo até seis metros de diâmetro) (Fig. 2A). Nesta fácies, em específico, é marcante a ocorrência de feições de deformação como dobras abertas a fechadas e por vezes isoclinais, com planos axiais verticais a recumbentes e de escala centimétrica, além de superfícies de cisalhamento anastomosadas, por vezes acompanhadas de clivagem interstratal ou foliação rompida.

Chama a atenção na matriz destas rochas porções com aspecto brechóide, as quais detêm intensa deformação e fragmentos angulosos de argilito. Observam-se também planos de fraturas de baixo ângulo ( $< 45^\circ$ ), além de falhas reversas de dimensões métricas a centimétricas e de baixa penetratividade. Ainda em alguns casos, a fácies apresenta intraclastos métricos de folhelho e/ou argilito deformados e/ou rompidos (Fig. 2B).

dobras penecontemporâneas de variados estilos, na presença de brechamento da matriz e no desenvolvimento pontual de incipiente foliação ou clivagem. Os intraclastos de folhelho apresentam indícios de terem sido erodidos de um substrato pré-existente, como por exemplo,

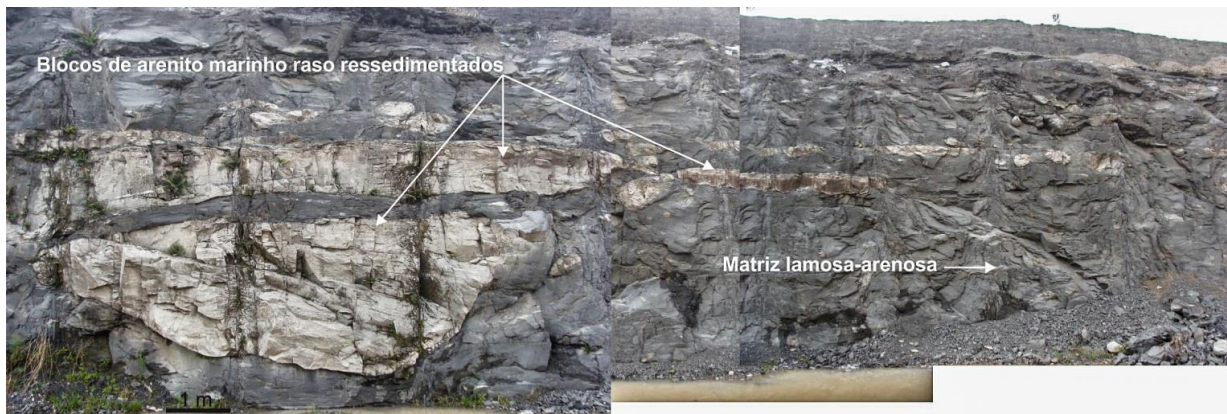


injeções da matriz lamosa para dentro dos clastos. A presença dos clastos ígneos e metamórficos é evidência da atuação de gelo fluante sobre este talude, na forma de material caído de *icebergs*.

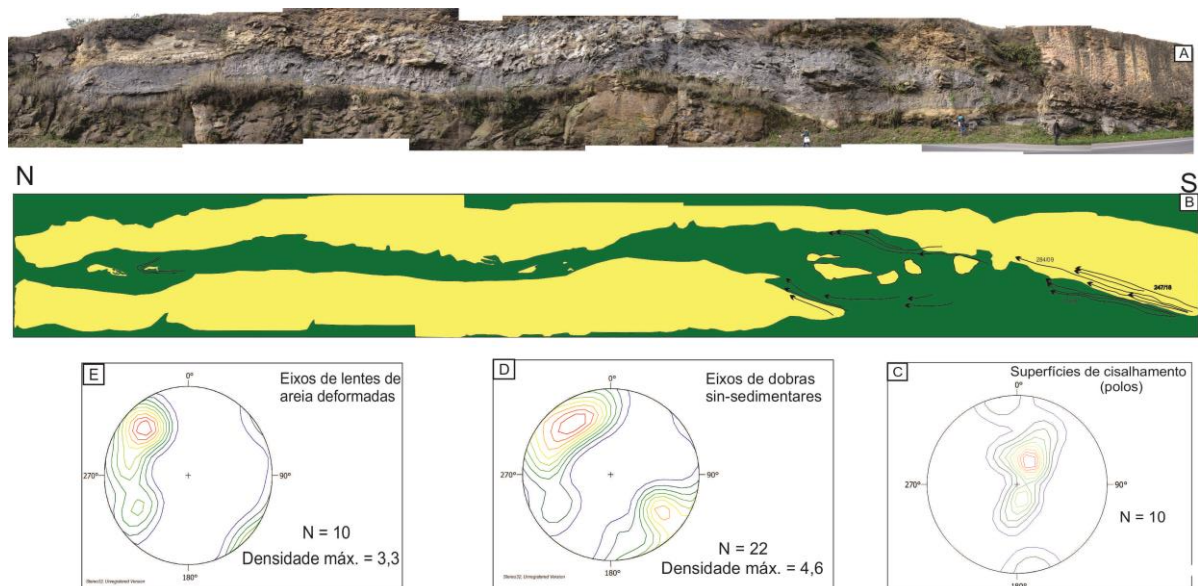
*Diamictito de matriz lamítico-arenosa com blocos arenito e ritmito e feições de deformação penecontemporânea- Dh<sub>m</sub> (bl-d)*

Rocha de coloração acinzentada, com matriz lamítico-arenosa e clastos extrabaciais (granito, gnaise, xisto etc.). Apresenta blocos métricos a decamétricos de arenito de

granulação fina a média, coloração branco-amarelado, moderadamente selecionado, com laminação plano-paralela, estratificação cruzada dos tipos planar, sigmoidal e *hummocky* e *sets* decimétricos de *ripples* cavalgantes intensamente deformados (Figuras 3 e 4A, 4B). Por vezes estes blocos podem apresentar forma alongada. Ocorrem também blocos métricos de ritmitos, os quais constituem camadas centimétricas com gradação de areia fina a argila, com laminação plano-paralela, *ripples* cavalgantes e marcas de sola.



**Figura 3.** Depósitos de transporte em massa na região de Campo de Tenente, (PR). Depósito apresenta blocos de arenitos marinho-rasos ressedimentados referentes à fácies Dh<sub>m</sub>(b-d). Observar resquícios de estratificações cruzadas internas aos blocos.



**Figura 4.** Depósito de transporte em massa na região de Mafra (SC). A e B) Afloramento de MTD com blocos métricos de arenito ressedimentados (fácies Dh<sub>m</sub>(b-d) na rodovia BR-116. Flechas indicam superfícies de cisalhamento penecontemporâneas C) Projeção estereográfica dos planos de cisalhamento do afloramento D) Estereograma com eixos de dobras s penecontemporâneas encontrados na área de estudo. E) Estereograma para eixo de lentes de areia dobradas em MTDs da área estuda.

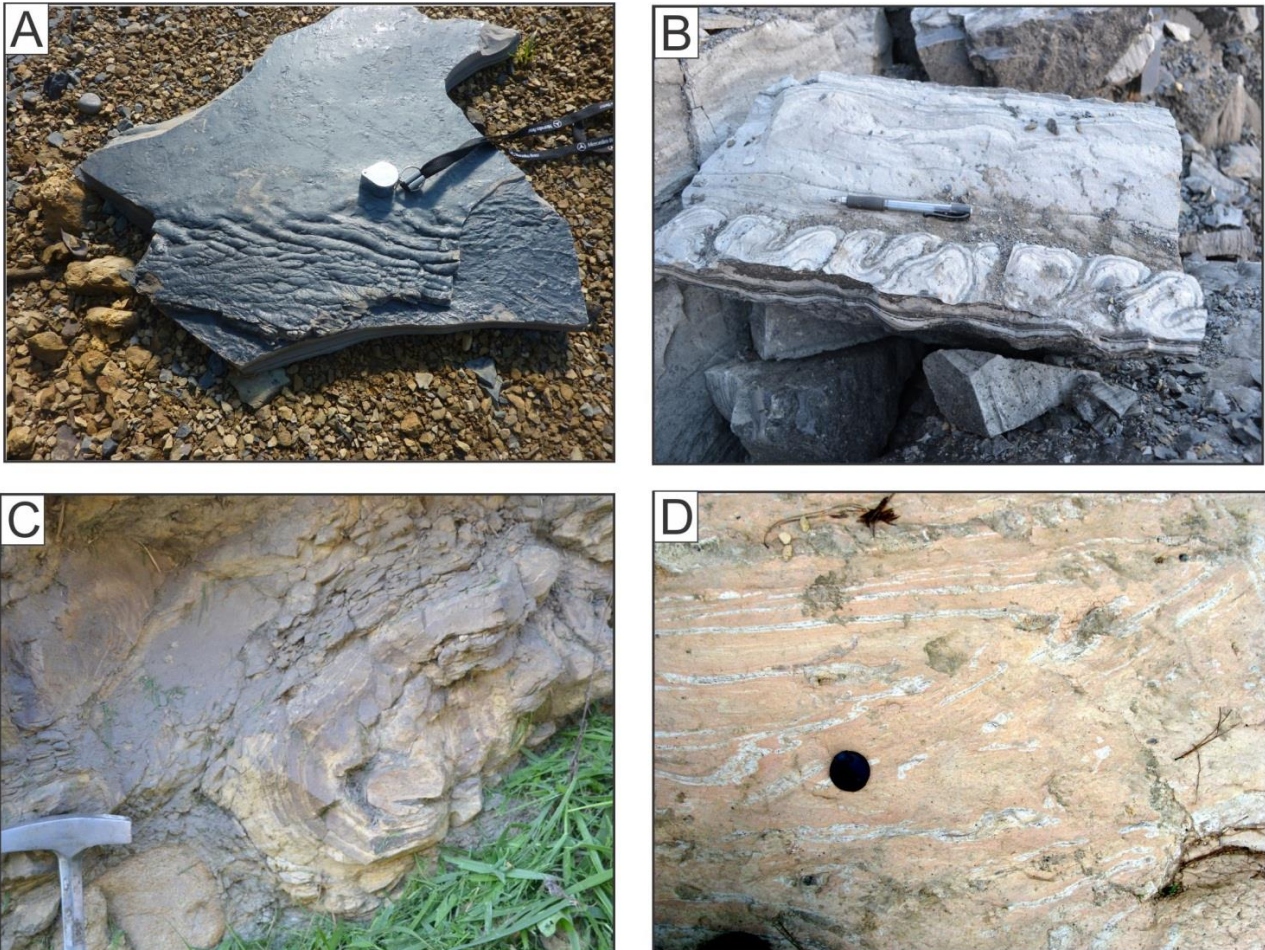
O contato entre a matriz e os blocos de arenito é abrupto e é comum a observação de injeções de material da matriz para os blocos. Os blocos de ritmito podem estar rotacionados

e com evidência de deformação penecontemporânea, tais como dobras convolutas (Figura 5B), superfícies de cisalhamento interestratal e falhas reversas de



pequeno porte. O contato da matriz com os blocos de ritmito é gradual, exibindo incremento do grau de homogeneização dos centros para a borda dos blocos. Na matriz do diamacito podem-se observar superfícies de cisalhamento, (Figura 5A), clivagem, além de

fraturas de baixo ângulo e dobras isoclinais a fechadas (Figuras 5C, 5D). Também é possível perceber a presença constante de feições de brechamento da matriz com presença de intraclastos.



**Figura 5.** Feições e estruturas de deformação penecontemporâneas. A) Superfície de deslizamento inter-estratal. B) Dobras convolutas presentes em bloco de ritmito ressedimentado. C) Dobra recumbente e fechada pertencente à fácies Dh**m**(b-d). F) Dobras isoclinais observadas na fácies Dh**m** (b-d)

Esta é uma fácies tipicamente produzida por fluxo gravitacional de massa. Estes MTDs são originados no talude superior ou margem de plataforma, uma vez que blocos ressedimentados de fácies mais proximais são observados dentro destes depósitos. É provável que o processo tenha se iniciado como um deslizamento (*slide*) e evoluído, mediante modificações na coerência da massa, para escorregamento e fluxo de detritos (e.g. Lowe 1982). A presença de blocos de ritmitos intensamente deformados sugere que esse tipo de material constituía o principal protólito e que a sua progressiva desagregação resultou num depósito lamítico-arenoso mais homogêneo. A

imbricação de alguns blocos pode indicar a predominância de cisalhamento simples durante o transporte, permitindo obter indicadores cinemáticos do mergulho do paleotalude.

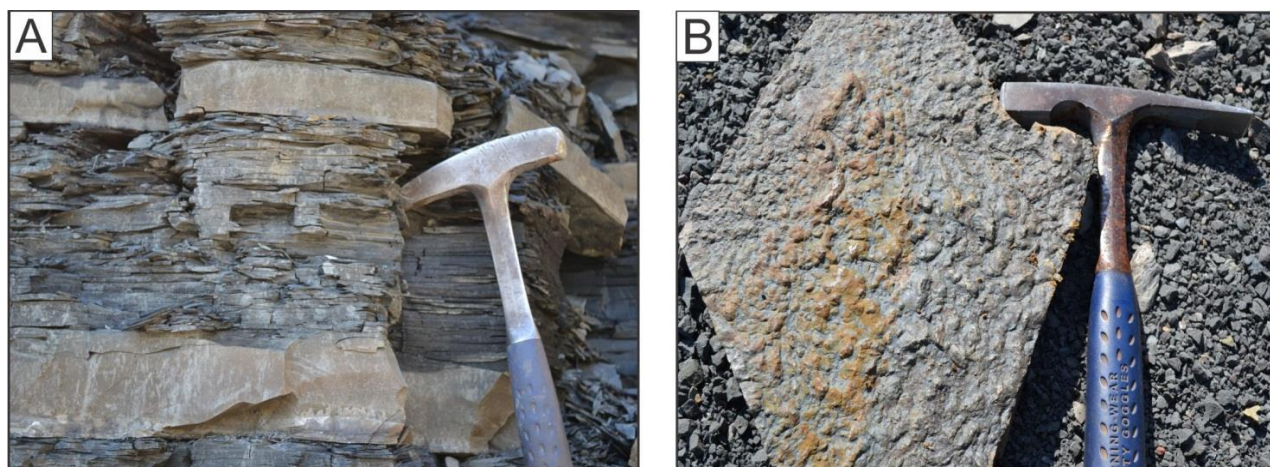
#### *Ritmitos em camadas centimétricas e com marcas de Sola - Rg(sl)*

Fácies composta por camadas gradadas de arenito muito fino a lamito, com espessuras entre 5 a 40 cm e contatos abruptos entre si (Figura 6A). Na base das camadas são observadas marcas de sola (Figura 6B) e estruturas de carga. Os níveis mais arenosos podem apresentar *ripples* centimétricas, as quais indicam paleocorrentes para NW.



Ainda foi possível descrever um padrão de aumento granulométrico bem como um espessamento das camadas em direção ao topo

de alguns intervalos com 10 a 15 metros de espessura. Clastos caídos não foram observados.



**Figura 6.** Imagens de fácies heterolíticas. A) Ritmito típico da fácies RL(sl). B) Marcas de sola da fácies RL(sl).

A origem desses ritmitos associa-se a correntes de turbidez de baixa densidade (Bouma, 1962; Middleton & Hampton, 1973; Lowe, 1982; Mutti et al., 2003). Cada ciclo de gradação normal é representado por um possível pulso turbulento provavelmente derivado do degelo e/ou de descargas fluviais em contexto de prodeltaico (Bhattacharya & Walker, 1992). O aumento granulométrico no padrão de empilhamento observado em pacotes espessos da fácies pode reproduzir o aumento do suprimento sedimentar das fontes alimentadoras desta fácies provavelmente indicando progradação.

#### *Ritmitos em camadas milimétricas e com clastos caídos - Rld*

Ritmito caracterizado por camadas gradadas de siltito passando a argilito e limitadas por contatos abruptos. Em alguns afloramentos há tendência geral de adelgaçamento das camadas para o topo, marcando passagem transicional para folhelho. É bastante comum a presença de clastos caídos (Figuras 7A,7B) de variadas composições (ígnea, metamórfica e sedimentar) e dimensões (grânulos a matações) interrompendo e deformando o acamamento preexistente. Também foram observados clastos centimétricos de sedimento fino agregado (Figura 7C).

Pode-se assumir que esta fácies é associada à sedimentação por decantação de plumas de sedimento fino em contexto

proglacial. Estas camadas rítmicas, intensamente influenciadas por material proveniente de chuva de detritos, provavelmente tem sua fonte associada com a decantação de plumas hipopicnais derivadas do degelo. A presença de clastos caídos indica ação do gelo flutuante. Clastos na forma de agregados de sedimentos finos pode relacionar-se a pedaços de gelo carregados de sedimentos desprendidos de *icebergs*.

#### *Ritmito com laminação plano-paralela e ripples cavalgantes - Rlr*

Rocha com intercalação centimétrica de níveis de silte e argila e níveis de areia fina a muito fina. São camadas com espessura média de cinco centímetros, finamente laminadas, apresentando *ripples* cavalgantes de pequeno porte dentro dos *sets* arenosos.

Sedimentação decorrente de corrente de turbidez de baixa densidade, durante os estágios finais de desaceleração do fluxo, onde atuam associados processos hidrodinâmicos trativos. É possível que estes depósitos estejam ligados a fluxos hiperpicnais gerados por água de degelo.

#### *Folhelho e folhelho com clastos caídos – Fl e Fld*

Fácies compostas por folhelho marrom-avermelhado até preto-acinzentado com variadas proporções de clastos caídos. Produto de sedimentação hemipelágica por decantação lenta de lama associada à queda de detritos de gelo flutuante.

#### *Arenito fino com laminação plano-paralela - Sh*

Arenito de granulação fina, constituído por quartzo e feldspato, moderadamente selecionado, com laminação plano-paralela e definindo camadas tabulares com até dois metros de espessura.

Fluxos hidrodinâmicos trativos, sob condições de regime de fluxo superior, são responsáveis pela geração deste tipo de fácies. Contudo, a contribuição de correntes de turbidez contínuas, capazes de depositar estratos laminados, não pode ser descartada (e.g. Mutti et al. 2003).

#### *Arenito médio com gradação normal e intraclastos de argila - Sg(i)*

Arenito de coloração amarelada e granulação média, composto por quartzo, feldspato e matriz argilosa e apresentando seleção granulométrica moderada a ruim. Acha-se disposto em camadas métricas (2-5 m) com gradação normal (Figura 7E) e numerosos intraclastos centimétricos de argila, principalmente no topo (Figura 7F). A geometria estratal é tabular a lenticular, havendo tendência de espessamento das camadas para cima. Na base das camadas ocorrem feições erosivas e marcas de carga sobre as camadas inferiores de ritmitos e diamictitos (Figura 7D).

Esta fácies relaciona-se a fluxos gravitacionais de sedimentos, na forma de correntes de turbidez de alta densidade. A falta de laminação somada às feições erosivas basais indica transporte por fluxo denso e altamente turbulento, provavelmente com contribuição de escape de fluidos e pressão dispersiva como mecanismos de suporte. Os intraclastos de argila dispersos na matriz também tem forte relação com a erosão do substrato pela corrente de turbidez, durante o percurso do fluxo gradiente abaixo. Pode-se inferir que a corrente de turbidez detinha baixa eficiência (Mutti et al., 2003) em razão de o arenito ser pobremente selecionado e sem laminação. A deposição

pode ter ocorrido no momento em que o escape de fluidos se tornou escasso, o que acarretaria na falta de sustentação para o movimento das partículas de areia em suspensão, ocasionando uma súbita decantação. De acordo com o modelo de aceleração de Kneller (1995) este depósito pode corresponder ao produto de um fluxo depletivo minguante, o qual é fortemente ligado a correntes turbidíticas pobremente sustentadas.

#### *Arenito Grosso a Conglomerático com Estratificação Cruzada Acanalada - St*

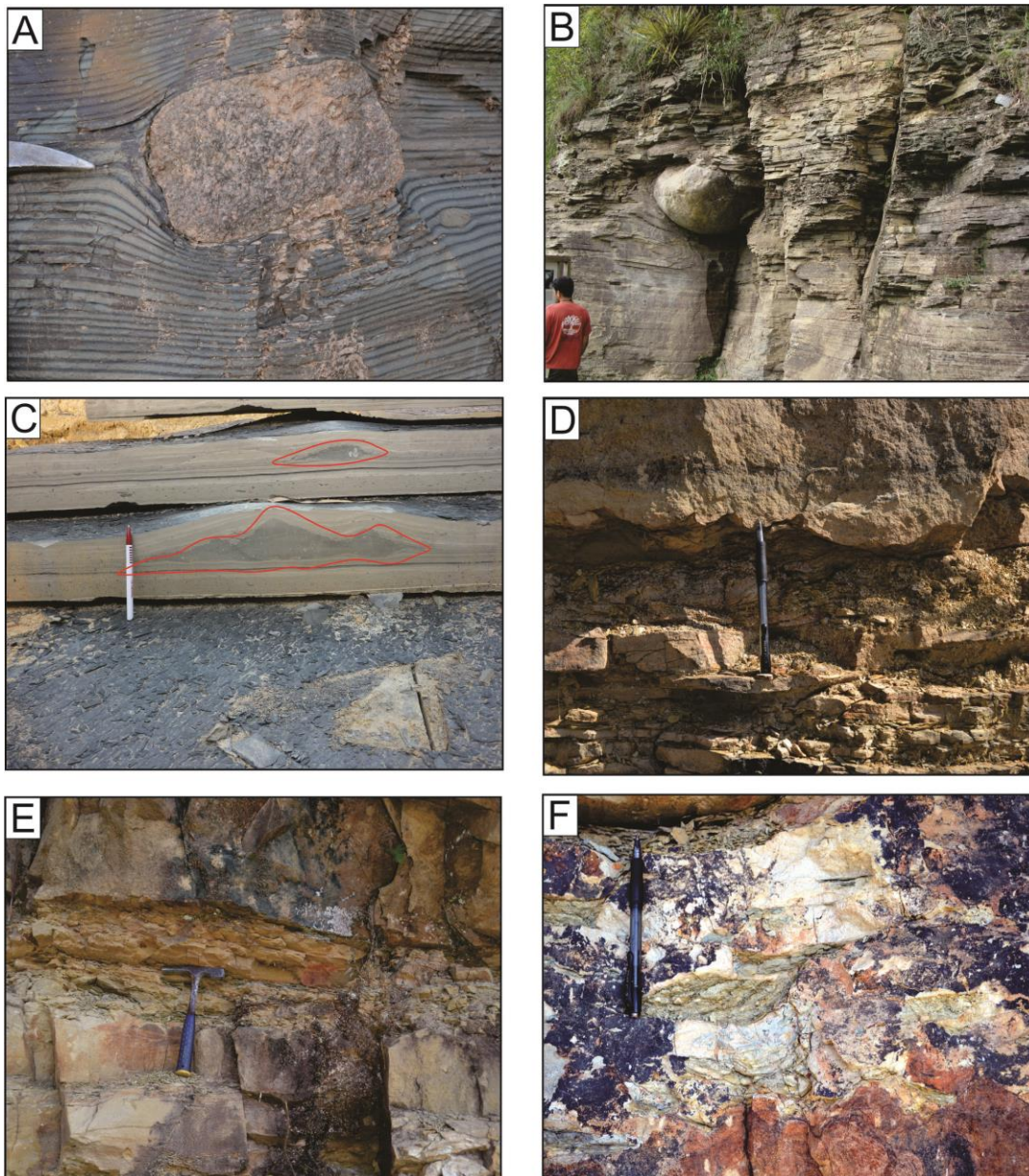
Rocha de coloração branco-amarelada, pobremente selecionada, com granulação predominantemente grossa e constituída por grãos de quartzo angulosos a sub-arredondados, além de feldspato e mica. Também ocorrem bolsões de conglomerado polimítico dispersos de maneira irregular (Figura 8A). Observa-se estratificação cruzada acanalada de médio porte (Figura 8B) com paleocorrentes unimodais para N-NE.

Em função das características descritas, essa fácies pode ser interpretada como produto de fluxo trativo associado a migração de formas de leito areno-cascalhosas de médio porte (dunas) sob corrente unidirecional. Está provavelmente relacionada a fluxos de *outwash* subaquosos, de modo similar ao descrito por Vesely & Assine (2004) e d'Avila (2009) na base das sequências deposicionais do Grupo Itararé.

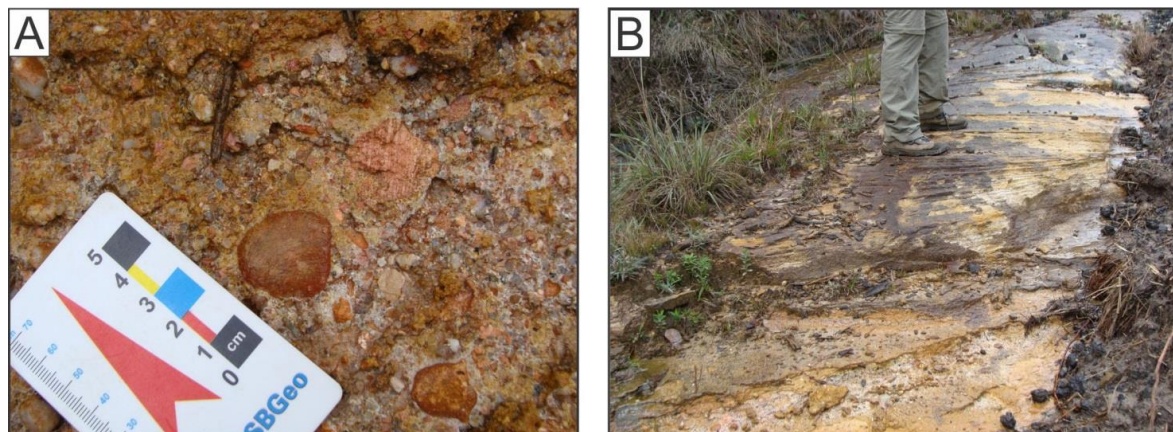
#### *Arenito Fino a Médio com Estratificação Cruzada Planar - Sp*

Rocha de granulação predominantemente fina e por vezes média e com coloração branca ou rósea. Possui moderada seleção de grãos, os quais são na sua maioria compostos por quartzo sub-arredondado. Possui estratificação cruzada planar de pequeno a médio porte, com paleocorrentes para N-NE. Interpreta-se que essa fácies está ligada à migração de formas de leito subaquosas sob fluxo hidrodinâmico unidirecional dominado por carga de fundo.





**Figura 7.** Fácies presentes na área estudada. A-B) Clastos de granito caído na fácies Rld. C) Clastos caídos na forma de agregado fino de sedimentos, possivelmente representando deposição de sedimentos congelados. D) Base erosiva do arenito Sg(i). E) Arenito com gradação normal para siltito no topo da fácies Sg(i). F) Intraclasto de argila da fácies Sg(i).



**Figura 8.** Arenitos com estratificação cruzada acanalada (St). A) Detalhe dos bolsões conglomeráticos. B) Estratificações cruzadas acanaladas.



### *Arenito Fino com Laminação Ondulada Cavalgante - Sr*

Arenito de coloração amarelada, quartzoso, composto por grãos arredondados a sub-arredondados de granulação fina e bem selecionados. Apresenta laminação ondulada cavalgante (*climbing ripples*) supercrítica de amplitude centimétrica, com ângulo de cavalgamento entre 10 e 25° e com eventuais *drapes* de argila.

Fácies relacionada a processos combinados de tração e suspensão em fluxo unidirecional. fácies dominadas por *ripples* cavalgantes são típicas de zonas de desembocadura, tais como frentes deltaicas, onde um fluxo de longa duração encontra um corpo d'água e sofre rápida desaceleração devido ao desconfinamento e mistura com o fluido circundante (Bhattacharya & Walker, 1992).

### *Arenito Médio com Laminação Cavalgante e Seixos dispersos - Sr(p)*

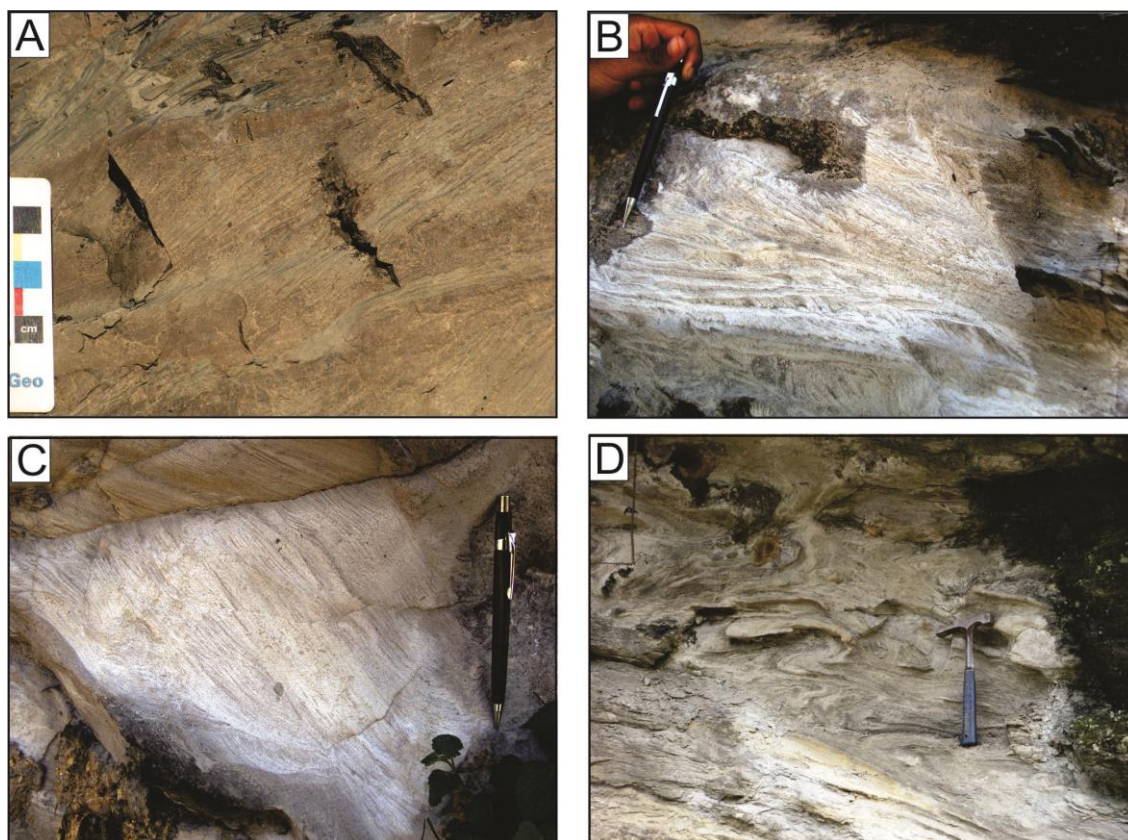
Arenito de granulação média a grossa, pobremente selecionado e mineralogicamente imaturo (alto teor de feldspatos e mica).

Apresenta laminação ondulada cavalgante com comprimento de onda decimétrico (*climbing dunes*) além de seixos dispersos aleatoriamente.

A presença de laminação cavalgante de porte médio (dunas) e clastos acima da média dispersos sugerem fluxos de alta energia capazes de carregar cascalho em suspensão. Essa fácies registraria momentos de aumento súbito da descarga, provavelmente num contexto deltaico alimentado por água de degelo.

### *Arenito Fino com Estruturas de Deformação Penecontemporânea - Sd*

Arenito de granulação fina a média, moderadamente a bem selecionado, de coloração branca acinzentada, ou amarelada e composto basicamente por quartzo, feldspato e pequena quantidade de matriz. Encontra-se com a estratificação deformada plasticamente (Figura 9), sendo possível observar resquícios de estratificações cruzadas planares de pequeno porte, estratificações do tipo *hummocky* com comprimento de onda de 5 a 10 cm, *ripples* cavalgantes e mais localmente estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte.



**Figura 9.** Arenitos com deformação penecontemporânea. (Sd). A - C) Detalhe de ripples cavalgantes deformadas. D) Arenito com de estratificação cruzada *hummocky* deformada.

Também ocorrem horizontes lamosos descontínuos, de extensão métrica a decamétrica, apresentando-se cisalhados, brechados e dobrados. Intraclastos de argila de dimensão centimétrica também são encontrados dispersos nessa fácies, frequentemente associados aos horizontes lamosos.

Interpreta-se que as feições deformacionais estão associadas a cisalhamento interno devido a movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos e escorregamentos) que teriam afetado as camadas arenosas. As estruturas sedimentares primárias indicam que as areias foram originalmente acumuladas em ambiente de alta energia, com influência de fluxos tanto unidirecionais quanto oscilatórios, o que poderia corresponder a um contexto de *shoreface* ou frente deltaica influenciada por ondas.

O depósito arenoso foi posteriormente remobilizado por ação da gravidade, ainda em estado plástico, gerando estruturas de deformação. Os horizontes lamosos cisalhados e os intraclastos argilosos estariam associados a planos de deslizamento interno, indicando que houve considerável transporte gradiente abaixo por ação de deslizamentos e/ou escorregamentos.

### Associações de fácies

O reconhecimento das 15 fácies possibilitou a identificação de quatro principais associações de fácies A1, A2 A3 relacionadas a condições deposicionais de lâmina d'água profunda, e B, correlacionável ao ambiente flúvio-deltaico. (Figura 10).

A1 – Associação de fácies de pelitos de decantação e fácies de *rain-out*

A2 – Associação de fácies de depósitos de transporte em massa (MTDs)

A3 – Associação de fácies de turbiditos

B – Associação de fácies de barras de desembocadura

#### Associação A1

Esta associação inclui fácies dos grupos dos diamictitos, ritmitos e folhelhos, tais como Dmm, Fl, Fd e Rld. Representam depósitos acumulados sob lâmina d'água relativamente

profunda, ou sob chuva de detritos e decantação lenta (Figura 11). O papel deposicional do gelo restringe-se a ação de *icebergs* ou gelo flutuante, comumente na forma de clastos caídos.

A fácies Dmm representa depósitos típicos de um ambiente marinho glácio-influenciado, onde grande parte da fração de finos provenientes do degelo é injetada no corpo d'água e se deposita por decantação, enquanto a fração cascalho é suprida por gelo flutuante. Este processo é denominado de chuva de detritos (Eyles et al., 1985; Eyles et al., 1993)

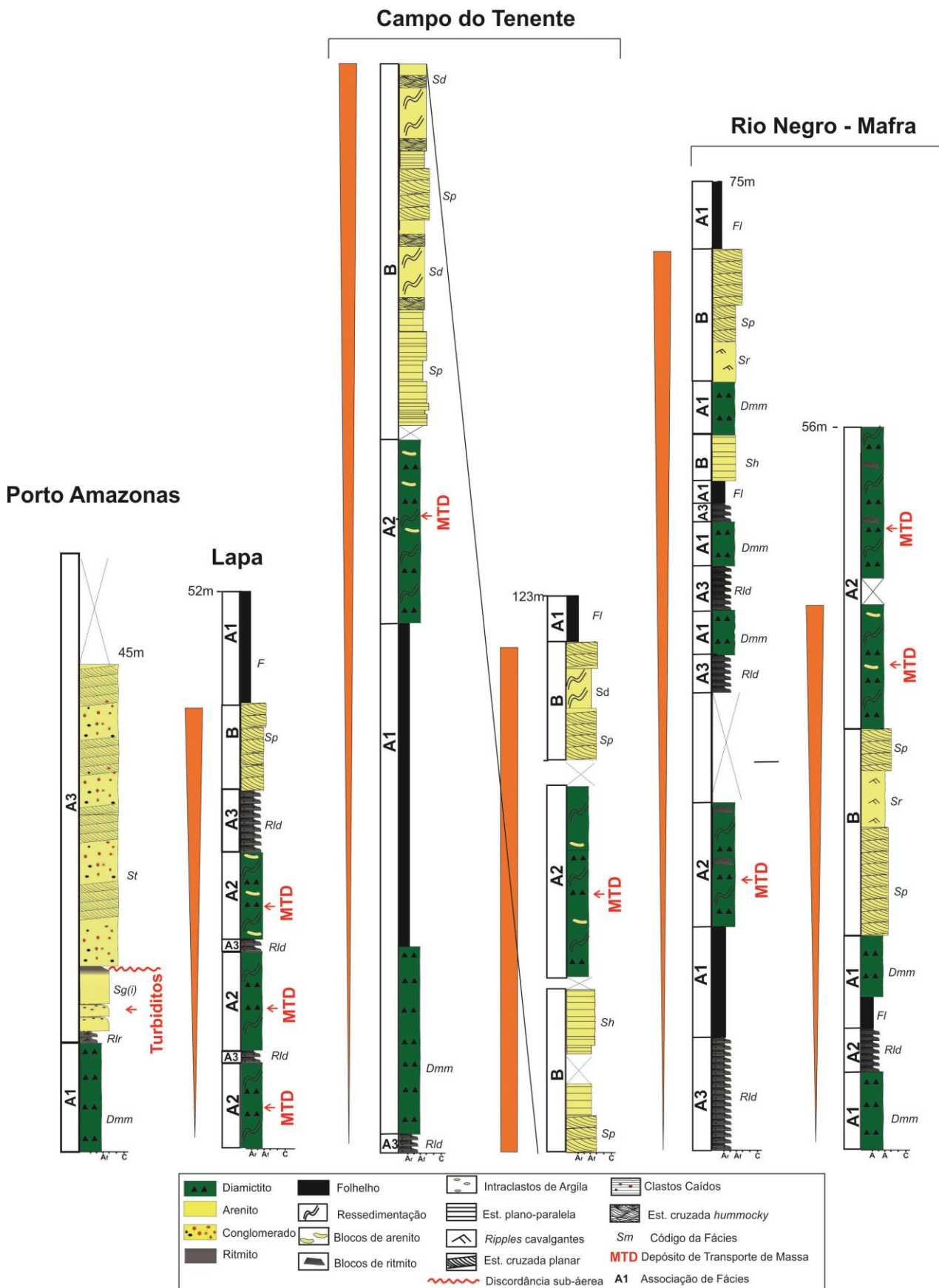
É notável a ocorrência de contatos graduais entre as fácies. Entre os diamictitos (Dmm) e os folhelhos (Fl e Fld) é nítida a diferença entre as frações de argila, silte e areia fina na composição geral das rochas. As fácies envolvendo folhelhos representam sedimentação hemipelágica típica.

A provável causa da intercalação entre as fácies Dmm e Fl deve-se provavelmente a avanços e recuos da margem da geleira e/ou alternância de períodos de maior e menor descarga de água de degelo e conseqüentemente, variações na taxa de deposição por decantação em lâmina d'água profunda.

#### Associação A2

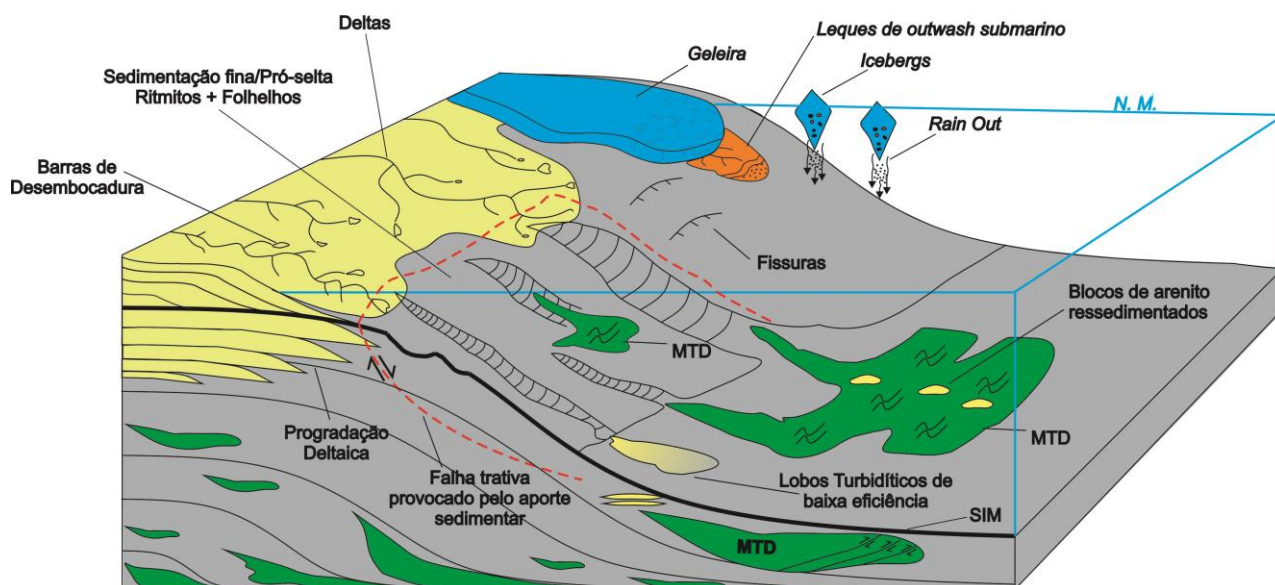
Esta associação contempla as fácies Dmm(d) e Dh(m-b-d), as quais estão sob o domínio de fluxos gravitacionais de massa. Estas fácies ligadas a processos de deslizamentos, escorregamentos e fluxos de detritos são produto de ressedimentação de depósitos preexistentes. As estruturas de deformação penecontempônea evidenciam tais processos. É possível que muitos dos depósitos ressedimentados descritos, tenham passado por transformações completas de fluxo a partir de escorregamento até fluxos de detritos ou até mesmo correntes de turbidez, como descrito por Hampton (1972) e Lowe (1982).

Em síntese, as características dessa associação indicam deposição abaixo do nível de ação das ondas num contexto de talude ou sopé de talude influenciado por gelo flutuante (Figura 11).



**Figura 10.** Arcabouço estratigráfico relacionado às associações de fácies encontradas na área de estudada.





**Figura 11.** Modelo deposicional esquemático para a área de estudo. Progradação deltaica sobre uma plataforma glacio influenciada, gerando instabilização e fluxos gravitacionais. SIM: Superfície de máxima inundação marinha; N.M.: Nível do mar.

### Associação A3

As fácies Rlr, RI(sl), Sg(i) e St, compõem associação de fácies relacionada a fluxos gravitacionais de sedimentos na forma de turbiditos de alta e baixa densidade (Mutti et al., 2003).

Os ritmitos Rlr e RI(sl) são claramente resultado de correntes de turbidez de baixa densidade. Por vezes, estas fácies apresentam gradação normal com *ripples* cavalgantes e marcas de sola associadas, feições características dos turbiditos do tipo Bouma (1962). Com frequência, tais turbiditos ocorrem recobrando ou margeando lateralmente as fácies de MTDs. São resultado de correntes de turbidez diluídas acumuladas sobre um talude marinho rearranjando pós-escorregamento/deslizamento. Muito provavelmente as fácies de ritmitos representem turbiditos de pró-delta, semelhantes aos descritos por Mutti et. al. (2003). É possível correlacioná-las com as fácies Tb-Te do modelo de Bouma.

A fácies Sg(i) representa depósitos de correntes de turbidez de alta densidade e moderada eficiência. Apesar da ligeira (10-40cm) gradação no topo das camadas arenosas, o arcabouço arenoso é moderadamente a pouco selecionado e não estruturado. Tais fatos sugerem brusca desaceleração do fluxo, a qual acarreta no aumento do atrito entre as partículas e no escape de fluidos da camada basal do fluxo. Ao que tudo indica esses depósitos de

correntes de turbidez do tipo *surge*, de acordo com a classificação Mutti et al. (2003), diferentemente dos turbiditos classificados como proveniente de fluxos hiperpicnais de mais longa duração.

A presença de arenitos conglomeráticos estratificados e de baixa seleção granulométrica (fácies St), apesar de raros na área, provavelmente representam depósitos de *outwash* subaquoso a partir de fluxos de degelo com alta concentração (e.g. Mulder & Alexander, 2001; Vesely & Assine, 2004), uma vez que possuem contatos erosivos e estão assentados diretamente sobre turbiditos da fácies Sg(i). Com isso, grande parte desses fluxos comporta-se como correntes de fundo hiperconcentradas que podem transportar areia e cascalho por dezenas de quilômetros além das margens da geleira, na forma de correntes de turbidez de alta densidade, como as descritas por Vesely & Assine (2006).

### Associação B

A associação B é composta principalmente por fácies arenosas, tais como Sh, Sp, Sr, Sr(p) e Sd e compreende fácies essencialmente ligadas a processos trativos em condição de alta energia. A associação de arenitos com estratificação cruzada, plano-paralela e *climbing ripples* sugere sedimentação em contexto flúvio-deltaico (Figura 11).

As fácies Sr e Sr(p) são indicativas de um contexto de barras de desembocadura

deltaica onde tração e suspensão podem atuar em conjunto (Bhattacharya & Walker, 1992). As fácies Sp e Sh, apesar de não serem diagnósticas deste ambiente, podem ser associadas a frente deltaica. A pujança dos depósitos de ressedimentação oriundos das fácies arenosas Sd representa este sistema deltaico progradando até a quebra de uma plataforma deposicional, causando o disparo de

fluxos gravitacionais (Figuras 10 e 11) (e.g. Eyles & Eyles, 2000; Steel et al., 2003).

A ocorrência restrita de estruturas relacionadas a fluxos oscilatórios (ondulações sinusoidais e estratificações cruzadas *hummocky*) em blocos das fácies Sd e Dhm (b-d) sugerem certo grau de influência deste sistema deltaico por ondas de tempestades.

## DISCUSSÃO

Fluxos gravitacionais exigem um gradiente, com no mínimo 0,5° de inclinação para fornecer instabilidade para fluxos de massa de grande porte (Eyles et al., 1985; Martinsen, 1994). MTDs na forma de deslizamentos (*slides*) escorregamentos (*slumps*) e fluxos de detritos (*debris flows*) são originalmente gerados acima de uma superfície basal de cisalhamento, uma vez que a pressão de poros se aproxima ou equilibra a tensão normal. Assim a força de cisalhamento interna é suficientemente reduzida a ponto de permitir o deslizamento do material ao longo de uma superfície basal de cisalhamento, a qual se propaga de maneira radial, formando uma depressão curva e côncava, também chamada de cicatriz (Figura 11) (Martinsen, 1994).

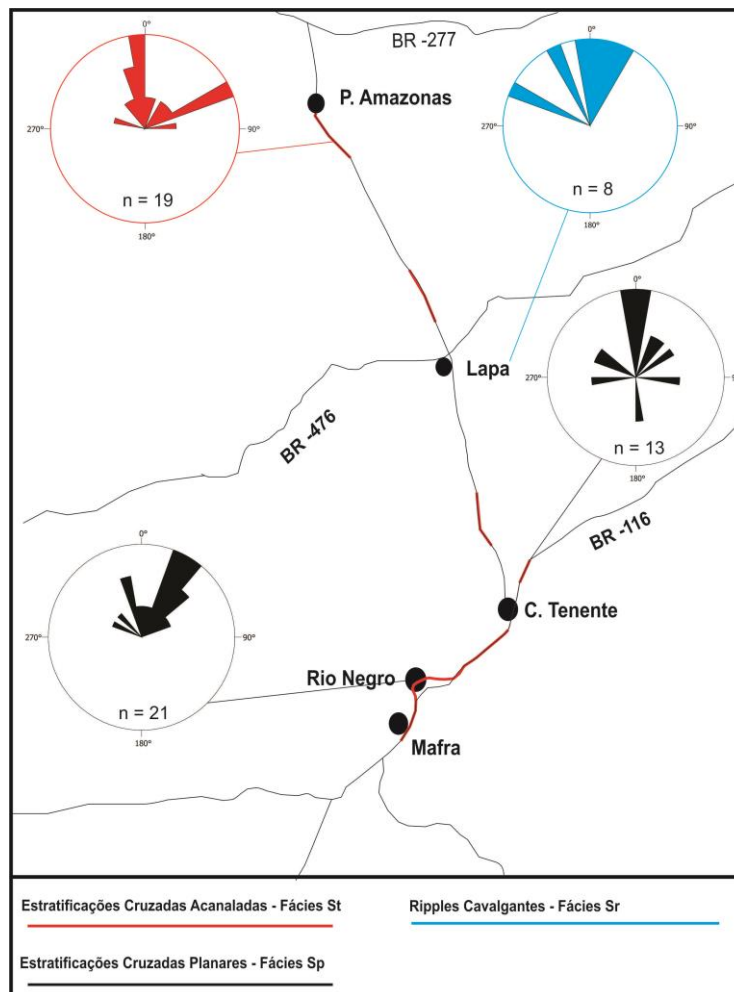
Este fenômeno, comum no ambiente marinho profundo, pode ser desencadeado por variados gatilhos. Um fator preponderante cujo envolvimento é inevitável é a tectônica ativa na bacia naquele período. Eyles & Eyles (2000) ao estudarem depósitos de fluxos gravitacionais crono-correlatos na Bacia de Canning (Austrália), inferiram atividade sísmica, como mecanismo desencadeador dos movimentos de massa.

Em contrapartida, fluxos de massa podem relacionar-se tanto a variações relativas do nível do mar quanto ao aumento do aporte sedimentar (Bouton, 1990; Martinsen, 1994; Visser, 1997; Vesely & Assine, 2006). Em se tratando de contexto glacial, ambos os controles, poderiam estar associados ao degelo, quando há elevação eustática e as taxas de aporte sedimentar aumentam significativamente. Considerando o panorama

deposicional do Grupo Itararé na área de estudo, a profícua presença de MTDs em sucessões progradacionais leva a crer que o suprimento sedimentar gerado durante eventos de deglaciação provavelmente possua uma importância maior no disparo de fluxos de massa do que as variações do nível do mar (Figuras 10 e 11). Os blocos ressedimentados de arenitos com estruturas trativas indicam que durante o recuo glacial ocorria instalação de sistemas deltaicos mergulho acima em uma linha de costa não glaciada.

Outra importante característica produzida por MTDs são as estruturas de deformação penecontemporâneas. Algumas destas estruturas detêm indicadores cinemáticos e podem auxiliar em reconstruções paleogeográficas. Eixos de dobras penecontemporâneas, padrão de imbricamento de blocos, superfícies de cisalhamento e falhas de cavalgamento são alguns exemplos destas estruturas (Figuras 4C, 4D, 4E). Os afloramentos analisados demonstraram um padrão consistente de transporte para N-NW, indicando paleotalude inclinado grosso modo para norte. Paleocorrentes medidas nos depósitos deltaicos corroboram esse sentido geral de transporte (Figura 12).

A pequena expressão em área e volume dos turbiditos arenosos pode indicar ineficiência do sistema em transferir areia até águas profundas, uma vez que boa parte do registro sedimentar concentra-se num estágio análogo ao trato de sistemas de mar alto (*highstand*) (Visser, 1997; Vesely & Assine 2006).



**Figura 12.** Mapa de paleocorrentes adquiridas na área de estudo. Direção geral de transporte para norte tanto para depósitos de transporte de massa quanto para progradação deltaica. Destaque em vermelho para trechos das rodovias cobertos por perfis estratigráficos.

## CONCLUSÕES

Apesar de ainda tímido o registro científico sobre MTDs na Bacia do Paraná (Gama Junior et. al., 1992; Eyles et. al., 1993; Vesely et. al., 2005, Carneiro & Costa, 2006, d'Avila, 2009), a sedimentação gravitacional demonstra ser mais comum do que se imaginava na área estudada. A presença de MTDs no horizonte estratigráfico superior do Grupo Itararé pode atribuir novas funcionalidades as geleiras carboníferas na

deposição proglacial da porção oeste do Gondwana. Significa tratar as geleiras não mais apenas como agentes deposicionais primários de depósitos subglaciais no Grupo Itararé e sim também como principais fornecedores de sedimentos, durante o processo de degelo para diversos processos marinhos em diferentes condições de lâmina d'água, energia e deposição.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao projeto “The Carboniferous de-glacial record in the Paraná Basin and its analog in the Paganzo Basin of Argentina”, financiado pela operadora internacional BG E&P Brasil Ltda em parceria com ANP via participação especial. Também agradecemos a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Paraná (UFPR).



## REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, F. F. M. A "Roche Moutonnée" de Salto, Estado de São Paulo. **Boletim Geologia e Metalurgia**, v. 5, p. 112-118, 1948.
2. BHATTACHARYA, J.P. and WALKER, R.G. Deltas. In: WALKER R.G. and JAMES N.P. (Coordenadores), **Facies Models: Response to Sea-Level Change**. Geological Association of Canada, St. Johns, p. 157-177, 1992.
3. BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. & FUCK, R.A. Striated surfaces and related features developed by Gondwana ice sheets (State of Paraná, Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 3: p. 265-276, 1967.
4. BOULTON, G.S., 1990. Sedimentary and sea level changes during glacial cycles and their control on glaciomarine facies architecture. In: J.A. Dowdeswell & J.D. Scourse (ed.) **Glaciomarine Environments: processes and sediments**. **Geol. Society**. p. 15-52.
5. BOUMA, A.H. Sedimentology of Some Flysch Deposits; A Graphic Approach To Facies Interpretation: Amsterdam, Elsevier, p.167, 1962.
6. CAETANO-CHANG, M.R. **Análise ambiental e estratigráfica do Subgrupo Itararé (PC) no sudoeste do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1984. 310 p, 1V - Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da USP IG-USP.
7. CANUTO, J.R. **Origem dos diamictitos e de rochas associadas do Subgrupo Itararé no sul do Estado do Paraná e norte de Santa Catarina**. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências-USP. 1985.
8. CARNEIRO, C. D. R., COSTA, F. G. D. Estruturas atectônicas da Bacia do Paraná em Campinas (SP): deformação sin sedimentar no Subgrupo Itararé. **Terrae Didática** 2(1): p. 34-43, 2006.
9. CASTRO, J.C. **A evolução dos sistemas glacial, marinho e deltáico das formações Rio do Sul e Rio Bonito/Mb. Triunfo (Eopermiano), sudeste da Bacia do Paraná**. Rio Claro, 1991. 212p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista.
10. d'AVILA, R.S.F. Sequências Depositionais do Grupo Itararé (Carbonífero e Eopermiano), Bacia do Paraná, na Área de Dr. Pedrinho e Cercanias, Santa Catarina, Brasil. Porto Alegre, 2009. 192p. Tese de Doutorado - Universidade do Vale do Rio dos Sinos -UNISINOS
11. DYKSTRA, M., KNELLER, B.C. & MILANA, J.P. Deglacial and postglacial sedimentary architecture in a deeply incised paleovalley-paleofjord—The Pennsylvanian (late Carboniferous) Jejenes Formation, San Juan, Argentina. **Geological Society of America Bulletin**, 118; 913-937, 2006.
12. DYKSTRA, M., KNELLER, B.C. & MILANA, J.P. Quebrada de Las Lajas: A High Resolution Record of Deep Water Process in a Confined Paleovalley. In: NILSEN, R.D., SHEW, G.S. STEFFENS AND J. R. J. STRUDICK. (Eds.) **Altas of Deepwater Outcrops**, CD ROM, 19 p. AAPG Studies in Geology, Tulsa, OK., p. 56-67, 2007.
13. DYKSTRA, M., GARYFALOU, K., KERTZUS, V., KNELLER, B., MILANA, J.P., MOLINARO, M., SZUMAN, M. AND THOMPSON, P. Mass-transport deposits: combining outcrop studies and seismic forward modeling to understand lithofacies distributions, deformation, and their seismic expression. In: Shipp C., Weimer P. and Posamentier H. (Eds.) **Mass-Transport Deposits**. SEPM, Tulsa, OK. 2011.
14. EYLES, N., EYLES, C.H. & MIAL, A.D. Lithofacies types and vertical profile models: an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. **Sedimentology**, 30, 393-410, 1983.
15. EYLES, N., EYLES, C.H. & MIAL, A.D. Models of glaciomarine sedimentation and their application to the interpretation of ancient glacial sequences. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 51 15-84, 1985.
16. EYLES, N., EYLES, C.H. & FRANÇA, A.B. Glaciation and tectonics in an active intracratonic basin: The Late Paleozoic Itararé Group, Paraná Basin, Brazil. **Sedimentology**, 40, 1-25, 1993.
17. EYLES; C. H., EYLES N. Subaqueous mass flow origin for Lower Permian diamictites and associated facies of the Grant Group, Barwire Terrace, Canning Basin, Western Australia. **Sedimentology** 47, p343-356, 2000.
18. FARJALLAT, J. E. S. Diamictitos neopaleozóicos e sedimentos associados do sul do Mato Grosso. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, 16. p32-48, 1967.
19. FRANÇA, A.B. & POTTER, P.E. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). **Boletim de Geociências da Petrobras**, 2, p147-191, 1988.
20. FLINT, R.F., SANDERS J.E., and RODGERS J. Diamictite, a substitute term for symmictite. **Geological Society of America Bulletin**. v.71, n. 12, p1809-1810, 1960.
21. GAMA JR., E.G.; PERINOTTO, J.A.J.; RIBEIRO, H.J.P.S.; PADULA, E.K. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Grupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, 22, p228-236, 1992.
22. GRAVENOR, C.P. & ROCHA-CAMPOS, A.C. Patterns of Late Paleozoic glacial sedimentation on the southeast side of the Paraná Basin, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 43, n.1-2, p. 1-39, 1983.
23. GORDON Jr., M.J. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Sante Catarina e Rio Grande do Sul. **Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM**, 38,1-20, 1947.
24. HAMPTON, M.A. The role of subaqueous debris flows in generating turbidity currents. **Journal of Sedimentary Petrology**, 42: 775-793, 1972.
25. KNELLER, B., 1995. Beyond the turbidite paradigm; physical models for deposition of turbidites and their implications for reservoir prediction, In: Hartley, A. and Prosser, J.; (eds.) **Characterization of Deep Marine Clastic Systems**: Geological Society of London, Special Publication 94, p. 31-49.
26. KUENEN, PH. H. & MIGLIORINI, C. I. Turbidity currents as a cause of graded bedding. **Journal of Geology**, v. 58, 91-127, 1950.
27. LEINZ, V. Estudos sobre a glaciação carbonífera no sul do Brasil. **Boletim DNP/DFPM**, v. 21, 1-47, 1937.
28. LÓPEZ-GAMUNDÍ, O.R. Thin-bedded diamictites in the glaciomarine Hoyada Verde Formation (Carboniferous), Calingasta-Uspallata Basin, western Argentina: a discussion on the emplacement conditions of subaqueous cohesive debris flows. **Sedimentary Geology**, v.73, p.247-256, 1991.
29. LOWE, D.R. Sediment gravity flows; II, Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 52, p. 279-297, 1982.
30. MARTIN, H., The directions of flow of the Itararé ice sheets in the Paraná Basin, Brazil. **Boletim Paranaense de Geografia**, v. 10, n. 15, p25-77, 1961.
31. MARTINSEN O. Mass Movements. In Maltman A. (Eds.) **The Geological Deformation of Sediments**. Chapman & Hall ISBN 0 412 40590 3, p.153-178, 1994.
32. MIDDLETON, G.V., HAMPTON, M.A. Sediment gravity flows: Mechanics of flow and deposition. In: Middleton, G.V., Bouma, A.H. (Eds.), **Turbidites and Deep-**

- water Sedimentation.** Pacific Section SEPM, Los Angeles, CA, p. 1-38, 1973.
33. MULDER, T., ALEXANDER J. The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits. **Sedimentology**, v. 482, p69-299, 2001.
34. MUTTI, E., TINTERRI, R., BENEVELLI, G., ANGELLA, S., DI BIASI, D., FAVA, L., MAVILLA, N., CAVANNA, G., COTTI A. Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins. **Marine and Petroleum Geology**, v.20 p.733-755, 2003.
35. ROCHA-CAMPOS, A. C., The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: Bigarella, J.J.; Becker, R.D.; Pinto, I.D. (Eds.) **Problems in Brazilian Gondwana Geology**, p.27-102, 1967.
36. SALAMUNI, R.; MARQUES FILHO, P.L.; SOBANSKI, A.C. Considerações sobre turbiditos da Formação Itararé (Carbonífero Superior), Rio Negro-PR e Mafra-SC. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 15, p1-19, 1966.
37. SANFORD, R.M., LANGE, F.W. Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosincline, South Brasil. **Bulletin of American Association of Petroleum Geologists**, v. 44, n. 8, p1316-1370, 1960.
38. SCHERMERHORN, L.J.G. Terminology of mixed coarse-fine sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, 36, 831-836, 1966.
39. SCHNEIDER, R.L., MUHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R.A., DAEMON, R.A. & NOGUEIRA, A.A., Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: 28 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **Anais**, Poto Alegre, 1, 41-65, 1974.
40. STEEL, R., POREBSKI, S., PLINK-BJÖRKLUND, P., MELLERE, D., AND SCHELLPEPPER, M. Shelf-Edge Delta Types and Their Sequence-Stratigraphic Relationships. **GCSSEPM Special Publication**, CD, p. 205-230, 2003.
41. TREIN, E. Geologia da Folha de Contenda, PR. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, Geologia, n.27, p.1-39, 1967.
42. TOMMASI, E. Geologia do flanco sudeste da Bacia do Paraná – Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. In: SBG, 27 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **Anais**, Aracaju, v.3, p. 259-277, 1973.
43. VESELY, F.F., ASSINE, M.L. Sequencias e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, 219-230, 2004.
44. VESELY, F. F.; ASSINE, M. L. Deglaciation sequences in the Permo-Carboniferous Itararé Group, Paraná Basin, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, v. 22, n. 3-4, p. 156-168, 2006.
45. VESELY F.F., ASSINE M.L., ROSTIROLLA S.P. Deformação penecontemporânea no Grupo Itararé, Bacia do Paraná: estilos estruturais, dinâmica sedimentar e implicações paleogeográficas. In: SIMPÓSIO Nacional de Estudos Tectônicos, 10, Curitiba, 2005. **Anais**. Curitiba: SBG núcleo PR. (CD-ROM).
46. VESELY, F. F. Sistemas subaquosos alimentados por fluxos hiperpicnais glaciogênicos: modelo deposional para o Grupo Itararé, Permocarbonífero da Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n.1, p. 7-25, 2007.

*Manuscrito recebido em: 25 de Fevereiro de 2013  
Revisado e Aceito em: 01 de Dezembro de 2014*