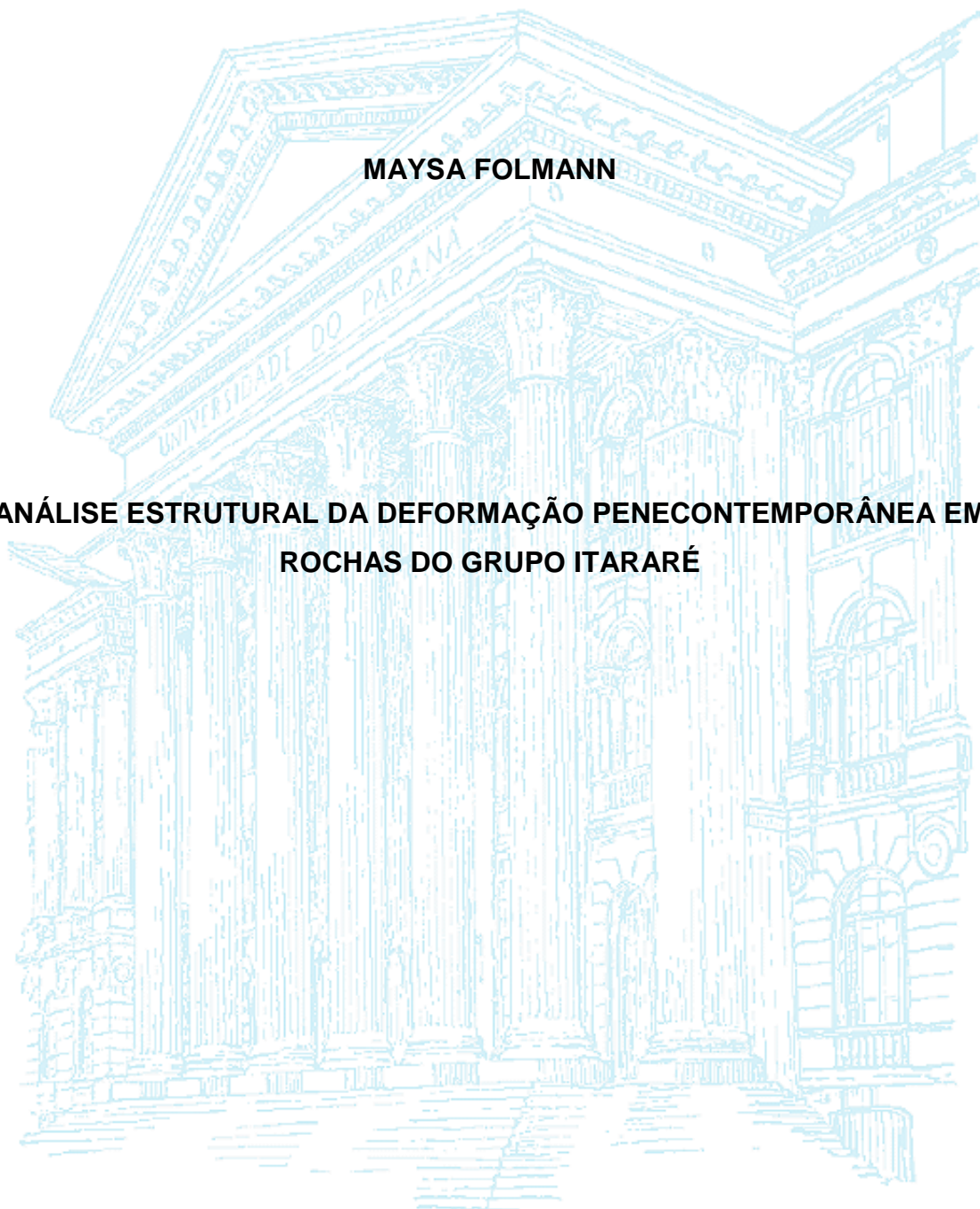


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
CURSO DE GEOLOGIA**

**MAYSA FOLMANN**

**ANÁLISE ESTRUTURAL DA DEFORMAÇÃO PENECONTEMPORÂNEA EM  
ROCHAS DO GRUPO ITARARÉ**



**CURITIBA**

**2016**

**MAYSA FOLMANN**

**ANÁLISE ESTRUTURAL DA DEFORMAÇÃO PENECONTEMPORÂNEA EM  
ROCHAS DO GRUPO ITARARÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Barbara Trzaskos.

Coorientadora: Mestre Mérolyn Camila Naves de Lima Rodrigues

**CURITIBA**

**2016**

*O conhecimento é libertador, mas a Geologia...*

*abre os olhos!*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha grande gratidão às minhas orientadoras Barbara e Mérolyn que fizeram deste trabalho possível, sempre dispostas a ajudar. Agradeço pelo conhecimento transmitido e pela paciência que tiveram! Sou grata também ao professor Fernando Vesely que coletou as primeiras amostras que deram origem a este trabalho. Agradeço a oportunidade de ter ido a campo com os grandes profissionais que são, foi de muito aprendizado.

Meus agradecimentos ao Renatão pela companhia em um dos campos e por ter ajudado no que foi preciso. Agradeço ao Roberto Carlos que tanto me ajudou e acompanhou com o tratamento das amostras e também pela companhia, sempre divertida. Agradeço o Adilson que com paciência me ensinou a trabalhar com os equipamentos de serra, no início do trabalho.

Agradeço aos amigos tantos que se interessaram e me incentivaram, às vezes sem entender muito bem o assunto do trabalho! Mas principalmente agradeço a companhia diária no nosso centro acadêmico e as boas conversas geológicas.

À minha família expesso meu agradecimento eterno pelo apoio, desde o dia que passei no vestibular e troquei de curso. Agradeço de coração a paciência e a compreensão que tiveram sempre que me ausentei. Não teria chegado aqui sem vocês!

E finalmente, agradeço ao meu maior companheiro, o melhor proto geólogo que conheço! Foi você quem me mostrou o quão fascinante é essa ciência chamada Geologia. Sou muito grata por trilhar esse curso ao teu lado, aprendendo cada vez mais e desfrutando do que a geologia proporciona. Nem consigo mensurar a ajuda que me deu ao longo deste trabalho.. Todas as conversas, as marteladas, as tomadas de atitude, os dias e noites em frente ao computador.. Tudo valeu muito a pena! Que a geologia nos leve além, gratidão pela parceria, sempre!

## RESUMO

O Grupo Itararé representa a unidade permocarbonífera da Bacia do Paraná e é caracterizado pela sedimentação sob influência glacial. Nele são constatadas estruturas de deformação penecontemporânea associadas a depósitos de transporte em massa (DTMs). Na região de Mafra (SC), faces de pedreira expuseram variadas estruturas deformacionais. Este trabalho tem por finalidade documentar e analisar estruturalmente estas feições, com dados de afloramento e amostras orientadas. Foram constatadas falhas, dobras, estruturas de injeção e deformação plástica, caracterizando produtos formados pelo processo de fluxo de detritos. Pelas características e grau de deformação das estruturas pode-se constatar que o estilo estrutural predominante é distensivo, de aspecto dúctil-rúptil, com padrões de deformação influenciados por contraste reológico. Os dados obtidos revelaram-se consistentes quando avaliados em conjunto, atuando como indicadores cinemáticos do paleofluxo. Quando analisados com indicadores de transporte de localidades próximas, podem auxiliar também na reconstrução paleogeográfica. A análise estrutural das feições deformacionais mostra-se importante para entendimento da dinâmica deposicional de DTMs no Grupo Itararé, podendo oferecer subsídios para melhor compreensão sobre a evolução temporal e sequência de estruturas dentro dos depósitos.

**Palavras chave:** deformação penecontemporânea, Grupo Itararé, análise estrutural, DTMs

## ABSTRACT

The Itararé Group represents the permocarboniferous unit of the Paraná Basin and is characterized by sedimentation under glacial influence. In it are found structures of penecontemporaneous deformation associated with mass transport deposits (MTDs). In the region of Mafra (SC), quarry faces exposed varied deformational structures. This paper has the purpose to document and analyze these features structurally using outcrop data and oriented samples. Faults, folds, injection structures and plastic deformation were observed, characterizing products formed by the process of flow of debris. Due to the characteristics and degree of deformation of the structures it can be verified that the predominant structural style is distensive, with ductile-ruptile aspect and deformational patterns influenced by rheological contrast. The data obtained proved to be consistent when evaluated together, acting as kinematic indicator of paleoflux. When analyzed with other transport indicators, it can also contribute to local paleogeographic reconstructions. The structural analysis of the deformational features is important for understanding the depositional dynamics of MTDs in the Itararé Group, being able to provide subsidies for a better understanding of the temporal evolution and sequence of structures within the deposits.

**Keywords:** penecontemporaneous deformation, Itararé Group, structural analysis, MTDs

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTO E PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
2.1 ESTRUTURAS E PROCESSOS DE DEFORMAÇÃO .....	2
2.2 O GRUPO ITARARÉ E SUA DEFORMAÇÃO PENECONTEMPORÂNEA.....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
4. ANÁLISE ESTRUTURAL DE DEFORMAÇÃO PENECONTEMPORÂNEA EM ROCHAS DO GRUPO ITARARÉ.....	7
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

# 1. INTRODUÇÃO

Esta monografia é apresentada com parte introdutória e tem seus resultados, discussão e conclusão na forma de artigo a ser submetido à publicação.

## 1.1. CONTEXTO E PROBLEMA

O Grupo Itararé corresponde à unidade permocarbonífera da Bacia do Paraná e é caracterizado pela sedimentação sob influência glacial. Seu registro estratigráfico é marcado por fases de deglaciação relacionadas ao recuo de geleiras provenientes de sul-sudeste (Vesely & Assine 2004). Muitas fácies do Grupo Itararé registram evidências de transporte e deposição por movimentos de massa.

Em vários níveis estratigráficos são verificadas estruturas de deformação que são associadas a processos sedimentares gravitacionais, como deslizamento e escorregamento de massa, fluxo de detritos e correntes de turbidez. Os depósitos gerados são extremamente variáveis e mostram um complexo registro estrutural, necessitando assim de maior investigação sobre seu desenvolvimento e influência na sedimentação. A área de estudo localiza-se na pedreira Pedra Branca, no município de Mafra (SC), onde afloram rochas do Grupo Itararé (Figura 1).

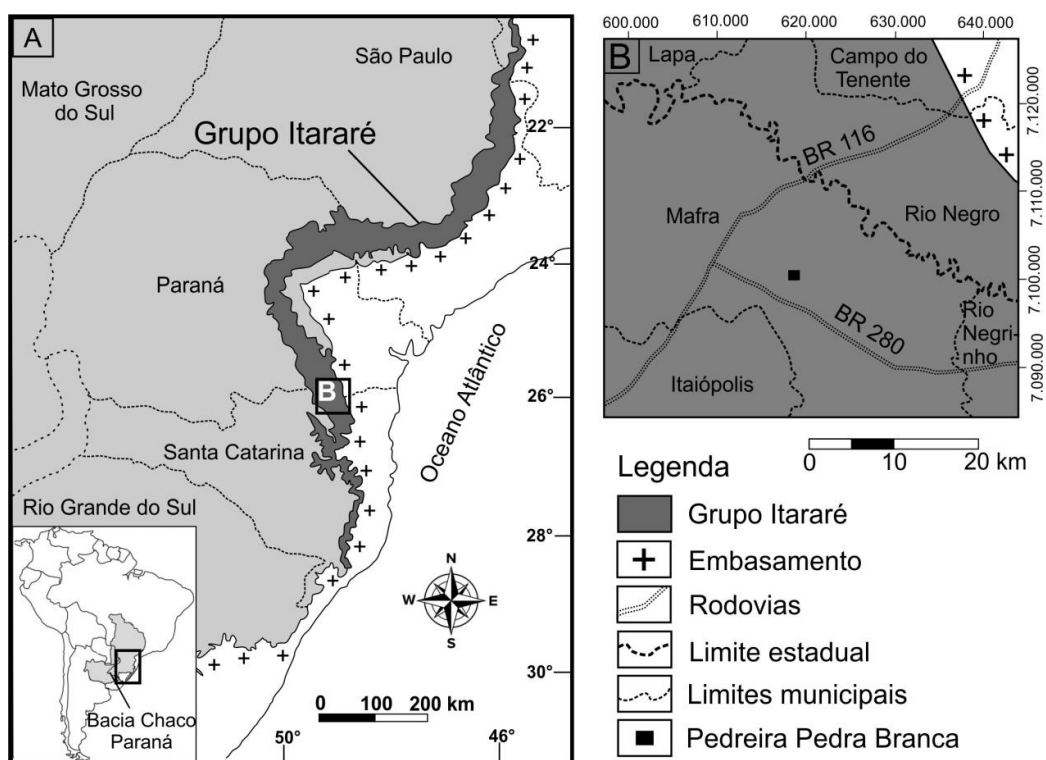


Figura 1: A) Porção aflorante do Grupo Itararé na borda leste da Bacia do Paraná com indicação da área de estudo. B) Mapa de localização da pedreira Pedra Branca, em Mafra (SC).

## 1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como escopo realizar a análise estrutural de feições de deformação atectônica presentes em rochas do Grupo Itararé a fim de identificar indicadores cinemáticos e estilos estruturais dominantes. Objetiva-se também avaliar a consistência dos dados analisados.

A documentação destas feições visa contribuir ao acervo de estruturas deformacionais do Grupo Itararé e auxiliar no entendimento de sua origem e de sua relação com os processos sedimentares; colaborando também para a construção da paleogeografia local.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ESTRUTURAS E PROCESSOS DE DEFORMAÇÃO

Estruturas deformacionais sedimentares correspondem a algumas feições que se formam logo após ou durante a deposição e são chamadas de estruturas penecontemporâneas. Nesse caso o agente deformador remete aos mesmos processos que depositaram os sedimentos. Essa deformação precoce, em muitos casos, modifica as estruturas originais que se desenvolvem durante a deposição do sedimento (Collinson 1994). Muitas estruturas originais podem ainda ser reconhecidas; em outros casos, a deformação pode modificar ou destruir estruturas deposicionais até não serem mais reconhecidas ou a deformação pode criar novas estruturas em sedimentos. São resumidas aqui algumas estruturas deformacionais principais e os processos formadores.

**Acamamento convoluto** - Lâmina ou camada de sedimentos dobrada e contorcida. Pode ocorrer no interior de uma única camada, sendo normalmente reconhecido em seção vertical (Collinson 1994). Segundo Allen (1977), a liquefação e a perda de resistência, em muitos casos, são consequências espontâneas do estado logo após a deposição da camada sedimentar, embora o desencadeamento causado por eventos externos possa acontecer.

**Estruturas de injeção de sedimentos** - Ocorrem geralmente em forma de diques, embora soleiras e feições extrusivas também sejam encontradas (Collinson 1994). Intrudem em unidades litológicas encaixantes que apresentam resistência na

hora da injeção. Isso significa que a rocha intrudida deve ter porção argilosa na sua composição para dar coesão ao material.

**Falhas sinsedimentares** - Ocorrem tanto em sequências não deformadas quanto associadas com outras feições de deformação. Os resultados não são sempre distinguíveis de falhas posteriores, embora Collinson (1994) cite uma regra útil: falhas penecontemporâneas são raramente mineralizadas e geralmente mostram lustramento do plano de falha. O campo de *stress* extensional pode refletir atividade tectônica contemporânea ou resultar de movimentos em massa de sedimentos em talude.

**Movimentos gravitacionais em massa** - Abrangem muitos processos, subaéreos a subaquosos e apresentam amplo espectro de produtos sedimentares que vão desde rochas quase não deformadas (deslizamento de blocos), passando por sucessões dobradas (escorregamento) até corpos com blocos na matriz (fluxos de detritos). Esse fluxo é caracterizado pela ocorrência de matriz fortemente misturada e liquidificada (Ogata *et al.* 2012). Todos os produtos (figura 2) fornecem informações importantes do cenário deposicional e seus registros são boas ferramentas na análise sedimentológica e estratigráfica.

**Deslizamentos e escorregamentos** - São movimentos gravitacionais de massa desenvolvidos sobre uma superfície de deslocamento nítida. A geração de movimentos em massa requer um talude, que pode variar em inclinação de menos de  $0,1^\circ$  como em frentes deltaicas modernas a superfícies verticais onde pode ocorrer queda de rochas (Martinsen 1994). Ocorrem quando a força de cisalhamento que age no sedimento ou na rocha excede a resistência ao cisalhamento do material.

Os dois processos ocorrem interconectados pelo gradiente abaixo, sendo sua distinção o grau de deformação interna. Nos deslizamentos o grau é menor, enquanto nos escorregamentos é maior. Quando o incremento de água no sistema aumenta, os escorregamentos ganham plasticidade e a massa perde coerência, evoluindo para fluxos de detritos coesivos ou granulares e posteriormente correntes de turbidez (Martinsen 1994).

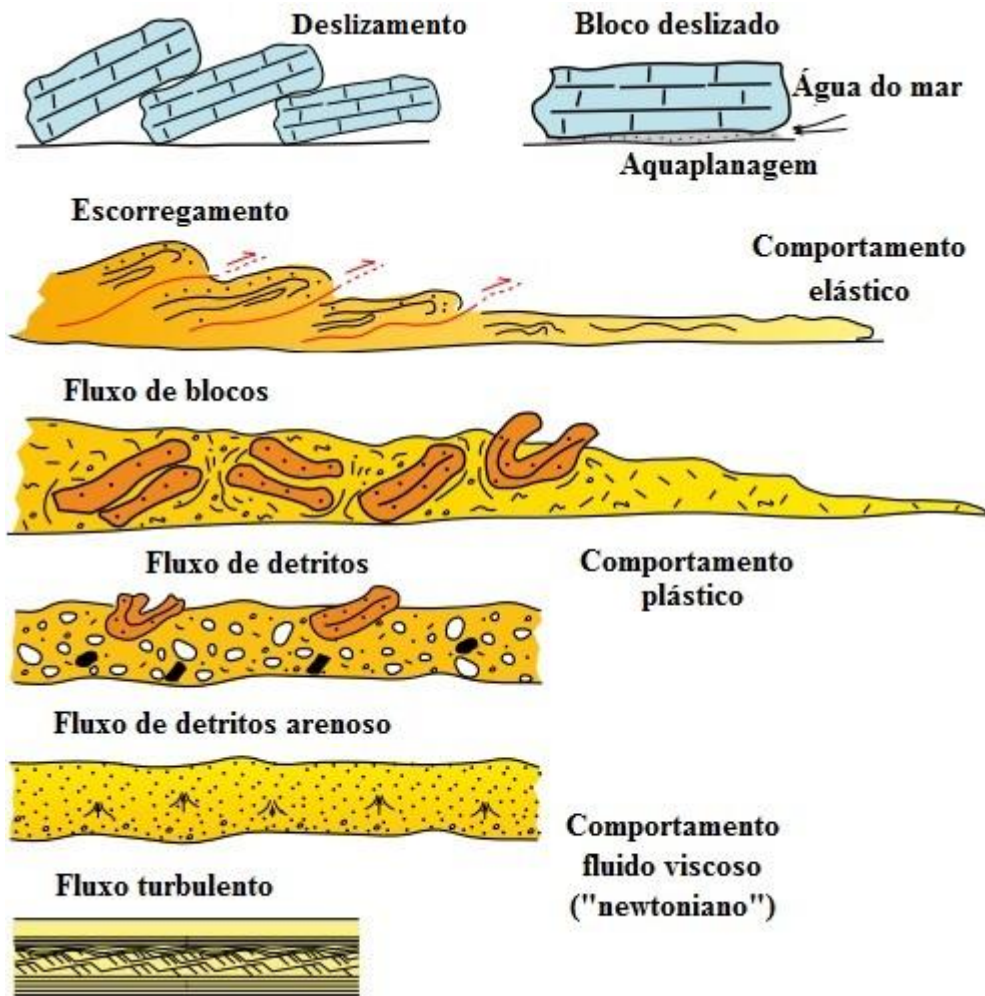


Figura 2: Classificação de depósitos de transporte em massa. O aumento da deformação se dá do deslizamento (membro superior) até o fluxo turbulento (membro inferior) (Modificado de Ogata *et al.* 2010).

**Fluxo de detritos** - Massas coesivas a não coesivas de detritos relativamente não selecionados que podem fluir em taludes muito baixos, dependendo do mecanismo de suporte de grãos. Fluxos de lama são análogos ao processo de fluxo de detritos, a principal diferença é que eles não carregam grandes volumes de detritos. Na definição de Johnson & Rodine (1984), fluxo de detritos é um processo onde sólidos granulares são misturados por quantidades menores de argila, com participação de água e ar e se movem facilmente em taludes baixos.

A maioria dos fluxos de detritos tende a mostrar textura matriz suportada, com os clastos maiores sendo posicionados no topo do fluxo. Hampton (1979) mostrou que o processo se dá por dois fatores: alta densidade da matriz e sobrepressurização. Mostrou também que mesmo em misturas de grão e matriz com porcentagem de grãos de 90%, os clastos maiores poderiam ser suportados.

**Produtos do fluxo de detritos** - A diferença textural entre os depósitos de fluxo de detritos subaéreos e subaquosos é geralmente pronunciada, sendo importante para a interpretação do ambiente de deposição.

Gloppen & Steel (1981) determinaram diferenças entre os fluxos: fluxos de detritos subaéreos apresentam tendência a serem mais ricos em clastos e menos lamosos. A textura pode ser sem ordem ou clastos alongados podem aparecer sub ou paralelamente à camada, mas isso é mais comum nos fluxos subaquosos. Gradação é rara, embora a parte debaixo da camada possa mostrar gradação inversa. Já os fluxos subaquosos apresentam menor concentração. São geralmente de grãos mais finos devido à baixa competência causada pela incorporação da água. Gradação é mais comum e tende a ser inversa para normal.

## **2.2 O GRUPO ITARARÉ E SUA DEFORMAÇÃO PENECONTEMPORÂNEA**

O Grupo Itararé corresponde a unidade permocarbonífera da Bacia do Paraná e encontra-se, em sua maioria, em contato erosivo com as rochas devonianas do Grupo Paraná. A deposição dos sedimentos da unidade é marcada por influência glacial, envolvendo paleoambientes deposicionais fluvio-deltáicos a marinhos plataformais. A sua origem está comprovadamente ligada à Glaciação Gondwânica.

Segundo a classificação litoestratigráfica regional proposta por França & Potter (1988), com base na identificação de três grandes sequências ou ciclos estratigráficos, o Grupo Itararé comporta as formações Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba, subdivisão feita com base exclusivamente em dados de poços. Estas três unidades podem ser correlacionadas às formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul, mapeadas por Schneider *et al.* (1974) na borda leste catarinense da bacia, definidas por dados de afloramentos.

O controle glacial na sedimentação, a tectônica sinsedimentar e as oscilações do nível de base conferem ao Grupo Itararé arcabouço estratigráfico complexo (Vesely 2006), bem como a baixa continuidade lateral dos estratos. Sua variedade faciológica compreende conglomerados, arenitos, diamictitos, ritmitos e folhelhos com clastos caídos.

Em vários níveis estratigráficos são constatadas estruturas deformacionais penecontemporâneas associadas com processos sedimentares gravitacionais, como deslizamento e escorregamento de massa, fluxo de detritos e correntes de turbidez.

Vesely *et al.* (2005) documentaram e classificaram algumas destas estruturas nas proximidades de Campinas (SP), Ponta Grossa e Telêmaco Borba (PR). Com base na geometria e regime das estruturas e na natureza dos depósitos associados definiram quatro estilos deformacionais predominantes. São eles: 1) falhas normais e basculamento de camadas; 2) superfícies de deslizamento intraestratais e dobras; 3) sobrecarga, diapirismo e dobras; 4) dobras e falhas de empurrão.

Carneiro & Costa (2006) visitam afloramentos descritos na literatura sobre estruturas atectônicas no Grupo Itararé entre São Paulo e Santa Catarina. Os autores sintetizam critérios distintivos e descrevem novas estruturas na região de Campinas. Suss *et al.* (2014) registram deformação penecontemporânea associada a depósitos de transporte em massa na região entre Mafra (SC) e Porto Amazonas (PR). Recentemente Rodrigues *et al.* (2016) registram estruturas de injeção de areia em diamictitos com deformação penecontemporânea em localidades do Paraná e Santa Catarina.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para realização deste trabalho foi feito o levantamento bibliográfico sobre estruturas de deformação atectônica no Grupo Itararé, assim como trabalhos de campo. Foram realizadas duas etapas de campo na pedreira Pedra Branca, no município de Mafra (SC). As atividades incluíram a descrição dos afloramentos (blocos soltos e faces da pedreira), assim como coleta de dados estruturais e amostras orientadas. Também foi feita a documentação fotográfica dos afloramentos e blocos que mostram notáveis estruturas de deformação, já que as rochas da pedreira são extraídas para pavimentação de rua, como brita.

Parte das amostras coletadas foi serrada, polida e digitalizada. As imagens geradas foram tratadas e editadas no *software CorelDraw*, a fim de destacar as heterogeneidades e facilitar a identificação das estruturas. O conjunto de dados estruturais medidos em campo e nas amostras foi analisado através de diagramas estereográficos no *software OpenStereo*. Os estereogramas apresentados são projetados em hemisfério inferior na rede Schmidt-Lambert.

## 4. ANÁLISE ESTRUTURAL DE DEFORMAÇÃO PENECONTEMPORÂNEA EM ROCHAS DO GRUPO ITARARÉ

Maysa FOLMANN<sup>(1)</sup>, Barbara TRZASKOS<sup>(2)</sup> e Mérolyn Camila Naves de Lima  
RODRIGUES<sup>(3)</sup>

(1) UFPR/Curso de Graduação em Geologia. Endereço eletrônico: maysafolmann@gmail.com

(2) UFPR/Departamento de Geologia. Endereço eletrônico: barbaratzaskos@ufpr.br

(3) UFPR/Programa de Pós-Graduação em Geologia. Endereço eletrônico: merolyn.cnlr@gmail.com

Introdução  
Resultados  
Discussão  
Conclusões  
Agradecimentos  
Referências bibliográficas

**RESUMO** – O Grupo Itararé representa a unidade permocarbonífera da Bacia do Paraná e é caracterizado pela sedimentação sob influência glacial. Nele são constatadas estruturas de deformação penecontemporânea associadas a depósitos de transporte em massa (DTMs). Na região de Mafra (SC), faces de pedreira expuseram variadas estruturas deformacionais. Este trabalho tem por finalidade documentar e analisar estruturalmente estas feições, com dados de afloramento e amostras orientadas. Foram constatadas falhas, dobras, estruturas de injeção e deformação plástica, caracterizando produtos formados pelo processo de fluxo de detritos. Pelas características e grau de deformação das estruturas pode-se constatar que o estilo estrutural predominante é distensivo, de aspecto dúctil-rúptil, com padrões de deformação influenciados por contraste reológico. Os dados obtidos revelaram-se consistentes quando avaliados em conjunto, atuando como indicadores cinemáticos do paleofluxo. Quando analisados com indicadores de transporte de localidades próximas, podem auxiliar também na reconstrução paleogeográfica. A análise estrutural das feições deformacionais mostra-se importante para entendimento da dinâmica deposicional de DTMs no Grupo Itararé, podendo oferecer subsídios para melhor compreensão sobre a evolução temporal e sequência de estruturas dentro dos depósitos.

**Palavras-chave:** deformação penecontemporânea, Grupo Itararé, análise estrutural, DTMs

**ABSTRACT** – The Itararé Group represents the permocarboniferous unit of the Paraná Basin and is characterized by sedimentation under glacial influence. In it are found structures of penecontemporaneous deformation associated with mass transport deposits (MTDs). In the region of Mafra (SC), quarry faces exposed varied deformational structures. This paper has the purpose to document and analyze these features structurally using outcrop data and oriented samples. Faults, folds, injection structures and plastic deformation were observed, characterizing products formed by the process of flow of debris. Due to the characteristics and degree of deformation of the structures it can be verified that the predominant structural style is distensive, with ductile-ruptile aspect and deformational patterns influenced by rheological contrast. The data obtained proved to be consistent when evaluated together, acting as kinematic indicator of paleoflux. When analyzed with other transport indicators, it can also contribute to local paleogeographic reconstructions. The structural analysis of the deformational features is important for understanding the depositional dynamics of MTDs in the Itararé Group, being able to provide subsidies for a better understanding of the temporal evolution and sequence of structures within the deposits.

**Keywords:** penecontemporaneous deformation, Itararé Group, structural analysis, MTDs

## INTRODUÇÃO

O Grupo Itararé corresponde a unidade permocarbonífera da Bacia do Paraná e é caracterizado pela sedimentação sob influência glacial. Seu registro estratigráfico é marcado por fases de deglaciação relacionadas ao recuo de geleiras provenientes de sul-sudeste (Vesely & Assine 2004). Muitas das fácies reconhecidas no Grupo Itararé estão relacionadas a processos de ressedimentação (Gama Jr. *et al.* 1992), apresentando depósitos de transporte em massa (DTMs) como produtos de deslizamentos e escorregamentos, fluxo de detritos e correntes de turbidez.

Estruturas de deformação penecontemporânea ocorrem associadas aos diversos processos gravitacionais, e apresentam uma gama complexa de feições como zonas de cisalhamento, estruturas de injeção e liquefação, assim como variadas falhas e dobras.

A ocorrência destas estruturas no Grupo Itararé mostra-se cada vez mais comum, tendo registros significativos feitos por Vesely *et al.* (2005), Carneiro & Costa (2006) e Suss *et al.* (2014), que descrevem feições de deformação em rochas associadas aos DTMs entre os estados de São Paulo e Santa Catarina.

Tais estruturas são importantes devido à sua íntima relação com a sedimentação, podendo assim fornecer informações relevantes sobre a dinâmica de deposição. Podem auxiliar também na reconstrução da paleogeografia local, uma vez que as estruturas apresentam indicadores cinemáticos do fluxo atuante. Diversos estudos caracterizam estruturas de deformação relacionadas a processos de transporte em massa (e.g. Alsop & Marco (2011, 2014), Pini *et al.* (2012), Ogata *et al.* (2012)). Suss (2013) e Sobiesiak *et al.* (2016) analisam DTMs carboníferos na Argentina, sob mesmo contexto de deglaciação paleozoica.

O objetivo do presente trabalho consiste em caracterizar algumas destas estruturas deformacionais, visando a análise estrutural das mesmas, a fim de compreender estilos estruturais e mecanismos de deformação associados aos fluxos gravitacionais.

A área de estudo localiza-se na pedreira Pedra Branca, situada no município de Mafra, norte de Santa Catarina (Figura 1), onde afloram rochas da parte superior do Grupo Itararé, na borda leste da Bacia do Paraná.

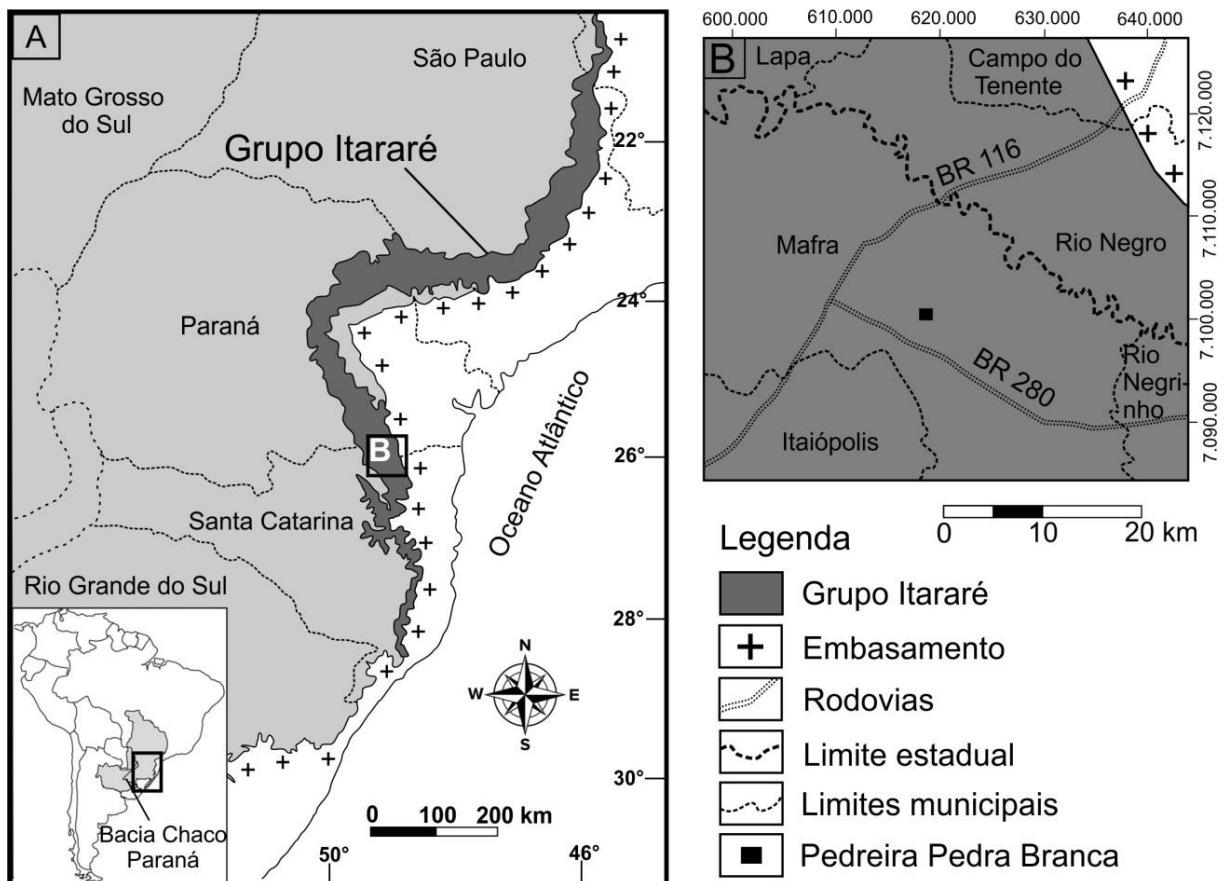


Figura 1. A) Porção aflorante do Grupo Itararé na borda leste da Bacia do Paraná com indicação da área de estudo. B) Mapa de localização da pedreira Pedra Branca.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas duas etapas de campo na pedreira Pedra Branca, no município de Mafra (SC). As atividades incluíram a descrição dos afloramentos (blocos soltos e faces da pedreira), assim como coleta de dados estruturais e amostras orientadas. Também foi feita a documentação fotográfica dos afloramentos e blocos que mostram notáveis estruturas de deformação, já que as rochas da pedreira são extraídas para pavimentação de rua, como brita.

Parte das amostras coletadas foi serrada, polida e digitalizada. As imagens geradas foram tratadas e editadas no *software CorelDraw*, a fim de destacar as heterogeneidades e facilitar a identificação das estruturas. O conjunto de dados estruturais medidos em campo e nas amostras foi analisado através de diagramas estereográficos no *software OpenStereo*. Os estereogramas apresentados são projetados em hemisfério inferior na rede Schmidt-Lambert.

## RESULTADOS

### Rocha e estruturas de deformação

As rochas extraídas na pedreira correspondem a diamictitos de cor cinza claro e com fraturas conchoidais. São maciços a levemente acamadados, com matriz síltica, clastos variados e estruturas de deformação penecontemporânea.

### Matriz

A matriz de cor cinza claro é composta predominantemente por silte, representando 85% da rocha, sendo homogênea a levemente laminada. É possível observar sutil bandamento composicional definido pela intercalação de níveis de material argiloso com níveis de areia fina. Estes níveis se dispõem em lentes de espessura que variam entre 0,1 a 5 cm e são geralmente paralelas entre si com espaçamento variado (figura 2). Apresentam geometria ondulada a irregular e se mostram rompidas com deslocamentos de 0,2 a 1 cm. O acamamento apresenta mergulho de baixo ângulo, em média de  $20^\circ$  para direções variadas, predominando para sudeste.

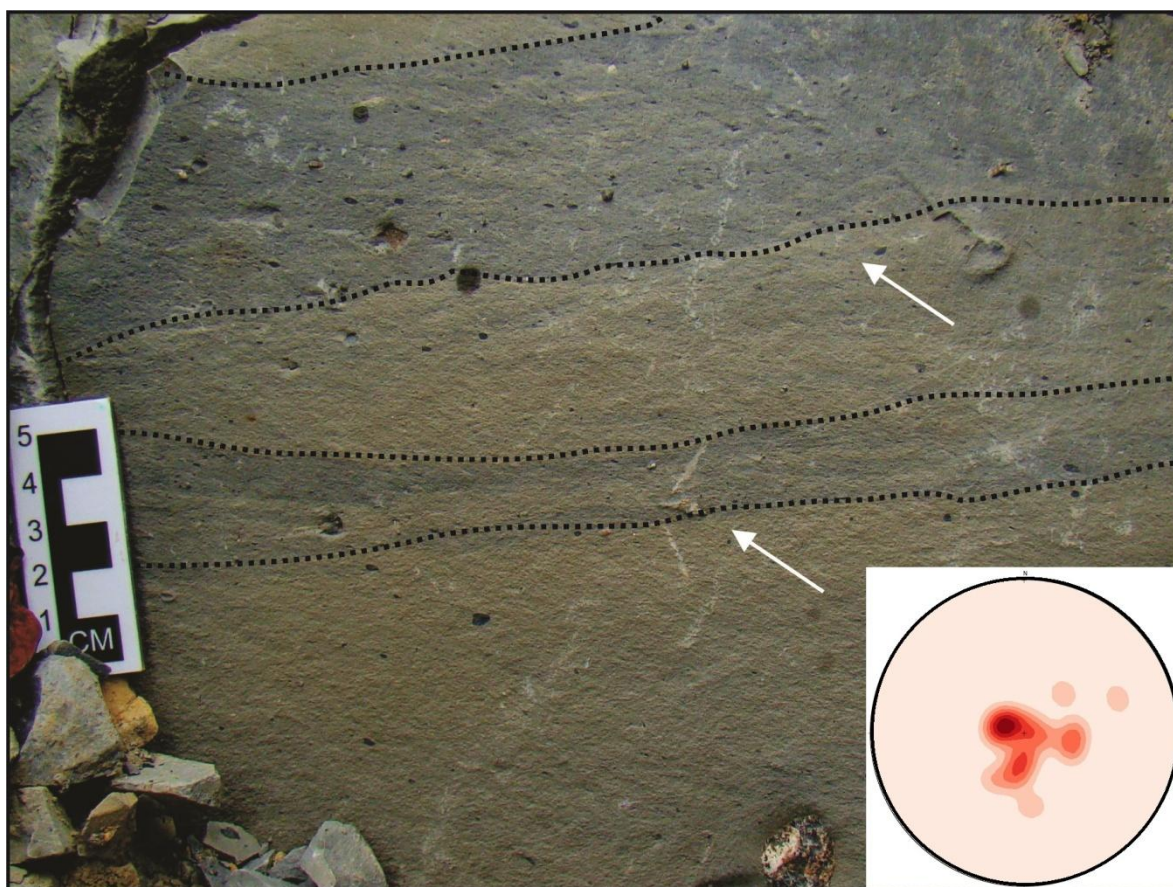


Figura 2. Lentes de acamamento (indicadas pelas setas brancas). Ocorrem com espaçamento variável em meio à matriz. O estereograma mostra a concentração de polos dos planos de acamamento e o plano principal apresenta direção N30E/10SE.

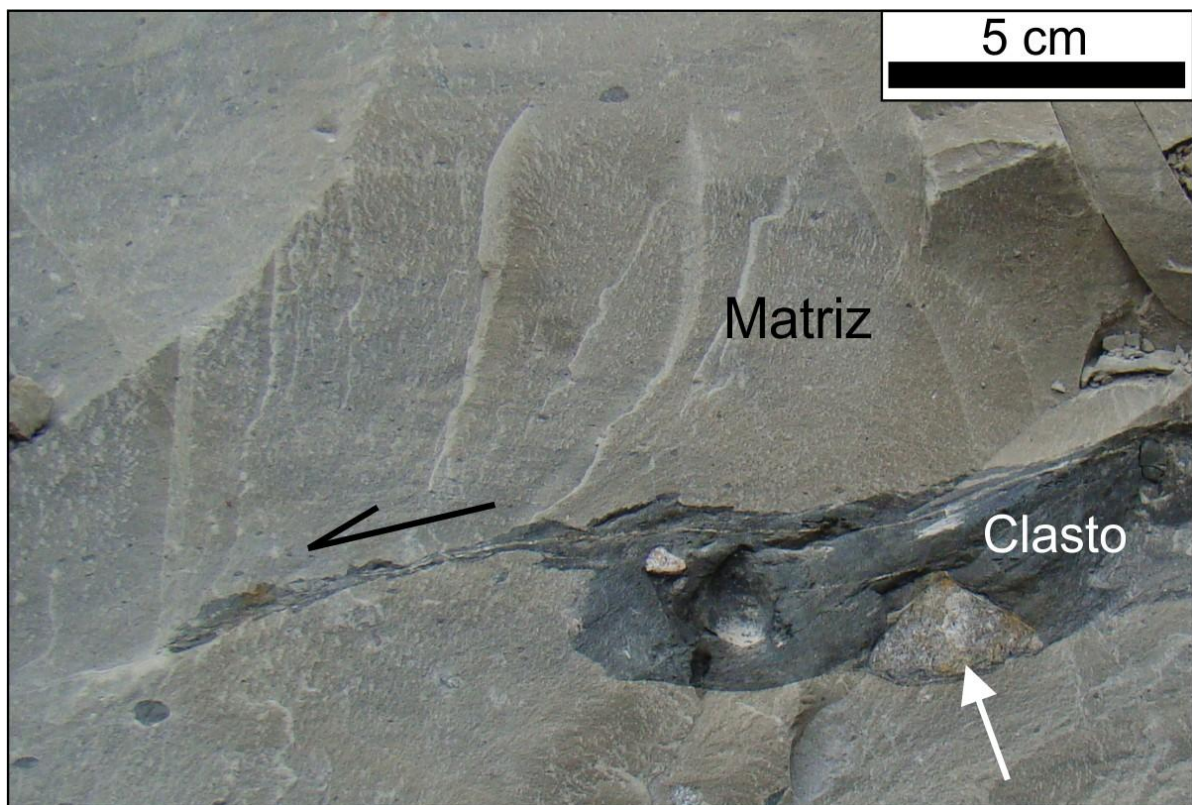
### **Clastos extrabacinais**

Extraclastos de rochas como granito e riolito ocorrem em meio à matriz e variam de grânulos a seixos de até 5 cm. Possuem forma subangulosa a arredondada com baixa esfericidade e perfazem pequena porcentagem na rocha (<10%). Ocorrem também grãos de minerais, como muscovita, quartzo e feldspato.

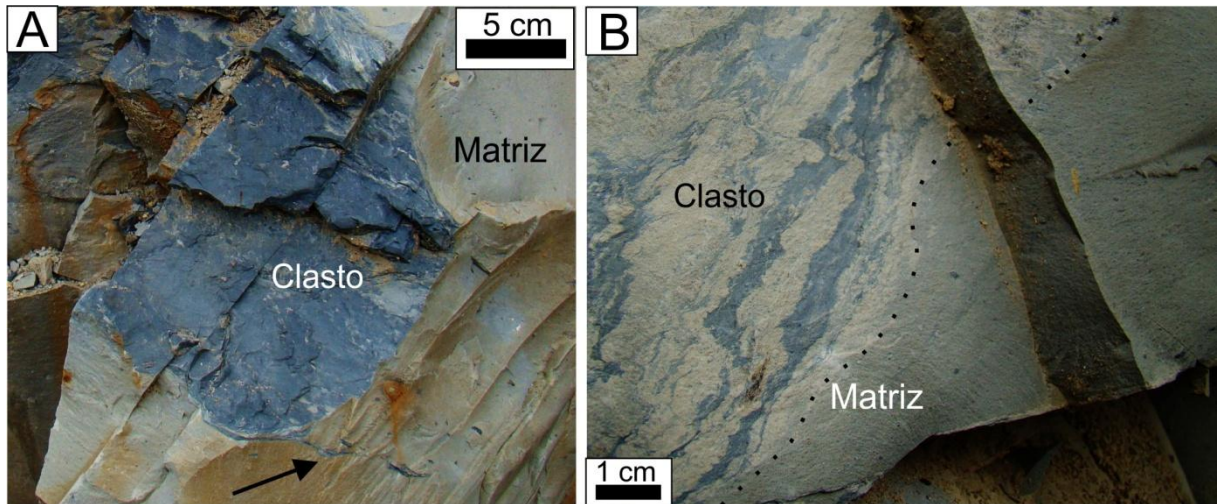
### **Clastos intrabacinais**

São encontrados no diamictito blocos de diferentes litotipos como lamitos, ritmitos e heterolitos, que correspondem a intraclastos. Possuem tamanho variado, em geral de alguns decímetros, ocorrem dispersos na matriz e apresentam deformação plástica interna variada, como dobras, falhas e mistura de material. Essa deformação modificou e até destruiu as estruturas sedimentares originais.

Em contato com a matriz os blocos também mostram deformação como planos estriados com sulcos, além da mistura de material dos blocos incorporando-se à matriz. As figuras 3 e 4.A mostram blocos de lamito tendo seu material fluindo para a matriz na forma de lentes e fragmentos. Em alguns casos onde o clasto apresenta maior deformação, o material dos blocos parece misturar-se com a matriz, apresentando contato gradual (figura 4.B).

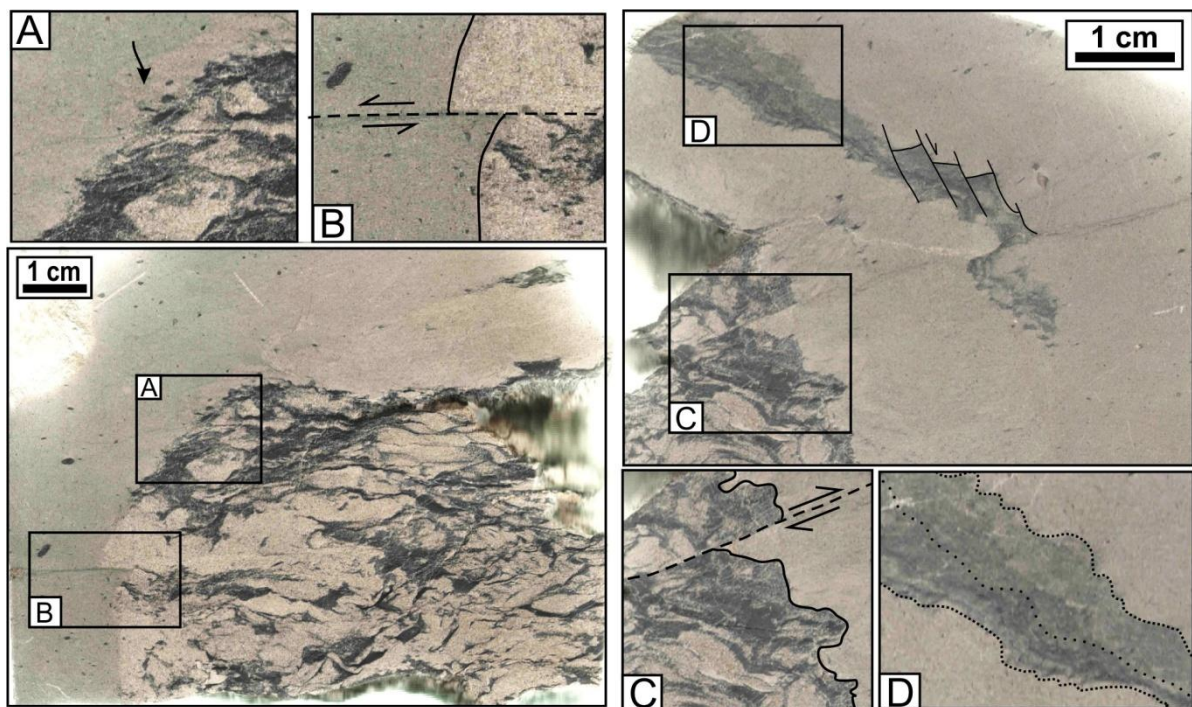


**Figura 3.** Intraclasto de lamito com seu material fluindo para matriz (seta preta). O lamito contém clastos de granito, como o indicado com a seta branca, que apresenta forma facetada triangular.



**Figura 4. Intraclastos dispersos na matriz. A) Bloco de folhelho com lente fluído para a matriz (seta preta). B) Bloco de ritmito com deformação interna: lâminas intercaladas de silte e argila (próximo ao contato com a matriz) e mistura das lâminas (interior do clasto).**

Pode-se observar planos de falha que cortam e deformam os blocos juntamente com a matriz. São marcados por finas lâminas retilíneas de argila. As falhas apresentam deslocamentos de aproximadamente 5 mm em geral (figura 5). Falhas lítricas também são comuns e evidenciadas pelo contraste de material dos blocos e lentes com o material da matriz, com deslocamentos de poucos milímetros (figura 5.B e C). Os planos são discretos e representados por níveis lamosos finos.



**Figura 5. Blocos de heterolitos falhados apresentando lentes rompidas, dobradas e estiradas. A) Material do bloco fluído para a matriz. B e C) Falhas cortando e deslocando os blocos. D) Mistura do material do clasto com a matriz em contato gradual. Notar falhas lítricas na amostra.**

A figura 6 apresenta a mesma amostra serrada em planos diferentes. Pode-se observar que o contato com a matriz difere de uma extremidade à outra (bloco com 8 cm de largura). Na figura 6.A o contato é retilíneo, o contraste entre lentes lamosas e sílticas é grande, enquanto na figura 6.B o contato é mais gradual, com menor contraste entre as lentes mostrando assim maior mistura entre os materiais.

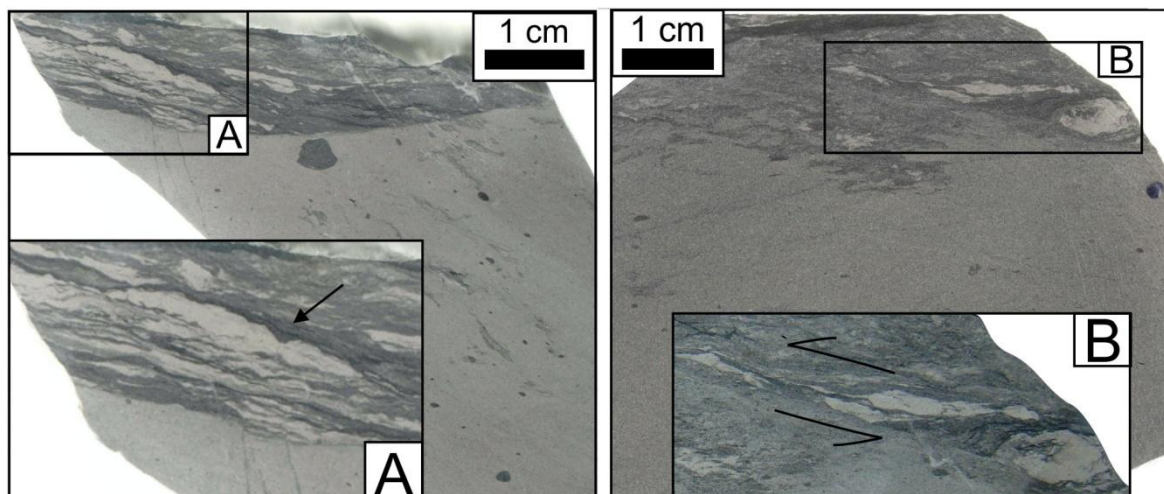


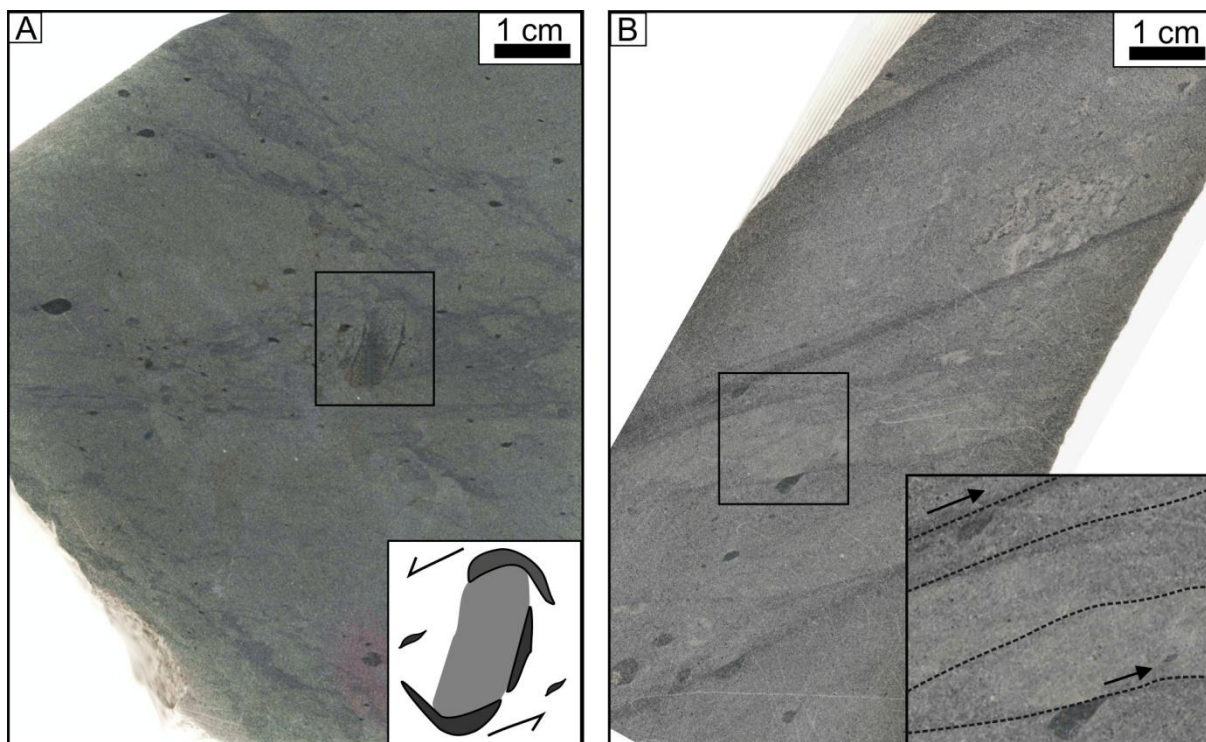
Figura 6. Bloco centimétrico de heterolito mostrando diferentes tipos de contato com a matriz. Em A o contato é retilíneo e definido, enquanto em B é irregular e gradual. A) Adelgaçamento das lâminas. B) Lenticularização e rompimento das lâminas.

### **Intraclastos argilosos milimétricos**

Em todo o diamictito pode-se observar intraclastos argilosos, arredondados e achatados, com média de 5 mm de comprimento e de cor cinza escuro. Em alguns cortes se mostram alongados e orientados preferencialmente na direção de planos lamosos. Estes clastos parecem fragmentos provindos da ruptura de lentes e blocos (intraclastos) como lamitos e folhelhos, que se misturam com a matriz.

Os clastos ocorrem de forma heterogênea: em algumas porções do afloramento perfazem até 15% da rocha, enquanto em outras porções aparecem de maneira esporádica. Podem ocorrer dispersos na matriz ou contidos em planos lamosos e também englobados por lentes arenosas.

A figura 7 apresenta amostras com planos lamosos de diferentes geometrias e relações de proporção clastos x planos associados. Em 7.A as lentes lamosas aparecem com forma irregular, rompidas e oblíquas entre si com intraclastos orientados paralelamente às lentes. Em 7.B as lentes são contínuas, retilíneas, com espaçamento regular de 5 cm. Ocorrem poucos intraclastos argilosos orientados na mesma direção. A diferença entre as duas amostras pode indicar diferentes velocidades do fluxo, sendo maior na amostra 7.B.



**Figura 7. Relação entre lentes lamosas e intraclastos argilosos. A) Clasto arenoso (cinza claro) alongado e rotacionado, com acúmulo de lama nas extremidades (cinza escuro). B) Clastos argilosos com feição de arrasto de material por planos lamosos (setas indicam sentido do fluxo).**

Além dos intraclastos argilosos que se mostram orientados segundo planos lamosos, a orientação preferencial é expressa também pela relação de paralelismo dos diferentes níveis granulométricos e composicionais que perfazem o diamictito. A figura 8 (A e B) apresenta a relação entre intra e extraclastos (argilito e granito, respectivamente) e a orientação marcada por clastos argilosos achatados.

Em afloramento o paralelismo entre as diversas lentes e clastos é de difícil reconhecimento, pois as lentes não são contínuas, sendo assim melhor observado e comprovado em amostras de mão e localmente em porções da pedreira.

Na figura 8 (C e D) são mostrados níveis lamosos a arenosas apresentando diferentes estilos de dobras: níveis com grânulos subangulosos a arredondados exibem dobras suaves e simétricas, enquanto níveis lamosos apresentam dobras variadas (suaves a fechadas). Por vezes retratam assimetria (figuras 8.C e 9.A), indicando assim, a vergência das estruturas.

Outras pequenas feições são observadas podendo indicar a vergência da movimentação, como clastos rotacionados (figuras 7.A e 9.B), feições sigmoidais (pseudo par S-C na figura 9.C), assim como direção de deslocamentos das pequenas falhas lítricas.

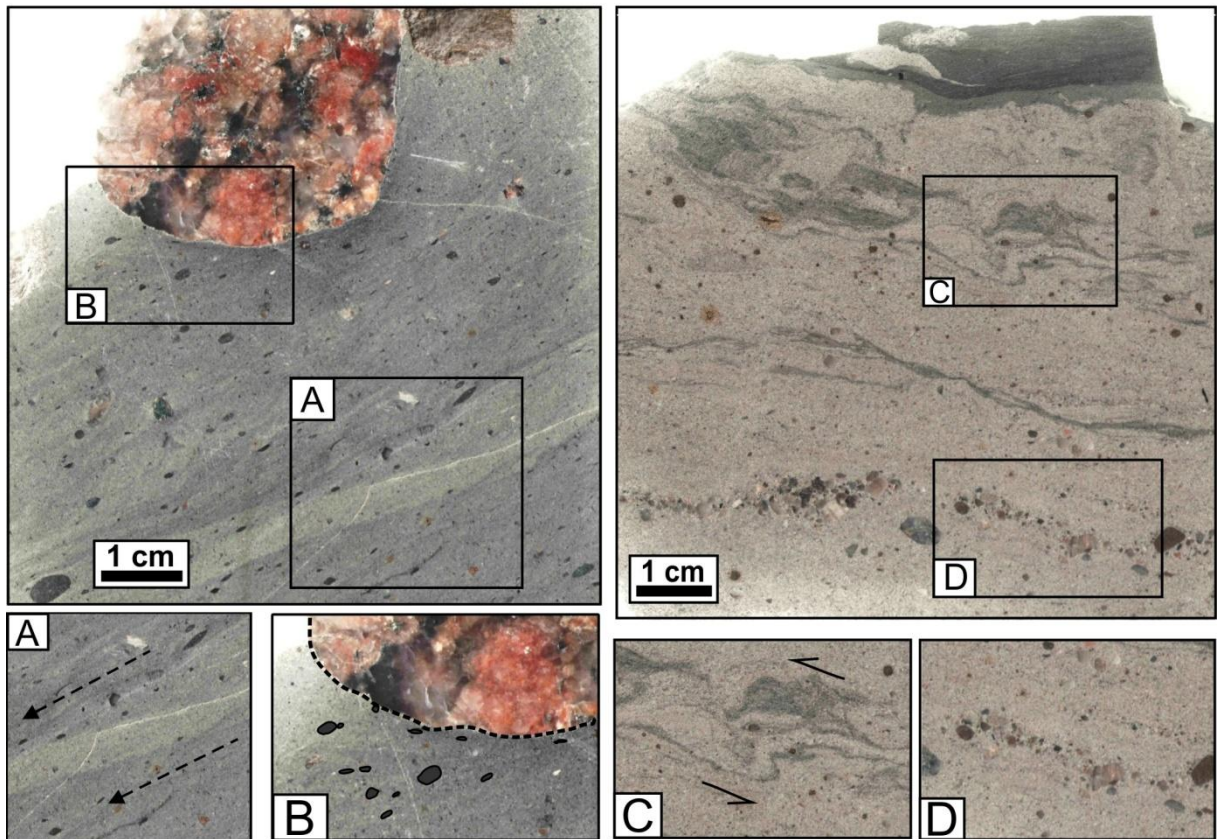


Figura 8. A) Orientação preferencial de clastos achatados. B) Desvio de clastos de argila próximo ao seixo de granito. C) Níveis lamosos em dobra assimétrica e fechada. D) Níveis arenosos em dobra simétrica e suave.

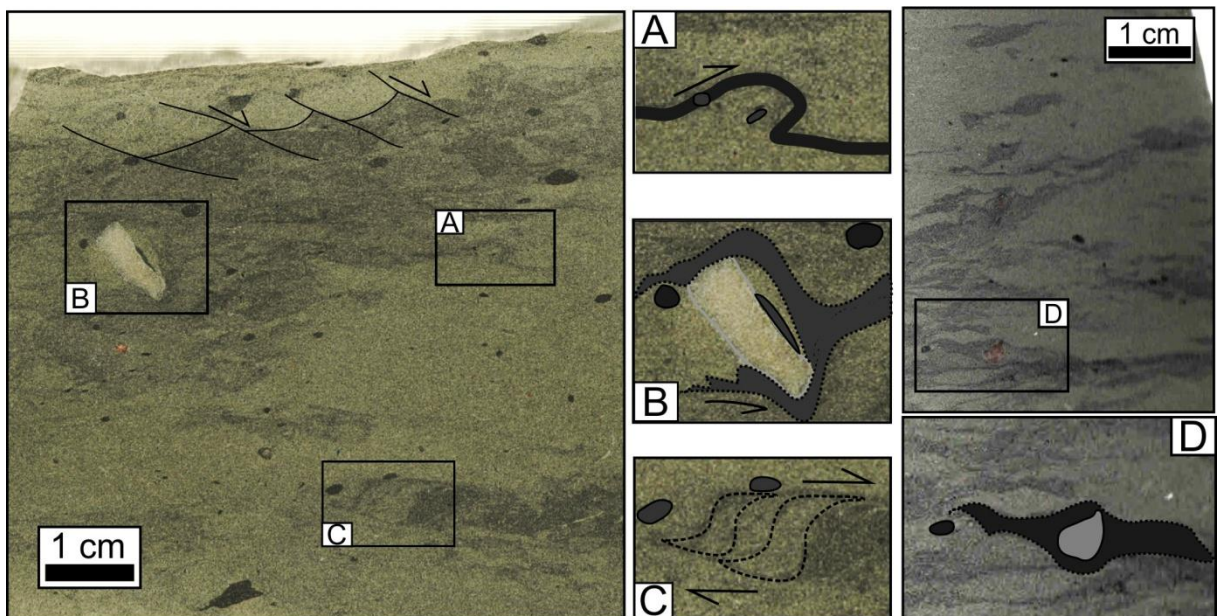


Figura 9. Mesma amostra com cortes em direções diferentes apresentando variadas estruturas de deformação. Notar falhas lítricas marcadas por contraste em material argiloso com matriz síltica. A) Porção argilosa em dobra assimétrica e fechada. B) Clasto de quartzo rotacionado concentrando material lamoso na base. C) Formas sigmoidais em nível lamoso. D) Grânulo carreado por lente de lama.

## Falhas

Falhas normais e reversas apresentando planos estriados são constatadas em campo e nas amostras (figura 10.A). Os planos são caracterizados por superfícies brilhosas de textura lisa e de cor cinza escuro. Apresentam espessura de um milímetro e feições lineares como sulcos milimétricos e irregularidades do tipo trilhas marcadas por agregados de argila (*trails* por Petit & Laville 1987). As falhas normais são predominantes e possuem direção preferencial E-W com mergulho entre 40-50° para norte (figura 10.B e C).

Falhas inversas, muito menos frequentes, ocorrem principalmente na zona de contato entre intraclastos e a matriz do diamictito. A figura 10.C contém estereograma com representação do plano médio principal das falhas normais e inversas, bem como a localização de tensores. As falhas normais resultam da extensão horizontal, paralela com  $\sigma_3$  e associado com  $\sigma_1$  vertical.

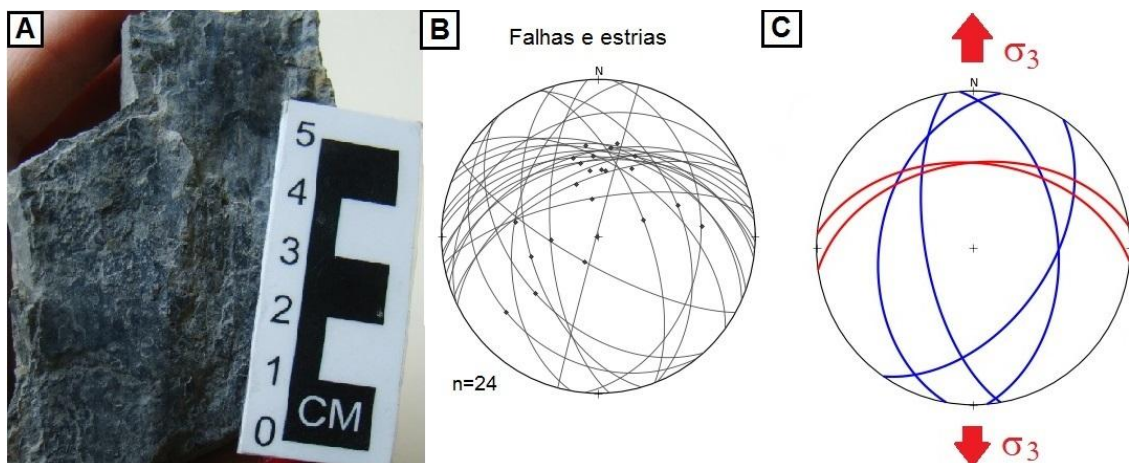


Figura 10. A) Plano de falha estriado com sulcos milimétricos. B) Estereograma com planos de falhas normais e inversas com estrias. C) Estereograma com os principais planos de falhas normais (em vermelho) e inversas (em azul).

## Falhas com *clay smear*

Níveis de argila ocorrem em todo o diamictito e geralmente falham, rompem e reorientam lentes arenosas. Os planos de falha são capeados por argila e comumente estão associados a falhas normais com deslocamento de poucos milímetros (figura 11). Os planos ocorrem geralmente em faixas paralelas e com direções variadas, às vezes falhando uns aos outros.

Estes planos também estão associados ao carreamento de grãos de areia em falhas de níveis arenosos (figura 12.A). Caracterizam-se como estruturas de *clay smear*, um tipo de *gouge* de argila que se desenvolve ao longo de falhas normais em

sedimentos clásticos (Vrolijk *et al.* 2016). O diagrama estereográfico apresentado na figura 11 mostra grande dispersão de atitudes das falhas com concentração discreta em plano com direção NE-SW, mergulhando 10° para NW.

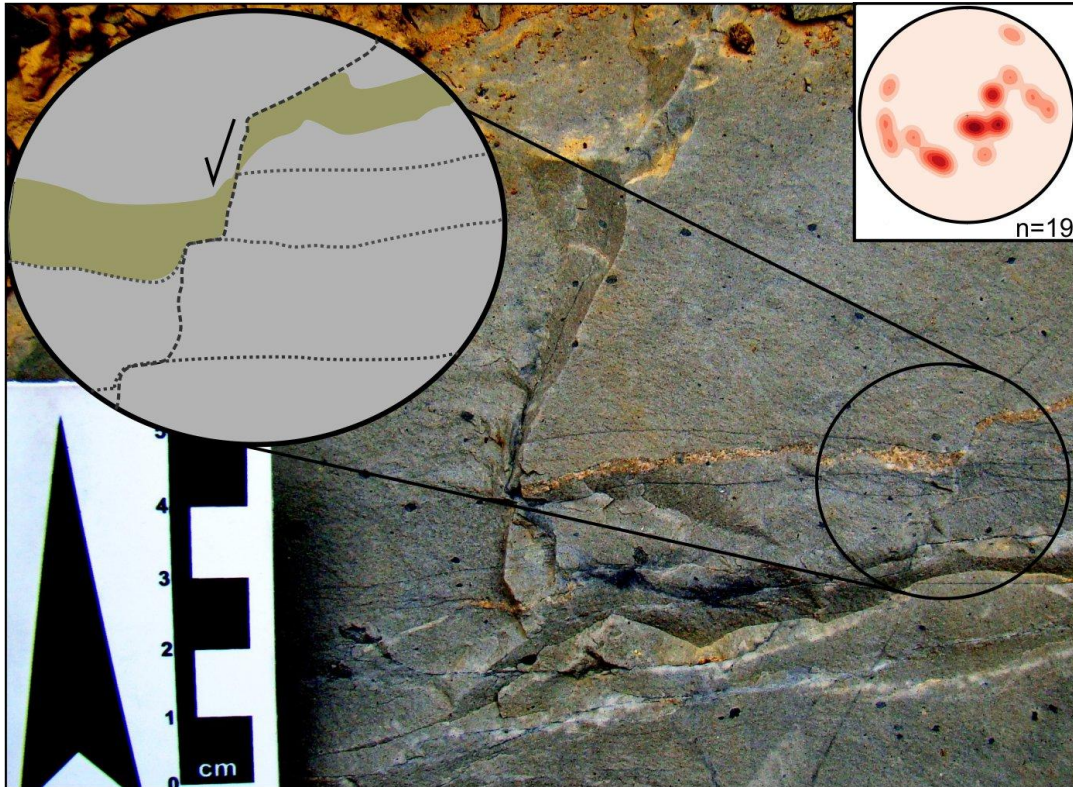


Figura 11. Foto e esquema de nível arenoso falhado por *clay smear*. O diagrama estereográfico apresenta a dispersão de polos dos planos, mostrando pequena concentração em N40E/10NW.

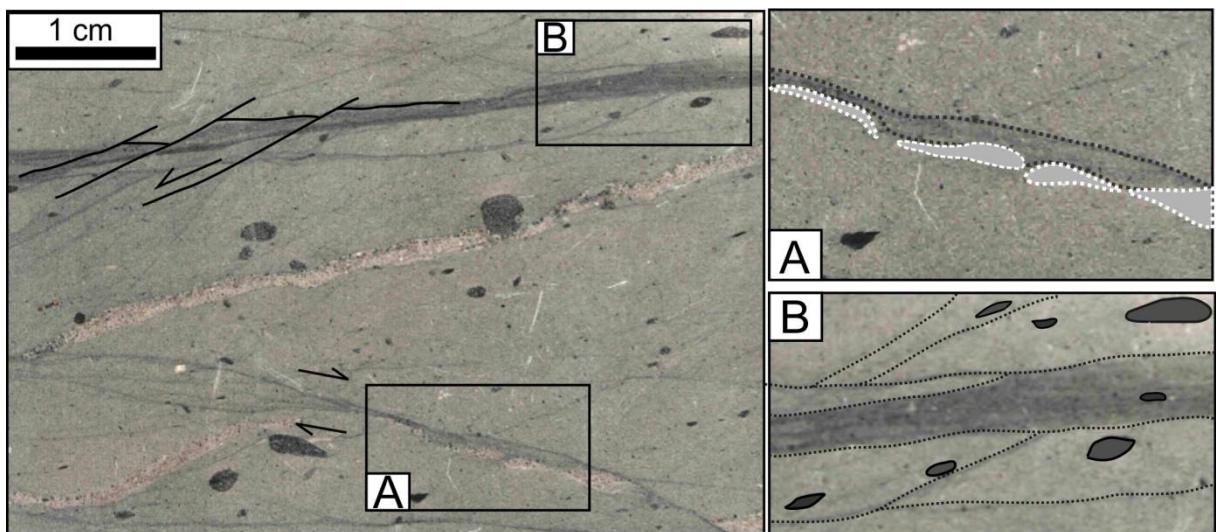


Figura 12. Falha, rompimento e carregamento de material arenoso por planos argilosos. A) Lâminas de areia rompidas em forma de *boudins* (pontilhado branco) e carregadas por lama (pontilhado cinza). B) Relação de paralelismo entre clastos e lâminas argilosas.

## Injectitos

Feições de injeção de areia (injectitos) são observadas na pedreira e em algumas amostras coletadas. O material intrudido é composto por areia fina a média com espessuras variando entre 0,1 a 3 cm e forma geralmente tabular, podendo também ocorrer de forma anastomosada a irregular. As estruturas geralmente mostram limites definidos e porções da matriz e outros materiais aparentemente arrancadas e englobadas. Em alguns casos ocorrem associados a falhas normais marcadas pela presença de argila.

Determinados pontos de afloramento mostram estruturas de injeção rompidas por planos de falha pouco evidentes, mostrando assim, que houve deformação após a colocação dos injectitos (figura 13).

Os dados estruturais dos injectitos mostram-se consistentes na pedreira, apresentando direção preferencial NE-SW com mergulho em média de  $40^\circ$  para NW, como mostra o diagrama estereográfico apresentado na figura 13.

A forma irregular dos injectitos é mostrada na figura 14, onde porções de matriz encontram-se englobadas e com forma angulosa.

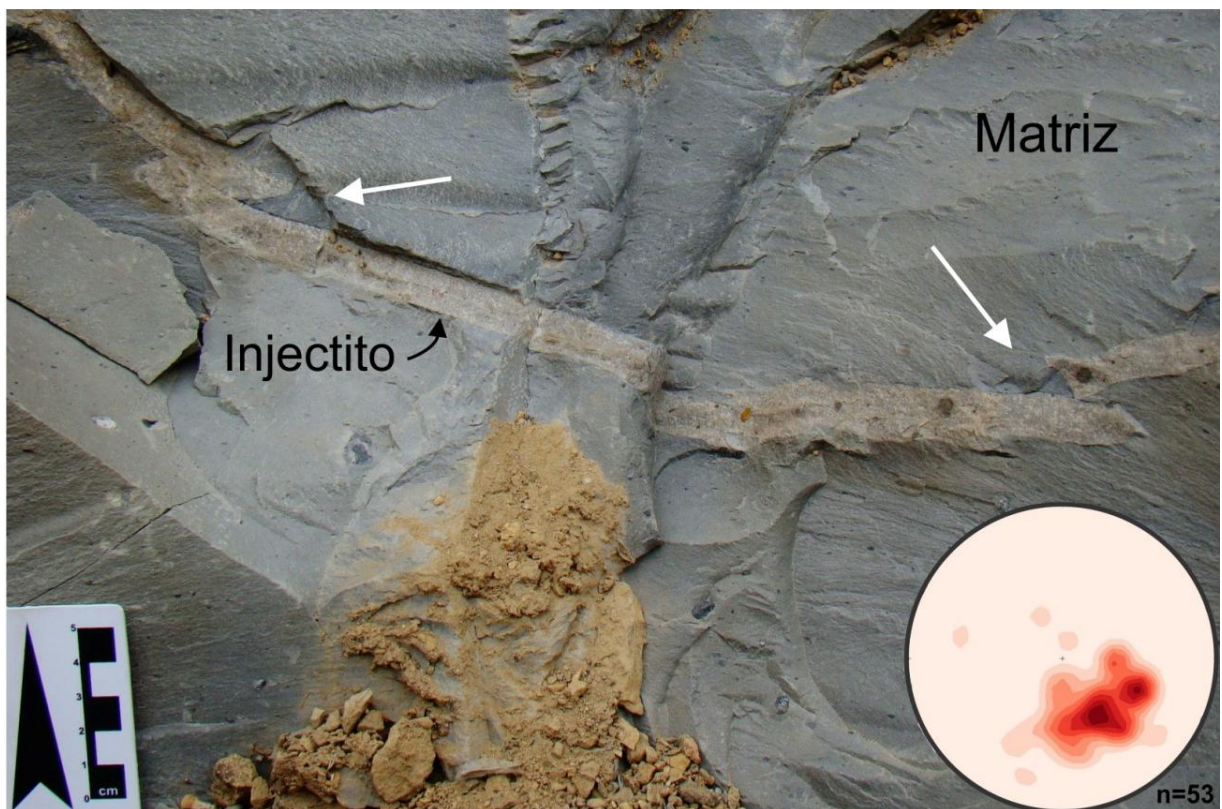


Figura 13. Estrutura de injeção de areia no diamictito. As setas brancas indicam rompimento do material com limites bem definidos e espessura contínua. O diagrama estereográfico apresenta a concentração de polos dos planos de injectitos, apresentando atitude principal N55E/40NW.

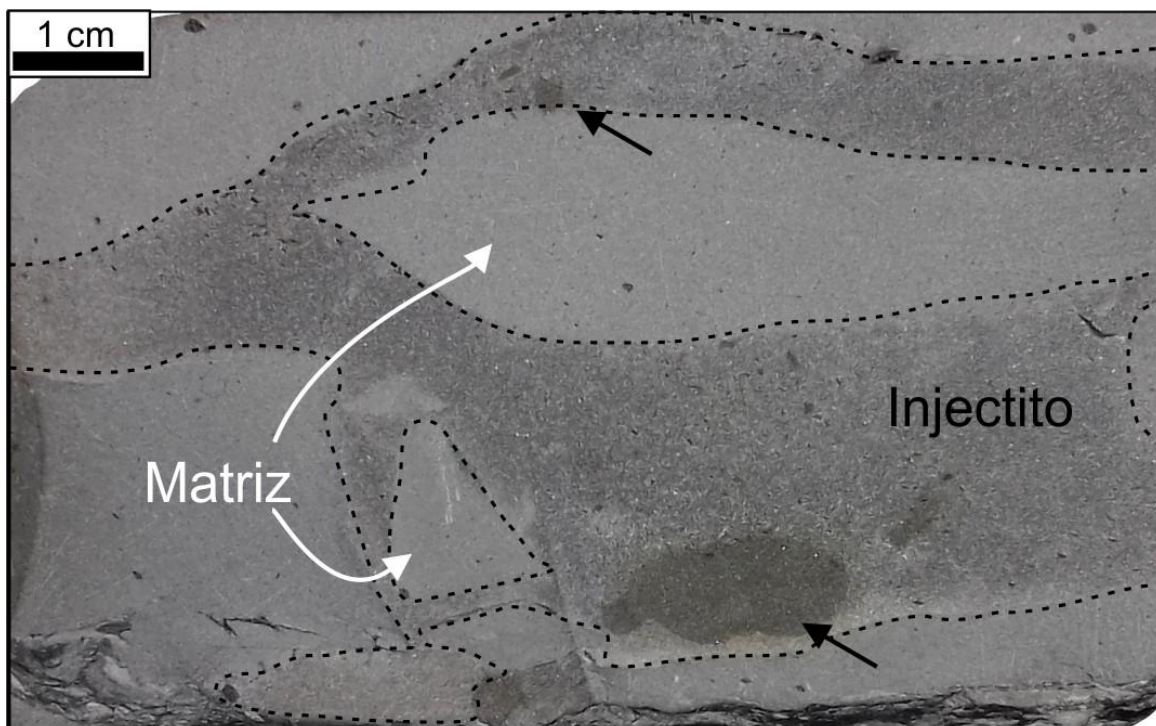


Figura 14. Amostra com injectito (limites tracejados) de geometria irregular com porções englobadas da matriz (setas brancas) e com material argiloso associado (setas pretas).

### Direção do fluxo

Os indicadores cinemáticos observados como a assimetria de dobras locais e de pequeno porte, clastos de quartzo rotacionados, sentido de deslocamento das falhas lístricas, assim como imbricamento de intraclastos (figura 15), foram analisados a fim de se obter a direção preferencial do fluxo atuante, resultando no diagrama estereográfico da figura 15.

A análise de atitudes medidas indica que o fluxo atuou principalmente de sul para norte, com dispersão para ESE, como mostra o diagrama estereográfico da figura 15. Os diagramas estereográficos de atitudes das falhas normais (figura 10) também mostram consistência dos dados indicando sentido de deslocamento para norte, preferencialmente.

A análise dos dados de injectitos, no entanto, aponta mergulho das estruturas predominantemente para NW (figura 13), assim como as falhas associadas a *clay smear* (figura 11). Estas, porém, mostram grande dispersão dos dados de atitude, com pequena concentração indicando mergulho de poucos graus das estruturas para NW.

Em média, portanto, as estruturas apresentam vergência de fluxo preferencialmente de sul-sudeste para norte-noroeste.

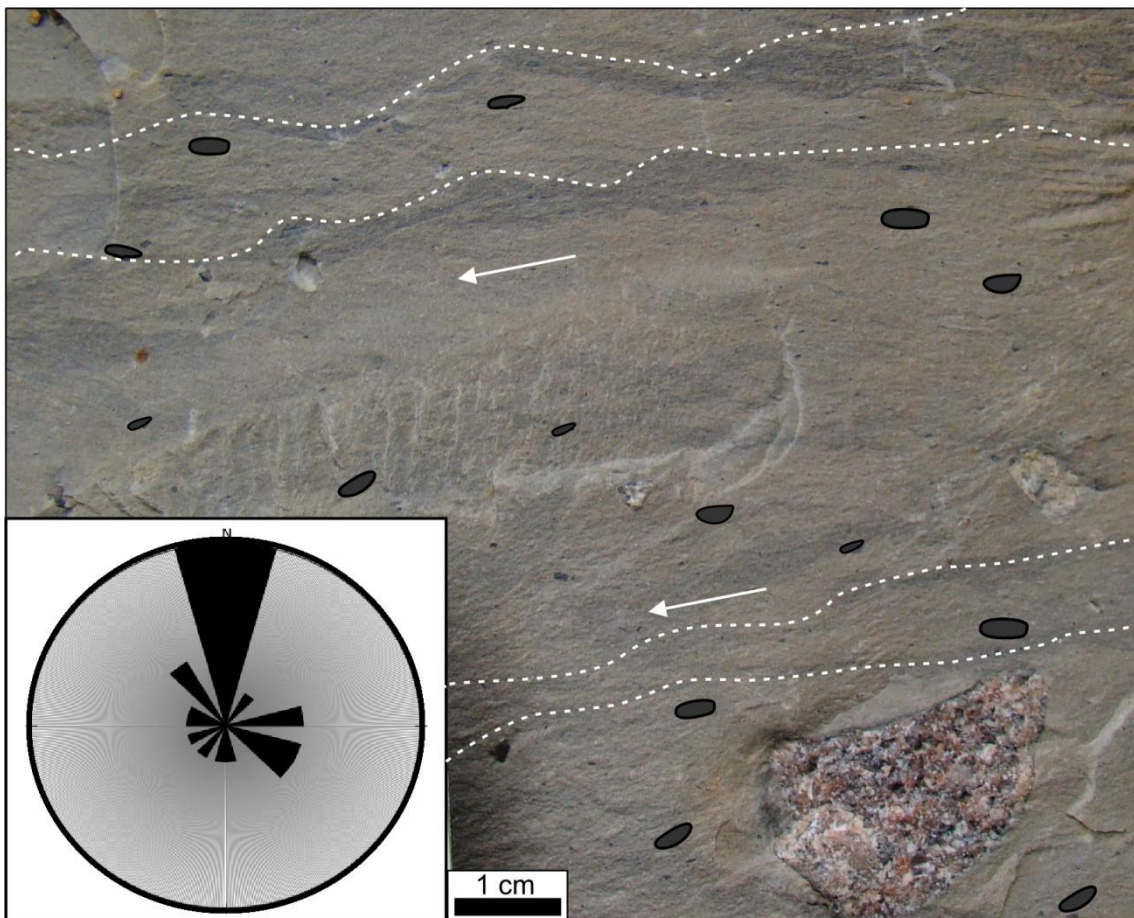


Figura 15. Fluxo indicado pelas setas brancas. Clastos argilosos são destacados indicando paralelismo em relação a lentes lamosas (tracejado branco). O diagrama estereográfico aponta sentido preferencial de fluxo das estruturas predominantemente para norte.

### **Pirita associada**

Algumas das amostras coletadas mostram a ocorrência de pirita associada aos injectitos ou planos de falha argilosos. Nos injectitos sua presença é marcada por pequenas esferas, como concreções ao redor de clastos de argila, estes provavelmente ricos em matéria orgânica. Ocorre também disseminada e associada a material argiloso, contida e espalhada dentro dos planos de injectitos (figura 16.A).

Há casos em que a pirita não ultrapassa os limites do injectito com forma irregular, similar a uma zona de infiltração (figura 17.A). Nesta zona infiltrada observa-se um plano milimétrico que falha o injectito e é preenchido por areia.

Na amostra da figura 17.B, a pirita ocorre na forma de concreção ao redor de um clasto milimétrico de areia com forma triangular, e está associada a material argiloso. Um dos contatos na extremidade da concreção é de plano argiloso estriado. Dentro da concreção podem ser observadas fraturas com relação oblíquas entre si, sendo que algumas são preenchidas por material arenoso (figura 17.B).

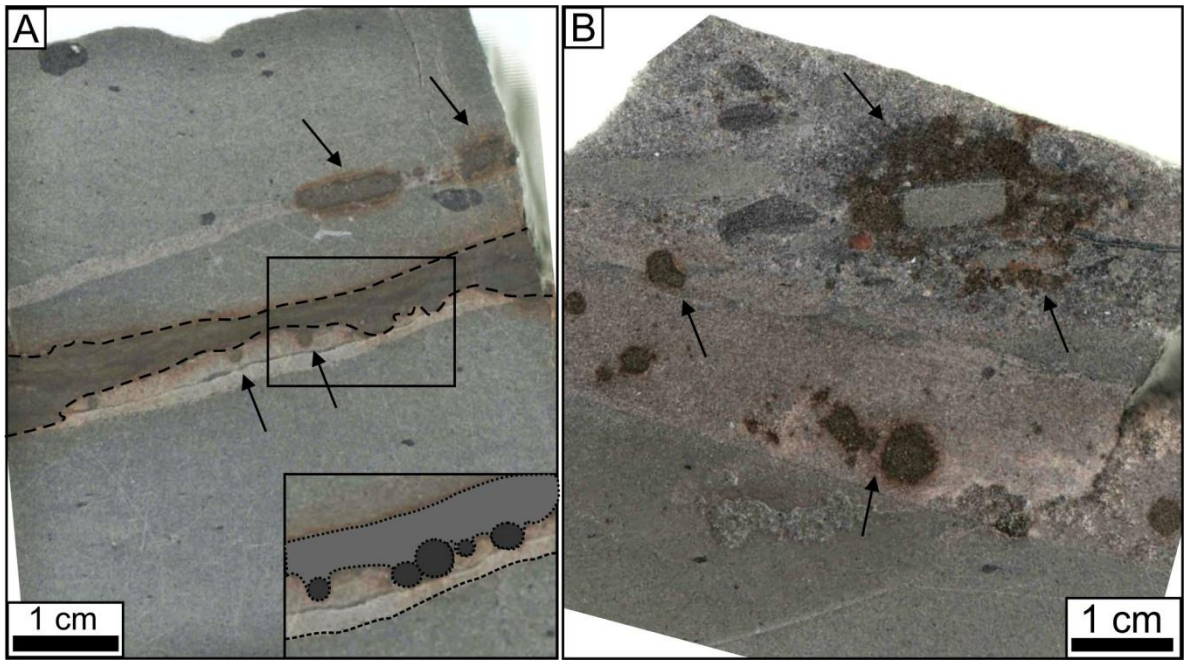


Figura 16. Formas de ocorrência de pirita: Ao redor de clastos (indicado pelas setas) e disseminada em planos de injectitos de areia (A). B) Notar aspecto brechóide no injectito com porções englobadas da matriz.

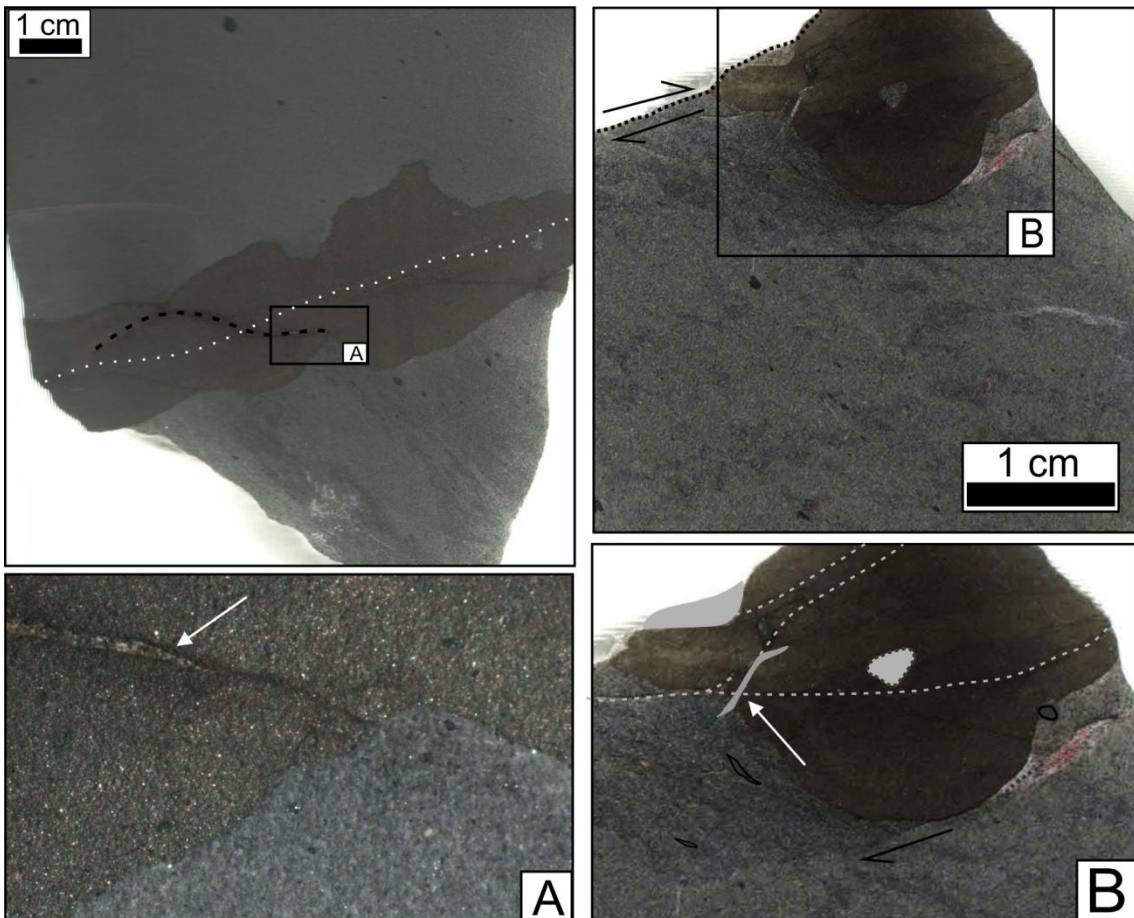


Figura 17. Formas de ocorrência da pirita: disseminada (mancha escura), aproveitando plano de injectito de areia (pontilhado branco). A) Pirita com fratura preenchida (seta branca). B) Detalhe da “concreção” com fraturas (linhas pontilhadas), algumas preenchidas (seta branca).

## **DISCUSSÃO**

As feições de deformação descritas no diamictito possuem íntima relação entre si e estão associadas ao mesmo evento de deformação, com diferentes momentos de formação. A figura 18 apresenta uma tentativa de definir os eventos de deformação de sedimentos não litificados e formação de matriz característica de depósitos de transporte em massa.

### **Deformação nos blocos**

Os blocos observados em meio a matriz (intraclastos de folhelho, ritmito e heterolito) seriam o protólito original, depositados em ambiente marinho (figura 18.1). Os blocos apresentam feições de dobramento e rompimento das camadas, indicando que o material estava pouco a nada litificado no momento da deformação (figura 18.2). Isto é constatado pela tênue preservação de laminação intercalada entre níveis de argila e silte, observada em alguns blocos de ritmito (figura 4.B).

### **Desagregação e mistura**

Com a progressiva deformação pelo fluxo atuante, deu-se a ruptura e desagregação dos blocos (figura 18.3). Tal processo é sugerido pelas lentes dos blocos fluindo para a matriz (figura 3) e contatos gradacionais entre os mesmos.

### **Formação da matriz e bandamento**

Ogata *et al.* (2012) admitem que a textura de diamictitos é obtida principalmente por meio da ruptura progressiva de sequências estratificadas de sedimentos, através de vários mecanismos que interagem ou que se sobrepõem. O material desagregado geralmente se encontra pouco a nada litificado. Pode-se inferir então que o bandamento composicional do diamictito seja resultado da mistura do material pré depositado, e a matriz gerada como produto final da deformação de sedimentos não litificados, pela assimilação e homogeneização (figura 18.4).

### **Estruturas associadas**

Vesely *et al.* (2005) ao documentarem deformações penecontemporâneas em no estado do Paraná e São Paulo definem quatro estilos deformacionais predominantes, dois de natureza distensiva: (1) falhas normais e basculamento de camadas e (2) superfícies de deslizamento intraestratais e dobras; e dois de caráter compressivo: (3) sobrecarga, diapirismo e dobras e (4) dobras e falhas de empurrão. As estruturas aqui documentadas se enquadram no estilo deformacional de caráter distensivo, com aspecto dúctil-rúptil.

Desenvolvimento e evolução de matriz a partir de sedimentos alternados de areia e lama depositados em condições rasas. Escorregamentos submarinos iniciam cisalhamento e a deformação se torna progressiva com variadas estruturas associadas.

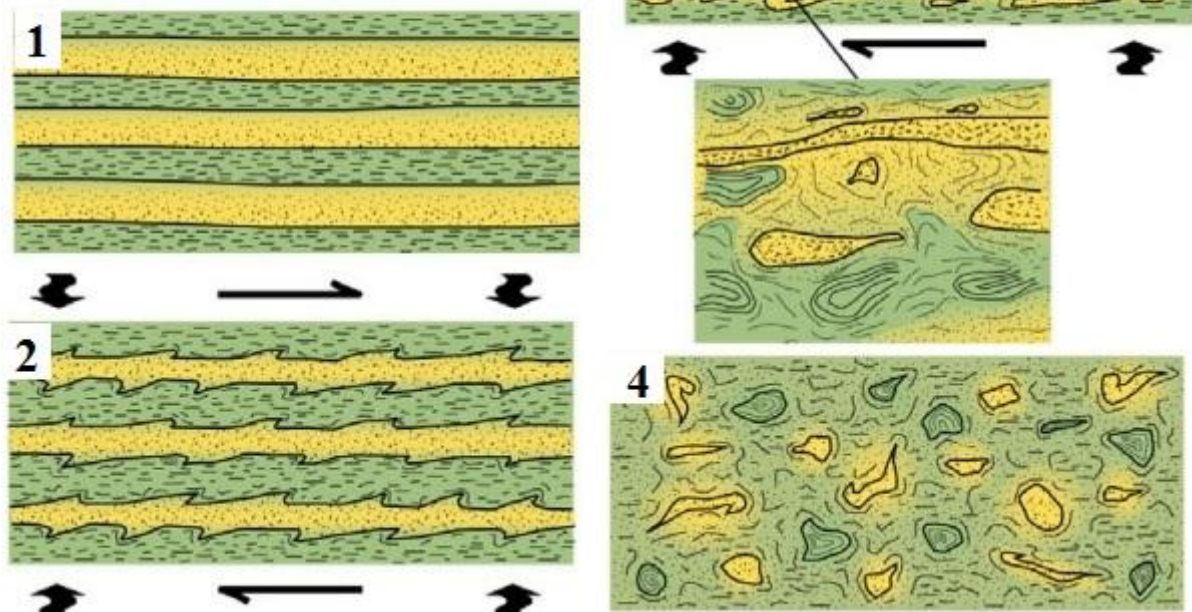


Figura 18. Esquema de evolução da deformação progressiva de sedimentos não litificados sob movimentos de transporte em massa, resultando em matriz altamente misturada e com blocos deformados (Modificado de Ogata *et al.* 2012).

## Falhas

As falhas normais são dominantes e apresentam mergulho médio de  $40^\circ$  para norte predominantemente. Apresentam deslocamentos de poucos centímetros e planos argilosos com brilho sedoso. Este brilho pode ser devido ao alinhamento das placas de argila paralelas à superfície sendo resultado em parte, do colapso da argila durante a desidratação junto à superfície, e em parte a alinhamentos induzidos por cisalhamento (Maltman 1994). Por vezes os planos apresentam-se como superfícies de cisalhamento estriadas contendo feições milimétricas de sulcos e trilhas deixados por agregados de argila (*grooves* e *trails*, segundo Petit & Laville 1987).

Pequenas falhas lítricas ocorrem com frequência e apresentam rejeito de poucos milímetros em níveis argilosos, na maioria dos casos. Poucas falhas inversas foram observadas localmente no contato entre blocos de intraclastos (lamitos) com a matriz, isto pode indicar a resistência ao fluxo dos blocos em contato com a matriz.

### **Falhas com *clay smear***

Dentre as falhas reconhecidas, algumas apresentam superfícies capeadas por planos milimétricos de argila, conhecidas como estruturas de *clay smear* (figura 10). Elas se formam em falhas normais que deformam sequências tipicamente clásticas, sendo um tipo de gouge de argila que se desenvolve por processos mecânicos, resultando em uma zona de falha heterogênea estrutural e litologicamente (Vrolijk *et al.* 2016). Apresentam grande dispersão de medidas com pequena concentração em plano médio N40E/10NW.

### **Dobras**

As dobras ocorrem de maneira pontual, em escala milimétrica e envolvem lâminas dos intraclastos (ritmitos) e lentes de lama/areia dispersas na matriz. O padrão observado reflete a diferente reologia das lentes dobradas, uma vez que em lâminas de argila/silte as dobras se mostram fechadas a recumbentes, e em lâminas de areia e grânulos são suaves e discretas. Pode-se constatar também que dobras em material argiloso são muitas vezes rompidas e desmembradas pela deformação.

### **Injectitos**

As estruturas de injeção de areia no diamictito, injectitos, também designados diques de injeção, são formados a partir da inserção forçada de sedimentos em estado de fluidificação nas rochas ao redor (Jolly & Lonergan 2002). Sua origem no diamictito pode estar ligada a uma fase de caráter mais extensional da deformação, resultando do alívio ou colapso do material ocorrido durante o fluxo.

Exemplos de injectitos na Bacia do Paraná são registrados na formação Corumbataí (Neopermiano) e foram associados à paleossismos (Perinotto *et al.* 2008 e Turra, 2009). Rodrigues *et al.* (2016) documentam injectitos de areia intrudidos em diamictitos do Grupo Itararé nas regiões de Ibaiti e Porto Amazonas (PR). Na primeira localidade os injectitos ocorrem na forma de diques e soleiras com feições escalonadas e de brechamento em diamictitos. As direções preferenciais são NW e também NE e NNW com mergulhos de 40° a subverticais. Em Porto Amazonas os injectitos apresentam-se subverticais com direção preferencial NE e secundária NNE. Os dados podem ser comparados aos injectitos aqui documentados, que por sua vez indicam direção preferencial NE e secundária NNE, com mergulho médio de 40° para NW.

## **Orientação geral das estruturas**

Foi possível comparar os dados com trabalhos anteriores na região. Carneiro & Costa (2006) visitaram a pedreira em estudo e relataram que “seixos de tamanhos variados e arredondados (...) dispersam-se na matriz sem qualquer orientação ou padrão”. Suss *et al.* (2014) também descrevem estruturas de deformação penecontemporânea, na região entre Porto Amazonas (PR) e Mafra (SC). Os indicadores cinemáticos analisados pelos autores, como eixos de dobras, imbricamento de blocos e superfícies de cisalhamento, mostraram um padrão de transporte para N-NW, apontando inclinação de paleotalude em geral para norte.

Neste trabalho pode-se constatar que os clastos e demais indicadores cinemáticos (dobras assimétricas, mergulho de falhas normais e lítricas) ocorrem com orientação preferencial de mergulho para norte, ao passo que os injectitos e falhas associadas a *clay smear* mergulham preferencialmente para NW, definindo assim a direção predominante do fluxo para N-NW.

## **Ocorrência de pirita**

A pirita é um mineral comum que ocorre como produto da diagênese precoce em sedimentos ricos em matéria orgânica (Taylor & Macquaker 2000) como lamitos que tem sua deposição em ambientes rasos. Ela ocorre de forma localizada, como manchas englobando clastos de argila. Provavelmente infiltrou-se nas zonas de falha como os planos de injectitos carregada por clastos de argila, precipitando durante a diagênese.

## **CONCLUSÕES**

Foram documentadas e analisadas variadas estruturas de deformação penecontemporânea associadas a depósitos de transporte em massa em rochas do Grupo Itararé, na região de Mafra-SC. Os dados estruturais obtidos revelaram-se consistentes quando avaliados em conjunto, atuando como indicadores cinemáticos do paleofluxo. Pelas características e grau de deformação das estruturas pode-se constatar que o estilo estrutural predominante é distensivo, com aspecto dúctil-rúptil, provavelmente caracterizando um processo de fluxo de detritos.

A análise estrutural das estruturas deformacionais mostra-se importante para entendimento da dinâmica deposicional de DTMs no Grupo Itararé, podendo

oferecer subsídios para melhor compreensão sobre a evolução temporal e sequência de estruturas dentro dos depósitos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao CNPq pelo projeto “Depósitos de transporte em massa na sucessão neopaleozoica da Bacia do Paraná: estratigrafia, aspectos estruturais e significado tectônico” (processo 461650/2014-2), assim como ao Laboratório de Análise de Bacias (LABAP) e ao Laboratório de Análises de Minerais e Rochas (LAMIR), do departamento de Geologia da UFPR.

## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Allen R.L. 1977. The possible mechanics of convolute lamination in graded sand beds. *Journal of the Geological Society*, **134**:19-31.

Alsop G.I., Marco S. 2011. Soft-sediment deformation within seismogenic slumps of the Dead Sea Basin. *Journal of Structural Geology*, **33**:433-457.

Alsop G.I., Marco S. 2014. Fold and fabric relationships in temporally and spatially evolving slump systems: A multi-cell flow model. *Journal of Structural Geology*, **63**:27-49.

Carneiro C.D.R., Costa F.G.D.da. 2006. Estruturas atectônicas da Bacia do Paraná em Campinas (SP): deformação sin-sedimentar no Subgrupo Itararé. *TerræDidática*, **2**(1):34-53.

Collinson J.D., Bevins R.E., Clemensen L.B. 1989. Post-glacial mass flow and associated deposits preserved in palaeovalleys: the Late Precambrian Morreneso Formation, North Greenland. *Meddelelser om Grt/milandGeoscience*, **21**: 3-26.

Collinson J.D. 1994. Sedimentary deformational structures. In: Maltamn A. *The geological deformation of sediments*. Chapman & Hall, London, 95-124.

França A.B., Potter P.E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. **2**, 147-191.

Gama JR. E.G., Perinotto J.A.J., Ribeiro, H.J.P.S., Padula E.K. 1992. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Grupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, **22**: 228-236.

Gloppen T.G., Steel R.J. 1981. The deposits, internal structure and geometry in six alluvialfan delta bodies (Devonian-Norway): a study of bedding sequences in conglomerates. In: Ethridgeand F.G., Flores R. (Eds.) *Recentand Ancient Non-marine Depositional Environments: Models for Exploration*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication, **31**: 49-69.

Hampton M.A. 1979. Buoyancy in debris flows. *Journal of Sedimentary Petrology*, **49**: 753-758.

Johnson A.M., Rodine J.R. 1984. Debris flow, in Slope Instability (eds D. Brunsdendand D.B. Prior), John Wiley & Sons, Chichester, 257-361.

Jolly R. J. H., Lonergan L. 2002. Mechanisms and controls on the formation of sand intrusions. *Journal of the Geological Society*, London, **159**: 605-617.

Maltman A. 1994 Deformation structures preserved in rocks. In: Maltman A. *The geological deformation of sediments*. Chapman & Hall, London, 261-308.

Martinsen O. 1994. Mass movements. In: Maltman A. *The geological deformation of sediments*. Chapman & Hall, London, 127-165.

Odonne, F., Callot, P., Debroas, E.J., Sempere, T., Hoareau, G., Maillard, A., 2011. Soft sediment deformation resulting from submarine sliding, favourable conditions and triggering mechanisms in examples from Eocene Sobrarbe delta (Ainsa, Spanish Pyrenees) and Cretaceous Ayabacas formation (Andes of Peru). *Sedimentary Geology* **235** (3–4): 234–248.

Ogata K., Mutti E., Tinterri R. 2010. Mass transport-related stratal disruption and sedimentary products. Poster in: General Assembly of European Geosciences Union.

Ogata K., Mutti E., Pini G.A., Tinterri R. 2012. Stratal rompiment in sedimentary mélanges related to mass transport: Exemples of setentrional Apenines (Italy) and Pirineus (Spain). *Tectonophysics* 568–569 185–199.

Perinotto J. A. J., Etchebehere M. L. de C., Simões L. S. A., Zanardo A. 2008. Diques clásticos na formação Corumbataí (P) no nordeste da Bacia do Paraná, SP: Análise sistemática e significações estratigráficas, sedimentológicas e tectônicas. *UNESP São Paulo Geociências*, v. **27**, n. 4, 469-491.

Petit J.P., Laville E. 1987. Morphology and microstructures of hydroplastic slickensides in sandstone. In: Jones M.E. and Preston RM.F (Eds.) *Deformation of Sediments and Sedimentary Rocks*. Geological Society of London Special Publication, **29**: 107-121.

Pini G.A., Ogata K., Camerlenghi A., Festa A., Lucente C.C., Codegone G. 2012. Sedimentary mélanges and fossil mass-transport complexes: a key for better understanding submarine mass movements? Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/233810923>. Acessado em 27/10/2016.

Rodrigues M.C.N.L., Trzaskos B., Vesely F.F., Folmann M., Mottin T.E. 2016. Injetitos arenosos associados a depósitos de transporte em massa do Grupo Itararé, Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, **48**, Porto Alegre - RS. *Anais...*São Paulo - SP: Sociedade Brasileira de Geologia

Schneider R.F., Muhlmann H.E., Medeiros R.A., Daemon R.F., Nogueira A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. *Congresso Brasileiro de Geologia*, **28**, 1: 41-65.

Sobiesiak M. S., Kneller B., Alsop G. I., Milana J. P. 2016. Inclusion of Substrate Blocks Within a Mass Transport Deposit: A Case Study from Cerro Bola, Argentina. In: G. Lamarche et al. (Eds.) *Submarine Mass Movements and their Consequences*. Springer International Publishing, Switzerland. Advances in Natural and Technological Hazards Research 41.

Suss J. F. 2013. *Depósitos de fluxos gravitacionais no registro glacial gondwânico: um estudo comparativo entre o Grupo Itararé, sudoeste da Bacia do Paraná e o*

*Grupo Paganzo no noroeste da Argentina*. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná. 80p.

Suss J. F., Vesely F. F., Santa Catharina A., Assine M. L., Paim P. S. G. 2014. O Grupo Itararé (Neocarbonífero-Eopermiano) entre Porto Amazonas (PR) e Mafra (SC): sedimentação gravitacional em contexto marinho deltaico com influência glacial. São Paulo, UNESP, Geociências, v. **33**, n. 4, p.701-719.

Taylor K.G., Macquaker J.H.S. 2000. Early diagenetic pyrite morphology in a mudstone-dominated succession: the Lower Jurassic Cleveland Ironstone Formation, eastern England. *Sedimentary Geology*. **131**: 77-86.

Turra B. B. 2009. *Diques clásticos da Formação Corumbataí, Bacia do Paraná, no contexto da tectônica permotriássica do Gondwana oriental*. Dissertação de Mestrado. IGc-USP. São Paulo, 100p.

Vesely F.F.; Assine M.L. 2004. Sequências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **34**(2):219-230.

Vesely F.F, Assine M.L., Rostirolla S.P. 2005. Deformação penecontemporânea no Grupo Itararé, Bacia do Paraná: estilos estruturais, dinâmica sedimentar e implicações paleogeográficas. SIMPÓSIO Nacional de Estudos Tectônicos 10, 2005.

Vesely F.F. 2006. *Dinâmica sedimentar e arquitetura estratigráfica do Grupo Itararé (Carbonífero – Permiano) no centro-leste da Bacia do Paraná*. Tese de doutorado. Pós-graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 224p.

Vrolijk P. J., Urai L., Kettermann M. 2016. Clay smear: Review of mechanisms and applications. *Journal of Structural Geology* **86**: 95-152.