

*Prof. Rocha Campos*

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé  
(Paleozóico superior) entre as localidades de  
Pilar do Sul e Alambari, Bacia do Paraná, SP,  
Brasil**

**Júlio Cesar Criscimani Fabricio**

**Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto**

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA**

**(TF-2010/48)**

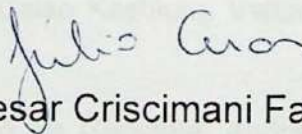
**SÃO PAULO  
2010**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

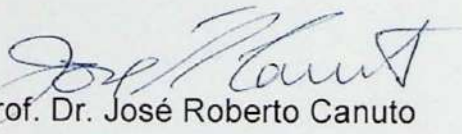
Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé (Paleozóico superior) entre as localidades de  
Pilar do Sul e Alambari, Bacia do Paraná, SP, Brasil.

TRABALHO DE FORMATURA

TF-2010/48



Júlio Cesar Criscimani Fabricio



Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto

São Paulo

2010



## RESUMO

*Introd.* O Subgrupo Itararé apresenta grande importância geológica, pois corresponde ao registro mais espesso, extenso e, talvez, de maior duração da glaciação permo-carbonífera, ocorrida no supercontinente Gondwana; os sedimentos do Subgrupo são caracterizados principalmente por arenitos e diamictitos, apresentando influência glacial em seus diferentes ambientes deposicionais. A exposição das rochas do Subgrupo Itararé no interior do Estado de São Paulo marca importante registro de influência glacial na deposição da Bacia do Paraná. Neste trabalho com o uso ferramentas de estratigrafia de seqüências e análise de fácies no perfil realizado entre as cidades de Pilar do Sul (SP) e Alambari (SP) foi possível observar seqüências estratigráficas que possibilitaram a identificação dos tratos de sistemas deposicionais associados, utilizando os tratos de sistemas propostos no trabalho de Canuto *et al.* (2001) para o Subgrupo Itararé.

*012* Na área em questão foi possível identificar um ciclo completo começando com o Trato de Sistemas de Mar baixo, passando para o Trato de Sistemas Transgressivo, Trato de Sistemas de Mar Alto e Trato de Sistemas Regressivo Glácio Isostático.

## ABSTRACT

The Itararé Subgroup has great geological importance, since it corresponds to the record as thick, long and perhaps longer lasting Permo-Carboniferous glaciation, which occurred in Gondwana supercontinent; Subgroup sediments are characterized mainly by sandstones and diamictites, with glacial influence in their different depositional environments. Exposure Rocks of the Itararé Subgroup in the State of Sao Paulo countryside marks an important record of glacial influence on deposition of the Paraná Basin. In this work using tools of sequence stratigraphy and Fácies analysis carried out in the profile between the towns of Pilar do Sul (SP) and Alambari (SP) was observed stratigraphic sequences that allowed the identification of depositional systems tracts associated with using the treatment system proposed by the work of Canuto *et al.* (2001) for the Subgroup Itararé.

In the area in question was possible to identify a complete cycle starting with the Ocean Systems Tract low, rising to the Transgressive Systems Tract, Tract System High Seas and Regressive Systems Tract glacio isostatic.



## Índice

RESUMO .....	I
ABSTRACT .....	II
1. INTRODUÇÃO .....	5
1.1. LOCALIZAÇÃO .....	6
2. OBJETIVOS .....	7
3. JUSTIFICATIVAS .....	7
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	8
5. FUNDAMENAÇÃO TEÓRICA .....	12
5.1. TRATOS DE SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO SUBGRUPO ITARARÉ .....	18
6. RESULTADOS OBTIDOS .....	20
6.1. DESCRIÇÃO DOS AFLORAMENTOS .....	20
6.2. ANÁLISE DE FÁCIES .....	38
6.2.1 <i>Definição de fácies compostas por conglomerado</i> .....	38
6.2.2 <i>Definição de fácies compostas por diamictito</i> .....	39
6.2.3 <i>Definição de fácies compostas por arenito</i> .....	42
6.2.4 <i>Definição de fácies compostas por folhelho</i> .....	48
6.2.5 <i>Definição de fácies compostas por siltito</i> .....	50
6.2.6 <i>Definição de fácies compostas por interlaminado</i> .....	52
6.3. ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES DEFINIDAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	54
6.3.1 <i>Associação de Fácies A<sub>1</sub></i> .....	54
6.3.2 <i>Associação de Fácies A<sub>2</sub></i> .....	55
6.3.3 <i>Associação de Fácies A<sub>3</sub></i> .....	57
6.3.4 <i>Associação de Fácies A<sub>4</sub></i> .....	58
6.4. INTERPRETAÇÃO DO SIGNIFICADO DAS ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES, COM REFERÊNCIA AO CICLO DA VARIAÇÃO RELATIVA DO NÍVEL DO MAR; SUAS POSIÇÕES ESTRATIGRÁFICAS NO REFERIDO CICLO E OS CONTATOS INTERASSOCIAÇÕES .....	59
6.4.1 <i>Interpretações Relativas À Associação De Fácies A<sub>1</sub></i> .....	59
6.4.2 <i>Interpretações Relativas À Associação De Fácies A<sub>2</sub></i> .....	60
6.4.3 <i>Interpretações Relativas À Associação De Fácies A<sub>3</sub></i> .....	60
6.4.4 <i>Interpretações Relativas À Associação De Fácies A<sub>4</sub></i> .....	61
6.5. ARCABOUÇO CRONOESTRATIGRÁFICO PRELIMINAR – SEQUÊNCIAS DE 3ª ORDEM .....	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
ANEXOS .....	70
ANEXO I – MAPA DE PONTOS .....	71
ANEXO II – SEÇÃO GEOLÓGICA – ALAMBARI / PILAR DO SUL .....	72
ANEXO III – SEÇÃO GEOLÓGICA COM FALHAS RETIFICADAS – ALAMBARI / PILAR DO SUL .....	73
ANEXO IV – COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA .....	74

## Índice de Figuras

FIGURA 1.1.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA COM PERFIL A SER EXECUTADO EM DESTAQUE (EM AZUL).....	6
FIGURA 5.1 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO PARANÁ (SCHNEIDER <i>ET AL.</i> , 1974).....	12
FIGURA 5.2 - CARTA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ (MILANI <i>ET AL.</i> , 1994).....	14
FIGURA 5.3 - FAIXA DE AFLORAMENTO DO ITARARÉ NA BORDA LESTE DA BACIA DO PARANÁ. CALADO (2009) .....	15
FIGURA 5.4 - MAPA GEOLÓGICO REGIONAL (IPT, 1981).....	16
FIGURA 6.2.1.1 – PONTO 14; CONGLOMERADO.....	38
FIGURA 6.2.2.1 – PONTO 57; TILITO.....	40
FIGURA 6.2.2.2 – PONTO 54; DIAMICTITO LENTICULAR .....	41
FIGURA 6.2.3.1 – PONTO 17; ARENITO DEPOSITADO EM LONGOS ESTRATOS CRUZADOS MÉTRICOS DE BAIXO ÂNGULO.....	44
FIGURA 6.2.3.2 – PONTO 29; ARENITO COM CLASTOS DISPERSOS .....	45
FIGURA 6.2.3.3 – PONTO 21; ARENITO TABULAR.....	46
FIGURA 6.2.4.1 – PONTO 62 (ADICIONAIS); FOLHELHO MACIÇO .....	48
FIGURA 6.2.4.2 – PONTO 63; FOLHELHO COM CLASTOS .....	49
FIGURA 6.2.5.1 – PONTO 37; SILTITO VERMELHO.....	50
FIGURA 6.2.5.2 – PONTO 35; SILTITO ARENOSO.....	51
FIGURA 6.2.6.1 – PONTO 21 .....	52



## 1. INTRODUÇÃO

O Subgrupo Itararé apresenta grande importância geológica, pois, segundo Santos (1987), corresponde ao registro mais espesso, extenso e, talvez, de maior duração da glaciação permo-carbonífera, ocorrida no supercontinente Gondwana; os sedimentos do Subgrupo são caracterizados principalmente por arenitos e diamictitos, apresentando influência glacial em seus diferentes ambientes deposicionais (Schneider *et al.* 1974).

O primeiro estudo relativo ao Subgrupo Itararé foi efetuado por Oliveira (1916), contendo a descrição dos sedimentos no que se convencionou como seção tipo, na região do Rio Itararé, Estado do Paraná.

O Subgrupo Itararé apresenta faixa de exposição de grande extensão na borda leste da Bacia do Paraná. Seus afloramentos podem ser observados desde o Rio Grande do Sul até o noroeste do Estado de São Paulo.

Em São Paulo, o Subgrupo Itararé ocorre desde a cidade de Itararé, no sul do estado, divisa com o Paraná, até a cidade de Mogi Guaçu, quase na divisa com Minas Gerais. Na porção observada no Estado de São Paulo, o Subgrupo Itararé possui espessuras superiores a 1300 m (Santos 1987) e pode ser caracterizado, basicamente, como contendo arenitos de variadas granulações, diamictitos, e, secundariamente, folhelhos, siltitos, ritmitos e conglomerados.

O Subgrupo Itararé, em sua base, apresenta contato discordante com o embasamento cristalino pré-cambriano, marcando importante lacuna na história geológica da Bacia do Paraná, com cerca de 70 Ma de duração (Milani *et al.* 2007).

A estratigrafia do Subgrupo Itararé indica evolução em cenário caracterizado por sucessivos avanços e recuos de geleiras, levando os diamictitos a representarem importantes marcos estratigráficos para a determinação de fases de abaixamento relativo do nível do mar, no âmbito da Estratigrafia de Sequências (Canuto *et al.* 2001).

A glaciação, assim como a sedimentação glacial, pode ser relacionada, provavelmente, pelo conjunto subsidência tectônica, transgressão e glácio-isostasia, no período de afastamento do continente Gondwana do Pólo Sul (Santos 1996).

Quanto à nomenclatura relativa ao Subgrupo Itararé, há discordâncias entre os diversos trabalhos publicados, alguns considerando como formação, como, por exemplo, Fulfaro *et al.* (1984) e outros como grupo, como, por exemplo, França & Potter (1988). Nesta monografia

Petri R Camargo 1967

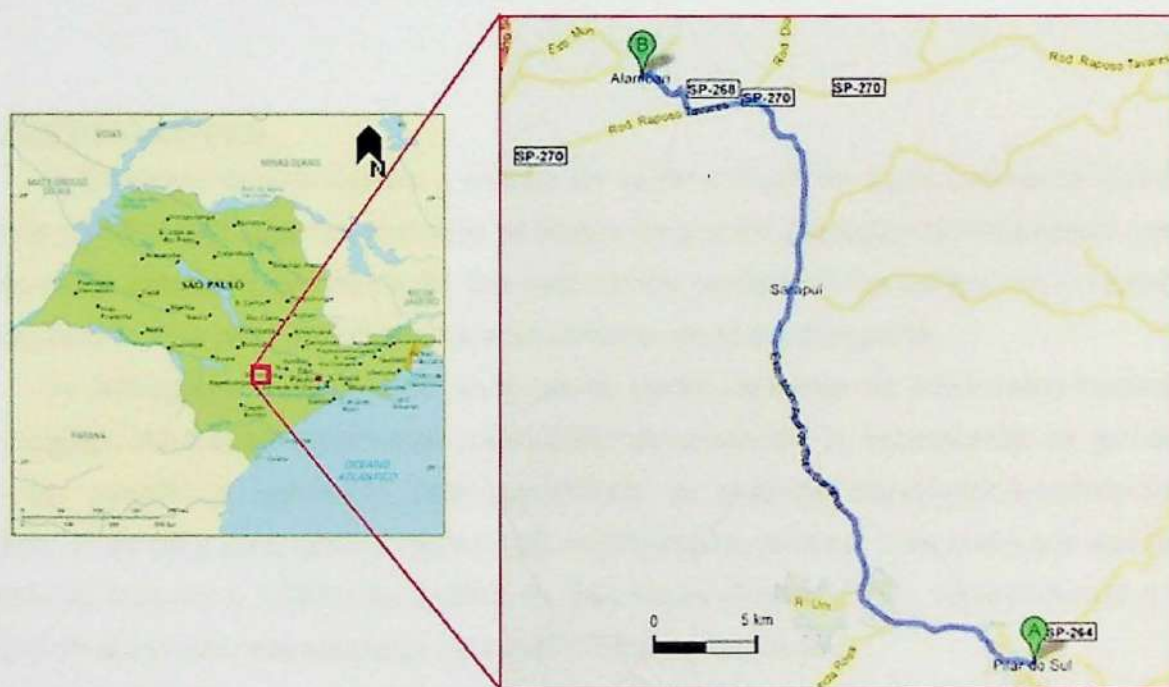


será utilizada a nomenclatura proposta por Petri (1964) e Rocha-Campos (1967), que atribuem à unidade o status de Subgrupo.

### 1.1. LOCALIZAÇÃO

Esta monografia foi desenvolvida com o estudo da sucessão sedimentar representativa do Subgrupo Itararé, através do levantamento de perfil entre as cidades de Pilar do Sul e Alambari, no Estado de São Paulo.

A área do estudo dista cerca de 130 km da capital, tanto pelo acesso através de Pilar do Sul, rodovia BR-264, como através de Alambari, pela SP-270, rodovia Raposo Tavares (Figura 1.1.1).



**Figura 1.1.1** - Mapa de localização da área com perfil a ser executado em destaque (em azul).

Fonte: Adaptado de GOOGLE maps®<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <http://maps.google.ca/>



## 2. OBJETIVOS

Os principais objetivos deste trabalho são:

O objetivo ~~não~~ é construir  
ou

- 1) Construir uma coluna litoestratigráfica para o Subgrupo Itararé na área do estudo, a qual deverá auxiliar na complementação do conhecimento da litoestratigrafia desta unidade sedimentar, já definida em diversas outras regiões da faixa de afloramentos, considerando-se a ocorrência de grande variação lateral existente, em arcabouços sedimentares influenciados por glaciação;
- 2) Determinar <sup>sedente bacin</sup> fácies, suas associações e, como consequência, tentativamente, tratos de sistemas deposicionais associados à variação relativa do nível do mar e à evolução de avanços e recuos glaciais durante o Paleozóico superior;
- 3) Com os resultados que já vêm sendo obtidos se pretende construir um arcabouço cronoestratigráfico envolvendo seqüências de 3ª ordem.

## 3. JUSTIFICATIVAS

O Subgrupo Itararé registra a história da sedimentação do Supercontinente Gondwana durante o Paleozóico superior, incluindo os efeitos da grande glaciação ocorrida nessa época. A influência da glaciação na deposição dos sedimentos confere ao Itararé grande complexidade deposicional, o que gera dificuldade no entendimento de sua estratigrafia.

Na bibliografia especializada, verificam-se certas carências de subdivisões hierárquicas no Subgrupo Itararé, principalmente subdivisões de consenso. A necessidade de estudos na área em questão é justificada pela importância da unidade estratigráfico-sedimentar em questão, dada pela abrangência regional de ocorrência da mesma, bem como por sua grande espessura, superior a 1.300m no Estado de São Paulo (Santos 1996), representando o longo registro da glaciação neopaleozóica no supercontinente Gondwana.

Considerando-se a importância deste Subgrupo na história geológica da Bacia do Paraná, é pertinente qualquer contribuição para o refinamento de sua estratigrafia, pois a literatura disponível mostra essa carência, notando-se a ausência de subdivisões hierárquicas adequadas, devido à complexidade deposicional comum em um ambiente sedimentar influenciado por geleiras, principalmente próximo a bordas de bacias sedimentares.

Sob o ângulo de utilidade, e, até mesmo, sob o âmbito econômico, a carência de informações dificulta a localização e o entendimento de corpos areníticos no Subgrupo Itararé, que podem ser de grande importância, visto que podem corresponder a rochas-reservatório de



água subterrânea, podendo abastecer cidades importantes do Estado de São Paulo, localizadas ao longo da faixa de afloramentos do Subgrupo, que se utilizam cada vez mais destas águas para seu abastecimento.

O projeto desenvolveu-se de forma viável, visto que está vinculado a projeto de pesquisa submetido a FAPESP, o qual constitui continuidade ao projeto FAPESP em fase de conclusão, processo número 04/14616-4, coordenado pelo orientador, que vem fornecendo a infraestrutura necessária.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

*Problema do modelo deposicional!*

Com relação a trabalhos de campo, o projeto foi baseado, conforme proposta original, fundamentalmente, no levantamento de perfil geológico ao longo da rodovia de ligação entre as localidades de Pilar do Sul e Alambari, no centro-sul do Estado de São Paulo. A escala horizontal adotada para construção do perfil geológico-topográfico é 1:50.000 e a vertical 1:1.000.

Com a conclusão dos trabalhos de campo, o perfil foi elaborado com base na descrição dos afloramentos, utilizando-se técnicas rotineiras de análise de fácies.

Para correção do perfil, quanto a limitações geométricas devido às circunstâncias geológicas e imprecisão de dados para a sua execução, levando-se em conta a direção geológica e direção média do perfil a ser analisado, optou-se pela utilização do método de Smith (1925), incluindo sobrelevação vertical de 50 vezes.

A sobrelevação vertical de 50 vezes torna possível a análise de feições estruturais importantes que possam ser identificadas, bem como a observação das camadas sedimentares, viabilizando as correlações necessárias, fatos impossíveis de serem estudados na situação de mergulho original das camadas, em torno de 1° (Canuto *et al.*, 2001).

A sobrelevação torna o ângulo mais acentuado, porém proporcionalmente aos demais elementos em estudo, facilitando sua observação.



Resumidamente, a caracterização do método de Smith (1925) é mostrada a seguir:

$$\text{Cotg } a = (\text{cotg } c) / \text{sen } \alpha$$

Onde:

$a$  = ângulo de mergulho aparente

$c$  = ângulo de mergulho real, que será considerado de  $1^\circ$

$\alpha$  = ângulo formado entre a direção geológica e a direção do perfil.

Assim, é obtido o valor que será utilizado no cálculo do ângulo de mergulho aparente sobrelevado, dado pela fórmula:

$$\text{tg } b = n \cdot \text{tg } a$$

Onde:

$a$  = ângulo de mergulho aparente conhecido na formula anterior.

$n$  = sobrelevação, que é de 50 vezes

$b$  = ângulo de mergulho aparente sobrelevado

O método de Smith (1925) vem sendo aplicado com total sucesso, há mais de três décadas, por diversos autores, como, por exemplo, Saad (1977), Santos (1979), Canuto (1985 e 1993), Perez-Vieira (2007), entre outros, na elaboração de dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Há, também, artigos completos publicados, como por exemplo, Canuto *et al.* (2001), e outros (trabalhos já aceitos para publicação), como Canuto *et al.* (no prelo) e Canuto (no prelo).

Tendo em vista esse sucesso na aplicação do método, passou-se a aplicá-lo, também, em diversos outros tipos de trabalhos, envolvendo alunos de graduação em Geologia, com orientação do orientador desta monografia, nos quais foram construídos arcabouços cronoestratigráficos formados por seqüências de 3ª ordem (Vail *et al.*, 1977), identificadas a partir do reconhecimento de fácies, associações de fácies e tratos de sistemas, como, por exemplo, trabalhos de formatura já apresentados e aprovados ao longo de vários anos (Antonio



Marcelo Chaves Junior, TF 2002-02; Marcos Rogério Araújo, TF/2002-23; Graziani Gobatto, TF/2005-18; Fábio Madeira, TF/2006-16; Dalmo de Araújo, TF/2008-45; André Resende Calado, TF/2009-02; Frederico Marques de Andrés, TF/2009-13.

Além da modalidade acima, a aplicação do método de Smith (1925) vem sendo feita, normalmente, também, em projetos de iniciação científica apoiados pela FAPESP e PIBIC-CNPq (Antonio Marcelo Chaves Junior, Processo FAPESP: 00/02516-4; Conrado Eugenius Borges Picolo, Processo FAPESP: 00/04407-8; Márcia Silva Kolar, N° de contr. CNPq: 21614563.21729702 – 2002; Felipe Antonialli, Proc. USP: 2008.1.281.44.0 – RUSP), dos quais derivaram trabalhos publicados e ou já aceitos para publicação, na forma de resumos (Antonialli & Canuto, aceito pelo 45 CBG – 2010; Chaves Junior & Canuto, 2002; Picolo & Canuto, 2002). Cabe lembrar que vários desses trabalhos desenvolvidos em trabalhos de formatura, projetos de iniciação científica ou outras modalidades (Florêncio & Canuto, 1998), resultaram em publicações, inicialmente na forma de resumos, nos Anais da Academia Brasileira de Ciências e em simpósios e ou congressos, como é o caso do resumo já aceito para apresentação no próximo Congresso Brasileiro de Geologia (45º), a ser realizado no corrente ano (Antonialli & Canuto, Iniciação Científica concluída em 2009, PIBIC-CNPq). Adicione-se, da mesma forma, a utilização do método em projetos apoiados pela FAPESP, desenvolvidos nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, já concluídos, e outro em andamento:

- 1) Projeto de pesquisa FAPESP N° 97/13973-2, desenvolvido no sul do Estado do Paraná e norte do Estado de Santa Catarina;
- 2) Projeto de pesquisa FAPESP N° 04/14616-4, desenvolvido no centro-sul do Estado de São Paulo.

A conceituação de fácies e nomenclatura, <sup>para depósitos glaciais</sup> que serão adotadas para o trabalho de formatura em questão, seguirão aquelas propostas por Canuto *et al.* (2001), como sendo o conjunto das características litológicas, sedimentares e orgânicas reconhecidas no campo. As fácies agrupadas em associações e comparadas aos modelos faciográficos existentes caracterizam processos sedimentares próprios e intercambiáveis, e, conseqüentemente, sistemas deposicionais relacionados, compondo tratos de sistemas deposicionais.

A caracterização de fácies utilizada pelo aluno, baseada na proposta de Canuto *et al.* (2001), fundamentou-se no aspecto descritivo, conforme definição original de fácies, proposta em 1838, por Armand Gressly, e, também, o trabalho magistral de Teichert (1958).



No âmbito da Sedimentologia Glacial, vários autores, como é o caso, ~~por exemplo~~, de Eyles *et al.* (1983), têm proposto a utilização de um código padrão de litofacies para a descrição de fácies sedimentares glaciogênicas, particularmente com referência aos diamictitos, analogamente àquele sugerido por Miall (1978) para os sedimentos fluviais. Embora haja vantagens práticas na utilização desse esquema, verificou-se que, em muitos casos, inclusive em relação às sucessões sedimentares descritas em Canuto *et al.* (2001) e em outros trabalhos realizados pelo orientador e por orientados seus, várias fácies caracterizadas em depósitos glaciais podem ocorrer associadas de modo intrincado, tornando difícil ou até impraticável o seu discernimento.

Na forma a ser utilizada pelo aluno, com aval do orientador, serão consideradas litologias, texturas, geometrias, estruturas sedimentares e, em casos particulares, as cores. Se houver disponibilidade de material adequado, poderão ser incluídos dados paleontológicos.

Historicamente, uma nomenclatura especial foi então adotada, semelhante à de Canuto (1993 – Tese de Doutorado), porém já aprimorada (Canuto, 1999 e 2001; Canuto *et al.*, 2001), baseada principalmente em enfoque de campo, na caracterização básica das litofacies. Este método tem como princípio a definição básica dos litotipos presentes, suas relações geométricas e inter-relações com outras unidades, além de suas estruturas sedimentares.

O método da Estratigrafia de Seqüências vem sendo aplicado, com sucesso, em trabalhos de formatura e projetos de iniciação científica, desde 1998, ou seja, há mais de uma década, conforme citações incluídas ao longo do presente texto, algumas delas evoluídas para a publicação de artigos na forma de resumo, documentados no capítulo de referências bibliográficas.

Horn ?

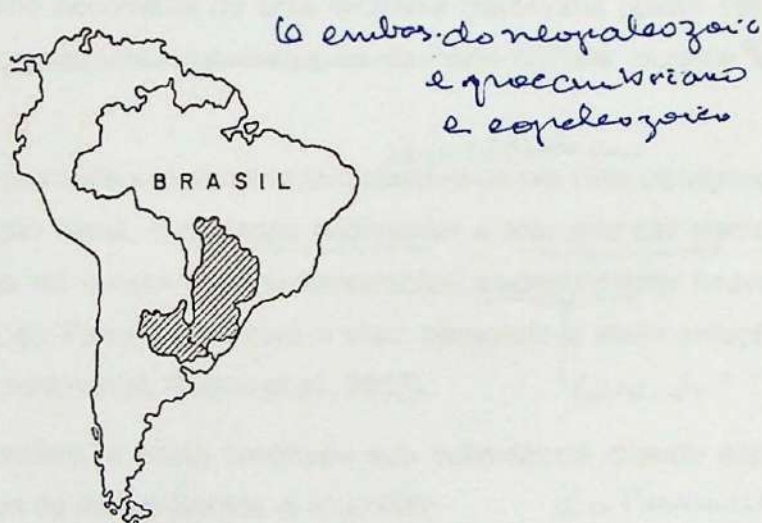
Os trabalhos de escritório incluem a pesquisa bibliográfica visando um maior conhecimento da geologia da área do estudo, sendo estudados textos sobre sedimentação glacial, geologia regional e Estratigrafia de Seqüências; construção de perfis topográfico-geológicos e respectivas colunas litoestratigráficas, dos quais derivarão, possivelmente, um arcabouço cronoestratigráfico de 3ª ordem, além da própria confecção dos relatórios.



## 5. FUNDAMENAÇÃO TEÓRICA

A Bacia do Paraná encontra-se instalada, no Brasil (**Figura 5.1**), a partir do Estado do Rio Grande do Sul, atingindo os Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais. Trata-se de uma bacia classificada como ~~bacia~~ intracratônica; desenvolvida sobre crosta continental e seu principal preenchimento é siliciclástico, capeado por derrames basálticos. *mesozoico mais antigo* *no norte da Bacia* *Pal. Mes.*

O embasamento da Bacia do Paraná é composto por rochas ígneas e metamórficas, de idades entre 700 e 450 Ma pertencentes ao orógeno brasileiro. (Cordani *et al.*, 1984). As formações da Bacia sedimentar do Paraná cobrem boa parte do centro sul da América do Sul, englobando principalmente o centro sul do território brasileiro, metade leste do Paraguai, Argentina e Uruguai, somando aproximadamente uma extensão de 1,4 milhões de km<sup>2</sup>.



**Figura 5.1** - Localização da Bacia do Paraná (Schneider *et al.*, 1974).

O flanco oeste da Bacia possui feição estrutural positiva de orientação norte-sul relacionado ao aumento da carga litosférica causado pela orogênese andina (Shirawa, 1994). Sobre essa feição se encontra o Arco de Assunção de idade eodevoniana. (Quintas *et al.*, 1997).

A porção leste da bacia sofreu profundos eventos erosivos em decorrência do soerguimento crustal associado ao rifteamento causado pelo processo separação do paleocontinente Gondwana e decorrente abertura do Atlântico Sul, (Milani *et al.*, 2007).

A reativação das zonas de fraqueza do embasamento devido à compressão na borda do continente pela orogenia Oclóyica de idade ~~Ne~~ Neo-Ordovicianiana permitiu a formação da área de



deposição da bacia (Ramos *et al.* 1986), com isso começou a ocorrer a sedimentação da primeira unidade cratônica da Bacia, o Grupo Rio Ivaí; a parte superior deste Grupo é marcada por discordância neo-siluriana, associadas a exposição dos sedimentos seguida por erosão originando uma vasta superfície aplainada (Milani *et al.*, 2007).

Durante o período Devoniano, a Bacia do Paraná voltou ao processo normal de subsidência e em decorrência disto ocorreu o acúmulo dos sedimentos do Grupo Paraná; ao fim do Neodevoniano e começo do Carbonífero médio foram registrados sucessivos eventos erosivos.

A discordância entre a sedimentação do Grupo Paraná e o Subgrupo Itararé é considerada um marco na geologia do Gondwana devido à falta de registros tectono-sedimentares com datação aproximada, do intervalo entre elas, de aproximadamente 70 Ma.; tal discordância é interpretada como decorrente de uma orogenia Herciniana (Zalán 1991), e também devido a <sup>regressões</sup> glaciações e conseqüente rebaixamento do nível do mar durante essas glaciações.

No final do Carbonífero, é retomada a sedimentação; <sup>resultando em</sup> observa-se um ciclo transgressivo-regressivo completo. Em sua porção basal, o processo sedimentar é marcado por glaciações criando depósitos ligados a fluxos de massa e ressedimentação; posteriormente houve um progressivo fechamento da Bacia do Paraná para com o mar, passando a sedimentação de predominantemente marinha para continental, (Milani *et al.*, 2007). <sup>Quando?</sup>

No final do Período Carbonífero, a bacia continuou sua subsidência criando espaços para a acomodação dos sedimentos do Itararé (Santos *et al.*, 1996). <sup>E o Permiano?</sup>

O conjunto vulcano-sedimentar <sup>paleozoico / mesozoico</sup> da Bacia do Paraná corresponde a seis seqüências estratigráficas, no entendimento de Sloss (1963), pioneiro na definição e aplicação da Estratigrafia de Sequências, que equivalem às seqüências de 2ª ordem consideradas por Vail *et al.* (1977), que foi seu aluno, seqüências estas desenvolvidas ao longo da evolução do Gondwana e após sua desintegração ocorrida no Mesozóico. <sup>Sloss incluiu a B. Paraná?</sup>

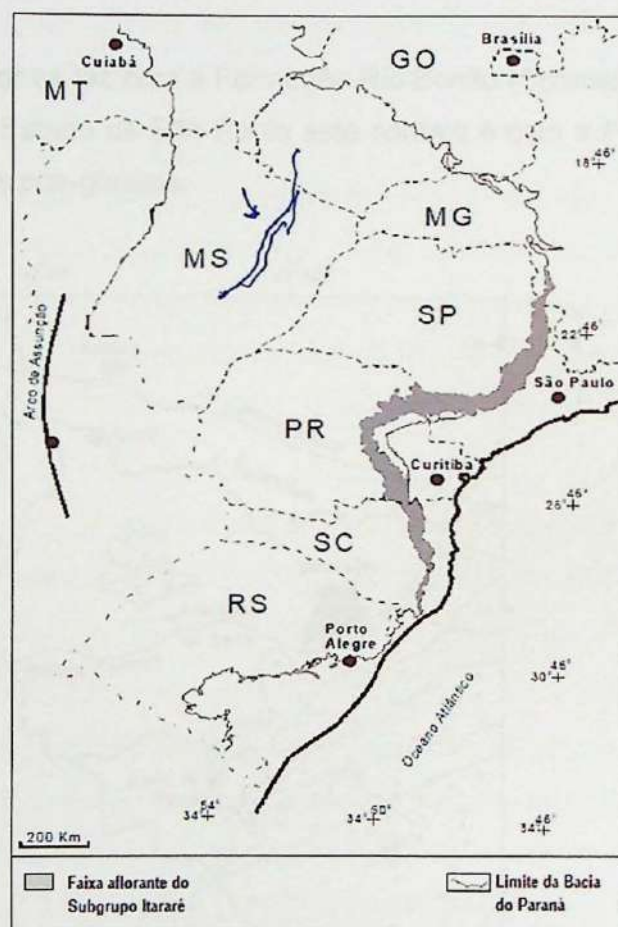
As seis seqüências em questão foram definidas para as bacias intracratônicas brasileiras <sup>também reconhecidas</sup> (na época: Bacia do Amazonas, Bacia do Parnaíba e Bacia do Paraná), pioneiramente, por Soares *et al.* (1978). Posteriormente, outros autores como, por exemplo, Milani (1997) e Milani & Ramos (1998), referiram-se a estas seqüências incluindo outras informações, tornando-as conhecidas com maior detalhamento, relativamente a orogenias e ciclos de subsidência da Bacia do Paraná.







Dentro da sucessão sedimentar da Bacia do Paraná, observada na **Figura 5.2**, supra-  
 ilustrada, o Subgrupo Itararé se caracteriza com idade permocarbonífera, basicamente, pela  
 presença de arenitos de granulação variada e diamictitos, que refletem influências glaciais em  
 seus diferentes ambientes deposicionais (Schneider *et al.*, 1974). Secundariamente, ocorrem  
 folhelhos, siltitos e ritmitos irregulares, e, localmente, ritmitos regulares (varvitos). Na **Figura 5.3**  
 é possível observar a extensão da faixa de afloramentos dos Subgrupo Itararé: *na margem*  
*E da Bacia*



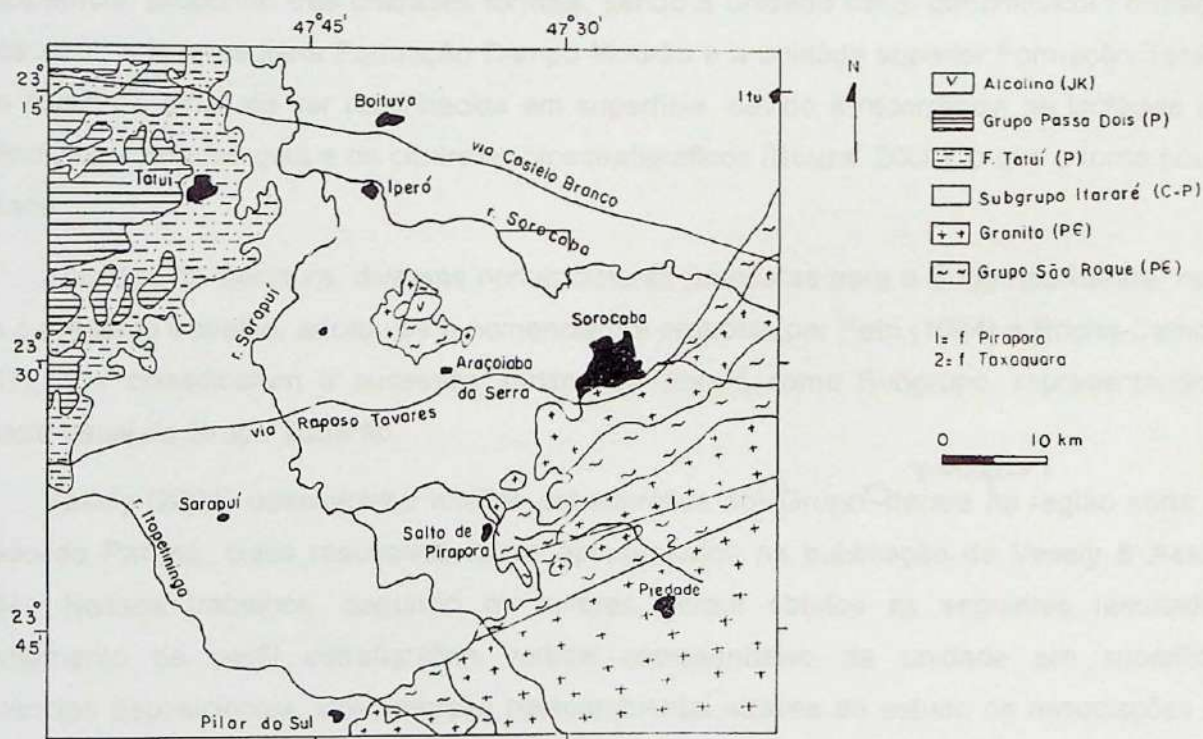
**Figura 5.3** - Faixa de afloramento do Itararé na borda leste da Bacia do Paraná. Calado (2009)

A litoestratigrafia do Subgrupo Itararé indica a presença de um cenário caracterizado por avanços e recuos de geleiras, no qual são observados diamictitos, representando marcos estratigráficos, que podem ser associados a épocas de queda relativa do nível do mar, no âmbito da Estratigrafia de Sequências (Canuto *et al.*, 2001).

Em vários trabalhos é possível verificar que a deposição do Itararé foi controlada por falhas, em sua maior parte oriundas da reativação de estruturas antigas existentes no embasamento da Bacia do Paraná (Zalán *et al.* 1990, Eyles *et al.* 1993 e Santos *et al.* 1996, entre outros).

O contato inferior do Subgrupo Itararé com o embasamento cristalino (**Figura 5.4**), na área do estudo, apresenta, localmente, evidências de abrasão por avanço de geleira em sua superfície erosiva, exemplificadas por rocha *moutonnée* (Almeida, 1946) e vales glaciais (Melfi & Bittencourt, 1962).

O contato superior se faz com a Formação Rio Bonito (Schneider *et al.*, 1974) do Estado do Paraná para sul. No Estado de São Paulo este contato é com a Formação Tatui (Soares *et al.*, 1977), sob condições pós-glaciais.



**Figura 5.4 - Mapa Geológico Regional (IPT, 1981).**

No Estado de São Paulo o Subgrupo Itararé permanece indiviso, devido à falta de dados que permitam a correlação com as unidades definidas no Estado do Paraná, para sul. Apesar de todas as dificuldades observadas, várias subdivisões têm sido propostas nos últimos anos.



2010  
1989  
22

2010  
73  
37

2010  
1977  
13

Soares & Landim (1973) <sup>27ano</sup> constataram que o Subgrupo Itararé poderia ser dividido em três pacotes, sendo que, em cada um deles, prevaleceria um determinado tipo litológico.

Saad (1977) <sup>23</sup> propôs uma divisão informal para o Grupo Tubarão no Estado de São Paulo, subdividindo-o em cinco unidades, denominadas A, B, C, D e E, cuja principal característica é uma alternância entre sedimentos clásticos finos e grossos. As quatro primeiras unidades correspondem ao Subgrupo Itararé e a última à Formação Tatuí.

<sup>23</sup> Soares et al. (1977) reconheceram quatro associações litológicas, as quais foram denominadas I, II, III e IV. A ausência de camadas guia não permitiu a correlação estratigráfica dessas associações em âmbito regional, de forma que esta é uma classificação válida apenas localmente.

<sup>22 ano</sup> França & Potter (1988) também propuseram uma subdivisão, com base em dados de subsuperfície, propondo três unidades formais, sendo a unidade basal denominada Formação Lagoa Azul, a intermediária Formação Campo Mourão e a unidade superior Formação Taciba. Essa divisão é difícil de ser reconhecida em superfície, devido à recorrência de litofácies e a ausência de camadas guia e de controles bioestratigráficos (Souza, 2000), o que a torna pouco utilizada.

Existem, na literatura, diversas nomenclaturas propostas para o Subgrupo Itararé, mas, para o presente trabalho, adotou-se a nomenclatura proposta por Petri (1964) e Rocha-Campos (1967), que classificaram a sucessão sedimentar Itararé como Subgrupo, representando a unidade basal do Grupo Tubarão.

Vesely (2001) desenvolveu análise estratigráfica do <sup>maqui?</sup> Grupo Itararé na região norte do Estado do Paraná, cujos resultados foram apresentados na publicação de Vesely & Assine (2004). Nesses trabalhos, segundo os autores, foram obtidos os seguintes resultados: levantamento de perfil estratigráfico vertical representativo da unidade em superfície, seqüências deposicionais, interpretação paleoambiental através do estudo de associações de fácies, caracterização de tratos de sistemas deposicionais e suas relações com ciclos glaciais.

não  
nao  
ultimo  
ano



### 5.1. TRATOS DE SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO SUBGRUPO ITARARÉ

O trabalho de Canuto *et al.* (2001) relativo à estratigrafia do Itararé, e usado nesta monografia como parâmetro, foi baseado em afloramentos do Subgrupo na divisa dos estados de Santa Catarina e Paraná. Foram identificados quatro tratos de sistemas deposicionais, em cada ciclo por eles definidos, da base para o topo:

- Trato de sistemas de mar baixo
- ↓
- Trato de sistemas transgressivos
- Trato de sistemas de mar alto
- Trato de sistemas regressivos glácio-isostáticos | explique

O Trato de sistemas de mar baixo é caracterizado por períodos de diminuição da temperatura e aprisionamento de grande volume de água na forma de gelo, conseqüentemente há o avanço da geleira até a borda do corpo de água entrando bacia a dentro cobrindo uma área equivalente a plataforma interna. Durante o aumento <sup>movimento</sup> do manto de gelo ocorre o estriamento das rochas na base dessa geleira devido ao atrito. Essa <sup>superfície</sup> <sup>estriada</sup> <sup>marca</sup> assim o início da sedimentação do sistema de mar baixo (Canuto, 1985). Sobre essas superfícies, depositaram-se os chamados tills de alojamento. No período de máximo glacial ocorre diminuição da sedimentação devido à cobertura do gelo, e esta é marcada por sedimentos finos como ritmitos e folhelhos.

Com o início do degelo ocorre um rápido aumento na sedimentação, com deposição de espessas pilhas de tills de ablação, que por estarem encharcados deslizaram como fluxo de detritos. (Canuto et al. 2001). A grande disponibilidade de água acarreta um aumento na erosão, a grande quantidade de sedimentos erodidos e água acabam por gerar sistemas flúvio-deltáicos. Trazendo grande quantidade de sedimentos para a borda da bacia. Esse acúmulo também escorregou formando leques submarinos. Formando arenitos tabulares, e turbiditos sendo fácies características do Trato de sistemas de mar baixo. (Canuto et al. 2001).

O Trato de sistemas transgressivos é marcado por um aumento na temperatura e pela desagregação da geleira. Com o degelo, grande quantidade de água <sup>foi</sup> disponibilizada no sistema, acarretando um aumento do nível do mar, causando transgressão. Sua sedimentação é caracterizada pela deposição de areias siltes e argilas, com a queda de clastos sobre os



sedimentos do trato de mar baixo, transportados por icebergs. Nas áreas emersas o sistema fluvio-deltáico continuou, recuando continente adentro. O aumento do nível do mar também provocou remobilização causando uma intercalação dos diamictitos com folhelhos, siltitos e arenitos costeiros.

O Trato de sistemas de mar alto normalmente é marcado pela gradual diminuição no fornecimento de água no sistema, reduzindo a elevação do nível do mar até sua estabilização.

{ Que marca a passagem do Trato de sistemas transgressivos para o de Mar alto. As geleiras atingem seu menor tamanho e ficam afastadas da costa. Durante este processo, a deposição passa de inicialmente agradacional para progradacional (Myers & Milton, 1998), onde predominam sedimentos flúvio-deltaicos. Nesta fase, continua a ocorrer o escorregamento de sedimentos, como no trato de sistemas transgressivos. A ocorrência de castos caídos carregados por icebergs ainda pode ocorrer, mas são muito raros. *flexos gravitac. de mar*

Trato de sistemas regressivos glácio-isostáticos. Esse sistema é um adicional ao sistema de trato de mar alto em bacias glaciadas, devido ao soerguimento continental causado por resposta glácio-isostática positiva, ligada ao alívio de pressão provocado pelo recuo do manto de gelo. Isso provoca diminuição relativa do nível do mar o que não é comum em tratos de sistemas de mar alto em bacias não glaciadas, gerando acentuação no processo de deposição progradacional normal no trato de sistema de mar alto e uma variação relativa do nível do mar. (Canuto *et. al.*, 2001).



## 6. RESULTADOS OBTIDOS

*Consequência  
altura*

Na sequência seguem os resultados obtidos até o momento.

### 6.1. DESCRIÇÃO DOS AFLORAMENTOS

*Isto poderia ser um  
anexo?*

Foram realizados trabalhos de campo, envolvendo a análise das rochas sedimentares da faixa de afloramentos do Subgrupo Itararé na área do estudo.

Conforme já mencionado anteriormente, o presente projeto de Trabalho de Formatura está vinculado ao Projeto de pesquisa FAPESP número 04/14616-4, sendo a seção geológica do Trabalho de Formatura pertencente, também, ao Projeto maior. O aluno participou da análise da parte da seção correspondente ao Trabalho de Formatura, ou seja, até a região de Alambari.

No Relatório de Progresso, havia sido adotada numeração própria iniciada pelo Ponto 01, na região de Pilar do Sul, até 57. Entretanto, para efeito de melhor identificação com o Projeto FAPESP, ao qual está este Trabalho de Formatura vinculado, se resolveu utilizar, neste Relatório Final, equivalente a Monografia, a numeração original dos afloramentos relativa ao Projeto FAPESP, na forma contrária, iniciando-se, portanto, o primeiro ponto descrito com o número 57 na região de Pilar do Sul, como está registrado no mapa de afloramentos ou pontos examinados, na seção geológica e mesmo na coluna litoestratigráfica.

Para evitar dúvidas na numeração relativa à descrição dos pontos/afloramentos, cada ponto mostra o primeiro número correspondendo ao número do ponto no Projeto FAPESP, que é a numeração válida agora, e o segundo número (situado entre parênteses) representando o número que foi utilizado no Relatório de Progresso.

Apresenta-se, a seguir, a descrição sucinta das rochas exibidas nos afloramentos visitados, que compõem o conjunto de exposições da seção geológica selecionada, num total de 82 pontos, entre locais contendo rochas sedimentares a serem analisadas e outros servindo, apenas, como pontos de controle.

Além dos 82 pontos mencionados acima, foram adicionados mais 09 afloramentos, visitados após a entrega do Relatório de Progresso, para fins de cobrir trechos com deficiência de informações geológicas observadas anteriormente. Outras áreas deficientes passaram a não mais apresentar este problema após a retificação das falhas, realizada na seção geológica construída.

O mapa de localização de afloramentos é mostrado no **Anexo I**.



Segue, a seguir, a descrição das rochas dos afloramentos, a partir do início da seção, que se dá com o Ponto 57 (numeração original do Projeto FAPESP).

#### Ponto 57(01)

Trevo para Pilar do sul (ao norte) e Tapiraí (ao sul), em terra. Ponto de controle, sem afloramento.

UTM 0224372/7362825

Diamictito maciço, compactado, intemperizado, clastos centimétricos arredondados, com extensão lateral de cerca de 1 a 2 m, e espessura de aproximada de 15 cm, preenchendo, em estado prensado, uma calha com as dimensões compatíveis às descritas acima. A calha é formada pelo embasamento, constituído por filitos do Grupo Açungui. O contato é liso e plano, não tendo sido observadas estrias.

*Interpretacao?*

#### Ponto 56(02)

Trevo do antigo aeroporto de Pilar do Sul.

UTM 0222306/7360927

Ponto de controle. Retorno a Pilar do Sul. Sem afloramento.

#### Ponto 55(03)

UTM 0222847/7360920

Cerca de 10 m de arenitos e siltitos variegados, avermelhados, esverdeados e esbranquiçados, com indícios de bioturbação, com estruturas semelhantes a tubos preenchidos, verticais a subverticais, centimétricos a decimétricos, subposto por cerca de 5 m, até o nível da estrada, de arenito fino a médio, intemperizado, com estruturas um pouco destruídas por intemperismo lembrando estratificação cruzada métrica. Os 10 m superiores mostram alternância de litologias causada por variação de marés, alteradas por bioturbação.

*porque?*

#### Ponto 54(04)

UTM 0223688/7363191

Diamictito de matriz arenosa média, com estruturas em forma de lobos de escorregamento, sugerindo deposição por fluxos gravitacionais de sedimentos.

Ponto 53(05)

UTM 0224125/7362 867

Trevo para Tapiraí. Ponto de controle.

Ponto 52(06)

UTM 0223285/7363723

Praça central de Pilar do Sul, atrás da igreja matriz. Ponto de controle.

Ponto 51(07)

Ponte sobre córrego. Ponto de controle.

UTM 0222973/7363874

Ponto 50(08)

Esquina; entrar à direita e, após, entrar na primeira à esquerda (UTM 02221560 7363950), em avenida que sairá na praça da igreja matriz.

UTM 0222495/7364131

Posto Shell. Ponto de controle.

Ponto 49(09)

UTM 0222334/7364129

Ponto de controle.

Ponto 48(10)

Cruzamento com a avenida e estrada secundária de acesso a Cocais e Sarapuí.



UTM 0221826/7364381

Ponto de controle.

Ponto 47(11)

Córrego na cidade, rumo à região central

UTM 0221278/7364886

Ponto de controle.

Ponto 46(12)

UTM 0220955/7365306

Ponto de controle.

Ponto 45(13)

Km 13; entrada para fazenda no lado direito

UTM 0218881/7365781

Solo.

Ponto 44(14)

Ponto de ônibus; vindo da reta longa, do alto, inicia-se declive em curva à direita em Hod. 32,0.

UTM 0217796/7366158

Solo vermelho.

Ponto 43(15)

Trevo; rotatória de São Miguel Arcanjo e Pilar do Sul.

UTM 0216487/7366199

Solo vermelho.

Ponto 42(16)

Ponto de controle.

UTM 0216099/7366430

Ponto 41(17)

UTM 0215371/7366912

Solo; ponto de controle.

Ponto 40(18)

UTM 0215018/7367289

Ponto de controle.

Ponto 39(19)

UTM 0215021/7367642

Solo vermelho.

Ponto 38(20)

Active em curva à direita e depois reta; início de casas em Pilar do Sul.

UTM 0215245/7368339

Solo vermelho.

Ponto 37(21)

UTM 0215080/7369092

Siltito intemperizado vermelho.



Ponto 36(22)

Ponte; ponto de controle.

UTM 0215110/7369017

Ponto 35(23)

Lado esquerdo, vale com ponte.

UTM 0215055/7369198

Siltito arenoso maciço, acinzentado claro, com clastos dispersos observando-se encurvamento no siltito, sob os clastos, acompanhando suas formas.

Ponto 34(24)

UTM 0215035/7369152

Siltito argiloso cinza, semi-intemperizado. Apresenta aspecto maciço. Vários clastos foram observados; porém, não foi possível saber se pertencem ao siltito ou não.

Ponto 33(25)

Placa de limite entre Pilar do Sul e Sarapuí; córrego; no lado direito, entrada para fazenda com afloramento ao lado da porteira.

UTM 0214865/7369768

Cerca de 2 m de siltito maciço, cinza azulado, ocorre na base do afloramento; estratificação no topo com ondulações. Não foram observados clastos.

Ponto 32(26)

UTM 0214917/7370088

Folhelho e / ou argilito vermelho, ora maciço, ora com laminação horizontal incipiente.



Ponto 31(27)

Lado esquerdo da estrada, em vala exposta por 100 m, em declive em curva à direita.

UTM0214925/7370267

Folhelho vermelho e / ou argilito, com laminação insipiente horizontal; clastos dispersos centimétricos, com evidências de serem caídos (encurvamento sob os mesmos, acompanhando suas formas).

Ponto 30(28)

Declive, antes de curva à esquerda; afloramento em vala paralela à estrada, nos dois lados.

UTM 0214702/7370702

Diamictito arenoso, avermelhado, lenticular, deformado, com clastos centimétricos arredondados do embasamento.

Ponto 29(29)

Afloramento de 100 m por 3 m, em média.

UTM 0214678/7371017

Arenito fino acinzentado, com clastos dispersos centimétricos, estratificação hummocky; ondulações truncantes.

Ponto 28(30)

UTM 0214375/7371354

Arenito fino, amarelado e avermelhado, localmente maciço, localmente com estratificação irregular.

Ponto 27(31)

UTM 0213763/7372221

Diamictito arenoso, fino a médio, maciço, amarelado a marrom claro.com clastos até centimétricos do embasamento, arredondados. Não foram observadas estrias nos clastos.

Ponto 26(32)

Região alta, em reta extensa, antes de curva à direita; casas antigas à esquerda; na curva, escola Bairro Congonhas.

UTM 0213500/7372623

Solo muito arenoso; quase um arenito, porém muito intemperizado, bem selecionado, quartzoso, médio.

Ponto 25(33)

UTM 0212 791/7373147

Ponto de controle; Igreja Congregação Cristã do Brasil.

Solo arenoso.

Ponto 24(34)

Antes de atravessar o vale, estradinha à esquerda, afloramento no leito da estrada, mais ou menos 6 m de espessura.

UTM 0212388/7373574

Sedimento interlaminado; localmente, mais próximo à base, as camadas estão subverticais, mergulhando para o vale.

Ponto 23(35)

Ponto de controle; bar no lado esquerdo da estrada; entrada à direita para o Bairro Rio Acima.

UTM 0212509/7373399.

Solo arenoso.

Ponto 22(36)



UTM 0212394/7373510

Solo arenoso.

Ponto 21(37)

Afloramento de 300 m de extensão por 6 m de altura, em média. Declive em curva à direita e depois à esquerda.

UTM 0212232/7374205

Diamictito muito arenoso, amarelado, com clastos até decimétricos, subarredondados, do embasamento; não foram observadas estrias nos mesmos. O diamictito apresenta estruturas de deformação.

No final do afloramento, ocorre contato brusco entre o diamictito e arenito subjacente, amarelado a acinzentado, com estratificação cruzada tangencial incipiente e geometria tabular, com espessura aproximada de 80 cm, sobreposto por sedimento do tipo interlaminado II (Canuto 1993) subjacente, avermelhado a creme, formado por arenito fino com laminação cruzada, intercalado com siltito argiloso, maciço ou com laminação horizontal incipiente.

Podem ser observadas dobras não muito pronunciadas no diamictito, mergulhando no rumo de Sarapuí.

Essas litologias parecem estar associadas à sustentação do relevo alto.

O final do barranco do afloramento (sem exposição) ocorre mais ou menos 300 m à frente, no vale, a partir de onde o relevo se torna mais baixo.

Clastos do embasamento, sendo um decimétrico de cor vermelha.

Ponto 20(38)

Ponto de controle; rede elétrica cruzando a estrada na altura do Sítio Santa Luzia; início da decida do platô.

UTM 0212039/7374917

Solo arenoso marrom claro acinzentado.

Ponto 19(39)

Afloramento 150 por 6, em média.

UTM 0211643/7375962

Arenito esbranquiçado, aspecto maciço, intemperizado, que parece sustentar o platô.

Ponto 18(40)

Ponto de controle; estrada à direita para sítio São Pedro da Boa Esperança (4 km); ponto de ônibus.

UTM 0211600/7376074

Solo arenoso marrom.

Ponto 17(41)

Afloramento 150 por 6; em alicha e curva à esquerda; platô ou parte mais alta, com solo arenoso.

UTM 0211473/7377096

Ocorre 3 m de arenito fino a médio, bem selecionado, imaturo, feldspático, amarelado a marrom claro, com estratificação cruzada métrica planar, de baixo ângulo.

Embaixo, rumo a Sarapuí, arenito fino, 2 m, com laminação cruzada acanalada direcionada para Sarapuí.

Sob o arenito observa-se 1 m de siltito argiloso vermelho maciço, semi intemperizado.

O contato siltito/arenito parece ser erosivo, com estruturas de sobrecarga.

A espessura total de arenito é de aproximadamente 10 m.

Ponto 16(42)

Afloramento de 100 m de comprimento por 3 m de altura, em média.

UTM 0211862/7380388

Idem anterior, semi-intemperizado.



Ponto 15(43)

Afloramento 60 m de comprimento por 4 m de altura, em média.

UTM 0211098/7380788

Interlaminado milimétrico de siltito creme e argilito esverdeado, com laminação horizontal. Ritmo irregular.

Ponto 14(44)

Afloramento 100 m de comprimento por 5m de altura, em média.

UTM 0211181/7381082

Seção local

- 1) Início (de baixo para cima) – arenitos médios, verde/cinza, em camadas finas, centimétricas, com aspecto de fluxo denso, sem clastos;
- 2) Folhelho siltico verde, com clastos dispersos centimétricos, com encurvamento do folhelho acompanhando a forma dos clastos, por baixo dos mesmos;
- 3) Canal de conglomerado com matações podendo atingir até 1 m de diâmetro;
- 4) Diamictito arenoso verde, aspecto maciço, com clastos centimétricos a deci-métricos do embasamento, subarredondados e sem estrias.

Ponto 13(45)

Afloramento 100 m de comprimento por 6 m de altura, em média.

UTM 0211246/7381587

Folhelho siltico verde, maciço, sem clastos.

Ponto 12(46)

UTM 0211279/7381886

Ponto de controle.

Ponto 11(47)

Acesso em rua à direita com placa para Pilar do Sul.

UTM 0211650/7382467

Ponto de controle.

Ponto 10(48)

Centro da cidade, pracinha, aclave.

UTM 0211668/7382550

Ponto de controle.

Ponto 09(49)

Ponte na cidade, com córrego.

UTM 0211685/7382991

Ponto de controle.

Ponto 08(50)

UTM 0211719/7383256

Ponto de controle.

Ponto 07(51)

UTM 0211783/7384786

Ponto de controle.

Ponto 06(52)

Av. Prefeito Alexandre Chauar, perímetro urbano de Sarapuí, pista dupla com luzes.



UTM 0211875/7385052

Ponto de controle.

Ponto 05(53)

UTM 0211937/7386830

Ponto de controle.

Ponto 04(54)

Afloramento 100 m de comprimento por 4 m de altura, em média.

UTM 0212001/7387506

Da base para o topo, arenito médio a fino, cinza esverdeado, maciço, geometria tabular, mais ou menos 2 m observáveis, sobreposto, por contato brusco, por intercalações centimétricas a decimétricas de siltito maciço amarelado e folhelho siltico verde.

Ponto 03(55)

Km 4; controle; após vale/córrego; curva à direita.

UTM 0211853/388698

Ponto de controle.

Ponto 02(56)

UTM 0211519/7389275

Intercalações de 2 a 3 mm de espessura de siltito arenoso, maciço e siltito e arenito fino, esbranquiçado. Localmente, possíveis icnofósseis subhorizontais

Ponto 01(57)

Trevo SP-270/aceso a Sarapuí.

UTM 0209607/7391450

Ponto de controle.

*CORREÇÃO EFETUADA:*

Os pontos 74(58) e 75(59), abaixo, foram excluídos por ter sido efetuada uma pequena retificação do perfil apresentado no relatório de progresso. A decisão se deu devido à verificação de que a estrada sofreu modificações, com relação ao mapa topográfico, que foi construído na década de 1970, os dois pontos em questão não acrescentariam nada, apresentando apenas exposição de solo, e foi, então, corrigida a situação, percorrendo-se integralmente o perfil seguindo-se a nova configuração das estradas.

Os pontos 58 e 59, portanto, devem ser desconsiderados. Permanecem no texto apenas para registro completo dos trabalhos que foram efetuados, não constando no mapa de afloramentos.

Ponto 74(58)

UTM 0209479/7391517

Rodovia Raposo Tavares no trevo de saída para Alambari, à direita.

Ponto de controle.

Ponto 75(59)

UTM 0209216/7391702

Ponto de controle; bifurcação à direita para Capela do Alto e à esquerda para Alambari.

Modificação do perfil devido ao trecho local não se mostrar adequado.

Ponto 76(60)

Hod. 0,0; trevo novo na SP-270 rumo a Alambari.

UTM 0206372/7390848

Ponto de controle.



Ponto 77(61)

Hod. 1,1.

UTM 0206000/7390848

Ponto de controle.

Ponto 78(62)

Hod. 1,7; Córrego da Estiva.

UTM 0205564/7391767

Ponto de controle.

Ponto 79(63)

Hod. 2,5 a 2,7.

UTM 0205053/7392220

Arenito fino amarelado, maciço, bem selecionado, intemperizado. Talvez esteja auxiliando na sustentação do relevo na região.

Ponto 80(64)

Hod. 3,5.

UTM 0204260/7392671

Solo marrom claro, muito arenoso; no chão é para atolar.

Ponto 81(65)

Hod. 4,5 (500 m após cruzamento com acesso para Alambari); ponte.

UTM 0203336/7392553

Ponto de controle.

Os pontos de 67 a 78, apresentados no Relatório de Progresso, foram excluídos por comporem o restante da seção pertencente ao projeto de pesquisa ao qual o TF está vinculado, coordenado pelo orientador, e não fazerem parte do TF propriamente dito.

Ponto 82(66)

Hod. 4,9; afloramento com 100 m por 3 m; aclave.

UTM 0202992/7392690

Siltito arenoso amarelado, aspecto maciço.

*PONTOS ADICIONAIS (numeração do Projeto FAPESP).*

Ponto 145

Área urbana de Pilar do Sul, após atravessar a ponte sobre o córrego afluente do Ribeirão do Pilar.

Arenito fino a médio, pouco imaturo (inclui algum feldspato), amarelado a bege, subarredondado, relativamente bem selecionado, com estratificação cruzada acanalada decimétrica e, localmente, laminação cruzada acanalada.

Ponto 147

Área urbana de Pilar do Sul, próximo e antes da estação rodoviária.

Arenito fino amarelado, intemperizado, com aspecto maciço e concreções possivelmente limoníticas, vermelhas, contendo clastos dispersos pequenos, de 1 a 2 cm de diâmetro, não sendo possível a observação de estruturas relacionadas a queda.

Ponto 60

BR-250, sentido Salto de Pirapora, próximo ao topo de aclave em reta.

UTM 224304/7364229



Diamictito arenoso, com aspecto geral estratificado, clastos centimétricos, subarredondados, de cor cinza, que passa, para cima, por contato brusco, a folhelho intercalado com ritmito irregular, vermelhos, sem clastos.

#### Ponto 62

UTM 0224776/7365161

Folhelho vermelho, maciço a levemente laminado horizontalmente, com algumas intercalações milimétricas de arenito fino e/ou siltito maciços. Aspecto geral rítmico, mas predomina o folhelho. Não foram observados clastos.

#### Ponto 63

UTM 0223396/7361027

Afloramento com extensão, ao longo da estrada, de cerca de 300 m, e até, <sup>de consp.</sup> aproximadamente, 15 m de altura.

Da base para o topo, ocorre filito, do embasamento pré-Cambriano, com xistosidade N41°E, encimado por diamictito maciço compactado, argiloso, avermelhado, semi-intemperizado, com aspecto deformado, exibindo estruturas difusas que lembram pequenas falhas de baixo ângulo e pequenas dobras, e com espessura local de cerca de 35 cm. Os clastos do diamictito são centimétricos, subarredondados, do embasamento, alguns com estrias pouco visíveis. O contato entre o embasamento e o diamictito é plano e mostra estrias com direção N32°W. Sobrepõe-se, ao diamictito, uma espessura aproximada de 3 m de arenito cinza avermelhado, médio, subangular, composto principalmente por quartzo e feldspato, pouco selecionado, localmente mostrando estratificação cruzada acanalada um pouco difusa. Acima do arenito, ocorre folhelho avermelhado, com aspecto maciço, contendo clastos dispersos centimétricos, alguns deles mostrando encurvamento do contato com o folhelho para baixo. A espessura do folhelho é de cerca de 5 m.



#### Ponto 64

UTM 0223904/7361445

Embasamento pré-Cambriano composto por filitos.



Ponto 69N

UTM 0222734/7364152

Afloramento contínuo em aclave, por cerca de 80 m.

Sucessão de arenitos esbranquiçados, subarredondados, bem selecionados, em intercalações decimétricas, com variação granulométrica, desde conglomerático (seixos de sedimentos) a arenito grosso e médio, repetindo-se em ciclos (fluxos?), compondo uma espessura total aproximada de 25 m.

Ponto 70N

UTM 0222638/7364153

Afloramento contínuo em aclave, por cerca de 150 m.

Conjunto de arenitos em camadas decimétricas, médios a grossos, esbranquiçados, subarredondados, relativamente bem selecionados nas camadas individualizadas, aparentando compor granodecrescência ascendente, com espessura total em torno de 20 m.

Ponto 71N

UTM 0221938/7364598

Acesso à direita, antes de rotatória; o afloramento se inicia logo ao entrar no acesso e se estende por cerca de 500m, com 20 m de altura, em média, em plano inclinado de cerca de 30°.

Ocorre sucessão de bancos de cerca de 1 m de espessura, em média, formados por alternância de arenitos maciços, esbranquiçados, subangulosos, conglomeráticos, predominantemente formados de quartzo e feldspato, com seixos centimétricos de quartzito do embasamento, e arenitos médios, subangulosos, relativamente bem selecionados, ambos esbranquiçados, compostos predominantemente por quartzo e feldspato.

Os pontos de 83 (67) a 94 (78), apresentados no Relatório de Progresso, foram excluídos por comporem o restante da seção pertencente ao projeto de pesquisa ao qual o TF está vinculado, coordenado pelo orientador, e não fazerem parte da seção geológica relativa ao Trabalho de Formatura, propriamente dito, merecendo, ainda, interpretação posterior. Além disso, os referidos afloramentos se localizam além do final da seção geológica proposta para o estudo, entre as localidades de Alambari e Tatuí.



## 6.2. ANÁLISE DE FÁCIES

Conforme já informado, a análise envolvendo a determinação de fácies utilizou a nomenclatura proposta por Canuto *et al.* (2001), fundamentada nas definições de Gressly (1838) e Teichert (1958).

A análise final é apresentada nesta oportunidade, após o devido amadurecimento das idéias e estudos adicionais, com a descrição e interpretação dos diversos tipos de fácies identificados.

### 6.2.1 DEFINIÇÃO DE FÁCIES COMPOSTAS POR CONGLOMERADO

#### 1. Fácies conglomerado maciço

Esta fácies apresenta seixos centimétricos e matacões de até 1 m de diâmetro (Figura 6.2.1.1), arredondados a subarredondados, predominantemente formados por quartzitos, e matriz arenosa relativamente alterada, mostrando textura ou aspecto geral maciço; o depósitos sedimentar mostra geometria canalizada. Exemplo: Ponto 14 (44).

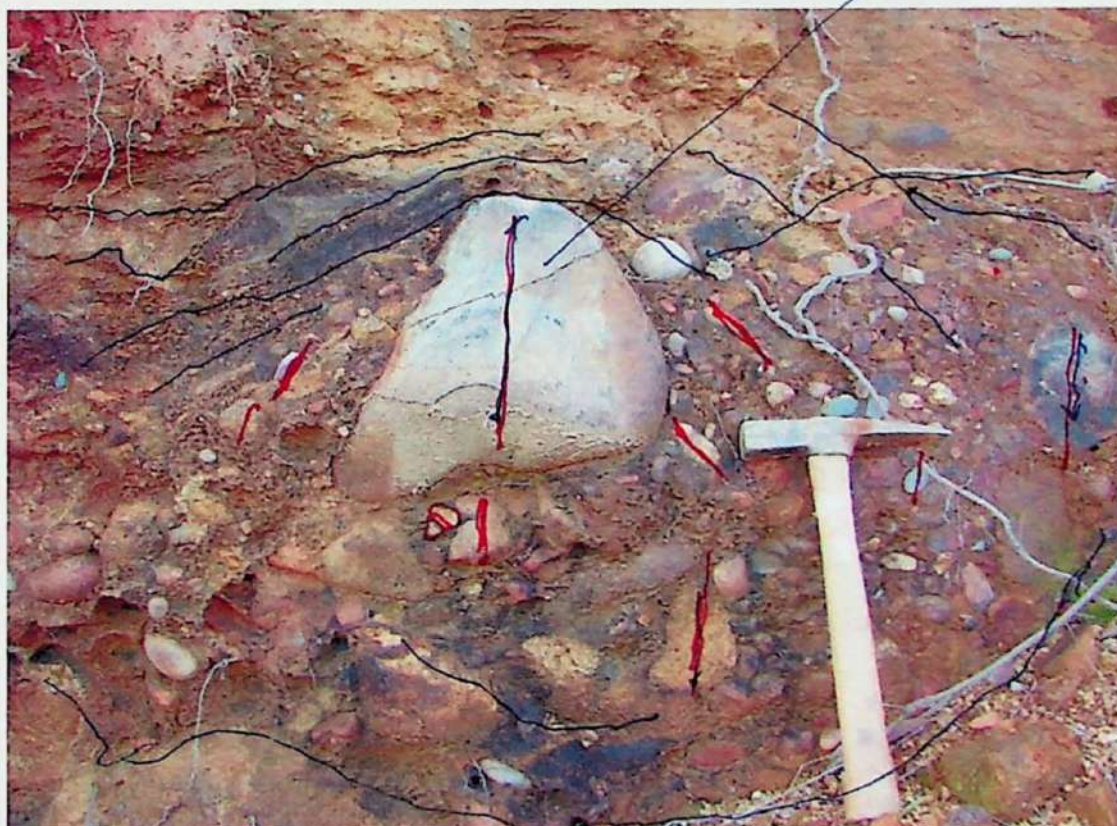


Figura 6.2.1.1 – Ponto 14; Conglomerado



**Interpretação:** Esta fácies é formada por depósitos sedimentares residuais, acomodados em áreas mais proximais de fluxos gravitacionais em leques submarinos (Walker 1992; Canuto 1993). Conglomerados caóticos ou desorganizados, maciços, têm sido considerados por Walker (1992) e Siemers & Tillman (1981) como acomodados em áreas de início de talude, desembocando na parte superior do leque (Canuto 1993).

*Dumping do iceberg*

## 6.2.2 DEFINIÇÃO DE FÁCIES COMPOSTAS POR DIAMICTITO

### 2. *Fácies diamictito maciço compactado*

Composta de diamictito maciço compactado (**Figura 6.2.2.1**), em corpos descontínuos, espessura decimétrica (cerca de 15 cm), extensão lateral métrica (1 a 2 metros), prensado em estrutura em forma de calha, no substrato formado por filito, tendo como exemplo o afloramento do Ponto 57 (01). A superfície de contato entre o diamictito e a calha é plana, lisa e polida, verificando-se, na base do sedimento, foliação fina e descontínua subparalela incipiente, formando superfícies planas e subparalelas ao contato com o embasamento.



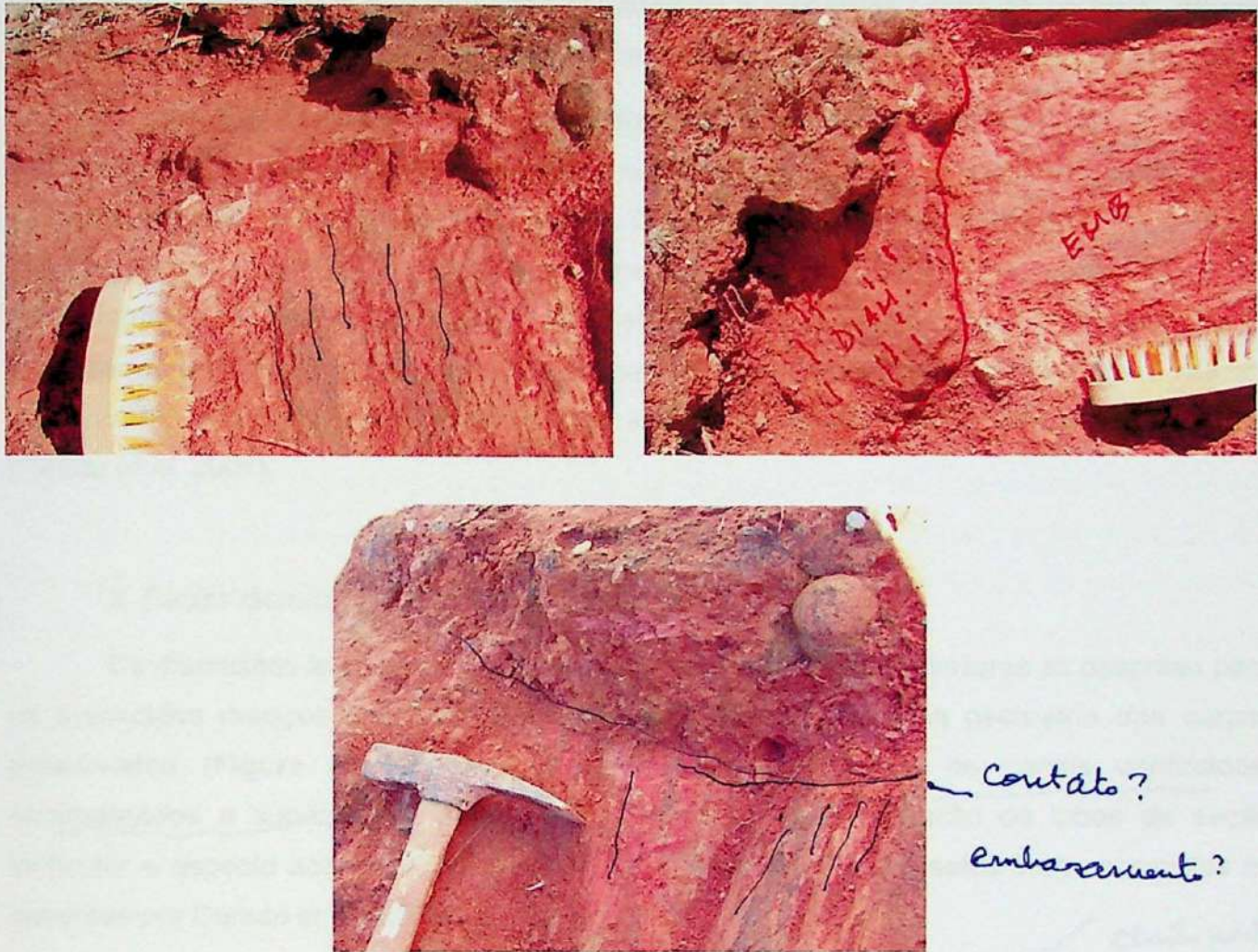


Figura 6.2.2.1 – Ponto 57; Tillito ? so' ?

**Interpretação:** Conforme as explicações observadas em Canuto (1999 – Relatório Fapesp inédito), durante o transporte, os detritos são colocados em contato com o substrato da geleira. O coeficiente de fricção desenvolvido pelo movimento da geleira, entre os fragmentos rochosos e o substrato, é superior ao existente entre o gelo e o substrato e, desta forma, têm deslocamento retardado, com relação ao gelo basal circunvizinho. Detritos em processo de tração sobre substrato duro provocam abrasão e erosão do mesmo, causando, no nosso caso, a formação de superfície alisada e estriada sobre o substrato. Quando a força de atrito exercida pelo substrato sobre os fragmentos é suficiente para inibir o movimento destes, ocorre a sua deposição por processo de alojamento, idéia reiterada em Boulton & Deinoux (1981). O depósito resultante forma-se, no geral, em irregularidades do substrato, onde os fragmentos



rochosos arrastados pelo gelo basal são aprisionados e prensados contra as paredes, através da pressão exercida pelo movimento do gelo sobrejacente (Boulton 1971; Canuto 1985 e 1993).

A natureza altamente coesiva dos tills de alojamento relaciona-se com a elevada porcentagem de material argiloso existente na matriz, resultante da abrasão glacial e dos processos de trituração e moagem de detritos. Superfícies planares subhorizontais ou de baixo ângulo ocorrem devidas a cisalhamento na base do diamictito, pela continuidade do deslocamento da geleira por sobre o sedimento liberado e prensado em irregularidade do embasamento. Todas as características acima referidas são exibidas pelo diamictito maciço compactado, interpretado então como tilito de alojamento (Boulton 1971; Canuto 1985 e 1993; Canuto *et al.* 2001).

### 3. Fácies diamictito lenticular

Os diamictitos lenticulares observados exibem características similares às descritas para os diamictitos maciços tabulares, diferenciando-se basicamente pela geometria dos corpos preservados (**Figura 6.2.2.2**), a qual se apresenta em forma de canais confinados, amalgamados e superpostos, desenvolvidos através da movimentação de lobos de seção lenticular e aspecto acanalado, centimétricos a decimétricos, feições estas muito parecidas às descritas por Canuto *et al.* (2001). *Onde?*



Figura 6.2.2.2 – Ponto 54; Diamictito lenticular



Os diamictitos apresentam clastos, centimétricos, subarredondados e subangulosos, sustentados por matriz arenosa. Para exemplificar considera-se o diamictito do Ponto 54 (04).

**Interpretação:** Fluxo coesivo de detritos. Os diamictitos fluem talude ou rampa abaixo através de canais que se amalgamam e se sobrepõem (Lowe 1982; Postma 1986; Canuto 1993). Apresentam as mesmas características descritas para os diamictitos maciços tabulares, distinguindo-se pela geometria dos corpos. Os corpos sedimentares confinados se desenvolveram através da movimentação de lobos de seção lenticular e aspecto acanalado, centimétricos a decimétricos, feições estas muito parecidas às descritas por Canuto (1999). Os diamictitos maciços lenticulares podem manter seu curso ou modificá-lo lateralmente, de acordo com possíveis irregularidades no talude ou rampa, resultando em sobreposição e colmatação dos corpos (Lowe 1982). São depositados em partes um pouco mais distais da parte superior de leques submarinos, relativamente aos diamictitos tabulares, onde a declividade do talude pode ser mais acentuada. Estes diamictitos também são interpretados como produtos de fluxos coesivos de detritos (Lowe 1979 e 1982; Visser 1983; Postma 1986; Canuto 1999; Canuto *et al.* 2001).

#### 6.2.3 DEFINIÇÃO DE FÁCIES COMPOSTAS POR ARENITO

##### 4. Arenito com estratificação cruzada e granodecrescência ascendente

Os arenitos correspondentes a esta fácies, na área do estudo, apresentam granulometria fina a média. Exibem estratificação e laminação cruzada acanalada além de granodecrescência ascendente. Exemplo: Ponto 145 (adicionais).

**Interpretação:** Os arenitos desta fácies podem ocorrer depositados sobre diamictito, sobre folhelho e siltito com clastos caídos, e também sobre folhelho ou siltito sem clastos, sempre através de contato brusco erosivo. Podem, também, ser sobrepostos por folhelho ou siltito com clastos caídos, diamictito, folhelho ou siltito sem clastos, e arenito fino, bem selecionado, com laminação cruzada, normalmente por contato brusco.



Em situações nas quais se associam a diamictito maciço compactado, diamictito maciço compactado deformado e diamictito maciço não compactado, correspondem a arenitos fluvio-glaciais, na forma de depósitos de lavagem (*outwash*). *Terrestre?*

Quando ocorrem intercalados a folhelhos ou siltitos com clastos caídos, podem representar depósitos de canais de marés, com estruturas sedimentares direcionadas rumo ao continente, durante fases de elevação relativa do nível do mar, que, no caso de bacias glaciadas, ocorre diretamente associada à época de recuo de geleiras, com a presença de icebergs.

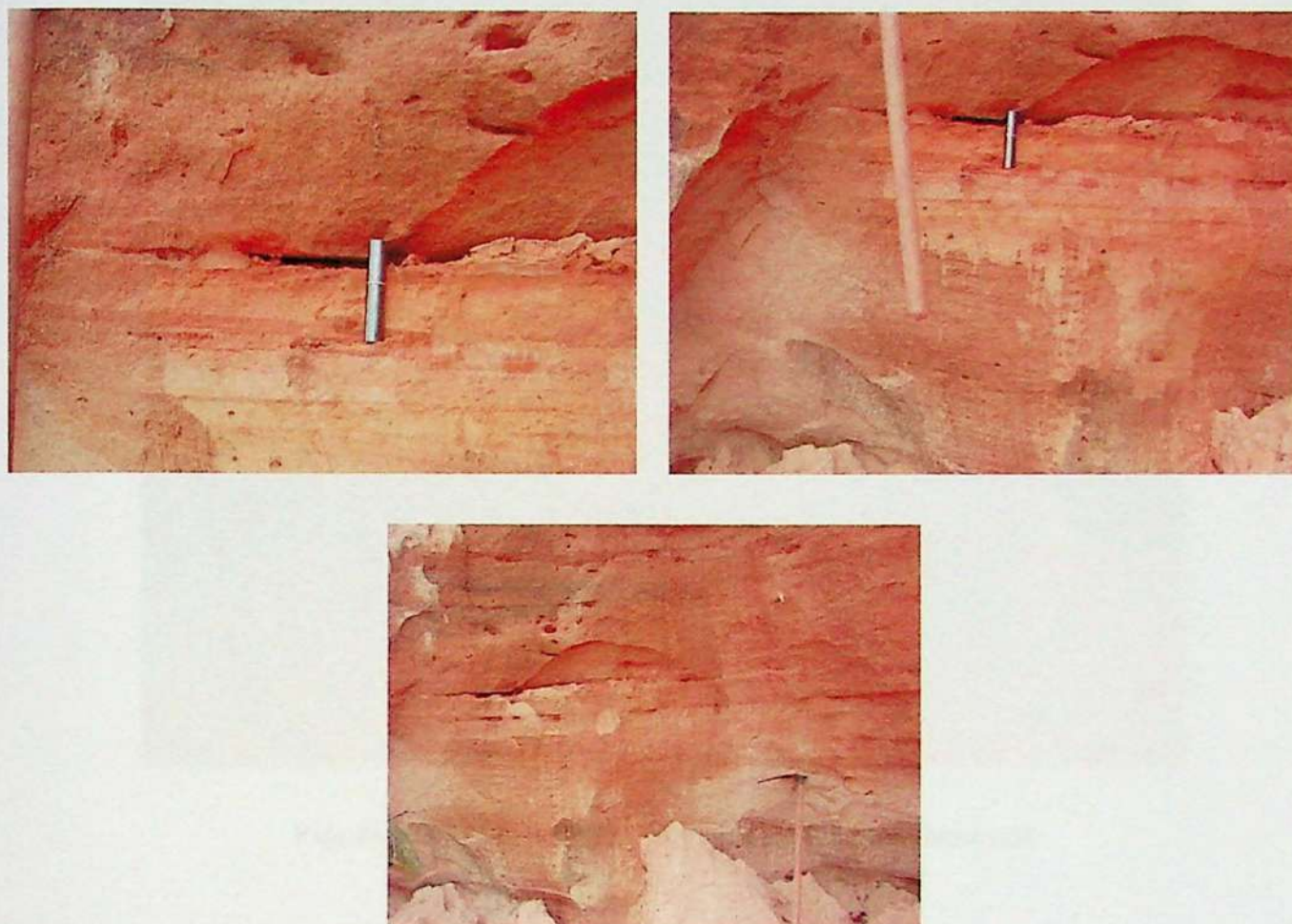
Em caso de associação a folhelho ou siltito sem clastos, representa depósitos fluvio-deltáicos associados a sedimentos depositados em época de mar alto, principalmente em fase tardia (Posamentier & Vail 1988; Haq 1991; Vail *et al.* 1991; Myers & Milton 1998; Canuto *et al.* 2001).

No caso deste trabalho as relações do arenito com outras fácies não foram observadas no campo; porém, na coluna litoestratigráfica construída, verifica-se que estão colocados estratigraficamente acima do diamictito maciço compactado dos Pontos 57 e 63, e abaixo dos folhelhos com clastos do Ponto 63. Assim sendo, foram interpretados como flúvio-glaciais, depositados em planície de lavagem.

##### 5. Fácies arenito com estratificação cruzada longa, de baixo ângulo

Fácies formada por arenito fino a médio, quartzoso, avermelhado, depositado em longos estratos cruzados métricos de baixo ângulo (Figura 6.2.3.1), inferior a 20°, com aproximadamente 2 m de comprimento. Exemplo: Ponto 17 (41).





**Figura 6.2.3.1** – Ponto 17; Arenito depositado em longos estratos cruzados métricos, de baixo ângulo

**Interpretação:** Para os arenitos com estas características sugere-se deposição em região de praia (Reineck & Singh 1980; Canuto 1993).

#### 6. *Fácies arenito maciço com ondulações truncantes*

Arenito fino, bem selecionado, aspecto geral maciço (**Figura 6.2.3.2**). Apresenta estratificação cruzada em forma de truncamentos oblíquos de baixo ângulo; estratos de dimensões decimétricas a métricas. Exemplo: Ponto 29 (29).

*Verde na Fig. 2*





**Figura 6.2.3.2** – Ponto 29; Arenito com clastos dispersos

**Interpretação:** As estratificações cruzadas, exibidas pelos arenitos desta fácies, são análogas às descritas originalmente por Harms et al. (1975), que se caracterizam por laminações quase paralelas às superfícies limitantes inferiores erosivas dos estratos, sendo que ambas mergulham com ângulos usualmente menores do que  $10^\circ$ .

As lâminas podem se espessar lateralmente numa camada, e a direção de mergulho das superfícies erosivas das camadas e das lâminas sobrejacentes podem apresentar direções dispersas. Em planta esta fácies exibe irregularidades sob a forma de pequenos montículos (hummockies) e depressões rasas (swales). Essas feições sedimentares, que, usualmente, se desenvolvem em arenitos finos, são interpretadas como geradas por fluxo oscilatório decorrentes da interação da base de ondas de tempestade com o substrato arenoso (Duke 1985, 1990). Estas são preservadas quando geradas na zona de transição da face de praia (shoreface transition) e no âmbito da plataforma continental (offshore), ambas compreendidas entre o nível de base de ondas de tempo bom e nível de base de ondas de tempestade. Harms et al. (1975) denominou estas estruturas sedimentares como “estratificação cruzada hummocky” (hummocky cross-stratification), as quais, tendo em vista suas associações faciológicas, são



interpretadas como associadas à ação de ondas de tempestade (Okasaki & Matsuda 1995, Walker 1992a, Canuto et al. 2001).

### 7. *Fácies arenito tabular*

Apresenta variação granulométrica fina a média, aspecto geral maciço. Ocorre em forma de camadas tabulares (**Figura 6.2.3.3**), com espessura decimétrica a métrica. Contato basal brusco, às vezes contendo turboglifos; o contato superior pode gradar para siltito-argiloso. Internamente mostra laminação horizontal, irregular, interrompida ou, às vezes, dobrada. Exemplo: Ponto 21 (37).



**Figura 6.2.3.3 – Ponto 21; Arenito tabular**

*gr* **Interpretação:** Os arenitos dessa fácies apresentam-se com aspecto geral maciço, contendo clastos suspensos, sem gradação aparente, e com estruturas de escape de água no topo das camadas, características estas típicas de fluxos liquefeitos ou fluidizados (Lowe 1976 e 1982, Canuto et al. 2001). Segundo Lowe (1976 e 1979), o caráter intergranular ascensional dos fluxos liquefeitos, responsáveis pela deposição de arenitos finos e siltitos arenosos, com aspecto maciço, ou mostrando estruturas de escape de água, torna-os potencialmente móveis



por longas distâncias. Todavia, esta capacidade de deslocamento no espaço físico é, em parte, discutível, como comentou Mutti (1992).

Embora conceitualmente importantes, os fluxos liquefeitos e fluidizados não são aparentemente eficazes no transporte de quantidades significativas de sedimento através de grandes distâncias (Mutti 1992, Salvetti 2005). Entretanto, para sustentar clastos em sua matriz, são necessárias pressão dispersiva e resistência da matriz. Assim, fluxos liquefeitos e fluxos turbidíticos, caracteristicamente turbulentos, não apresentam condições necessárias para manter clastos em suspensão, visto que, nesses tipos de fluxos, a carga de clásticos grossos é transportada por arrasto junto ao substrato por sobre o qual fluem (Salvetti 2005).

Desta forma, interpreta-se que estes arenitos foram depositados por fluxos de detritos arenosos (*sandy debris flow* - Shanmungam 1996), em que a resistência da matriz é suficiente para sustentar partículas de dimensões diversas, inclusive clastos centimétricos. Esses fluxos de detritos arenosos se localizariam, preferencialmente, na parte intermediária de leques submarinos (*middle-fan* ou *suprafan*) distribuídos ao longo da borda da bacia, os quais eram alimentados pelas águas de degelo (Mastalerz 1995, Canuto et al. 2001, Salvetti 2005).

A ausência generalizada de estruturas sedimentares resultantes de transporte e deposição através de mecanismos de tração ou correntes subaquáticas, a espessura regular e a geometria das camadas sedimentares, e a superposição direta de unidades areníticas bem selecionadas, sem gradação, alternando-se com camadas lamíticas, corroboram a hipótese de gênese por fluxos de detritos arenosos (*sandy debris flow* - Shanmungam 1996). Estruturas internas, tais como lâminas sub-horizontais, irregulares, interrompidas lateralmente, deformadas, que formam, às vezes, dobras estiradas e recumbentes, resultam de cisalhamento sindeposicional (Nardin et al. 1979), ou deformação hidroplástica, seguida ou acompanhada de liquefação parcial, e afundamento de camadas superiores devido a instabilidade de densidade e escape de água na vertical (Lowe 1976). A ocorrência de estruturas “em prato” (*dish structures*) e outras estruturas de escape de água sob a forma de canais irregulares verticalizados, preenchidos por arenito possivelmente fluidificado (*pillars* - Lowe 1975 e 1976), indicam estado de liquefação nos estágios finais da deposição por fluxos de detritos arenosos.



#### 6.2.4 DEFINIÇÃO DE FÁCIES COMPOSTAS POR FOLHELHO

##### 8. *Fácies folhelho laminado ou maciço*

Folhelho vermelho com aspecto geral maciço, localmente com laminação plano-paralela horizontal incipiente e intercalações delgadas de arenito fino e ou siltito maciços (**Figura 6.2.4.1**). Exemplo: Ponto 62 (adicionais).



OK

**Figura 6.2.4.1 – Ponto 62 (adicionais); Folhelho maciço**

**Interpretação:** Deposição de material em suspensão, em zona de planície de lama (Reineck and Singh, 1980). Os folhelhos / argilitos dessa unidade faciológica, tem como característica a rara presença de estruturas de marcas onduladas e outras estruturas sedimentares de tração, o que pode indicar que sua deposição ocorreu, no geral, abaixo do nível de base das ondas normais. Dessa forma, o principal processo sedimentar atuante na gênese desta fácies, foi a deposição por decantação de carga em suspensão, provavelmente em ambiente marinho, com o nível relativo do mar mais alto que nos casos relativos à fácies até então descritas, onde sedimentos mais grossos normalmente são depositados (Selley 1985, Canuto et al. 2001, Salvetti 2005). Esse processo, provavelmente, deve ter atuado também na



deposição dos níveis areno-siltosos existentes, visto que esses não apresentam estruturas indicativas de corrente (Salvetti 2005).

#### 9. *Fácies folhelho laminado ou maciço com clastos dispersos*

Os folhelhos desta fácies apresentam aspecto maciço ou com laminação submilimétrica a milimétrica insipiente (**Figura 6.2.4.2**), plano-paralela horizontal insipiente ou rítmica, coloração vermelha acastanhada, e incluem a presença de clastos isolados e dispersos centimétricos. Exemplo: Ponto 63 (adicional).



**Figura 6.2.4.2** – Ponto 63; Folhelho com clastos *caídos*

**Interpretação:** Os sedimentos desta fácies, da mesma forma que a fácies folhelho laminado ou maciço (sem clastos), correspondem a depósitos subaquáticos de decantação de carga em suspensão, provavelmente em ambiente marinho, porém, neste caso, são associados à queda de detritos liberados por icebergs (Selley 1985, Canuto et al. 2001, Salvetti 2005). Basicamente, a diferença entre esta fácies e a anterior é a presença de clastos caídos, cuja presença é interpretada como evidência de influência glacial indireta, indicando distanciamento menor da frente glacial em recuo. Esta fácies corresponde à “associação sedimentar



glaciomarinha distal" definida por Boulton & Deinoux (1981), ou ainda, ao "ambiente glaciomarinho distal", em fase de recuo glacial, conforme denominado por Eyles et al. (1985). A grande quantidade de água de degelo liberada pelas geleiras, na fase de recuo glacial, ocasiona a elevação do nível relativo do mar, o que possibilita a instalação de fase marinha transgressiva (Canuto 1999; Canuto et al. 2001).

#### 6.2.5 DEFINIÇÃO DE FÁCIES COMPOSTAS POR SILTITO

##### 10. *Fácies siltito maciço*

Correspondem a siltitos vermelhos, de aspecto geral maciço a irregularmente estratificados (**Figura 6.2.5.1**). Exemplo: Ponto 37 (21).



**Figura 6.2.5.1 – Ponto 37; Siltito vermelho**

**Interpretação:** Esta fácies é interpretada como correspondente a sedimentos depositados por decantação de material em suspensão, em região de transição entre a antepraia inferior (shoreface) e planície de lama (offshore - Reineck & Singh 1980). Esta fácies é interpretada como correspondente a sedimentos depositados por decantação de material em



suspensão, em região de transição entre a antepraia inferior (shoreface) e planície de lama (offshore - Reineck & Singh 1980).

A associação de icnofósseis do icnogênero *Cruziana* (Fig. 68) pode ocorrer em ambientes deposicionais que incluem desde a zona de transição da antepraia inferior (shoreface transition) até a costa afora inferior (offshore), ambas compreendidas entre o nível de base de ondas de tempo bom e nível de base de ondas de tempestade (Collinson & Thompson 1982, Pemberton et al. 1992, Walker & Plint 1992).

#### 11. *Fácies siltito maciço com clastos dispersos*

Siltito arenoso acinzentado, de aspecto geral maciço, contendo clastos dispersos centimétricos (Figura 6.2.5.2). Exemplo: Ponto 35 (23).



Figura 6.2.5.2 – Ponto 35; Siltito arenoso *c/ clasto caído?*

*OK*

**Interpretação:** Da mesma forma que no caso anterior, esta fácies corresponde a sedimentos depositados por decantação de material em suspensão, em região de transição entre a antepraia inferior (shoreface) e a planície de lama (offshore - Reineck & Singh 1980). No entanto, demonstra influência glacial indireta, dada a presença de clastos caídos de icebergs.



Pode se associar, abaixo, a arenitos marinhos costeiros e, acima, a folhelhos com clastos caídos, o que caracteriza, desta forma, fase de recuo de geleiras, seguida de transgressão marinha.

## 6.2.6 DEFINIÇÃO DE FÁCIES COMPOSTAS POR INTERLAMINADO

### 12. *Fácies interlaminado II*

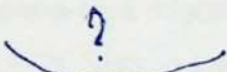
Interlaminado composto por arenito fino com laminação cruzada incipiente e siltito arenoso com laminação horizontal (**Figura 6.2.6.1**). Exemplo: Ponto 21(37). A fácies interlaminado II caracteriza-se pela alternância cíclica de siltito e arenito fino. Esse par litológico usualmente é centimétrico em espessura, sendo o estrato arenoso, de cor cinza claro, geralmente o mais espesso. O contato inferior das lâminas arenosas sobre a siltosas comumente é brusco, enquanto o contato superior tende a ser gradacional.



(a) Arenito Tabular



(b) Interlaminado II

  
Figura 6.2.6.1 – Ponto 21

Quando observadas em detalhe verifica-se que os siltitos apresentam laminação plano-paralela horizontal, ao passo que os arenitos exibem estruturas sedimentares indicativas de ambiente mais energético, tais como, laminação cruzada, lenticular, cruzada sigmoidal e ondulada. Essas evidências sugerem alternância de processos sedimentares de suspensão e



tração. As características apresentam similaridades com a fácies Inter laminado II descrita por Canuto (1993). Exemplo: Ponto 21.

**Interpretação:** Esta fácies é semelhante à fácies Inter laminado intermediário descrita por Canuto (1993) para o topo da Formação Rio do Sul, na região de Rio do Sul no Estado de Santa Catarina. A ciclicidade de litologias e as estruturas sedimentares do inter laminado, que evidenciam alternância de processos sedimentares por tração e suspensão, assemelham-se aos acamamentos de maré (tidal bedding - Reineck & Singh 1980, entre outros), típicos de zonas inferiores de planícies de marés (Canuto 1993, Canuto et al. 2001). A ocorrência de estruturas, tais como, laminações cruzadas, lenticulares e onduladas, além de laminação plano-paralela horizontal, conferida pela inter laminação de arenito muito fino e siltito, são de particular importância na caracterização de um ambiente sedimentar influenciado por marés (Canuto 1993). Klein (1971 e 1972) considera que sedimentos que contenham essas feições sejam, possivelmente, originados em planície de maré intermediária.

Como tem sido demonstrado na literatura a bimodalidade vetorial de correntes de transporte sedimentar, exibida nas laminações e estratificações cruzadas, é uma feição diagnóstica importante de depósitos de planícies de marés (Raaf & Boersma 1971). No entanto, ao se analisar partes isoladas do registro sedimentar de ambientes influenciados por maré, pode existir unimodalidade vetorial, e no caso de existir bimodalidade, sua frequência pode ser totalmente variável (Raaf & Boersma 1971). Deste modo, conforme argumentou Canuto (1993), intervalos unimodais e bimodais podem ocorrer superpostos em qualquer ordem, tornando-se difícil estabelecer os limites relativos à magnitude de intervalos com um ou outro tipo de estrutura, seja bimodal ou unimodal. A unimodalidade vetorial de fluxo de corrente de maré está relacionada à fase construcional em ambiente dominado por inundação (avanço da maré) ou vazante (reco da maré), ou seja, refere-se à migração de formas de leito durante apenas uma das fases do ciclo de maré (Klein 1970). Visto o que acima foi argumentado, interpreta-se que esta fácies tem a gênese relacionada à alternância de processos de tração e suspensão depositados em ambiente marinho costeiro influenciado por maré.



### 6.3. ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES DEFINIDAS NA ÁREA DO ESTUDO

O estudo e definição de associações de fácies no contexto aqui considerado, ou seja, associado à presença de glaciação em bacias intracratônicas, seguiu o mesmo esquema aplicado por Canuto *et al.* (2001).

Com base no estudo da sucessão vertical das litologias reconhecidas, conforme a disposição observada na coluna litoestratigráfica (**Anexo IV**) e na análise de Fácies, efetuadas através da interpretação das relações entre as Fácies identificadas e propostas, foram reconhecidas quatro associações distintas de Fácies, denominadas, preliminarmente, **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>**, **A<sub>3</sub>** e **A<sub>4</sub>**, consideradas como ocorrendo, pela ordem, de baixo para cima, e recorrentes nessa ordem no tempo.

Da análise efetuada, observou-se, ao longo da coluna litoestratigráfica construída, que existem litofacies diagnósticas, no sentido de caracterizar diferentes associações de Fácies; entretanto, existem algumas litofacies presentes em mais de uma associação, podendo ser diagnósticas de até duas associações de fácies, necessitando-se, então, de um critério distinto, ou mais, para separá-las em suas individualidades. Outras litofacies existem que ocorrem praticamente em todas as associações, não sendo, portanto, diagnósticas.

A seguir, são apresentadas as associações de Fácies aqui definidas, incluindo as Fácies diagnósticas, compostas do nome da Fácies adicionado do símbolo (\*), bem como as não diagnósticas.

#### 6.3.1 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES A<sub>1</sub>

##### Composição

*Forma*

A associação de fácies A<sub>1</sub> é composta pelo conjunto de litofacies apresentado abaixo:

- 1) Fácies diamictito maciço compactado (\*).
- 2) Fácies diamictito lenticular.
- 3) Fácies arenito com estratificação cruzada e granodecrescência ascendente.



### Interpretação

A fácies diagnóstica pertencente a esta associação relaciona-se a fase de avanço glacial, indicando a presença de manto de gelo, como é o caso de fácies compostas por diamictito maciço compactado.

Por outro lado, outra fácies presente composta por diamictito, a fácies diamictito lenticular, pode ter sido depositada através de fluxos gravitacionais de sedimentos, que podem se desenvolver, alguns, em ambiente terrestre, supraglacialmente, e outros em leques submarinos, ou mesmo em leques de menores dimensões em lagos. Na área do estudo, no caso da associação de fácies A<sub>1</sub>, o diamictito lenticular pode ter tido deposição subaérea. A interpretação foi considerada por não terem sido observados sedimentos subaquáticos sobre o diamictito. Entretanto, pode ser que eventuais sedimentos subaquáticos possam ter sido erodidos.

Os arenitos com estratificação cruzada e granodecrescência ascendente correspondem a sedimentos depositados em planícies de lavagem, pró-glaciais. *Terrestre?*

#### 6.3.2 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES A<sub>2</sub>

### Composição

A associação de Fácies A<sub>2</sub> é composta pelo conjunto de litofacies apresentado abaixo:

- 1) Fácies diamictito lenticular.
- 2) Fácies diamictito tabular.
- 3) Fácies arenito com estratificação cruzada longa, de baixo ângulo.
- 4) Fácies arenito com estratificação cruzada e granodecrescência ascendente.
- 5) Fácies arenito tabular.
- 6) Fácies folhelho com clastos dispersos (\*).
- 7) Fácies siltito maciço com clastos dispersos (\*).
- 8) Fácies interlaminado II (\*).



### Interpretação

*arenito mais fluidificado*

O arenito tabular provavelmente é fluidificado e se insere na classificação de fluxos gravitacionais de sedimentos.

Os diamictitos tabulares e lenticulares foram depositados através de fluxos de detritos coesivos que originam estes diamictitos se desenvolvem na parte proximal do talude ou plataforma, onde a inclinação é mais suave e relativamente regular, e se deslocam livremente declive abaixo em condições não-canalizadas (não-confinadas).

Os diamictitos lenticulares apresentam as mesmas características descritas para os diamictitos maciços tabulares, deles distinguindo-se pela geometria dos depósitos, neste caso lobos acanalados.

Os fluxos de detritos coesivos, que geram esses diamictitos, podem manter seu curso ou mudá-lo lateralmente, de acordo com possíveis irregularidades do talude ou rampa, o que resulta na sobreposição e colmatção dos depósitos (Lowe 1982, Canuto 1993, Canuto *et al.* 2001). Em relação ao diamictito tabular, o diamictito lenticular é depositado em partes mais distais da parte superior dos leques submarinos, onde a declividade do talude geralmente é mais acentuada.

*Querumo?*

Os arenitos com estratificação cruzada e granodecrescência ascendente podem estar relacionados a canais de marés, mostrando direções de corrente rumo ao continente, em fases de elevação das mesmas.

Os folhelhos e siltitos com clastos dispersos, característicos de ambientes glácio-marinhos, que, normalmente, se sobrepõem aos arenitos acima mencionados, são depositados durante fase de degelo, ou recuo glacial.

Nesta fase, há a liberação de grandes quantidades de água devido ao derretimento do gelo que compõe o manto glacial, causando a elevação do nível do mar, e a fragmentação da geleira, com o consequente desprendimento de icebergs, os quais flutuam ao largo, ou costa afora (*offshore*), liberando clastos que caem no fundo do corpo d'água marinho, testemunhando favoravelmente à evolução de fase de recuo glacial.

Interlaminados também são associados a ambiente sedimentar influenciado por marés.

A posição estratigráfica da associação de Fácies A<sub>2</sub>, sobreposta à associação de Fácies A<sub>1</sub>, tendo esta última evoluído num contexto de geleiras assentadas sobre substrato terrestre e de subambientes pró-glaciais, e de fase correspondente a nível relativo de mar baixo, reforça a



idéia de que a associação de Fácies  $A_2$  corresponde a uma fase de deposição durante época de progressiva elevação relativa do nível do mar.

As Fácies diagnósticas observadas nesta associação sugerem sua deposição durante fase de mar em ascensão.

### 6.3.3 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES $A_3$

#### Composição

A associação de fácies  $A_3$  é composta pelo conjunto de litofacies apresentado abaixo:

- 1) Fácies diamictito lenticular.
- 2) Fácies folhelho laminado ou maciço (\*).
- 3) Fácies siltito maciço (\*).

#### Interpretação

OK } As fácies diagnósticas características desta associação são constituídas por siltito maciço e folhelho ou argilito maciço ou laminado, correspondentes, respectivamente, a sedimentos depositados em região de transição entre a base da antepraia e a plataforma de lama, e a própria plataforma de lama, costa a fora (*offshore*), sugerindo deposição em águas relativamente mais profundas.

Os siltitos, que correspondem a sedimentos depositados em região de transição, entre a parte inferior de antepraia e a planície de lama, são característicos de zona de transição entre águas mais rasas e águas relativamente mais profundas, onde são depositados os folhelhos.

Os diamictitos presentes correspondem a fluxos gravitacionais de sedimentos do tipo lenticular, que se desenvolveram pela desestabilização de pilha sedimentar acomodada na margem do corpo d'água marinho, provavelmente devido ao encharcamento sofrido através da elevação relativa do nível do mar.

A posição estratigráfica dos sedimentos componentes desta associação de fácies, sobrejacente à posição ocupada pela associação descrita anteriormente, típica de época de



mar em ascensão, classifica a associação de fácies A<sub>3</sub> como relacionada a época de mar mais profundo, com nível relativamente estagnado.

#### 6.3.4 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES A<sub>4</sub>

##### Composição

A associação de fácies A<sub>4</sub> é composta pelo conjunto de litofacies apresentado abaixo:

- 1) Fácies arenito com estratificação cruzada longa, de baixo ângulo (\*).
- 2) Fácies arenito com estratificação cruzada e granodecrescência ascendente.
- 3) Fácies siltito maciço com ondulações truncantes (\*).
- 4) Fácies interlaminado II (\*).

##### Interpretação

A fácies interlaminado, diagnóstica desta associação, corresponde a sedimentos com estruturas sedimentares que indicam a alternância de processos de tração e suspensão na variedade I<sub>II</sub>, característicos de ambientes influenciados por marés.

Os arenitos da fácies arenito com estratificação cruzada e granodecrescência ascendente constituem sedimentos flúvio-deltáicos, depositados na borda de corpo de água marinho, portanto, também associado a ambientes marinhos costeiros.

A fácies arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo é constituída por sedimentos depositados em ambientes marinhos rasos, mais propriamente de antepraia.

O siltito maciço com ondulações truncantes é depositado a partir de material em suspensão, por decantação, em região basal de antepraia, ainda sob influência de tempestades, próxima à planície de lama (Reineck & Singh 1980; Canuto *et al.* 2001).

As características sedimentares mostradas e discutidas acima sugerem que a associação de fácies A<sub>4</sub> está associada a uma fase de queda relativa do nível do mar, ou seja, uma regressão marinha.



As fácies pertencentes a esta associação, quando dispostas no topo da sucessão podem apresentar feições de abrasão e cisalhamento, como estrias, dobras, falhas reversas, entre outras.

Canuto (1999) e Canuto *et al.* (2001) informaram que algumas das fácies consideradas como diagnósticas, na verdade podem ser diagnósticas de duas associações de fácies, necessitando-se, então, da utilização de outros parâmetros para definir sua representação mais adequada. Podem ser citadas como exemplos, dentre as que ocorrem na área do estudo:

- Fácies interlaminado II (\*)

### Dualidade de diagnóstico relativa a uma fácies diagnóstica

As Fácies interlaminado I, II ou III (Canuto, 1993) podem ser diagnósticas da associação de fácies  $A_2$  e  $A_4$ , porque são características de planícies de marés, que ocorrem tanto na  $A_2$  como na  $A_4$ . Pode ocorrer de esta fácies ocorrer individualmente, sem outras fácies diagnósticas, seja de  $A_2$  ou  $A_4$ .

A distinção se faz observando-se a relação da fácies interlaminado com outras fácies da associação de fácies na qual ela ocorre e as fácies e associações de fácies localizadas abaixo e acima. Por exemplo: para o interlaminado estar diagnosticando uma associação  $A_2$  deve estar acima de fácies diagnósticas da associação  $A_1$  e estar abaixo de fácies da associação  $A_3$ . Se estiver acima da associação  $A_3$ , o interlaminado estará diagnosticando a associação  $A_4$ .

## 6.4. INTERPRETAÇÃO DO SIGNIFICADO DAS ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES, COM REFERÊNCIA AO CICLO DA VARIAÇÃO RELATIVA DO NÍVEL DO MAR; SUAS POSIÇÕES ESTRATIGRÁFICAS NO REFERIDO CICLO E OS CONTATOS INTERASSOCIAÇÕES

### 6.4.1 INTERPRETAÇÕES RELATIVAS À ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES $A_1$

A associação de facies  $A_1$ , aqui apresentada, caracteriza um cenário dominado pela presença de manto glacial, normalmente assentado sobre área continental, atingindo região de plataforma marinha interna e externa (Canuto, 1985), em época de mar baixo.

O contato inferior desta associação é caracterizado por superfície erosiva regional, causada por processo de abrasão glacial.

Longo período de intemp. e erosão



O contato superior é representado por uma superfície que separa, normalmente, folhelhos silticos com clastos caídos da base da associação de fácies A2 sobrepostos a arenitos flúvio-glaciais do topo da associação de fácies A1, caracterizando-se, então, uma superfície transgressiva entre as duas associações.

De posse dos dados acima, considera-se a associação de fácies A1, aqui proposta, como um trato de sistemas de mar baixo (TSMB).

#### 6.4.2 INTERPRETAÇÕES RELATIVAS À ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES A<sub>2</sub>

A associação de fácies A2 é composta predominantemente por sedimentos depositados em ambientes marinhos rasos, costeiros, e glácio-marinhos, e coloca-se estratigraficamente acima da associação de fácies A1, que é composta de sedimentos predominantemente glácio-continentais, depositados em época de mar baixo.

Seu contato inferior, com a Associação de fácies A1, foi, já, definido e exemplificado acima (corresponde ao contato superior da associação A1).

O contato superior dos sedimentos da associação de fácies A2 com os sedimentos da base da associação de fácies A3 é marcado, normalmente, onde surgem os primeiros folhelhos marinhos sem clastos, sendo sua base considerada como uma superfície de máxima inundação (maximum flooding surface; Galloway, 1989).

A associação de fácies A2 associa-se a eventos dominados por elevação relativa do nível do mar, caracterizando épocas de mar transgressivo, representando, portanto, um trato de sistemas transgressivos (TST).

#### 6.4.3 INTERPRETAÇÕES RELATIVAS À ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES A<sub>3</sub>

A associação de fácies A3 é composta por sedimentos que, em conjunto, caracterizam uma época de nível do mar relativamente estabilizado. Desenvolve-se após uma época de máxima inundação ocasião na qual forma-se, conforme considerado, uma superfície de inundação máxima na área correspondente ao que seria a plataforma, no esquema original de margem continental passiva, e é marcada pela presença de parassequências empilhadas agradacionalmente. A associação de fácies A3 é limitada, na base, pela superfície de inundação máxima (maximum flooding surface; Galloway, 1989), já mencionada acima.



O contato superior desta associação é convencionado, normalmente, a partir do primeiro aparecimento da facies interlaminado, ou, em sua ausência, ou se ocorrerem antes da facies interlaminado, pode ser considerada, também, a base de facies relativas a arenitos marinhos costeiros, colocados estratigraficamente acima dos folhelhos da associação de facies A3.

A associação de facies A3, sendo representativa de fases de nível do mar relativamente estabilizado, caracteriza, destarte, um trato de sistemas de mar alto (TSMA).

#### 6.4.4 INTERPRETAÇÕES RELATIVAS À ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES A<sub>4</sub>

A associação de facies A4 mostra uma sucessão sedimentar característica de abaixamento relativo e gradativo do nível do mar, incluindo as fácies listadas em sua descrição e definição.

O contato inferior desta associação foi, já, descrito acima, equivalendo ao próprio contato superior da associação de facies A3.

O contato superior da associação de facies A4 corresponde a um novo pavimento estriado (pode ser liso e aplainado, sem ser estriado), que forma uma superfície limitante entre esta associação e a associação de facies A1, que recorre sobre a associação de facies A4.

Os sedimentos do topo da associação de facies A4, próximo ao contato superior, normalmente apresentam-se deformados, devido a glacioteconismo causado por novo avanço e sobrepassagem de geleira, formando, por abrasão, nova superfície estriada, que corresponde à superfície limitante entre dois ciclos completos de variação relativa do nível do mar.

A recorrência da associação de facies A1 demonstra o retorno do contexto dominado por glaciação na área do estudo, configurando um cenário de nova queda relativa do nível do mar. Estas informações indicam que a associação de facies A4 corresponde a um trato de sistemas regressivos, que completa um ciclo de variação relativa do nível do mar, em uma bacia intracratônica glaciada.

No âmbito da Estratigrafia de Sequências, considerando-se uma bacia intracratônica glaciada, o conjunto de Associações de fácies composto por A1, A2, A3 e A4 correspondem à sucessão de tratos de sistemas deposicionais, respectivamente trato de sistemas de mar baixo, trato de sistemas transgressivos, trato de sistemas de mar alto e trato de sistemas regressivos glácioisostáticos (TSRGi).



## 6.5. ARCABOUÇO CRONOESTRATIGRÁFICO PRELIMINAR – SEQUÊNCIAS DE 3ª ORDEM

Da análise estratigráfica elaborada nos itens anteriores, foram reconhecidos, preliminarmente, quatro ciclos sedimentares equivalentes a seqüências de 3ª ordem, os quais serão considerados como tal (seqüências de 3ª ordem), denominadas, informalmente, S1, S2, S3 e S4.

A primeira seqüência (S1) apresenta-se de maneira completa, incluindo os quatro tratos de sistemas normais em uma bacia glaciada: TSMB, TST, TSMA e TSRGi, tendo se desenvolvido, inicialmente, sobre área sedimentar continental influenciada por glaciação, posteriormente marcando a presença de evento marinho transgressivo. Na segunda seqüência (S2) está ausente o TSMB, verificando-se a presença dos demais. A terceira seqüência (S3), da mesma forma que a primeira, também se apresenta de maneira completa, com os quatro tratos de sistemas. Finalmente, a quarta seqüência reconhecida se mostra incompleta, estando ausente o TSMB e, também, o TSRGi.

A ausência do TSMB em S2 e S4 pode estar relacionada ao desenvolvimento de algum processo de erosão que teria ocorrido durante e ou após o recuo da geleira, se tiver havido deposição. Nos dois casos a deve ter havido a atuação de geleiras pois, acima do TSRGi de S1 e S3, são observados clastos caídos em folhelhos e siltitos, evidenciando a presença de icebergs.

Talvez o TSMB possa ser reconhecido no levantamento de seções geológicas correspondentes aos intervalos estratigráficos, em estradas paralelas à estrada onde foi elaborado o perfil selecionado, se puderem ter sido preservados, de maneira que se possa completar o arcabouço cronoestratigráfico construído.

As seqüências observadas apresentam espessuras entre 55 e 70 m, sugerindo ciclicidade relativamente regular, e foram consideradas completas ou incompletas de acordo com o modelo de Canuto et al. (2001).

À arquitetura estratigráfica caracterizada acima estão sendo aplicados os conceitos de Estratigrafia de Sequências, tendo sido elaborados os devidos ajustes (Canuto et al. 2001), levando-se em conta que a temática está sendo desenvolvida em uma bacia intracratônica e, sobretudo, sob influência glacial.

De posse dos dados discutidos acima e do modelo utilizado (Canuto et al. 2001), conclui-se que os limites entre as seqüências reconhecidas constituem discordâncias basais,



representadas por pavimento estriados, corresponde a superfícies basais limitantes de seqüências de 3ª ordem do tipo 1.

Dado o acima exposto, ficam, então, caracterizadas, preliminarmente, na área do estudo, quatro seqüências de 3ª ordem, S1 e S3 completas, e S2 e S4 incompletas (Anexo IV).



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida F.F.M. 1946. A rocha "Moutonnée" de Salto, Estado de São Paulo. *Boletim de Geologia e Metalurgia*, 5:112-123.
- Andrés F.M. 2009. *Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé (PC) entre as localidades de Pirapitingui e Salto, SP, Bacia do Paraná, Brasil*. Instituto de Geociências – USP, Monografia de Formatura-TF/2009-13
- Antoniali F. & Canuto J.R. *Variação relativa do nível do mar versus avanços e recuos glaciais, Subgrupo Itararé (PC), na região entre Sorocaba e Cajuru do Sul, Bacia do Paraná, Brasil* (Submetido e aceito pelo 45 CBG – 2010).
- Araújo D. 2008. *Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé (Paleozóico superior) e variação relativa do nível do mar, entre Pilar do Sul e Salto de Pirapora, SP, Bacia do Paraná, Brasil*. Instituto de Geociências–USP, Monografia de Formatura-TF/2008-45.
- Araújo M.R. 2002. *Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé (Paleozóico superior), na região entre Indaiatuba e o Ribeirão Monjolo Grande, e estudo preliminar do potencial hidrogeológico dos arenitos presentes, Bacia do Paraná, Brasil*. Instituto de Geociências–USP, Monografia de Formatura-TF/2002-23.
- Boulton G.S. 1971. Till genesis and fabric in Svalbard Spitsbergen. In: R.P. Goldthwait (ed.) *Till: a Symposium*. Ohio State University Press, pp.: 41-72.
- Boulton G.S. & Deinoux M. 1981. Sedimentation in glacial environments and the identification of tills and tillites in ancient sedimentary sequences. *Precambrian Research*, 15(3):397-422.
- Calado A.R. 2009. *Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé (PC) entre as localidades de Salto e Indaiatuba, SP, Bacia do Paraná, Brasil*. Instituto de Geociências–USP, Monografia de Formatura-TF/2009-02.
- Canuto J.R. 1985. *Origem dos diamictitos e de rochas associadas do Subgrupo Itararé, no sul do Estado do Paraná e norte do Estado de Santa Catarina*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 187 p.
- Canuto J.R. 1993. *Fácies e ambientes de sedimentação da Formação Rio do Sul (Permiano), Bacia do Paraná, na região de Rio do Sul, Estado de Santa Catarina*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Tese de Doutorado. 164 p.
- Canuto J.R. 1997. *Estratigrafia de sequências da Bacia do Paraná, do Ordoviciano ao Triássico inferior, e de suas bacias precursoras vendiano-cambrianas, com base em arcabouços cronoestratigráficos de 2ª e de 3ª ordens*. In: SBG, *Simpósio de Geologia do Sudeste*, 5, Penedo. Atas. Boletim de Resumos expandidos, p. 45-46.
- Canuto J.R. 1999. *Estratigrafia de seqüências da sucessão sedimentar glaciogênica neopaleozóica, da Bacia do Paraná: I. Relatório Parcial do Projeto de Pesquisa N° 97/13973-2, FAPESP*.



- Canuto J.R. *Estratigrafia de Seqüências em bacias sedimentares de diferentes idades e estilos tectônicos* (Submetido e aceito pela *Revista Brasileira de Geociências*).
- Canuto J.R., Santos P.R. & Rocha-Campos A.C. *Fácies e associações de fácies de diamictitos do Subgrupo Itararé (Paleozóico superior) no norte de Santa Catarina e sul do Paraná, Bacia do Paraná, Brasil.* (Submetido e aceito pela *Revista Brasileira de Geociências*.)
- Canuto J.R., Santos P.R., Rocha Campos A. C. 2001. *Estratigrafia de seqüências do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico) no leste da Bacia do Paraná, nas regiões sul do Paraná e norte de Santa Catarina.* *Revista Brasileira de Geociências*, **31**(1):107-116.
- Chaves Jr. A.M. & Canuto J.R. 2002. *Fácies and sequence stratigraphy of the Itararé and Guatá Subgroups (Late Paleozoic), northern Paraná Basin, Brazil.* *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **74**(3):542.
- Chaves Junior A.M. 2002. *Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé (Paleozóico Superior), na região entre Monte Mor e o Ribeirão Monjolo Grande, e estudo preliminar do potencial hidrogeológico dos arenitos presentes, Bacia do Paraná, Brasil.* Instituto de Geociências-USP, Monografia de Formatura-TF/2002-02.
- Collinson J.D. & Thompson D.B. 1982. *Sedimentary Structures*. George Allen and Unwin, London, 194 pp.
- Duke W.L. 1985. Hummocky cross-stratification, tropical hurricanes, and intense winter storms. *Sedimentology*, **32**:167-94.
- Duke W.L. 1990. Geostrophic circulation or shallow marine turbidity currents? The dilemma of paleoflow patterns in storm-induced prograding shoreline systems. *Journal of Sedimentary*.
- Eyles C.H., Eyles N., Miall A.D. 1985. Models of glaciomarine deposition and their implications to ancient glacial sequences. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **51**:15-84.
- Florêncio R.V.S. & Canuto J.R. 1998. *Utilização de rochas do Subgrupo Itararé (P-C) na indústria de cerâmica vermelha no município de Indaiatuba, SP.* *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **70**:691-692.
- França A.B. & Potter P.R. 1988. *Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte 1).* *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **2** (2/4):147-191.
- Fúlfaro V.J., Stevaux J.C., de Souza Filho E. E. & Barcelos J. H. 1984. *A Formação Tatui (P) no Estado de São Paulo.* In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, *Anais*, p. 711-720.
- Galloway W.E. 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis 1: Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, **73**:125-142.



- Gama Jr. E.G., Perinotto J.A.J., Ribeiro H.J.S. & Padula E.K. 1992. *Contribuição ao estudo da ressedimentação no Subgrupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional*. Revista Brasileira de Geociências, **22**(2):228-236.
- Gobatto G. 2005. *Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé (Paleozóico superior) entre Sorocaba e Tatuí, e caracterização preliminar do potencial hidrogeológico dos arenitos incluídos na área do estudo, Bacia do Paraná, Brasil*. Instituto de Geociências-USP, Monografia de Formatura-TF/2005-18.
- Gressly A. 1838. Observations géologiques sur lè Jura Soleurois. *Neue Denkschr. Allf. Schweiz. G. Ges., Naturw.*, **2**:1-112.
- Haq B.U., 1991. Sequence stratigraphy, sea-level change, and significance for the deep sea. In: D.I.M. MacDonald (ed.) *Sedimentation, Tectonics and Eustasy*. Intern. Assoc. Sedimentol., 12, Spec. Publ., pp.: 3-39
- Harms J.C., Southard I.B., Spening D.R., Walker R.G. 1975. Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*. Short course 2, Tulsa, 161 pp.
- Klein G. de V. 1970. Depositional and dispersal dynamics of intertidal sand bars. *Journal of Sedimentary Petrology*, **40**:1095-1127.
- Klein G. de V. 1971. A sedimentary model for determining paleotidal range. *Geological Society of America Bulletin*, **82**:2585-2592.
- Klein G. de V. 1972. Determination of Paleotidal range in clastic sedimentary rocks. In: International Geological Congress, 24, Quebec, Harpell's Press, **6**:397-405.
- Lowe D.R. 1982. Sediment gravity flows: depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, **52**(1):279-297.
- Madeira F. 2006. *Análise estratigráfica da sucessão sedimentar glaciogênica gondvânica (Subgrupo Itararé, Grupo Tubarão) e estudo preliminar da variação relativa do nível do mar incluindo possíveis níveis estruturais característicos de reservatórios para hidrocarbonetos e aquíferos, ao longo da Rodovia Castello Branco (SP), Bacia do Paraná, Brasil*. TF/2006-16
- Mastalerz K. 1995. Deposits of high-density turbidity currents on fan-delta slopes: an example from the Upper Visean Szczawno Formation, Intrasudetic Basin, Poland. *Sedimentary Geology*, **98**:121-146.
- Melfi A.J. & Bittencourt I. 1962. *Geologia e pedologia na bacia glacial no distrito de Sousas, Campinas, SP*. Bragantia, Campinas **21**(46).
- Milani E.J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre. Tese de Doutorado, 255 p.



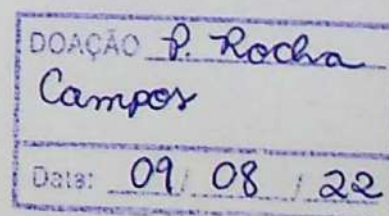
- Milani E.J. 2004. *Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná* in: Virgínio M. Neto; Andréa Bartorelli; Celso Dal Ré Carneiro, Benjamim B. B. Neves (Eds). *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca Editora, p. 265-291.
- Milani E.J. & Ramos V.A. 1998. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **28**(4):527-544.
- Milani E.J. & Zalán P.V. 1999. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. *Episodes*, **22**(3):199-205.
- Mutti E. 1992. *Turbidite sandstone*. Milan, Italy, AGIP Special Publication, 275 p.
- Myers K.J. & Milton N.J. 1998. Concepts and Principles of Sequence Stratigraphy. In: D. Emery & K.J. Myers (eds.) *Sequence Stratigraphy*, Blackwell Science.
- Nardin T.R., Hein F.J., Gorsline D.S., Edwards B.D. 1979. A review of mass movement processes, sediment and acoustic characteristics, and contrast in slope and base-of-slope systems versus canyon-fan-basin floor system. In: L.J. Doyle & O.H. Pilkey *Geology of continental slopes*, SEPM, Special Publication, **2**:61-73.
- Oliveira E.P. 1916. *Geologia do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura Indústria e Comércio, p. 67-143.
- Okasaki H. & Matsuda F. 1995. Sequence stratigraphy of the late Pleistocene Palaeo-Tokyo Bay: barrier islands and associated tidal delta and inlet. In: B.W. Flemming & A. Bartholoä (eds.) *Tidal Signatures in Modern and Ancient Sediments*. Special Publication, **24**, International Association of Sedimentologists, Blackwell Science, pp.: 275-288.
- Pemberton S.G., MacEachen J.A., Frey R.W. 1992. Trace Fossil Facies Models: Environmental and Allostratigraphic Significance. In: R.G. Walker & N.P. James (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, **4**, Love Printing Service Ltd., Ontario, pp.: 47-72.
- Pérez-Vieira G.L. 2007. *Análise e correlação de seqüências de 3ª ordem do Subgrupo Itararé (PC), entre a região de Sorocaba-Itapetininga, SP, e a região ao sul do Arco de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, Brasil*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 225 p.
- Petri, S. 1964. O Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, **41**:56-63.
- Picolo C.E.B. & Canuto J.R. 2002. Fácies, 3<sup>rd</sup> order sequence stratigraphy and hydrologic potential of sandstones, Mafrá Formation (Late Paleozoic), Paraná Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **74**(3):546.
- Posamentier H.W. & Vail P.R. 1988. Eustatic control on clastic deposition, II - Sequence and systems tract models. In: C.K. Wilgus,



- B.S. Hastings, C.G. St. C. Kendal, H.W. Posamentier, C.A. Ross, J.C. Van Wagoner (eds.) *Sea-level Changes: An integrated Approach*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., 42, Spec. Publ., Tulsa, pp.: 125-154.
- Raaf J.F.M & Boersma J.R. 1971. Tidal deposits and their sedimentary structures (seven examples from Western Europe). *Geologie en Mijnbouw*, 50:479-504.
- Redfield A.C. 1958. The influence of the continental shelf on the tides of the Atlantic Coast of the United States. *J. Mar. Res.*, 17:432-448.
- Reineck H.E. & Singh I.B. 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. 2nd Ed., New York, Springer-Verlag, 549 pp.
- Rocha Campos A. C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: J.J. Bigarella, R.D. Becher, I.D. Pinto (eds.): *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 27-102.
- Saad A.R. 1977. *Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 107 p.
- Salvetti R.A.P. 2005. *Sistemas deposicionais e paleogeografia do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná), na região entre Itu e Indaiatuba, SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 110 p.
- Santos P.R. 1979. *Distribuição estratigráfica, características e fácies de diamictitos e rochas associadas do Subgrupo Itararé no centro sul do Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 135 p.
- Santos P.R. 1987. *Fácies e evolução paleogeográfica do Subgrupo Itararé/Grupo Aquidauana (Neopaleozóico) na Bacia do Paraná Brasil*. Instituto de Geociências, USP. Tese de Doutorado, 128 p.
- Santos P.R. 1996. *Condicionamento geológico da sedimentação glacial: o Neopaleozóico da Bacia do Paraná e o Terciário da Antártida*. Instituto de Geociências, USP, Tese de Livre Docência.
- Schneider R.L., Mühlmann H., Tommasi E., Medeiros R.A., Daemon R.F., Nogueira A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In SBG: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre. *Anais*, 1:41-65.
- Selley R.C. 1985. *Ancient Sedimentary Environments and their subsurfaces diagnosis*. 3rd Ed., London, Chapman & Hall, 317 pp.
- Shanmugam G. 1996. High-density turbidity currents: are they sandy debris flows? *Journal of Sedimentary Research*, 66(1):2-10.
- Siemers C.T. & Tillman R.W. 1981. Deep-Water Clastic Sediments: An introduction to the Core Workshop and Review of Depositional Models. In C.T. Siemers, R.W. Tillman, C.R. Williamson (eds.). *Deep-Water Clastic Sediments: A Core Workshop*. San Francisco, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM Core Workshop, 2), 1-19.



- Sloss L.L. 1963. Sequences in the cratonic interior of North America. *Geological Society of America Bulletin*, **74**:93-114.
- Smith W.S.T. 1925. Na Apparent-Dip proctator. *Economic Geology*, **20**:181-184.
- Soares P.C. & Landim P.M.B. 1973. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In SBG: Congresso Brasileiro de Geologia, 27. Aracajú. *Anais*, **1**:243-256.
- Soares P.C., Landim P.M.B., Sinelli O., Wernick E., Fu-Tai W., Fiori A.P. 1977. Associações litológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**(2):131-149.
- Soares P.C., Landim P.M.B. & Fulfaro V.J. 1978. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins. *Geological Society of America Bulletin*, **89**:181-191.
- Souza P.A. 2000. *Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero/Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil)*. Instituto de Geociências, USP. Tese de Doutorado, 197 p.
- Teichert C. 1958. Concepts of Fácies. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, **42**(11):2718-2744.
- Vail P.R., Mitchum Jr. R.M. & Thompson S. III. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap. In Payton C.E. (Ed.), *Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration*. AAPG Memoir, **26**:63-81.
- Vail P.R., Audemard F., Bowman S.A., Eisner P.N., Perez-Cruz C. 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology - an overview. In: G. Einsele, W. Ricken, A. Seilacher (eds.) *Cycles and Events in Stratigraphy*. Berlin. Springer-Verlag, pp.:617-659.
- Vesely F.F. 2001. *Análise de seqüências em sucessões glaciais: estudo de caso no Grupo Itararé (C-P), nordeste do Estado do Paraná*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. Dissertação de Mestrado, 119 p.
- 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.
- Visser J.N.J. 1983. Glacial-marine sedimentation in the Late Paleozoic Karoo Basin, southern Africa. In: B.F. Molnia (ed.) *Glacial-marine Sedimentation*. New York, Plenum Press, pp.: 667-701.
- Walker R.G. (1992). Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: R.G. Walker & N.P. James (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, 1, Love Printing Service Ltd., Ontario, pp.: 1-14.
- Walker R.G. & Plint A.G. 1992. Wave- and storm-dominated shallow marine systems. In: R.G. Walker & N.P. James (eds.) *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, 12, Love Printing Service Ltd., Ontario, pp.: 219-238.





ANEXOS



## ANEXO I – MAPA DE PONTOS



## ANEXO II – SEÇÃO GEOLÓGICA – ALAMBARI / PILAR DO SUL

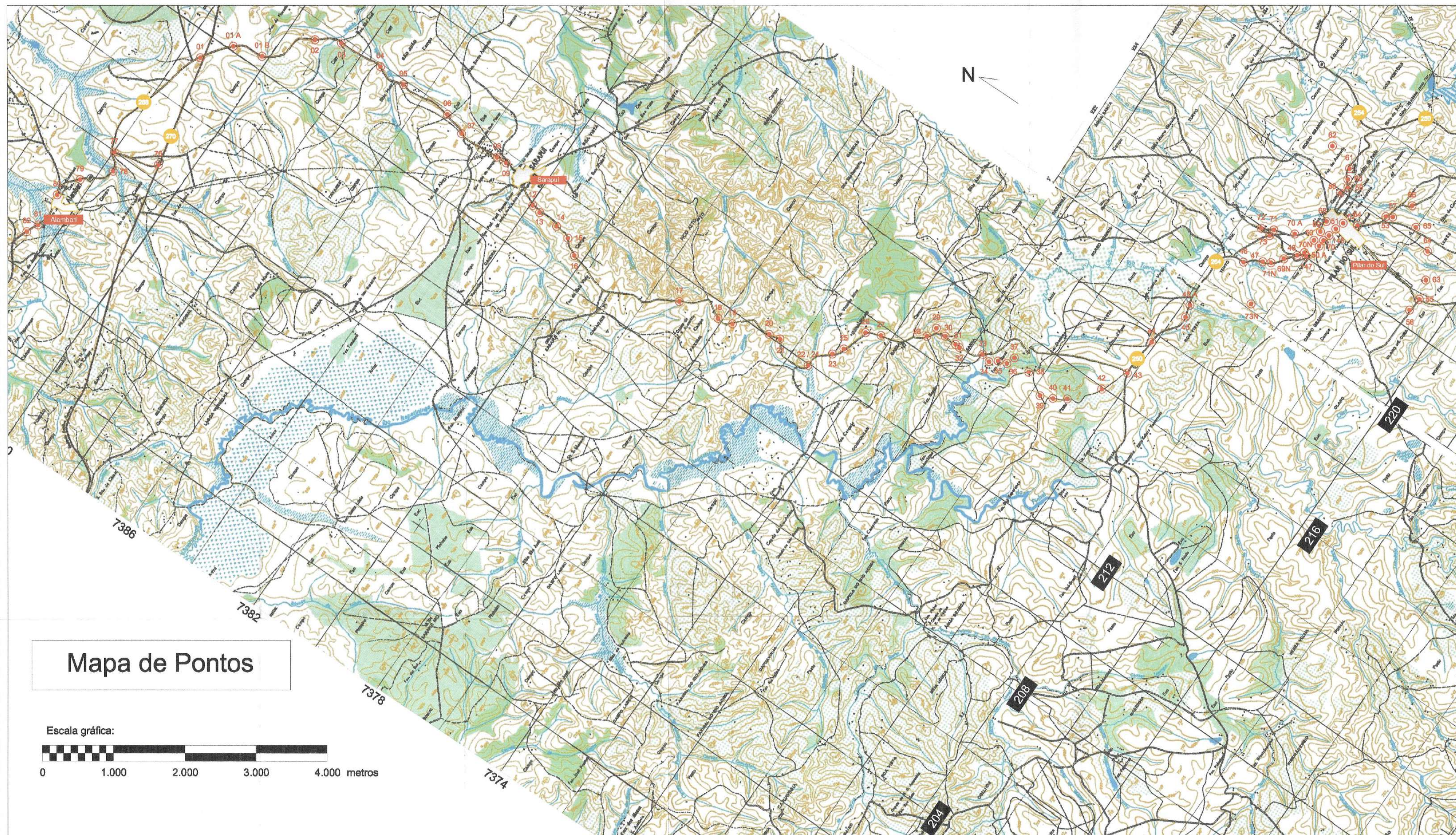


ANEXO III – SEÇÃO GEOLÓGICA COM FALHAS RETIFICADAS– ALAMBARI / PILAR  
DO SUL



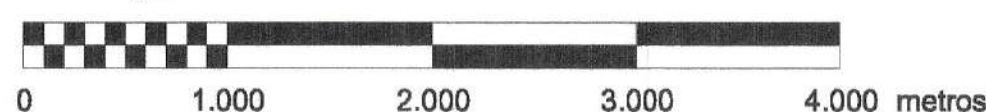
## ANEXO IV – COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA





## Mapa de Pontos

Escala gráfica:



## Legenda

76  
● Pontos de descrição geológica

— Estradas percorridas  
● Identificação da via

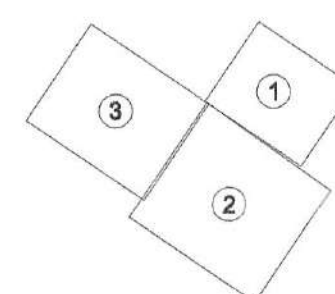


Município

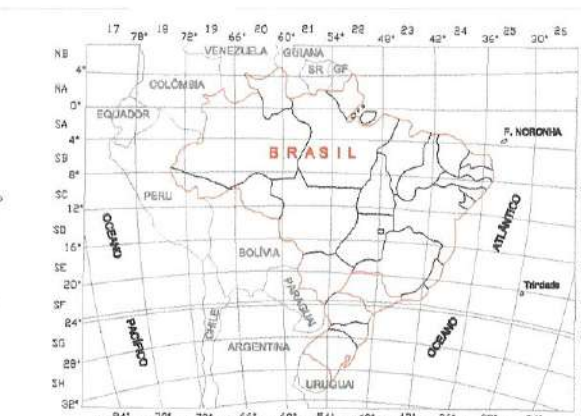
Alambari



Articulação da Base Cartográfica  
 (Fonte: IBGE, 1970)



1. Folha Pilar do Sul - SF-23-Y-C-IV-4
2. Folha São Miguel Arcanjo - SF-23-Y-C-IV-3
3. Folha Sarapuí - SF-23-Y-C-IV-1



Universidade de São Paulo  
 Instituto de Geociências

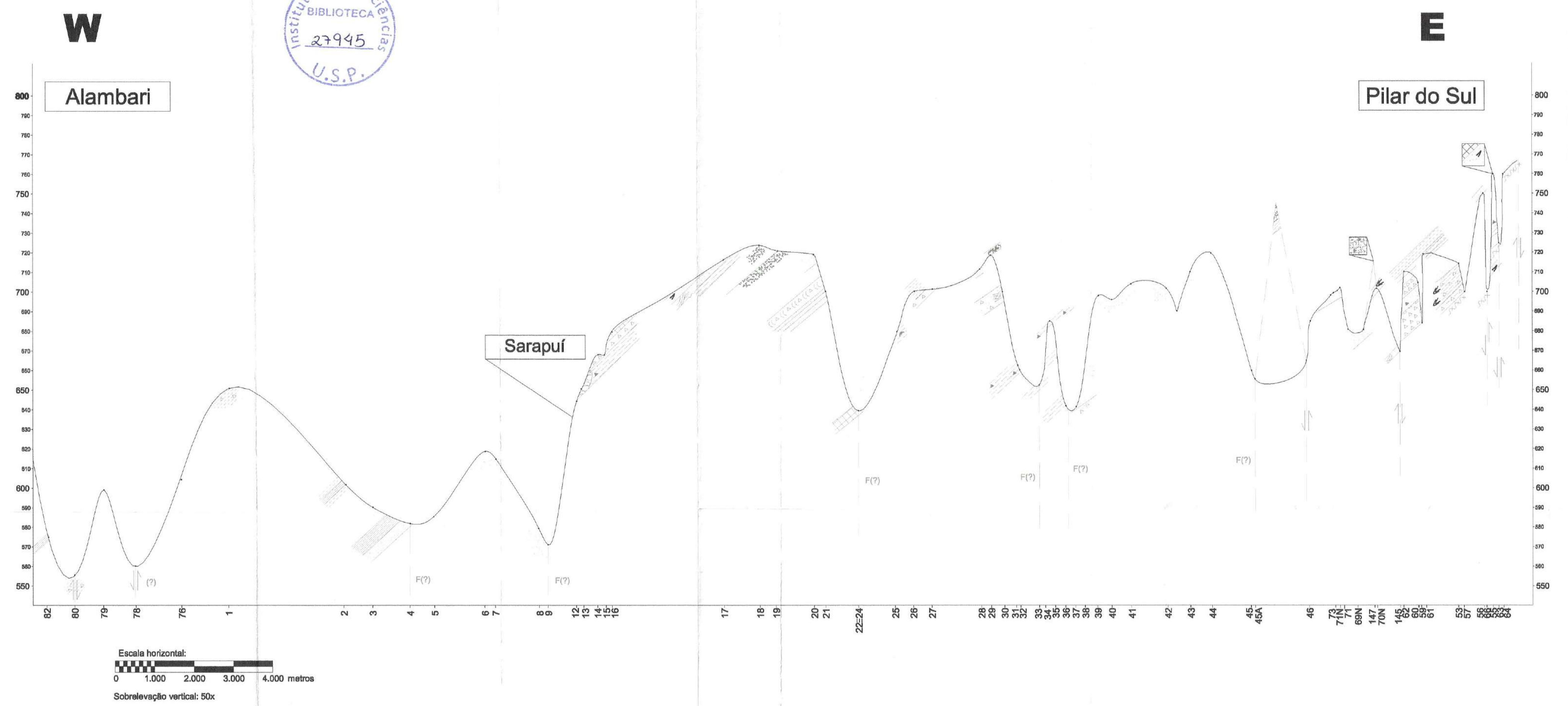
Análise estratigráfica do Subgrupo  
 Itararé (Paleozóico superior) entre as  
 localidades de Pilar do Sul e Alambari,  
 Bacia do Paraná, SP, Brasil

Trabalho de Formatra TF.48

Júlio Cesar Crisimani Fabricio  
 Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto  
 2010



# Seção Geológica - Alambari / Pilar do Sul

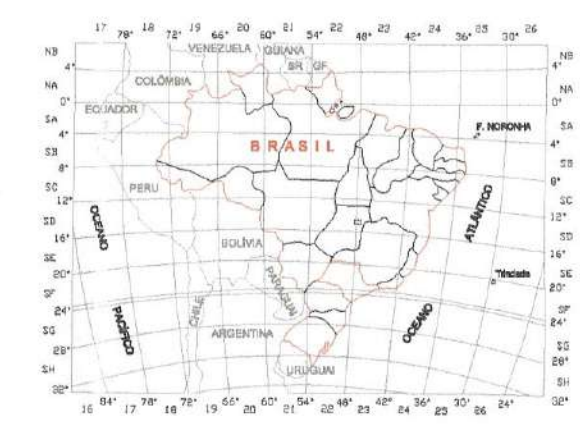


## Legenda

- |  |                                       |   |   |
|--|---------------------------------------|---|---|
| Siltito maciço com ondulações truncantes                       | Folhelho maciço ou laminado           | Arenito tabular   | Diamictito lenticular com areia         |
| Siltito maciço   | Folhelho maciço com clastos dispersos | Arenito com estratificação cruzada acanalada            | Diamictito acanalado com areia          |
| Siltito maciço com clastos dispersos                           | Interlaminado II                      | Arenito com clastos dispersos                           | Diamictito com feições de turbilhamento |
| Siltito maciço com clastos dispersos e bolsões conglomeráticos |                                       | Arenito com estratificação longa planar de baixo ângulo | Diamictito não compactado               |
|  |                                       |   | Embasamento metassedimentar             |

## Simbologia

- F(?) Falha inferida
- (?) Sentido de deslocamento inferido
- Falha observada



**Universidade de São Paulo**  
**Instituto de Geociências**

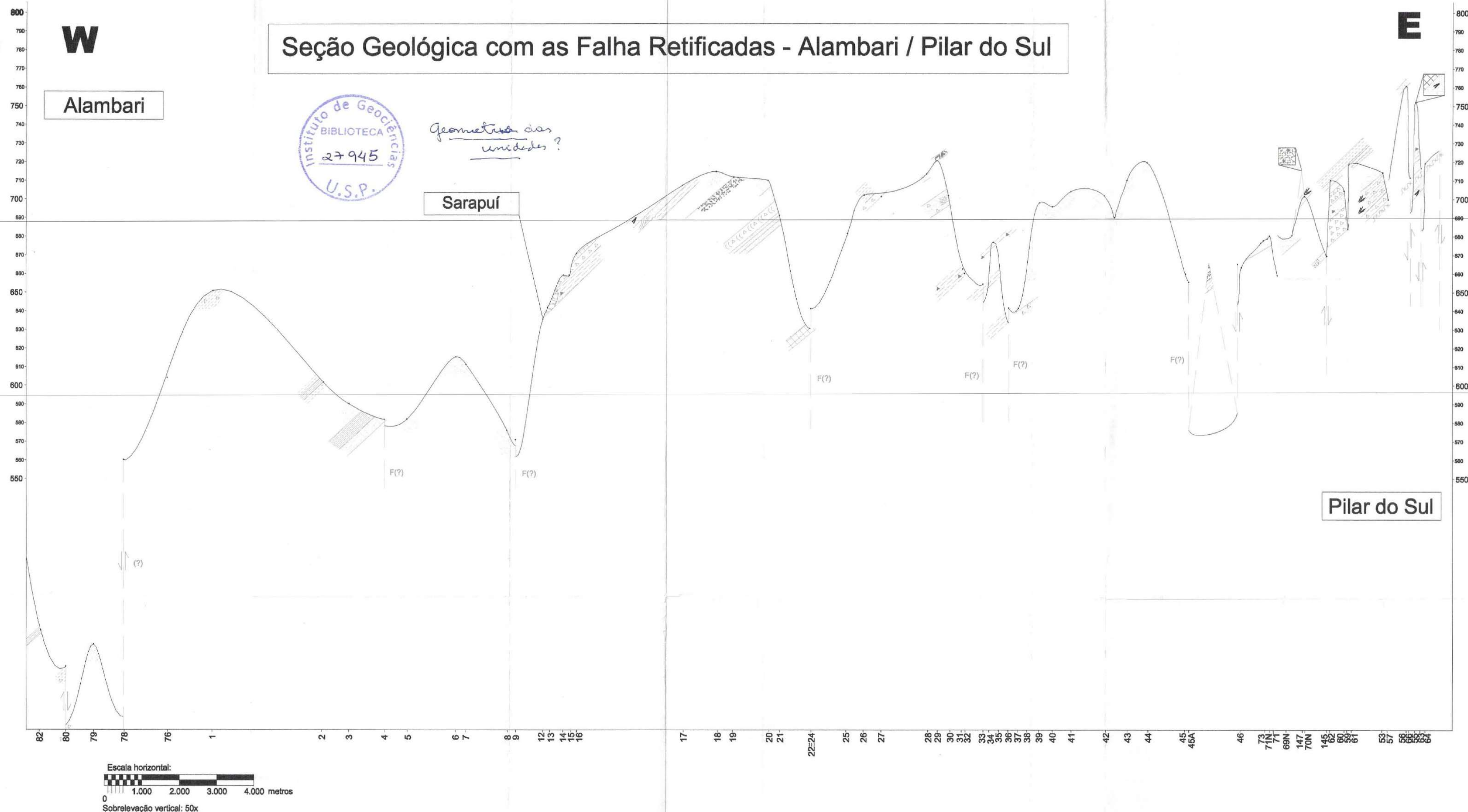
Análise estratigráfica do Subgrupo Itararé (Paleozóico superior) entre as localidades de Pilar do Sul e Alambari, Bacia do Paraná, SP, Brasil

Trabalho de Formatra TF.48

Júlio Cesar Crisicmani Fabricio  
 Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto  
 2010



# Seção Geológica com as Falha Retificadas - Alambari / Pilar do Sul



## Legenda

- |  |                                       |   |   |
|--|---------------------------------------|---|---|
| Siltito maciço com ondulações truncantes                       | Folhelho maciço ou laminado           | Arenito tabular   | Diamictito lenticular com areia         |
| Siltito maciço   | Folhelho maciço com clastos dispersos | Arenito com estratificação cruzada acanalada            | Diamictito acanalado com areia          |
| Siltito maciço com clastos dispersos                           | Interlaminado II                      | Arenito com clastos dispersos                           | Diamictito com feições de turbilhamento |
| Siltito maciço com clastos dispersos e bolsões conglomeráticos |                                       | Arenito com estratificação longa planar de baixo ângulo | Diamictito não compactado               |
|  |                                       |   | Embasamento metassedimentar             |

## Simbologia

- F(?) Falha inferida
- (?) Sentido de deslocamento inferido
- Falha observada



Universidade de São Paulo  
Instituto de Geociências

Análise estratigráfica do Subgrupo  
Itararé (Paleozóico superior) entre as  
localidades de Pilar do Sul e Alambari,  
Bacia do Paraná, SP, Brasil

Trabalho de Formatura TF.48

Júlio Cesar Crisicmani Fabrício  
Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto  
2010



Legenda

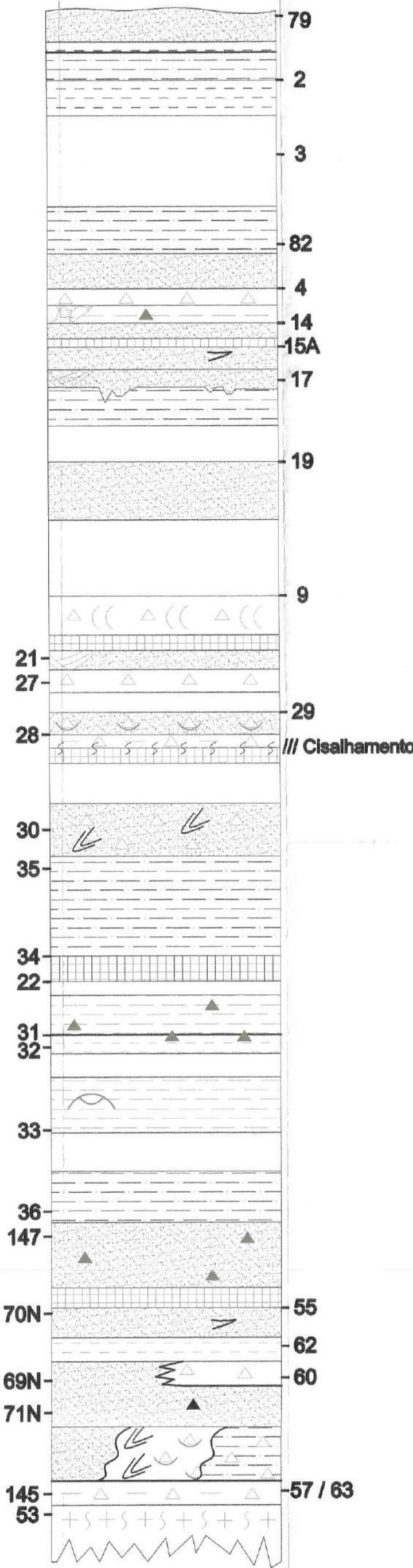
Litologia

	Folhelho maciço ou laminado		Arenito com estratificação cruzada acanalada
	Folhelho maciço com clastos dispersos		Arenito com clastos dispersos
	Siltito maciço com clastos dispersos		Arenito com estratificação longa planar de baixo ângulo
	Siltito maciço com clastos dispersos e bolsões conglomeráticos		Diamictito lenticular com areia
	Siltito maciço com ondulações truncantes		Diamictito acanalado com areia
	Siltito maciço		Diamictito com feições de turbilhamento
	Interlaminado II		Diamictito não compactado
			Diamictito com areia
			Diamictito maciço compactado
			Arenito tabular
			Diamictito lenticular acanalado
			Embasamento metassedimentar

Simbologia

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub>: associações de Fácies  
S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>: sequências reconhecidas  
TSMA - Trato de sistemas de mar alto  
TSMB - Trato de sistemas de mar baixo  
TST - Trato de sistemas transgressivo  
TSRGI - Trato de sistemas regressivo glacio isostático

Coluna Litoestratigráfica



Associações de Fácies	Tratos de Sistemas	Seqüências de 3ª ordem	Variação relativa do nível do mar	
			MB	MA
A <sub>3</sub>	TSMA	S <sub>4</sub>		
A <sub>2</sub>	TST			
A <sub>4</sub>	TSRGI			
A <sub>3</sub>	TSMA	S <sub>3</sub>		
A <sub>2</sub>	TST			
A <sub>1</sub>	TSMB			
A <sub>4</sub>	TSRGI	S <sub>2</sub>		
A <sub>3</sub>	TSMA			
A <sub>2</sub>	TST			
		S <sub>1</sub>		
A <sub>4</sub>	TSRGI			
A <sub>3</sub>	TSMA			
A <sub>2</sub>	TST			
A <sub>1</sub>	TSMB			

Escala vertical: 1:1.000



