

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**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.**

**Fábio A. Madeira**

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

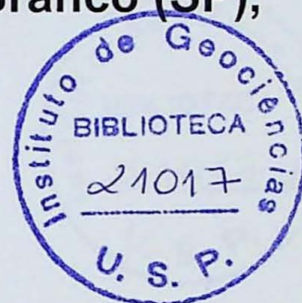
**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2006/19)**

**SÃO PAULO  
2006**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**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 Castelo Branco (SP),  
Bacia do Paraná, Brasil**

**Fabio A. Madeira**



Monografia de Trabalho de Formatura

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Jose Roberto Canuto

Prof. Dr. André Oliveira Sawakuchi

Prof. Dr. Oswaldo Siga Júnior

São Paulo

2006

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024175

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**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.**



**Fábio A. Madeira**

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

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2006/19)**

**SÃO PAULO**  
**2006**

TF  
M181  
FA.a

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DA SUCESSÃO SEDIMENTAR  
GLACIOLÍTICA GOMBAK (SUBBENTÃO TARARÉ GRYP)  
TARARÉ, E ESTUDO TRILIMINAR DA VARIAÇÃO RELATIVA  
DO NÍVEL DO MAR MIOCENO POSITIVO NÍVEL ESTRUTURAL  
CARACTERÍSTICOS DE RESERVATÓRIOS PARA  
HIDROCARBONETOS E APURADOS, AO LONGO DA RODOVA  
CASTEL O RIVANCO (SP) BACIA DO PARANÁ, BRASIL



Fábio A. ...

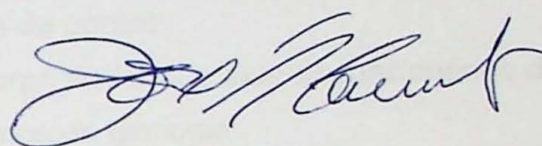
Coordenador Prof. Dr. ...

HONORÁRIA DE ...  
(R\$ ...)

DE ACORDO

Fábio A. Madeira

**Fábio A Madeira**



**Prof. Dr. José R Canuto**

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço meus pais, Márcio e Eleni, e meus irmãos Márcio e Daniela pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. José R. Canuto pela dedicação, paciência e amizade durante todas as etapas deste trabalho. A FAPESP, pelo auxílio financeiro. Ao mestrando Gabriel Perez, pelo ajuda durante as etapas de campo.

Ao Prof. Dr. Paulo R. dos Santos pela revisão do texto sobre ambientes glaciais. Aos Prof.(s) Dr.(s) Paulo C. F. Giannini e Paulo C. Boggiani, por disponibilizarem textos sobre microscopia sedimentar. Ao Prof. Dr. Thomas R. Fairchild pela revisão do abstract. Ao Thiago Piacentini, pela colaboração na construção do mapa de pontos.

Não poderia deixar de agradecer a todo o corpo docente e demais funcionários do IGc – USP, pelo apoio e dedicação durante esses cinco anos de geologia.

Por fim agradeço a todos os meus amigos que sempre estiveram comigo durante todo esse tempo; Diego A. Pereira, Fabrizio Caltabelotti, Fábio L. S. V. de Oliveira, Gabriel Rossi, Frederico M. de Andrés, Maurício O. S. Neto, Leandro C. Ollita, Rodrigo A. Montagnoli, André R. Calado, Márcio J. Remédio, Marcelo Januário, Gabriel Zorzi, Marcelo D. Monteiro, Hermes A. Barbosa, André P. Amaral, Adriano A. Santos, Gustavo C. Alonso, Carlos H. Maldaner, Carlos L. Tomba.

## **Resumo**

O Subgrupo Itararé, no Estado de São Paulo, é constituído, em grande parte, por sedimentos arenosos, de granulação variada, desde muito fina a conglomerática. Ocorrem, também, grandes espessuras de diamictitos, siltitos, folhelhos e ritmitos, estes últimos, muitas vezes, incluindo seixos e matacões "erráticos". O projeto envolveu a elaboração, na área do estudo, que compreende o trecho localizado entre os quilômetros 78 e 130 da Rodovia Castello Branco, a análise estratigráfica da sucessão sedimentar glaciogênica ali existente, de idade paleozóica superior, através da determinação de fácies, suas associações e tratos de sistemas deposicionais que puderem ser reconhecidos. De posse desses dados, foi efetuado um estudo preliminar sobre a variação relativa do nível do mar, tentando-se identificar conjuntos sedimentares comumente associados a esse fato, que favoreçam a formação e acumulação de hidrocarbonetos, ou, então, de água subterrânea.

Através da análise do perfil elaborado foi possível realizar a construção de uma coluna composta, abrangendo além do conjunto litológico, fácies identificadas, associações de fácies e análise de seqüências de terceira ordem.

## **Abstract**

The Itararé Sub-group, in the State of Sao Paulo, is made up, to a large extent by sandy sediments of varied grain size, from since very fine to conglomeratic. Great thicknesses of diamictites, siltstones, shales and rhythmities, also occur, these last ones often, including erratic pebbles and boulders. The present project analyzed the stratigraphy of the late Paleozoic glaciogenic succession in the area between kilometers 78 and 130 of the Castello Branco highway, the analysis involved the recognition of facies, facies associations and depositional systems tracts. Based on these data, a preliminary study of the relative variation of sea level was effected, and an attempt made to identify sedimentary sets ordinarily associated with this phenomenon, that might favor the formation and accumulation of hydrocarbons or, groundwater. from profile elaborated in this analysis, it was possible to construct a composite stratigraphic column, encompassing lithologies, facies, facies associations and analysis of third order sequences.

## INDICE

<b>1. Introdução</b>	<b>01</b>
<b>2. Área de Estudo</b>	<b>02</b>
2.1 Localização	02
2.2 Geologia local	03
<b>3. Metas e Objetivos</b>	<b>04</b>
<b>4. Fundamentação Teórica</b>	<b>04</b>
4.1 Contexto geológico	04
4.2 Subgrupo Itararé	08
4.3 Ambientes glaciais e depósitos sedimentares associados	10
4.3.1 Sedimentos flúvio-glaciais	11
4.3.2 Sedimentos glácio-lacustres	11
4.3.3 Sedimentos glácio-marinhos	12
4.4 Fluxos gravitacionais de sedimentos	13
4.5 Estratigrafia de seqüências	14
<b>5. Materiais e Métodos</b>	<b>15</b>
5.1 Trabalhos de campo	15
5.2 Trabalhos de laboratório	15
5.3 Trabalhos de escritório	15
<b>6. Desenvolvimento do Trabalho</b>	<b>16</b>
6.1 Cronograma de atividades	16
6.2 Trabalhos de campo	17
6.3 Trabalhos de escritório	17

6.4 Trabalhos de laboratório	17
<b>7. Resultados Obtidos</b>	<b>17</b>
7.1 Descrição dos afloramentos	17
7.2 Análise de fácies	32
7.2.1 Fácies compostas por conglomerado	33
7.2.2 Fácies compostas por diamictito	34
7.2.3 Fácies compostas por arenito	39
7.2.4 Fácies compostas por siltito	44
7.2.5 Fácies compostas por folhelho	45
7.2.6 Fácies compostas por lamito	46
7.2.7 Fácies compostas por interlaminação	46
7.3 Associação de fácies da área do estudo e suas compatibilidades com os tratos de sistemas considerados na Estratigrafia de seqüências	48
7.4 Interpretação do significado das associações de fácies, com referência ao ciclo da variação relativa do mar, suas posições estratigráficas no referido ciclo, contatos interassociações e relações com tratos de sistemas	53
7.5 Análise petrográfica	56
7.5.1 Análise microscópicas	56
7.5.2 Contagem de poros	58
<b>8. Conclusões</b>	<b>59</b>
8.1 Arcabouço cronoestratigráfico	59
8.2 análise petrográfica	60
<b>9. Referências bibliográficas</b>	<b>61</b>
<b>10. Prancha de fotos</b>	
<b>11. Anexos</b>	

## 1. Introdução

O Subgrupo Itararé, Paleozóico superior da Bacia do Paraná, representa o maior registro da grande glaciação ocorrida nessa época em todo o Supercontinente Gondvana, com duração aproximada, dentro do intervalo de 15 – 35 M.a. A glaciação, assim como a sedimentação glacial, relacionam-se, provavelmente, ao conjunto subsidência tectônica, transgressão e glácio-isostasia, no período de afastamento do continente Gondvana do pólo sul (Santos 1996), cujos sedimentos se estendem desde o Rio Grande do Sul até o norte/nordeste do Estado de São Paulo. No Estado de São Paulo, o Subgrupo Itararé ocorre desde o vale do rio Itararé, no sul do Estado, até as proximidades dos municípios de Moji-Guaçu e Leme (Soares & Landim 1973).

O Subgrupo Itararé, que no Estado de São Paulo apresenta espessura superior a 1.300 m (Santos 1987), se caracteriza 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 região central do Estado de São Paulo, onde se localiza a área do estudo, o Subgrupo Itararé repousa discordantemente sobre o embasamento precambriano, cuja superfície erosiva apresenta localmente evidências de retrabalhamento causado pelo deslocamento do gelo, como, por exemplo, a ocorrência da rocha moutonnée (Almeida 1946), e vales glaciais (Melfi & Bittencourt 1962), como os observados, por exemplo, próximo a Sorocaba. Com relação a seu contato superior, o Subgrupo Itararé é sobreposto pela Formação Rio Bonito (Schneider *et al.* 1974) ou Formação Tatuí (Soares *et al.* 1977), ambos depositados em condições pós-glaciais.

A classificação hierárquica que envolve o termo Itararé varia muito na literatura; alguns autores o denominam como Grupo (França & Potter 1988; Daemon & Quadros 1970; Schneider *et al.* 1974). Fúlfaro *et al.* (1984) classificaram como Formação; porém, neste trabalho, adotou-se a nomenclatura de Petri (1964) e Rocha-Campos (1967) para o Itararé como Subgrupo, representando a unidade basal do Grupo Tubarão.

## 2. Área de Estudo

### 2.1 Localização

A sucessão de rochas que se pretende analisar faz parte da faixa de afloramentos do Subgrupo Itararé, envolvendo uma extensão de cerca de 1.000 km<sup>2</sup> (Fig. 01), limitada aproximadamente pelos quilômetros 79 e 130 da Rodovia Castello Branco (SP-280), abrangendo uma faixa lateral de cerca de 10 quilômetros, em média, em cada lado da estrada, rumo NE e SW.

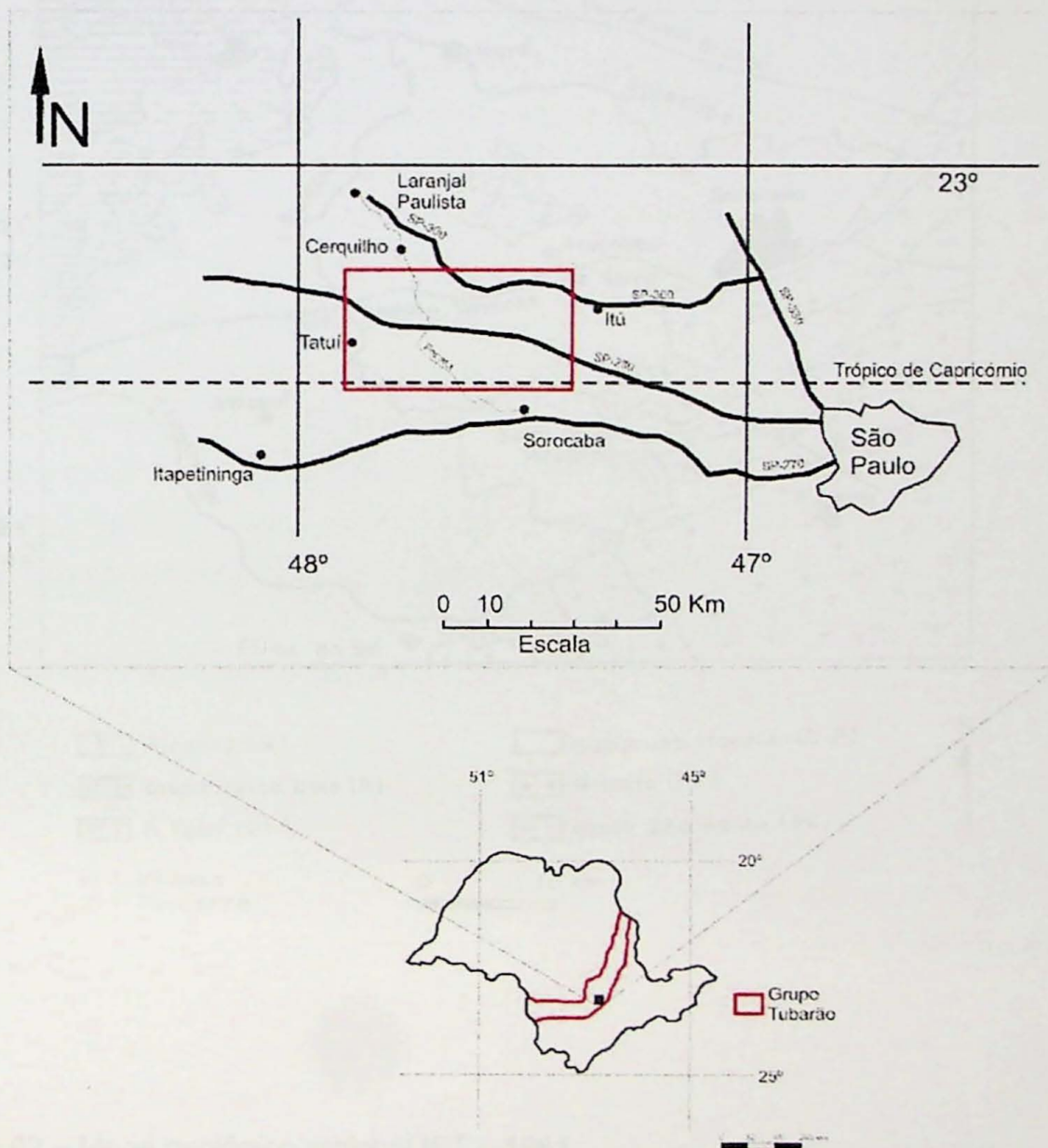


Fig 01 - Mapa de localização da área de estudo, entre os quilômetros 79 e 130 da Rodovia Castello Branco (modificada de Saad 1977).

## 2.2 Geologia local

A área do estudo, que compreende os sedimentos do Subgrupo Itararé, limita-se a SE pelo embasamento Precambriano, representado pelas rochas metassedimentares do Grupo São Roque, e a NW pelos sedimentos da Formação Tatuí de origem pós-glacial, conforme representado pelo mapa geológico (Fig 02).

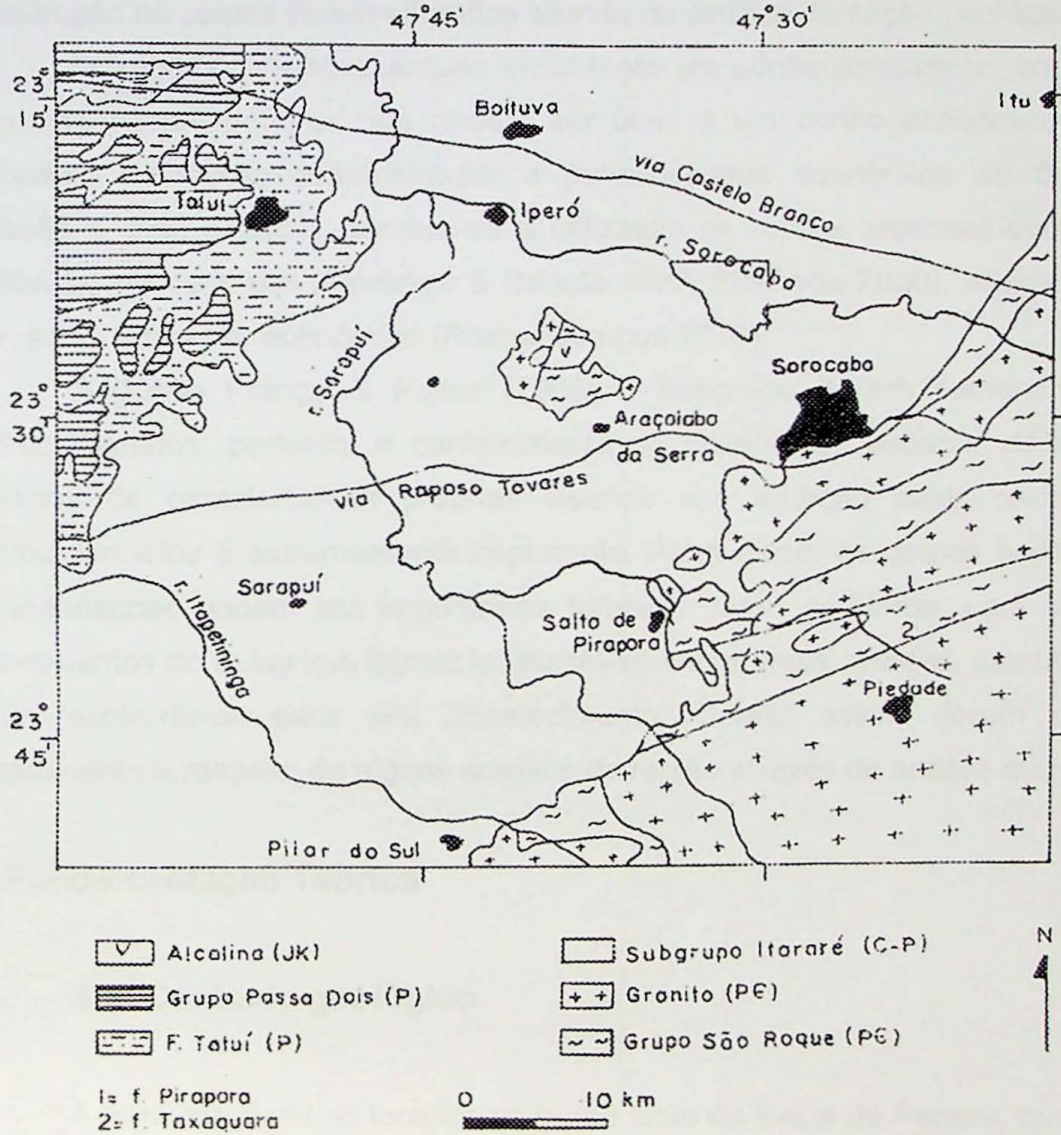


Fig 02 – Mapa geológico regional IPT – 1981.

### 3. Metas e Objetivos

Um dos pontos que nortearam a proposição do estudo refere-se à necessidade de um maior conhecimento de detalhe na área, sobre a evolução sedimentar do Subgrupo Itararé, contribuindo para o refinamento de sua estratigrafia, pois a literatura disponível mostra essa carência. Assim, o principal objetivo do trabalho, que justifica sua elaboração, foi determinar um arcabouço cronoestratigráfico incluindo fácies, suas associações e tratos de sistemas, e construção de coluna litoestratigráfica através da análise da seção geológica da área.

O trabalho ora apresentado inclui tanto um cunho acadêmico, como, também, oferece informações preliminares que podem ser úteis a um cunho econômico. No segundo caso, trabalhos anteriores demonstraram a potencialidade econômica do Subgrupo Itararé. Em relação a esse aspecto, destaca-se a utilização de rochas argilosas como matéria prima por indústrias de cerâmica (Florêncio & Canuto 1997; Florêncio 2000), assim como ocorrências de carvão de interesse econômico (Rocha Campos 1974).

Segundo França & Potter (1988) o Subgrupo Itararé demonstra bons indícios de hidrocarbonetos; portanto, o conhecimento da distribuição espacial de corpos sedimentares dotados de características próprias visando sua atuação como rochas-reservatório para hidrocarbonetos é extremamente importante. Além disso, os corpos sedimentares com essas características podem ser importantes também como aquíferos, uma vez que na faixa de afloramentos do Subgrupo Itararé localizam-se importantes cidades, que utilizam cada vez mais água subterrânea para seu abastecimento. Sendo assim, foram obtidas informações preliminares a respeito de alguns arenitos da região através de análise microscópica.

### 4. Fundamentação Teórica

#### 4.1. Contexto geológico

A área estudada se localiza na borda leste da Bacia do Paraná, que apresenta uma área de aproximadamente 1.600.000 km<sup>2</sup>, dos quais quase 1.000.000 km<sup>2</sup> se encontram em território brasileiro (Schneider *et al.* 1974), desde o Estado do Rio Grande do Sul, passando pelos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, atingindo partes dos estados de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais (**Fig. 03**).

A Bacia intracratônica do Paraná é aproximadamente simétrica, com espessura sedimentar superior a 7.000 m (Milani & Zalán 1999), composta por depósitos paleozóicos,

mesozóicos, lavas basálticas e, localmente, sedimentos cenozóicos (Schneider *et al.* 1974), e é subdividida em unidades litoestratigráficas (**Fig. 04**). O preenchimento sedimentar da sinéclise é coberto por uma sucessão de rochas basálticas (Formação Serra Geral) que, segundo França & Potter (1988), pode atingir até 1.700 metros de espessura, deixando aproximadamente apenas 5% das rochas sedimentares expostas, dificultando os trabalhos de superfície para a elaboração de uma seqüência estratigráfica completa da Bacia do Paraná.

No Brasil, as bacias intracratônicas são os maiores exemplos de bacias em rampa, possuindo grandes dimensões, rampas com mergulho muito baixo, assim como linhas de tempo praticamente horizontais, compreendendo períodos longos de sedimentação alternados com longos períodos de soerguimento e amplas erosões (Della fávora 2001).

Bacias intracratônicas se caracterizam por possuir formato oval quando observadas em planta, e forma de pires em seção; têm a crosta continental por substrato, e em muitos casos encontram-se sobrepostas a riftes abortados ou inativos. A evolução dessas bacias envolve uma conjugação e sucessão de processos que incluem distensão continental, subsidência térmica de amplas regiões e reajustes isostáticos tardios (Klein, 1995 *apud* Milani, 2004).

Grosso modo a Bacia do Paraná perdeu do Neo-Ordoviciano até o final do Mesozóico. Nesse transcorrer do tempo geológico, entre 450 Ma. e 65 Ma., sucessivos episódios de sedimentação acomodaram seus depósitos no que viria a ser uma bacia de registro policíclico (Milani 2004).

Resumidamente, o registro estratigráfico da história evolutiva da bacia desde o início do Paleozóico até o final do Mesozóico pode ser expressa da seguinte maneira:

- a) Estratos marinhos estão presentes desde o Neo-Ordoviciano, os quais persistiram durante o Devoniano, com evidente ligação ao oceano, e ocorreram até o Carbonífero;
- b) No Permiano a Bacia toma uma configuração de mar interior graças às orogenias do Paleozóico que acabaram por isolar a sinéclise do oceano (oeste-sudoeste);
- c) A partir do Mesozóico ocorre o domínio de desertos arenosos evidenciando a continentalização dos sistemas deposicionais;
- d) Por fim, no Neocretáceo temos a acumulação de sedimentos continentais por sobre o derrame de Serra Geral (Milani 2004).



**Fig 03** – Localização da Bacia do Paraná, modificado de Scheneider *et. al* (1974).

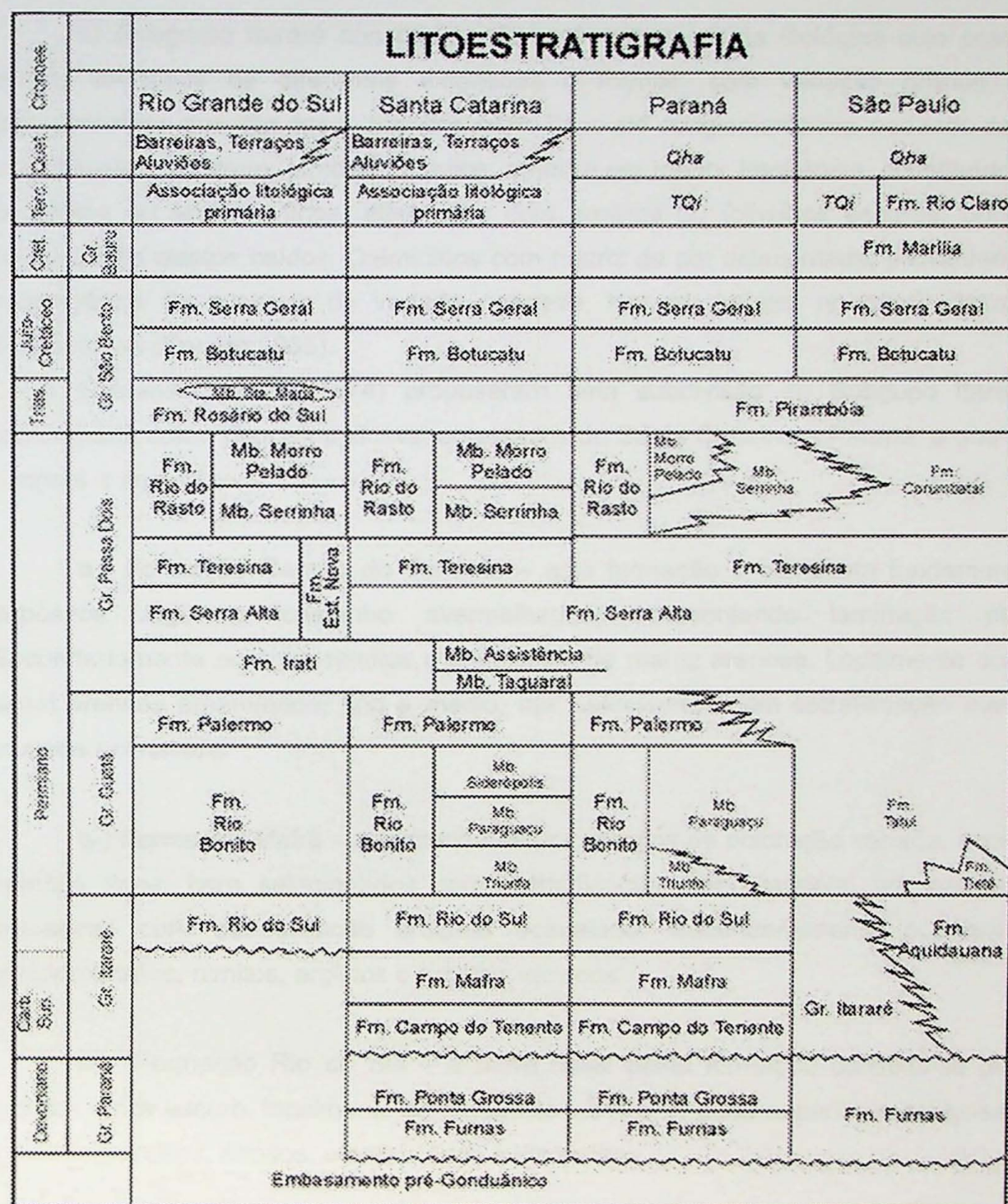


Fig 04 – Coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná, segundo Schneider *et. al* (1974).

## 4.2 Subgrupo Itararé

O Subgrupo Itararé constitui-se de uma variada gama litológica cujo predomínio é de corpos arenosos de diferentes extensões e formas, com variação grande de cores, e granulometrias que vão desde arenitos muito finos até conglomeráticos, podendo ser maciços ou estratificados; ocorrem, também, ritmitos, embora em menor frequência, constituídos de lâminas de siltitos ou arenitos finos, alternados com argilitos ou folhelhos escuros, podendo ocorrer presença de clastos caídos. Diamictitos com matriz de cor acinzentada, proveniente de mistura heterogênea de minerais de variada natureza, incluem seixos, no geral, de milimétricos a decimétricos (Canuto 1985).

Schneider *et al.* (1974) propuseram uma subdivisão do Subgrupo Itararé (por eles considerado como Grupo), aplicável ao estados de Santa Catarina e Paraná, e que da base para o topo é a seguinte:

a-) Formação Campo do Tenente – esta formação é composta fundamentalmente por depósitos argilosos castanho avermelhados, apresentando laminação plano-paralela. Secundariamente ocorrem ritmitos e diamictitos de matriz arenosa. Localmente ocorre na parte basal arenitos amarelados, fino a médio, mal selecionado com estratificação plano-paralela e cruzada acanalada.

b-) Formação Mafra – caracteriza-se por arenitos de coloração variada, ocorrendo desde arenitos finos, bem selecionados com estratificação plano-paralela, até arenitos médios a grosseiros com estratificação cruzada acanalada. Secundariamente ocorrem diamictitos, conglomerados, ritmitos, argilitos e argilitos várvidos.

c-) Formação Rio do Sul – a parte basal desta formação constitui-se de folhelhos e argilitos cinza escuro, localmente com aspecto várvido. A parte superior constitui-se de argilitos, folhelhos várvidos, ritmitos, arenitos finos e diamictitos.

Estas unidades indicam influência glacial em depósitos continentais, marinhos litorâneos e marinhos mais distais, cujos sedimentos sugerem episódios transgressivos e regressivos cíclicos (Canuto 1985 e 1993; Canuto *et al.* 2001).

Em relação ao Estado de São Paulo, algumas propostas de subdivisão foram propostas (Saad 1977; Santos 1979; Petri & Pires 1992), porém nenhuma foi adotada formalmente.

Uma subdivisão formal foi proposta, com base em dados de subsuperfície, por França & Potter (1988), porém, segundo os próprios autores, não foi ainda obtida a correlação com as unidades de superfície.

Esta subdivisão inclui três unidades formais da base para o topo;

1) Formação Lagoa Azul – composta predominantemente por arenitos acinzentados, siltitos e lamitos. Na parte basal ocorre uma unidade arenosa, de granulação fina a média, bem selecionada. A parte superior é formada por uma unidade argilosa (composta principalmente por siltito e lamito seixoso).

2) Formação Campo Mourão – Trata-se de uma unidade predominantemente arenosa, composta por arenitos cinzas de granulação média a grossa, e por conglomerados cinzas. Secundariamente ocorrem folhelho, siltito e lamito seixoso.

3) Formação Taciba – É composta fundamentalmente por lamito seixoso, arenito de granulação média a grossa maciço, folhelho e siltito.

Na região do médio Tietê, três pacotes estariam se superpondo, segundo a seguinte ordem: pacote inferior, composto por folhelhos ritmicos, diamictitos, arenitos, arenitos conglomeráticos e conglomerados, porção média composta por siltito, ritmito e diamictito e superior fundamentalmente composta por arenito, ocorrendo também diamictito; porém a recorrência litológica dificultaria o reconhecimento das unidades, (Soares *et al.* 1977), pois não ocorre um tipo litológico específico de um determinado intervalo estratigráfico, por conseqüência dificultando a elaboração de uma divisão definitiva.

A estratigrafia do Subgrupo Itararé indica seu desenvolvimento associado a cenário caracterizado por avanços e recuos de geleiras; no âmbito da Estratigrafia de Seqüências, os diamictitos representam importantes marcos estratigráficos para a determinação de fases de abaixamento relativo do nível do mar, pois evidencia o avanço do manto de gelo até a borda do corpo de água adentrando a bacia, conseqüentemente erodindo e estriando o substrato, gerando o limite inferior de uma nova seqüência (Canuto *et al.* 2001). Sobre esta superfície depositaram-se *tills* de alojamento (diamictitos).

### 4.3 Ambientes glaciais e depósitos sedimentares associados

Os ambientes glaciais se distinguem de outras modalidades de ambientes justamente pela atividade geológica do gelo; sendo assim, são compreendidos os ambientes de sedimentação glacial, as áreas continentais ocupadas permanentemente por geleiras, assim como as regiões adjacentes que sofrem a influência do gelo, conhecidas como regiões periglaciais. Encontram-se lagos, rios e depósitos originários de fusão do gelo na parte proximal de uma região periglacial, conhecida por área proglacial, (Mendes 1984).

A formação das grandes massas de gelo relacionam-se a baixas temperaturas, atreladas com taxas altas de precipitação de neve e baixas taxas de evaporação (Suguio 2003).

Segundo Rocha-Campos & Santos (2000), para se interpretar os ambientes glaciais, é necessário a compreensão dos variados mecanismos de erosão, transporte e sedimentação promovidos pelos corpos de gelo.

Os principais processos de erosão são predominantemente de caráter físico, e estão relacionados à temperatura basal dos corpos de gelo.

Denomina-se geleira de base fria quando a temperatura da base do corpo de gelo é muito baixa, nesse caso o deslocamento da geleira é muito lento, e ocorrerá apenas devido a deformação do gelo.

As geleiras de base quente (base úmida) apresentam produção abundante de água de degelo, que funciona como agente lubrificante do substrato, propiciando o deslizamento da geleira, possibilitando a ação dos processos de abrasão e remoção glacial.

Basicamente o transporte pode ser subdividido em:

- a) Supraglacial, quando ocorre na superfície da geleira;
- b) Englacial, quando as partículas são carregadas no interior das geleiras;
- c) Subglacial, que se refere ao transporte que ocorre na região basal do corpo de gelo.

A sedimentação torna-se mais completa quando a geleira termina em condições subaéreas ou terrestres. Essa sedimentação, ainda, pode atingir regiões mais afastadas, devido a ação da água de degelo e em corpos aquosos.

Denomina-se o depósito sedimentar formado diretamente pelas geleiras como *till*, e tilito o seu correspondente consolidado. Devido à dificuldade de se reconhecer os verdadeiros tilitos, dependendo do objetivo do trabalho, é preferível a utilização do termo diamictito.

Depósitos de origem subglaciais originam-se durante o avanço da geleira, e são conhecidos como *till* de alojamento e *till* de deformação. Outro tipo de depósito subglacial forma-se pelo derretimento do gelo estagnado, ao qual se dá o nome de *till* de ablação.

Os depósitos supraglaciais, via de regra, formam-se em ambientes terrestres sem a ação direta do gelo. As acumulações de detritos que se formam geralmente sobre elevações do gelo, podem desestabilizar-se, e deslocar-se declive abaixo, ocasionando fluxos de detritos ou de lama.

A formação dos depósitos sedimentares que sofrem influência glacial estão relacionados à dinâmica do deslocamento do corpo de gelo, gerando um conjunto de produtos sedimentares distintos, uma vez que as geleiras transportam grandes volumes de sedimentos, que se distribuem de maneira heterogênea nos diferentes tipos de sistemas deposicionais existentes (Eyles & Eyles 1992).

#### **4.3.1 Sedimentos flúvio-glaciais**

Esses sedimentos são relacionados às correntes de água de degelo, essa água se desloca sobre o substrato glaciado, erodindo, incorporando, transportando e depositando sedimentos em planícies de lavagem proglacial, gerando um ambiente flúvio-glacial tipicamente entrelaçado.

A sedimentação nesse sistema é controlada pela distância das geleiras. Conforme a carga sedimentar se distancia do corpo de gelo, nota-se uma diminuição granulométrica dos sedimentos. Portanto, na região proximal se caracterizam barras longitudinais de cascalho, predominantemente alinhadas paralelamente ao fluxo da água. Em condições intermediárias e distais predominam como carga de fundo areia cascalhosa a pura e silte, (Rocha Campos & Santos 2000).

#### **4.3.2 Sedimentos glácio-lacustres**

A gênese de lagos glaciais relaciona-se ao confinamento da água de degelo pelos depósitos de morenas na frente de geleiras, outro exemplo de confinamento diz respeito à acumulação de água de degelo subglacial. Os lagos glaciais também podem se formar pelo

rebaixamento isostático da crosta, devido ao peso do manto de gelo, essas depressões são preenchidas devido ao recuo do corpo de gelo, (Rocha-Campos & Santos 2000).

A associação de fácies típica de lagos glaciais consiste de rochas ritmicas que se formam devido a intercalação sazonal de pares de argila e areia/silte. As camadas de sedimentos mais grossos (areia e/ou silte) correspondem ao verão e as camadas mais finas, argilosas, correspondem ao inverno, (Salveti 2005).

### 4.3.3 Sedimentos glácio-marinhos

Corpos de gelo de grandes dimensões podem gerar um desequilíbrio na crosta, ocasionando em rebaixamento glácio-isostático, permitindo que a geleira alcance o nível do mar.

Grosso modo distingue-se o ambiente glácio-marinho em dois subambientes, segundo Rocha-Campos & Santos (2000).

**Glácio-marinho proximal:** inclui fácies que correspondem a ambientes próximos a frente de geleiras, durante fases de avanço e recuo glacial (Canuto 1993). Formam-se leques subaquáticos de seixos e areias, diamictitos, lama e *till* formado sob a influência da geleira. Os leques subaquáticos são acumulados junto a abertura de condutos subglaciais ou englaciais. *Till* e outros depósitos dessa região podem formar bancos de morenas.

**Glácio-marinho distal,** subambiente relacionado a processos sedimentares não diretamente glaciais; depósitos formados a partir de sedimentos em suspensão e de chuvas de detritos liberados por *icebergs* podendo ocorrer remobilização de sedimentos por fluxo gravitacional e retrabalhamento por correntes de fundo.

Além das rochas características de ambientes glaciais, faz-se necessário o reconhecimento de feições indicativas do sentido do corpo de gelo, para se compreender a paleogeografia da época. No caso da Bacia do Paraná foram reconhecidas superfícies estriadas relacionadas à glaciação Permocarbonífera, (Barbosa 1940). Essas estrias glaciais ocorrem tanto em rochas do embasamento do Subgrupo Itararé, como em rochas sedimentares de seqüências mais antigas. Esses pavimentos glaciados são importantes, pois podem indicar o paleofluxo da geleira; no caso da Bacia do Paraná, diversos indicadores apontam paleofluxo

glacial regional para N-NW, (Rocha-Campos 1967; Saad 1977; Santos 1979; Canuto 1985 e 1993; Santos 1996; Canuto *et al.* 2001; Vesely & Assine 2002).

#### **4.4 Fluxos gravitacionais de sedimentos**

Fluxos gravitacionais de sedimentos ou movimentos de massas detríticas, correspondem aos mecanismos de transporte de sedimentos em regiões de declive, ou taludes, sob influência da força gravitacional (Suguio 2003).

Segundo autores como Gama Jr *et al.* (1992) e Canuto (1993), entre outros, depósitos compostos por diamictitos, arenitos e ritmitos gerados por fluxos gravitacionais subaquosos, o são a partir do retrabalhamento de sedimentos depositados originalmente em outro contexto; no caso de diamictitos, normalmente derivam de tilitos. Segundo os mesmos autores, os fluxos gravitacionais seriam os agentes deposicionais mais recentes.

No ambiente glacial os fluxos gravitacionais subaquosos são freqüentes e associam-se a liberação de detritos pelos corpos de gelo. Esses sedimentos são acumulados nas bordas da bacia ou na plataforma continental, quando ocorre a desestabilização dos sedimentos, estes fluem para dentro da bacia por intermédio de fluxos gravitacionais densos ou turbulentos (Benn & Evans 1998).

Os fluxos podem apresentar comportamento fluido ou plástico. Pires (2001) subdividiu esses dois tipos de fluxos de acordo com os mecanismos de suporte principal dos sedimentos, da seguinte maneira:

- 1) Correntes turbidíticas – nas quais os sedimentos são sustentados por fluxo turbulento;
- 2) Fluxos fluidizados – onde os sedimentos são totalmente sustentados pelo movimento ascendente do fluido;
- 3) Fluxos liquefeitos – os sedimentos são sustentados parcialmente pelo movimento ascendente do fluido;
- 4) Fluxos de grãos – os sedimentos são sustentados por pressão dispersiva e conseqüente colisões;

5) Fluxos coesivos de detritos – em que os sedimentos são sustentados pela coesão da matriz.

Ainda segundo Pires (2001), os sedimentos são depositados por diferentes mecanismos:

**Fluxo fluidal:** por tração e/ou suspensão;

**Fluxo plástico:** por congelamento friccional (fluxo de grãos); congelamento coesivo (fluxo coesivo de detritos).

#### 4.5 Estratigrafia de seqüências

O conceito de estratigrafia de seqüências se refere ao entendimento das relações de rochas sedimentares dentro de um arcabouço cronoestratigráfico de estratos, que se relacionam geneticamente e são limitados por superfícies de erosão ou não deposição, ou por suas concordâncias correlativas (Della Fávera 2001). Segundo o mesmo autor a seqüência pode ser subdividida em tratos de sistemas que são definidos de acordo com sua posição dentro da seqüência, parassequências e conjuntos de parassequências; os conceitos acerca da estratigrafia de seqüências estão em constante evolução, porém sempre preservando a idéia principal que se consiste na divisão do registro sedimentar em seqüências, separadas por discontinuidades físicas.

As seqüências foram subdivididas de acordo com suas ordens de grandeza, por intermédio da análise das assinaturas estratigráficas da tectônica, eustasia e sedimentologia, estabelecendo as seguintes magnitudes (Vail *et al.* 1977):

**1ª ordem** > 50 Ma, **2ª ordem** 3-50 Ma, **3ª ordem** 0,5-3 Ma, **4ª ordem** 0,08-0,5 Ma, **5ª ordem** 0,03-0,08 Ma, **6ª ordem** 0,01-0,03 Ma.

A Estratigrafia de Seqüências está intimamente relacionada com a Sismoestratigrafia, pois é possível identificar tratos de sistemas por intermédio de dados sísmicos e conseqüentemente facilitar a interpretação de ambientes e litofácies deposicionais; as interpretações sismoestratigráficas assim como seu desenvolvimento e aplicação devem-se ao pioneirismo dos trabalhos apresentados pela escola da EXXON (Vail *et al.* 1977).

## **5. Materiais e Métodos**

### **5.1 Trabalhos de campo**

Esta etapa dos trabalhos fundamentalmente se consistiu em exames de afloramentos ao longo do perfil geológico selecionado (entre os quilômetros 79 e 130 da Rodovia Castello Branco). Através desses exames procurou-se compor o estudo da sucessão dos eventos deposicionais, assim como o empilhamento sedimentar mais completo possível. Em seguida, foram utilizadas técnicas rotineiras de análise de fácies, reconhecendo-se suas associações e respectivos tratos de sistemas envolvidos, e, tentativamente, as superfícies limitantes existentes entre unidades seqüenciais de 3ª ordem.

### **5.2 Trabalhos de laboratório**

Durante as etapas de campo foram coletadas amostras de arenito para confecção de lâminas delgadas para análise microscópica com o objetivo de estudar a porosidade das amostras, assim como suas feições microscópicas (composição, granulação, morfologia dos grãos), utilizando-se microscópios Olympus BX40, para o trabalho de contagem de poros foi utilizado o microscópio Leitz Wetzlar, realizando uma rotina de 300 pontos na lâmina, com espaçamento de 0,2 mm, dispostos em uma malha regular. Permitindo avaliar preliminarmente a potencialidade dos arenitos da região como rochas-reservatório, bem como aquíferos a serem utilizados pela população local.

### **5.3 Trabalhos de escritório**

Nesta etapa, foram realizados trabalhos de fundamentação bibliográfica que incluiu a pesquisa de diversos trabalhos, principalmente sobre a estratigrafia do Subgrupo Itararé, estratigrafia de seqüências e sedimentologia.

Com os dados coletados nas etapas de campo foi possível realizar a construção de um perfil geológico-topográfico, no qual resultou na construção de uma coluna litoestratigráfica.

O perfil foi construído sobre a base topográfica composta pelas folhas Tatuí, Boituva e Itu, na escala 1:50.000 aplicando-se o método de Smith (1925), já utilizado com sucesso em Saad (1977), Canuto (1985 e 1993), e Canuto *et al.* (2001), entre outros, para correção dos valores de mergulho, conforme as fórmulas que se segue:

$$\text{Cotg } a = \text{Cotg } c / \text{Sen } \alpha$$

**a** = ângulo de mergulho aparente;

**c** = ângulo de mergulho real;

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

A partir desta fórmula obtêm-se o valor de **a**, que será utilizado para o cálculo do ângulo de mergulho aparente sobrelevado, através da fórmula abaixo:

$$\text{Tg } b = n \text{Tg } a$$

**a** = ângulo de mergulho aparente, 1°;

**n** = sobrelevação, 50 vezes;

**b** = ângulo de mergulho aparente sobrelevado.

A sobrelevação de 50 vezes torna-se necessária pois o mergulho atual das camadas (em torno de 1° para NW), inviabilizaria a análise das feições estruturais importantes.

## 6. Desenvolvimento do Trabalho

### 6.1 Cronograma de atividades

Atividade	2006									
	mar-06	abr-06	mai-06	jun-06	jul-06	ago-06	set-06	out-06	nov-06	dez-06
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Trabalhos de Campo					X	X	X	X		
Trabalhos de Escritório	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Análises Laboratoriais							X	X		
Projeto Inicial	X									
Relatório Parcial						X				
Monografia									X	
Apresentação e Defesa										X

## 6.2 Trabalhos de campo

Esta etapa dos trabalhos realizou-se no período de cinco dias, tempo que se mostrou suficiente para a confecção da presente monografia.

A seção geológica analisada corresponde aos afloramentos da Rodovia SP - 280 (Castello Branco). E realizou-se no sentido Interior – Capital, portanto tendo início no Km 130 e término no Km 79.

As principais dificuldades encontradas durante as atividades de campo relacionam-se principalmente ao alto grau de alteração da maioria das exposições, e falta de afloramentos em alguns trechos do perfil.

## 6.3 Trabalhos de escritório

Durante esta etapa desenvolveu-se o trabalho de pesquisa bibliográfica, atividade de suma importância para a fundamentação teórica do trabalho, assim como a organização e interpretação dos dados coletados em campo, construção da seção geológica (**ANEXO 1**), coluna litoestratigráfica (**ANEXO 2**) e a confecção do mapa de pontos (**ANEXO 3**).

## 6.4 Trabalhos de laboratório

Durante esta etapa foram desenvolvidas a análise de cinco seções delgadas de arenitos, duas coletadas no **ponto 07**, em diferentes cotas do afloramento (0m e 2m), e três amostras coletadas no **ponto 40**, nas cotas 0m, 2m e 5m. O zero se refere a posição da estrada. Além da descrição das principais feições microscópicas, realizou-se a contagem de poros para precisar com mais fidelidade a quantidade de poros das lâminas.

## 7. Resultados Obtidos

### 7.1 Descrição dos afloramentos

### **Ponto 01**

Km 131 (na placa); Hod. 200,9; acive suave antes de curva à direita, sentido interior.

Ocorre siltito coloração arroxeada, intemperizado, aspecto maciço, e horizontes com laminação incipiente.

### **Ponto 02**

Km 131; Hod. 203,8 (=Hod. 200,9); sentido capital.

Ocorre siltito arenoso ou arenito fino síltico acinzentado a avermelhado, aspecto maciço; podem ser observadas bandas de 10 cm de espessura compostas de siltito argiloso acinzentado a verde/branco; processo de desagregação em forma de pastilhas; o afloramento apresenta dimensões de 250 m de comprimento e 8 m de altura, em média.

### **Ponto 03**

Km 130,2; Hod. 204,5; declive, na parte mais baixa do vale.

Arenito fino a muito fino, argiloso, amarelado, aspecto geral maciço, sem estruturas sedimentares observáveis (**Foto 03-01**), intemperizado, em forma de camadas tabulares, com espessura decimétrica a métrica. O afloramento mede 100 m de comprimento e 8 m de altura.

### **Ponto 04**

Km 129,6; Hod. 205,1 (em acive, 100 m antes da saída 129A).

Ocorre, no lado esquerdo, exposição com cerca de 4 m de altura; na base observa-se cerca 2 m de intercalações camadas decimétricas de arenito fino e centimétricas de siltito argiloso. Ocorrem, principalmente nos últimos 40 cm

(topo), estruturas de sobrecarga causadas pela deposição dos arenitos sobrejacentes. Estes sedimentos apresentam cor amarela nas partes arenosas e vermelha e esbranquiçada nos siltitos argiloso. São observadas estruturas verticais, possivelmente tubos de icnofósseis, semelhantes a skolitos, inclusive no contato desta unidade com a unidade sobrejacente (**Foto 04-01**), que é composta por arenito fino a médio amarelado/avermelhado, com estratificação cruzada predominantemente tabular a localmente acanalada (**Foto 04-02**); o contato entre as duas unidades é brusco e erosivo. As estratificações cruzadas apresentam sentido W-NW. O afloramento tem cerca de 200 m de comprimento e aproximadamente 10 m de altura, sendo na maior parte encoberto.

## Ponto 05

Hod. 205,7 (alça de acesso a Tatuí e a Rodovia Castello Branco, duas mãos de direção).

Retomada dos trabalhos após o almoço:

**Hod. 217,5=205,7.**

Ocorre, da base para o topo:

- 1) Arenito fino, argiloso, mal selecionado, aspecto maciço, sem estruturas aparentes, amarelado a bege, intemperizado (**Foto 05-01**);
- 2) Diamictito lenticular (**Foto 05-02**), estratificado, vermelho, siltico-argiloso, clastos arredondados dispersos, centimétricos a decimétricos, intrabaciais e do embasamento (**Foto 05-03**); o afloramento apresenta cortes transversais aos canais, paralelos à estrada, que mergulham saindo do afloramento, para W-NW.
- 3) Lamito vermelho, canalizado (**Foto 05-04**), com fragmentos de camadas estiradas de arenito fino estratificado.

### **Ponto 06**

Km 129,1; Hod. 218,0.

No lado direito, ocorre arenito fino, avermelhado, com estratificação cruzada predominantemente tabular (**Foto 06-01**), decimétrica, orientada para W-NW, em afloramento de 400 m de comprimento por 12 m de altura, com parte exposta de aproximadamente 100 m por 12 m, antes de viaduto.

### **Ponto 07**

Km 129,0 (na placa); Hod. 218,1.

Continua a ocorrer arenito fino, avermelhado a amarelado, com estratificação cruzada orientada para W-NW. Do outro lado da estrada observam-se arenitos finos, argilosos, a médios, em tons de bege, em vários corpos sobrepostos e estratificados, com alternância de estratificação horizontal e cruzadas decimétricas a centimétricas. Os sets cruzados são todos para W-NW. A sucessão mostra-se da seguinte forma: na base do afloramento, observa-se arenito fino a médio com estratificação cruzada de baixo ângulo (**Foto 07-01**), seguido, para cima, de arenito fino com laminação cruzada e/ou marcas onduladas truncadas, tendendo, no topo, a interlaminado (**Foto 07-02**). Localmente ocorrem estruturas decimétricas de sobrecarga (**Foto 07-03**). O afloramento, no local, apresenta 7 m de altura. A cor dos sedimentos é predominantemente marrom clara a bege, com faixas decimétricas vermelhas com estratificação horizontal levemente deformada.

### **Ponto 08**

Km 129,0; Hod. 280,6 (Acesso para Tatuí, na curva da alça, saída 129B).

Contato entre o arenito observado no nível da estrada e diamictito maciço compactado, em corpos descontínuos alojados em irregularidades do substrato (**Foto 08-01**), sobre planos lisos (não foram observadas estrias); a espessura média é de 20 cm, pequenas extensões laterais não maiores que 1 m, sobrejacente; na parte basal do diamictito ocorrem falhas e fraturas localmente com interpenetração de sedimento do substrato em seus planos (**Foto 08-02**); os sedimentos do substrato se apresentam deformados e até mosqueados. O diamictito maciço compactado é sobreposto por diamictito maciço não compactado (**Foto 08-03**), marrom claro, síltico arenoso, com espessura em torno de 1 m e extensão contínua, não tendo sido observado seus limites laterais, que, por sua vez, é encimado por diamictito lenticular, síltico-arenoso, marrom, com inúmeras lentes amalgamadas e sobrepostas. Como o afloramento se localiza em plano inclinado e é observado em extensão de cerca de 50 m, deve conter espessura mínima de 10 m.

#### **Ponto 09**

Km 128,1; Hod. 281,6 (lado esquerdo, sentido capital).

Arenito fino a médio, quartzoso, amarelado com horizontes avermelhados, com estratificação cruzada métrica, tabular a levemente acanalada, bimodal (**Foto 09-01, 09-02**) ocorrendo níveis com clastos de argila paralelos à estratificação; na base de cada conjunto de estratos observa-se brecha com aspecto turbulento (**Foto 09-03**), em material avermelhado; no topo de alguns conjuntos de sets de estratificação cruzada são observados níveis vermelhos de ritmo irregular (**Foto 09-04**), síltico-argilosos, maciços ou com laminação horizontal, alternados com lâminas amareladas, sílticas, com laminação cruzada, conjuntos estes sobrepostos por superfícies de erosão, encimada por brecha e início de novo conjunto de sets cruzados. As estratificações cruzadas observadas nos arenitos apresentam alternância de sentido, ora para W-NW, ora para E-SE. As estruturas observadas sugerem a presença de estratificação cruzada em "espinha-de-peixe" (*herringbone cross-bedding*).

### **Ponto 10**

Km 127,3; Hod. 282,6 (reta em aclave).

Diamictito siltico-arenoso amarelo claro, aspecto maciço, semi-intemperizado, com clastos em sua maioria milimétricos, poucos centimétricos, arredondados; o afloramento mede cerca de 300 m de comprimento por 5 m de altura, em média; sua maior parte encontra-se encoberto, ocorrendo “janelas” de exposição com cerca de 30 cm de diâmetro.

### **Ponto 11**

Km 126,4; Hod. 283,5 (início de curva à direita, em declive).

Diamictito siltico-arenoso, estratificado, lenticular, amarelado, com clastos milimétricos até decimétricos, de composição predominantemente quartzítica, arredondados; localmente ocorre deformação semelhante a estruturas de fluxo; alguns seixos se apresentam com eixo maior paralelo à orientação do possível fluxo. O afloramento apresenta dimensões de 20 m de comprimento por 5 m de altura.

### **Ponto 11 A**

*Controle; Ponte sobre o Rio Sorocaba.*

*Km 126,9; Hod. 284,8.*

### **Ponto 12**

Km 124=Hod. 286,0 (na drenagem lateral direita, sedimentos)

Diamictito lenticular, estratificado, amarelado a marrom claro, semi-intemperizado, siltico-arenoso com poucos clastos.

### Ponto 13

Km 123,4; Hod. 286,6 (na placa de saída 122A para Tatuí; 15 metros antes existe uma canaleta para a drenagem do lado direito).

Ocorre, abaixo da superfície, na canaleta, aproximadamente 1 m de diamictito arenoso lenticular, estratificado (**Foto 13-01**), marrom a bege, com poucos clastos do embasamento, arredondados, em contato inferior brusco com camadas ou canais de conglomerado marrom avermelhado (**Foto 13-02**), podendo ser observado cerca de 1,5 m até o fundo. O conglomerado apresenta frações de milimétrica até centimétrica.

### Ponto 14

Km 122,4; Hod. 287,6.

Arenito muito fino com laminação cruzada acanalada, avermelhado, intercalado com siltito alaranjado a amarelado (**Foto 14-01**) (3 m de espessura), seguido de siltito-argiloso vermelho (6 m de espessura) (**Foto 14-02**). Em seguida ocorre horizonte conglomerático, composto por seixos de sedimentos, com aproximadamente 30 cm de espessura (**Foto 14-03**). Em continuidade, são observadas intercalações milimétricas e irregulares de siltito (amarelado e esbranquiçado) e argila (vermelha) (2m de espessura) com laminação horizontal (**Foto 14-04**). Sobrepõe-se camada de arenito fino, marrom claro, com laminação cruzada com intercalações de siltito marrom claro com laminação horizontal insipiente (**Fotos 14-05**) (4 m de espessura). No topo da sucessão, ocorre cerca de 1 m de espessura de siltito vermelho com laminação horizontal e ondulações que se truncam (**Foto 14-06**). Afloramento localizado em uma vala no chão do acostamento, com espessura total de aproximadamente 16 m, composta ao longo da extensão.

### **Ponto 15**

UTM 0219760/7421680.

Arenito de granulação fina a média, quartzoso, bem selecionado, avermelhado e apresentando estratificação cruzada acanalada centimétrica a decimétrica (**Foto 15-01**). Afloramento com cerca de 200 m de comprimento, por 5 m de altura (**Foto 15-02**).

### **Ponto 16**

Hod. 910,3; Km 119 – Hod. 910,6. UTM 0222563/7421179.

Arenito de granulação fina a média, quartzoso, bem selecionado, avermelhado. Na base do afloramento ocorre estratificação plano-paralela horizontal (**Foto 16-01**) e do centro para o topo estratificação cruzada acanalada centimétrica a decimétrica (**Foto 16-02**). Do outro lado da pista, ocorre estratificação cruzada acanalada métrica (**Foto 16-03**), que parece estar localizada na parte superior da sucessão sedimentar. Afloramento com cerca de 200 m de comprimento por 7 m de altura.

### **Ponto 17**

Km 118,8; Hod. 910,8. UTM 0223017/7421171.

Arenito de granulação fina a média, quartzoso, bem selecionado, avermelhado, com estratificação horizontal e cruzada acanalada incipiente, decimétrica (**Foto 17-01**). Afloramento com cerca de 200 m de comprimento por 10 m de altura (**Foto 17-02**).

### **Ponto 18**

Hod. 911,3; Km 118 – Hod. 911,6. UTM 0223561/7421253.

Arenito fino alterado, coloração em tons de vermelho claro e amarelo, estratificação horizontal e cruzada acanalada centimétrica a decimétrica incipiente (**Foto 18-01**). Granulação um pouco mais fina do que a observada nos pontos 16 e 17. Afloramento com cerca de 150 m de comprimento por 6 m de altura.

#### **Ponto 19**

Hod. 913; Km 116 – Hod. 913,7. UTM 0225228/7421221.

Arenito fino alterado, avermelhado, com estratificação cruzada acanalada variando de centimétrica a métrica (**Fotos 19-01 e 19-02**, respectivamente) (nota-se, em vários locais no interior da estratificação métrica, estratificação centimétrica, como na **Foto 19-01**). Na parte final do afloramento, observam-se longos estratos cruzados tabulares de baixo ângulo (aproximadamente 4 m de comprimento), com sentidos alternados (**Foto 19-03; na parte central inferior para a esquerda, e na parte central superior para a direita; Foto 19-04**). Afloramento com cerca de 300 m de comprimento por 8 m de altura.

#### **Ponto 20**

Hod. 918,4; Km 111 – Hod. 918,7. UTM 0229954/7419106.

Arenito fino a muito fino, com coloração em tons de bege, mais claro no arenito fino e mais escuro no siltito; observa-se laminação cruzada centimétrica no interior das camadas de arenito, e laminação horizontal nas camadas de siltito (**Foto 20-01**). Ocorrem ondulações centimétricas a decimétricas que se truncam, bem visíveis no lado direito. Afloramento com cerca de 100 m de comprimento por 3 m de altura.

#### **Ponto 21**

Km 111. UTM 0230261/7419013.

Contato brusco entre diamictito maciço de matriz arenosa e diamictito laminado com clastos de diversos tamanhos (milimétricos a centimétricos) com eixo maior paralelo à laminação (**Foto 21-01**). Na parte superior do afloramento ocorre intercalação de siltito e arenito fino com laminação horizontal à cruzada incipiente, avermelhados (**Foto 21-02**). Existem, também, marcas onduladas assimétricas centimétricas (se dirigindo para SW).

### **Ponto 21 A**

Diamictito estratificado (**Foto 21A-01** – parte central da foto), em forma de canais ou lobos (**Foto 21A-02**), com matriz predominantemente arenosa, coloração em tons de marrom, localmente acinzentado, com clastos de diversos tamanhos (milimétricos a decimétricos). No geral, os clastos são paralelos (ou quase) às superfícies dos canais, subarredondados a bem arredondados (**Foto 21A-03**, canto direito inferior) e, em sua maioria, constituem fragmentos do embasamento. Observam-se alguns clastos fraturados. Afloramento com cerca de 150 m de comprimento por 5 m de altura.

### **Ponto 22**

Km 110 - Hod. 919, 7. UTM 0231409/7418836.

Na base, ocorre diamictito alterado, coloração em tons de amarelo a avermelhado (**Foto 22-01**), matriz silto-arenosa, com estruturas de canais (ou em lobos) decimétricas. Clastos subarredondados a subangulosos de diversos tamanhos (centimétricos a decimétricos), dispersos na matriz. Sobrepõe-se, ao diamictito, sedimento argiloso avermelhado, semi-alterado, com aspecto maciço, porém mostrando fissilidade (**Foto 22-02**). Afloramento com cerca de 450 m de comprimento por 6 m de altura (**Foto 22-03**).

### **Ponto 23**

Hod. 921,1; Km 108 – Hod. 921,7. UTM 0232583/7418810.

Diamictito maciço de matriz arenosa, alterado (**Foto 23-01**), coloração em tons de amarelo avermelhado acinzentado, clastos de diversos tamanhos (milimétricos a centimétricos), dispersos na matriz. Afloramento com cerca de 250 m de comprimento por 4 m de altura.

#### **Ponto 24**

Km 106 - Hod. 923,8. UTM 0235238/7418721.

Siltito com aspecto maciço (**Foto 24-01**) a intercalado com lâminas de arenito fino (**Foto 24-02**), coloração em tons de vermelho, predominantemente apresentando laminação horizontal.

#### **Ponto 25**

Km 98 – Hod. 931,9. UTM 0242629/7415518.

Siltito argiloso de aspecto maciço, alterado, coloração em tons laranja; são observados pequenos, e poucos clastos (milimétricos a centimétricos) dispersos na rocha. Afloramento com cerca de 400 m de comprimento por 8 m de altura.

#### **Ponto 26**

Hod. 936,8; Km 93 – Hod. 937. UTM 0246999/7414043.

Na base do afloramento ocorre siltito argiloso laminado, alterado, quase papiráceo (**Foto 26-01**), vermelho alaranjado, seguido, através de contato brusco, por siltito argiloso marrom alaranjado com laminação horizontal incipiente (**Foto 26-02**). Ainda, na parte basal do afloramento, ocorrem níveis de arenito fino. De maneira geral a estruturação sedimentar no afloramento é controlada por ondulações que se truncam. O contato brusco se faz por crosta limonítica de cerca de 1 cm (**Foto 26-03**). Afloramento com cerca de 100 m de comprimento por até 3 m de altura.

### **Ponto 27**

UTM 0247552/7413798

Arenito fino alterado, bem selecionado, aspecto maciço, coloração em tons de vermelho, sem estruturas observáveis (**Foto 27-01**). Afloramento com cerca de 300 m de comprimento por 5 m de altura.

### **Ponto 28**

UTM 0250097/7413172

Intercalação entre siltito de matriz argilosa e siltito de matriz mais arenosa (**Foto 28-01**) com aspecto maciço. Localmente, observam-se ondulações decimétricas que se truncam (**Foto 28-02**). Afloramento com cerca de 150 m de comprimento por cerca de 8 m de altura.

### **Ponto 29**

UTM 0250365/7413117

Siltito maciço (**Foto 29-01**), coloração em tons de bege, apresentando pequenas frações milimétricas de material mais arenoso, observa-se pequenas ondulações (centimétricas) (**Foto 29-01**, base e parte intermediária direita). Afloramento com cerca de 150 m de comprimento por 10 m de altura.

### **Ponto 30**

UTM 0250952/7413027

Arenito médio alterado, coloração em tons de vermelho, bem selecionado, com estratificação cruzada acanalada decimétrica (**Foto 30-01**). Na parte superior, através de contato brusco, observa-se diamictito alterado de matriz silto-arenosa, com clastos subarredondados variando de milimétricos a centimétricos (**Foto 30-**

02); nota-se estruturas de canais (**Foto 30-03**). Afloramento com cerca de 150 m de comprimento por 6 m de altura.

### **Ponto 31**

UTM 0251315/7413052

Arenito fino a médio, coloração em tons de vermelho, bem selecionado (**Foto 31-01**), com estruturas de alça de fluxo (**Foto 31-02**). Afloramento com cerca de 100 m de comprimento por 4 m de altura (**Foto 31-03**).

### **Ponto 32**

UTM 0251665/7412907

Arenito médio, aspecto maciço, imaturo, possuindo corpos lenticulares (**Foto 32-01**). Sobre este pacote tem-se uma sucessão turbidítica decimétrica (aproximadamente 1,5 m de espessura) (**Fotos 32-02 e 32-03**).

### **Ponto 33**

UTM 0251857/ 7412871 - Km 88

Arenito fino, coloração em tons de vermelho, marrom amarelado e branco, alterado, aparentemente maciço, apresentando icnofósseis (possíveis skolitos) (**Fotos 33-01 e 33-02**), em forma de tubos predominantemente verticais a inclinados, intercalado por camadas centimétricas de argila vermelha. Em alguns pontos o material se encontra totalmente remexido e mosqueado pela bioturbação. Afloramento com cerca de 100 m de comprimento por 8 m de altura.

### **Ponto 34**

UTM 0253147/7412058 – Km 87

Arenito fino a médio, coloração em tons de vermelho, bem selecionado, com estratificação cruzada acanalada decimétrica a métrica (**Fotos 34 -01 e 34-02**).

#### **Ponto 35**

UTM 0254973/7412311 - Km 85

Arenito alterado, variegado (**Foto 35-01**), mal selecionado, com pequenas frações de argila na matriz. Afloramento com cerca de 10 m de comprimento por 2 m de altura.

#### **Ponto 36**

UTM 0257039/7411712

Arenito fino a médio alterado, imaturo, de cores em tons avermelhado, marrom claro e esbranquiçado, com geometria lenticular (**Foto 36-01**), com os lobos mostrando granodecrescência ascendente, alguns clastos centimétricos dispersos, e fragmentos limonitizados de camadas de sedimentos mais finos, talvez folhelho (**Foto 36-01**). Afloramento com cerca de 200 m de comprimento por 15 m de altura, porém, em sua maior parte, encoberto, contendo apenas algumas “janelas” de sedimentos.

#### **Ponto 37**

UTM 0257947/7411446

Na base do afloramento, com até mais ou menos 3 m de espessura, ocorre arenito fino, com aspecto maciço, bem selecionado, marrom claro avermelhado, geometria lenticular. Por contato brusco, passa a ocorrer folhelho siltico alterado, vermelho (**Foto 37-01**), com aproximadamente 3 m de espessura, no geral de aspecto maciço, coloração em tons de bege. Afloramento com cerca de 300 m de comprimento por 6 a 7 m de altura, em média.

### Ponto 38

UTM 0258496/7411245

Arenito fino, com aspecto maciço, bem selecionado, coloração em tons de cinza, e com geometria lenticular (**Foto 38-01**); da parte média para o topo do afloramento são observados clastos dispersos variando de centimétricos a decimétricos (**Foto 38-02**). Afloramento com cerca de 300 m de comprimento por 15 m de altura.

### Ponto 39

UTM 0259258/7410944

Folhelho alterado, acinzentado, no geral de aspecto maciço, contendo clastos decimétricos dispersos (**Foto 39-01**). Afloramento com cerca de 400 m de comprimento por cerca de 2 a 3 m de altura, em média (**Foto 39-02**).

### Ponto 40

Km 79

Observam-se filitos do embasamento (**Foto 40-01**), sobreposto por diamictito síltico-argiloso com aspecto geral maciço (**Foto 40-02**), avermelhado, com clastos até decimétricos (facetados – **Foto 40-03**), arredondados a subangulosos, do próprio quartzito de veios; na base do diamictito ocorrem estruturas planas horizontais, irregulares e descontínuas; a espessura observada do diamictito é de cerca de 40 a 50 cm; o contato entre o diamictito e o embasamento é irregular, porém a superfície que o compõe é plana e lisa (**Foto 40-04**), constituída por uma das faces de um veio de quartzo; o diamictito encontra-se alojado em uma dessas irregularidades do embasamento.

Sobre o diamictito ocorre arenito imaturo, localmente conglomerático, e com estratificações horizontal e cruzada planar (**Foto 40-05**).

Sobre o arenito ocorre folhelho/argilito siltico, maciço, com clastos dispersos (**Foto 40-06**) de quartzito e granito, centimétricos a decimétricos, porém incluindo um matacão granítico com cerca de 1 m de diâmetro (**Fotos 40-07 e 40-08**).

Sobre o folhelho ocorre diamictito maciço (**Foto 40-09**), amarelado, com clastos até decimétricos, com algumas camadas horizontais irregulares de arenito maciço (**Foto 40-10**), acinzentado e bem selecionado.

Sobre o diamictito assenta-se arenito lenticular com seção transversal superior a 1 m e espessuras em torno de 20 a 40 cm. Sobre o arenito volta a ocorrer folhelho siltico maciço (**Foto 40-13**), marrom esverdeado, com clastos centimétrico, incluindo corpos areníticos lobados, ou lenticulares (**Foto 40-14**), sobreposto por arenito avermelhado, fino, bem selecionado, com estratificação horizontal. O afloramento tem cerca de 500 m de extensão, com espessura média de 4 a 6 m.

## 7.2 Análise de fácies

Foram identificadas litologias, texturas, estruturas sedimentares, cores e, em alguns casos, a presença de icnofósseis. Vários autores, como é o caso, por exemplo, de Eyles et al. (1983), têm proposto a utilização de um código padrão de litofácies para a descrição de fácies sedimentares glaciogênicas, particularmente com referência aos diamictitos, analogamente àquele sugerido por Miall (1977) para os sedimentos fluviais.

Embora haja vantagens práticas na utilização do esquema mencionado acima, nota-se que, em muitos casos, inclusive em relação à sucessão sedimentar descrita nesta oportunidade, várias das fácies caracterizadas podem ocorrer associadas de modo intrincado, tornando difícil ou até impraticável o seu discernimento.

Tendo essa premissa em conta, foi adotada uma nomenclatura fundamentada naquela elaborada por Canuto *et al.* (2001), alicerçada principalmente num enfoque de campo, a partir da caracterização básica das litofácies.

Como tem sido usual em trabalhos de sedimentologia glacial, o termo diamictito (Flint, 1971) foi, neste trabalho, utilizado para denominar rochas formadas por quaisquer misturas mal selecionadas de clastos, areia e lama, independentemente do ambiente deposicional, seja glacial, paraglacial, periglacial ou não glacial, terrestre ou subaquoso (Eyles et al., 1983).

Considerando-se os fatos acima, passou-se à descrição dos vários tipos de sedimentos e respectivas feições associadas, identificados no campo, seguida das correspondentes

interpretações quanto aos processos deposicionais envolvidos, para os quais foram definidas as fácies sedimentares mais apropriadas.

### **7.2.1. Definição de fácies compostas por conglomerado**

#### **1. Conglomerado maciço com clastos do embasamento**

##### **Descrição**

O conglomerado maciço com clastos do embasamento ocorre em camadas ou canais de conglomerado avermelhado, podendo ser observado pelo menos ao longo da extensão vertical de 1,5 m até o fundo de canaleta existente ao lado da estrada. O conglomerado apresenta clastos milimétricos a decimétricos, em sua maioria angulosos.

##### **Interpretação**

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**). Clastos angulosos indicam baixo transporte, o que corrobora com sua deposição nessa região mencionada acima.

#### **2. Conglomerado maciço com clastos de sedimentos**

##### **Descrição**

Corresponde a horizonte conglomerático, composto por seixos de sedimentos em matriz argilosa vermelha, contendo cerca de 30 cm de espessura.

##### **Interpretação**

Estes sedimentos, considerando-se estarem associados a sedimentos finos intercalados depositados por mecanismos de tração e decantação, relativos ao ponto 14, ao que tudo indica, representam depósitos residuais, acumulados localmente em região influenciada por marés (Canuto 1993).

## 7.2.2. Definição de fácies compostas por diamictito

### 1) *Diamictito maciço, compactado*

#### Descrição

O diamictito maciço, compactado, é formado por rocha mal selecionada, com matriz siltico-argilosa, clastos milimétricos a decimétricos, de composição predominantemente quartzítica e granítica, arredondados a subarredondados, frequentemente facetados e/ou estriados, dispersos, no geral caoticamente, "flutuando" na matriz.

A rocha, extremamente compactada e de aspecto geral maciço, forma corpos delgados e descontínuos, com espessura variando de 20 a 60 cm, raramente excedendo 1 m, não ultrapassando dezenas de metros de extensão lateral. O diamictito maciço, compactado, ocorre firmemente comprimido, prensado em irregularidades do substrato, cuja superfície mostra-se normalmente plana, polida e estriada, além de poder apresentar marcas em crescente. Embora de aspecto megascopicamente maciço, algumas estruturas são de ocorrência comum no diamictito. Na sua parte inferior, junto ao contato com o substrato, podem ocorrer: a) foliação fina, ondulada e descontínua, subparalela, que confere um aspecto físsil ou laminado à rocha; b) pseudo-estratificação com camadas centimétricas a decimétricas; c) foliação adjacente ao substrato, com "*slickensides*" de lineação paralela às estrias sobre o embasamento; d) pequenas falhas inversas subparalelas oblíquas, e subverticais à superfície do substrato; e) inclusões de fragmentos de rocha do substrato ao longo de espaços desenvolvidos no plano de falha; f) clastos imbricados, formados por clastos concentrados junto à base do diamictito, que se sobrepõem parcialmente, segundo o seu eixo maior, cuja orientação coincide com a das estrias sobre o substrato; nesse caso, a foliação do diamictito pode encontrar-

se deformada, encurvando-se para cima, acompanhando a posição dos clastos. Na parte superior, o diamictito exhibe uma orientação preferencial, subparalela, dos clastos, com eixo maior paralelo ou subparalelo às estrias do substrato, ou com disposição variável, acompanhando irregularidades do substrato.

Quase sem exceção, a superfície do substrato sobre a qual se assenta o diamictito é alisada e polida, e atravessada por estrias finas (**Ponto 40**).

### **Interpretação**

Boulton (1982) demonstrou que tanto em geleiras temperadas, como nas de base fria, é normal a existência de uma zona de detritos originados das rochas erodidas pelo gelo, mantidos na zona basal de transporte da geleira, ou uma denominada "subzona" de tração (Boulton, 1975; 1982).

Durante o transporte, os detritos são frequentemente colocados em contato com o substrato da geleira. O coeficiente friccional 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 (Boulton et al., 1979). Detritos em processo de tração sobre substrato duro provocam abrasão e erosão do mesmo. Segundo sugestão de Boulton (1975), 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 e Paul (1976), Boulton e Deinoux (1981, e Boulton (1982). O depósito resultante, denominado *till* de alojamento, forma-se, no geral, em irregularidades do embasamento/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; Rocha-Campos e Canuto, 1983; Canuto, 1985).

Resultam desses mecanismos *tills* de alojamento sob a forma de corpos delgados e descontínuos, e extremamente compactados. Dreimanis (1976) adiciona que a alta compactação desses depósitos é acompanhada por densidade, velocidade sísmica, resistência a cisalhamento, e baixas porosidade e razão de vazios.

A natureza altamente coesiva dos tills de alojamento relaciona-se com a elevada percentagem de material argiloso existente na matriz, resultante da abrasão glacial e dos processos de trituração e moagem de detritos (Boulton 1982).

Todas as características acima referidas são exibidas pelo diamictito maciço e compactado, interpretado então como tilito de alojamento.

Outros elementos que reforçam a hipótese de origem do diamictito maciço por processo de alojamento referem-se à presença de falhas inversas e à ocorrência de foliação encurvada, junto à interface entre o diamictito e o substrato. Segundo Boulton et al. (1974), durante o transporte glacial clastos podem tornar-se salientes na sola da geleira, e colidir com outros alojados no *till* subglacial. A colisão pode produzir, de início, um encurvamento (*dilation*) do *till* de alojamento, em torno dos clastos em movimento e cavidades a montante e a jusante destes. Ao final do processo, a grande carga imprimida pelo peso do gelo pode mascarar o efeito de encurvamento, provocando até mesmo a trituração dos clastos envolvidos.

A presença característica de clastos arredondados e subarredondados, com ou sem estrias, constitui outra característica relevante do diamictito maciço, que encontra paralelo em tills de alojamento. Boulton (1978) sugeriu que clastos em processo de tração na base da geleira tendem a ganhar esfericidade, pela abrasão por eles sofrida. A angulosidade maior de alguns clastos resultaria do fraturamento ocorrido durante colisão e consequente trituração (*crushing*), através de cisalhamento causado pelo movimento da geleira (Boulton et al., 1974).

A presença de alinhamento preferencial de clastos é outro aspecto característico dos tills de alojamento, também observável em afloramentos do diamictito maciço da área do estudo. Esta feição pode desenvolver-se tanto durante o próprio processo de deposição, pelo movimento do gelo, ou, ainda, pelos dois motivos.

Sabe-se, entretanto, que orientação transversal dos eixos maiores dos clastos pode ocorrer. Este caso seria explicado pela compressão de clastos contra obstruções ou irregularidades de embasamento resistente. A orientação

refletiria então a configuração do substrato e não a direção de movimento do gelo. Dreimanis (1976) discute a questão do alinhamento ou “fabric” preferencial de clastos em *tills* de alojamento.

Além das falhas inversas, já mencionadas, estruturas tipo *slickensides*, desenvolvidas sobre lâminas e/ou escamas de foliação do diamictito, junto ao contato deste com o substrato, são também evidência de cisalhamento. A coincidência entre a direção dessas estruturas e a das estrias de abrasão glacial permite atribuí-las a esforços causados pela movimentação da geleira sobre o substrato.

Tendo em conta as informações e discussão acima, considera-se, então, as ocorrências de diamictito maciço, compactado como tilitos de alojamento.

## **2) Fácies diamictito maciço não compactado**

### **Descrição**

Diamictito maciço não compactado, marrom claro, síltico arenoso, com espessura em torno de 1 m e extensão contínua, não tendo sido observado seus limites laterais (**Ponto 8**).

### **Interpretação**

São diamictitos depositados *in situ* pela fusão lenta de massas de gelo estagnado soterrado, retendo algumas das feições dos detritos englaciais, dos quais são derivados originalmente (Boulton 1970). Como afirmam Paul & Eyles (1990), segundo a visão comum, o processo de ablação ou degelo (*melt-out*) é uma acumulação grão a grão, à medida que cada partícula ou agregado de partículas libera-se do gelo.

## **3) Diamictito tabular**

### **Descrição**

O diamictito tabular observado no km 79, apresenta aspecto macroscopicamente maciço, com algumas camadas horizontais irregulares de arenito maciço acinzentado e bem selecionado, é marrom amarelado e inclui clastos centimétricos a decimétricos, subarredondados, com disposição caótica. A espessura observada gira em torno de 2 a 3 m. O contato inferior é brusco sobre folhelho/siltito com clastos dispersos (**Ponto 40**).

### **Interpretação**

O aspecto geral macroscopicamente maciço, sugerindo homogeneidade textural, também exibida pela fácies em discussão, corresponde à feição mais notável, característica de fluxos de detritos, a qual implica em mistura e perda mínima, ou nula, de qualquer fração de sedimento, durante o movimento da massa sedimentar (Canuto 1993).

Com relação à geometria, segundo Canuto (1993), a forma tabular resulta de fluxos não canalizados, movendo-se livremente sobre o talude ou rampa. A fácies é característica da porção superior do leque submarino.

A maior parte do material em movimento, acima da parte basal, funciona como um bloco semi-rígido ("*rigid-plug*" – Middleton & Bouma 1973), que não flui, nem sofre deformação. O bloco semi-rígido não mostra qualquer gradação, estratificação (a não ser pela presença de camadas ou fragmentos de camadas de arenito) ou alinhamento preferencial de clastos, já que estes não se movem uns com relação aos outros, na ausência de cisalhamento interno. Portanto, estes diamictitos são interpretados como produtos de fluxos coesivos de detritos (Lowe 1979 e 1982; Visser 1983; Canuto 1993).

## **4) Diamictito Lenticular**

### **Descrição**

Diamictito depositado em forma de canais amalgamados e superpostos, podendo ocorrer orientação preferencial de fácies paralela ao plano de acamamento (**Pontos 05, 08, 11 e 13**).

### **Interpretação**

Os diamictitos lenticulares depositam-se através do mesmo processo relativo ao diamictito tabular, porém em posições distintas às daqueles no leque submarino. Estes corpos lenticulares são produto de fluxos canalizados (Canuto 1993), que se desenvolvem modificando seu curso através de possíveis irregularidades do talude, resultando em sobreposição e colmatação dos corpos (Lowe 1982; Canuto 1993). A fácies é característica da parte superior de leque submarino.

A ocorrência rara ou ausência de clastos, reflete transporte por distância relativamente curta (Lindsay 1968; Lewis *et al.* 1980; Canuto 1993), ou, então, alta viscosidade e resistência da matriz, que inibe o afundamento dos clastos, após a estabilização do fluxo, e a sua dispersão durante o movimento (Lewis *et al.* 1980).

Os diamictitos lenticulares correspondem a fluxos coesivos de detritos (Lowe 1982; Canuto 1993).

### **7.2.3. Definição de fácies compostas por arenito**

#### **1) Arenito maciço variegado com icnofósseis**

##### **Descrição**

A fácies é composta por arenito fino variegado, vermelho, branco e amarelado, com aspecto geral maciço e mesclado nas cores acima, com partes irregulares mais argilosas. O arenito inclui grande quantidade de icnofósseis na forma de tubos verticais a subverticais, semelhantes a skolitos (**Ponto 33**).

##### **Interpretação**

O aspecto mosqueado, variegado, pode estar relacionado a mistura de fragmentos irregulares de sedimentos mais finos a sedimentos mais arenosos. A

presença dos icnofósseis em forma de tubos verticais a subverticais, sugere ambiente influenciado por marés. A aparência maciça, porém variegada, sugere que os sedimentos foram intensamente remexidos pela ação de organismos (bioturbação), gerando as formas prováveis de skolitos (Canuto 1993).

## **2) Arenito lenticular**

### **Descrição**

Fácies formada por arenito fino, bem selecionado, quartzoso, em alguns casos imaturo, com aspecto interno maciço, ocorrendo em corpos com formas de lobos lenticulares, superpostos, às vezes coalescidos, com seção transversal superior a 1 m e espessuras em torno de 20 a 40 cm. Os contatos são normalmente bruscos, acompanhando a geometria das camadas (**Ponto 40**).

### **Interpretação**

Arenitos com essas características são considerados como transportados através de fluxos gravitacionais de sedimentos, provavelmente na forma de suspensão laminar de alta densidade, que caracterizam fluxos liquefeitos (Lowe 1982), com localização preferencial na parte intermediária de leque submarino. A ausência generalizada de estruturas sedimentares resultantes de transporte e deposição através de mecanismos de tração ou de correntes subaquáticas, a espessura regular e forma das camadas sedimentares, e a superposição direta de unidades areníticas bem selecionadas, sem gradação, às vezes alternando-se com camadas lamíticas, apóiam a idéia de origem por fluxos liquefeitos (Lowe 1976; Canuto 1993).

## **3) Arenito com estratificação gradacional**

### **Descrição**

Fácies formada por arenito fino, róseo, bem selecionado, quartzoso, em camadas cíclicas tabulares e estrutura interna gradacional, sendo, cada ciclo, constituído, na base, pelo arenito fino, passando a muito fino, siltito e, finalmente, a folhelho ou siltito argiloso no topo, passando, por contato brusco, ao início de um novo ciclo **(Ponto 32)**

### **Interpretação**

A estratificação gradacional mostrando, por vezes, a sucessão completa de Bouma, porém, normalmente, exibindo apenas a sucessão parcial, que caracteriza os arenitos desta fácies, coincide com a definição original de turbiditos (Canuto 1993), conforme os modelos desenvolvidos por Bouma (1962).

#### **4) Arenito com estratificação cruzada acanalada**

### **Descrição**

Fácies formada por arenito de granulação fina a média, quartzoso, bem selecionado, avermelhado, com estratificação cruzada acanalada centimétrica a métrica **(Ponto 16)**.

### **Interpretação**

Estes arenitos correspondem a depósitos formados em planície de lavagem, e/ou depósitos flúvio deltáicos subaquáticos, originados por degelo de frente glacial, desembocando em corpo de água, provavelmente marinho (Canuto 1993).

As camadas contendo estratificação cruzada planar a tangencial provavelmente correspondem a depósitos de frente deltaica.

#### **5) Arenito com estratificação cruzada longa planar de baixo ângulo**

### **Descrição**

Fácies formada por arenito fino, quartzoso, avermelhado, depositado em longos estratos cruzados tabulares de baixo ângulo, inferior a 20°, com aproximadamente 4 m de comprimento (**Ponto 19**).

### **Interpretação**

Arenitos com estas características sugerem deposição em região de praia (Reineck & Singh 1980; Canuto 1993).

## **6) Arenito com estratificação cruzada bimodal**

### **Descrição**

A fácies é representada por arenito fino a médio, quartzoso, amarelada, com horizontes avermelhados, com estratificação cruzada métrica, tabular a levemente acanalada, bimodal ocorrendo níveis com clastos de argila paralelos à estratificação; na base de alguns conjuntos de estratos observa-se brecha com aspecto turbulento, em material avermelhado (**Pontos 9 e 19**).

### **Interpretação**

As estruturas observadas sugerem a presença de estratificação cruzada em "espinha-de-peixe (*herringbone cross-bedding*), que resulta da superposição de camadas cujas lâminas frontais mergulham em sentido contrário (Mendes 1984); segundo Reineck & Singh(1980), são estruturas típicas de ambientes influenciados por marés.

Os horizontes contendo brechas significam o início de um ciclo, no qual a água tem energia para erodir o substrato argiloso, possivelmente depositado em fase de maré alta anterior, que posteriormente ficou exposto com o refluxo das águas, sofreu ressecamento causando a formação de gretas, que levaram à

formação dos fragmentos que compõem a brecha, após o avanço das águas em nova inundação por elevação da maré.

### **7) Arenito fino com estratificação cruzada de baixo ângulo e truncamentos**

#### **Descrição**

A fácies é representada por arenito fino a médio, quartzoso, marrom claro e bege, laminado, com lâminas que se adelgaçam e espessam. Ocorrem ondulações centimétricas a decimétricas que se truncam, interrompendo a continuidade dos estratos (**Ponto 20**).

#### **Interpretação**

As feições observadas sugerem que os arenitos foram depositados sob influência de tempestades, em ambiente marinho costeiro de antepraia superior (Okasaki & Matsuda 1995).

### **8) Arenito lenticular com clastos dispersos**

#### **Descrição**

Fácies representada por arenito fino, maciço, bem selecionado, de cor cinza, com geometria lenticular incluindo clastos dispersos (**Ponto 38**).

#### **Interpretação**

Os arenitos desta fácies desfrutam, de maneira geral, da mesma interpretação atribuída aos arenitos da *fácies arenito lenticular*, correspondendo, portanto, também, a fluxos liquefeitos (Lowe 1976 e 1982; Canuto 1993), com localização preferencial na parte intermediária de leque submarino. Entretanto, diferencia-se

daquela fácies por apresentar clastos dispersos, que são considerados como caídos de icebergs (Canuto 1993; Canuto *et al.* 2001).

#### **7.2.4. Definição de fácies compostas por siltitos**

##### **1) Siltito maciço**

###### **Descrição**

A fácies é composta por siltito argiloso de aspecto geralmente maciço, normalmente de cor vermelha (**Ponto 37**).

###### **Interpretação**

Material em suspensão depositado por decantação, em zona de transição entre antepraia e planície de lama (Reineck & Singh 1980).

##### **2) Siltito maciço com clastos dispersos**

###### **Descrição**

A fácies é composta por siltito argiloso de aspecto geralmente maciço, vermelho, incluindo clastos dispersos de diversas litologias e matacões graníticos (**Ponto 40 – Km 79**).

###### **Interpretação**

Processo sedimentar semelhante ao da deposição do siltito maciço. Corresponde a material em suspensão depositado por decantação, em zona de transição entre antepraia e planície de lama (Reineck & Singh 1980), associado à queda de detritos a partir de icebergs.

### **3) Siltito maciço com ondulações truncantes**

#### **Descrição**

A fácies é composta por siltito argiloso de aspecto geralmente maciço, de cor acinzentada, apresentando pequenas frações milimétricas de material mais arenoso; com ondulações que se truncam (**Ponto 28**).

#### **Interpretação**

Material em suspensão depositado por decantação, em região basal de antepraia, ainda sob influência de tempestades, próxima à planície de lama (Reineck & Singh 1980; Canuto *et al.* 2001).

### **7.2.4. Definição de fácies compostas por folhelho**

#### **1) Folhelho ou argilito laminado ou maciço**

#### **Descrição**

A fácies é representada por folhelho vermelho com aspecto interno maciço, porém mostrando fissilidade (**Ponto 22**).

#### **Interpretação**

Corresponde a material subaquático em suspensão depositado em zona de planície de lama, de ambiente de *offshore* (Reineck & Singh 1980; Canuto 1993), provavelmente marinho.

A ausência generalizada de estruturas sedimentares de tração indica deposição abaixo do nível de influência das ondas normais (Selley 1985; Canuto *et al.* 2001).

## **2) Folhelho ou argilito laminado ou maciço com clastos dispersos**

### **Descrição**

A fácies é representada por folhelho acinzentado, no geral maciço, com clastos centimétricos dispersos (**Ponto 39**).

### **Interpretação**

Da mesma forma que na fácies anterior, os sedimentos desta fácies correspondem a depósitos subaquáticos de suspensão, provavelmente marinhos, associados, neste caso, a queda de detritos liberados por gelo flutuante, na forma de icebergs.

A presença de clastos caídos é interpretada como evidência de influência glacial indireta (Canuto 1993; Canuto *et al.* 2001).

## **7.2.6. Definição de fácies compostas por lamito**

### **1) Lamito lenticular**

#### **Descrição**

Lamito lenticular com fragmentos de camadas estiradas de arenito fino estratificado (**Ponto 05**).

#### **Interpretação**

Fluxo coesivo de detritos (Lowe 1982; Canuto 1993).

## **7.2.7. Definição de fácies compostas por interlaminação**

### **1) Interlaminado**

### **Descrição**

Intercalações centimétricas a decimétricas de arenito fino e centimétricas de siltito argiloso. Os sedimentos apresentam cor amarela nas partes arenosas, e vermelha nos siltitos, e incluem estruturas verticais a subverticais, que lembram icnofósseis, semelhantes a skolitos. O sedimento mostra-se mosqueado **(Ponto 14)**.

### **Interpretação**

Alternância de processos de tração e suspensão. As estruturas semelhantes a icnofósseis foram consideradas como tais, e como são predominantemente subverticais, podem estar associadas a skolitos. As deformações observadas podem ter sido causadas pela ação dos organismos (bioturbação) e, também por sobrecarga devido à deposição de sedimentos areníticos verificados sobre o interlaminado. Esta fácies foi interpretada como depositada em ambiente sob influência de marés (Reineck & Singh 1980; Canuto 1993; Canuto *et al.* 2001).

## **2) Interlaminado com ondulações truncantes**

### **Descrição**

Intercalações milimétricas a centimétricas de siltito arenoso creme e siltito argiloso vermelho, com laminação cruzada (incipiente) e horizontal e ondulações que se truncam a baixo ângulo **(Ponto 14)**.

### **Interpretação**

Da mesma forma que na fácies anterior, dadas as características descritas dos sedimentos, foram formados através da alternância de processos de tração e suspensão. Entretanto, a presença de ondulações que se truncam sugere que a deposição dos sedimentos se deu em região de transição entre zona influenciada por marés e parte superior da zona de antepraia (Canuto 1993; Canuto *et al.* 2001).

### **7.3 Associações de fácies da área do estudo e suas compatibilidades com os tratos de sistemas considerados na Estratigrafia de Seqüências**

Com base no estudo da sucessão vertical das litologias reconhecidas, conforme a disposição observada na coluna litoestratigráfica construída (**Anexo 02**), na análise de fácies, efetuada através da interpretação das relações entre as fácies identificadas e propostas, e no modelo estabelecido por Canuto *et al.* (2001) relativo a estratigrafia de seqüências para aplicação em bacias intracratônicas glaciadas, foram reconhecidas quatro associações distintas de fácies, denominadas AF<sub>1</sub>, AF<sub>2</sub>, AF<sub>3</sub> e AF<sub>4</sub>, consideradas como ocorrendo, pela ordem, de baixo para cima, e recorrentes nessa ordem, no tempo.

Da análise efetuada, observa-se, ao longo da coluna litoestratigráfica construída, que ocorrem litofácies diagnósticas, no sentido de caracterizar diferentes associações de fácies; entretanto, existem algumas litofácies presentes em mais de uma associação, não sendo, portanto, diagnósticas.

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

#### **Associação de fácies AF<sub>1</sub>**

##### **Composição**

A associação de fácies A<sub>1</sub> é composta pelo conjunto de litofácies apresentado abaixo.

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

## **Interpretação**

As fácies diagnósticas pertencentes a esta associação relacionam-se a fases de avanço glacial, indicando a presença de mantos de gelo, que se desenvolvem paralelamente a épocas de abaixamento relativo do nível do mar.

Por outro lado, entre as fácies não diagnósticas presentes, as demais fácies compostas por diamictitos foram depositadas através de fluxos gravitacionais de massa, que podem se desenvolver, alguns, em ambiente terrestre, supraglacialmente, e, outros, em leques submarinos, também devido ao abaixamento relativo do nível do mar.

Os arenitos com estratificação cruzada correspondem a sedimentos depositados em planícies de lavagem, pró-glaciais, e/ou a depósitos fluvio-deltáicos desembocando em corpos d'água, provavelmente marinhos, através de vales incisos, formados em épocas de mar baixo.

## **Associação de fácies AF<sub>2</sub>**

### **Composição**

A associação de fácies A<sub>2</sub> é composta pelo conjunto de litofácies apresentado abaixo.

- 1) Fácies folhelho ou argilito laminado ou maciço, com clastos dispersos (\*)
- 2) Fácies diamictito lenticular
- 3) Fácies arenito fino com estratificação cruzada de baixo ângulo e truncamentos
- 4) Fácies siltito maciço com clastos dispersos (\*)
- 5) Fácies arenito gradacional
- 6) Arenito maciço variegado com icnofósseis (\*)

## Interpretação

As fácies diagnósticas observadas nesta associação sugerem sua deposição durante fase de transgressão marinha.

É caracterizada por arenitos com estratificação cruzada de baixo ângulo, associada a truncamentos por ondas, provavelmente tendo sua sedimentação influenciada por ondas de tempestade, depositados em ambiente de mar raso, costeiro, em região de antepraia.

Igualmente, ou ainda mais importantes, para a definição de fase de transgressão marinha, são os folhelhos e siltitos com clastos dispersos, que caíram de icebergs, característicos de ambientes glácio-marinhos, que, normalmente, se sobrepõem às fácies de arenitos acima mencionadas, e correspondem a fase de degelo, ou de 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 conseqüente 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.

A estratificação gradacional mostrando, por vezes, a sucessão completa de Bouma, porém, normalmente, exibindo apenas a sucessão parcial, que caracteriza os arenitos desta fácies, coincide com a definição original de turbiditos, conforme os modelos desenvolvidos por Bouma.

O aspecto mosqueado, variegado, pode estar relacionado a mistura de fragmentos irregulares de sedimentos mais finos a sedimentos mais arenosos. A presença dos icnofósseis em forma de tubos verticais a subverticais, sugere ambiente influenciado por marés. A aparência maciça, porém variegada, sugere que os sedimentos foram intensamente remexidos pela ação de organismos (bioturbação), gerando as formas prováveis de skolitos

A posição estratigráfica da associação de fácies  $A_2$ , sobreposta à associação de fácies  $A_1$ , 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 em época de mar transgressivo.

### Associação de fácies $AF_3$

A associação de fácies  $A_3$  apresenta um conjunto de litofácies, conforme listado abaixo.

## Composição

- 1) Fácies folhelho ou argilito laminado ou maciço (\*)
- 2) Fácies diamictito lenticular
- 4) Fácies arenito lenticular
- 5) Fácies siltito maciço (\*)
- 6) Fácies siltito maciço com ondulações truncantes (\*)

## Interpretação

A fácies diagnóstica, característica desta associação de fácies, formada por folhelho vermelho a cinza, maciço ou laminado, corresponde a sedimentos depositados em região de plataforma de lama, costa a fora (*offshore*), sugerindo deposição em águas mais profundas.

Os siltitos, correspondendo 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 siltitos maciços com ondulações truncantes correspondem a material em suspensão depositado por decantação, em região basal de antepraia, ainda sob influência de tempestades, próxima à planície de lama.

Os diamictitos lenticulares presentes correspondem a fluxos gravitacionais de sedimentos, que se desenvolveram pela desestabilização desses materiais, que se encontravam acomodados na margem do corpo de água marinho, devido ao encharcamento sofrido através da elevação relativa do nível do mar.

Arenitos lenticulares foram transportados através de fluxos gravitacionais de sedimentos, também devido à sua desestabilização por encharcamento na região de borda da bacia, causada pela subida do nível do mar.

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

transgressão marinha, classifica a associação de fácies A<sub>4</sub> como representativa de época de mar alto.

### **Associação de fácies AF<sub>4</sub>**

#### **Composição**

A associação de fácies A<sub>4</sub> apresenta, como componentes, as litofácies listadas abaixo.

- 1) Fácies interlaminado (\*)
- 2) Fácies arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo e truncamentos (\*)
- 3) Fácies arenito com estratificação cruzada bimodal (\*)
- 4) Fácies diamictito lenticular
- 5) Fácies siltito maciço com ondulações truncantes (\*)
- 6) Arenito maciço variegado com icnofósseis (\*)

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

#### **Interpretação**

Uma das fácies diagnósticas desta associação corresponde a sedimentos com estruturas sedimentares que indicam a alternância de processos de tração e suspensão, interlaminado, característicos de ambientes influenciados por marés.

A fácies arenito com estratificação cruzada de baixo ângulo e truncamentos insere-se no contexto dos ambientes marinhos rasos, mais propriamente intermarés e antepraia.

O aspecto mosqueado, variegado, pode estar relacionado à mistura de fragmentos irregulares de sedimentos mais finos a sedimentos mais arenosos. A presença dos icnofósseis em forma de tubos verticais a subverticais, sugere ambiente influenciado por marés. A

aparência maciça, porém variegada, sugere que os sedimentos foram intensamente remexidos pela ação de organismos (bioturbação), gerando as formas prováveis de skolithos

As estruturas observadas sugerem a presença de estratificação cruzada em "espinha-de-peixe" (*herringbone cross-bedding*), que resulta da superposição de camadas cujas lâminas frontais mergulham em sentido contrário, são estruturas típicas de ambientes influenciados por marés.

A fácies siltito maciço com ondulações truncantes integra-se, também, ao esquema de sedimentação marinha costeira, considerando-se o fato de que deposita-se em região de transição entre parte inferior de antepraia, ainda atingida por ondas de tempestade, e planície de lama.

A fácies diamictito lenticular desenvolveu-se pelo escorregamento de diamictitos previamente depositados na região marginal da bacia, devido à sua desestabilização causada pelo abaixamento do nível do mar.

A associação de fácies AF<sub>4</sub> sobreposta à associação de fácies AF<sub>3</sub> caracteriza uma fase de abaixamento relativo do nível do mar, ou seja uma regressão marinha, neste caso associada a levantamento glacio-isostático da área continental, devido à retirada do peso da geleira (Canuto *et al.* 2001).

#### **7.4 Interpretação do significado das associações de fácies, com referência ao ciclo da variação relativa do nível do mar; suas posições estratigráficas no referido ciclo, contatos interassociações e relações com tratos de sistemas**

##### **Associação de facies A<sub>1</sub>**

A Associação de fácies A<sub>1</sub>, aqui apresentada, apresenta características que, segundo Canuto *et al.* (2001), sugerem 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, devido ao avanço do Lobo Paraná (Santos, 1987), preferencialmente de S-SE para N-NW.

O contato superior pode ser brusco, entre esta associação e a associação de fácies  $A_2$ . Quando observado, o contato é representado por uma superfície que separa, normalmente, arenitos marinhos costeiros da base da Associação de fácies  $A_2$  sobrepostos a diamictitos do topo da Associação de fácies  $A_1$ , caracterizando-se, então, uma superfície transgressiva entre as duas associações.

De posse dos dados acima, considera-se a **associação de fácies  $A_1$**  como um **trato de sistemas de mar baixo**.

### **Associação de fácies $A_2$**

A Associação de fácies  $A_2$  é composta predominantemente por sedimentos depositados em ambientes marinhos rasos, costeiros, e glácio-marinhos, e coloca-se estratigraficamente acima da associação de fácies  $A_1$ , que é composta de sedimentos predominantemente glácio-continentais, depositados em época de mar baixo (Canuto *et al.* 2001).

Seu contato inferior, com a Associação de fácies  $A_1$ , foi, já, definido acima (corresponde ao contato superior da associação  $A_1$ ).

O contato superior desta associação, sobre a Associação de fácies  $A_1$ , é considerado, normalmente, onde surgem os primeiros folhelhos marinhos sem clastos, onde sua base deveria ser considerada como uma superfície de máxima inundação. Entretanto, essa superfície normalmente é difícil de ser observada, considerando-se que a passagem de folhelho com clastos para folhelho sem clastos é, compreensivelmente transicional

A **associação de fácies  $A_2$**  associa-se a eventos dominados por elevação relativa do nível do mar, caracterizando épocas de mar transgressivo, representando, portanto, um **trato de sistemas transgressivo**.

### **Associação de fácies $A_3$**

Dentro das características sedimentares representativas do modelo de Canuto *et al.* (2001), para bacias intracratônicas glaciadas, a associação de fácies  $A_3$ , é composta por sedimentos que, em conjunto, caracterizam uma época de nível do mar relativamente estabilizado. A associação de fácies  $A_3$  seria, teoricamente, limitada, na base, pela superfície de inundação máxima (*maximum flooding surface*;) mas, como á discutido acima,

a passagem dos folhelhos com clastos da associação subjacente para os folhelhos sem clastos é gradativa.

O contato superior desta associação é convencionalmente, normalmente, a partir do primeiro aparecimento da fácies interlaminada, ou, em sua ausência, ou se ocorrerem antes da fácies interlaminada, pode ser considerada, também, a base de facies relativas a arenitos marinhos costeiros, colocados estratigraficamente acima dos folhelhos da associação de fácies  $A_3$ .

A **associação de fácies  $A_3$** , sendo representativa de fases de nível do mar relativamente estabilizado, caracteriza, destarte, um **trato de sistemas de mar alto**.

#### **Associação de fácies $A_4$**

A associação de fácies  $A_4$ , mostra uma sucessão sedimentar característica de abaixamento relativo e gradativo do nível do mar, sedimentos estes que caracterizam ambientes desde a transição entre a região correspondente à plataforma de lama, passando por antepraia, incluindo, também, ambientes influenciados por marés, além de, eventualmente, conter alguns depósitos flúvio-deltáicos.

O contato inferior desta associação foi, já, descrito acima, equivalendo ao próprio contato superior da Associação de fácies  $A_3$ .

O contato superior da Associação de fácies  $A_4$  corresponde, segundo Canuto *et al.* (2001), a um novo pavimento estriado, que forma uma superfície limitante entre esta associação e a associação de fácies  $A_1$ , que recorre sobre a associação de fácies  $A_4$ .

Os sedimentos do topo da associação de fácies  $A_4$ , próximo ao contato superior, podem apresentar-se deformados, devido ao glacioteconismo provocado por novo avanço do gelo, formando, por abrasão, a nova superfície estriada, que corresponde à superfície limitante entre dois ciclos completos de variação relativa do nível do mar.

A recorrência da associação de fácies  $A_1$  demonstra o retorno do contexto dominado por glaciação na área do estudo, configurando um cenário de novo abaixamento relativo do nível do mar. Estas informações indicam que a **associação de fácies  $A_4$**  corresponde a um trato de sistemas regressivo, denominado por Canuto *et al.* (2001) como **trato de sistemas regressivos glacio-isostático**, que completa um ciclo de variação relativa do nível do mar, em uma bacia intracratônica glaciada.

## **7.5. Análise petrográfica**

### **7.5.1 Análises microscópicas**

**TF – 19 – 07 → Km 129, base (0 m).**

Arcabouço 80%, matriz 8%, cimento 2%, poros 10%.

Composição – quartzo 70%, feldspato 20%, fragmentos líticos 10%.

Textura – maciça.

Morfologia dos grãos – em sua maioria são subangulares, o contato entre os grãos são tangenciais (em sua maioria), porém ocorrem contatos pontuais entre alguns grãos.

Granulometria – Arcabouço atinge dimensões de até 0,3 mm, e matriz no máximo 0,1 mm.

**TF – 19 – 07 → Km 129, (+ 2m)**

Arcabouço 78%, matriz 8%, cimento 2%, poros 12%.

Composição – quartzo 65%, feldspato 25%, fragmentos líticos 10%.

Textura – maciça.

Morfologia dos grãos – em sua maioria são subarredondados, os contatos entre os grãos são preferencialmente tangenciais, ocorrendo também contatos côncavo-convexo e pontuais entre alguns grãos.

Granulometria – arcabouço atinge dimensões de no máximo 0,3 mm, porém a maioria dos grãos estão no intervalo entre 0,1 e 0,2 mm.

**TF – 19 – 40 → Km 79, base ( 0 m).**

Arcabouço 82%, matriz 8%, cimento 1%, poros 9%.

Composição – quartzo 68%, feldspato 22%, fragmentos líticos 10%.

Textura – maciça.

Morfologia dos grãos – subarredondados a arredondados, os grãos em sua maioria estão imbricados.

Granulometria – em sua maioria os grãos estão no intervalo entre 0,1 mm e 0,2 mm.

**TF – 19 – 40 → Km 79, (+ 2 m).**

Arcabouço 81%, matriz 9%, cimento 1%, poros 9%.

Composição – quartzo 67%, feldspato 25%, fragmentos líticos 8%.

Textura – maciça.

Morfologia dos grãos – grãos subarredondados, ocorrem contatos pontuais entre alguns grãos, porém na maioria dos casos os contatos são tangenciais.

Granulometria – arcabouço atingindo no máximo 0,3 mm.

**TF – 19 – 40 → Km 79 (+ 5 m).**

Arcabouço 80%, matriz 7%, cimento 1%, poros 12%.

Composição – quartzo 65%, feldspato 25%, fragmentos líticos 10%.

Textura maciça.

Morfologia dos grãos – grãos subarredondados, contato entre os grãos em sua maioria tangenciais.

### 7.5.2 Contagem de poros

O método de contagem de poros foi realizado colocando-se a lâmina delgada no charriot da platina do microscópio, desta maneira a lâmina é deslocada a intervalos regulares para que todos os pontos tenham a chance de parar na centro do retículo. Foram analisados **300 pontos em cada lâmina**, dispostos em uma malha regular espaçada em intervalos de 0,2 mm. O método consiste numa contagem simples de poros *versus* não poros, abrangendo grãos, matriz e cimento (Netto, 1978).

**TF – 19 – 07 → Km 129, base (0 m).**

Não poros – 261

Poros – 39

Resultado final – 13% de Porosidade.

**TF – 19 – 07 → Km 129, (+ 2m)**

Não poros – 263

Poros – 37

Resultado final – 12,3% de Porosidade.

**TF – 19 – 40 → Km 79, base ( 0 m).**

Não poros – 259

Poros – 41

Resultado final – 13,6% de Porosidade.

**TF – 19 – 40 → Km 79, (+ 2 m).**

Não poros – 265

Poros – 35

Resultado final – 11,6% de Porosidade.

**TF – 19 – 40 → Km 79 (+ 5 m).**

Não poros – 252

Poros – 48

Resultado final – 16% de Porosidade.

## **8. Conclusões**

### **8.1. Arcabouço cronoestratigráfico – Seqüências de 3ª ordem identificadas**

Da análise estratigráfica elaborada nos itens antecedentes, foram reconhecidos possíveis oito ciclos sedimentares, com espessuras variando na ordem de 90 a 120 m, marcando a presença de eventos de transgressões e regressões, influenciadas por glaciação.

Os ciclos incluem as associações de fácies denominadas, informalmente (Canuto *et al.* 2001), da base para o topo, AF<sub>1</sub>, AF<sub>2</sub>, AF<sub>3</sub> e AF<sub>4</sub>, que correspondem, respectivamente, aos trato de sistemas de mar baixo (TSMB), trato de sistemas de mar transgressivo (TSMT), trato de sistemas de mar alto (TSMA) e trato de sistemas de mar regressivo glácio-isostático (TSMRGi).

Foram identificadas duas superfícies erosivas limitantes basais de seqüências de 3ª ordem, sob diamictitos maciços compactados, depositados durante avanços glaciais, nos afloramentos do km 79 e km 129 da rodovia Castello Branco, na qual está instalado o perfil geológico analisado neste trabalho. Essas superfícies correspondem a limites basais de

seqüências do tipo 1 (Posamentier *et al.* 1988), que são caracterizados por exposição subaérea, erosão e incisão da plataforma.

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, conclui-se que as discordâncias basais dos ciclos reconhecidos, representadas por pavimentos estriados, correspondem a superfícies basais limitantes de seqüências de 3ª ordem do tipo 1.

Como pode ser observado, as associações de fácies e os tratos de sistemas recorrem por oito vezes na área do estudo, caracterizando oito ciclos representativos das seqüências de 3ª ordem,  $S_1$  a  $S_8$ , embora, na sua maioria, incompletos, devido à descontinuidade do registro sedimentar. Entretanto, vários intervalos estratigráficos incluindo associações de fácies e tratos de sistemas correspondentes foram puderam ser inferidos, considerando-se a presença identificada de fácies diagnósticas de associações que ocorrem abaixo ou acima desses intervalos.

A sétima seqüência ( $S_8$ ) inicia-se no topo do Subgrupo Itararé e tem continuidade na base da Formação Tatuí, Subgrupo Guatá. Encontra-se aqui uma situação bastante distinta do caso das seqüências glaciadas e mais complexa, por estar ocorrendo uma mudança de contexto glacial para pós-glacial. Não foram estudadas as diferenças relativas às fácies nessa passagem pelo fato de que o estudo relativo a Formação Tatuí não faz parte dos objetivos do trabalho.

Desta forma, ficaram caracterizadas, então, oito seqüências de 3ª ordem, relativas ao Perfil geológico selecionado na área do estudo, a SP-280 (**anexo 01**).

## **8.2. Análise petrográfica**

Da análise petrográfica realizada, foi obtido como resultado final, considerado para os arenitos estudados, uma porosidade máxima de 16%. Esse valor classifica os arenitos estudados como de boa qualidade para sua utilização como aquíferos ou mesmo como reservatórios para hidrocarbonetos.

Ressalta-se, entretanto, que, como este trabalho não apresenta objetivos específicos relativos a Hidrogeologia e nem à Geologia do Petróleo, não foram discutidos os demais fatores correspondentes necessários à classificação das rochas como aquíferos e reservatórios, como,

por exemplo, rochas geradoras e selantes, entre outros, no caso dos hidrocarbonetos, e sucessão de rochas também necessárias à constituição de aquíferos. O objetivo mencionado neste trabalho quanto à parte econômica se restringiu à análise dos arenitos principalmente quanto à porosidade, fator que já os capacita preliminarmente como utilizáveis para esses fins.

## 9. Referências Bibliográficas

- Almeida F.F.M. 1946. A rocha "Moutonnée" de Salto, Estado de São Paulo. *Boletim de Geologia e Metalurgia*, 5:112-123.
- Barbosa O. 1940. Estrias produzidas por gelo Permi-Carbonífero. *Mineração e Metalurgia*, 4:272-273.
- Benn D. I & Evans D. J. A. 1998. *Glaciers and glaciation*. Great Britain, Arnold Publishers.
- Boulton G.S. 1970. On the origin and transport of englacial debris in Svalbard glaciers. *Journal of Glaciology*, 9(56):213-229.
- Boulton G.S. 1971. Till genesis and fabric in Svalbard Spitsbergen. In R.P. Goldthwait (ed.) *Till: a Symposium*. Ohio State University Press, 41-72.
- Boulton G.S. 1975. Processes and patterns of subglacial sedimentation: a theoretical approach. In A.E. Wright & F. Mosely (eds.). *Ice ages: ancient and modern*. Liverpool. Seel House Press, p. 7-42.
- Boulton G.S. 1978. Boulder shapes and grain-size distributions of debris as indicator of transport paths Through a glacier and till genesis. *Sedimentology*, 25:773-799.
- Boulton G.S. 1982. Subglacial processes and the development of glacial bedforms. In Guelph Symposium on Geomorphology, 6, Norwich, 1982. *Proceedings Norwich*, Geo-Books, p. 1-31.
- 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.
- Boulton G.S. & Paul M.A. 1976. The influence of genetic processes on some geotechnical properties of glacial tills. *Quaternary Journal of Engineering Geology*, 9:159-194.
- Boulton G.S., Dent D.L. & Morris E.M. 1974. Subglacial shearing and crushing and the role of water pressures in tills from south-east Iceland, *Geografiska Annaler*, 56:135-145.
- Boulton G.S., Morris E.M., Armstrong A.A. & Thomas A. 1979. Direct measurements of stress at the base of a glacier. *Journal of Glaciology*, 22:3-24.

- Bouma A.H. 1962. *Sedimentology of some Flysch deposits: a graphic approach to facies interpretation*. Amsterdam, Elsevier, 168 p.
- 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., 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).
- Daemon R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Brasília, *Anais*, 359-414.
- Della Fávera J.C. 2001. Fundamentos de Estratigrafia Moderna. Ed. UERJ. 263 p.
- Dreimanis A. 1976. Tills: their origin and properties. In R.F. Legget (eds.). *Glacial till: an interdisciplinary study*. Ottawa, Royal Society of Canada. P. 11-49.
- Eyles N., Carolyn H.E., Miall A.D. 1983. Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology*. 30:393-410.
- Eyles N. & Eyles C. H. 1992. Glacial deposition system. In: Roger G. Walker & Noel P. James (Eds). *Facies models: response to sea level change*. Love Printing Service Ltd., Ontário: 73-100.
- Flint R.F. 1971. *Glacial and Quaternary Geology*. New York, John Wiley & Sons. 809p.
- 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.
- Florêncio R. V. S. 2000. *As argilas do Subgrupo Itararé: potencialidades como matérias primas cerâmicas e como inertizadoras de resíduos industriais*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Tese de Doutorado. 184 p.
- 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 Tatuí (P) no Estado de São Paulo. in: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 33a, Rio de Janeiro, Anais, 711-720.
- 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.
- IPT – Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo. 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo. Sicct - Prominério/IPT. 2 Vols.
- Lewis D.W., Laird M.G. & Powell R.D. 1980. Debris flow deposits of early Miocene age, deadman stream, Marlborough New Zealand. *Sedimentary Geology*, **27**:83-118.
- Lindsay J.F. 1968. The development of clast fabric in mudflows. *Journal of Sedimentary Petrology*, **38**:1242-1253.
- Lowe D.R. 1976. Grain flow and grain flow deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*, **46**:188-199.
- Lowe D.R. 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, **52**:279-297.
- Melfi A.J. & Bittencourt I. 1962. Geologia e pedologia na bacia glacial no distrito de Sousas, Campinas, SP. *Bragantia*, Campinas **21**(46).
- Mendes J. C. 1984. Elementos de Estratigrafia. T. A. Queiroz Editor, Editora da USP. 566 P.
- Miall A.D. 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth Sciences Reviews*, **13**:1-62.
- Middleton G.V. & Bouma A.H. (eds.) 1973. *Turbidites and deep water sedimentation: pacific section*. Los Angeles, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. 157 p. (SEPM, Short Course Notes.)
- 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.
- 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. 265-291.
- Netto A. S. T. 1978. Porosidade de Arenitos: Métodos e Resultados. Boletim técnico da PETROBRÁS. Rio de Janeiro. **21**(4):287-297.
- 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, 275-288.
- Paul M.A. & Eyles N. 1990. Constraints of the preservation of diamict facies (melt-out tills) at the margins of stagnant glaciers. *Quaternary Science Review*, 9:51-69.
- Petri S. 1964. Grupo Tubarão. In: Geologia do estado de São Paulo. Boletim do Instituto Geográfico, 41:56-63.
- Petri S. & Pires F.A. 1992. O Subgrupo Itararé (Permocarbonífero) na região do médio Tietê, Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.* 22(3):301-310.
- Pires F.A. 2001. *Análise paleoambiental e estratigráfica do Subgrupo Itararé na região do Médio Tietê, Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro. Dissertação de Mestrado. 113 p.
- Posamentier H.W., Jervey M.T. & Vail P.R. 1988. Eustatic control on clastic deposition I – conceptual framework. In Wilgus *et al.* (eds.): *Sea-level Changes: an Integrated Approach*. Tulsa, SEPM, p. 109-124 (SEPM Spec. Publ. 42).
- Reineck H.E. & Singh I.B. 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. 2<sup>nd</sup> ed. New York, Springer-Verlag. 549 p.
- 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.
- Rocha-Campos A.C. 1974. Carvão de pedra no Estado de São Paulo: situação atual e perspectivas. *Relatório da Secretaria de Planejamento do Estado de São Paulo*.
- Rocha-Campos A.C. & Canuto J.R. 1983. Fácies and sedimentary environments of Late Paleozoic diamictites and associated rocks in Southern Paraná and Northern Santa Catarina, Brazil. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 55(1):138.
- Rocha-Campos A.C. & Santos P. R. 2000. Ação geológica do gelo. In: Wilson Teixeira; M. Cristina M. Toledo; Thomas R. Fairchild; Fábio Taioli (Eds). *Decifrando a terra*. Oficina de textos. 215-246.
- 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.
- Salveti R.A.P. 2005. *Sistemas deposicionais e paleogeografia do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná), na região entre Itu e Indaiatuba, SP*. Instituto de Geociências, USP, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 110 p.

- Santos P.R. 1979. *Distribuição estratigráfica, características e fácies de diamictitos e rochas associadas do Subgrupo Itararé no centro e 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*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, USP, 128 p.
- Santos P.R. 1996. *Condicionamento geológico da sedimentação glacial :o Neopaleozóico da Bacia do Paraná e o Terciário da Antártida*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 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: Cong. Bras. Geol., 28, Porto Alegre. *Anais*, 1:41-65.
- Selley R.C. 1985. *Ancient sedimentary environments and their subsurface diagnosis*. 3<sup>rd</sup> ed. London, Chapman and Hall, 317 p.
- 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*. (SEPM Core Workshop, 2.)
- Smith, W. S. T. 1925. Na Apparent-Dip proctator. *Econ. Geol.*, 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: Cong. Bras. Geol., 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. *Rev. Bras. Geoc.*, 7(2):131-149.
- Suguio K. 2003. *Geologia Sedimentar*. Editora Edgar Blucher LTDA. 400 p.
- Vail P. R., Mitchum R. M. Jr., Todd R. G., Widmier J. M., Thompson S. III, Sangree J. B., Bubb J. N., Hatlelid W. G. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In: Payton C. E. (Editor), *Seismic stratigraphy – applications to hidrocarbon exploration*. Am. Assoc. Petr. Geol., *Memoir* 26: 49-212.
- Vesely F. F. & Assine M. L. 2002. Superfícies estriadas em arenitos do Grupo Itararé produzidas por gelo flutuante, sudeste do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 32 (4): 587-594.

- Visser J.N.J. 1983. Glacial-marine sedimentation in the Late Paleozoic Karoo Basin, Southern África. In B.P. Molnia (ed.). *Glacial-marine sedimentation*. New York Plenum Press, p. 667-701.
- Walker R.G. 1992. Turbidites and submarine fans. In R.G. Walker, N.P. James (eds.), *Facies models: response to sea-level change*. Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, 239-263.

PRANCHA DE FOTOS

**PRANCHA DE FOTOS**



**Foto 03-01** Arenito fino de aspecto maciço.



**Foto 04-01** Possíveis tubos de icnofósseis no contato entre o arenito fino e o siltito argiloso.



**Foto 04-02** Estratificação cruzada predominantemente tabular a localmente acanalada.



**Foto 05-01** Arenito fino de aspecto maciço, intemperizado.



**Foto 05-02** Diamictito lenticular estratificado.



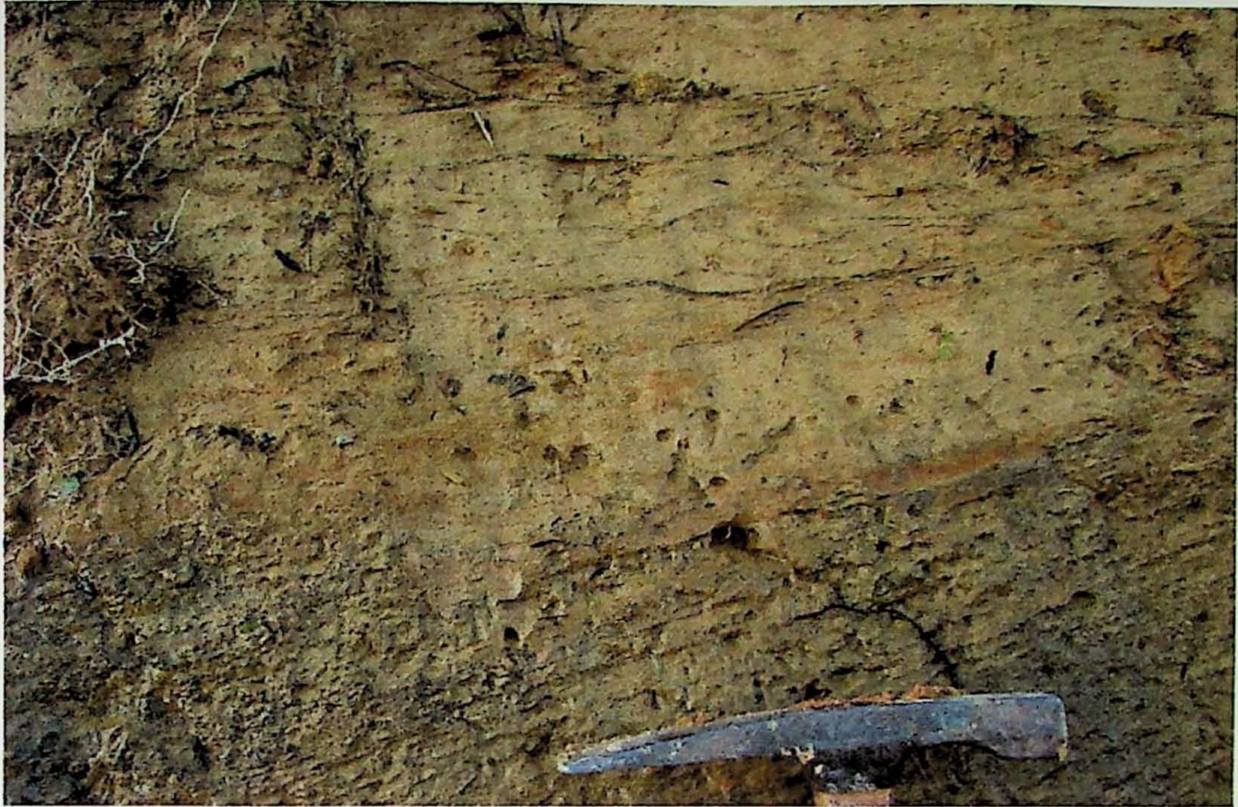
**Foto 05-03** Clastos arredondados, variando de milimétricos a centimétricos.



**Foto 05-04: Lamite vermelho.**



**Foto 06-01 Arenito fino com estratificação predominantemente tabular.**



**Foto 07-01** Arenito fino a médio com estratificação cruzada de baixo ângulo, com laminação cruzada e/ou marcas onduladas truncadas.



**Foto 07-02** Interlaminado (intercalação entre arenito fino e siltito argiloso).



**Foto 07-03** Estruturas decimétricas de sobrecarga em arenito fino.



**Foto 08-01** Contato entre o arenito e diamictito maciço compactado



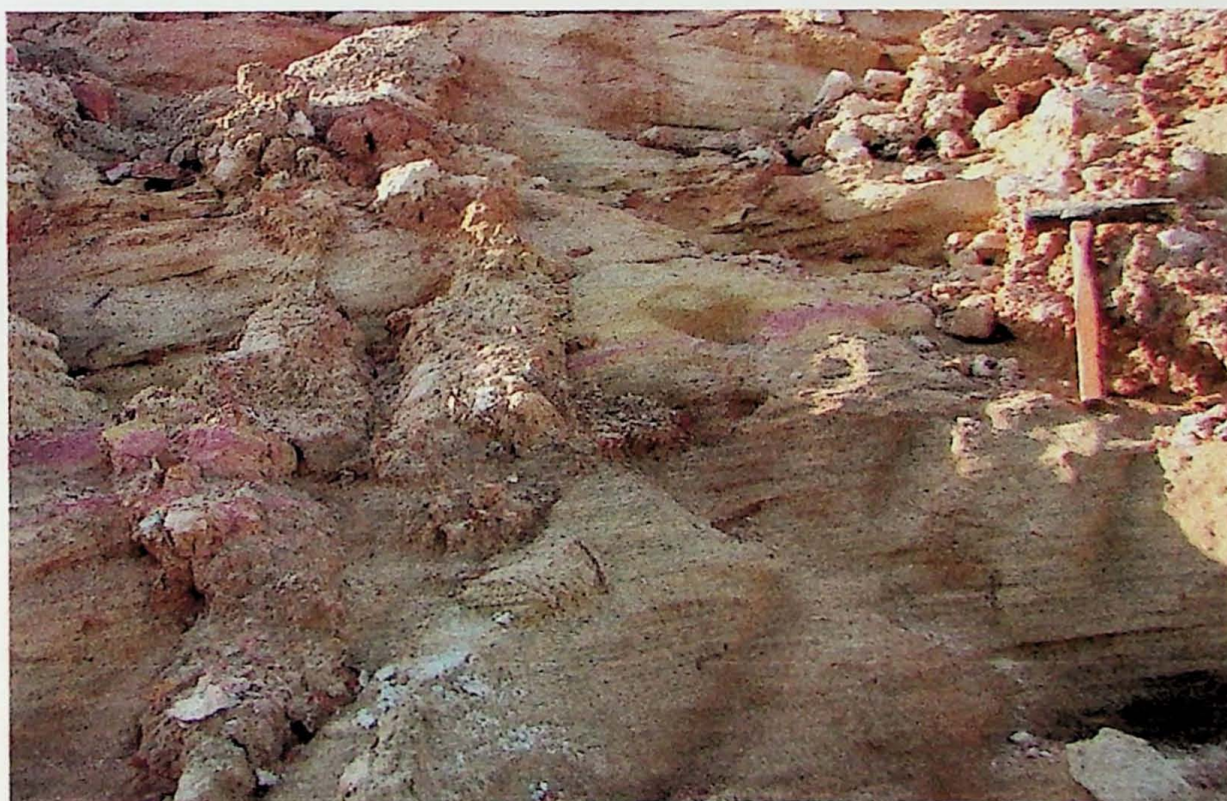
**Foto 08-02** Falhas e fraturas na parte basal do diamictito.



**Foto 08-03** Diamictito maciço compactado, sobreposto por diamictito maciço não compactado.



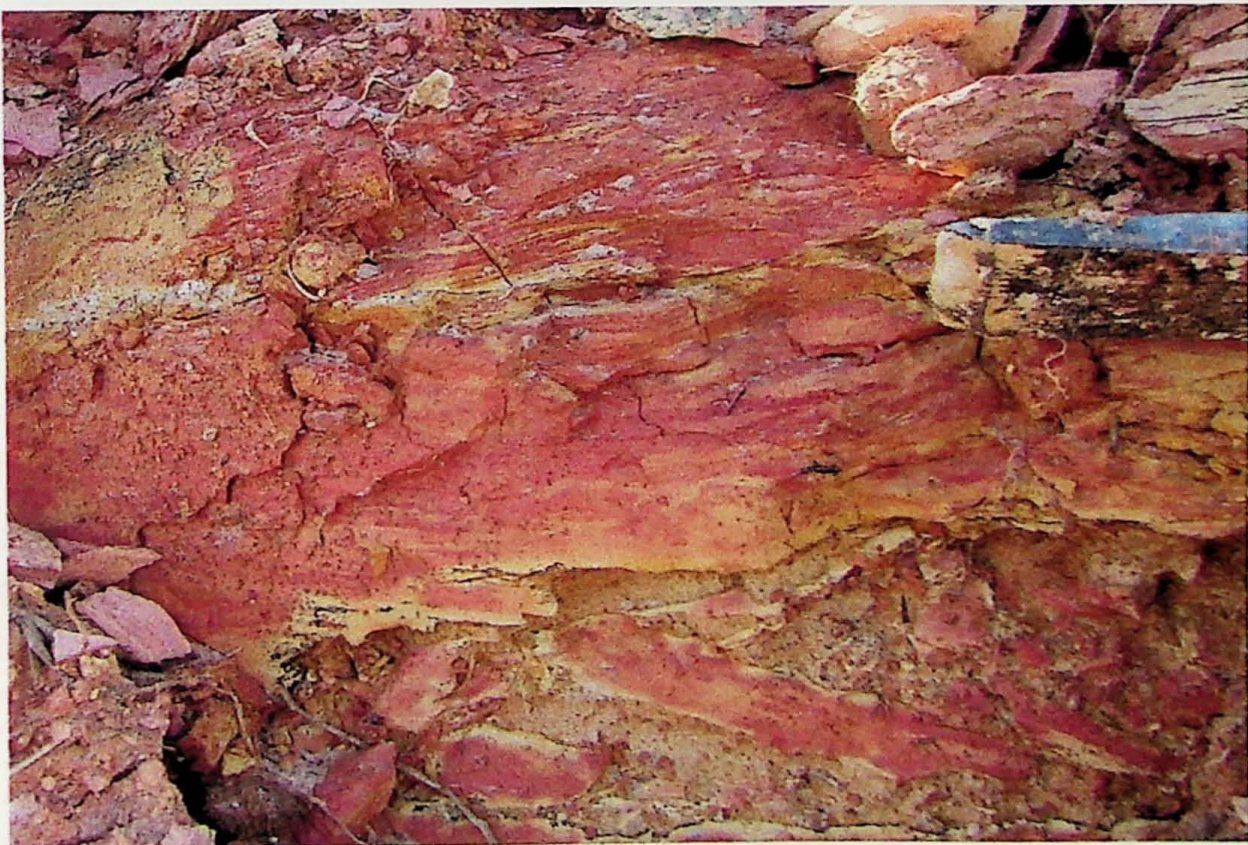
**Foto 09-01** Arenito fino a médio com estratificação cruzada métrica, tabular a levemente acanalada.



**Foto 09-02** Arenito fino a médio com estratificação cruzada métrica, tabular a levemente acanalada.



**Foto 09-03** Brecha com aspecto turbulento na base de cada set de estratificação cruzada.



**Foto 09-04** Níveis vermelhos de ritmito irregular.



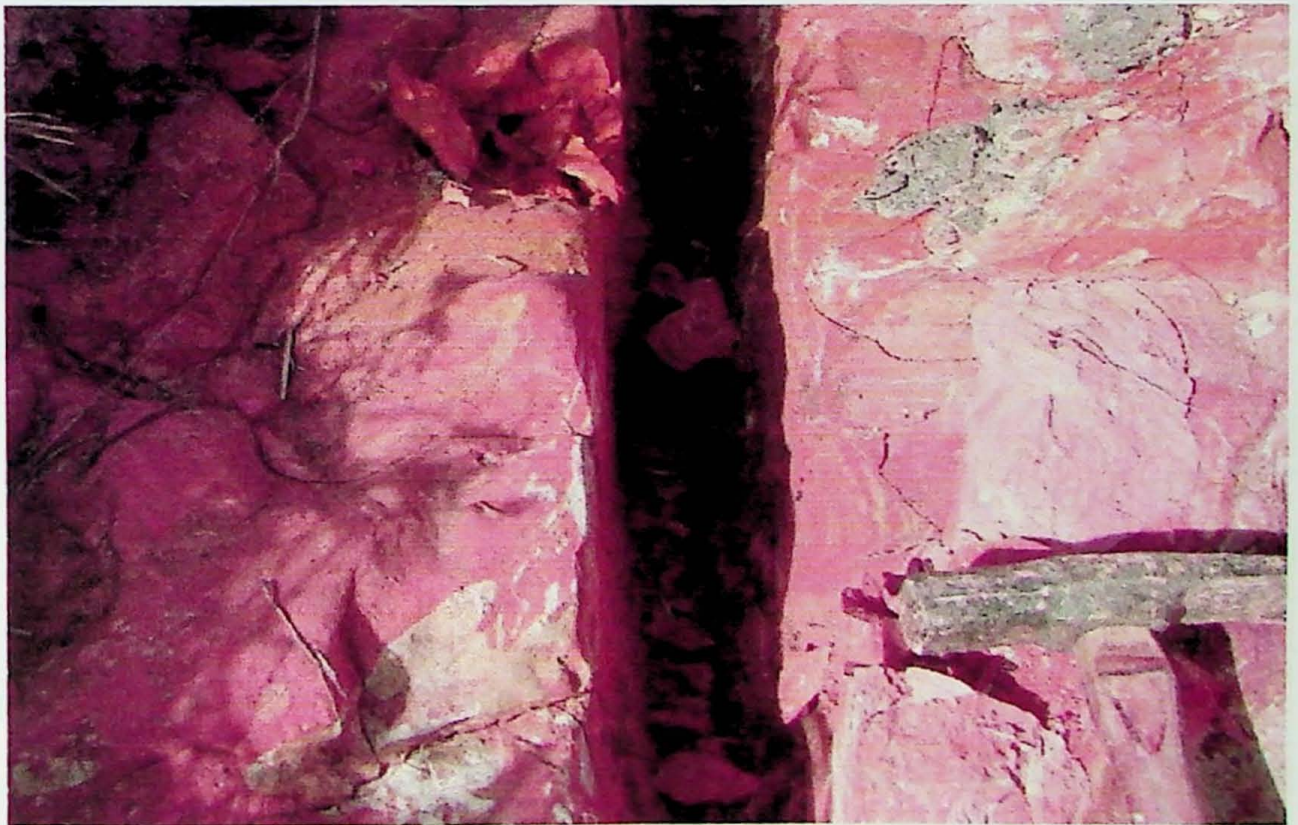
**Foto 13-01** Diamictito arenoso, lenticular e estratificado, com poucos clastos dispersos na matriz.



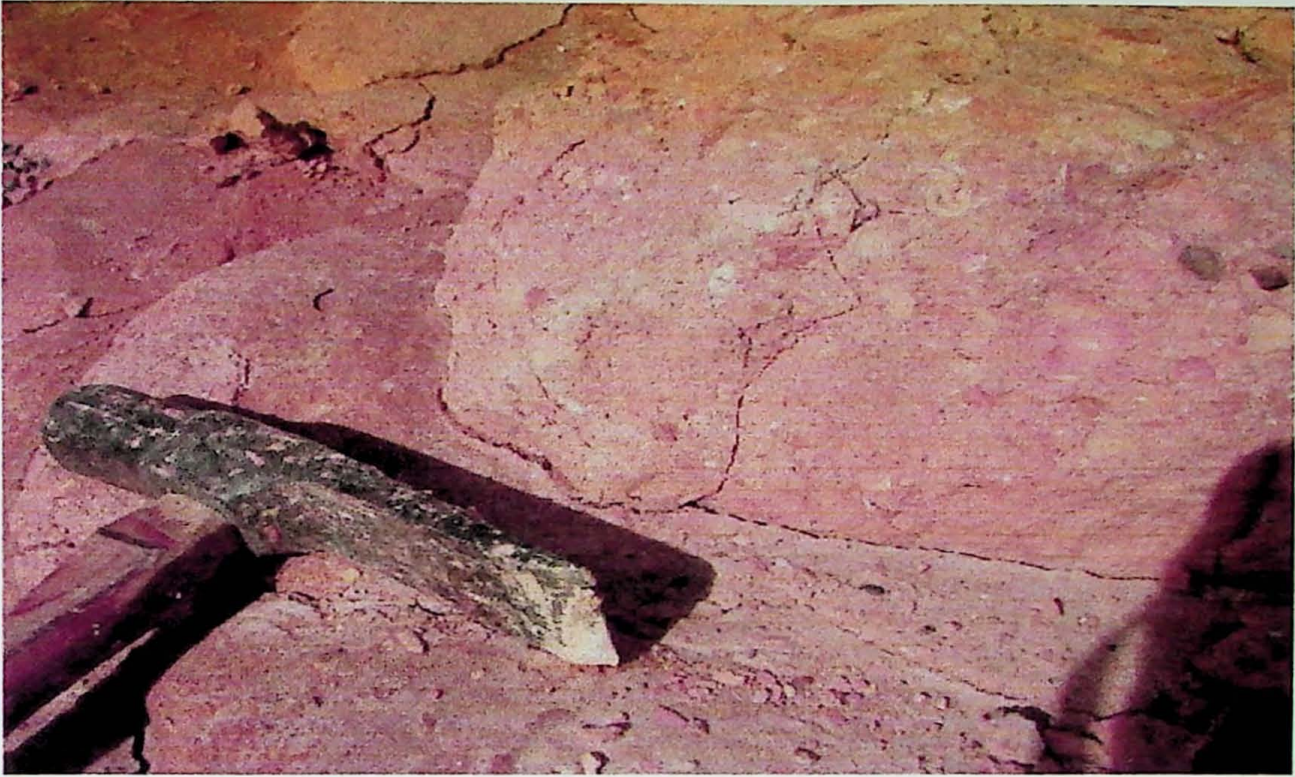
**Foto 13-02** Nível conglomerático, apresentando frações variando de milimétricas a centimétricas.



**Foto 14-01** Arenito muito fino com laminação cruzada acanalada intercalado com siltito.



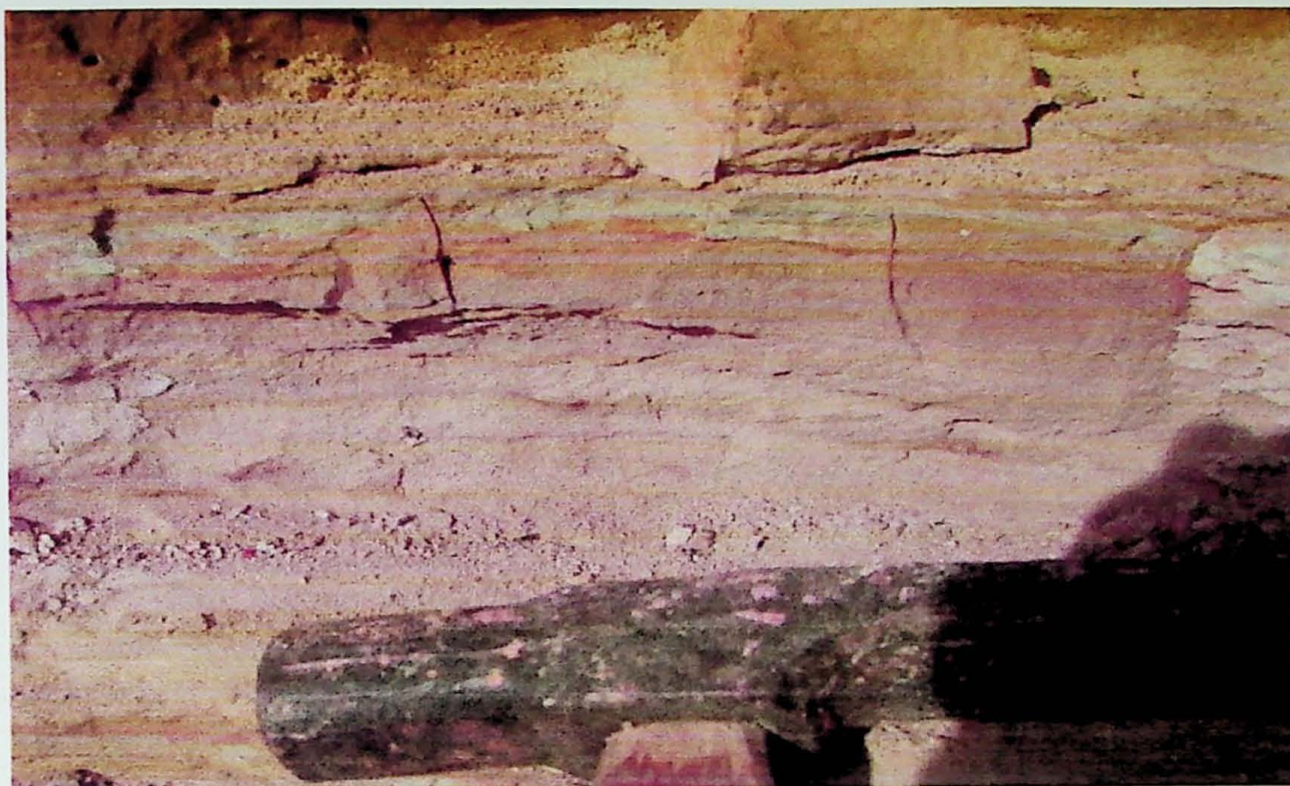
**Foto 14-02** Siltito argiloso avermelhado.



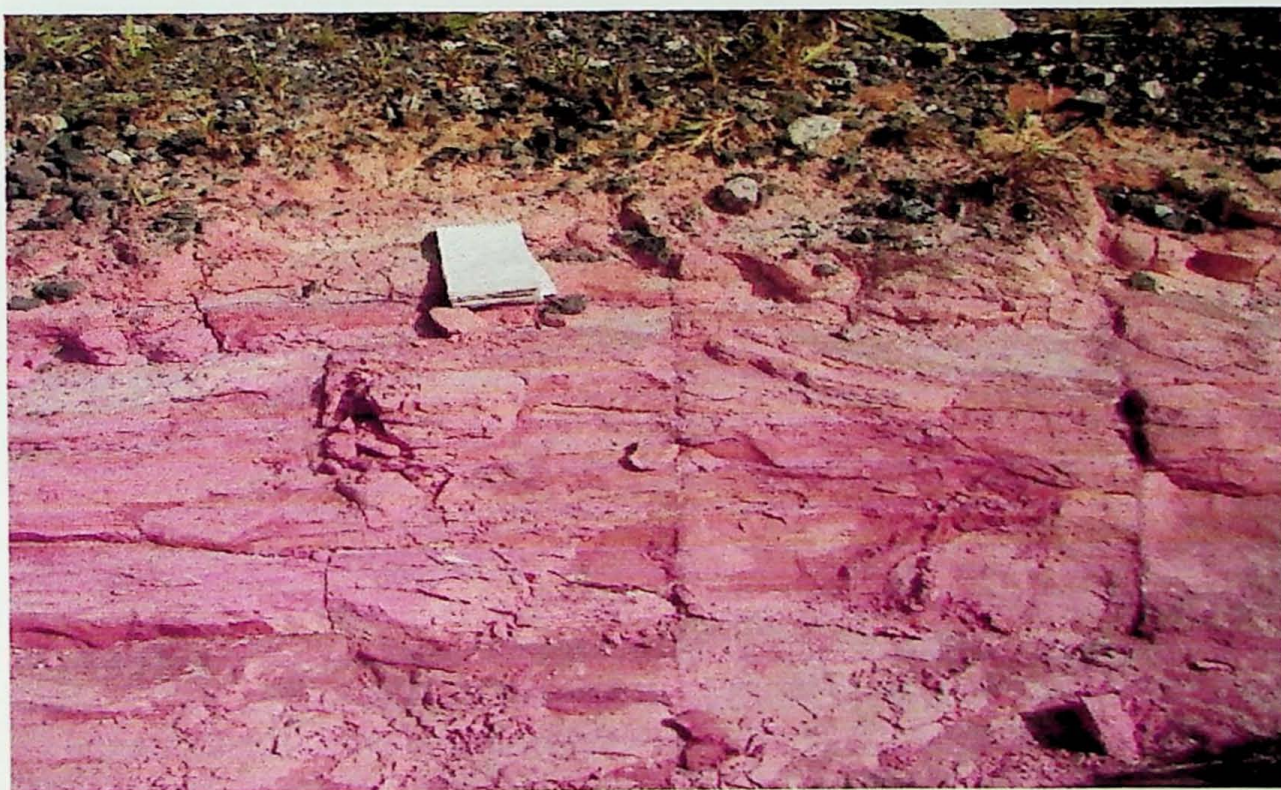
**Foto 14-03** Horizonte conglomerático, composto por seixos de sedimentos.



**Foto 14-04** Intercalação milimétrica de siltito (amarelado e esbranquiçado) e argila vermelha com laminação horizontal.



**Foto 14-05** Camada de arenito fino com laminação cruzada, intercalada com siltito com laminação horizontal incipiente.



**Foto 14-06** Siltito vermelho com laminação horizontal e ondulações que se truncam.



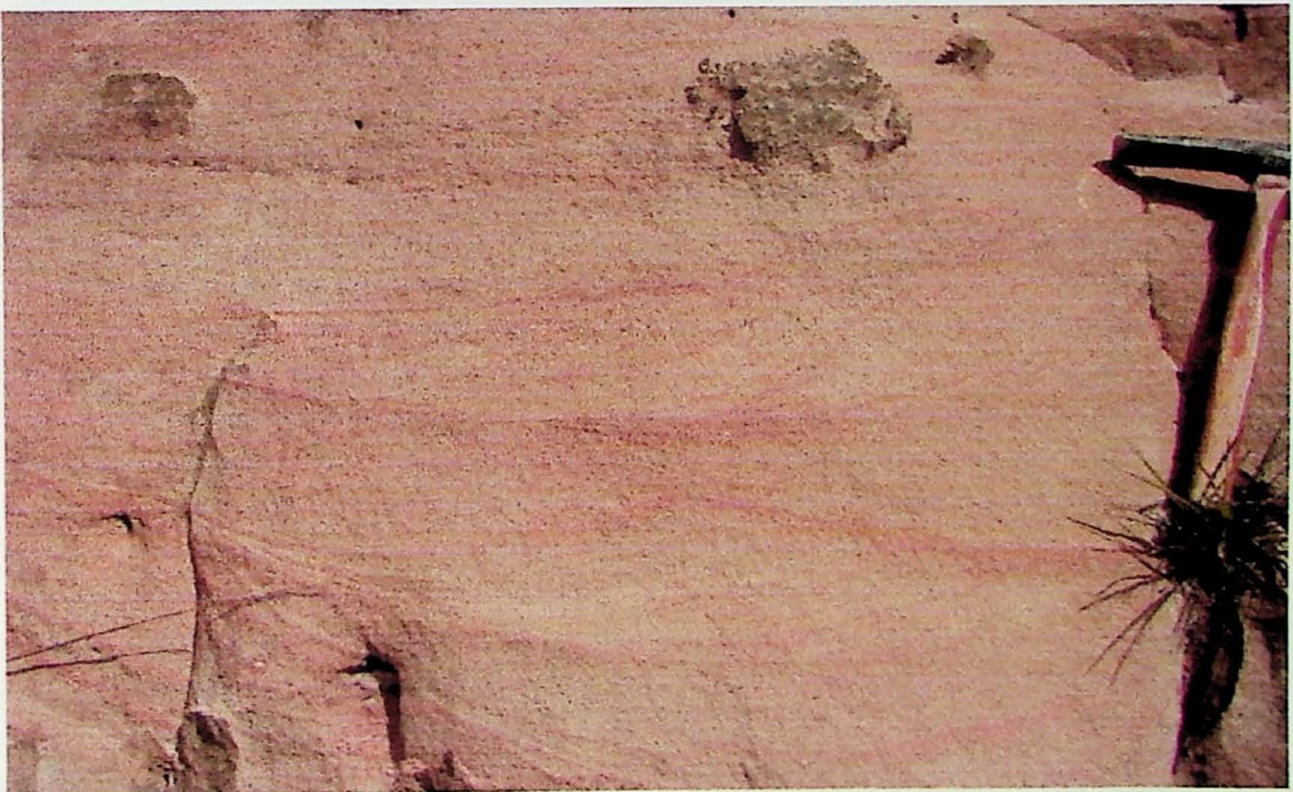
**Foto 15-01** Arenito fino com estratificação cruzada acanalada centimétrica a decimétrica.



**15-02** Vista geral, afloramento de arenito com estratificações cruzadas acanaladas.



**16-01** Arenito com estratificação plano paralela.



**Foto 16-02** Centro do afloramento, estratificação cruzada acanalada decimétrica.



**Foto 16-03** Estratificação cruzada acanalada métrica.



**Foto 17-01** Arenito com estratificação horizontal e cruzada acanalada incipiente.



**Foto 17-02** Vista geral, afloramento de arenito.



**Foto 18-01** Arenito fino, com estratificação horizontal e cruzada acanalada centimétrica a decimétrica incipiente.



**Foto 19-01 Arenito fino com estratificação cruzada acanalada centimétrica.**



**Foto 19-02 Estratificação cruzada acanalada métrica.**



**Foto 19-03** Longos estratos cruzados tabulares de baixo ângulo (aprox. 4 m), parte central inferior para a esquerda.



**Foto 19-04** Longos estratos cruzados tabulares de baixo ângulo (aprox. 4 m), parte central superior para a direita.



**Foto 20-01** Laminação horizontal e cruzada (centimétricas) em arenito muito fino, ocorrem ondulações centimétricas que se truncam.



**Foto 21-01** Contato brusco entre diamictito maciço e diamictito laminado com clastos laminados de diversos tamanhos (milimétricos a centimétricos).



**Foto 21-02** Intercalação de siltito e arenito com laminação horizontal e cruzada incipiente.



**Foto 21 A-01** Diamictito estratificado.



**Foto 21 A-02 Estruturas de canais em diamictito.**



**Foto 21 A-03 Clastos subarredondados e bem arredondados.**



**Foto 22-01** Diamictito silto arenoso muito alterado.



**Foto 22-02** Sedimento argiloso avermelhado, aspecto maciço.



**Foto 22-03** Vista geral do afloramento de diamictito alterado sobreposto por sedimento argiloso.



**Foto 23-01** Diamictito arenoso muito alterado.



**Foto 24-01** Siltito avermelhado de aspecto maciço.



**Foto 24-02** Siltito intercalado com lâminas de arenito fino, apresentando laminação horizontal.



**Foto 26-01** Siltito argiloso laminado, muito alterado.



**Foto 26-02** Siltito argiloso com laminação horizontal incipiente.



**Foto 26-03** Crosta limonítica, com cerca de 1 cm de espessura.



**Foto 27-01** Arenito fino alterado, sem estruturas observáveis.



**Foto 28-01** Intercalação entre siltito de matriz argilosa e siltito de matriz arenosa.



**Foto 28-02** Ondulações decimétricas que se truncam, em camada de siltito.



**Foto 29-01** Siltito de aspecto maciço, apresentando frações milimétricas de material mais arenoso, com pequenas ondulações centimétricas, na base e parte intermediária direita.



**Foto 30-01** Arenito alterado, com estratificação cruzada acanalada decimétrica.



**Foto 30-02** Diamictito silto-arenoso alterado, com clastos subarredondados variando de milimétricos a centimétricos.



**Foto 30-03** Estrutura de canal em arenito.



**Foto 31-01** Arenito avermelhado, bem selecionado.



**Foto 31-02 Estruturas de alça de fluxo.**



**Foto 31-03 Vista geral, afloramento de arenito.**



**Foto 32-01** Arenito maciço, imaturo.



**Foto 32-02** Sucessão turbidítica decimétrica, aprox. 1,5 m de espessura.



**Foto 32-03** Sucessão turbidítica decimétrica, aprox. 1,5 m de espessura.



**Foto 33-01** Arenito fino, maciço, alterado, apresentando icnofósseis (possíveis skolitos).



**Foto 33-02** Arenito fino, maciço, alterado, intercalado por frações centimétricas de argila, apresentando icnofósseis.



**Foto 34-01** Arenito fino, com estratificação cruzada acanalada decimétrica a métrica.



**Foto 34-02** Arenito fino, com estratificação cruzada acanalada decimétrica a métrica.



**Foto 35-01** Arenito muito alterado, variegado, com pequenas frações de argila na matriz.



**Foto 36-01** Arenito fino a médio, apresentando geometria lenticular, alguns clastos dispersos, e fragmentos limonitizados de camadas de sedimentos mais finos.



**Foto 37-01** Folhelho siltico alterado.



**Foto 38-01** Arenito fino, maciço, possuindo geometria lenticular.



**Foto 38-02** Clastos dispersos variando de milimétrico a centimétrico.



**Foto 39-01** Folhelho alterado, de aspecto maciço, apresentando clastos decimétricos na matriz.



**Foto 39-02** Vista geral, afloramento de folhelho alterado.



**Foto 40-1** Filito do embasamento.



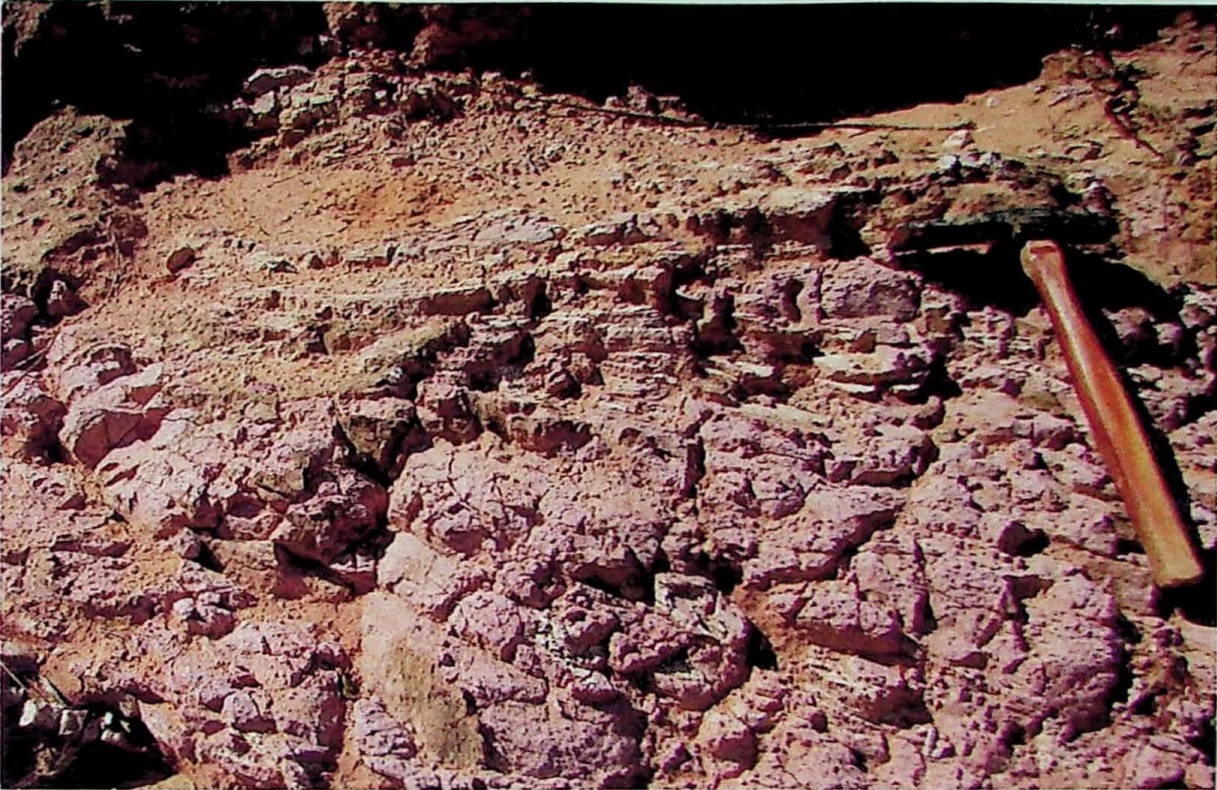
**Foto 40-2** Diamictito síltico-argiloso, maciço (espessura aproximada de 50 cm).



**Foto 40-3** Clastos facetados, arredondados a subangulosos, do próprio quartzito de veio.



**Foto 40-4** Superfície plana e lisa que compõe o embasamento.



**Foto 40-5** Arenito imaturo, e com estratificações horizontal e cruzada planar.



**Foto 40-6** Folhelho siltico maciço com clastos de composição granítica dispersos.



**Foto 40-7** Matacão granítico com cerca de 1 m de diâmetro.



**Foto 40-8** Matacão granítico com cerca de 1 m de diâmetro.



**Foto 40-9** Diamictito maciço com clastos até decimétricos.



**Foto 40-10** Camadas horizontais, irregulares de arenito maciço.

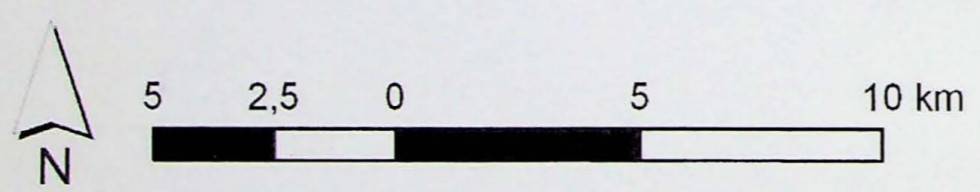
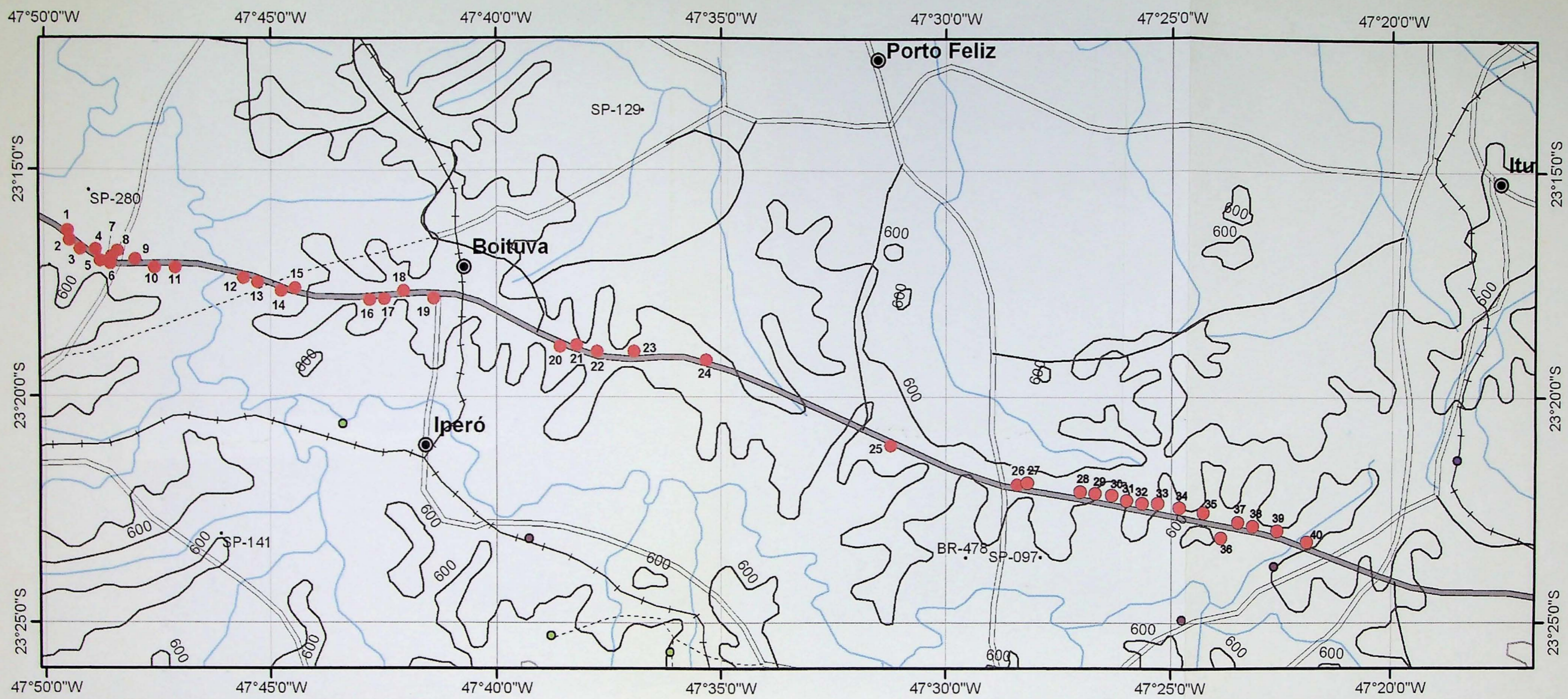


**Foto 40-13 Folhelho siltico maciço, com clastos centimétricos.**



**Foto 40-14 Corpos areníticos lenticulares.**

# ANEXOS



ANEXO 3

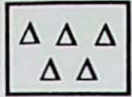
**Legenda**

- CIDADE
- POVOADO
- VILA
- AFLORAMENTOS DESCRITOS
- FERROVIA
- RODOVIA\_EM\_PAVIMENTACAO
- - - - RODOVIA\_NAO\_PAVIMENTADA
- RODOVIA\_PAVIMENTADA**
- BR-374/SP-280

BOXEMA

DOAÇÃO .....  
IGL-057  
Data: 07/05/08

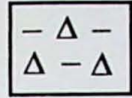
# LEGENDA



Diamictito maciço



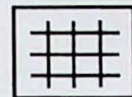
Diamictito lenticular



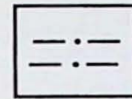
Diamictito maciço compactado



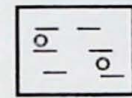
Diamictito siltoso



Intercalação entre arenito fino e siltito



Siltito maciço



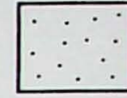
Folhelho de aspecto maciço, com presença de clastos decimétricos dispersos na matriz



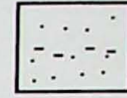
Arenito fino a médio com estratificação cruzada de baixo ângulo



Arenito lenticular



Arenito fino a médio, sem estruturas aparentes



Arenito variegado



Conglomerado



Marcas onduladas truncadas

— — Contato inferior, não observado (inferido)

— Contato observado, ou de superfície

## A F - ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES

TRATOS DE SISTEMAS - TSMA (TRATO DE SISTEMA DE MAR ALTO)  
TST (TRATO DE SISTEMA TRANSGRESSIVO)  
TSMB (TRATO DE SISTEMA DE MAR BAIXO)  
TSRGi (TRATO DE SISTEMA GLÁCIO ISOSTÁTICO)

## S - SEQUÊNCIAS DE TERCEIRA ORDEM

