

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

RESUMO DOS DADOS

CONTRIBUIÇÃO À ORIGEM DE PAVIMENTOS DE CLASTOS GLACIAIS DO  
SUBGRUPO ITARARÉ (NEOPALEOZOICO), BACIA DO PARANÁ

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA



MAURICIO PETTINATI LUCIO  
ORIENTADOR: PROF. DR. A. C. ROCHA-CAMPOS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900004569

SÃO PAULO - 1999

L938  
M.P.c

## **RESUMO DOS DADOS**

Título do Projeto: Contribuição à origem de pavimentos de clastos glaciais do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico), Bacia do Paraná  
Nº do projeto: TF 99/08  
Aluno: Mauricio Pettinati Lucio  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Rocha-Campos

Mauricio Pettinati Lucio

Mauricio Pettinati Lucio  
Aluno

A.C. Rocha-Campos

Prof. Dr. A. C. Rocha-Campos  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. A. C. Rocha-Campos, pela orientação, apoio e encorajamento durante esta etapa da minha formação profissional.

Ao Prof. Dr. Luiz Eduardo Anelli, pelas discussões paleontológicas e científicas, orientação ao longo de minha iniciação científica e amizade.

A todos os professores que contribuíram na minha formação profissional e científica.

Aos meus amigos e colegas de turma, pelo companheirismo, amizade e inesquecíveis momentos que juntos compartilhamos ao longo do curso.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA .....	3
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. TRABALHOS PRÉVIOS .....</b>	<b>4</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>6</b>
4.1. BASE DE DADOS .....	6
4.2. FOTOINTERPRETAÇÃO .....	6
4.3. MAPEAMENTO GEOLÓGICO.....	6
4.4. PETROGRAFIA SEDIMENTAR.....	7
4.5. CRONOGRAMA EFETIVO .....	7
4.6. ANÁLISE E INTEGRAÇÃO DOS DADOS.....	7
<b>5. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS .....</b>	<b>9</b>
<b>6. GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
<b>7. ESTRATIGRAFIA LOCAL.....</b>	<b>10</b>
7.1. Associação II – SILTITOS ARENOSOS / ARENITOS FINOS / DIAMICTITO .....	11
7.2. ASSOCIAÇÃO I – DIAMICTITO MACIÇO / ARENITO .....	11
7.3. ASSOCIAÇÃO III – ARENITOS FINOS / CONGLOMERADOS .....	11
7.4. ASSOCIAÇÃO IV – ARENITOS FINOS A GROSSOS / DIAMICTITOS.....	12
7.5. ASSOCIAÇÃO V – DIAMICTITOS / ARENITOS .....	14
<b>8. INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....</b>	<b>15</b>
8.1. ORIGEM DAS ASSOCIAÇÕES DE LITOFAZIES .....	15
8.1.1 Associação I .....	15
8.1.2 Associação II .....	16
8.1.3 Associação III .....	16
8.1.4 Associação IV.....	16
8.1.5 Associação V .....	17
<b>9. ORIGEM DOS PAVIMENTOS DE CLASTOS.....</b>	<b>17</b>
9.1. GENERALIDADES .....	17
9.2. PAVIMENTO A.....	18
9.3. PAVIMENTO B.....	18
<b>10. MODELO DEPOSICIONAL E HISTÓRIA GLACIAL.....</b>	<b>19</b>

<b>11. CONCLUSÕES .....</b>	<b>20</b>
<b>12. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>20</b>

## Fotos:

Foto 1 - Escoamento hídrico.

Foto 2 - Documento da Anomalia.

Foto 3 - Pedaço de rocha de 100g.

Foto 4 - Detalhe das anomalias 1 e 2.

Foto 5 - Detalhe da anomalia grande da foto 1.

Foto 6 - Detalhe da anomalia 3.

Foto 7 - Detalhe das anomalias 4 e 5 e detalhe da anomalia 6.

Foto 8 - Detalhe anomalias com superfície de cimento desprendida da rocha.

Foto 9 - Detalhe anomalias 7 e 8.

Foto 10 - Detalhe anomalias 9 e 10.

Foto 11 - Detalhe anomalias 11 e 12.

## Referências:

Anônimo - Documento.

Silva, J. P. - Documentação e descrição das anomalias.

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **TABELAS**

Tabela 1. Cronograma efetivo (pág. 8)

### **FIGURAS**

Figura 1. Litofácies da Associação IV e V (pág. 13)

### **FOTOS**

Foto 1 - Geomorfologia local.

Foto 2 - Diamictito da Associação I.

Foto 3 - Siltitos da Associação II.

Foto 4 - Contato das associações I e III.

Foto 5 - Diamictitos e lentes de arenito da Associação I.

Foto 6 - Arenitos da Associação IV.

Foto 7 - Diamictito inferior (deformado) e superior (não deformado)

Foto 8 - Micro-falhamentos em superfície do arenito da Associação IV.

Foto 9 - Cunha de arenito no diamictito inferior.

Foto 10 - Pavimento de clastos B.

Foto 11 - Estrias em superfície de arenito.

Foto 12 - Dique clástico e pavimento B.

### **ANEXOS**

Anexo 1 - Mapa Geológico

Anexo 2 - Seções estratigráficas e correlação entre associações

## RESUMO

Rocha-Campos *et al.* (1968) descreveram duas concentrações lineares e horizontais de clastos que ocorrem em dois diamictitos diferentes no topo do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico, Bacia do Paraná), no centro-leste do Estado de São Paulo. Estas estruturas foram interpretadas como dois pavimentos compostos por clastos muitas vezes facetados e estriados que variam de tamanho (seixos a matacões) e composição.

O pavimento de clastos superior (pavimento B) ocorre em um diamictito cinza-claro / amarelado, maciço e não deformado, e é caracterizado pela maior dispersão vertical dos clastos. O pavimento de clastos inferior (pavimento A) ocorre em um diamictito cinza claro deformado, próximo ou sobre o contato com o arenito inferior.

Diversas hipóteses de formação de pavimentos de clastos glaciais foram propostas, incluindo dois modelos básicos: a) Concentração, rearranjo e modificação de clastos pela ação subglacial e; b) Concentração de clastos por ação fluvial subglacial ou subaérea, seguida por sobrepassagem por geleira.

Evidências de deformação subglacial foram encontradas no arenito abaixo do diamictito inferior, entre elas: estrias paralelas; fraturas ou pequenas falhas superficiais e fragmentos em forma de cunha do arenito inferior incorporados no diamictito, resultantes da sobrepassagem por geleira. Estas evidências levam a uma interpretação de gênese subglacial para estes diamictitos (tilito de deformação ou de alojamento) e consequentemente para o pavimento de clastos A.

O pavimento B têm características distintas do pavimento A: ocorre em diamictito não deformado, em contato irregular com a rocha inferior, não apresenta evidências de deformação subglacial (glaciotectonismo) e possui uma dispersão vertical dos clastos mais acentuada. Tais evidências sugerem que o alinhamento e concentração dos clastos ocorreu a partir do alinhamento de clastos em zonas de cisalhamento no gelo, dentro da geleira, e posterior deposição por *melt out*, sendo o pavimento B, portanto, uma estrutura herdada deste processo.

Realizou-se um mapeamento geológico e análise de fácies visando uma interpretação do contexto paleoambiental e da estratigrafia local dos pavimentos de clastos. Cinco associações faciológicas foram identificadas: Associação I (diamictito maciço / arenito); Associação II (siltitos arenosos / arenitos finos / diamictito); Associação III (arenitos finos / conglomerados); Associação IV (arenitos finos / conglomerados / diamictitos) e; Associação V (diamictitos / arenitos)

## ABSTRACT

Rocha-Campos *et al.* (1968) described two linear and horizontal concentrations of clasts occurring in two distinct diamictites of the Upper Itararé Subgroup (Neopaleozoic, Paraná Basin) in the central-east part of São Paulo State.

The structures were interpreted as two pavements composed by clasts usually faceted and bearing subparallel striae that vary in size (from cobbles to boulders) and composition.

The upper clast pavement (pavement B) occurs within a light gray / yellowish indurate and not deformed diamictite, and is characterized by its higher vertical dispersion of the clasts. The lower clast pavement (pavement A) occurs within a medium gray deformed diamictite, near or on the contact with the sandstone below.

Many hypotheses explaining the formation of glacial clast pavements were proposed, including two basic models: a) Concentration, rearrangement and modification of clasts due to subglacial action and; b) Concentration of clasts by subglacial or superficial (subaerial) fluvial erosion followed by glacier overriding.

Evidences of subglacial deformation were found on the sandstone below the lower diamictite. These evidences are parallel striae, fractures or small superficial faults generated by glacier overriding and wedge-like fragments of the lower sandstone incorporated within the diamictite. These evidences lead to a subglacial interpretation of the lower diamictite genesis (lodgment or deformation till), which also lead to a subglacial interpretation for pavement A.

The pavement B has distinct characteristics: it occurs within a not deformed diamictite in irregular contact with the rocks below, doesn't show evidences of subglacial deformation (glaciotectonism) and has a more accentuated vertical dispersion of the clasts. Such evidences suggest that the clasts were aligned and concentrated by melt out.

A geological mapping and faciological analysis was conducted aiming a better interpretation of the paleoambiental context in which the clast pavements occur.

Five faciological associations were defined: Association I (diamictite / sandstone); Association II (sandy silts / fine sandstones / diamictite); Association III (fine sandstones / conglomerates); Association IV (fine to coarse sandstones / diamictites) and; Association V (diamictites / sandstones).

## 1. INTRODUÇÃO

Pavimentos de clastos são concentrações planares e horizontais de clastos, de origem principalmente glacial ou periglacial.

De modo geral, estes pavimentos têm a espessura de um clasto. Clastos dos pavimentos podem ocorrer orientados, facetados e estriados ou portando outras feições glaciais. Em alguns casos as estrias e outras evidências de abrasão glacial em cada clasto e entre clastos do mesmo pavimento são orientadas de modo paralelo.

Pavimentos de clastos formam-se em diferentes ambientes, dentre os quais: a) glacial terrestre; b) glaciomarinho e glaciolacustrino; c) em regiões de gelo sazonal marinho ou lacustrino; d) alpino ou periglacial. A origem dos pavimentos, na maioria desses ambientes, é geralmente bem conhecida. Assim, pavimentos glaciomarinhas e glaciolacustrinos originam-se em bancos rasos ou na plataforma continental, através da concentração por ondas com remoção de sedimentos finos (*winowing*) e sua sobrepassagem (*overriding*) por geleira. A formação do gelo sazonal no mar ou em lagos pode também concentrar clastos e estriá-los. Pavimentos podem ainda formar-se em condições alpinas ou periglaciais através do levantamento (*frost heaving*) e fragmentação (*frost shattering*) do substrato pela alternância de congelamento e degelo.

Mais controvertida é a origem de pavimentos de clastos de origem glacial, ou seja, através da ação direta de geleiras.

A esse respeito, várias hipóteses foram propostas, incluindo basicamente dois modelos, envolvendo: a) a ação de processos subglaciais (aumento de pressão ou de velocidade; rejuvenescimento de geleira estagnada; erosão e alojamento; deposição à jusante de obstáculos; acresção de clastos em torno de clastos alojados (*lodged*); assentamento através de diamictito subglacial pervasivamente cisalhado etc.); e b) concentração por erosão fluvial subglacial ou subaérea, seguida de sobrepassagem (*overriding*) por geleira.

Qualquer teoria sobre a origem dos pavimentos glaciais deve envolver necessariamente a identificação e avaliação de três processos ou conjuntos de processos relativos a: a) concentração de clastos; b) recolocação ou rearranjo (*emplacement*) de clastos; e c) modificação de clastos.

Em muitos pavimentos de clastos glaciais do Pleistoceno e pré-pleistocénicos, tais como, os do Vale do rio Minnesota, Meio-Oeste dos EUA (Wisconsiniano Superior; Cotter et al., 1993) ocorrem evidências da ação de água corrente (água de degelo) como possível

responsável pela formação da acumulação de clastos e desenvolvimento da configuração planar. Se este for o caso, resta ser determinado se a concentração ocorreu subglacial, proglacial ou pré-glacialmente.

Do mesmo modo, em muitos locais o processo de recolocação de clastos parece incluir alojamento (*lodgement*) ou mecanismo semelhante. Clastos são comumente orientados e associados com estrutura de perda de água e glaciotectônicas abaixo deles (J. F. P. Cotter, informação pessoal, 1991). A pergunta que se impõe aqui é se o alojamento poderia formar uma concentração planar, contínua, subhorizontal e com a espessura de um só clasto.

Finalmente, os processos de modificação dos clastos (facetamento e estriação) parecem, na maioria dos casos, ter ocorrido depois de sua recolocação. Existem, contudo, em alguns pavimentos, evidências de remoção, remodificação e recolocação posterior de clastos (J. F. P. Cotter, informação pessoal, 1991).

Na Bacia do Paraná, afloramentos de pavimentos de clastos associados a diamictitos do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico), no Estado de São Paulo, foram reconhecidos inicialmente em Jumirim (Rocha-Campos *et al.*, 1968, 1969) e posteriormente em Capivari (Rocha Campos *et al.*, 1976).

Sua origem permaneceu, entretanto, controvertida até o final dos anos 80 e início dos 90, quando o aparecimento de novas informações da literatura sobre a origem de pavimentos similares aos da Bacia do Paraná, no Pleistoceno da América do Norte (Eyles, 1988; Clark, 1991; Hicock, 1991) reacenderam o interesse no seu estudo (Rocha-Campos *et al.* 1992; Cotter *et al.*, 1992).

Vários pontos de similaridade foram notados entre os pavimentos de Capivari e os do vale do rio Minnesota sugerindo origem comum. Esses estudos reconheceram, contudo, diferenças significativas do pavimento de clasto de Jumirim com relação aos de Capivari, como também, aos do Pleistoceno da América do Norte. Em resumo, os modelos genéticos disponíveis na literatura mostram-se inadequados para explicar a formação do pavimento de Jumirim.

De modo geral, contudo, os novos estudos restringiram-se a observações de afloramento, as quais, embora tenham propiciado um aprimoramento da hipótese genética, mais condizente com os novos dados da literatura (Rocha-Campos *et al.*, 1992; Cotter *et al.* 1992), não permitiam ainda uma interpretação paleoambiental mais completa dos diamictitos e outras litologias associadas aos pavimentos neopaleozóicos, no contexto do sistema deposicional glacial.

O trabalho de Setti (1998) sobre o varvito e rochas associadas da região de Itu, SP (Subgrupo Itararé) demonstrou que o mapeamento geológico, associado à análise de fácies,

constitui ferramenta de grande utilidade para a reconstituição dos paleoambientes glaciais do Subgrupo Itararé, abrindo a perspectiva de suas aplicações no estudo de outras ocorrências.

O presente projeto foi então proposto com o objetivo de complementar os dados existentes a respeito de uma ocorrência de pavimento de clasto do Subgrupo Itararé, localizado junto à Jumirim, SP (Rocha-Campos *et al.* 1968, 1969), através da abordagem acima proposta, isto é, envolvendo o mapeamento geológico e análise de fácies sedimentares dos diamictitos que contém as estruturas e rochas associadas.

### 1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA

Tornam-se evidentes, nos comentários acima, as implicações do entendimento de processos ligados à gênese dos pavimentos de clastos glaciais e as condições que ocorrem embaixo de geleiras, particularmente as relacionadas à interação entre estas e substratos deformáveis (Hart, 1995). A dinâmica de geleiras que se deslocam sobre substratos reologicamente distintos constitui atualmente um campo de pesquisa de grande interesse para a geologia glacial e glaciologia (Hart, 1995).

Como já comentados, o pavimento de Jumirim difere significativamente de outros pavimentos descritos no Subgrupo Itararé, em Capivari, SP (Rocha-Campos *et al.*, 1968; 1993) e dos pavimentos do Pleistoceno do Meio-Oeste americano (Cotter *et al.*, 1993). Dentre as diferenças mais significativas estão: a) a grande dispersão vertical dos clastos dos pavimentos (nem todos estão alinhados) e as descontinuidades laterais entre eles; b) a inexistência de discordâncias erosivas associadas aos pavimentos; c) o caráter homogêneo do diamictito abaixo, entre e acima dos pavimentos. Outro elemento importante, resultou da identificação da ocorrência de um diamictito inferior, de características distintas do que contém o pavimento, porém também incluindo um alinhamento de clastos mal exposto.

Vários elementos tornam o estudo dos pavimentos de Jumirim relevantes nesse contexto. As estruturas ocorrem junto ao topo do Subgrupo Itararé, incluídos em diamictitos muito consolidados, contendo clastos grandes dispersos, de composição similar aos dos pavimentos. Rochas acima e abaixo dos diamictitos contêm evidências de sedimentação subaquática, não sendo conhecidos, porém, seus ambientes deposicionais específicos. Santos *et al.* (1996) sugeriram que os pavimentos de Jumirim podem ter resultado de um avanço tardio do lobo glacial Kaokoveld, na parte leste da Bacia do Paraná.

Pode ser, portanto, que a origem do pavimento seja diferente da de pavimentos típicos formados segundo o modelo subaéreo. Concentrações similares do Pleistoceno

Superior do Canadá central (Hicock, 1991) foram atribuídos a processos subglaciais envolvendo cisalhamento pervasivo/assentamento de clastos (Clark, 1991).

É possível ainda que a grande dispersão vertical dos clastos no pavimento superior resulte da interrupção no processo de assentamento, em razão de mudanças nas condições subglaciais. O seu estudo poderá, desse modo propiciar uma visão das condições subglaciais e de processos ligados à formação de concentrações de clastos no lobo Kaokoveld.

## 2. OBJETIVOS

O Objetivo principal do projeto foi o de contribuir para o esclarecimento da origem dos pavimentos de clastos do Subgrupo Itararé, dos diamictitos que os contém e de outras rochas associadas da parte superior do Subgrupo Itararé aflorantes em Jumirim, SP, e interpretar os seus ambientes deposicionais com referência ao sistema deposicional glacial.

O esclarecimento da gênese das estruturas poderá fornecer subsídios para a caracterização dos processos subglaciais e de outros aspectos da interação gelo/substrato do lobo glacial Kaokoveld, no nordeste do Estado de São Paulo.

Dessa forma, o projeto almeja também contribuir para a reconstituição da história glacial neopaleozóica da Bacia do Paraná.

## 3. TRABALHOS PRÉVIOS

Pavimentos de clastos foram originalmente identificados em depósitos glaciais do Pleistoceno da Inglaterra, no século XIX. Subseqüentemente, foram encontrados em outras sucessões pleistocênicas da América do Norte e Europa. No registro pré-pleistocênico, pavimentos de clastos foram registrados em sucessões glaciogênicas de diferentes idades, como, por exemplo, Terciário do Alasca (Eyles, 1988) e Neopaleozóico do Gondwana (Rocha-Campos, 1968; 1976; Ojakangas e Matsch, 1984; Visser e Hall, 1985).

A questão da origem de pavimentos de clastos glaciais tanto pleistocênicos, quanto pré-pleistocênicos é muito controvérsia e gera ainda muita discussão. Apesar de ser uma feição bastante comum e característica de rochas formadas em ambiente glacial de idade

pleistocênica, a ocorrência de pavimentos de clastos é rara em sedimentos mais antigos, inclusive neopaleozóicos.

A literatura internacional a respeito do assunto é vasta e numerosas hipóteses foram propostas para explicar a origem das estruturas. Este tópico será retomado quando da discussão da origem dos pavimentos de Jumirim.

Rocha-Campos *et al.* (1968) identificaram pioneiramente a ocorrência de concentração horizontal de clastos facetados e estriados dentro de diamictito do Subgrupo Itararé (pavimento B, neste trabalho), aflorante em corte da antiga estrada de ferro FEPASA, junto a Jumirim, comparando a pavimentos de clastos glaciais do Pleistoceno da América do Norte e propondo uma origem glacial para essas estruturas. Esta é confirmada pela descoberta de marcas em crescente e estrias glaciais sobre a face superior de matacão de um dos pavimentos (Rocha-Campos *et al.*, 1969).

Novos dados estratigráficos e sedimentológicos a respeito dos afloramentos de Jumirim aparecem em Rocha-Campos *et al.* (1972). Neste trabalho, os autores descrevem novas litofácies do Subgrupo Itararé aflorantes na seção exposta ao longo da rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), situadas abaixo do diamictito que contém os pavimentos, porém nada adicionam com respeito à possível origem das estruturas. Mais recente, Rocha-Campos *et al.* (1992) e Cotter *et al.* (1992) discutiram hipóteses a respeito da origem dos pavimentos de Jumirim, com base em reexame dos afloramentos situados ao longo da estrada de ferro. Nessa ocasião, confirmou-se a ocorrência de uma outra camada de diamictito situada abaixo do que contém as concentrações de clastos. Verificou-se também que este, por sua vez, também contém um pavimento de clastos descontínuos (pavimento A, neste trabalho).

A área de estudo está incluída no mapa de associações litológicas do Subgrupo Itararé elaborado por Soares *et al.* (1977) na região centro-leste do Estado de São Paulo. As rochas de Jumirim foram então interpretadas como tendo se depositado em ambiente continental glacial de planície de lavagem e continental de planície aluvial.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. BASE DE DADOS

A primeira etapa do projeto foi realizada anteriormente ao início dos trabalhos de campo e envolveu trabalhos de escritório visando formar uma base de dados essencial ao desenvolvimento do projeto. Esta etapa incluiu a pesquisa bibliográfica para familiarização com o tema estudado, obtenção de um mapa topográfico na escala 1:50.000 (Folha Laranjal Paulista, IBGE 1970 SF-23-Y-C-I-1), e de dois mapas topográficos na escala 1:10.000 (Folhas Bairro Garcia (SF-23-Y-C-I-I-NE-D) e Água da Pedra (SF-23-Y-C-I-I-NE-F), executadas pela empresa Terrafoto S.A. em 1977. Como base topográfica para a realização dos trabalhos de campo, foram utilizadas as cartas 1:10.000 ampliadas, servindo a carta 1:50.000 para localização regional da área.

### 4.2. FOTOINTERPRETAÇÃO

Após a obtenção dos mapas e localização da área pesquisada, 9 fotografias aéreas da região na escala 1:25.000 foram obtidas por empréstimo do Arquivo de Fotografias Aéreas do Departamento de Geografia da FFLCH e utilizadas na fotointerpretação.

Devido a diferença de escala entre as fotografias aéreas e a base topográfica, foi necessário a ampliação dos dados obtidos pela fotointerpretação para a escala de trabalho.

A foto-interpretação preliminar permitiu a delimitação de contatos geológicos e identificação das feições geomorfológicas predominantes na região.

### 4.3. MAPEAMENTO GEOLÓGICO

No total foram realizadas sete idas ao campo. A primeira envolveu a familiarização com o contexto regional e reconhecimento geológico geral da área e algumas das principais litofácies e suas relações estratigráficas foram inicialmente identificadas, resultando na delimitação da área pesquisada (um retângulo de 4 km<sup>2</sup>, delimitado pelas coordenadas UTM 214.000,7.445.000 e 216.000,7.443.000).

Nas outras etapas foram desenvolvidos os trabalhos de mapeamento das fácies sedimentares, elaboração de perfis geológicos, seções colunares, reexame dos pavimentos de clastos e coleta de amostras.

A abordagem utilizada no mapeamento envolveu a análise de fácies sedimentares. Esta levou à caracterização de 5 (cinco) associações de fácies que foram então cartografadas. Suas relações espaciais (estratigráficas) são mostradas no mapa geológico, perfis geológicos e seções estratigráficas colunares.

Vale notar que o mapeamento geológico constitui essencialmente uma ferramenta para o entendimento da distribuição e relações espaciais entre as litofácies locais, tendo em vista o objetivo principal do trabalho referente à origem dos pavimentos de clastos.

#### **4.4. PETROGRAFIA SEDIMENTAR**

Amostras dos diamictitos que contém os pavimentos de clastos e dos arenitos deformados subjacentes foram coletadas e estudadas em seções polidas, visando maior detalhamento das texturas e estruturas sedimentares e de deformação.

#### **4.5. CRONOGRAMA EFETIVO**

O cronograma de desenvolvimento do projeto foi praticamente o mesmo proposto no projeto inicial, com a inclusão de mais etapas de campo. O cronograma efetivo está esquematizado na Tabela 1.

#### **4.6. ANÁLISE E INTEGRAÇÃO DOS DADOS**

A análise dos dados coletados em campo e confecção do mapa geológico foi desenvolvida ao longo de todas as etapas de pesquisa, sendo que muitos dados obtidos em campo foram novamente checados em fotointerpretação posterior, para que o mapeamento fosse o mais completo e preciso possível.

O resultado final após a integração de todos os dados obtidos durante a pesquisa foi a um mapa geológico na escala 1:5.000, perfis geológicos mostrando as relações entre as diversas fácies mapeadas e seções colunares, que possibilitaram a correlação de fácies e interpretação do contexto paleoambiental dos pavimentos de clastos.

ATIVIDADES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Pesquisa bibliográfica preliminar											
Trabalhos de escritório: Obtenção de dados (mapas, fotos e publicações) e foto-interpretação preliminar.											
Trabalhos de campo Mapeamento geológico (escala 1:10.000) Levantamento de seções estratigráficas Análise de fácies Coleta de amostras											
Trabalhos de escritório: Compilação do mapa geológico											
Trabalhos de laboratório: Petrografia sedimentar											
Integração dos dados											
Relatório Final											

TABELA 1 - CRONOGRAMA EFETIVO.

## 5. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área pesquisada localiza-se no Município de Jumirim, centro-leste do Estado de São Paulo, distando aproximadamente 150 km da capital paulista.

O acesso à área, partindo-se de São Paulo, faz-se pelas rodovias Castello Branco (SP-280), SP-127 e Marechal Rondon (SP-300).

O trânsito dentro da área pesquisada é fácil, pela presença de estradas secundárias que dão acesso às propriedades rurais da região.

## 6. GEOMORFOLOGIA

A área pesquisada situa-se na província geomorfológica da Depressão Periférica. Segundo Ab'Saber (1969 *apud* IPT, 1981), a Depressão Periférica Paulista tem a forma de "um corredor de topografia colinosa de aproximadamente 50 km de largura, nitidamente embutido entre a cuesta da Borda da Mata e Monte Santo e as elevações cristalinas do acidentado Planalto Atlântico. Ao atingir o médio Moji Guaçu, a depressão atinge 80 a 100 km de largura, alcançando 120 km na área do médio Tietê."

A Depressão Periférica corresponde à faixa de ocorrência das seqüências sedimentares infrabasálticas paleozóicas e mesozóicas do Estado de São Paulo, incluindo ainda áreas descontínuas de corpos intrusivos, sob a forma de diques e *sills* de diabásio. Pequenas áreas de rochas pré-cambrianas são ainda incorporadas a esta província.

Localmente a área em questão localiza-se na chamada Zona do Médio Tietê, que segundo Almeida (1964, *apud* IPT, 1981) corresponde a área da Depressão Periférica drenada para o Rio Tietê, segundo divisores d'água desta bacia com as dos rios Moji-Guaçu e Paranapanema.

Toda a zona é coberta por uma rede de drenagem bastante organizada, em que se destacam o Tietê e seus afluentes, o Piracicaba e o Sorocaba. O padrão geral da drenagem é dendrítico.

Predominam na região relevos de morros alongados e espigões, caracterizados por declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais de 100 a 300 m. Predominam também, interflúvios sem orientação preferencial topos angulosos a achataos,

vertentes ravinadas com perfis retilíneos, drenagem de média a alta densidade e vales fechados.

As formas de relevo encontrado na área pesquisada estão bastante relacionadas com os tipos litológicos, o que facilita bastante a interpretação fotogeológica e a delimitação de contatos geológicos (Foto 1). Os corpos de diamictito geralmente sustentam as porções altas, alongadas e planas do terreno (morros alongados e espiões), devido as suas características de maior resistência que os demais litotipos que ocorrem associados.

## 7. ESTRATIGRAFIA LOCAL

Rochas aflorantes na área estudada pertencem à parte superior Subgrupo Itararé, pouco abaixo do contato com a Formação Tatui. Esta, contudo, não aflora na área mapeada (Anexos 1 e 3).

Diamictitos, siltitos e arenitos de cor cinza claro a médio e amarelada constituem as litologias do Subgrupo Itararé. A Formação Tatui é composta de siltitos marron-arroxeados arenitos subsidiários e raras concreções de carbonatos. O contato inferior do Subgrupo Itararé não foi observado. Seu limite superior com a Formação Tatui é brusca e concordante. O contato superior desta formação com rochas mais jovens não aflora na área. As espessuras máximas verificadas na área de estudo são: Subgrupo Itararé: 68m e Formação Tatuí: 8 m. Na área mapeada não estão representadas as rochas da Formação Tatuí, porém, o contato foi observado em alguns pontos próximos à extremidade leste da área.

A análise de fácies executada restringiu-se ao pacote referente ao Subgrupo Itararé, objeto específico desta pesquisa. As relações espaciais entre as diversas litofácies do Subgrupo Itararé aflorantes foram analisadas através do mapeamento geológico. Levantamento de seções estratigráficas (Anexo 3) e construção de perfis geológicos (Anexo 1). A seção do Subgrupo itararé estudado corresponde a parte superior da unidade.

Através das técnicas descritas foi possível reconhecer 5 (cinco) associações de litofácies distintas, que puderam ser mapeadas à escala de 1:5:000, abaixo descritas e interpretadas com relação aos seus paleoambientes deposicionais.

As associações de litofácies foram reconhecidas com base na presença de superfícies de discordâncias erosivas ou na ocorrência de mudanças de composição, em ambos os casos, configurando afinidades genéticas entre os membros da associação e alterações significativas no ambiente deposicional. Esta subdivisão é mais claramente

visível nas seções colunares do Anexo 3, que serve de referência para a montagem do arcabouço estratigráfico da área mapeada.

### **7.1. Associação II – SILTITOS ARENOSOS / ARENITOS FINOS / DIAMICTITO**

Corresponde a uma sucessão relativamente espessa (45 m) de siltito ou lamito cinza médio, arenoso, maciço (Foto 3), contendo clastos até decimétricos, de composição variada, dispersos caoticamente na matriz. Na parte inferior da seção exposta (Anexo3, seção B), intercala-se, no siltito, uma camada de cerca de 20 m de diamictito silto-argiloso que, por sua vez, contém corpos irregulares de arenito fino, com aspecto deformado. Os contatos do diamictito com o siltito ou entre os corpos de arenito e a primeira litologia são bruscos e irregulares.

A base do lamito não é conhecida. Seu contato superior é por discordância erosiva abaixo dos arenitos da Associação IV. A discordância está associada com grandes ondulações que parecem corresponder a estruturas de sobrecarga, associadas ao arenito superior.

### **7.2. ASSOCIAÇÃO I – DIAMICTITO MACIÇO / ARENITO**

Em direção SW, a seção lateralmente correspondente à mostrada na seção B é representada por espessos pacotes de diamictito silto-argiloso, maciço. O diamictito é semelhante ao da Associação II, porém não está associado a siltito. Os contatos inferior e superior desta associação não foram observados. Lentes pouco espessas de arenito fino, maciço, ocorrem no diamictito (Foto 5).

Intercala-se na seção, um espesso pacote de cerca de 25 m de arenitos que compõem a Associação III (Foto 4).

### **7.3. ASSOCIAÇÃO III – ARENITOS FINOS / CONGLOMERADOS**

Os contatos inferiores e superiores desta associação com o diamictito são bruscos e concordantes. Trata-se de arenitos desde finos até conglomeráticos que aparecem como bancos de espessura relativamente grande, exibindo estratificação plano-paralela ou cruzada tabular de porte médio.

Embora localmente concordante, a falta de continuidade lateral da associação sugere uma geometria lenticular (Foto 4).

#### 7.4. ASSOCIAÇÃO IV – ARENITOS FINOS A GROSSOS / DIAMICTITOS

Esta associação está excellentemente exposta na área de empréstimo de areia situada junto à rodovia SP-300, pouco adiante da primeira entrada de Jumirim. Sua ocorrência tem extensão limitada, denotando condições de sedimentação local.

A associação compõe-se de 10 metros de arenitos amarelo-esbranquiçados, feldspáticos, de finos à conglomeráticos. Formam bancos relativamente espessos, mostrando estratificação cruzada plano-paralela na parte inferior, mais fina, da seção, até acanalada médio a grande, em direção superior (Foto 6). Nota-se rápida variação granulométrica dos arenitos, tanto na horizontal, como na vertical.

Lateralmente, ao longo do corte SW da rodovia SP-300, as características do pacote arenoso variam gradual e substancialmente. Duas zonas são nitidamente reconhecíveis no pacote arenoso. A inferior, de 2 metros de espessura exposta, contém arenitos finos a conglomeráticos interdigitados de maneira intrincada com diamictito. Os arenitos formam corpos alongados que se truncam mutuamente ao longo de superfícies erosivas côncavas, rasas, de geometria acanalada. Estratificações cruzadas tabulares são comuns nos arenitos. Estes podem ainda ocorrer sob a forma de corpos decimétricos a métricos dentro do diamictito.

Contatos entre os arenitos e o diamictito são também erosivos e localmente irregulares e truncantes. O diamictito forma corpos alongados de espessura decimétrica, intercalado entre as superfícies de truncamento dos arenitos, ou corpos irregulares e deformados intercalados nestes.

O horizonte arenoso inferior é recoberto, ao longo de superfície erosiva subhorizontal a ondulada, por pacote de arenito médio, relativamente homogêneo, de estratificação plano-paralela a cruzada, tabular, de porte médio, com cerca de 2 m de espessura (Figura 1). O contato inferior apresenta inúmeras irregularidades locais formadas por escavações no diamictito. Acumulações locais de clastos arredondados ocorrem concentrados ao longo de superfície erosiva subhorizontal, ligeiramente ondulada recoberta pelo diamictito inferior da Associação V.

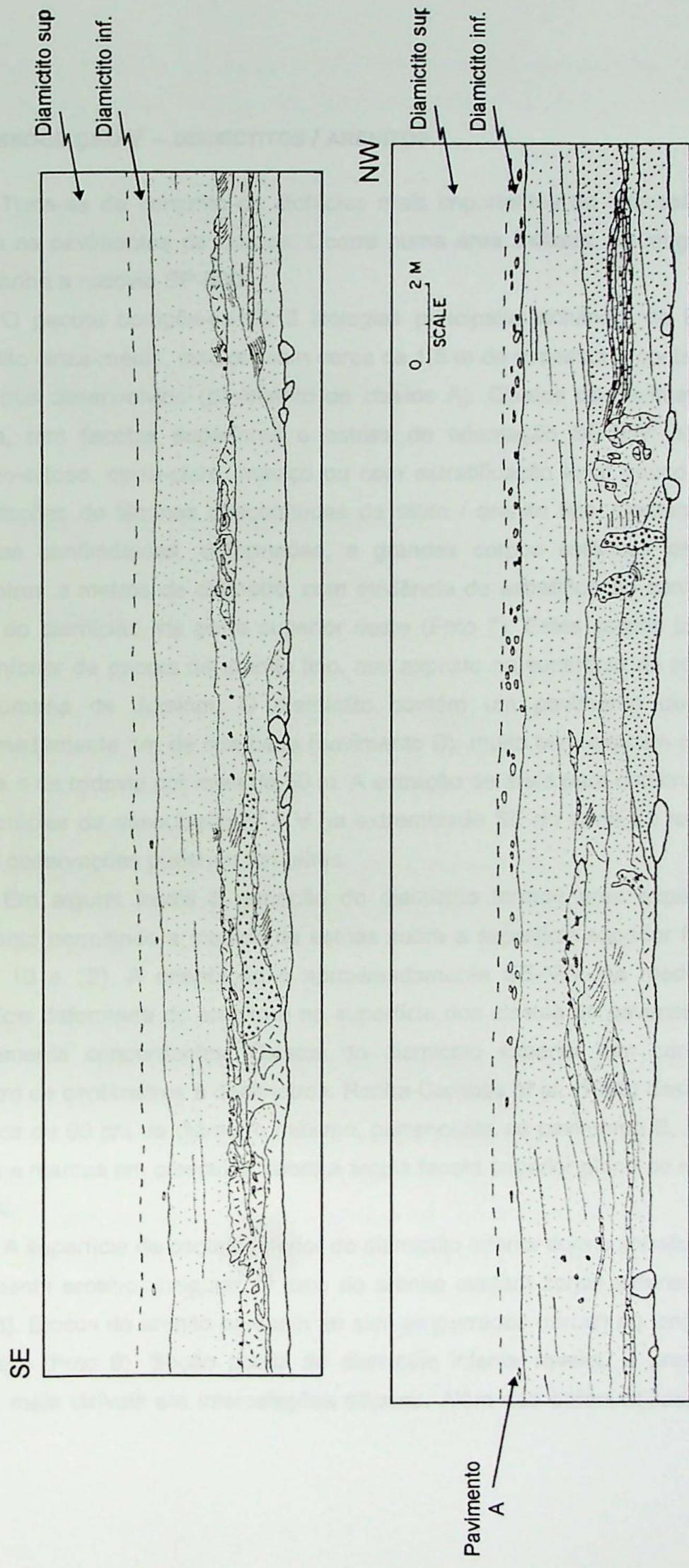


Figura 1 - Diamictito e arenitos da parte superior do Subgrupo Itanaré em Jumirim (SP-300, km 167,6). Em branco: diamictito; linha tracejada separa parte inferior siltosa com concreções calcáreas e clastos do pavimento; pontos grossos: arenito médio a grosso; círculos: conglomerado; pontos e barras: siltito; barras irregulares: diamictito; área inferior demarcada com linha grossa: talus. (Rocha-Campos, 1972, modificado)

## 7.5. ASSOCIAÇÃO V – DIAMICTITOS / ARENITOS

Trata-se do conjunto de litofácies mais importantes da sucessão estudada, já que contém os pavimentos de clastos. Ocorre numa área limitada, ao longo de uma faixa que acompanha a rodovia SP-300.

O pacote compõe-se de 3 litologias principais, incluindo, de baixo para cima: a) diamictito cinza-médio, maciço, com cerca de 1,5 m de espessura, contendo alinhamento de clasto mal desenvolvido (pavimento de clastos A). Clastos do pavimento, de composição variada, tem facetas superiores e estrias de orientação SE-NW; b) diamictito maciço, arenoso-siltoso, cinza-claro, maciço ou com estratificação local pouco nítida marcada por intercalações de lâminas descontínuas de siltito / arenito fino. Contém também inclusões esféricas centimétricas, deformadas, e grandes corpos esféricos de arenito médio de decímetros a metros de diâmetro, com evidência de estratificação concêntrica, imersos na matriz do diamictito, na parte superior deste (Foto 7). Estes corpos podem representar a parte inferior de pacote de arenito fino, mal exposto na superfície do terreno, em direção à zona urbana de Jumirim. O diamictito contém um pavimento de clastos situado a aproximadamente 1m de sua base (pavimento B), muito bem exposto ao longo do corte de ferrovia e da rodovia por mais de 50 m. A extração de areia para construção expôs um corte das litofácies da associação IV e V na extremidade SE do corte da rodovia SP-300, onde muitas observações puderam ser feitas.

Em alguns locais a remoção do diamictito formou uma exposição horizontal do pavimento permitindo a medida de estrias sobre a superfície superior facetada dos clastos (Fotos 10 e 12). A orientação é aproximadamente SE-NW. As medições realizadas na superfície deformada do arenito e na superfície dos clastos do pavimento A e B são, pois, grandemente concordantes. Clastos do diamictito superior tem composição variada e diâmetro de centímetros a decímetros. Rocha-Campos *et al.* (1969) descrevem um matacão de cerca de 90 cm de diâmetro máximo, pertencente ao pavimento B, no corte da ferrovia. Estrias e marcas em crescente sobre a ampla faceta superior plana do matacão tem direção SE-NW.

A superfície de contato inferior do diamictito inferior com o arenito da Associação IV é nitidamente erosivo, irregular. O topo do arenito contém zonas extensivamente cisalhadas (Foto 8). Blocos do arenito parecem ter sido empurrados (*thrust*) ao longo do contato com o diamictito (Foto 9). Seção polida do diamictito inferior revelou a presença de pequenas falhas, mais visíveis em intercalações siltosas. Além das deformações, algumas lineações

semelhantes a estrias paralelas foram notadas sobre a superfície do arenito (Foto 11). Deformações e estrias indicam esforços orientados de SE-NW, com vergência das primeiras para NW.

O diamictito superior assenta-se sobre o inferior em contato brusco, ao longo de superfície irregular (ondulada), porém sem evidência de deformação ou erosão.

## 8. INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

### 8.1. ORIGEM DAS ASSOCIAÇÕES DE LITOFAZIES

#### 8.1.1 Associação I

A grande espessura do diamictito desta associação (que ultrapassa 20 metros em alguns locais), o seu caráter homogêneo, megascopicamente maciço, mas com fracas evidências de estratificação mal desenvolvida, excluem a possibilidade de tratar-se de tilito subglacial de alojamento ou de degelo, Eyles (1983).

Duas hipóteses de origem são possíveis. O diamictito poderia representar depósito de detritos glaciogênicos acumulados junto à margem da bacia sedimentar, remobilizados para o interior desta por mecanismos de fluxo gravitacional de massa.

A ausência de estruturas indicativas de fluxo denso, entretanto, não apoiam esta interpretação (Eyles, 1983). Outra possibilidade é que o diamictito represente depósito de sedimentos finos derivado de plumas de detritos introduzidos em ambiente subaquático, a partir de fluxo degelo subglacial, associadamente a material caído de *icebergs* (Eyles, 1983; Bennet e Glasser, 1996).

A possível relação lateral das Associação I com a seção de siltito da Associação II, que indica deposição subaquática, também reforça esta interpretação.

A origem das intercalações arenosas não se encontra ainda totalmente esclarecida, dada a ausência de estruturas sedimentares diagnósticas. Algumas estratificações cruzadas tabulares de porte pequeno indicam a ação de correntes tracionais. Poderiam representar material glaciogênico retrabalhado por correntes de fundo.

### 8.1.2 Associação II

Os siltitos maciços depositaram-se provavelmente a partir de plumas de sedimentos finos introduzidos em bacia subaquática a partir de fluxo de água de degelo. Clastos isolados, dispersos no lamito, correspondem a clastos caídos de *icebergs*. A ocorrência da seção de diamictito com intercalações arenosas e seu caráter maciço sugere origem similar ao da Associação I.

### 8.1.3 Associação III

A grande espessura e variação granulométrica dos arenitos da Associação III e algumas estruturas sedimentares presentes (estratificações cruzadas tabulares de porte médio) sugerem sua deposição em leque clástico subaquático, alimentado pela água do degelo.

É possível que o episódio esteja relacionado com variação do nível da água da bacia deposicional, ou com o avanço da frente glacial em direção a margem da mesma (Eyles, 1983; Bennet e Glasser, 1996).

### 8.1.4 Associação IV

A rápida variação granulométrica dos arenitos, incluindo desde os conglomeráticos, contendo horizontes de acumulação de clastos, as numerosas superfícies de truncamento erosivo, e as estruturas sedimentares, principalmente representadas por grandes estratificações cruzadas acanaladas, sugerem deposição principalmente fluvial para a Associação IV. Sua ocorrência restrita e geometria aparente sugerem tratar-se de depósitos tipo fluvio-deltáicos. Poderia tratar-se de um delta de contato com o gelo, acumulado rapidamente sobre o substrato lamoso da Associação IV. A variação lateral de fácies mostrada pela associação ao longo da rodovia SP-300, indica a extensão do depósito de degelo subaquático, em que se alternam a acumulação de areia e conglomerados em canais rasos de distributários do leque e de diamictitos, este possivelmente resultantes do fluxo gravitacional esporádico de massa de detritos glaciais ao longo do gradiente do leque. (Eyles, 1983). Alguns dos clastos de tamanho relativamente grande encontrados dispersos nas litofácies da associação podem representar clastos caídos de *icebergs*.

### 8.1.5 Associação V

Trata-se do conjunto de litofácies cuja deposição é mais marcadamente glacial.

O diamictito cinza-médio inferior representa provavelmente um tilito subglacial (tendo em vista as estruturas de deformação (glaciotectônicas) e estrias encontradas sobre o arenito sob substrato. A presença de clastos comprimidos contra o substrato arenoso (alojados?) também apoia esta interpretação.

A origem do diamictito cinza-claro / amarelado superior é menos clara. A natureza do seu contato com o diamictito inferior, a ausência de evidências de deformação e o seu caráter megascopicamente maciço excluem a possibilidade de corresponder a tilito de alojamento ou deformação (Bennet e Glasser, 1996). Estruturas de fluxo não foram também encontradas.

Resta, portanto, a possibilidade de que represente um depósito de *till* tipo degelo (*melt out*), formado pelo lento acúmulo subglacial de partículas liberadas do gelo pelo derretimento, junto à base da geleira (Eyles, 1983). Essa deposição seria seguida, com o recuo do gelo, pela acumulação de areias, que afundaram pelo seu peso dentro da massa ainda plástica do diamictito, formando estruturas de sobrecarga.

A origem proposta para este diamictito parece também compatível com a explicação proposta para a formação do pavimento de clastos B, conforme discutido a seguir.

## 9. ORIGEM DOS PAVIMENTOS DE CLASTOS

### 9.1. GENERALIDADES

Teorias a respeito da origem de pavimentos de clastos glaciais devem levar em conta três aspectos principais que caracterizam essas estruturas, a saber: a) a concentração dos clastos; b) a recolocação ou rearranjo dos clastos e; c) as modificações destes (facetamento e estriação).

As idéias mais antigas relativas à origem sugerem que os pavimentos formaram-se como resultado de mudanças nas condições subglaciais incluindo: aumento de pressão; aumento de velocidade do fluxo do gelo; ou rejuvenescimento da geleira previamente estagnada. Mais recentemente, estudo de processos subglaciais levaram a outras hipóteses, dentre as quais as mais importantes incluem: a) erosão e alojamento basais

(Dreimanis, 1977; Ojakangas e Matsch, 1982), deposição no lado a jazante de obstáculos (e.g grandes matacões; Boulton, 1978); acréscimo de clastos sobre ou à montante de clasto inicialmente alojado, deformação e assentamento de clastos através de diamictito subglacial pervasivamente cisalhado; e finalmente, através de um contínuo de processos dos quais alojamento, degelo, deformação e erosão são os membros extremos (*end members*), Hickock (1991).

Nenhum desses modelos parece aplicar-se completamente aos pavimentos de Jumirim em particular ao pavimento B, embora algum dos processos mencionados possam ter estado envolvidos na sua formação.

## 9.2. PAVIMENTO A

O ambiente de formação do diamictito inferior que contém o pavimento A, indica, *a priori* que o mesmo formou-se dentro de um till subglacial, provavelmente do tipo alojamento.

Vários dos clastos do pavimento encontram-se embutidos no embasamento arenoso (Associação IV), que funcionou como um substrato rígido sobre o qual a geleira deslizou. As deformações do tipo rúptil que afetaram o embasamento dão essa mesma indicação.

Clark (1991) propôs a geração de pavimentos de clastos associado a deposição de till de deformação através de concentração de clastos que transitam através do diamictito submetido a cisalhamento pervasivo. Embora evidências de deformação do diamictito inferior (pequenas falhas) tenham sido constatadas esta não parece ser generalizada. Outro elemento contrário à identificação do diamictito como de deformação reside na sua composição silto-argilosa, distinta do arenito do embasamento local.

Assim sendo, parece mais provável que o pavimento A tenha a sua origem associada ao processo de alojamento de clastos, conforme descrito por Boulton (1982).

## 9.3. PAVIMENTO B

Do mesmo modo que no caso anterior, a origem do pavimento superior de Jumirim deve ser entendida no contexto de sua inclusão em diamictito interpretado como tilito subglacial de degelo (*melt out*).

Associação entre este tipo de *till* e pavimentos de clastos não é descrita na literatura examinada (e.g. bennet e Glasser, 1996).

Modelos disponíveis de transporte de detritos dentro de geleira indicam a possibilidade de detritos serem incorporados em planos de cisalhamento (falhas de empurrão ou thrust) desenvolvidos em geleiras sob diferentes circunstâncias (Bennet e Glasser, 1996).

Detritos acumulados ao longo das falhas podem adquirir uma disposição planar que poderá ser mantida, quando do derretimento lento do gelo e a acumulação subglacial do till de degelo ou derretimento, levando à formação de um pavimento de clastos. A disposição original (fabric) e condições hidropásticas da matriz do till poderão resultar em maior ou menor dispersão vertical final e separação lateral dos clastos do pavimento assim formado. Desse modo, pode-se supor que a geometria do pavimento é em parte herdada da que existia no gelo, e parte resultante da acomodação posterior dos clastos dentro da matriz embebida de água. O contato entre clastos acumulados nos planos de cisalhamento de geleiras e entre estes e detritos em geleiras poderia explicar a formação de facetas e estrias sobre os clastos da concentração. A possibilidade de preservação em *tills* de derretimento, de estratificação herdada do gelo basal é mencionada na literatura no caso de *tills* pouco perturbados após a sua deposição (Bennet e Glasser, 1996).

## 10. MODELO DEPOSICIONAL E HISTÓRIA GLACIAL

As cinco associações de litofácies expostas na região de Jumirim registram influência glacial na deposição dos sedimentos da parte superior do Subgrupo Itararé. Com base nos resultados dos estudos sedimentológicos e estratigráficos realizados é possível delinear os paleoambientes sedimentares em que estas litologias se formaram e esclarecer aspectos importantes da história glacial neopaleozóica da área.

Litofácies das associações I, II e III indicam deposição subaquática em extensa bacia de água doce ou marinha instalada na região de Jumirim e provavelmente estendendo-se muito além da área estudada. Embora a ausência de fósseis diagnósticos não permita ainda definir com exatidão a natureza do corpo de água, a história paleogeográfica da Bacia do Paraná, durante a glaciação neopaleozóica (Santos et al., 1996) sugere tratar-se de uma bacia marinha.

Rochas da associação IV registram a acumulação rápida e em condições de alta energia (fluviais) de uma cunha clástica junto à margem da bacia sedimentar. Esta progradação de sedimentos mais grossos poderia estar relacionada a um período de

abaixamento relativo do nível do mar. Pode-se especular sobre possível relação desses episódios como precursores de uma fase de avanço do lobo glacial Kaokoveld sobre esta região. Os sedimentos poderiam, portanto, representar um depósito de derretimento subaquático (*subaqueous outwash*, Eyles, 1983) embora não se possa excluir a possibilidade de terem estado em parte emersos. Mais distalmente, no interior da bacia, a cunha clástica estende-se sobre forma de um leque submarino.

O avanço glacial prenunciado pelas deposições das litofácies da Associação IV é mais claramente documentado pelos diamictitos da associação V. A geleira teria então deslizado sobre a plataforma arenosa, deformando-a e depositando *till* subglacial. A subsequente estagnação da geleira durante fase de recuo do gelo, produziria a deposição subglacial do tilito de derretimento, seguido da acumulação de areias, trazidas por água de degelo ou já em condições subaquáticas, durante fase transgressiva pós-glacial.

## 11. CONCLUSÕES

As associações de litofácies presentes na área mostram a diversidade de ambientes deposicionais, dentro do contexto deposicional glacial, que ocorre na área.

O diamictito inferior da Associação V corresponde a um tilito de alojamento ou tilito de deformação, enquanto que o diamictito superior corresponde a um depósito de *melt out*.

O Pavimento de clastos A corresponde a um pavimento originado a partir do alojamento de clastos a partir da interação geleira / substrato.

A origem do pavimento de clastos B é ainda controvertida, porém, as evidências suportam a idéia de que este represente uma estrutura em parte herdada, a partir de deposição por degelo (*melt out*), de um alinhamento original dos clastos dentro da geleira, produto de zonas de cisalhamento no gelo.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- BENNET, M. R. e GLASSER, N. F., 1996. Glacial Geology - Ice Sheets and Landforms. Ed. John Wiley & Sons. 364p.
- CLARK, P. U., 1991. Striated clast pavements: products of deforming subglacial sediment? *Geology*, 19:530-533

- COTTER, J. F. P.; ROCHA-CAMPOS, A. C.; SANTOS, P. R. dos; CANUTO, J. R., 1993. Glaciotectonic structures in the upper Itararé Subgroup (Late Proterozoic) northern Paraná Basin, Brazil. Program with abstracts. Geological Society of America, **16**:p106
- COTTER, J. F. P.; ROCHA-CAMPOS, A. C.; SANTOS, P. R. dos; CANUTO, J. R., 1992. The origin of striated boulder pavements: evidence from Capivari, São Paulo, Brazil (Late Paleozoic) and the Minnesota River Valley, USA (Pleistocene). Boletim de resumos expandidos, 37º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, SP. **2**:522-524
- DREIMANIS, A., 1989. In Goldthwait, R. e Matsch, C. (eds.), Genetic Classification of Glaciogenic Deposits. Rotterdam, Balkema, 17-83.
- EYLES, C. H. e McCABE, A. M., 1989. - Glaciomarine facies within subglacial tunnel valleys; the sedimentary record of glacioisostatic downwarping in the Irish Sea Basin.
- EYLES, C. H. 1988. A model for striated boulder pavement formation on glaciated, shallow marine shelves: an example from the Yakataga Formation, Alaska, Jour. Sed. Petrology, **58**:62-71.
- EYLES, C. H., 1983 - Glacial Geology. 183p
- FLINT, R. F., 1957. Glacial and Pleistocene Geology. John Wiley, New York.
- FLINT, R. F., 1961. Geological evidence of cold climate. In A. E. M. Nairn (ed.), Descriptive Paleoclimatology, Intersciences, New York, 144-145.
- HART, J. K., 1995. Subglacial erosion, deposition and deformation associated with deformable beds. Progress in Physical Geography, **19**:173-191.
- HICOCK, S. R., 1991. On subglacial stone pavements in till. Journal of Geol. **99**:607-619.
- IPT, 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000
- OJAKANGAS, R. W., E MATSCH, C. L., 1984. Minnesota's Geology, University of Minnesota Press, 255p.
- ROCHA-CAMPOS, A. C. COTTER, J. F. P., SANTOS, P. R., CANUTO, J. R., 1992. The boulder pavements of Capivari, São Paulo, Brazil: Implications for the late paleozoic Glaciation. Carboniferous to Jurassic Pangea: A global view environments and resources. 1993 Annual Convention of Canadian Society o Petroleum Geologists. Calgary, Alberta, Canada. Abstracts, p.261
- ROCHA-CAMPOS, A. C. OLIVEIRA, M. E. C. B., SANTOS, P. R., SAAD, A. R., 1976. Late Paleozoic boulder pavements and the sense of movement of Gondwana glaciers in central eastern São Paulo state, IV International Gondwana Symposium, p. 353-359.

- ROCHA-CAMPOS, A. C., 1972. Late Paleozoic Geology of Northern Paraná Basin. Excursion Guide Book. International Symposium on the Carboniferous and Permian systems in South America. Academia Brasileira de Ciências, p.67.
- ROCHA-CAMPOS, A. C.; FARJALLAT, J. E. E YOSHIDA, R., 1969. Crescentic marks on a Late Paleozoic glacial pavement in southeastern Brazil. *Geol. Soc. Amer., Bull.*, **80**:1123-1126.
- ROCHA-CAMPOS, A. C.; FARJALLAT, J. E. E YOSHIDA, R., 1968. New glacial features of the Upper Paleozoic Itararé subgroup in the state of São Paulo, Brazil. *Bol. da Sociedade Brasileira de Geologia*, **17**:47-57.
- ROCHA-CAMPOS, A. C., 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of Paraná basin (com a contribuição de J. E. S. Farjallat em Mato Grosso e Goias) in J. J. Bigarella, R. D. Becker e I. D. Pintos (eds.) *Problems in Brazilian Gondwana Geology*, pp. 27-102, inst. Geol. Univ. Federal do Paraná, Curitiba.
- SANTOS, P. R., CANUTO, J. R., ROCHA-CAMPOS, A.C., 1996. Patterns of late paleozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. In *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **125**:165-184
- 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. Dissertação de Mestrado - IG-USP 135p.
- SETTI, G. C. X., 1998. Fácies e ambientes sedimentares no varvito e rochas associadas de Itú (Subgrupo Itararé / Neopaleozóico). Monografia de Trabalho de Formatura - IG-USP. 29p.
- SOARES, P. C., LANDIM, P. M. B., SINELLI, O., WERNICK, E., WU, F. T. e FIORI, A. P., 1977. Associações litológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. *Rev. Bras. de Geoc.*, **7**:131-149.
- VISSEER, J. N. J., E HALL, K. J., 1985. boulder beds in the glaciogenic Permo-Carboniferous Dwyka Formation in South Africa; *Sedimentology*, **32**:281-294.

# **FOTOS**



**Foto 1** - Aspecto da geomorfologia da área pesquisada. Notar morrotes alongados sustentados por diamictito.



**Foto 2** - Diamictito silto-argiloso contendo clasto alongado facetado de quartzito (Associação I). Vista em planta.



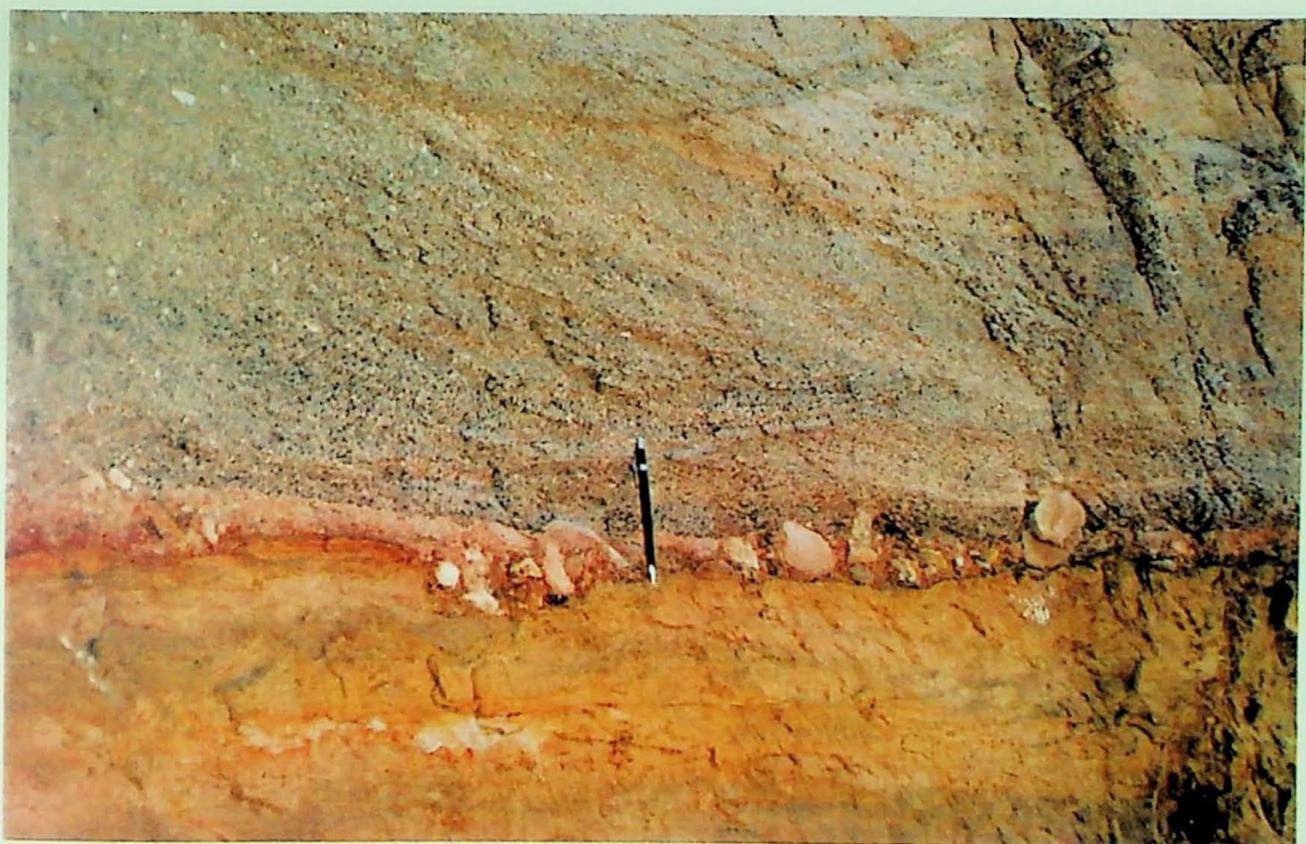
**Foto 3** - Camada de siltito arenoso (inferior) e siltito argiloso com estratificação plano-paralela (superior) (Associação II).



**Foto 4** - Contato da Associação III (inferior) com a Associação I (superior). Notar matação de quartzito..



**Foto 5** - Diamictito da Associação I. Notar presença de lentes de arenito intercaladas.



**Foto 6** - Arenitos da Associação IV. Notar estratificações cruzadas acanaladas e nível de seixos no contato com arenito fino.



**Foto 7** - Contato brusco e irregular do diamictito deformado (inferior) com diamictito não deformado (superior) aflorando no corte da estrada de ferro.



**Foto 8** - Micro-falhamentos superficiais no substrato arenoso sobre o qual se depositou o diamictito inferior. Notar forma de cunha das lascas. Vista em planta.



**Foto 9** - Cunha de arenito englobada ("thrusted") no diamictito inferior (cinza). Notar contato com diamictito superior (amarelado).



**Foto 10** - Clastos do pavimento de clastos B. Vista em planta.

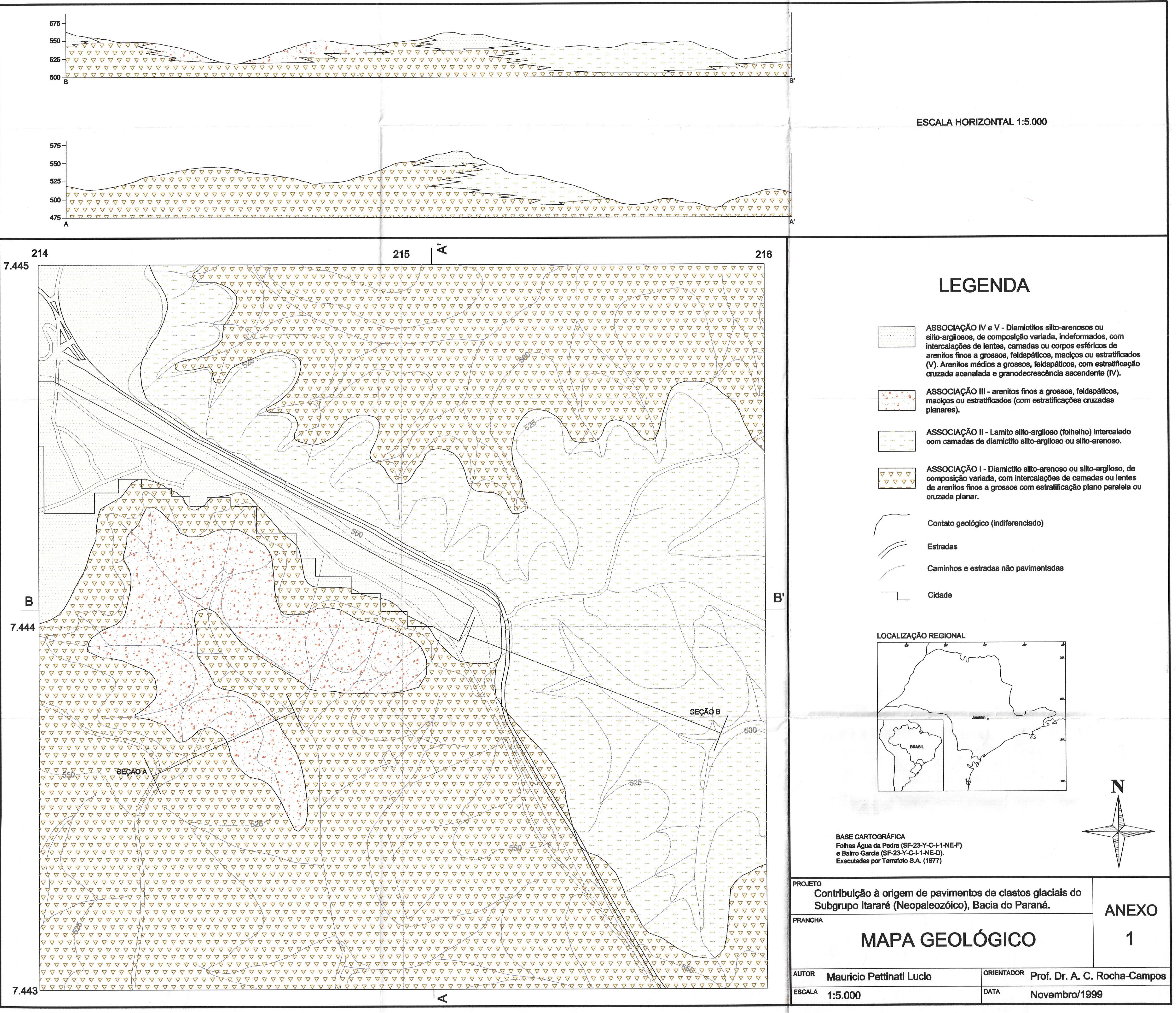


**Foto 11** - Estrias na superfície do substrato arenoso sob o contato com o diamictito inferior. Vista em planta.

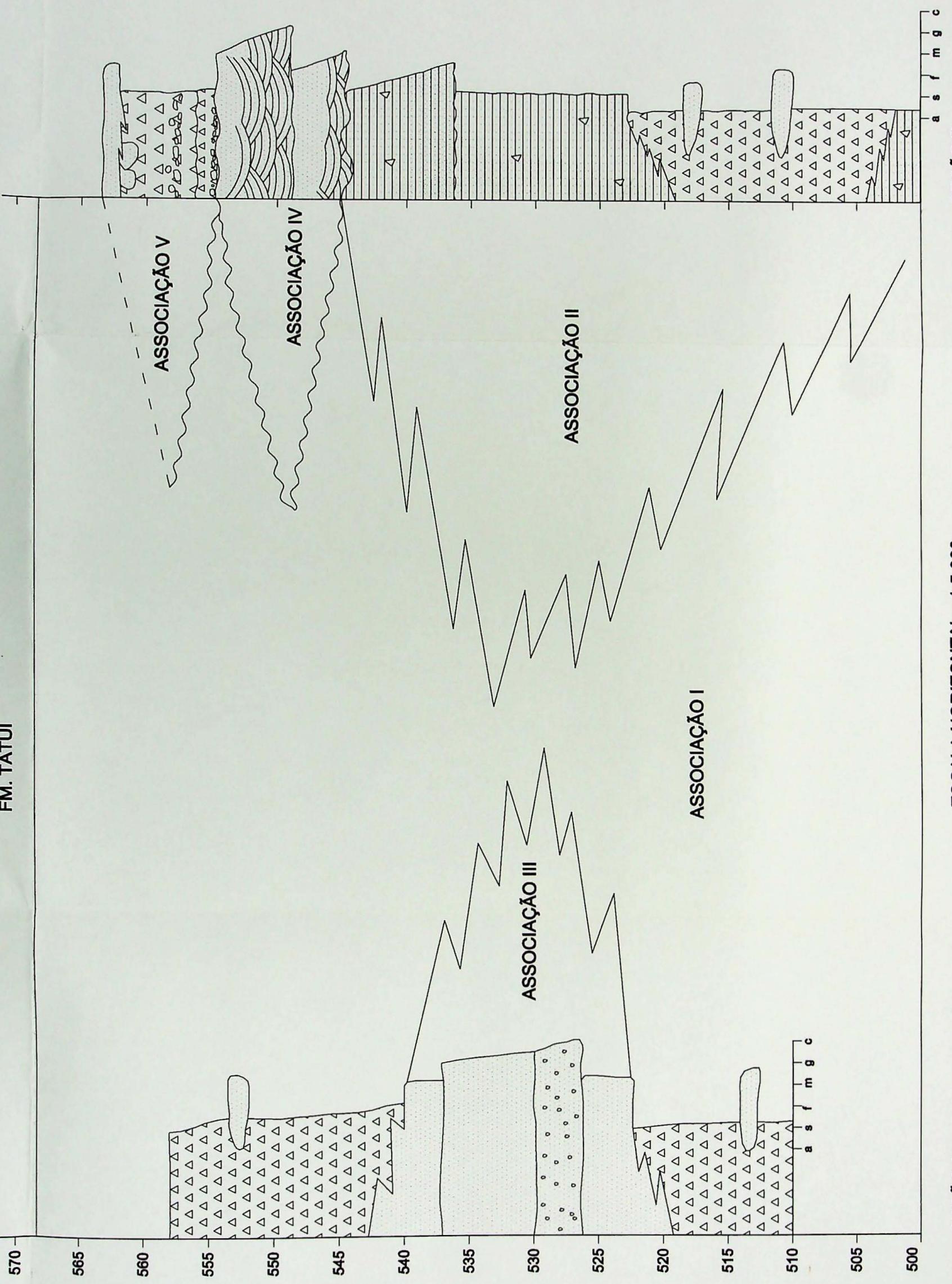


**Foto 12** - Pavimento de clastos B. Notar dique clástico próximo ao cabo do martelo. Vista em planta.

# **ANEXOS**



FM. TATUÍ



SEÇÃO A

ESCALA HORIZONTAL - 1:5.000

SEÇÃO B

ANEXO 3 - GRÁFICO DE CORRELAÇÃO ENTRE SEÇÕES COLUNARES

