

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

FACIES E AMBIENTES SEDIMENTARES DO VARVITO E
ROCHAS ASSOCIADAS DE ITU (SUBGRUPO ITARARÉ,
NEOPALEOZÓICO).

Giovanna C. X. Setti

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

Monografia de Trabalho de Formatura

TF
S495
GCX.f

SÃO PAULO
1998

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900002810

FACIES E AMBIENTES SEDIMENTARES DO VARVITO E
ROCHAS ASSOCIADAS DE ITU (SUBGRUPO ITARARÉ,
NEOPALEOZÓICO).

Giovanna C. X. Setti

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



Monografia de Trabalho de Formatura

SÃO PAULO
1998

5495
GCX. f

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ROCHAS ASSOCIADAS DE ITU (SUBGRUPO ITARARE
NEOPALEOZOICO)
FACIES E AMBIENTES SEDIMENTARES DO VARVITO E

Giovanna C. X. Setti

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



Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso

SÃO PAULO

1995

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus Pais , por terem me dado a oportunidade de chegar aonde cheguei, a minha família, em especial ao meu filho/a que ainda está por vir e meu marido, que me ajudaram muito nesta fase difícil de minha vida, meu *mestre* que sempre me apoiou e quem devo muito de meu aprendizado e de minha paixão pela Geologia, aos meus amigos por me ajudarem no momento de necessidade ou simplesmente por serem *meus amigos*, aos professores que tive durante esses anos geológicos, aos funcionários deste Instituto, e a todos que, de alguma maneira, me ajudaram . E ,é claro, a Deus. Muito obrigada a todos vocês.

ÍNDICE

1. Resumo
2. Abstract
3. Introdução
4. Trabalhos Prévios
5. Objetivos
6. Metodologia
7. Desenvolvimento do trabalho
8. Resultados
 - 8.1. Mapa geológico
 - 8.2. Análise estratigráfica e sedimentológica
 - .Associações de fácies
 - .Interpretação ambiental
 - História deposicional e modelo sedimentar
 - 8.3. Caracterização da matéria prima cerâmica
 - .Distribuição estratigráfica
 - .Análise granulométrica
9. Referências Bibliográficas
10. Anexos

FIGURAS

Fig. 1. Mapa de localização da área estudada.

Fig.2. Mapa de afloramentos visitados.

Fig.3. Mapa geológico da área estudada.

Fig. 4. Perfil geológico A-B.

Fig.5. Perfil geológico C-D.

Fig. 6. Associação de fácies RI.

Fig.7. Associação de fácies RI.

Fig.8 Associação de fácies RI.

Fig.9. Associação de fácies RI.

Fig.10. Associação de fácies AD.

Fig.11. Associação de fácies RR.

Fig.12. Associação de fácies RR.

Fig.13. Associação de fácies RR.

Fig.14. Associação de fácies RR.

Fig.15. Associação de fácies RR.

Fig.16. Associação de fácies RR.

Fig.17. Associação de fácies RR.

Fig.18 Associação de fácies RSA.

Fig.19. Associação de fácies RSA.

Fig.20. Correlação das seções estratigráficas.

Fig.21. Modelo deposicional dos ritmitos regulares.

Fig.22 Variação de espessura e estrutura dos ritmitos regulares.

Fig.23. Curva granulométrica- Gio/98-01.

Fig.24. Curva granulométrica- Gio/98-02.

TABELAS

Tab.1 Análise granulométrica- Gio/98-01.

Tab.2 Análise granulométrica- Gio/98-02.

1. Resumo

O presente estudo objetivou descrever e interpretar as facies e ambientes sedimentares do varvito e rochas associadas do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico), aflorantes nas cercanias da cidade de Itu, SP

A pesquisa baseou-se em mapeamento geológico e na análise estratigráfica e sedimentológica das rochas em questão.

A área mapeada, com cerca de 10Km², abrange a maior parte dos afloramentos do chamado varvito de Itu, inclusive sua principal ocorrência, situada no Parque Ecológico do Varvito.

A abordagem litoestratigráfica utilizada no mapeamento e na análise estratigráfica e sedimentológica baseou-se no reconhecimento e caracterização de litofacies sedimentares e análise do seu arranjo em termos de associações e relações espaciais. As associações foram então interpretados em termos dos seus prováveis ambientes deposicionais. Com base nesses elementos, as principais fases da história deposicional da área foram caracterizadas e um modelo sedimentar proposto.

Cinco associações de facies foram identificadas e caracterizadas no Subgrupo Itararé

- Associação ritmitos irregulares (RI) ✓
- Associação folhelho/ siltito/ arenito fino (FSA) ✓
- Associação arenito/diamictito maciço e estratificado (AD) ✓
- Associação ritmitos regulares (= varvito) (RR) ✓
- Associação ritmitos de siltito argiloso (RSA) ✓

A associação RI correspondem a turbiditos distais, depósitos de fluxos de detritos e de suspensão.

A associação FSA inclui depósitos lamosos argilosos, sílticos e arenosos formados por decantação de suspensão, em corpo de água esporadicamente afetados por correntes tracionais de fundo.

A associação AD inclui depósitos subglaciais e de águas de degelo, sob a forma de deltas, junto à margem da bacia deposicional, que passam distalmente, no interior da bacia, a turbiditos arenosos e depósitos de fluxo de detritos glaciogênicos.

A associação RR corresponde a depósitos rítmicos regulares formados de pares de litologias, depositados por correntes densas de fundo e decantação de suspensão, provavelmente controlados sazonalmente (varvito).

A associação RSA inclui ritmitos regulares de granulação mais fina formados por processos similares aos RR, em condições distais, extremamente decompostos e oxidados.

As relações espaciais entre as associações de facies demonstradas no mapa, perfis geológicos e seções estratigráficas levantadas permitem interpretar os principais aspectos da história deposicional da área.

Esta implica na instalação de amplo corpo de água na região documentada pelos depósitos lamosos da Associação FSA. A influência glacial na sedimentação é evidenciada pela ocorrência rara de clastos caídos e pelos depósitos da Associação RI. A distribuição das litofacies e alguns poucos elementos paleogeográficos (estrias e dados de paleocorrentes) sugerem que o corpo de água ocupava uma espécie de golfo ou entalhe na margem da bacia do Paraná, que se abria em direção NW.

A fase seguinte corresponde ao avanço da geleira rumo à margem da bacia, provavelmente adentrando-se nela aterrada. Depósitos subglaciais e subaquosos da Associação AD denotam oscilações na posição da margem do gelo. Detritos glaciogênicos acumulados na encosta da bacia foram remobilizados e redepositados internamente na bacia através de correntes de turbidez e fluxos de detritos.

Acompanhando o recuo do gelo, ritmitos regulares foram formados sob controle sazonal, passaram a se depositar no corpo de água. A presença relativamente freqüente de clastos caídos e outros depósitos de detritos glaciogênicos nos ritmitos implica em contato permanente entre a frente da geleira e o corpo de água. O padrão de variação das espessuras dos pares litológicos parece refletir afastamento gradual da geleira.

Fósseis diagnósticos não foram encontrados nas rochas estudadas e, deste modo, a natureza do corpo de água, se marinha ou de água doce, não foi totalmente esclarecida. Dados sedimentológicos, palinológicos e paleomagnéticos indicativos de similaridades entre os ritmitos regulares e varves pleistocênicos, entretanto, implicam em condições de água doce para a deposição do varvito de Itu.

Facies correspondentes a fases deposicionais posteriores a Associação RSA não estão preservadas na área mapeada.

O mapeamento geológico demonstrou que a matéria prima utilizada na indústria cerâmica de Itu provém de três diferentes associações de litofacies estudadas RI, FSA e RSA, cujas características foram estabelecidas por análise granulométrica.

2. Abstract

The present study deals with the description and interpretation of the facies and depositional environments of the varvite and associated rocks of the Itararé Subgroup (late Paleozoic) cropping out in the vicinity of Itu, state of São Paulo.

The research was based on geological mapping and stratigraphic and sedimentological analyses of the rocks.

The mapped area, of about 10 km², includes most of the outcrops of the so called varvite, including its main occurrence situated in the Parque Ecológico do Varvito.

The lithostratigraphic approach used was through the identification and characterization of sedimentary facies and analysis of their arrangement in terms of associations and spatial relationships. The associations were then interpreted in terms of their probable depositional environments. Based on these elements, the main phases of the depositional history of the area were interpreted and a sedimentary model proposed.

Five facies associations were identified and characterized (in stratigraphic order):

- Irregular rhythmites (RI)
- Shale/siltstone/fine sandstone (FSA)
- Sandstone/massive and stratified diamictite (AD)
- Regular rhythmites (RR)
- Rhythmites of siltstone and argillite (RSA)

Association RI corresponds to distal turbidites, debris flow and deposits formed by settling of suspension. Association FSA includes argillaceous, silty and sandy mud deposits formed by settling of suspension, sporadically affected by tractional currents. Association AD corresponds to subglacial, and meltwater deposits forming deltas on the margins of the basin, distally passing to sandy turbidites and debris flows of glaciogenic debris. Association RR includes regular rhythmic deposits formed by turbid underflows seasonally controlled (varvite). Association RSA comprises fine regular rhythmic deposits formed by distal turbid underflows, extremely weathered and oxidised.

The spatial relationships among the association shown on the geological map, sections and stratigraphic section measured allow the interpretation of the main aspects of the depositional history of the area.

This starts with the installation of extensive water body in the area documented by the muddy deposits of Association FSA. Early glacial influence in the sedimentation is evidenced by dropstones and Association RI. Distribution of lithofacies and some paleogeographic elements (glacial striae and paleocurrents) suggest a gulf or indentation in the margin of the Paraná Basin, open towards NW.

The following phase corresponds to the advanced of the grounded glacier towards the basin margin and interior. Subglacial and subaqueous deposits of Association AD denote oscillation of the glacier margin. Glaciogenic debris accumulated on the basin slope were remobilized and redeposited internally through turbidity currents and debris flows.

Recession of ice was accompanied by deposition of regular rhythmites, controlled seasonally, in the depositional basin. Relative frequency of dropstones and other glacial debris in the rhythmites implies in permanent contact between the glacier front and the water body. Pattern of variation of couplet thickness seems to reflect gradual decrease of the glacial influence.

Diagnostic fossils have not been found in the studied rocks and thus the fresh water or saline water nature of the basin is still undetermined. Sedimentological, palynological and paleomagnetic data denoting similarity between the regular rhythmites and Pleistocene varves, however, imply in fresh water conditions for the deposition of the varvite. Facies correspondent to later depositional phases are not preserved in the mapped area

Geological mapping showed that the raw material for the local ceramic industry derives from three of the facies associations studied. Granulometric analysis allowed the sedimentological characterization of these materials.

3. Introdução

Na Bacia do Paraná, o termo varvito ou outros derivados de varve, tais como: "várvido" e "varvóide" têm sido aplicados, de maneira pouco consistente, a uma variedade de rochas sedimentares laminadas do Subgrupo Itararé, que consistem em repetições mais ou menos regulares de pares de camadas/lâminas (mm-dm) claras de arenito fino/siltito, encimadas por lâminas (mm) escuras de siltito/argilito (e.g. Leinz, 1937, Maack, 1946, Delaney, 1964, Salamuni *et al.*, 1996, Rocha-Campos, 1967 e Medeiros e Thomas Filho, 1972)

O nome varve (do sueco "varv"= interação periódica de camadas) foi inicialmente proposto por De Geer (1912) a depósitos anualmente laminados, independente de sua origem. De um modo mais restrito, De Geer usou o nome varve para sedimentos tipicamente laminados de origem glacio-lacustrina, constituídos de pares de camadas ou lâminas claras, mais espessas, e lâminas sobrejacentes, mais finas e mais escuras de argila.

Tendo em vista sua similaridade com as varves, as rochas do Subgrupo Itararé foram interpretadas como formadas em corpo de água supostamente glacio-lacustrinos, sob condições relativamente calmas, embora o caráter sazonal dos pares litológicos não tenha sido confirmado. Assim sendo, o termo descritivo ritmito vem ganhando aceitação para designar rochas laminadas do Subgrupo Itararé similares às varves (Rocha-Campos, 1967).

A identificação dos varvitos (varves pleistocênicos litificadas) dentre os ritmitos de diferentes origens é indubitavelmente de grande importância para a reconstituição paleoambiental

dos sedimentos glaciogênicos do Subgrupo Itararé e para a interpretação paleogeográfica dos depósitos. Santos *et al.* (1996) propuseram o termo descritivo *ritmito regular* para distinguir os que têm características similares as varves, dos turbiditos típicos.

A característica sedimentológica mais típica das varves é o seu caráter bimodal, isto é o contato entre as lâminas claras e escuras é brusco. Tal situação e a estrutura das varves indica a atuação de dois processos sedimentares distintos, um envolvendo corrente de turbidez de fundo, com deposição de sedimentos mais grossos, formando a camada ou lâmina de primavera-verão e outro, envolvendo decantação de argila e matéria orgânica em suspensão, durante outono-inverno, quando o acesso das águas de degelo é restrita pelo congelamento do lago. Contatos brusco entre componentes claros e escuros ocorrem também nos ritmitos regulares de Itu e de outros locais, no Neopaleozóico da Bacia do Paraná.

O interesse sobre os problemas de gênese dos ritmitos regulares, tanto pleistocênicos, quanto, os pré-pleistocênicos, permanece ainda entre os especialistas (Santos *et al.*, 1996)

Embora numerosas pesquisas já tenham sido feitas sobre o varvito de Itu (veja Trabalhos prévios), mapeamento geológico de detalhe e análises estratigráfica e sedimentológica envolvendo identificação de facies sedimentares, sua caracterização pormenorizada, relações espaciais e interpretação paleoambiental não haviam sido ainda realizados.

Os notáveis afloramentos da área de Itu, a disponibilidade de dados geológicos prévios, a acessibilidade da área tornam os ritmitos de Itu um assunto extremamente interessante para estudo, adequada para um trabalho de formatura do Curso de Geologia.

4. Trabalhos prévios

O varvito e rochas associadas da região de Itu pertencem ao Subgrupo Itararé, Neopaleozóico da Bacia do Paraná.

A posição estratigráfica dessas rochas na seqüência sedimentar do Subgrupo, permanece, entretanto, não totalmente esclarecida.

Tradicionalmente, por causa de sua posição junto á margem da bacia, e na suposição de que as camadas neopaleozóicas mergulhem em direção ao centro da bacia, acompanhando a inclinação do embasamento, as rochas de Itu tem sido considerados as mais antigas do Subgrupo no Estado de São Paulo. Essa concepção encontrou apoio nos trabalhos de Saad (1977), no seu estudo estratigráfico do Subgrupo, tendo em vista a identificação, no varvito, de paleopalinoflora atribuível ao intervalo bioestratigráfico mais antigo do zoneamento de Daemon & Quadros (1970).

Posteriormente, dados palinológicos foram interpretados como indicativos de idade mais jovem para o varvito, com relação ao mesmo esquema de Daemon & Quadros (1970). Algumas evidências de que as camadas neopaleozóicas realmente apresentam um recobrimento (*on lap*)

polidas ocorrem na área de Salto, a 5km da localidade dos ritmitos (Almeida,1948: Amaral,1965), e estrias no embasamento, recobertas por diamictito foram descobertos a aproximadamente 4km ao norte da pedreira (Mezzalira,1969 *apud* Rocha-Campos & Sundaram,1981). Significativamente, fósseis marinhos não foram encontrados nas camadas basais do Itararé na área de Itu (Saad,1977).

Uma revisão breve da literatura prévia permite entender a evolução dos principais conceitos relativos à geologia da área de Itu.

Derby (1878; *apud* Gama Jr.,et al, 1992), estabeleceu a origem glacial dos sedimentos do subgrupo Itararé, correlacionando-os com as camadas permianas da Índia e Austrália.

Woodworth (1912), Coleman (1918), Washburne (1930), contribuíram com importantes observações sobre a idade e relações espaciais dos sedimentos glaciogênicos da Bacia do Paraná, referindo-se à presença de seixos facetados e estriados e sedimentos marinhos. Fizeram ainda importantes considerações paleogeográficas sobre as ligações desses depósitos com os da África e Austrália.

Washburne (1930), em particular, forneceu valiosas informações relativas à glaciação neopaleozóica, tais como, descrições de feições glaciais, os primeiros dados sobre a direção de deslocamento do gelo baseados em deformações de sedimentos, além de assinalar, pela primeira vez, a presença de rochas glaciais “várnicas” no Brasil.

Leinz (1937), em sua monografia sobre a glaciação neopaleozóica da Bacia do Paraná, inclui importantes conceitos sobre a sedimentação da seqüência glacial neopaleozóica, tais como, seu caráter continental e cíclico, além de numerosos dados litológicos sobre feições glaciais e relativos ao fluxo do gelo, baseado na análise de “fabric” de clastos.

Leonardos (1938) fez as primeiras referências aos sedimentos rítmicos de Itu. Segundo este autor, “nos paredões reproduz-se ritmadamente sedimentos argilosos claros e escuros, de granulação finíssima, indicando deposição lacustre em região glacial. Durante as fases hibernais, quando as águas clareavam, depositava-se grande quantidade de matéria orgânica de origem planctônica, dando os leitos finos e escuros, devido ao material carbonoso”.

Segundo Mendes (1944), a sazonalidade observada nos ritmitos de Itu deriva da influência glacial no processo de sedimentação, onde no verão, as águas de degelo, mais densas, abasteceriam o lago, fluindo rente ao fundo, sob a forma de correntes de turbidez de baixa densidade, transportando e depositando o silte e a areia fina. Durante o inverno, quando a superfície do lago se congelasse, as partículas de argila seriam depositadas por decantação.

Barbosa & Almeida (1949), Petri(1964), Rocha-Campos (1967), Northfleet *et al.* (1969 *apud* Gama Jr.,1992), apresentaram diversas propostas sobre a estratigrafia dos sedimentos do Subgrupo Itararé, na área de Itu.

Nos anos seguintes, alguns autores passaram a admitir a possibilidade de mares costeiros em contato direto com as geleiras, como sítio de deposição dos ritmitos, o que em

parte não é consistente com a ocorrência de rochas moutonnées estriadas e polidas pelo gelo (Almeida,1948; Amaral,1965) e pavimentos estriados , tilitos e eskers (Rocha-Campos,1967; Rocha-Campos et al.1969;Mezzalira,1969).

Soares *et al* (1977) e Landim & Soares (1979) *apud* Gama Jr.,1992, interpretaram na porção sul do Estado de São Paulo, condições lacustres, flúvio-glaciais e marinhas e deltaicas nas regiões leste e central. As condições marinhas para a porção central do estado foram endossadas por Saad (1977) e Santos (1979) . Sistemas costeiros, particularmente deltaicos, foram identificados em várias áreas deste Estado.

Na década de 80, vários autores identificaram facies ou lobos deltaicos, posteriormente designados por Sistema Deltáico Iporanga, leques aluviais, sistemas de plataforma e leques subaquosos. Em contrapartida , feições sedimentares consideradas como registro de ação direta do gelo continuavam a ser postuladas.

Dados estratigráficos de detalhe sobre o varvito de Itu foram primeiramente oferecidos por Rocha-Campos *et al.* (1972) e Rocha Campos & Sundaram (1981). Ao longo da estrada secundária que liga a pedreira de Itu à Rodovia do Açúcar, exposições de rochas do Subgrupo Itararé estudados por eles, incluem, da base para o topo, 16m de diamictitos intercalados por corpos irregulares e deformados de areia fina e folhelho, seguidos de 17m de espessas camadas de arenito fino com estratificação cruzada e marcas onduladas e pelo menos 28m de ritmitos (Rocha-Campos *et al.* 1972).

Devido à alteração e dificuldades de acesso, o número total de pares expostos ao longo da seção não pode ser contado. Sobre as várias faces da pedreira, uma série contínua de menos de 260 pares foram identificados e descritas por Ernesto(1977).

A espessura máxima dos pares reduz-se de 50cm, próximo do assoalho da pedreira, aproximadamente 1,5 cm, na parte superior alterada da seção exposta. A variação na espessura dos pares é devido muito mais à variação da espessura das camadas claras, as escuras permanecendo mais ou menos constantes. Esta tendência é acompanhada pela mudança na granulometria, que é visível nas bandas claras, sendo a base composta predominantemente de arenito finos, passando a silte rumo ao topo. Dentro de cada par, o limite entre duas camadas foi descrito como brusco ou transicional. Às bandas claras associam-se estratificações cruzadas cavalgantes, laminação ondulante e múltiplas camadas gradadas. Na superfície superior das bandas escuras pode-se observar traços de invertebrados de diferentes tipos..

Micro-clastos e mega-clastos isolados, de até decímetros de diâmetro, são raramente vistos incluídos nos ritmitos expostos na pedreira. Eles parecem ser mais comuns na parte superior da seção,ao longo da estrada para a cidade de Itu. Nesta área, clastos caídos, de acima de um metro de diâmetro, exumados pelo intemperismo e erosão dos ritmitos, são relativamente comuns, na superfície do terreno.

Os trabalhos realizados não incluíram, entretanto, mapeamento geológico. Desse modo, as informações sobre extensão do varvito e sua estratigrafia permaneciam insuficientes.

A partir de estudos sedimentológicos, palinológicos e paleomagnéticos, Rocha-Campos & Sundaram (1981) e Rocha-Campos *et al.* (1981) argumentaram que os ritmitos de Itu constituem em verdadeiros varvitos, formados pela repetição regular de pares de lâminas ou estratos de cores clara e escura, compostos, respectivamente, de areia fina/silte e silte/argila. As unidades claras corresponderiam ao intervalo primavera-verão e as escuras ao outono-inverno. Assim cada par claro-escuro marcaria um ano de sedimentação.

Segundo Petri (1985), o lago de Itu desenvolveu-se primeiro em áreas mais afastadas da borda, avançando gradativamente para leste. Este lago teria sido assoreado pelo avanço dos diamictitos e rochas associadas, durante seu maior desenvolvimento, devido a condições muito severas relacionadas com o avanço das geleiras.

Mais recentemente, o Instituto geológico (1991) realizou um trabalho de mapeamento geológico no Município de Itu, que resultou no mapeamento de ritmitos típicos, argilosos, com alternância de camadas centimétricas de argilite e arenito fino e ritmitos arenosos, bem representados na pedreira de Itu. Neste trabalho, o IG usou o termo ritmito, visto tratar-se de termo descritivo e não genético. Embora a interpretação desses ritmitos como turbiditos seja, no geral, aceita o entendimento da natureza do corpo aquático, se mar aberto ou restrito ou ainda um lago periglacial não foi esclarecido.

Segundo Gama Jr. *et al.* (1992), a sedimentação do Subgrupo Itararé é muito diversificada faciológicamente, sendo constituída de tratos de sistemas deposicionais bastante complexos. Em particular, o processo sedimentar responsável pela deposição dos ritmitos da região de Itu, para estes autores, processou-se pela decantação das nuvens caudais de correntes de turbidez de baixa densidade. Propuseram os autores duas hipóteses para explicar o caráter várvido desta facies: a) a interferência sazonal de suspensões derivadas de correntes superficiais, cujas características texturais seriam diferentes das nuvens caudais diluídas; a periodicidade dos eventos turbulentos produziria a segregação das lâminas claras e escuras; b) a presença de correntes de profundidade responsáveis pelas lâminas claras e a decantação das nuvens caudais escuras.

A partir da discussão acima, pode-se notar que existem ainda controvérsias a respeito do mecanismos e ambientes deposicionais de deposição do varvito de Itu. A solução do problema exige a ampliação dos conhecimentos geológico, estratigráfico e sedimentológico da área, que constitui o objetivo desta pesquisa.

5. Objetivos

O projeto teve o propósito de realizar um estudo de caráter estratigráfico e sedimentológico do varvito e rochas associadas, envolvendo mapeamento geológico detalhado, levantamento de seções estratigráficas e sedimentologia, no sentido de contribuir para o esclarecimento do ambiente deposicional das rochas, no contexto do sistema de sedimentação glacial e propor um modelo deposicional para a área de Itu.

A motivação principal do projeto baseia-se na importância paleoambiental dos ritmitos regulares (varvito), no contexto da reconstituição paleogeográfica, paleoclimática e paleoambiental da seqüência glacial do Subgrupo Itararé. O desenvolvimento de um modelo deposicional nesta área será útil no estudo de outras ocorrências de litologias semelhantes do Subgrupo Itararé e de outras seqüências glaciogênicas de diferentes idades, no Brasil.

6. Metodologia

Os trabalhos executados foram desenvolvidos em três etapas, descritas a seguir

a) Trabalhos de escritório:

- Pesquisa bibliográfica, localização e estudo de mapas geológicos e cartas topográficas e fotointerpretação da área de estudo, em escala 1:25.000, a fim de se obter uma base de dados geológicos.

- Elaboração de perfis e seções estratigráficas necessárias para a execução deste projeto, confecção de mapa geológico e elaboração de modelo deposicional para a área.

- Redação de projeto e relatórios, realizados de acordo com prazos pré-estipulados pela Comissão do Trabalho de Formatura.

b) Trabalhos de campo

Envolveram o mapeamento geológico da área da região em estudo na escala 1:10.000. Concomitantemente, foram realizados trabalhos sedimentológicos e estratigráficos, dentre os quais, análise faciológica (exame e caracterização das litofácies, estudo de estruturas sedimentares e medições de paleocorrentes), levantamento de seções estratigráficas e coleta de amostras para estudos laboratoriais.

c) Trabalhos de laboratório

Constou de análises granulométricas de amostras de algumas litologias estudadas, realizados de acordo com as técnicas sedimentológicas usuais de pipetagem e peneiramento

7. Desenvolvimento do trabalho

A execução das atividades planejadas obedeceu ao seguinte cronograma:

De março à meados de maio: pesquisa bibliográfica, obtenção de mapas e fotos e compilação da base de dados geológicos para o mapeamento.

De junho à julho: trabalhos de campo.

Final de julho à agosto: trabalhos de escritório (preparação do Relatório Parcial)

De setembro-novembro: trabalhos de campo, laboratório e escritório.

De setembro- outubro e novembro: trabalhos de escritório, laboratório e redação do Relatório Final.

As únicas dificuldades encontradas, já mencionadas anteriormente, foram a qualidade de algumas informações geológicas disponíveis, que não puderam ser utilizadas e pouca expressão morfológica das litologias da área estudada, que limitou o uso da fotointerpretação para o mapeamento geológico.

A qualidade dos afloramentos na área estudada é outro tópico que pode ser mencionado. De modo geral, as exposições úteis referem-se a cortes de rodovias e áreas de extração de matéria prima para cerâmica. Toda a região leste da área mapeada, ocupada pela cidade de Itu, carece quase que totalmente de afloramentos.

8. Resultados

8.1 Mapa geológico

Afloramentos visitados

A Fig.2 mostra a distribuição de afloramentos visitados e descritos, durante os trabalhos de campo. O número total de pontos visitados é de 40 (quarenta). A maioria deles situa-se na região oeste e sudoeste da área mapeada. A maior parte da região leste corresponde à área urbana de Itu e não dispõe de afloramentos.

Geologia da área

A área total mapeada geologicamente tem cerca de 10 Km², correspondendo à região principal de ocorrência dos ritmitos regulares ou varvito.

As rochas da área mapeada são exclusivamente de natureza sedimentar, clástica, pertencentes ao Subgrupo Itararé (Neopaleozóico) da Bacia do Paraná.

A abordagem utilizada no mapeamento foi de caráter faciológico, isto é, tentou-se subdividir o Subgrupo Itararé em grupos de litologias ou associações de facies, geneticamente relacionadas, incluindo os ritmitos regulares ou varvito e as litologias a eles associadas.

Cinco grupos ou associações litológicas foram reconhecidas e mapeadas no Subgrupo Itararé, a saber:

- a) Ritmitos irregulares. (RI)
- b) Folhelho/ siltito/ arenito fino (FSA)
- c) Arenitos finos/ diamictitos maciços/ estratificados (AD)
- d) Ritmitos regulares (RR)
- e) Ritmitos silto-argilosos (RSA)

Sua descrição e interpretação em termos ambientais são feitas em outra seção deste relatório (Associações de facies). De modo geral as associações RI e FSA ocupam os fundos e encostas do vale do rio Itaim-Mirim, que corta a área mapeada de SE-NW. As partes superiores das encostas e os topos dos morros mais altos são cobertos por rochas das associações AD, RR e RSA. Sobre estas últimas, ocorre a zona urbana de Itu que consta da área mapeada. Aluviões de rios consistem de areias finas à médias e cascalhos.

As espessuras máximas encontradas para as Associações estudadas são as seguintes:

RI: 30m

FSA: 67m

AD: 60m

RR: 77m

RSA: 15m

A espessura total do Subgrupo Itararé na área é, portanto, de cerca de 250m.

Elementos estruturais

De modo geral as rochas da região dispõem-se horizontalmente. Somente localmente foram encontrados afloramentos com rochas inclinadas como, por exemplo, nos pontos 6 e 7 (Figs. 18 e 19). No segundo local, não há falhas visíveis afetando as rochas e, portanto, é possível que o pequeno basculamento, seja devido à compactação diferencial pós-deposicional. Já no ponto 6, a inclinação das camadas está ligada à presença de falha normal de baixo ângulo, que corta a Associação RSA. O intenso intemperismo das rochas faz supor que o falhamento esteja associado a este, correspondendo a uma espécie de acomodação adiastrófica.

A estrutura mais notável que ocorre na área corresponde à falha que acompanha o vale do rio Itaim Mirim. A estrutura orienta-se de SE-NW e sendo paralela a estruturas similares que cortam o embasamento cristalino, a SE da área mapeada.

A falha foi interpretada como de rejeito normal, deslocando de alguns metros somente as rochas afetadas.

Contatos

Com exceção do contato entre as Associações AD e RR, exposto no ponto 7, nenhum outro contato foi diretamente observado durante o mapeamento geológico realizado.

8.2 Análise estratigráfica e sedimentológica

Associações de facies

O mapeamento geológico e os levantamentos estratigráficos realizados na área permitiram reconhecer 5 (cinco) conjuntos de facies sedimentares, abaixo descritos. Sua interpretação paleoambiental é feita posteriormente. Embora em parte penecontemporâneas, as facies ocorrem, em geral, em ordem estratigráfica que será usada para sua descrição.

Associação ritmitos irregulares (RI)

Estas litofacies têm distribuição restrita na porção norte da área mapeada. Está exposta somente no afloramento da pedra do Ponto 30, ao norte da rodovia Marechal Rondon. (Figs 6,7,8 e9).

A associação inclui ritmitos formados de camadas/lâminas milimétricas a centimétricas de siltito cinza-claro ou arenito fino e lâminas de argilito ou folhelho cinza-escuro. As espessuras das unidades claras e escuras é grandemente variáveis e irregulares ao longo da seção exposta na pedra. Contatos transicionais e bruscos foram verificados entre as camadas claras e escuras dos ritmitos.

As estruturas sedimentares mais conspícuas dos ritmitos irregulares são a estratificação plano-paralela, gradacional e a micro-laminação cruzada associada a marcas onduladas assimétricas de crista reta. Planos de estratificações dos ritmitos, extensivamente expostos no assoalho da pedra, são inteiramente cobertos por marcas onduladas assimétricas (Fig 6). O sentido das paleocorrentes é de SE-NW. Clastos caídos, com até 60cm de diâmetro foram encontrados imersos e deformando o acamamento dos ritmitos (Fig.7). Os ritmitos incluem camadas mais espessas, centimétricas, de folhelho cinza-escuro.

Na parte superior da seção da pedra, os ritmitos tornam-se mais espessos e com camadas claras formadas de arenito fino. Truncamento de marcas onduladas são freqüentes.

Intercalados nos ritmitos irregulares ocorrem outras litofacies, incluindo folhelho escuro amarrotado (extensivamente dobrado e fraturado), camadas decimétricas de arenito deformado (dobrado caoticamente), com zonas conglomeráticas, intercalados com diamictito arenoso, com abundantes clastos sub-arredondados a subangulosos, centimétricos a decimétricos (até 60 cm), arenitos laminados, ondulados com dobras pequenas e lamito siltico ondulado.

O folhelho escuro amarrotado sobrepõe-se ao ritmito, na parte inferior da seção da pedreira. Seu contato com a litologia inferior não pode ser observado. Os contatos entre as outras litologias são geralmente bruscos, erosivos e freqüentemente deformados, por sobrecarga e, às vezes, como no caso do arenito e diamictito sobre o folhelho, com interpenetração das litologias. O diamictito contém dobras recumbentes ("fold noses"= narizes de dobras) de arenito, isolados na matriz.

As relações estratigráficas entre os ritmitos irregulares e outras litofacies não estão inteiramente claras. Ao que tudo indica, a associação está geneticamente mais ligada à associação folhelho/siltito/ arenito (FSA).

Associação folhelho/siltito/arenito fino (FSA) .

Esta associação está exposta principalmente nos fundos e flancos dos vales dos rios, nas regiões central e sul da área mapeada. Seu afloramento principal ocorre na área de extração de argila situada a oeste da rodovia do Açúcar, a cerca de 1 Km ao sul de Itu.

A associação varia desde folhelho cinza-médio, relativamente mal laminado, até siltito e arenito fino, amarelado e maciço, que se desagrega em placas irregulares. O folhelho apresenta-se, com fraturas epigenéticas preenchidas por calcitas secundária.

Estruturas sedimentares são pouco visíveis nas litofacies desta associação, a não ser indícios de estratificação plano-paralela mal desenvolvida e micro-laminação cruzada. Raros clastos isolados, de até 1m de diâmetro foram encontrados soltos sobre o terreno, em áreas de ocorrência da associação e podem corresponder a clastos caídos.

Intercaladas nas litofacies dessa associação ocorrem camadas irregulares, centimétricas, e corpos lenticulares, irregulares, métricos, de arenito, maciço, contendo clastos isolados e diamictitos deformados.

As litofacies desta associação ocorrem sobre a associação ritmitos regulares e associação arenito/diamictito/macio /estratificado.

Associação arenito fino/diamictito macio/estratificado (AD).

Esta associação designa um conjunto de litofacies envolvendo intercalações de camadas centimétricos-decimétricos até métricas de arenito fino e diamictito (Fig.10) A associação aflora caracteristicamente na região sudeste da área mapeada, em afloramentos na seção do sítio Santo Antônio e na rua do Varvito (Fig. 20) Em direção noroeste, os afloramentos são escassos e a associação é representada principalmente por arenito.

O arenito fino mostra desde estratificação cruzada planar, de estratos longos, métricos ou micro-laminação cruzada à aspecto ,macio.

Os diamictitos, de cor creme amarelada, matriz silto-arenosa a silto-argilosa, variam desde macios , com "foliação" incipiente, a estratificados. Na seção do sítio Santo Antônio, pelo menos

dois corpos tabulares métricos de diamictito foram identificados. Estes diamictitos contêm clastos subarredondados a angulosos de composição variada, a grande maioria facetados e alguns estriados. Contêm eles também, com freqüência, corpos métricos lenticulares, dobrados e fraturados de arenito (Fig.10). Os contatos entre o arenito e o diamictito são bruscos e, em um local, verifica-se que o arenito subjacente está deformado e truncado ao longo do contato. Na seção da rua do Varvito, a associação tem espessura menor (Fig.20), porém mantém aproximadamente as mesmas características. Nas duas seções examinadas, o conjunto superpõe-se à associação FSA, sendo recoberta pela associação RR. Neste local, verifica-se que o contato 'é brusco.

Associação ritmitos regulares (RR).

Litofacies incluídas nesta associação cobrem extensivamente a região leste do mapa correspondente à região urbana de Itu, ocupando ainda uma pequena área, mais elevada, no leste da área mapeada.

Seus afloramentos mais importantes podem ser examinados na seção da rua do Varvito e em afloramentos ao longo da rodovia do Açúcar, e, obviamente nos cortes da pedreira no Parque do Varvito. (Figs. 11,12,13,14,15,16,17e 20)

A espessura total máxima exposta é de 25 m. Duas litofacies, ou provavelmente subfacies, podem ser reconhecidas nesta associação.

Na seção exposta na extensão da rua de acesso ao bairro Itaim, após o viaduto sobre a rodovia do Açúcar (Pontos 7 e 10), os ritmitos regulares são formados por alternância de zonas de ritmitos finos, centimétricos, mostrando espessura aproximadamente igual das lâminas claras e escuras, e ritmitos grossos, centimétricos-decimétricos. As estruturas sedimentares observadas incluem estratificação plano-paralela, e gradacional nos ritmitos finos, e marcas onduladas assimétricas de amplitude decimétrica, de disposição cavalgante em direção NW nos ritmitos mais grossos. As marcas onduladas estão associadas a micro-laminação cruzada (Figs. 11,12 e 13).

A subfacies superior, magnificamente exposta nas paredes da pedreira do Parque do Varvito, mostra ritmitos que passam gradualmente de mais grossos, na base, a mais finos, na parte superior da seção (Fig.14,15,16,17,20 e 21).

Em razão do intemperismo, o número total de pares de lamina dos ritmitos do Parque do Varvito não pode ser determinado. Nas paredes da pedreira, pelo menos 260 pares foram identificados e medidos por Ernesto (1977). As espessuras máximas dos pares diminuem para cima, desde cerca de 50 cm, até cerca de 1,5 cm, na parte intemperizada da pedreira. Esta tendência geral, contêm entretanto variações menores (Fig. 15). Pares ainda mais finos podem ser encontrados na parte superior da seção exposta na rua do Varvito, em direção à cidade de Itu. Esta variação é principalmente resultante da flutuação na espessura das camadas claras, a

das camadas escuras, permanecendo mais ou menos constante, em torno de alguns milímetros. Esta tendência é acompanhada por mudança na granulometria, particularmente visível nas camadas claras, as basais constituídas de arenito fino, que passa a siltito no topo.

Em todos os pares examinados, o contato inferior entre as lâminas escuras argilosas e as claras siltosas é brusco. Nas camadas/lâminas claras, intercalações finas de argilito podem ocorrer, enquanto que lâminas de siltito podem ser encontradas nas lâminas escuras. Além da estratificação plano-paralela e das feições acima, outras estruturas sedimentares são exibidas pelos ritmitos regulares, principalmente, marcas ondulares migrantes (paleocorrentes para NW), laminação drapeada, estratificação gradacional múltipla das camadas claras (Fig. 22). As lâminas escuras podem mostrar somente estratificação gradacional nas intercalações silticas. Prováveis pistas de invertebrados ocorrem abundantemente sobre as lâminas escuras e nos planos de estratificação das camadas claras.

Clastos isolados caídos, principalmente de granito e quartzito, desde milimétricos até decimétricos de diâmetro, são raramente encontrados nos ritmitos. Vários clastos métricos, encontrados soltos no terreno do Parque, na parte superior da seção dos ritmitos, parecem representar clastos caídos. Eles são aparentemente mais freqüentes rumo à cidade de Itu.

Associação ritmitos silto/argilosos (RSA).

Esta litofacies poderia ser considerada como uma subfacies da associação anterior. Sua separação teve contudo, algumas razões práticas.

A litofacies capeia os ritmitos regulares e apresenta-se, no geral, intensamente intemperizada e oxidada. Granulométricamente, é constituída de pares de siltito-argilito, centimétricas à milimétricas, nas quais a espessura das lâminas é aproximadamente igual (Figs. 18 e 19)

Quando decompostos, formam um depósito de cor vermelha onde nem sempre é possível distinguir a ritmicidade original. Trata-se uma das fontes principais de matéria prima para indústria de cerâmica local.

Alguns clastos isolados de até decímetros de diâmetro foram encontrados dentro dos ritmitos ou sobre o terreno e podem corresponder a clastos caídos.

Interpretação Ambiental

Associação ritmitos irregulares (RI)

A associação inclui litofacies formados por correntes de turbidez (turbiditos irregulares), deposição de suspensão de lamas, provavelmente de plumas de água de degelo (folhelho escuro

amarrotado, arenitos e siltitos laminados), fluxo subaquático de detritos (diamictito). Icebergs foram provavelmente responsáveis pela deposição dos clastos caídos encontrados nos ritmitos. A deposição parece ter ocorrido em águas relativamente rasas, dada a ocorrência generalizada de correntes tracionais no fundo da bacia deposicional. Os truncamentos de marcas ondulares, na parte superior da seção sugerem a ação de ondas de tempestade afetando a deposição.

Em seu conjunto, e tendo em conta a granulometria e o empilhamento das facies reconhecidas, a associação sugere deposição sobre influência de frente de geleira em recuo, porém com posição relativamente distal em relação a esta.

Associação folhelho/silito/arenito fino (FSA)

Deposição a partir de deposição de lama em ambiente subaquático, de energia relativamente baixa, parece ter sido o processo predominante na geração desses depósitos. Muito esporadicamente, o assoalho da área deposicional foi afetado por correntes tracionais.

A extensão e espessura dos afloramentos, na área mapeada e externamente a ela, sugere uma dimensão relativamente grande, talvez de âmbito regional para a bacia deposicional da Associação FSA. As relações estratigráficas sugerem que a Associação RI, possa representar parte do pacote sedimentar que preencheu a bacia sedimentar, nesta fase de deposição.

A natureza lacustrina ou marinha da bacia não pode ser determinada e seu esclarecimento depende de estudos paleontológicos ainda em andamento.

A presença esporádica de clastos caídos sugere a presença pouco freqüente de icebergs, possivelmente desprendidos de margem de geleiras relativamente distantes, nesta fase inicial da história sedimentar da área. As intercalações de arenito e diamictito sugerem que a área foi atingida pela deposição de detritos mais grossos, através de processos envolvendo, correntes de turbidez e fluxo gravitacional de massa. Estes depósitos aparentemente foram remobilizados e redepositados através de escorregamentos de massa.

Associação arenito fino/diamictito maciço/estratificado (AD)

Esta associação é particularmente importante do ponto de vista do entendimento da influência glacial, durante a deposição do Subgrupo Itararé, na área.

O diamictito maciço, "foliado", parece corresponder a depósito subglacial. Evidências favoráveis a esta interpretação são a presença de blocos destacados de arenito deformados, dentro do diamictito (mostrando desgaste marginal) e as deformações das camadas de arenito embaixo do diamictito (truncamento). Estas estruturas são comuns em depósitos glaciais pleistocênicos, correspondendo a feições glaciectônicas ligadas ao movimento ativo de geleiras sobre o substrato sedimentar deformável (Eyles, 1983). Elas sugerem fortemente a presença de geleiras aterradas, provavelmente atingindo a margem e adentrando a bacia sedimentar. Os

arenitos intercalados poderiam, por sua vez, corresponder a depósitos fluvio-glaciais ou deltaicos associados a presença da frente glacial.

Rumo oeste, estas facies estariam representadas por depósitos mais distais de arenito e diamictito formados pela redeposição de sedimentos glaciais acumulados defrente à geleira, através de correntes de turbiditos e fluxo de detritos.

Associação ritmitos regulares

Feições sedimentares observadas e dados de literatura (Rocha-Campos e Sundaram, 1981; Rocha-Campos *et al.*, 1981), sobre características texturais, palinológicas paleontológicas e paleomagnéticas dos ritmitos regulares são condizentes com sua deposição em condições de água doce e sob controle sazonal.

Os ritmitos regulares correspondem ao grupo estrutural III, reconhecido por Ashley (1975), nos ritmitos (varves) do lago glacial Hitchcock, nos Estados Unidos. Varves deste grupo têm a espessura da camada argilosa e mais escura menor que a da lâmina clara e siltica do par. Tanto as estruturas internas das camadas claras quanto das escuras, são similares nas duas localidades. Um fato interessante é que a lâmina escura mostra uma diminuição constante da granulação média sugerindo não ter ocorrido floculação significativa da argila, durante a deposição (Ashley, 1975).

Estudos de laboratório (Fraser, 1929) indicam que a velocidade de partículas em queda, menores que 0,5 mm em diâmetro, diminui com o abaixamento da temperatura, até que um valor mínimo é alcançado a 4°C. O retardo da queda acima desta temperatura aumenta com a diminuição do diâmetro das partículas, resultando em gradação distinta. Observou-se também que argilas várnicas não floculadas formam laminação quando depositadas em água doce acima do congelamento, mas a laminação não se forma a 20° C. Dados experimentais sugerem que as varves são feições tipicamente de água doce, que são inibidas por salinidades acima de 1/50 do normal da água do mar (35%).

O conjunto de evidências aponta, portanto, para uma bacia de água doce, como provável ambiente de deposicional dos ritmitos regulares,. O paleoambiente específico, no contexto do sistema deposicional glacial será descrito na seção referente ao modelo deposicional da área.

A ocorrência relativamente freqüente de clastos caídos, além de pelotas de "till", e lentes de detritos no interior das camadas claras do ritmito, alguns clastos superando um metro de diâmetro máximo, mostram que icebergs eram relativamente comuns flutuando no lago, no fundo do qual despejaram os detritos que transportavam. É provável, portanto, que a margem da geleira em processo de "calving", estivesse pelo menos parte do tempo em contato com a água da bacia sedimentar(Fig.21). Uma outra evidência favorável a este cenário é dada pela ocorrência de litofacies da associação AD, que inclui depósitos subglaciais e proglaciais, subjacentes aos

ritmitos regulares na parte oriental da área estudada. Tal situação sugere que a geleira pode ter adentrado a bacia sedimentar aterrada.

A variação verificada na espessura dos pares de litologia e na granulometria dos ritmitos regulares pode indicar um progressivo afastamento da frente da geleira da margem do lago, que gradualmente passou a ser atingido somente por detritos mais finos trazidos por águas de degelo ou distribuídas a partir de deltas marginais.

Associação ritmitos silto-argilosos (RSA)

As condições deposicionais associadas a esta facies parecem ser basicamente as mesmas da associação anterior e conformam-se com a tendência de afinamento da espessura e granulometria dos ritmitos regulares em direção à parte superior do pacote. Os processos sedimentares envolveram provavelmente a deposição por correntes densas, distais que transportaram o material siltoso e o assentamento, por decantação de partículas argilosas que constituem os ritmitos.

A presença de icebergs é ainda evidenciada, durante a deposição desta facies, pela rara presença de clastos caídos.

História deposicional e modelo sedimentar

A descrição e interpretação das associações de facies identificadas no Subgrupo Itararé na área mapeada e a correlação estratigráfica das associações mostrada na Fig.20, servem de base para a interpretação da história deposicional dos sedimentos estudados e a elaboração de um modelo conceitual de sedimentação para a área em estudo.

A história geológica da área implica inicialmente na instalação de uma ampla bacia sedimentar ocupadas por corpo de água na área de Itu. A margem leste elevada da Bacia do Paraná, formada pelo embasamento pré-cambriano constitui, provavelmente parte da margem sudeste da grande área deposicional. As características da Associação de facies AD, particularmente, as evidências de deposição subglacial dos diamictitos, indicam essa região como constituindo também um segmento da margem SW da bacia.

A sedimentação que caracteriza esta fase da história deposicional corresponde à Associação FSA. A influência glacial durante a sedimentação é atestada não só pela presença esporádica de clastos caídos, provavelmente derivados de gelo flutuante do tipo iceberg, como pela intercalação de cunhas de depósitos clásticos mais grossos representados pela Associação RI, que eventualmente alcançaram o interior da bacia, trazidas de suas margens por processos de fluxo gravitacional de massa (correntes de turbidez e fluxos de detritos).

É possível, embora não haja elementos suficientes para a reconstituição, que a bacia tivesse a forma de um golfo ou entalhe na costa ou margem da Bacia do Paraná. Esta hipótese

encontra apoio na orientação das paleocorrentes medidas, consistentemente orientadas para NW, como na própria distribuição geral das associações faciológicas mostrada na Figs.20 e 21, que podem indicar uma variação desde condições mais marginais até mais distais dentro da bacia.

O segundo importante episódio deposicional que atingiu a área é representado pelo avanço das geleiras em direção à margem da bacia subaquática. Dois elementos são indicativos de que a geleira moveu-se de SE-NW na área. Em primeiro lugar, este é o sentido regional do movimento do lobo Paraná na parte norte da Bacia do Paraná, (Santos *et al.* 1996), que coincide com o sentido de movimento deduzido a partir das estrias e morfologia da rocha "moutonnée" de Salto, situada a cerca de 5 km ao norte de Itu. Em segundo lugar, novamente, este deslocamento é consistente com a distribuição e geometria da Associação de facies AD, que se adelgaça e muda de características em direção NW. É possível que, no seu avanço, a geleira tenha se internado aterrada dentro da bacia sedimentar. Estrias glaciais sobre o embasamento e diamictito imediatamente sobreposto foram encontrados em testemunhos de sondagem realizados, situado a cerca de 4 Km da área do Parque do Varvito (Mezzalira, 1961).

O registro sedimentar indica que a geleira provavelmente avançou e recuou mais de uma vez na área, a cada avanço depositando tilito subglacial, recoberto, a cada recuo, pelos depósitos proglaciais de caráter deltaico. Detritos glaciais acumulados na encosta das margens da bacia, sofreram desestabilização, e geraram correntes de turbidez e fluxos de detritos responsáveis pela remobilização dos materiais e sua deposição final no interior da bacia.

O recuo final da geleira que, entretanto, se manteve com sua frente em contato com o corpo de água foi seguido do início da deposição dos ritmitos regulares. Dois cenários são possíveis, em relação à natureza do corpo de água nesta fase . O primeiro cenário envolve o deposição do Subgrupo Itararé na área, em uma bacia inicialmente de água doce, que assim permaneceu durante a formação dos ritmitos regulares. A relativa maior proximidade das condições glaciais nesta fase da história deposicional explicaria o controle sazonal que se estabeleceu na bacia e que resultou na geração dos ritmitos regulares. A este cenário podemos denominar modelo glacio-lacustrino. Sob determinadas condições, entretanto, a possibilidade de geração de varves em ambiente marinho não pode ser totalmente descartada. Análise teórica das condições físicas no mar, associadas a geleiras que se estendem abaixo do nível do mar, podendo tornar-se flutuantes, indicam que um contraste abrupto pode ser esperado com relação à salinidade da água, dependendo do regime térmico do gelo (Carey & Ahmad, 1963). Sob condições de base úmida, por exemplo, pode-se esperar que à descarga de água de degelo ocorra em grandes volumes no mar, junto a zona de flutuação do gelo, comparável a descarga de um grande rio. O efeito da água de degelo seria, portanto, a de reduzir a salinidade da água do mar circundante. Mudanças controladas climaticamente no afluxo de água de degelo e comportamento das correntes de fundo, sob diferentes condições termais de uma geleira marinha

podem então combinar-se a essas condições para imprimir um ritmo sazonal nos depósitos, similar ao que ocorre num lago glacial. As condições fisiográficas locais, por exemplo, confinamento de água em área tipo golfo, seriam também fatores importantes. Rochas mais jovens que a Associação RR e RSA não foram encontradas na área estudada e, portanto, não foi possível interpretar esta parte da história deposicional do Subgrupo Itararé.

Embora as facies sedimentares associadas aos ritmos regulares e a história deposicional interpretada não excluam a possibilidade de utilização do modelo glacio-marinho, faltam, no momento, dados, principalmente paleontológicos, em apoio à hipótese.

O modelo deposicional proposto esquematizado na Fig.21, explicaria, portanto, qualquer um dos dois cenários acima discutidos.

8.3 Matéria prima para cerâmica

Na área mapeada existem quatro áreas de extração de matéria prima para a indústria cerâmica local. O acesso só foi possível, entretanto, a três das áreas (Pontos 30 , 39 e 6), correspondentes, respectivamente às Associações RI, FSA, RSA.

Amostras coletadas em duas localidades (pontos 6, 15) foram analisadas granulometricamente, visando a sua melhor caracterização sedimentológica e os resultados estão exibidos nas Figs. 23 e 24 e tabelas 1 e 2 . Os resultados indicam que os materiais são constituídos principalmente de silte/ argila, com teores muito pequenos de areia de granulometria fina, muito-fina (0,500-0,062). Os gráficos ilustram uma maior quantidade de partículas menores (silte/ argila), que vai decrescendo à medida que o tamanho da granulometria aumenta.

9. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.F. de, 1948. A "roche moutonnée" em Salto, Estado de São Paulo. *Geol. e Metal.*, v. 5, p 112-118.
- AMARAL, S.E, do., 1965. Nova ocorrência de "roche moutonnée" em Salto, Estado de São Paulo. *Bol. Soc. Bras. de Geol.*, v. 14, p71-82.
- ANTEVS, E., 1957. Geological test of varve and radiocarbon chronologies. *Jour.Geology*, v.65, p. 129-148.
- ASHLEY, G.M., 1972. Rhythmic sedimentation in glacial Lake Hitchcock, Massachusetts Connecticut. *Univ. Mass, Amherst, Geology, Publ.10.*
- ASHLEY, G.M., 1975. Rhythmic sedimentation in glacial Lake Hitchcok, Manachussets, Connecticut. In: Jopling, A.V. & McDonald, B.C. (eds.), *Glaciafluvial and Glaciolacustrine Sedimentation*, Soc. Econ. Paleont. Mines., Special Publication, no 23, p. 304-320.
- BARBOSA, O., ALMEIDA, F.F.M., 1949. Nota sobre a estratigrafia da Série Tubarão. *An. Acad. Bras. C.*, v. 21 (1).
- CAREY, S.W., 1963. Glacial marine sedimentation. *Univ. Tasmania, Geol. Dept., Publication 87.*
- DAEMON,R.F.& QuADROS,L.P.-1970- Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. *AnXXXIV Congr.,Soc.,Bras.Geol.,p.359-414.*
- DE GEER, G., 1912. A geocronology of the last 12.00 years.11th Int.Geol. Congr. 1910, *Compte Rendu 11*, p. 241-253.
- Ernesto, M. & Rocha-Campos, A.C., 1979. Geological and paleomagnetic studies on late Paleozoic varvites in the Paraná Basin, Brazil.*Acad.Bras.Ciec.,p13-14*
- ERNESTO, M., 1977. Estudo da variação paleossecular do campo magnético da Terra. *Dissertação de Mestrado, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo (inérita).*
- EYLES,N., 1983. *Glacial Geology*. Oxford, Pergamon, 183 p.

- FRASER, H.J., 1929. An experimental study of varve deposition. Trans. Roy. Soc. Canada, v. 23, p. 49-69.
- GAMA JR., E.G., et al., 1992. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Subgrupo Itararé : Tratos de facies e hidrodinâmica deposicional. Rev. Bras. Geoc., v. 22, p. 228-236.
- GIBBARD, P.L., DREIMANIS, A., 1979. Trace fossils from late Pleistocene glacial lake sediments in southwestern Ontario, Canadá. Can. Jour. Earth. Sci., v. 15, p. 1967-1976.
- GUSTAVSON, T.C., 1975. Sedimentation and physical limnology in proglacial Malaspina lake, Southeastern Alaska. In A.V. Jopling & McDonald, B.C. (Eds), Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation, Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ., n 23, p. 264-280.
- INSTITUTO GEOLÓGICO, 1991. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP), São Paulo, Relatório Técnico, v.1, 91p.
- LEINZ, V., 1937. Estudos sobre a glaciação permo-carbonífera do sul do Brasil. Dep. Nac. Prod. Miner, Div. Fom. Prod. Miner., Bol 21.
- LEONARDOS, O.H.-1938. Varvitos de Itu, São Paulo. Min. e metal., v. 3, p. 157-159.
- MENDES, J.C., 1944. Geologia dos arredores de Itu. Bol. Assoc. Geogr. Bras., São Paulo, v.4, n. 4, p. 31-40.
- MEZZALIRA, S.-1969- Geologia de superfície em Itu, SP. Ocorrência de "Rocha Moutonnée" nos testemunhos de sondagem. Na. Acad. Bras. Ciên., v.41, p. 83-89
- OLIVEIRA, M.; SANTOS, P.R.; SAAD, A.R. & ROCHA-CAMPOS, A.C., 1978. Ocorrência de plantas fósseis do Subgrupo Itararé em Salto, SP. Bol. IG. Inst. Geociências, USP, V. 9: 57:159
- PLANO cartográfico do Estado de São Paulo folhas Itu I e II (1979) , São Paulo, Secretaria de Economia. e Planejamento, Coordenadorias de Ação Regional Divisão de Geografia, (escala 1:10.000).
- PETRI, S., 1964. Grupo Tubarão. Bol. Inst. Geogr. Geol., n 41, p. 56-63.
- QUIGLEM, R.M., 1983. Glaciolacustrine and glaciomarine clay depositium; a North American perspective. In Eyles, N. (ed.), Glacial Geology, Oxford. P. 140-167.

- ROCHA-CAMPOS, A.C.; ERNESTO, M. & SUNDARAM, D., 1981. Geological, palynological and paleomagnetic investigations on late Paleozoic varvites from the Paraná Basin, Brazil. *Anais do 3o Simpósio Regional de Geologia*, v. 2, p. 162-175.
- ROCHA-CAMPOS, A.C. & SUNDARAM, D., 1981. Geological and Palynological observations on late Paleozoic varvites from the Itararé Subgroup, Paraná Basin, Brazil. *Anais II Congr. Latino-Amer. de Paleontologia*, v.2, p.257-275.
- ROCHA-CAMPOS, A.C., 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In Bigarella, Becker, R.D. & Pinto, I.D. (Eds), *Problems in Brazilian Gondwana Geology*, Curitiba, p-27-102.
- SAAD, A.,R., 1977. Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo, SP. 107p. Dissertação de Mestrado, IG,USP.(inédita).
- SANTOS, P.R., 1979. Distribuição estratigráfica, características e Fácies de diamictito e rochas associadas do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado IG-USP, 135p. (inédita).
- SANTOS, P.R., 1987. Fácies e evolução Paleogeográfica do Subgrupo Itararé/Grupo Aquidauana (Neopaleozóico) na Bacia do Paraná, Brasil. Tese de doutoramento-IG-USP; 128p. (inédita).
- SANTOS, P.R. dos., 1996. Condicionamento geológico da sedimentação glacial: o Neopaleozóico da Bacia do Paraná e o Terciário da Antártica. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, USP (inédita), 111 p.
- SANTOS, P.R. dos; ROCHA-CAMPOS & CANUTO, J.R. 1996. Patterns of late Paleozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 125, p. 165-184.
- TERASMAE, J., 1963. Notes on palynological studies of varved sediments. *Jour. Sed. Petrol.*,v.33,p.314-319.
- WASHBURNE, C.W., 1930. Petroleum geology of the State of São Paulo. *Bol Com. Geogr, Geol.* n.22, 272p.

WOODWORTH, B., 1912. Geological expeditions to Brazil and Chile, 1908-1909.
Bull.Mus.Com.Zool.v.46.

10. 176408

10. Anexos



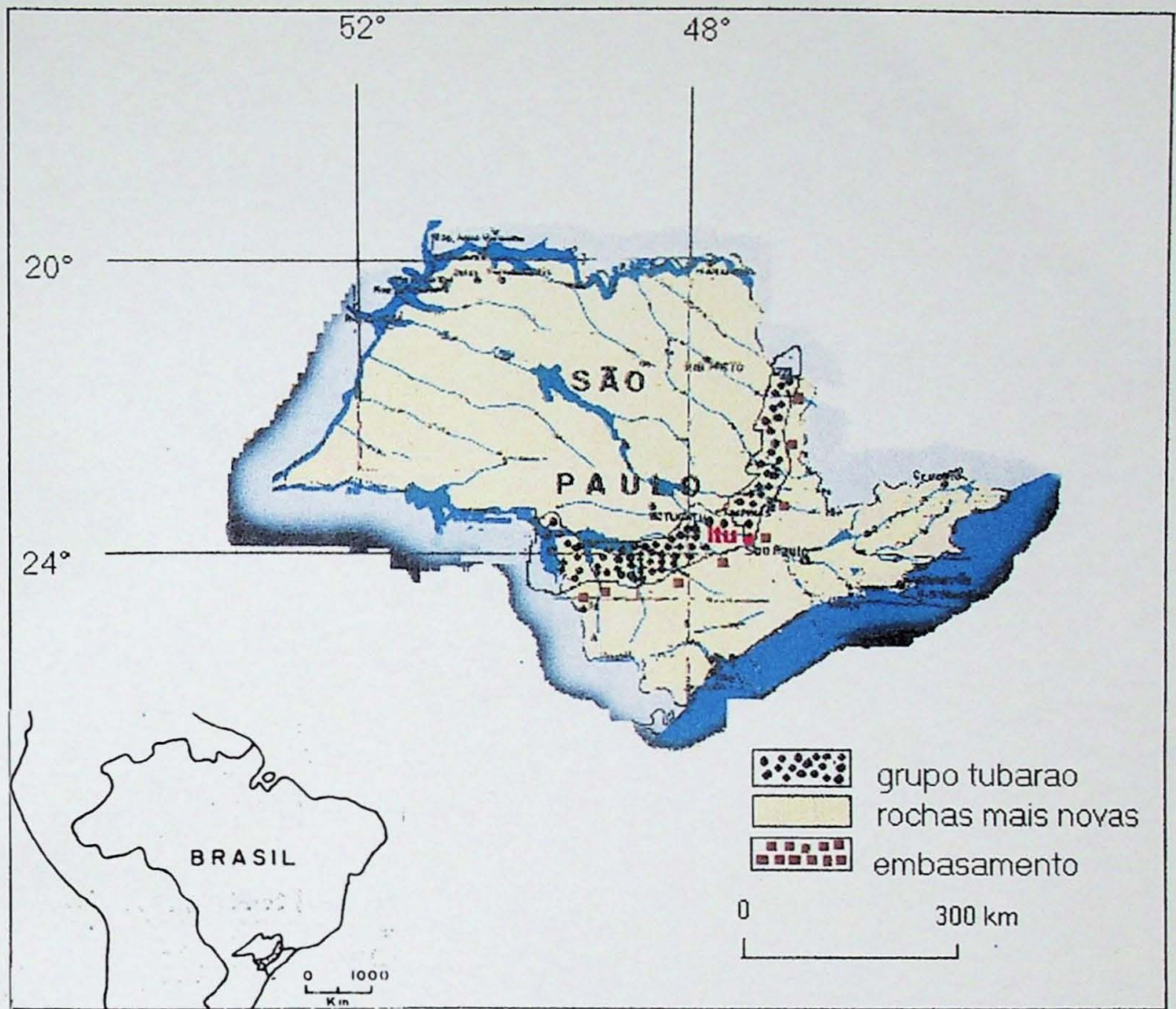
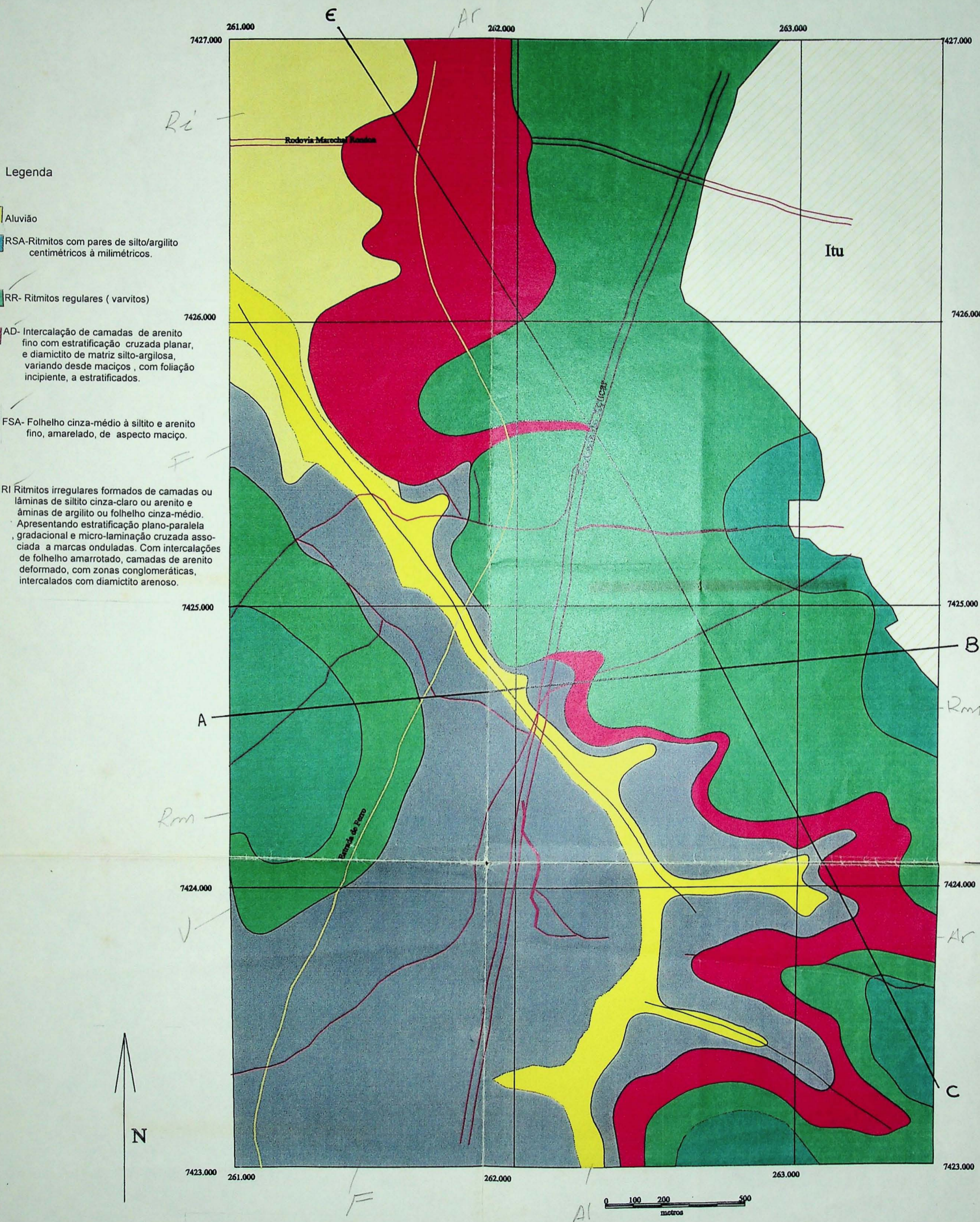


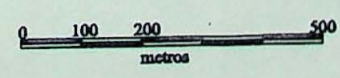
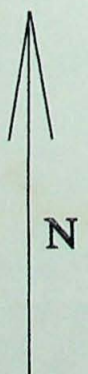
Fig.1- Mapa de localização da área.

Mapa geológico da área estudada



Legenda

- Aluvião
- RSA-Ritmitos com pares de silto/argilito centimétricos à milimétricos.
- RR- Ritmitos regulares (varvitos)
- AD- Intercalação de camadas de arenito fino com estratificação cruzada planar, e diamictito de matriz silto-argilosa, variando desde maciços, com foliação incipiente, a estratificados.
- FSA- Folhelho cinza-médio à siltito e arenito fino, amarelado, de aspecto maciço.
- RI Ritmitos irregulares formados de camadas ou lâminas de siltito cinza-claro ou arenito e âminas de argilito ou folhelho cinza-médio. Apresentando estratificação plano-paralela, gradacional e micro-laminação cruzada associada a marcas onduladas. Com intercalações de folhelho amarrotado, camadas de arenito deformado, com zonas conglomeráticas, intercalados com diamictito arenoso.



Mapa de afloramentos visitados

Legenda

RODOVIAS / FERROVIAS

- Auto estrada
- Estrada pavimentada
- Estrada sem pavimentação
- Estrada em construção
- Código Federal, Estadual, Municipal
- Caminho, Trilha
- Estrada de ferro

HIDROGRAFIA

- Rio
- Ribeirão e Córrego
- Curso d'água intermitente
- Lago
- Represa, Barragem

Pontos

- Vista
- Terenos sujeitos a inundação
- Brejo ou Pantano

VEGETAÇÃO

- Cultura
- Mato, Matagão

PLANIMETRIA

- Rua pavimentada
- Rua sem pavimentação
- Área densamente edificada
- Edifício importante
- Construção isolada
- Limite estadual
- Limite municipal

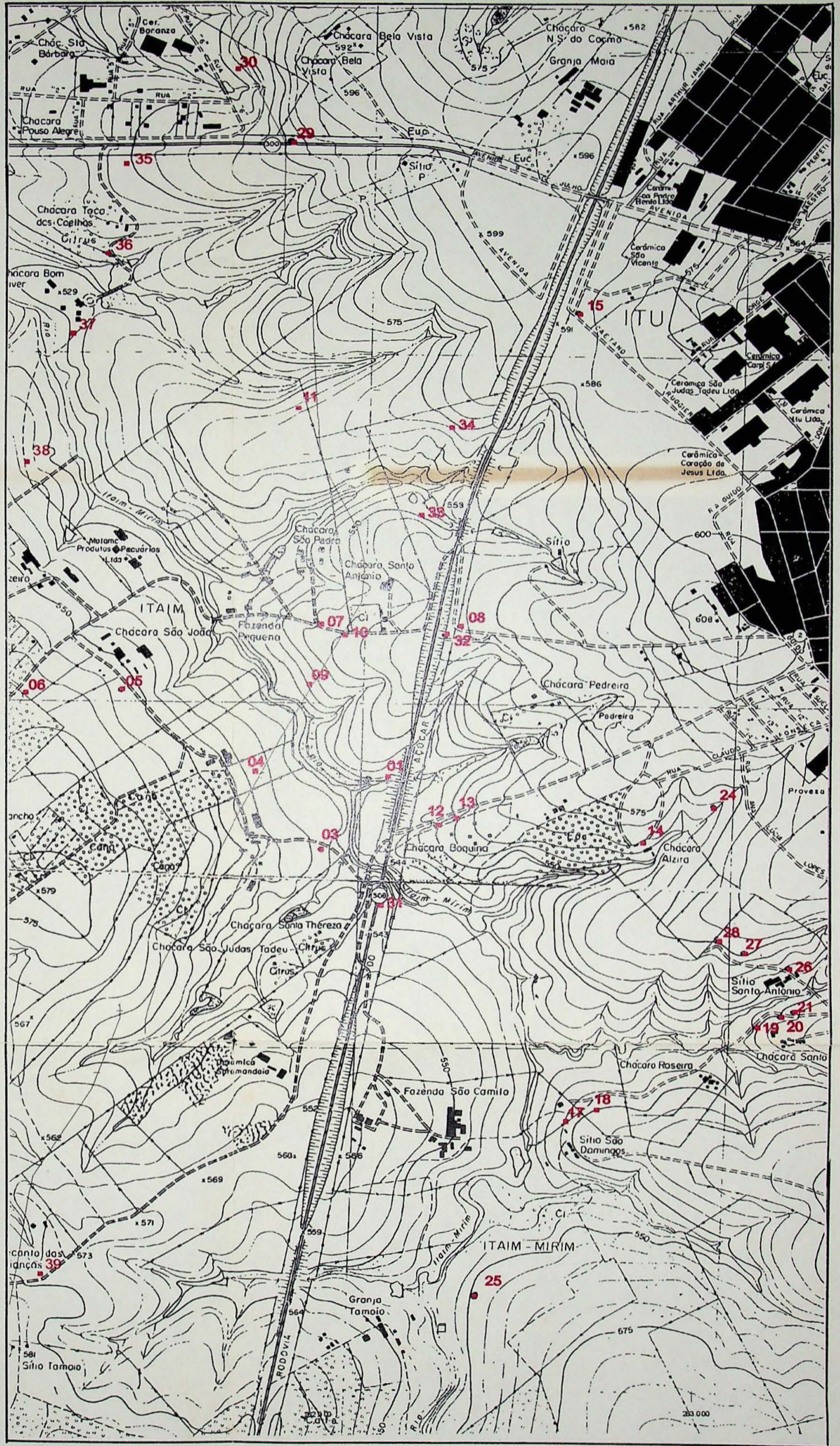
- Fúrcia
- Área
- Muro, Cerca
- Carreadores
- Linha transmissora de energia
- Várzea

ALTIMETRIA

- Curvas de nível
- Piv. Triangulatório Ref. de nível

OBRAS DE ARTE

- Bueiro, Ponte
- Corte
- Aterro



Perfil A/B

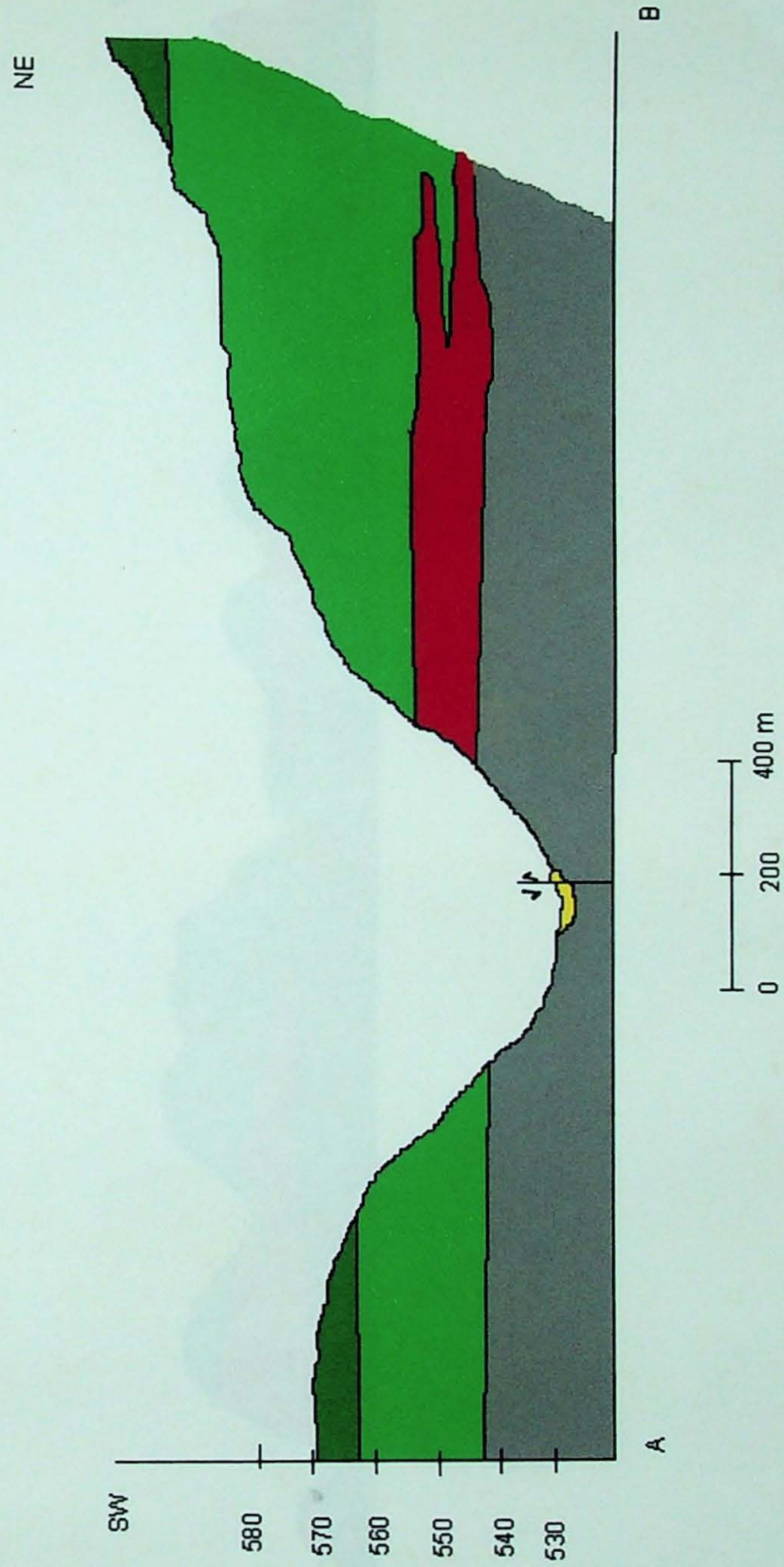


Fig. 4- Perfil geológico A/B

Perfil C/D

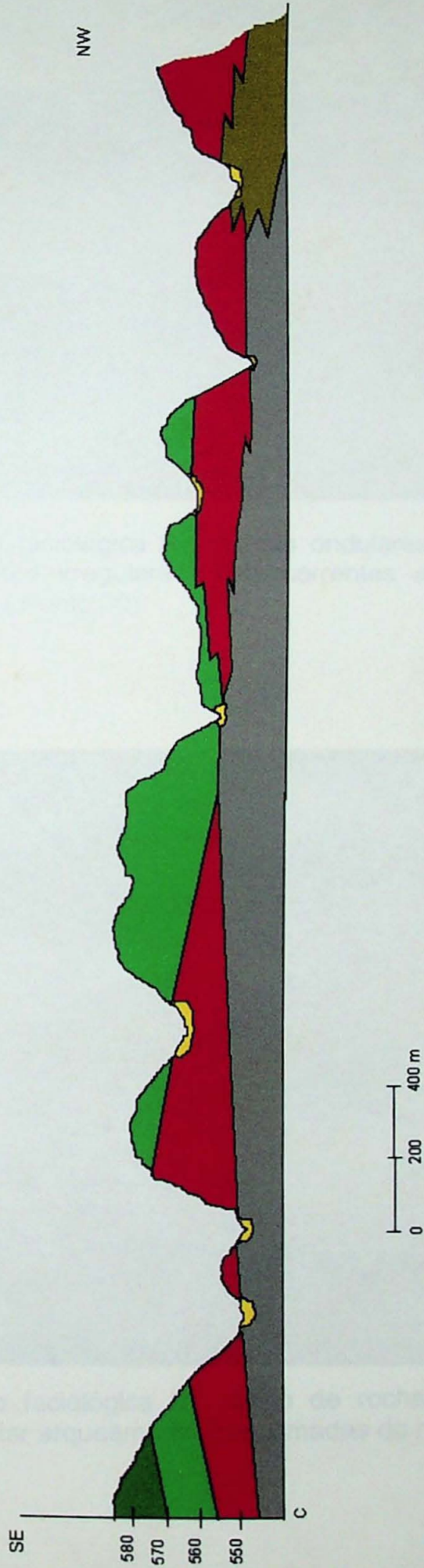


Fig. 5- Perfil geológico C/D



Fig.6- Associação faciológica RI: marcas ondulares assimétricas, de crista reta sobre ritmitos irregulares. Paleocorrentes afastando-se do observador. (para NW). (Ponto 30).

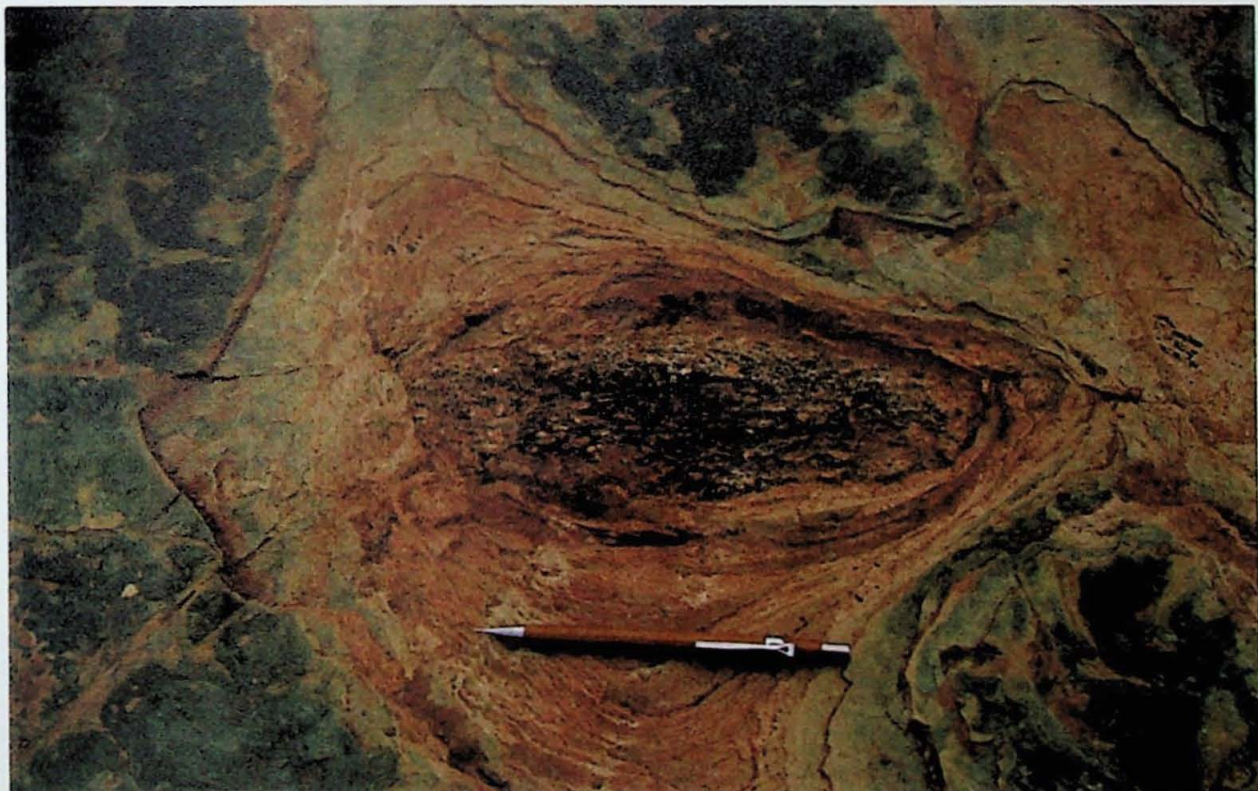


Fig.7- Associação faciológica RI: clasto de rocha metamórfica emergindo do ritmito. (notar arqueamento das camadas do ritmito, ponto 30).



Fig.8- Associação faciológica RI: contato entre diamictito estratificado (nível da mão), arenito grosso com zonas conglomeráticas (abaixo da mão) sobre folhelho escuro amarrotado . Notar deformações no arenito (tipo *ball and pillow*) e estruturas de sobrecarga no contato entre o arenito e o folhelho, com injeção deste entre as almofadas. O folhelho está extensivamente deformado (dobras e falhas numerosas, ponto30).



Fig.9- Associação de fácies RI: clasto na base do diamictito da Fig.8, junto ao contato com o folhelho amarrotado. (ponto30).



Fig.10- Associação de fácies AD: bloco de arenito fino (3m de comprimento) com estratificação cruzada, deformada (dobrado e fraturado), intercalado no diamictito maciço. Margens do bloco foram desgastados por erosão, provavelmente durante a deformação (glaciotectonismo, ponto 21).

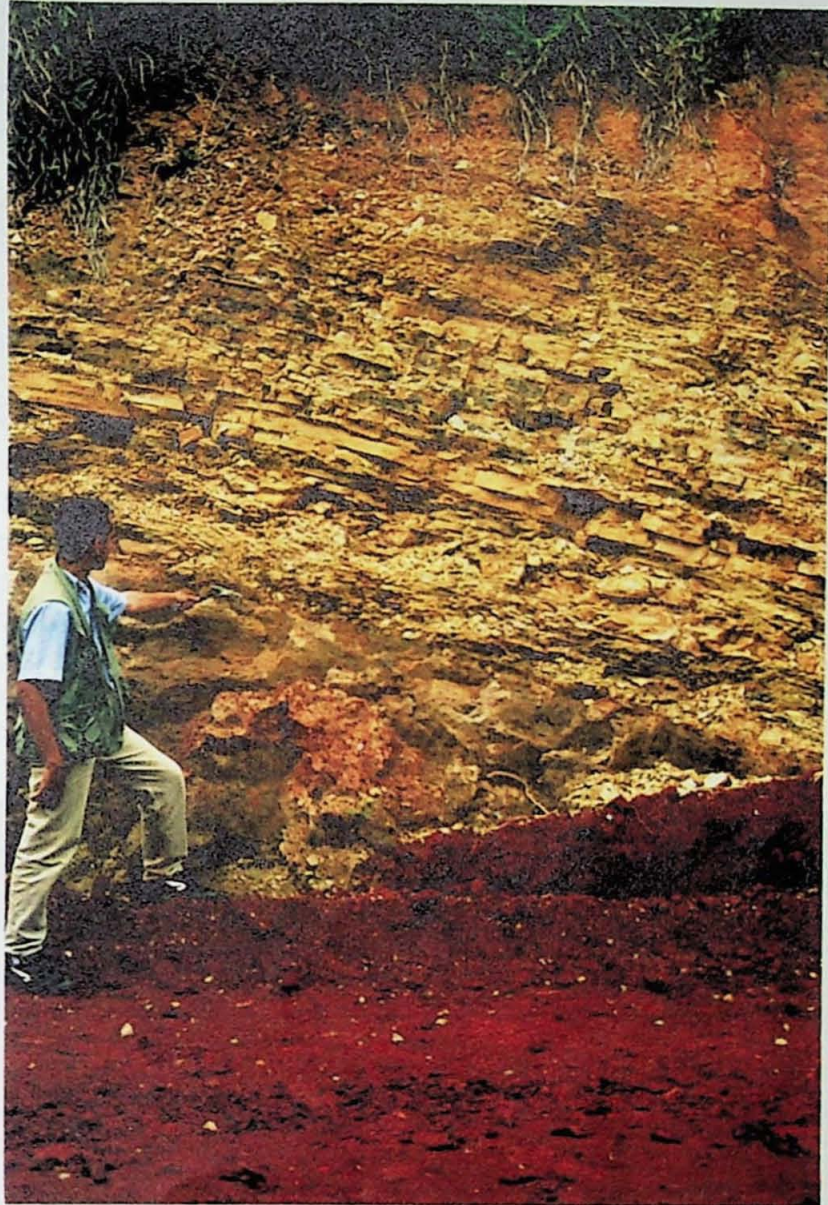


Fig.11- Associação de fácies RR: contato brusco entre a base do pacote de RR sobre o arenito grosso da Associação AD (nível da mão). Notar alternância entre zonas de ritmitos finos e grossos. As camadas estão ligeiramente basculadas tectonicamente devido a falhamento local ou, mais provavelmente, compactação diferencial. (ponto 10).

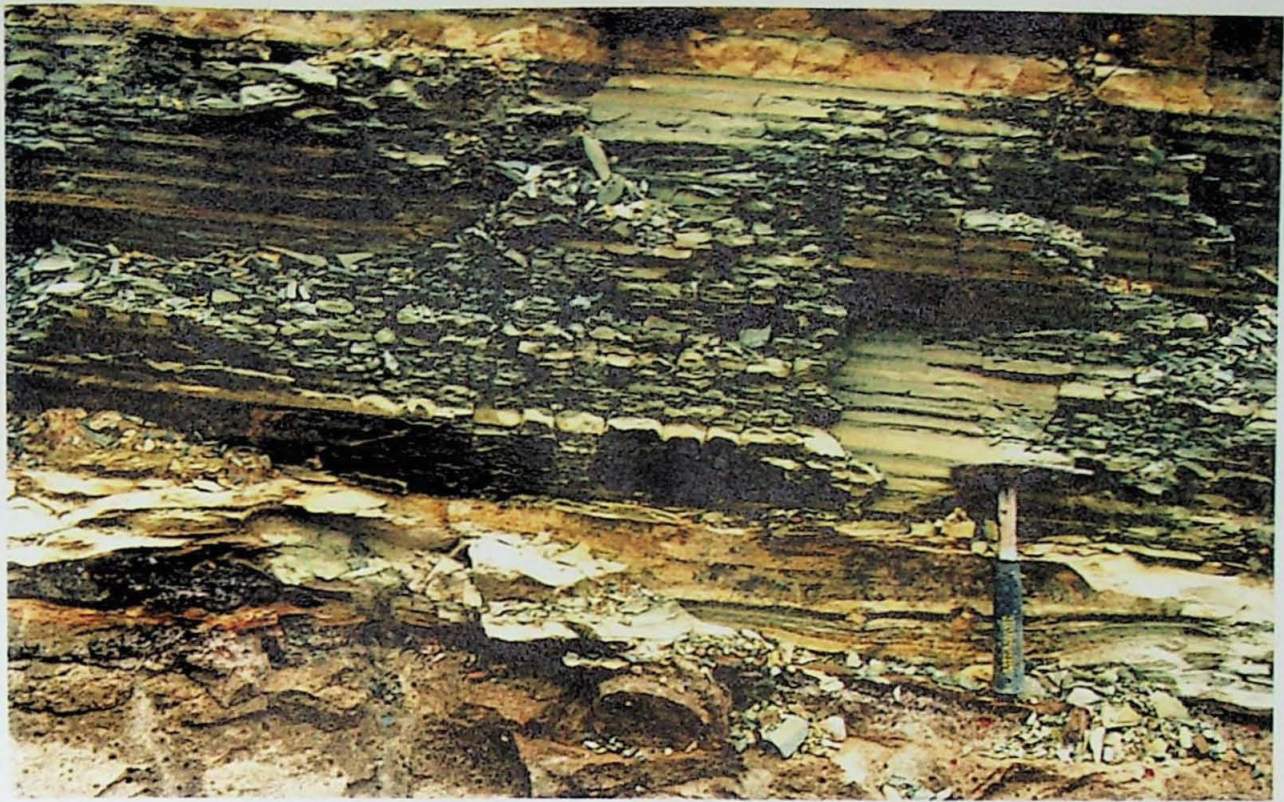


Fig.12- Associação de fácies RR: detalhe do contato brusco e irregular entre os ritmitos e o arenito. Notar zona de cerca de 80 cm de ritmitos finos (pares centimétricos), acima do martelo, com cmadas claras(mais grossas) e laminaas escuras (mais finas), porém mantendo a mesma proporção. (ponto 10).



Fig.13- Associação de fácies RR: detalhe das estruturas sedimentares dos ritmitos grossos9 abaixo da tampa da máquina fotográfica). Notar estratificação plano-paralela e micro-laminação cruzada de marcas de onda cavalgantes (paleocorrentes para esquerda: NW) e laminação drapeada. Clasto caído junto a tampa, na zona de ritmitos finos. (ponto 10).

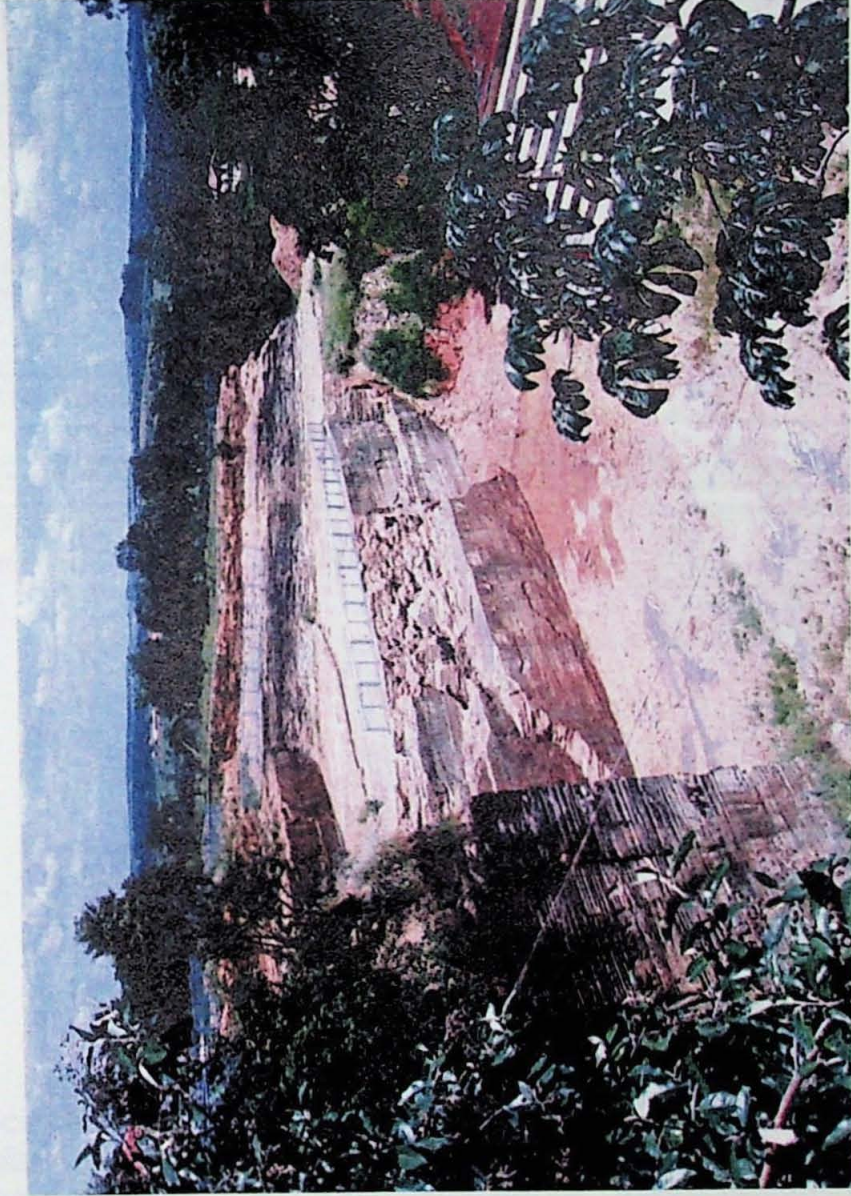


Fig. 14- Associação de fácies RR: vista geral da pedreira do Parque do Varvito.
Notar a diminuição geral de espessura dos ritmitos para cima.



Fig.15- Associação de fácies RR: estrutura dos ritmitos regulares. Notar grande variação na espessura dos pares de litologias, afetando as camadas claras, as escuras (intemperizadas) mantendo aproximadamente a mesma espessura. Estruturas sedimentares incluem estratificação plano-paralela, marcas ondulares de corrente, estratificação cruzada de migração de marcas ondulares. Sentido das paleocorrentes da esquerda para a direita (NW).



Fig.16-Associação de fácies RR: zona superior do pacote mostrando ritmos finos (9 mm-cm), silto-argilosos e já decompostos. (ponto 5).



Fig. 17 Associação de fácies RR; detalhe da Fig.16, mostrando caráter rítmico do pacote de ritmos regulares finos, que tendem a se tornar menos espessos para cima, principalmente por diminuição das camadas/ laminais silteicas (ponto 5).

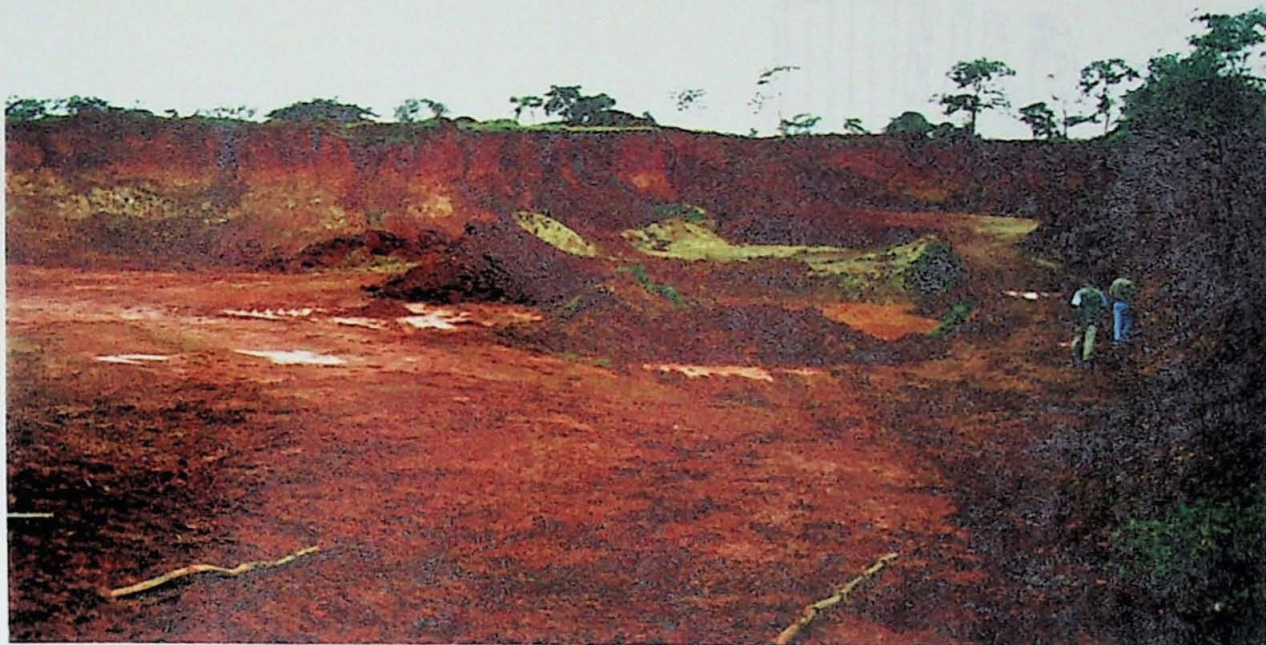


Fig.18- Associação de fácies RSA: aspecto da zona de extração de matéria prima para cerâmica (ponto 6). Ritmitos são predominantemente argilosos e altamente decompostos.



Fig.19- Associação de fácies RSA: detalhe dos ritmitos. O seu caráter regular ainda é nítido no canto inferior direito da foto, porém a laminação tende a desaparecer com a decomposição. Notar falha normal, de caráter local, possivelmente não tectônica. (ponto 6).

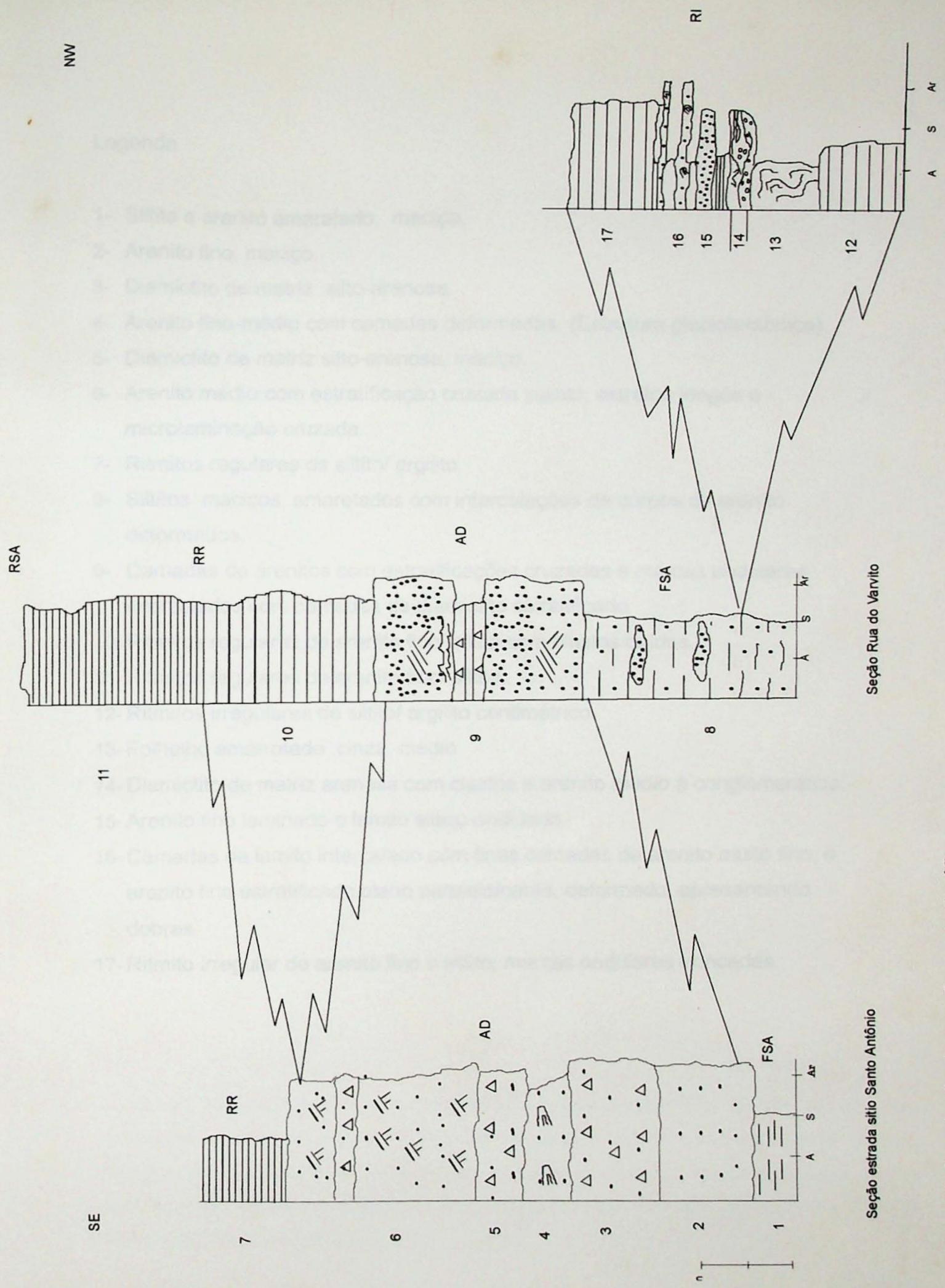


Fig. 20-Correlação das seções estratigráficas

Legenda

- 1- Siltito e arenito amarelado, maciço.
- 2- Arenito fino, maciço..
- 3- Diamictito de matriz silto-arenosa.
- 4- Arenito fino-médio com camadas deformadas. (Estrutura glaciotectônica).
- 5- Diamictito de matriz silto-arenosa, maciço.
- 6- Arenito médio com estratificação cruzada planar, estratos longos e microlaminação cruzada..
- 7- Ritmitos regulares de siltito/ argilito.
- 8- Siltitos maciços, amarelados com intercalações de corpos de arenito deformados.
- 9- Camadas de arenitos com estratificações cruzadas e marcas ondulares intercalados com camadas de diamictito estratificado.
- 10- Ritmitos regulares de arenito fino/ siltito com clastos caídos.
- 11- Ritmitos regulares de arenito fino/ siltito..
- 12- Ritmitos irregulares de siltito/ argilito centimétrico.
- 13- Folhelho amarrotado ,cinza.-médio
- 14- Diamictito de matriz arenosa com clastos e arenito médio à conglomerático.
- 15- Arenito fino laminado e lamito siltico ondulado.
- 16- Camadas de lamito intercalado com finas camadas de arenito muito fino, e arenito fino estratificado plano paralelamente, deformado, apresentando dobras.
- 17- Ritmito irregular de arenito fino e siltito, marcas ondulares truncadas.

Figura 21. Modelo deposicional correspondente à Associação RR. 1 - Corrente alternada com terra em contato com a água; 2 - Planície proximal e delta; 3 - Flanco marginal de água de estuário; 4 - Corrente de turbidite arenosa; 5 - Iceberg; 6 - Caisso raso; 7 - Litosol correspondente às associações de sedos. Associação R5A não está representada. Presença de clastos em litosol marginal.

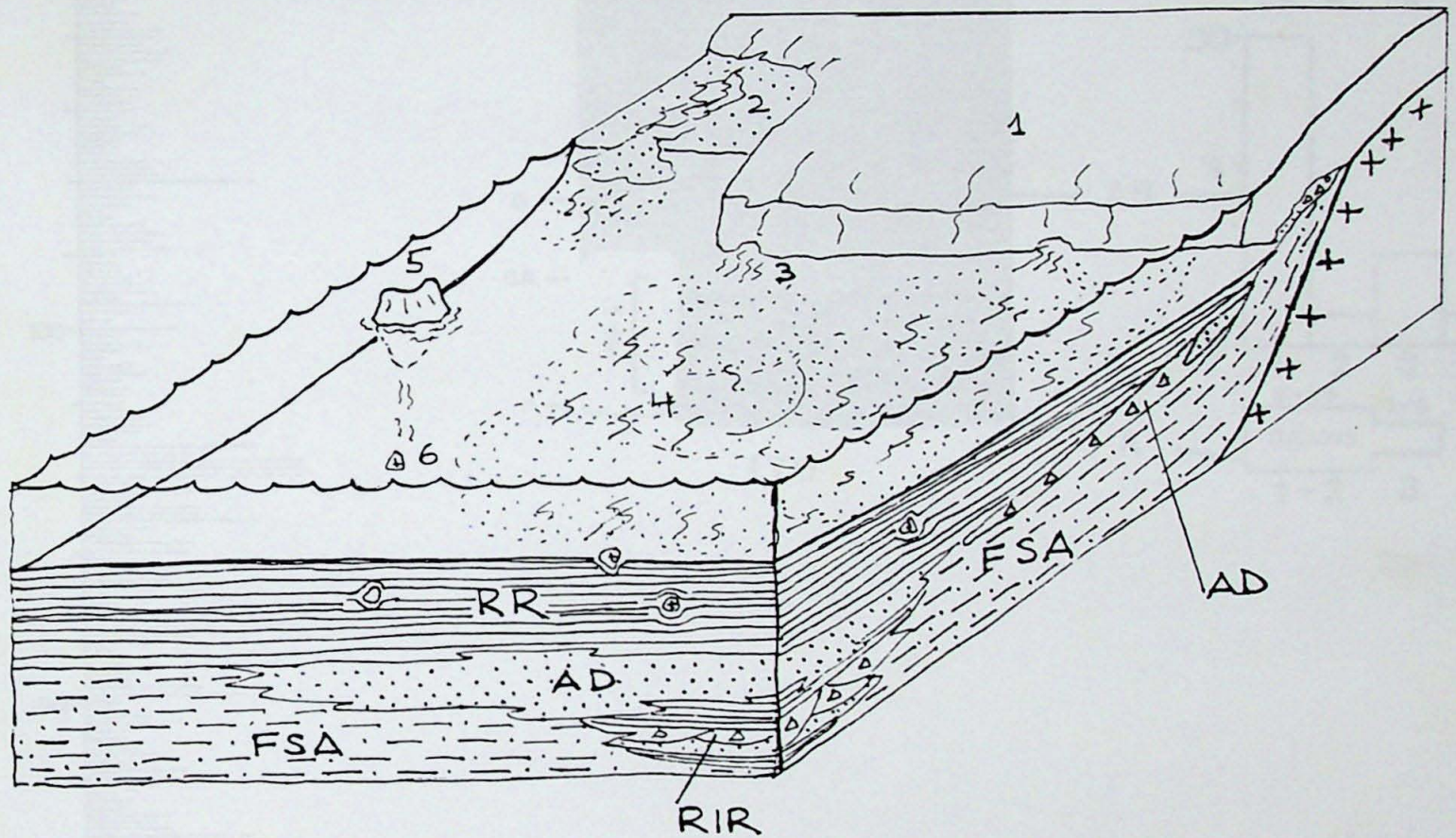


Figura 21. Modelo deposicional correspondente à Associação RR. 1 - Geleira aterrada com frente em contato com a água; 2 - Planície próglacial e delta; 3 - Fluxo subglacial de água de degelo; 4 - Corrente de fundo densa, arenosa; 5 - Iceberg; 6 - Clasto caindo. Letras correspondem às associações de facies. Associação RSA não está representada. Posição da margem da bacia conjetural.

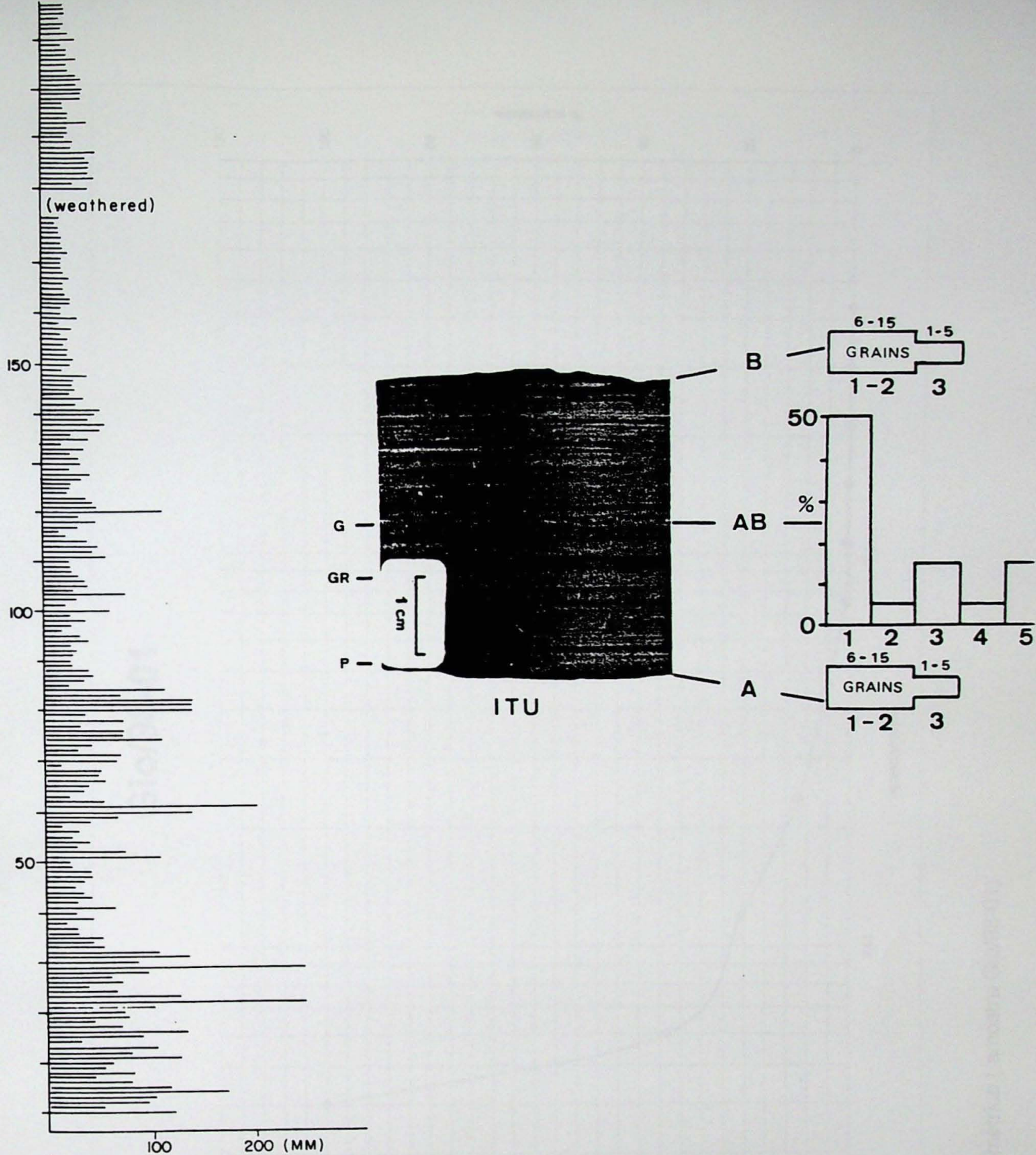


Figura 22. Variações da espessura dos pares de litologias dos ritmitos regulares (varvito) do Parque do Varvito (esquerda). Estrutura e distribuição de palinomorfos em um par. Notar contato brusco entre lâmina escura e camada clara e natureza composta da camada clara. Palinomorfos são mais abundantes na camada clara (primavera - verão) e raros nas lâminas escuras (outono - inverno) (Rocha Campos & Sundaram, 1981, Fig. 50).

Gio/98-01

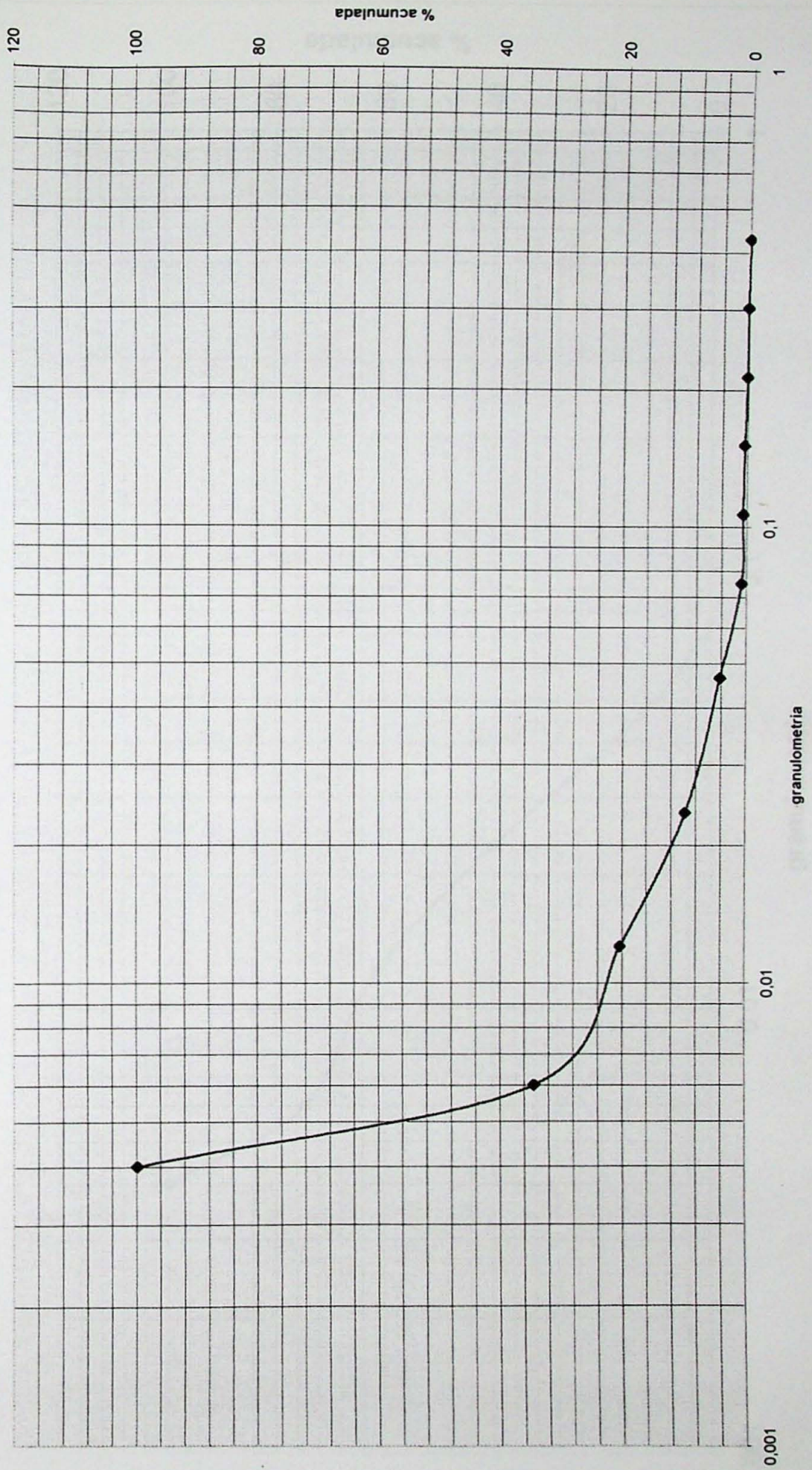


Fig.23- Curva granulométrica (amostra Gio/98-01)

Gio/98-02

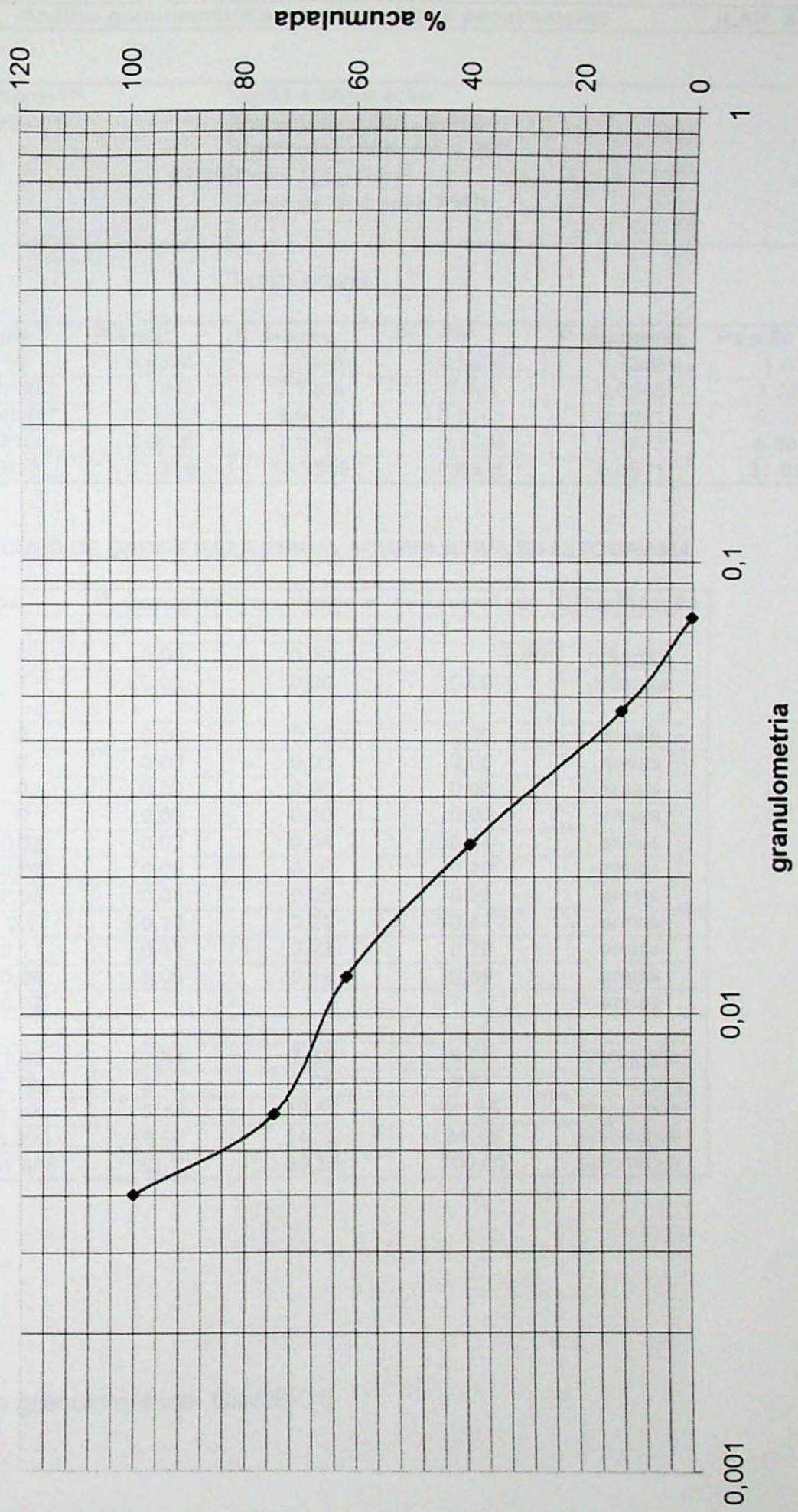


Fig.24-- Curva granulométrica (amostra Gio/98-02)

Projeto	Giovanna-TF	Após a Separação	
Amostra	Gio/98 - 01	Partículas 4,000 - 0,062	0,43
Antes da Separação		Partículas menores 0,062	48,18
Peso total inicial	48,99	Peso Total Final	48,61
Peso dos seixos		Fator de Correção Pi/Pf	1,01
Outros			

PIPETAGEM

Granulometria	Tempo	P.Total	P. Frasco	Pt - Pfr	P. Suspens.	Ps x 50
0,062 - 0,031	58"	8,6334	7,6698	0,9636	0,0326	1,63
0,031 - 0,016	3m 58"	8,7248	7,7938	0,931	0,0545	2,725
0,016 - 0,008	7m 44"	10,8553	9,9788	0,8765	0,1021	5,105
0,008 - 0,004	31m	8,6806	7,9062	0,7744	0,1373	6,865
0,004	2h 3'	11,389	10,7519	0,6371	0,6371	31,855

CÁLCULO DE DADOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA

Granulometria	Pesos	P. Corrigido	Porcentagem	% Acumulada	Classificação
44,000 - 2,830	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,830 - 2,000	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,000 - 1,410	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,410 - 1,000	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,000 - 0,707	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,707 - 0,500	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,500 - 0,354	0,02	0,02	0,04	0,04	areias
0,354 - 0,250	0,08	0,08	0,16	0,20	areias
0,250 - 0,177	0,03	0,03	0,06	0,26	areias
0,177 - 0,125	0,1	0,10	0,21	0,47	areias
0,125 - 0,088	0,11	0,11	0,23	0,70	areias
0,088 - 0,062	0,09	0,09	0,19	0,89	areias
0,062	0,07				areias
0,062 - 0,031	1,63	1,64	3,35	4,25	silte/argila
0,031 - 0,016	2,725	2,75	5,61	9,85	silte/argila
0,016 - 0,008	5,105	5,14	10,50	20,35	silte/argila
0,008 - 0,004	6,865	6,92	14,12	34,48	silte/argila
0,004	31,855	32,10	65,53	100,00	silte/argila

Tabela 1- Análise granulométrica- Gio/98-01.

Projeto	Giovanna-TF	Após a Separação	
Amostra	Gio/98-02	Partículas 4,000 - 0,062	0,18
Antes da Separação		Partículas menores 0,062	44,87
Peso total inicial	47,1	Peso Total Final	45,05
Peso dos seixos		Fator de Correção Pi/Pf	1,05
Outros			

PIPETAGEM

Granulometria	Tempo	P.Total	P. Frasco	Pt - Pfr	P. Suspens.	Ps x 50
0,062 - 0,031	58"	11,2598	10,3624	0,8974	0,1108	5,54
0,031 - 0,016	3m 58"	10,5994	9,8128	0,7866	0,2431	12,155
0,016 - 0,008	7m 44"	10,4794	9,9359	0,5435	0,1988	9,94
0,008 - 0,004	31m	8,1932	7,8485	0,3447	0,1184	5,92
0,004	2h 3'	10,5822	10,3559	0,2263	0,2263	11,315

CÁLCULO DE DADOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA

Granulometria	Pesos	P. Corrigido	Porcentagem	% Acumulada	Classificação
44,000 - 2,830	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,830 - 2,000	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,000 - 1,410	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,410 - 1,000	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,000 - 0,707	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,707 - 0,500	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,500 - 0,354	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,354 - 0,250	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,250 - 0,177	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,177 - 0,125	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,125 - 0,088	0	0,00	0,00	0,00	areias
0,088 - 0,062	0,1	0,10	0,21	0,21	areias
0,062	0,08				areias
0,062 - 0,031	5,54	5,79	12,30	12,51	silte/argila
0,031 - 0,016	12,155	12,71	26,98	39,49	silte/argila
0,016 - 0,008	9,94	10,39	22,06	61,56	silte/argila
0,008 - 0,004	5,92	6,19	13,14	74,70	silte/argila
0,004	11,315	11,83	25,12	100,00	silte/argila

Tabela 2- Análise granulométrica- Gio/98-02.

