

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

- ESTAGIO DE CAMPO IV-D -

"PETROLOGIA DE DEPOSITOS SEDIMENTARES HOLOCENICOS:
ALOFORMACAO MANSO - MEDIO VALE DO RIO PARAIBA DO SUL,
REGIAO DE BANANAL (SP/RJ)."

- ISABELA DE OLIVEIRA CARMO -

Professor Orientador (Depto. GEOLOGIA)
RONALDO ANTONIO GONCALVES

Professora Co-orientadora (Depto. GEOGRAFIA)
JOSILDA RODRIGUES DA SILVA DE MOURA

M
GL
C287P

FEVEREIRO DE 1992

PETROLOGIA DE DEPOSITOS SEDIMENTARES HOLOCENICOS: ALOFORMAÇÃO MANSO -
MÉDIO VALE DO RIO PARAIBA DO SUL, REGIAO DE BANANAL (SP/RJ).

ISABELA DE OLIVEIRA CARMO

RELATORIO FINAL DE ESTAGIO DE CAMPO IV

AREA DE CONCENTRACAO: GEOLOGIA DAS BACIAS SEDIMENTARES

ORIENTADORES: PROFESSOR RONALDO ANTONIO GONÇALVES, M. Sc.
(Departamento de Geologia/UFRJ)

PROFESSORA JOSILDA RODRIGUES DA SILVA DE MOURA, D. Sc.
(Departamento de Geografia)

APROVADA POR:

PROF.

PROF.

PROF.

RIO DE JANEIRO

FEVEREIRO DE 1992

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e colega Claudio Limeira Mello, com quem tenho trabalhado em pesquisa, pelo apoio, ensinamentos e discussões científicas que orientaram a realização deste trabalho. É, também, por seu exemplo de seriedade e dedicação profissionais.

A professora Josilda Rodrigues da Silva de Moura - orientadora e incentivadora - cujos conhecimentos foram imprescindíveis para meu desenvolvimento profissional durante os seis anos em que participei do grupo de pesquisa em Geomorfologia e Estratigrafia do Quaternário, desenvolvida no Departamento de Geografia e por ela coordenado.

Ao professor Ronaldo Antônio Gonçalves, que, ao aceitar a orientação deste trabalho, não mediu esforços para a realização plena do mesmo.

A Telma Mendes da Silva, que forneceu alguns dados previamente analisados.

A Carla Maciel Salgado pelo auxílio à interpretação dos difratogramas de raio-X das argilas.

Ao Dr. José Ananias Figueira da Silva (Diretor do Hospital Universitário Fraga Filho) por ter possibilitado a utilização da aparelhagem de r-X médico do HU - UFRJ.

A Patrícia Figueira da Silva por seu cuidado e paciência na confecção de desenhos.

Aos técnicos laboratoristas do Departamento de Geografia - UFRJ - Joseilson Rodrigues da Silva e Aldemir França Ferreira pela colaboração nas etapas de laboratório (caracterização textural e mineralógica das amostras analisadas). E aos técnicos do Departamento de Geologia da UFRJ: Washington Luiz G. Cruz, pela confecção das lâminas petrográficas; Luís Antônio Sampaio Ferro por sua paciência na separação das frações argilosas; Osório Luiz da Silva, pela preparação de lâminas orientadas a serem submetidas ao difratômetro de raio-X.

A Isabel Pereira Ludka e Júlio César Mendes, do laboratório de Microsonda e Difração de raio-X, facilitando, ao máximo, a utilização da aparelhagem disponível, orientando na interpretação dos resultados dos difratogramas de r-X, além do auxílio durante a realização de fotomicrografias.

Aos meus pais e irmã devido ao apoio, à solidariedade e compreensão durante o "longo" período deste trabalho.

RESUMO

O trabalho aqui apresentado se detém em três enfoques básicos: -análise faciológica, proveniência dos sedimentos e aspectos eodiagenéticos -aplicados a depósitos sedimentares holocênicos, reunidos sob a denominação Aloformação Manso, identificados no médio vale do rio Paraíba do Sul - região de Bananal (SP/RJ). Estes depósitos representam um importante marco estratigráfico reconhecido na coluna aloestratigráfica proposta para os depósitos quaternários continentais da região de Bananal (Moura & Mello, 1990).

Através de uma perspectiva de sistemas deposicionais, utilizando uma abordagem metodológica de arquitetura deposicional (segundo Miall 1985), realizou-se a análise faciológica dos sedimentos da Aloformação Manso. Foram identificadas basicamente seis litofácies, relacionadas àquelas definidas por Miall (1977, 1978): areias com estratificações acanaladas (**St**); areias com estratificações cruzadas tabulares (**Sp**); areias com estratificação horizontal (**Sh**); areias argilosas com grânulos, maciças (**Gms**); siltes argilosos e argilas sílticas, finamente laminados a maciços (**Fl** e **Fm**). A identificação destas litofácies possibilitou uma referência aos processos sedimentares responsáveis pela deposição dos depósitos estudados.

Quanto à proveniência destes materiais, destaca-se a contribuição de rochas cristalinas do embasamento pré-cambriano bastante intemperizadas e de unidades sedimentares (coluviais) mais antigas. A atuação de um clima quente e úmido sobre a área fonte, antecedente à deposição dos sedimentos da Aloformação Manso, faz com que estes sejam bastante imaturos, texturalmente, e ricos em quartzo (mineral estável e resistente ao transporte físico).

As condições pós-deposicionais são evidenciadas através dos aspectos eodiagenéticos identificados nos depósitos da Aloformação Manso. As principais evidências dos processos pós-deposicionais são: deformação mecânica, cimentação incipiente por óxidos/hidróxidos de ferro e processos pedogenéticos. São processos superficiais que indicam uma diagênese incipiente em depósitos recentes.

INDICE

| | pág. |
|--|------|
| I - INTRODUÇÃO | 01 |
| I.1 - Petrografia e Petrologia Sedimentar: definição | 01 |
| I.2 - Petrologia Sedimentar: um breve histórico e sua im- portância | 01 |
| I.3 - Objetivos e Justificativa do Estudo | 07 |
| II - AREA DE ESTUDO | 09 |
| II.1 - Localização | 09 |
| II.2 - Geologia Regional | 11 |
| II.3 - Geomorfologia | 15 |
| II.4 - Clima e Vegetação | 17 |
| II.5 - Solos | 20 |
| III - ESTRATIGRAFIA REGIONAL DOS DEPOSITOS SEDIMENTARES QUATERNÁ- RIOS (ALOESTRATIGRAFIA) | 21 |
| III.1 - Trabalhos Anteriores | 21 |
| III.2 - Estratigrafia Regional dos Depósitos Sedimentares Quaternários | 24 |
| IV - METODOLOGIA UTILIZADA | 26 |
| IV.1 - Enfoques Básicos | 26 |
| IV.2 - Técnicas Utilizadas | 30 |
| V - RESULTADOS | 39 |
| V.1 - Localidade Fazenda São Joaquim | 39 |
| V.2 - Localidade Fazenda Leal | 58 |
| V.3 - Localidade Bela Vista | 68 |
| V.4 - Localidade Cotiara | 77 |
| VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS | 87 |
| VII - BIBLIOGRAFIA | 96 |

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

pág.

Capítulo II:

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 01A- | Localização da região de Bananal (SP/RJ) - (fonte: IBGE, 1970) | 10 |
| Figura 01B- | Localização dos municípios, bacias de drenagem e localidades inseridas na área de estudo: 1- Localidade Fazenda São Joaquim; 2- Localidade Fazenda Leal; 3- Localidade Bela Vista; 4- Localidade Cotiara - (fonte: IBGE, 1975) | 10 |
| Figura 02 - | Compilação dos mapas geológicos do Estado de São Paulo (1:50.000, CPRM, 1983) e do Estado do Rio de Janeiro (1:200.000, Hasui <i>et al.</i> , 1978) com a localização aproximada das localidades utilizadas neste trabalho: 1- Localidade Fazenda São Joaquim; 2- Localidade Fazenda Leal; 3- Localidade Bela Vista; 4- Localidade Cotiara | 12 |
| Figura 03 - | Mapa de isosistas (Isosista VI associada à mesma região sísmica ou tectonicamente ativa - segundo Mioto & Hasui, 1982) | 15 |
| Figura 04 - | Os "complexos de rampa" - ambientes formados a partir de sucessivos episódios de colúviação convergentes em direção ao eixo das paleodepressões do relevo, envolvendo retrabalhamentos parciais dos colúvios mais antigos e o reafeiçoamento da topografia (segundo Meis & Moura, 1984) | 16 |
| Figura 05 - | Curvas representativas do regime pluviométrico mensal (fonte: DAEE/SP, Posto Pluviométrico de Bananal-SP) | 17 |
| Figura 06 - | Totais pluviométricos anuais no período de 1963 a 1988. Média dos anos amostrados: 1500 mm; desvio-padrão: 277,7 mm (fonte: DAEE/SP, Posto Pluviométrico de Bananal-SP) | 18 |
| Figura 07 - | Mapa de Vegetação da região do vale do rio Paraíba do Sul - escala 1:1.000.000 (Projeto RADAMBRASIL, 1983; in Moura, 1990) | 19 |

Capítulo III:

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 08 - | Coluna estratigráfica preliminar para o Quaternário superior na região de Bananal-SP (in Moura & Meis, 1986) | 22 |
| Figura 09 - | Coluna aloestratigráfica elaborada para o Quaternário superior da região de Bananal - SP/RJ (Moura, 1990) | 23 |

Capítulo IV:

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 10 - | Diagrama triangular de classificação textural para sedimentos clásticos (segundo Shepard, 1954) | 29 |
|-------------|--|----|

Capítulo V:

| | |
|--|----|
| Figura 11 - Seção estratigráfica Fazenda São Joaquim (parte A). Elementos arquiteturais (segundo Miall, 1985) identificados na seqüência deposicional: SG= depósitos por fluxos gravitacionais de sedimentos; OF= depósitos finos de inundação; CH (SB, OF)= canais, preenchidos por formas de leito arenosas e depósitos finos de inundação | 41 |
| Figura 12 - Seção estratigráfica Fazenda São Joaquim (parte B). Elementos arquiteturais (segundo Miall, 1985) identificados na seqüência deposicional: OF= depósitos finos de inundação; SG= depósitos por fluxos gravitacionais de sedimentos | 42 |
| Figura 13 - Perfil estratigráfico na Seção Fazenda São Joaquim (parte A) | 44 |
| Figura 14 - Perfil estratigráfico na Seção Fazenda São Joaquim (parte B) | 45 |
| Figura 15 - Diagrama Triangular de classificação textural e gráficos dos parâmetros granulométricos (Mz x Di, Mz x Sk e Mz x Kg) dos sedimentos da seção Fazenda São Joaquim | 47 |
| Figura 16 - Totais percentuais dos minerais leves e pesados das frações 0,50 e 0,25 mm, correspondentes às areias da seção Fazenda São Joaquim | 49 |
| Figura 17 - Difrátogramas de raio-X de argilas da seção Fazenda São Joaquim (partes A e B) | 50 |
| Figura 18 - Difrátogramas de raio-X de argilas da seção Fazenda São Joaquim (parte A) | 51 |
| Figura 19 - Positivos fotográficos obtidos com raio-x de penetração em amostras indeformadas - seção Fazenda São Joaquim, amostras FSJ#2 e FSJ#7 | 54 |
| Figura 20 - Positivos fotográficos obtidos com raio-x de penetração em amostras indeformadas - seção Fazenda São Joaquim, amostras FSJ#6, FSJ#9 e FSJ#10 | 55 |
| Figura 21 - Seção estratigráfica Fazenda Leal. Elementos arquiteturais (segundo Miall, 1985) identificados na seqüência deposicional: OF= depósitos finos de inundação; LS= camadas tabulares de areias lamina-das; SG= depósitos por fluxos gravitacionais de sedimentos; LS/OF= relação de estreita intercala-ção entre esses elementos | 60 |
| Figura 22 - Diagrama Triangular de classificação textural e gráficos dos parâmetros granulométricos (Mz x Di, Mz x Sk e Mz x Kg) dos sedimentos da seção Fazenda Leal | 62 |
| Figura 23 - Totais percentuais dos minerais leves e pesados das frações 0,50 e 0,25 mm, correspondentes às areias da seção Fazenda Leal | 63 |
| Figura 24 - Positivos fotográficos obtidos com raio-X de penetração em amostras indeformadas - seção Fazenda Leal, amostras FL#1 e FL#2 | 65 |
| Figura 25 - Difrátogramas de raio-X de argilas da seção Fazenda Leal | 66 |
| Figura 26 - Bloco diagrama com a reconstituição estratigrá- | |

| | | |
|-----------|--|----|
| | fica da sondagem Bela Vista (in Moura, 1990) | 70 |
| Figura 27 | - Perfis estratigráficos em detalhe realizados na parede da voçoroca na localidade Bela Vista (in Silva, 1991). Litofácies (segundo Miall, 1978) identificadas na seqüência deposicional: Gms= areias argilosas com grânulos, maciças; Sh= areias com estratificação horizontal | 71 |
| Figura 28 | - Diagrama Triangular de classificação textural e gráficos dos parâmetros granulométricos (Mz x Di, Mz x Sk e Mz x Kg) dos sedimentos da seção Bela Vista | 73 |
| Figura 29 | - Totais percentuais dos minerais leves e pesados das frações 0,50 e 0,25 mm, correspondentes às areias da seção Bela Vista | 74 |
| Figura 30 | - Positivos fotográficos obtidos com raio-X de penetração em amostras indeformadas - seção Bela Vista, amostras BV#1, BV#3, BV#6 e BV#9 | 76 |
| Figura 31 | - Bloco diagrama esquemático com a reconstituição estratigráfica dos anfiteatros Cotiara I e II - seção Cotiara (in Moura, 1990) | 78 |
| Figura 32 | - Perfis estratigráficos em detalhe realizados no corte de encosta, situada no eixo da rampa de alúvio-colúvio da localidade Cotiara (in Silva, 1991). Litofácies (segundo Miall, 1978) identificadas na seqüência deposicional: Gms= areias argilosas com grânulos, maciças; Sh= areias com estratificação horizontal | 80 |
| Figura 33 | - Diagrama Triangular de classificação textural e gráficos dos parâmetros granulométricos (Mz x Di, Mz x Sk e Mz x Kg) dos sedimentos da seção Cotiara | 82 |
| Figura 34 | - Totais percentuais dos minerais leves e pesados das frações 0,50 e 0,25 mm, correspondentes às areias da seção Cotiara | 83 |
| Figura 35 | - Positivos fotográficos obtidos com raio-X de penetração em amostras indeformadas - seção Cotiara COTA#1, COTA#2, COTA#4 e COTB#1 | 85 |

LISTA DE TABELAS

pág.

Capítulo IV:

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Caracterização de litofácies, segundo Miall (1977) | 27 |
| Tabela 2 - Elementos arquiteturais em depósitos fluviais, segundo Miall (1985) | 28 |
| Tabela 3a - Características de operação do aparelho de raio-X de penetração e espessura das fatias indeformadas submetidas à análise. Distância focal: +/- 90 cm; Voltagem = +/- 38 Kv; Carga = 16 mAs. QC= Quebra-Canto, Cot= Cotiara, paleo-A= paleohorizonte A | 38 |
| Tabela 3b - Características de operação do aparelho de raio-X de penetração e espessura das fatias indeformadas submetidas à análise. Distância focal: +/- 1,0 m; Voltagem = +/- 35 Kv; Carga = 10 mAs. QC= Quebra-Canto, Cot= Cotiara, paleo-A= paleohorizonte A | 38 |

LISTA DE FOTOGRAFIAS

pág.

Capítulo IV:

| | |
|---|----|
| Fotografia 01 - Coleta de amostra indeformada em caixa de Kubiena (FSJ#9) - Seção Fazenda São Joaquim (parte B) | 31 |
|---|----|

Capítulo V:

| | |
|--|----|
| Fotografia 02 - Vista panorâmica da Seção Fazenda São Joaquim - parte A. Observar sua posição em relação à encosta e ao terraço fluvial no vale do rio Barreiro de Baixo | 40 |
| Fotografia 03 - Vista panorâmica da Seção Fazenda São Joaquim - B | 40 |
| Fotografia 04 - Interdigitação entre camadas areno-argilosas, com presença de matéria orgânica, representando fluxo de detritos (Gms) e finos níveis argilo-silticos, rosados, finamente laminados, representando os depósitos de inunditos (Fl) | 43 |
| Fotografia 05 - Contato gradacional entre os inunditos (Fl) da base e as areias de fluxo em leito plano (Sh) - localizado na base da seção Fazenda Leal, onde foi coletada a amostra indeformada FL#1 | 59 |
| Fotografia 06 - Aspecto tabular das camadas na seção Fazenda Leal | 59 |
| Fotografia 07 - Vista panorâmica da voçoroca onde foram realizados os perfis estratigráficos da localidade Bela Vista. Observar tabularidade das camadas. Presença de fluxo canalizado dentro da voçoroca | 68 |
| Fotografia 08 - Perfil estratigráfico (B) - localidade Bela Vista | 69 |
| Fotografia 09 - Vista panorâmica da seção Cotiara | 79 |

ANEXOS

Anexo I - Fotomicrografias.

Anexo II - Descrição de campo das amostras coletadas.

Anexo III - Descrição petrográfica.

Anexo IV - Identificação das amostras analisadas.

LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS - (ANEXO IV)

- Fotomicrografia 01 - Material arenoso clasto-suportado, muito mal selecionado, grãos angulosos, com porosidade intergranular. Os minerais tabulares se apresentam orientados (estratificação horizontal pouco desenvolvida). Composição: biotita (deformada), quartzo monocristalino, litoclasto argilosos amarelados, concreções granulares pretas e avermelhadas: sem estrutura visível. Litofácies **Sh**, na localidade Fazenda Leal. (amostra SFL-01: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. **Sh**)
- Fotomicrografia 02 - Estratificação planar subhorizontal evidenciada principalmente pelo alinhamento dos minerais tabulares e a diferença granulométrica (níveis arenosos mais finos intercalados a níveis mais grosseiros) - litofácies **Sh**, na localidade Fazenda Leal. (amostra SFL-02: Alofm. Manso - fácies Campinho, litof. **Sh**/F1)
- Fotomicrografia 03 - Aspecto geral das areias finas a siltico-argilosas finamente laminadas (litofácies **F1**). Presença de manchas de oxidação paralelas ao acamamento. (amostra FSJ-10B: Alofm. Manso - fácies Campinho, litof. **fm**).
- Fotomicrografia 04 - Estratificação horizontal evidenciada pela orientação dos grãos de mica, característica dos depósitos arenosos da litofácies **Sh**, da localidade Bela Vista. (amostra BV-7: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto, litof. **Sh**).
- Fotomicrografias 05(A e B) - Ferri-cutan com aspecto fibroso, indicando a formação de minerais autigênicos. Aspecto geral de material arenoso matriz-suportado da litofácies **Gms**, localidade Cotiara. (amostra COTA-4: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto (paleohoriz.), litof. **Gms**). Foto (B) - nicóis cruzados.
- Fotomicrografia 06 - Material arenoso clasto-suportado com composição mineralógica variada: (a)- micas (muito oxidada e deformadas mecanicamente); (b)- litoclastos argilosos, amarelos; (c)- litoclastos argilosos avermelhados (fragmentos de rocha bastante alterados); (d)- quartzo monocristalino. (amostra BV-3: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto, litof. **Sh**)
- Fotomicrografia 07 - Grânulo de quartzo monocristalino com fina película de argila contornando-o: resultado do retrabalhamento de material coluvial. (amostra BV-3: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto, litof. **Sh**).
- Fotomicrografia 08 - "Alterito" do tipo box work: concreção ferruginosa, castanha avermelhada, com cavidades. No interior destas cavidades ocorrem formas botrioidais e apresenta-se zonado (a distinção é feita com nicóis cruzados através da diferença de cores - tons avermelhados e amarelados). A alteração de minerais ricos em ferro podem formar este tipo de

- concreção. (amostra FSJ-04: Alofm. Manso - fácies Fazendinha, litof. Gms)
- Fotomicrografia 09 - "Alterito" do tipo box work: este exemplar o mostra em forma de agregado mineral, o que leva a interpretar sua origem de rochas cristalinas alteradas. (amostra FSJ-6B: Alofm. Manso - fácies Campinho, litof. Fl)
- Fotomicrografia 10 - Microfratura subvertical na matriz com precipitação de óxido/hidróxido de ferro em sua extremidade inferior: bioturbação por finas raízes. (amostra FSJ-05: Alofm. Manso - fácies Fazendinha, litof. Gms)
- Fotomicrografia 11 - Formação de microfraturas e cavidades na matriz (micropeds e peds). (amostra FSJ-01: Alofm Cotiara, litof. Gms)
- Fotomicrografias 12(A e B) - Matriz com coloração mais clara, representando o processo de migração de argila; associado às microfraturas. Foto (B) - nicóis cruzados. (amostra FSJ-04: Alofm. Manso - fácies Fazendinha, litof. Gms)
- Fotomicrografia 13 - Formação de ferri-cutan ao redor de uma cavidade. Hbl = hornblenda. (amostra FSJ-04: Alofm. Manso - fácies Fazendinha, litof. Gms)
- Fotomicrografia 14 - Ferri-cutan formado em matriz siltico argilosa, preenchendo um fino canal e contornando um grão de "alterito" (box work). (amostra BV-2: Alofm. Piracema, litof. Gms).
- Fotomicrografias 15(A e B) - Argila de infiltração: em decorrência do escape da água dos sedimentos, as argilas remobilizadas durante a percolação da água é depositada de forma orientada, acompanhando o contorno de grãos ou cavidades existentes. Fotos (A e B) - nicóis cruzados. (amostra FSJ-02: Alofm. Manso - fácies Fazendinha, litof. Gms)
- Fotomicrografia 16 - Grão de quartzo monocristalino envolto por finas películas de argila que vão se desprendendo e ocupando os poros intergranulares, chegando a formar ferri-cutans. (amostra BV-4: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto, litof. Sh).
- Fotomicrografia 17 - Material arenoso clasto-suportado com alto índice de porosidade e permeabilidade, contendo fragmentos de colúvio com grânulos de quartzo (litoclasto argiloso amarelado). Sofre compactação mecânica que resulta em sua desagregação - (a). (amostra BV-6: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto, litof. Sh).
- Fotomicrografia 18 - Mica quebrada devido à compactação mecânica e/ou transporte. Nicóis cruzados. (amostra SFL-02: Alofm. Manso - fácies Campinho, litof. Sh/Fl)
- Fotomicrografia 19 - Micas com extremidades abertas em leque, início da sua alteração. (amostra SFL-02: Alofm. Manso - fácies Campinho, litof. Sh/Fl)
- Fotomicrografia 20 - Mica deformada mecanicamente. Apresenta-se bastante alterada, o que é evidenciado pela baixa birrefringência (cloritizada?). Nicóis cruzados.

- (amostra FSJ-07: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto, litof. Fm)
- Fotomicrografia 21 - Deformação em uma muscovita fresca. (amostra FSJ-12A: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto/Alofm. Piracema, litof. Gms).
- Fotomicrografia 22 - Biotita com preenchimento por óxido/hidróxido de ferro nos planos de clivagem; suas lamelas encontram-se deformadas e bastante onduladas. (amostra SFL-01: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. Sh)
- Fotomicrografia 23 - Micas (biotitas) parcialmente deformadas mecanicamente com impregnação de óxidos nos planos de clivagem ou completamente incolor (perda do ferro). (amostra FSJ-11: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. Fm/F1)
- Fotomicrografia 24 - Micas (biotitas) deformada e alterada. Óxido/hidróxido de ferro preenchendo parcialmente a porosidade intergranular; a origem desta cimentação incipiente parece ser das biotitas que se apresentam incolores. (amostra FSJ-11: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. Fm/F1)
- Fotomicrografia 25 - Alteração da biotita (da borda em direção centro): responsável pela liberação de ferro em várias camadas que contêm este mineral. (amostra BV-4: Alofm. Manso - fácies Quebra-Canto, litof. Sh)
- Fotomicrografia 26 - Cimentação incipiente por óxido/hidróxido de ferro preenchendo a porosidade intergranular. (amostra SFL-01: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. Sh)
- Fotomicrografia 27 - Poro-canal subhorizontal com uma fina película de óxido avermelhado envolvendo sua parede: bioturbação. (amostra FSJ-03: Alofm. Manso - fácies Fazendinha (paleo-horiz. A), litofác. Gms)
- Fotomicrografia 28 - Bioturbação: canal vertical em sedimentos argilo-sílticos. Há uma fina camada oxidada envolvendo suas paredes internas e preenchendo-a parcialmente (matéria orgânica oxidada). (amostra FSJ-10B: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. Fm)
- Fotomicrografia 29 - Poro acanalado, vertical, com oxidação contornando-o. Trunca a estratificação planar subhorizontal. (amostra SFL-02: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. Sh/F1).
- Fotomicrografia 30 - Perturbação do acamamento original, provavelmente são fraturas de ressecamento. (amostra FSJ-6B: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. F1)
- Fotomicrografia 31 - Canal subvertical formado por bioturbação e preenchido por areias mais grosseiras superpostas aos níveis sílticos e de areia fina truncados pelo canal. (amostra FSJ-10B: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác. Fm)
- Fotomicrografias 32(A e B) - Raízes muito finas (em corte transversal) de gramíneas (?) dentro de um poro acanalado. Ainda é possível observar a estrutura interna do tecido vegetal. Apresentam-se bem preservadas -

(a), ou podem estar parcialmente destruídas -
(b). Foto (B) - nicóis cruzados. (amostra BV-
1: Alofm. Piracema, litofác. Gms).
Fotomicrografia 33 - Mancha de oxidação concêntrica formada *in situ*,
com palhetas de mica cortando-a. (amostra FSJ-
10B: Alofm. Manso - fácies Campinho, litofác.
Fm).

I - INTRODUÇÃO

I.1 - Petrografia e Petrologia Sedimentar: ^(EOLSEN) (definição)

Os estudos de petrografia sedimentar estão inseridos numa importante ciência geológica, a Sedimentologia. Este ramo da Geologia é o estudo científico de rochas sedimentares e de processos pelos quais foram formadas, além da descrição, classificação, origem e interpretação dos sedimentos.

A petrografia sedimentar se restringe à descrição e classificação sistemática das rochas, enquanto que a petrologia abrange um maior campo, lidando com a origem, ocorrência, estrutura e história das rochas sedimentares (Bates & Jackson, 1984).

Os estudos petrográficos são importantes na definição de características mineralógicas ligadas à área fonte (minerais detriticos) e a processos diagenéticos (minerais autigênicos) - (Suguio, 1982). A diagênese é um conjunto de modificações físicas e químicas sofridas por um sedimento, desde sua deposição até sua transformação em rocha sedimentar. Abrange dentre outros fenômenos a pedogênese, compactação e cimentação.

I.2 - Petrologia Sedimentar: um breve histórico e sua importância

Alguns autores, como Pettijohn (1975) e Blatt (1982) se detêm em parte de suas obras a comentar sobre a origem, evolução e importância da petrografia sedimentar e sua contribuição para os estudos em Sedimentologia. Mais recentemente, De Ros (1988) elaborou um trabalho de resgate bibliográfico, reunindo em seu artigo obras e fatos que marcaram o surgimento e desenvolvimento da petrografia sedimentar, além de mostrar sua influência no desenvolvimento do estudo

petrográfico em geral.

Com base nestes trabalhos será aqui apresentado o que mais marcou e como se direcionou a evolução da petrografia sedimentar.

As primeiras especulações registradas parecem ter sido aquelas dos antigos gregos, algumas das quais fizeram inteligentes observações nos processos naturais de sedimentação (Krynine, 1960; apud Pettijohn, 1975). Apesar deste interesse, surgido em época tão remota, nenhuma ciência emergiu. As questões relacionadas aos depósitos sedimentares, com respostas cientificamente satisfatórias, tiveram que aguardar o desenvolvimento do microscópio, particularmente o microscópio polarizador, e o conhecimento dos raios-X.

A utilização do microscópio polarizador foi possível, quando *William Nicol*, em 1829, descreveu o prisma polarizador. Durante duas décadas seguidas várias seções delgadas foram de interesse para a petrologia sedimentar moderna, tais como: chert, calcedônia, conchas de moluscos, madeira petrificada, carvão, concreções e calcários. Entretanto, não foi antes de 1849 que a importância geológica das seções delgadas de rochas foi reconhecida publicamente. A petrologia iniciou-se, como ciência sistemática, em meados do século passado, com um cidadão britânico chamado *Henry Clifton Sorby*, hoje reconhecido universalmente como o "pai da petrografia". Sorby publicou mais de 200 artigos contendo importantes contribuições no campo da sedimentologia, petrologia, mineralogia, microscopia, metalurgia, biologia e arqueologia. Além disto, desenvolveu o estudo em lâmina petrográfica de rochas sedimentares, uma técnica de grande utilidade no estudo das rochas em geral: o microscópico petrográfico, através do qual podem ser identificados os constituintes das rochas e pode contribuir para o estudo de sua gênese. Seu primeiro trabalho, que pode ser considerado

como o marco inicial da petrologia microscópica data de 1851 "On the Microscopical Structure of the Calcareous Grit of the Yorkshire Coast" (in Summerson, 1976; apud De Ros, 1988), tratava de um calcarenito jurássico, no qual distinguia entre calcita, quartzo detritico e calcedônia autigênica. Ele a examinou e descreveu com tamanha precisão (inclusive com análise quantitativa dos constituintes por uma primeira versão de "contagem de pontos") e com uma terminologia tão moderna, que o trabalho poderia passar por atual. Uma importante herança dos primeiros trabalhos de Sorby é a preparação de lâmina delgada feita com uma técnica modificada de métodos de montagem biológica e lapidação desenvolvida por ele mesmo. Em 1877 e 1880 descreveu os diferentes aspectos na luz polarizada do quartzo de rochas ígneas, metamórficas e arenitos, e mostrou como o quartzo pode ser usado em estudos de proveniência.

Os artigos de Sorby despertam interesse até hoje. A importância dos trabalhos mais importantes estão resumidos por Folk (1965).

Apesar dos trabalhos de Sorby não terem obtido maior atenção de seus contemporâneos, prosseguiu suas observações microscópicas em rochas sedimentares, reconhecendo as diferentes classes de rochas carbonáticas e sua gênese essencialmente orgânica. Descreveu, também, os tipos de grãos nos arenitos, traçando as rochas fontes dos materiais, e interpretou a natureza genética de diversos processos diagenéticos, como a precipitação de crescimentos secundários (overgrowths) de quartzo e cimento espático de calcita, a dissolução por pressão intergranular e ao longo de estilolitos, e a alteração de feldspatos e ferromagnesianos a argilominerais. Também realizou importantes observações sobre a física dos processos de transporte e deposição de partículas, lançando as bases do estudo de estruturas

deposicionais e do regime dos fluxos geradores. Seu artigo de 1859, sobre laminação cruzada, despertou para o entendimento da utilização de estruturas sedimentares primárias na reconstrução paleogeográfica - uma visão que só recentemente ganhou um largo reconhecimento.

Os poucos pesquisadores, contemporâneos a Sorby, que captaram o alcance de seu trabalho foram, paradoxalmente, os petrólogos de rochas ígneas e metamórficas (especialmente os da escola alemã - Zirkel, de Kiel e Fischer, de Freyburg). Compreenderam o enorme potencial da microscopia polarizante e da quantificação dos estudos petrológicos. No final do século passado e início deste, ocorre a "explosão" da petrologia de rochas "duras". Sorby morria (1908) praticamente sem deixar seguidores, iniciando, assim, um longo período improdutivo sobre as rochas sedimentares. Durante as décadas de 30 e 40, enquanto no meio acadêmico as pesquisas sistemáticas eram desenvolvidas, muitas vezes sem embasamento descritivo mais sólido, procurando extrapolar situações locais a todos os casos, (como por exemplo, a distribuição das curvas de distribuição granulométrica na identificação de ambientes deposicionais), o estudo das rochas ígneas e metamórficas passavam por intensos progressos, com uma petrografia minuciosa aliada aos estudos dos processos genéticos, e com os primeiros modelos geoquímicos de petrogênese.

Finalmente, após um longo período de estagnação, na época do pós-guerra, tornou-se extremamente necessário o conhecimento minucioso das rochas sedimentares. A necessidade de novas reservas de petróleo e novas jazidas de metais resultou numa grande injeção de recursos, fazendo com que vários petrólogos com formação em petrologia ígnea/metamórfica se empenhassem no entendimento das rochas sedimentares. Os trabalhos de Sorby foram ressuscitados como base fundamental desses

estudos. Folk, Dunham e outros desempenharam um importante papel nesta época.

Um novo "boom" de novos conhecimentos ocorreu nos anos setenta, acerca da diagênese. Com a prospecção de reservatórios cada vez mais complexos, pelas empresas de petróleo, novas técnicas de análise e preparação foram aplicadas à pesquisa de processos diagenéticos: como por exemplo a impregnação de lâminas delgadas com resinas coloridas, permitindo um salto de qualidade na análise da geometria dos poros e das delicadas fases autigênicas desenvolvidas.

Além da descoberta do microscópio polarizador outra técnica foi importante para o desenvolvimento da petrografia: os raios-X. Eles foram descobertos em 1895 por *Wilhelm Roentgen*, na Alemanha, e sua importância para identificação de minerais e determinação de sua estrutura cristalina foram reconhecidas em 1912 por *W. Friedrich, C.M.P. Knipping e M.T.F. von Laue* (Blatt, 1982). Do ponto de vista da petrografia sedimentar, a mais importante característica da radiação-X é que pode ser utilizada para reconhecer e distinguir entre vários minerais de argila - partículas muito pequenas para serem identificadas com firmeza com um microscópio polarizador. Esta técnica é usada rotineiramente pelos petrólogos de rochas sedimentares. Mais recentemente, o desenvolvimento de técnicas analíticas, como o microscópio eletrônico de varredura - MEV (anos 50) e a petrografia de catodoluminescência (anos 60), têm se mostrado mais poderosas que os raios-X no estudo das rochas sedimentares, aumentando bastante nosso conhecimento da mineralogia sedimentar e diagênese.

O grande salto da diagênese clástica surgiu dos estudos de porosidade, desenvolvidos por cientistas soviéticos em meados dos anos setenta. O conceito de que a porosidade decrescia com a profundidade,

em decorrência da compactação e cimentação, sofreu modificações com as descobertas da importância da dissolução mesogenética, em subsuperfície, gerando porosidade secundária em reservatórios clásticos.

Atualmente destaca-se a importância dos computadores e de programas específicos na simulação de grande número de reações químicas envolvidas na diagênese orgânica e inorgânica.

Este "salto" dos estudos na petrologia sedimentar, passando de uma petrografia sedimentar para uma geoquímica, trouxe, entretanto, problemas ligados à falta de consistência descritiva e de observações pormenorizadas dos processos diagenéticos particulares, que permanecem em grande parte obscuros. Nota-se que as pesquisas nas petrologias ígnea e metamórfica iniciaram-se com estudos profundos nos processos genéticos, através de uma petrografia detalhada para depois atingirem um nível de modelo geoquímico avançado. É importante que este estágio avançado seja também seguido pela petrologia sedimentar, permitindo que o atual conhecimento dos processos e fases implicados na evolução dos sistemas clásticos forneçam modelos diagenéticos (bem próximos do real), com grande potencial prognóstico, em especial para análise de bacias em grande escala.

A petrologia sedimentar, em especial a clástica, ainda necessita também desenvolver meticulosamente uma pesquisa aprofundada dos processos diagenéticos, muitos dos quais são imperfeitamente conhecidos, ou mesmo totalmente misteriosos em nosso nível atual de informação. Uma das questões a ser destacada, entre outras, é: quais os padrões e qual a importância relativa e específica que o sistema deposicional, o clima e a composição detritica exercem sobre a diagênese, em especial a precoce (eodiagênese)?

I.3 - Objetivos e Justificativa do Estudo

O presente trabalho se propõe a contribuir para os estudos relacionados à sedimentação quaternária, em especial os depósitos continentais recentes, através da análise petrológica e petrográfica, de sedimentos holocênicos identificados no médio vale do rio Paraíba do Sul (Bananal - SP/RJ).

Estes sedimentos constituem depósitos fluviais, coluviais e alúvio-coluviais reunidos na Aloformação Manso (Moura & Mello, no prelo), um importante marco estratigráfico durante o Holoceno.

A abordagem metodológica deste trabalho procura a integração da análise petrográfica e faciológica. Desta forma são abordados os aspectos sedimentológicos que possam levar à interpretação de processos sedimentares primários e secundários.

Os processos primários são entendidos como aqueles ocorridos durante a deposição dos sedimentos e que são fundamentais para a definição das litofácies. Sua identificação será feita com base nos dados obtidos em campo (descrição da geometria externa e arranjo interno dos corpos) e em laboratório (análises textural e mineralógica, e descrições petrográficas em lâmina delgada, que possibilita a identificação de estruturas sedimentares pouco visíveis a vista desarmada, além de uma melhor caracterização mineralógica dos sedimentos). Quanto aos processos secundários, estes se referem à diagênese incipiente, incluindo os processos pedogenéticos. Sua identificação (cor, percolação de óxidos, migração de argila, compactação, porosidade secundária, minerais autigênicos, identificação de feições pedogenéticas, bioturbação, etc) será feita através da obtenção de chapas de difratogramas de raio-X, raio-X de penetração e, principalmente, das descrições petrográficas.

De uma maneira geral busca-se fornecer dados relacionados à proveniência dos sedimentos, caracterizar as litofácies encontradas e identificar os principais processos ocorridos após a sedimentação.

A associação de informações de cunho faciológico e petrográfico poderá contribuir com parâmetros para o entendimento das transformações ambientais ocorridas durante o Quaternário, que atingiram, em especial, os sistemas de drenagem regionais, podendo ser melhor estabelecidas pelo estudo do registro sedimentar.

II - AREA DE ESTUDO

II.1 - Localização

Estes estudos foram realizados no limite de SP/RJ, no médio Vale do rio Paraíba do Sul. A área considerada engloba parte dos municípios de Bananal (SP), São José do Barreiro (SP), Barra Mansa (RJ) e Resende (RJ); envolvendo as bacias de drenagem dos afluentes do rio Paraíba do Sul: rio Sesmária, rio do Barreiro de Baixo, rio do Bananal e seu afluente rio Piracema - figuras 1A e 1B. Os estudos se concentraram em quatro localidades distribuídas nestas bacias de drenagem:

- a) **Localidade Fazenda São Joaquim**: situa-se na margem direita do rio Barreiro de Baixo, na confluência com o córrego Celidônia, a 2 Km da rodovia SP-066. Esta seção é composta por duas partes (A e B), estando a parte A à direita do córrego Celidônia, enquanto a parte B está à sua esquerda. Suas coordenadas (UTM) aproximadas são: 7496,0 Km de latitude sul e 559,5 Km de longitude oeste.
- b) **Localidade Fazenda Leal**: situa-se na entrada da estrada que segue para a Fazenda Leal. Pertence à bacia do rio da Sesmária. Está localizada aproximadamente, segundo as coordenadas em UTM: 7501,9 Km de latitude sul e 557,7 Km de longitude oeste.
- c) **Localidade Bela Vista**: situa-se numa voçoroca de grande extensão, na bacia do baixo Piracema próxima à estrada que liga Rialto (RJ) a Bananal (SP), a 13 Km desta última. Suas coordenadas em UTM são: 7499,8 Km de latitude sul e 571,9 Km de longitude oeste.
- d) **Localidade Cotiara**: está situada, aproximadamente a 750 m a partir da RJ-157 (estrada que liga Barra Mansa a Bananal), na altura do Km-4. A seção Cotiara situa-se defronte a um campo de futebol próximo à localidade conhecida como Cotiara.

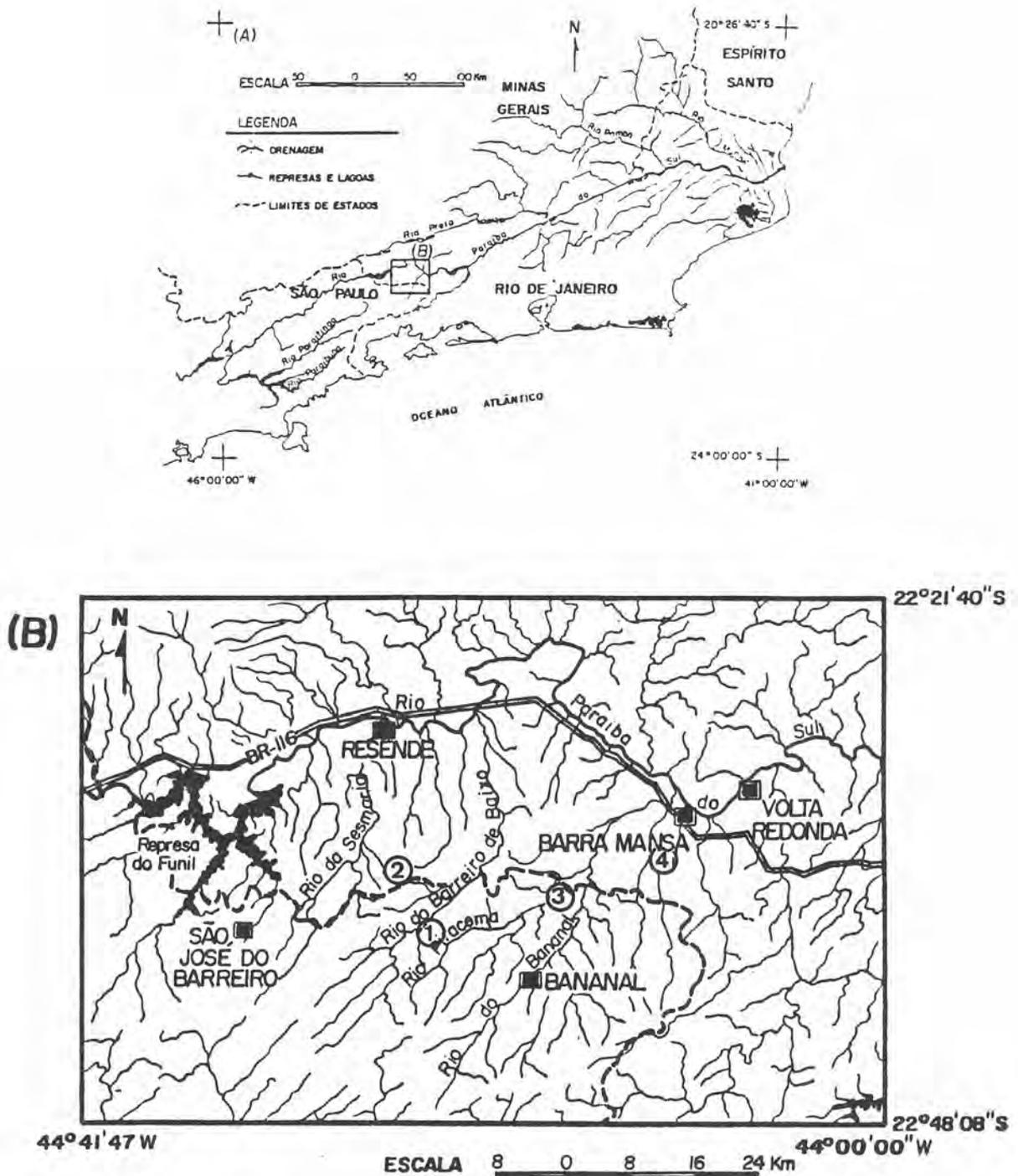


Figura 01 - (A) Localização da região de Bananal (SP/RJ) - (fonte: IBGE, 1970).
 (B) Localização dos municípios, bacias de drenagem e localidades inseridas na área de estudo: 1- Localidade Fazenda São Joaquim; 2- Localidade Fazenda Leal; 3- Localidade Bela Vista; 4- Localidade Cotiara - (fonte: IBGE, 1975).

II.2 - Geologia Regional

A região estudada se caracteriza, litologicamente, pela ocorrência de rochas metamórficas do embasamento cristalino pré-cambriano (figura 2), sobre as quais se encontram, em inconformidade, sedimentos quaternários inconsolidados, subdivididos em depósitos coluviais e aluviais. Predominam gnaisses migmatíticos com estrutura bandada, existindo intercalações menores de quartzitos, micaxistos, rochas calciossilicáticas, anfibolitos e granulitos. Essas litologias são atribuídas, em sua maioria, ao Complexo Paraíba do Sul (Proterozóico Superior), havendo núcleos de rochas mais antigas (Complexo Costeiro e Juiz de Fora), de idade arqueana (Almeida et al., 1981). São comuns diques de rochas básicas e intermediárias, mesozóicas. (aut?)

Segundo mapeamento realizado pelo CPRM (1983, escala 1:50.000), as unidades litológicas que ocorrem na folha de Bananal, onde se concentra a área de estudo, são: Unidade Três Ilhas, Unidade Córrego do Feio, Granitóide Rio Turvo, rochas Graníticas e Rochas Alcalinas. Uma breve descrição destas unidades é feita a seguir.

- **Unidade Três Ilhas** (PCimdct): caracteriza-se por: (md) migmatitos diversos (estruturalmente), incluindo zonas conspicuamente porfiroblásticas de tendência granitóide e faixas estromáticas, evidenciando o paleossoma anfibolítico ou biotítico-anfibolítico; e (mdct) faixas de intensa cataclase incidente sobre litotipos da unidade anterior. Seus contatos com as unidades vizinhas são por falha ou do tipo normal. (aut?)
- **Unidade Córrego do Feio** (PCrxfx/PCrxfqt/Sqt): a noroeste da folha onde se apresenta truncada pelas rochas graníticas (4) e como delgadas faixas com espessura da ordem de centenas de metros inseridas no extenso corpo granitóide (Granitóide Rio Turvo). Posicionam-se

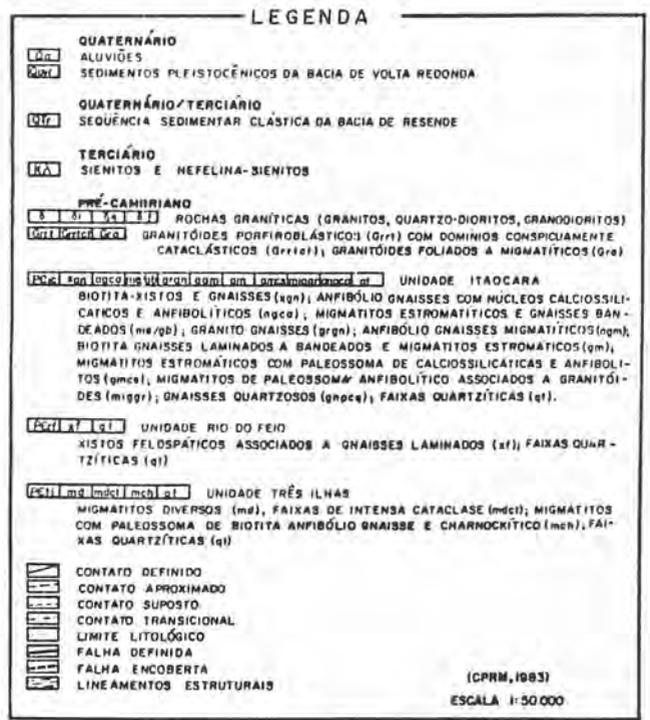
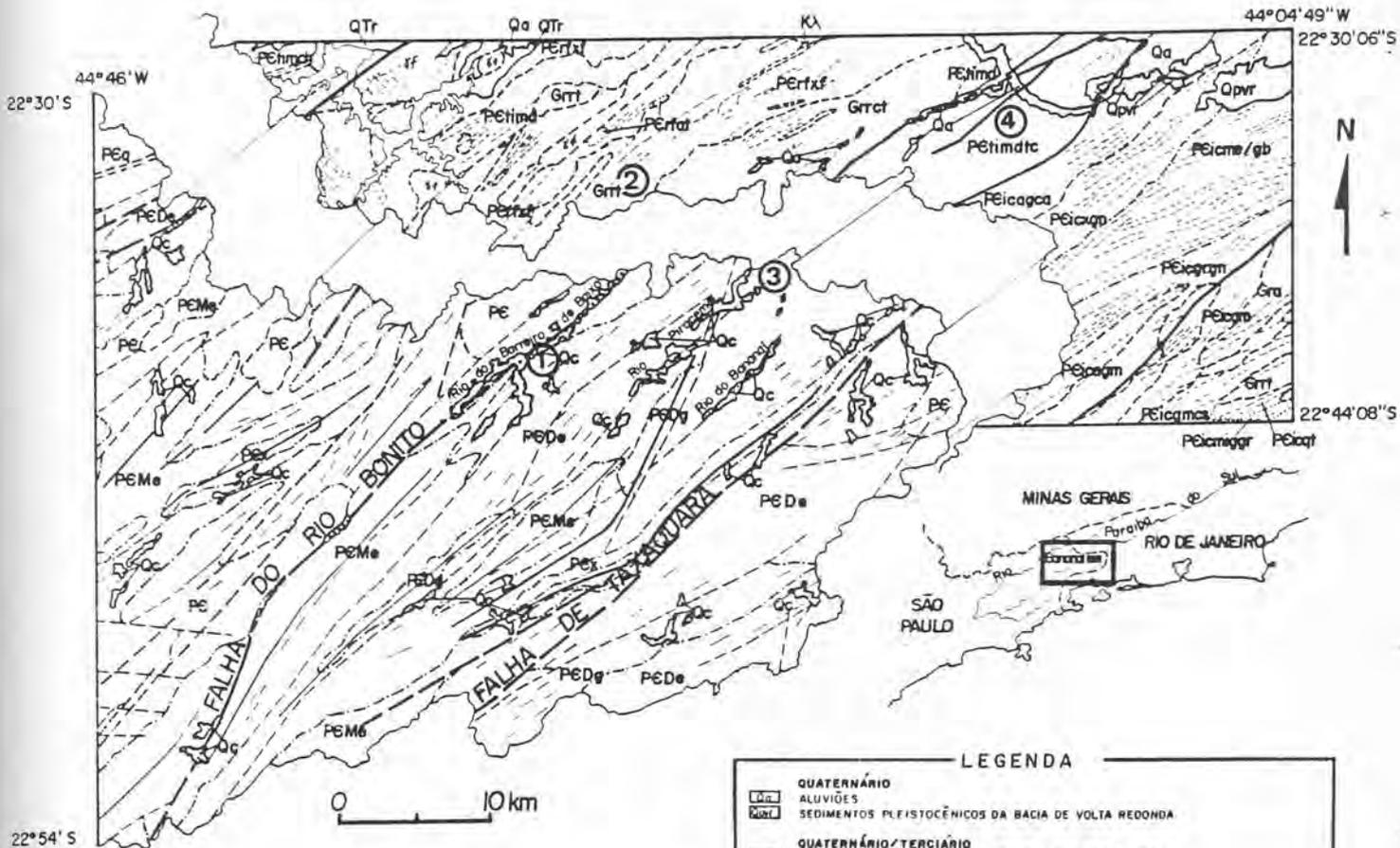


Figura 02 - Compilação dos mapas geológicos do Estado de São Paulo (1:50.000, CPRM, 1983) e do Rio de Janeiro (1:200.000, Hasui et al., 1978) com a localização aproximada das localidades utilizadas neste trabalho: 1- Fazenda São Joaquim; 2- Fazenda Leal; 3- Bela Vista; 4- Cotiara.

todas segundo o "trend" regional NE-SW e seus litotipos característicos são rochas xistosas com delgadas faixas quartzíticas: (rxf) Biotita-quartzo-muscovita/sericita-(sillimanita)-xistos feldspáticos associados a biotita-sillimanita gnaisses extremamente laminados; (rfqt) faixas de intercalações quartzíticas; (Sqt) saibreira de quartzitos.

- **Granitóide Rio Turvo (Grirt/Grirtct):** constituem-se de tipos granitóides porfiroblásticos, bastante foliados em algumas faixas. (Grirt) biotita-(muscovita)-(granada)-(anfíbólio) granitóides porfiroblásticos/clásticos. com geração de protomilonitos e milonitos gnaisses. Os porfiroblastos são de plagioclásio e microclina e a matriz é à base de biotita, feldspato e quartzo, arranjados em trama granular ou foliada. Uma faixa a sudeste do corpo maior é constituída por rochas intensamente cataclasadas (Granitóide Rio Turvo Cataclástico) - Grirtct.

- **Rochas Graníticas (4):** constituem-se de rochas graníticas cinza rosadas, geralmente porfiroblásticas, incluindo tipos cataclásticos, gerando tipos granito-gnáissicos. Nos seus bordos apresenta faixas migmatíticas também cataclasadas.

- **Rochas Alcalinas:** estão representadas pelo bordo Sul do maciço alcalino do Morro Redondo, mostrando contato brusco com as rochas granitóides (Rio Turvo), com os litotipos da Unidade Rio do Feio e com os migmatitos da Unidade Três Ilhas. Constituem sienitos e nefelina-sienitos de granulação média a grossa.

Estruturas

Hasui *et al.* (1978) baseados nas feições estruturais, enquadram a área como parte do compartimento Quebra-Cangalha, delimitado a

SE pela falha de Taxaquara e a NW pela do Alto da Fartura.

As feições estruturais mais destacadas correspondem a grandes feixes de falhas transcorrentes de idade pré-cambriana (referentes ao Ciclo Brasileiro), de orientação NE-SW (figura 2). Associadas a estas falhas encontram-se faixas cataclásticas mais ou menos espessas. Segundo Almeida *et al.* (1981), estas falhas foram reativadas por movimentos verticais terciários, e Melo *et al.* (1985) aventam a possibilidade de uma reativação (Terciário-Quaternária) com movimentação vertical. Asmus & Ferrari (1978) elaboraram um modelo hipotético para o tectonismo cenozóico desta região (Margem Continental Brasileira - Porção Sudeste), baseado na inferência de um episódio tectono-térmico, iniciado no Permiano/Triássico que, envolvendo linhas de fraqueza do Pré-Cambriano, teria originado considerável soerguimento crustal. Esta tafrogênese cenozóica, é caracterizada por soerguimento epirogenético e desenvolvimento de bacias continentais restritas, - Volta Redonda, Taubaté, Resende e São Paulo -, num estilo *pull-apart*, fazendo parte da fase final do evento Sul-Atlântico, juntamente com as rochas alcalinas do Morro Redondo, geradas e colocadas durante a fase de reativação meso-cenozóica.

Sismicidade

O conhecimento sismo-tectônico da região sudeste brasileira pôde ser resumido por estudos realizados pela Universidade de Brasília (UnB), onde quatro regiões Sismo-Tectônicas foram definidas. Destaca-se a região 1, que corresponde à porção nordeste de São Paulo, incluindo a área de estudo, onde se registra a maior atividade sísmica do Sul do país, possivelmente associada à reativação dos grandes falhamentos transcorrentes paralelos ao litoral (Mioto & Hasui 1982) -

figura 3.

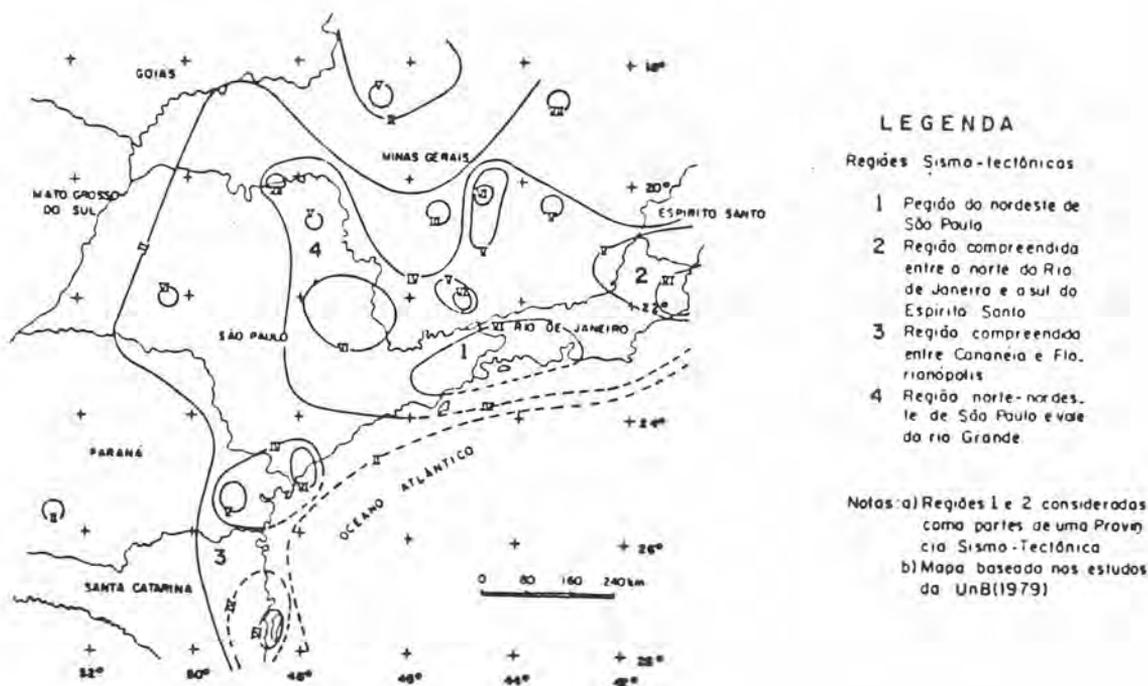


Figura 03 - Mapa de isosistas (Isosista VI associada à mesma região sísmica ou tectonicamente ativa - segundo Mioto & Hasui, 1982)

II.3 - Geomorfologia

Segundo o projeto RADAMBRASIL (1983), a região em questão está inserida na Depressão do Médio Paraíba do Sul, apresentando altimetrias na faixa de 500 a 600 metros.

Ponçano *et al.* (1981) insere esta área num compartimento de colinas ou "mar de morros", caracterizado por desnivelamentos altimétricos de 0-200 metros.

De fato, a região é caracterizada por uma morfologia de fundos de vales planos, apresentando até três níveis de terraços flu-

viais e colinas rebaixadas, suavemente onduladas, com predomínio de segmentos convexos (*noses*) e côncavos (*hollows*), que vêm compor os "complexos de rampa" - figura 4 -, compondo as unidades de anfiteatro ou bacias de zero ordem (Moura & Meis, 1986). Estas unidades apresentam-se sob dois aspectos básicos: aqueles com a forma de fundo côncavo, de articulação suave com as encostas laterais e a reentrância (*hollow*); e aqueles com a forma de fundo plano, horizontal a suavemente inclinado, com articulação abrupta entre as encostas laterais e a reentrância (Moura *et al.*, 1990). Por trás desta morfologia aparente-

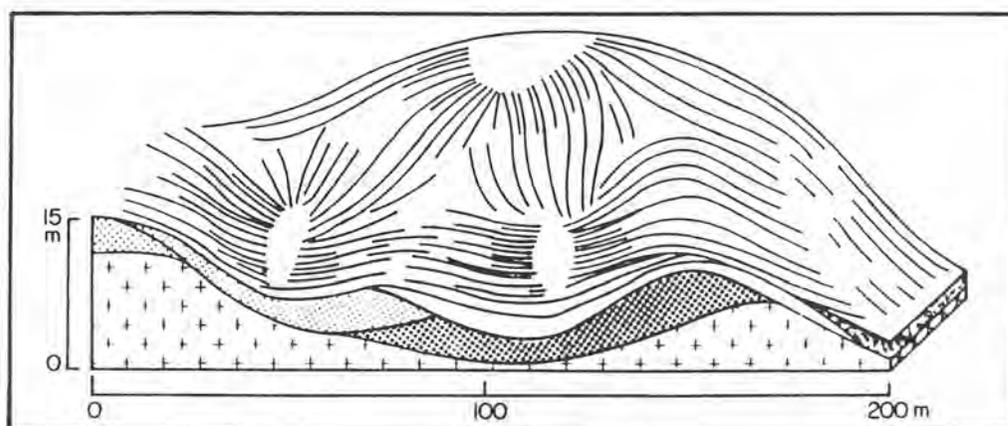


Figura 04 - Os "complexos de rampa" - ambientes formados a partir de sucessivos episódios de colúvia convergentes em direção ao eixo das paleodepressões do relevo, envolvendo retrabalhamentos parciais dos colúvios mais antigos e o reafeiçoamento da topografia (segundo Meis & Moura, 1984).

mente simples, e que é característica do Planalto SE do Brasil, documenta-se, no entanto, uma complexa evolução da paisagem, relacionada a variações paleohidrológicas e/ou de níveis de base (fases de agradação e degradação) responsáveis por diversas fases de encaixamento fluvial, com a formação de três níveis de terraços, e retrabalhamento das encostas, resultando em vários eventos de colúviação. Os principais

estudos a respeito da evolução geomorfológica da região podem ser encontrados nos seguintes trabalhos: (Meis & Machado 1978; Meis & Moura 1984; Moura & Meis 1986; Moura *et al.*, 1990).

As características do conjunto formado pelas Serras do Mar e da Mantiqueira, o traçado retilíneo do vale do rio Paraíba do Sul (paralelo às direções estruturais SW-NE), e a evidente orientação de várias cristas e colinas, levou grande parte dos autores, que estudam o relevo da região, a discutirem a possibilidade do relevo regional refletir reativações diastróficas.

Em termos hidrográficos, é observado um acentuado controle estrutural, o padrão de drenagem tende a ser subparalelo (RADAMBRASIL 1983) a retangular (Ponçano *et al.*, 1981).

II.4 - Clima e Vegetação

Em linhas gerais, a região é marcada por períodos chuvosos no verão e de estiagem no inverno, com os maiores índices pluviométricos nos meses de outubro a abril (figura 5), caracterizando um regime típico de clima tropical. A pluviosidade média anual é de 1500 mm e a temperatura média anual varia em torno de 20°C (figura 6).

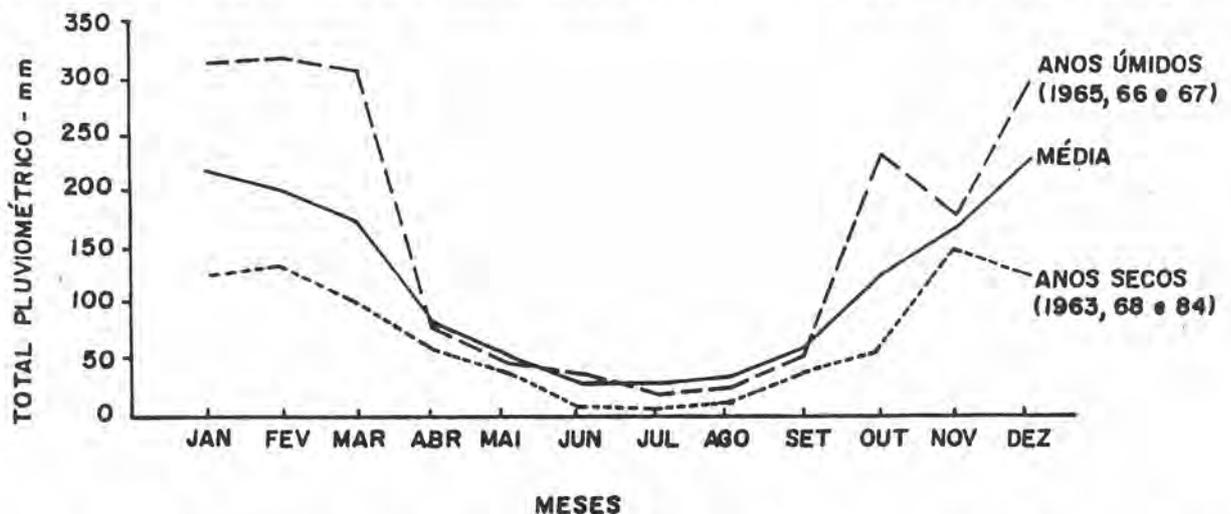


Figura 05 - Curvas representativas do regime pluviométrico mensal (fonte: DAEE/SP, Posto Pluviométrico de Bananal-SP).

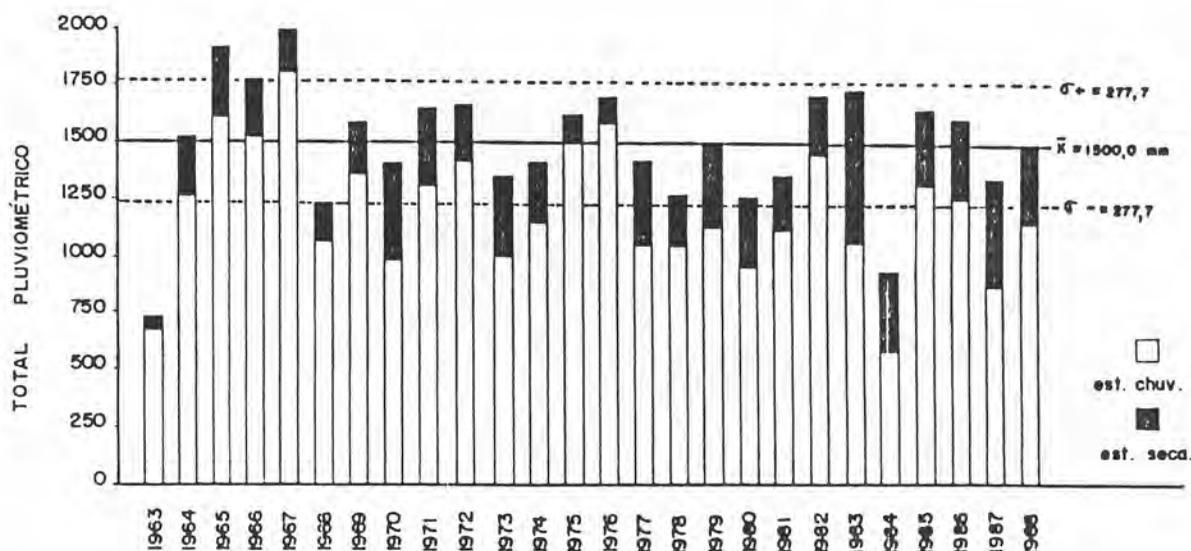
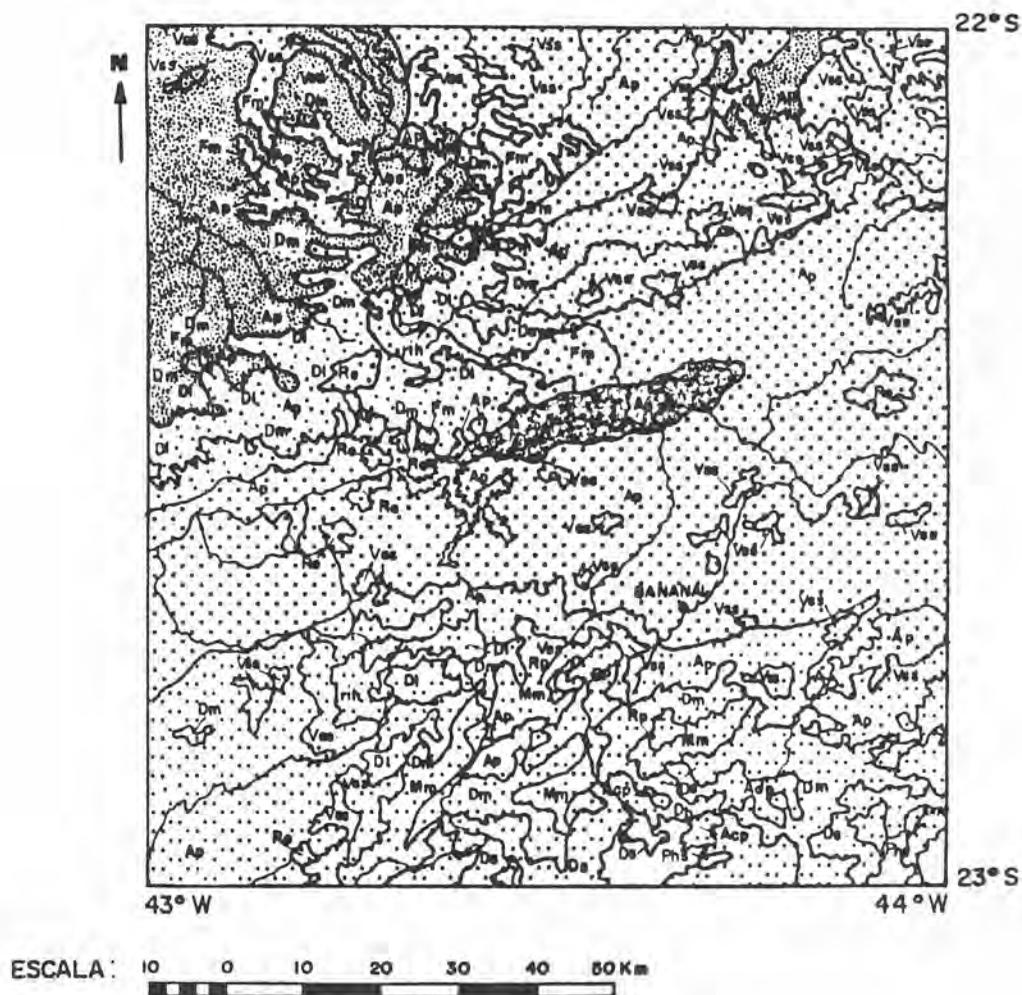


Figura 06 - Totais pluviométricos anuais no período de 1963 a 1988. Média dos anos amostrados: 1500 mm; desvio-padrão: 277,7 mm (fonte: DAEE/SP, Posto Pluviométrico de Bananal-SP).

A Serra do Mar atua como barreira orográfica para os ventos litorâneos vindos de Sul, o que provoca chuvas orográficas nas vertentes voltadas para o oceano e uma redução da pluviosidade entre as Serras do Mar e da Mantiqueira, em razão da diminuição da umidade do ar. Apesar disto, nos meses de verão, há uma facilidade de penetração maior da mTa (massa Tropical atlântica) promovendo fortes chuvas frontais (Nimer 1972, 1979); enquanto no inverno, a diminuição da ação da mTa, reforçada pela barreira orográfica, resulta num período de escassa pluviosidade.

A vegetação predominante é constituída por pastagens (AP) e vegetação secundária (Ves) - figura 7 - que vieram substituir grande parte da mata atlântica (floresta Ombrófila, RADAMBRASIL 1983), que atualmente ocupa pequenas manchas distribuídas esparsamente nas encostas mais íngremes e áreas mais elevadas.



LEGENDA

-  **REGIÃO DE SAVANA - CERRADO**
Ap - pastagens
-  **REGIÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA E MISTA**
Ds - Floresta Submontana; Dm - Floresta Montana; DI - Floresta Alto-Montana; rI e rII - Refúgios Ecológicos; Vss - Vegetação Secundária sem palmeiras; Ap - Pastagens; Mm - Floresta Alto-Montana
-  **REGIÃO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**
Fm - Floresta Montana; Vss - Vegetação Secundária sem palmeiras; Ap - Pastagens; Re - Reflorestamento eucalipto
-  **ÁREAS DE TENSÃO ECOLÓGICA**
CONTATO FLORESTA ESTACIONAL - FLORESTA OMBRÓFILA MISTA
Fm e Dm - Floresta Montana; Ap - Pastagens.

Figura 07 - Mapa de Vegetação da região do vale do rio Paraíba do Sul - escala 1:1.000.000 (Projeto RADAMBRASIL, 1983; in Moura, 1990)

II.5 - Solos

De acordo com os estudos desenvolvidos por Setzer (1949), na região de Bananal ocorrem solos derivados de gnaisses e migmatitos arqueanos. Tais solos foram divididos em dois grupos: grupo 1 - solos derivados de rochas ácidas, em geral, leucocráticas, ricas em quartzo e ortoclásio; grupo 2 - derivados de rochas menos ácidas, em geral meso e melanocráticas, ricas em biotitas, anfibólios e plagioclásios.

Segundo Setzer (op. cit.), ocorrem com freqüência solos recentes, coluviais, separados dos solos eluviais por leitos de seixos. Estes formam uma camada irregular que ora se aproxima da superfície, ora chega até três metros ou mais de profundidade.

A classificação de solos na região de Bananal, segundo Lemos *et al.* (1960), indica a presença de Latossolo Vermelho-Amarelo *intergraded* para Podzólico Vermelho-Amarelo (LVP), pertencente ao grande grupo dos Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVA). Os solos do subgrupo (LVP) são formados a partir de rochas gnáissicas (Lemos *et al.*, 1960), estando associadas a relevo fortemente ondulado e montanhoso. São freqüentemente usados para pastagens, apesar de apresentarem maiores possibilidades para uso agrícola do que os solos LVA, apesar de mais sujeitos à erosão.

Estudos pedológicos, desenvolvidos mais recentemente na região de Bananal, por Santos *et al.* (1989) e Santos (1990), indicam que os materiais coluviais apresentam paleossolos, contendo horizontes B intermediários entre Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo. Santos (1990) ressalta que a evolução geomorfológica e pedológica das rampas de colúvio, que preenchem os *hollows* dos anfiteatros, mantém relações estreitas de dependência, ocorrendo concomitantemente no tempo e no espaço.

III - ESTRATIGRAFIA REGIONAL DOS DEPOSITOS SEDIMENTARES QUATERNARIOS (ALOESTRATIGRAFIA)

III.1 - Trabalhos Anteriores

Os trabalhos realizados por Meis (1977), Meis & Machado (1978), Meis & Monteiro (1979), Meis & Moura (1984), Moura & Meis (1980 e 1986) contribuíram para o conhecimento da evolução neoquaternária da paisagem no médio vale dos rios Doce (MG) e Paraíba do Sul (SP/RJ). Eles se destacam pelo enfoque dado à integração de argumentos geomorfológicos e estratigráficos na compreensão das transformações ambientais ocorridas no Planalto Sudeste do Brasil. Algumas conclusões importantes resultaram destes estudos. Além da identificação de depósitos coluviais e aluviais com significado regional e extensíveis a uma grande área do Planalto SE do Brasil, foi verificado que o contato entre diferentes unidades deposicionais se dá de forma descontínua no tempo e no espaço (hiatos erosivos).

Moura & Meis (1980) propõem uma litoestratigrafia preliminar para as seqüências coluviais neoquaternárias estudadas no médio-baixo vale do rio Paraíba do Sul (MG-RJ), identificando três seqüências de litofácies com significado regional. Dando continuidade aos estudos estratigráficos, o trabalho realizado por Moura & Meis (1986) no médio-baixo vale do rio Paraíba do Sul resultou no reconhecimento de descontinuidades estratigráficas na seqüência deposicional neoquaternária, permitindo, através do emprego da Aloestratigrafia (NACSN, 1983) a ordenação estratigráfica dos depósitos considerados. Isto resultou na elaboração de uma primeira coluna estratigráfica (figura 8) para os depósitos quaternários da região de Bananal (SP) que serviu como base para uma coluna aloestratigráfica (Moura & Mello, 1990) - figura 9 -, definindo os principais eventos da sedimentação quaternária.

| GEOCRO-NOLOGIA | CRONOESTRATIGRAFIA | LITOESTRATIGRAFIA | ALOESTRATIGRAFIA | EDAFOESTRATIGRAFIA | |
|----------------|--------------------|---|--|--------------------|--|
| 9500 anos BP | HOLOCENO | Areias castanhas intercaladas com argila estratificada | Areias castanhas e argilas EROSÃO | | |
| | | EROSÃO | Areias silticas vermelhas | | |
| | | Areias silticas avermelhadas | Materiais areno-argilosos e argilo-arenosos castanhos | | EROSÃO |
| | | EROSÃO | Bela-Vista | | EROSÃO |
| | | Siltos amarelos Areias castanhas | Areias silticas Areias castanhas | | |
| | | ARGILA | Areias gros. feldspáticas mal selecionadas | | Argila vermelha Argila arroxçada |
| | | EROSÃO | Areias finas | | EROSÃO |
| | | Areias finas e médias estratificadas | Areias médias | | EROSÃO |
| | | EROSÃO | | | EROSÃO |
| | | Materiais areno-argilosos e argilo-arenosos amarelos e castanhos avermelhados | Piracema II Piracema I Areias argilosas amarelas Cascalheiras III Campo Alegre | | Solo Piracema |
| | | EROSÃO | | | |
| | | Areias estratificadas bioturbadas | Areias silticas amarelas EROSÃO Areias grosseiras oxidadas estratificadas EROSÃO Areias silticas micáceas oxidadas | | |
| | | EROSÃO | | | |
| | | Argilas estratificadas | Argila vermelha estratificada EROSÃO Argila vermelha intercalada com areias EROSÃO Argila Orgânica | | |
| | | EROSÃO | | | |
| | | Areias grosseiras estratificadas | Areias grosseiras | | |
| | | EROSÃO | | | |
| | | | PLEISTOCENO | | Materiais areno-argilosos e argilo-arenosos vermelhos e amarelos |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | Gnaisses diversos magmatitos alterados | | | |

Figura 08 - Coluna estratigráfica preliminar para o Quaternário superior na região de Bananal-SP (in Moura & Meis, 1986)

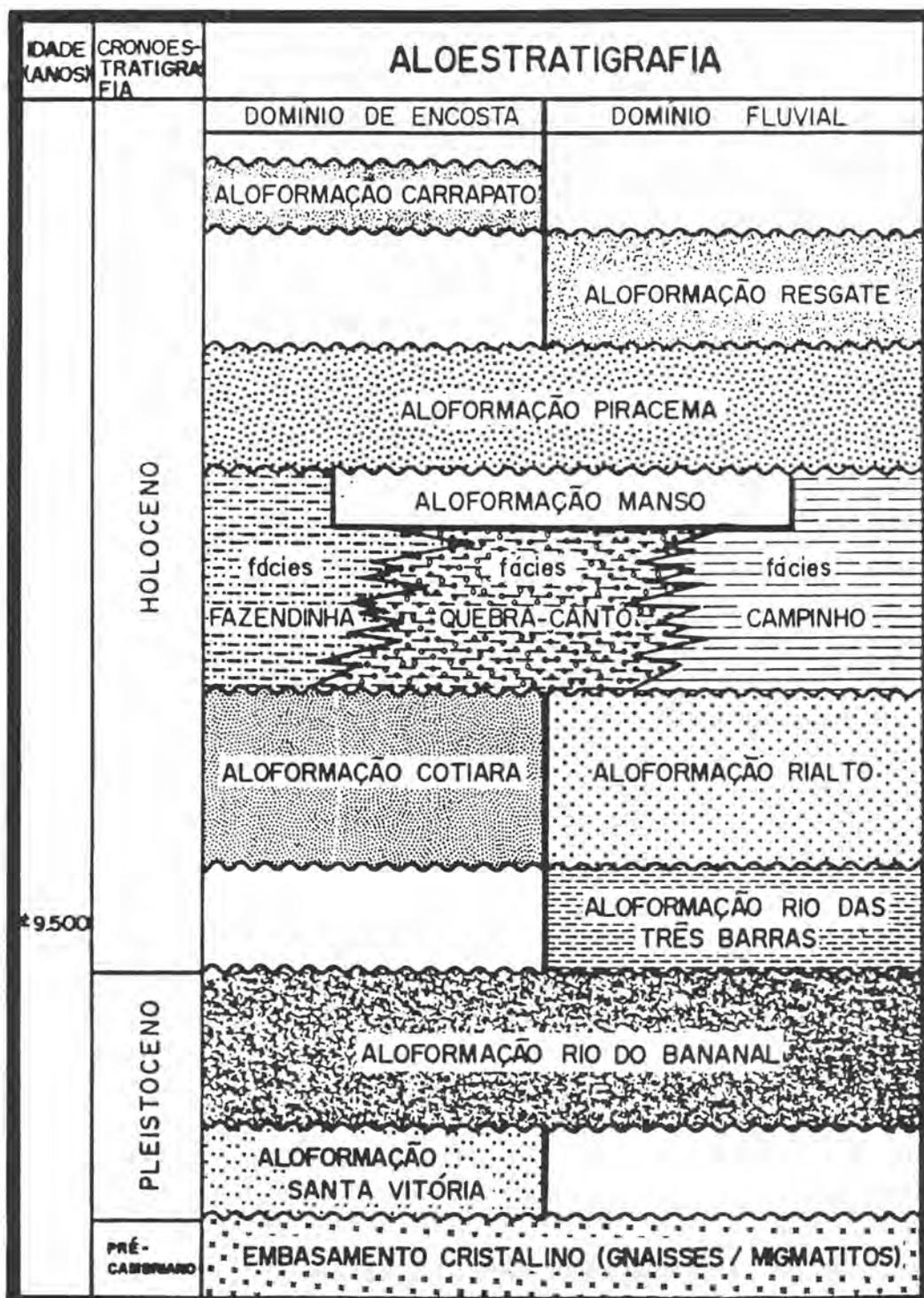


Figura 09 - Coluna aloestratigráfica elaborada para o Quaternário superior da região de Bananal (SP/RJ) - (in Moura, 1990)

A partir de então tem se buscado uma melhor compreensão do significado paleoambiental destes marcos estratigráficos, sob a ótica de sistemas deposicionais (Mello et al. 1991), permitindo um melhor entendimento dos processos deposicionais envolvidos.

III.2 - Estratigrafia Regional

Os depósitos sedimentares quaternários, superpostos diretamente em inconformidade, na maior parte da área estudada, sobre rochas metamórficas do embasamento cristalino pré-cambriano, podem ser subdivididos em seqüências coluviais e aluviais. De uma maneira geral, esses depósitos encontram-se associados a feições geomorfológicas distintas, representadas por pelo menos dois níveis de terraços fluviais e por diferentes padrões evolutivos de cabeceiras de drenagem em anfiteatro (Moura et al. 1990).

Com base na definição de unidades aloestratigráficas, Moura & Mello (1990) fornecem um quadro de evolução quaternária da região estudada.

A dinâmica evolutiva regional durante o Pleistoceno é documentada por depósitos coluviais representados em duas fases de retrabalhamento dos regolitos e reafeiçoamento das encostas - **Aloformação Santa Vitória** e **Aloformação Rio do Bananal**; o limite superior dessa segunda unidade é freqüentemente marcado por um paleo-horizonte A datado em, aproximadamente, 10.000 anos (Moura & Meis, 1986).

A sedimentação holocênica é inicialmente registrada por depósitos argilosos, orgânicos, de origem flúvio-lacustre, reunidos sob a denominação **Aloformação Rio das Três Barras**, datados em, aproximadamente, 9.500 anos (método C₁₄, utilizando-se troncos). A seguir, são registradas uma nova fase de reafeiçoamento das encostas, repre-

sentada pelos depósitos coluviais que constituem a **Aloformação Cotiara**, e uma seqüência arenosa de origem fluvial do tipo *braided* - **Aloformação Rialto**.

A seqüência de eventos registra a seguir depósitos coluviais e aluviais intimamente interdigitados, sedimentologicamente bastante variados, em nítida discordância erosiva sobre as unidades subjacentes, reunidos sob a denominação Aloformação Manso. A interpretação da unidade Manso dentro da evolução quaternária da região considerada aponta para uma fase de grande instabilidade ambiental, associada a uma intensa retomada erosiva nas cabeceiras de drenagem, gerando tal quantidade de sedimentos que excedeu a capacidade dos cursos fluviais em transportá-los, sendo progressivamente entulhados. O resultado final foi o preenchimento generalizado das bacias de drenagem regionais, ainda preservado na morfologia atual pela distribuição espacial do nível de terraco mais elevado e pela identificação de sub-bacias de drenagem totalmente entulhadas. A expressiva discordância erosiva que individualiza a Aloformação Manso das unidades subjacentes, as características sedimentológicas dos depósitos que constituem essa unidade e, ainda, a significativa representatividade identificada na morfologia atual são fatores que promovem o reconhecimento da **unidade Manso** como o **principal marco estratigráfico** dentro da seqüência deposicional quaternária da região considerada. A importância desta unidade determinou a escolha para estudo de seus sedimentos.

Depósitos coluviais subseqüentes promoveram um maior ou menor reafeiçoamento das encostas - Aloformação Piracema e Aloformação Carrapato. Entre essas duas seqüências coluviais, documenta-se uma nova fase de agradação fluvial, representada pelos materiais areno-sílticos que constituem a Aloformação Resgate.

IV - METODOLOGIA UTILIZADA

IV.1 - Enfoques básicos

Os estudos petrográficos aqui abordados têm como suporte os estudos estratigráficos e análises faciológicas de detalhe desenvolvidos na região de Bananal (SP/RJ). Os estudos estratigráficos têm como base metodológica o emprego da Aloestratigrafia (NACSN, 1983), através da qual foi possível reconhecer unidades de depósitos sedimentares quaternários. A dificuldade de reconhecimento destas unidades se deve a seu caráter descontínuo, assim como os curtos intervalos de tempo geológico envolvidos. Por isto é necessário um detalhamento e precisão temporal diferentes daqueles empregados nos demais tempos geológicos.

A análise faciológica foi realizada através de uma abordagem de arquitetura deposicional dos depósitos sedimentares segundo os conceitos introduzidos por Miall (1977). Tal abordagem foi empregada nos estudos faciológicos realizados para a interpretação do significado paleoambiental dos depósitos sedimentares em questão, já que é enfatizada por vários autores (Friend, 1983; Allen, 1983 e Miall, 1985). Estes autores ressaltam que as informações de natureza bi e tridimensionais devem estar associadas às relações externas de geometria dos corpos sedimentares e ao arranjo interno de litofácies, questionando a utilização exclusiva de perfis faciológicos verticais como instrumento de reconstituição paleoambiental. O procedimento utilizado parte do reconhecimento de litofácies e elementos menores, reconhecidos por Miall (1977, 1978, 1985) através da: identificação da natureza dos contatos (erosivo ou gradacional, planar ou curvo), geometria externa dos depósitos (camadas tabulares, lentes lobos,...), espessura, extensão lateral e arranjo interno das litofácies (enfatizando o reconhecimento de superfícies de contato secundárias). Mello *et al.*

(1991, submetido) descrevem detalhadamente a arquitetura deposicional dos depósitos sedimentares reconhecidos na Aloformação Manso, sugerindo que esta abordagem metodológica possa ser aplicada aos demais depósitos quaternários. Nas tabelas 1 e 2 estão relacionados as litofácies e os elementos arquiteturais definidos por Miall (1978 e 1985, respectivamente).

Tabela 1 - Caracterização de litofácies, segundo Miall (1978)

| CÓDIGO | LITOFÁCIES | ESTRUTURAS SEDIMENTARES | INTERPRETAÇÃO |
|----------------|--|---|---|
| Gms | cascalho matriz suportado, maciço | ----- | Fluxo de detritos |
| Gm | cascalho maciço ou grosseiramente estratificado | estratificação horizontal, imbricação | Barras longitudinais, <i>lag deposits</i> , <i>leve deposits</i> |
| Gt | cascalho, estratificado | estratificações cruzadas acanaladas | Preenchimento de canais |
| Gy | cascalho, estratificado | estratificações cruzadas planares | Barras linguoides |
| St | areia, média a muito grossa, pode apresentar cascalho | estratificações cruzadas acanaladas | Dunas (regime de fluxo inferior) |
| Sp | areia, média a muito grossa, pode apresentar cascalho | estratificações cruzadas planares | Barras linguoides e transversais, <i>sandwaves</i> (regime de fluxo inferior) |
| Sr | areia, muito fina a grossa | marcas onduladas | Ondulação (regime de fluxo inferior) |
| Sh | areia, muito fina a muito grossa, pode apresentar cascalho | laminacão horizontal, lineação de partição ou de corrente | Fluxo em leito plano (regime de fluxo inferior e superior) |
| Sl | areia, fina | estratificações cruzadas de baixo ângulo (< 10°) | <i>Scour fills</i> , <i>crevasse splay</i> , antidunas |
| Se | <i>scours</i> erosivos com intraclastos | estratificação cruzada mal definida | <i>Scour fills</i> |
| Ss | areia, fina a grossa, pode apresentar cascalho | <i>scours</i> , rasos e largos | <i>Scour fills</i> |
| Sse, Sbe, Spe, | areia | análogas a Ss, Sh e Sp | Depósitos eólicos |
| Fl | areia, silte, argila | laminacão fina, marcas onduladas muito pequenas | Depósitos de inundação e <i>waning floods</i> |
| Fsc | silte, argila | laminada a maciça | <i>Backswamp deposits</i> |
| Fcf | argila | maciça, com moluscos de água doce | <i>Backswamp pond deposits</i> |
| Fm | argila, silte | maciça, fendas de ressecamento | Depósitos de inundação, <i>draped deposits</i> |
| Fr | silte, argila | radículas | <i>Seatearth</i> |
| C | carvão, argila orgânica | plantas, filmes de argila | Depósitos de pântanos |
| P | carbonato | feições pedogenéticas | Solos |

Tabela 2 - Elementos arquiteturais em depósitos fluviais, segundo Hall (1985)

| ELEMENTO | SÍMBOLO | PRINCIPAL ASSOCIAÇÃO FACIOLÓGICA | GEOMETRIA E RELAÇÕES |
|---------------------------------------|---------|--|--|
| Canais | CH | Qualquer Combinação | Dígito, lente ou lençol; base erosiva, côncava para cima; escala e forma altamente variável; superfícies de erosão secundárias, côncavas para cima. São comuns |
| Barras e Formas de Leito de Cascalho | GB | Gms, Sp, St | Lente, mantiforme; geralmente corpos tabulares; comumente intercamados com SB |
| Formas de Leito Arenosas | SB | St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss | Lente, lençol, mantiforme, cunha. Ocorre como preenchimento de canais. <i>crevasse splay</i> , barras menores |
| <i>Foreset Macroforms</i> | FM | St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss | Lente, sobre uma base plana ou acanalada, com superfícies de erosão internas de segunda ordem e superfície limite superior convexas para cima |
| Depósitos de Acreção Lateral | LA | St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss; menos comumente Gm, St, Sp | Cunha, lençol, lobo; caracterizado por superfícies internas de acreção lateral |
| Fluxos Gravitacionais de Sedimentos | SG | Gm, Gms | Lobo, lençol; tipicamente intercamado com GB |
| Camadas Tabulares de Areias Laminadas | LS | Sh, Sl; menos comumente St, Sp, Sr | Lençol, mantiforme |
| Depósitos Finos de Inundação | OF | Fm, Fl | Mantiformes, finos a espessos; comumente intercamados com SB; podem preencher canais abandonados |

A análise petrográfica dos sedimentos foi baseada em conceitos utilizados por Folk (1968), Pettijohn (1975), Andreis (1981) e Bullock et al. (1984). São ressaltadas as características sedimentológicas (cor, granulometria, maturidade textural, arredondamento, selecionamento, contato entre os grãos, porosidade, etc), aspectos referentes à proveniência dos sedimentos (composição do arcabouço, grau de alteração dos minerais e indícios de diagênese incipiente (eodiagênese): compactação, processos pedogenéticos (migração de argila - infiltração mecânica, formação de argilans e/ou ferri-cutans), percolação de óxidos, formação de argilominerais, bioturbação, etc. Como forma de

blemas na análise da distribuição granulométrica é que os mesmos processos sedimentares ocorrem em diversos ambientes e conseqüentemente com resposta textural similar. Desta forma, apesar da interpretação da distribuição granulométrica ser melhor aplicada ao entendimento dos processos deposicionais (Visher, 1969 apud Ponçano, 1986), não se faz de forma satisfatória.

As análises mineralógicas das areias e das argilas são usadas para os estudos de proveniência dos sedimentos. A identificação dos argilominerais, em particular, pode fornecer parâmetros para o reconhecimento do grau e tipo de alteração dos sedimentos (minerais autigênicos) ou mesmo da área fonte (minerais detríticos).

Em lâmina delgada, as distribuições granulométrica e mineralógica foram feitas através de visadas, possibilitando um cálculo percentual aproximado das frações finas e grossas (% de matriz e arcabouço), e dos tipos mineralógicos predominantes que compõem o arcabouço. Os resultados obtidos com as visadas não são comparáveis àqueles obtidos com o peneiramento, nem às percentagens mineralógicas obtidas na contagem de pontos feitas na lupa binocular, pois trata-se de métodos analíticos bastante diferentes.

As estruturas primárias e secundárias (em especial as bioturbações), pouco visíveis em campo (Bouma, 1969) foram ressaltadas através de raio-X de penetração de amostras indeformadas, impregnadas previamente com resina plástica.

A escolha das localidades a serem estudadas se baseou na representatividade de cada uma delas em diferentes fácies sedimentares (proximais ou distais).

IV.2 - Técnicas Utilizadas

a) levantamento de seções estratigráficas:

Foram escolhidas quatro seções: Seção Fazenda São Joaquim, Seção Fazenda Leal e Seção Bela Vista e Seção Cotiara, cujo levantamento estratigráfico foi feito segundo técnica descrita por Paepe (inédito). A técnica consiste no traçado de uma linha horizontal com o auxílio de um nível em uma parede exposta e a partir dessa linha mede-se a espessura e o comprimento dos corpos a serem definidos, possibilitando, através de desenho, refletir a forma em que os sedimentos se apresentam na seção. Perfis faciográficos verticais foram realizados para uma definição mais precisa das litofácies.

Em todas as seções estratigráficas levantadas foram coletadas um total de 35 amostras deformadas (08 amostras na SFL, 14 amostras na FSJ, 09 amostras na SBV e 04 amostras na COT) para caracterização textural e mineralógica das areias e das argilas. Foram coletadas 29 amostras indeformadas com a utilização de caixas de Kubiena (fotografia 01) - 02 amostras na SFL, 12 amostras na na FSJ, 09 amos-



Fotografia 01 - Coleta de amostra indeformada em caixa de Kubiena - Seção Fazenda São Joaquim (parte B), amostra FSJ#9.

tras na SBV e 06 amostras na COT) a serem submetidas a chapas de r-X médico, e à confecção de lâminas delgadas utilizadas na descrição petrográfica dos sedimentos.

b) caracterização textural:

Em laboratório foram feitas análises granulométricas de parte das amostras deformadas coletadas em campo, segundo técnica descrita por Folk (1968), que consiste em tamisagem das areias e pipetagem dos sedimentos finos (siltes e argilas). Após secagem ao ar e destorroamento, as amostras foram homogeneizadas e separadas 30 gramas de material, ao qual se adicionou 100 ml de água destilada e 30 ml de NaOH 1N. A solução permaneceu em repouso durante 12 horas no mínimo. Em seguida, separou-se as frações grosseiras e finas por via úmida, utilizando-se peneiras de 0,062 mm de malha. As areias retidas na peneira foram secas em estufa e posteriormente peneiradas em bateria com intervalos sucessivos de 1 ϕ e tempo de peneiramento de 15 minutos em vibrador. Para os siltes e argilas, armazenados em provetas de 1000 ml, foram adicionados 100 ml de defloculante (solução de hexametáfosfato de sódio e carbonato de sódio), sendo realizada pipetagem com 6 tempos, determinados em função da temperatura ambiente e calculados a partir da Lei de Stokes, conforme método proposto por Folk (1968). As areias, os siltes e as argilas foram pesados, obtendo-se seus percentuais individuais e acumulados, a partir dos quais se obtiveram as curvas acumulativas em papel de probabilidade aritmética.

Os parâmetros granulométricos (média, desvio-padrão, assimetria e curtose) foram obtidos utilizando os valores de diâmetro (em escala ϕ) correspondentes a 5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84% e 95% da curva de probabilidade de distribuição granulométrica.

O cálculo e os gráficos destes parâmetros foram feitos com a utilização de um programa (PARAMET) para microcomputador PC. Seus valores e classificação, sugeridos por Folk & Ward (1957), são apresentados a seguir:

- **Média Aritmética (Mz):** diz respeito à média granulométrica da amostra de acordo com os intervalos: -2,0 a 4,0 (areias); 4,0 a 8,0 (siltes) e 8,0 a 14,0 (argilas). É obtida pela fórmula:

$$Mz = \frac{016 + 050 + 084}{3} ;$$

- **Desvio-padrão (Di):** diz respeito ao selecionamento, definido segundo os intervalos: < 0,35 (muito bem selecionado); 0,35 a 0,50 (bem selecionado); 0,50 a 0,75 (moderadamente bem selecionado); 0,75 a 1,0 (moderadamente selecionado); 1,0 a 2,0 (pobremente selecionado); 2,0 a 4,0 (muito pobremente selecionado) e > 4,0 (extremamente mal selecionado). É obtido pela fórmula:

$$Di = \frac{084 - 016}{4} + \frac{095 - 05}{6,6} ;$$

- **Assimetria Gráfico inclusa (Sk₁):** quando positiva, indica um excesso de material fino, e quando negativa há um excesso de material grosseiro. Seus intervalos são: 1,0 a 0,3 (assimetria muito positiva); 0,3 a 0,1 (assimetria positiva); 0,1 a -0,1 (aproximadamente simétrica); -0,1 a -0,3 (assimetria negativa) e -0,3 a -1,0 (assimetria muito negativa). É obtida pela fórmula:

$$Sk_1 = \frac{016 + 084 + 2050}{2(084 - 016)} + \frac{05 + 095 + 2050}{2(095 - 05)} ;$$

- A **Curtose (Kg)** mede a relação do selecionamento nos extremos da curva cumulativa em se comparando o da parte central; é dita leptocúrtica quando o selecionamento é melhor na parte central da curva cumulativa do que nas partes extremas, e platicúrtica quando ocorre o inverso. As classes principais são: < 0,67 (muito platicúrtica); 0,67 a 0,90 (platicúrtica); 0,90 a 1,11 (mesocúrtica); 1,11 a 1,50 (leptocúrtica); 1,5 a 3,0 (muito leptocúrtica) e > 3,0 (extremamente leptocúrtica). Sua fórmula é:

$$Kg = \frac{0,95 - 0,5}{2,44 (0,75 - 0,25)} ;$$

c) caracterização mineralógica das areias:

Foram selecionadas as frações arenosas, compreendidas entre 1,00 a 0,50 mm e 0,50 a 0,25 mm de diâmetro médio, das amostras que continham mais de 20% de areia. Esses dois grupos de granulometria foram escolhidos pelo fato de serem representativos quantitativa e qualitativamente nas amostras analisadas, além de apresentarem maior facilidade nos métodos de contagem e na identificação dos minerais em lupa binocular.

Inicialmente foi feita a separação em bromofórmio (Parfenoff *et al.*, 1970). Para análise dos minerais pesados aplicou-se metodologia descrita por Krumbein & Pettijohn (1938). Foram individualizados em diversas classes com o auxílio de ímã e do separador eletromagnético Frantz, utilizando-se as classes de amperagem: 0,3 A, 0,5 A, 0,7 A, 1,0 A e 1,7 A, facilitando sua identificação na lupa. Os minerais leves foram analisados através da técnica de colorimetria, descrita por Gabriel & Cox (1929) e Hayes & Klugman (1959), utilizando-se ácido fluorídrico (HF) e solução de cobaltinitrito de sódio. As

etapas foram as seguintes: preparação de lâmina de vidro, recobrimo-a com parafina; aplicação de material adesivo e borrifamento dos minerais; exposição por 15 minutos aos vapores de HF; aplicação de cobalt-nitrito de sódio (solução concentrada - 5g para 10ml de água destilada aquecida) sobre a lâmina por dois minutos; lavagem da lâmina em água corrente e secagem ao ar. Em consequência, os feldspatos potássicos adquirem película de coloração amarelada e os plagioclásios coloração branca pulverulenta; os cristais de quartzo e mica não se alteram.

O procedimento de contagem foi diferenciado: os minerais pesados foram analisados quantitativamente através de contagem minuciosa, enquanto os minerais leves foram analisados estatisticamente por amostragem. Entre as classes minerais identificadas, englobou-se sob a denominação de "alteritos" grãos de minerais, cujo estado de alteração impedia uma precisa identificação, assim como feições pedológicas (concreções, nódulos, etc).

Os itens a, b e c foram realizados no laboratório de Geografia Física do Departamento de Geografia da UFRJ.

d) caracterização mineralógica das argilas:

A análise de difração de raio-X foi realizada somente na fração argilosa (<0,062 mm). A fração foi separada da TFSA pelo seguinte processo: dispersão com ultrassom, após adição de 1 ml de solução de NaOH 1N, de 50 gramas de material em 100 ml de água destilada. Uma vez separadas as areias com uso de peneira de 0,053 mm realizou-se sedimentação da fração fina em proveta de 1000 ml até o tempo de sifonagem calculado pela lei de Stokes. Acrescentaram-se 2 ml de HCl 1N para promover a floculação das argilas.

A presença de NaCl, resultante da reação do dispersante (NaOH) com o flocculante (HCl) provoca interferências na difração de raio-X, por isso utilizou-se o processo de lavagem com centrifugação do material, retirando o excesso de água. A esta água adicionava-se AgNO₃ para a verificação da presença de NaCl: enquanto esta fosse confirmada, repetia-se o processo.

Para eliminação do ferro utilizou-se ditonito de Na, seguindo a rotina descrita por Jackson (1965, in EMBRAPA, 1979).

As lâminas foram preparadas através do método por esfregaço, que consiste em depositar sobre a lâmina de vidro a amostra em consistência pastosa, espalhando-a com o auxílio de outra lâmina, obtendo-se, assim, uma orientação preferencial mais adequada dos argilomineerais. Estas etapas foram realizadas no laboratório de Sedimentologia e de Via Úmida do Departamento de Geologia da UFRJ.

A difração de raio-X foi realizada em aparelho Phillips com tubo de cobre (laboratório de Difração de r-X e Microsonda - Departamento de Geologia/UFRJ), sob as condições técnicas: voltagem (40 KV), amperagem (30 mA), velocidade do papel (60 cm/h), tubo de Cu (60 KV).

e) caracterização de meso e micro estruturas (r-X de penetração e lâminas petrográficas):

A análise da mesoestrutura foi feita através de positivos obtidos com raio-X de penetração (r-X médico) em amostras indeformadas coletadas em campo, utilizando-se caixas de Kubiena com 18 cm de comprimento e 9 cm de largura, anotando-se a orientação das amostras.

O procedimento de laboratório consistiu na impregnação destas deixando-as primeiramente secando ao ar. em seguida, foram transferidas para caixas de papelão forradas com plástico, colocando-se no fundo etiquetas com a identificação e orientação das amostras.

A impregnação procedeu adicionando-se até a 1/3 da caixa, uma mistura composta de 100 ml de resina Polilyte T218, 100 ml de Monomero de estileno e 4 gotas de Peroxol. Posteriormente, as amostras foram colocadas em dessecador de vidro e deixadas sob vácuo com a pressão de até 1 atm durante 40 minutos. O mesmo procedimento foi repetido duas vezes ao dia, até que a resina cobrisse totalmente a amostra; entretanto, o tempo de vácuo, assim como a quantidade de mistura, foram diminuídos gradativamente. Com as amostras totalmente cobertas procedeu-se a secagem destas ao ar durante 3 semanas.

Para realização destas etapas foi utilizado o laboratório de Oceanografia da UERJ.

A impregnação das amostras possibilitou que fossem cortadas em fatias de 2 a 4 mm, usadas na confecção de lâminas delgadas (laboratório de laminação petrográfica do Departamento de Geologia), e submetidas a chapas de raio-X de penetração, utilizando-se os equipamentos do Hospital Universitário da UFRJ. As características de operação desta aparelhagem (distância focal, corrente aplicada, tempo de exposição e tipo de filme) seguem orientação de Santos (1990). o filme utilizado foi o Kodak MIN-R em aparelho para r-X médico, modelo Siemens-Heliofoz 45, seguindo as características de operação apresentadas nas tabelas 3a e 3b. As imagens gravadas na emulsão dependem de diferenças na absorção de raios-X pelos diversos constituintes da amostra, de forma que variações na textura, fábrica e cimentação podem mostrar a estrutura do material, facilitando sua classificação.

Os positivos foram obtidos no laboratório fotográfico do Departamento de Geografia da UFRJ. Nestes positivos foi possível ressaltar, principalmente, estruturas secundárias dos sedimentos, em especial as bioturbações.

Tabela 3a - Características de operação do aparelho de raios-X de penetração e espessura das fatias indeformadas submetidas à análise. Distância focal: +/- 90 cm; Voltagem = +/- 30 KV e carga = 16 mAs. QC: Quebra Canto, Cot: Cotiara, paleo-A - paleohorizonte A.

| AMOSTRA | UNIDADE DEPOSICIONAL | TEMPO DE EX-POSICAO (s) | ESPESSURA DAS FATIAS (mm) |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| SEÇÃO COTIARA | | | |
| COTIA-1 | Piracema II | 0,12 | 2 - 4 |
| COTIA-2 | QC fino | 0,12 | 4 |
| COTIA-3 | QC grosso | 0,12 | 4 |
| COTIA-4 | QC paleo-A | 0,12 | 4 |
| COTB-1 | Cot paleo-A | 0,12 | 4 |
| COTB-2 | Cotiara | 0,12 | 4 |
| SEÇÃO BELA VISTA | | | |
| BU-1 | Piracema II | 0,12 | 4 |
| BU-2 | Quebra Canto | 0,12 | 3 |
| BU-3 | Quebra Canto | 0,12 | 4 |
| BU-4 | Quebra Canto | 0,12 | 3 |
| BU-5 | Quebra Canto | 0,12 | 3 |
| BU-6 | Quebra Canto | 0,12 | 3 - 4 |
| BU-7 | Quebra Canto | 0,12 | 4 |
| BU-8 | Quebra Canto | 0,12 | 4 - 5 |
| BU-9 | Quebra Canto | 0,12 | 4 |

Tabela 3b - Características de operação do aparelho de raios-X de penetração e espessura das fatias indeformadas submetidas à análise. Distância focal: +/- 1,0 m; Voltagem = +/- 35 KV e carga = 10 mAs. QC: Quebra Canto, Cot: Cotiara, paleo-A: paleohorizonte A.

| AMOSTRA | UNIDADE DEPOSICIONAL | TEMPO DE EX-POSICAO (s) | ESPESSURA DAS FATIAS (mm) |
|-------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| SEÇÃO FAZENDA LEAL | | | |
| SFL-1 | Campinho | 0,12 | 3 - 4 |
| SFL-2 | Campinho | 0,12 | 3 - 4 |
| SEÇÃO FAZ. SÃO JOAQUIM | | | |
| FSJ-1 | Cotiara | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-2 | Fazendinha | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-3 | Faz paleo-A | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-4 | Fazendinha | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-5 | Fazendinha | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-6 | Faz/Campinho | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-7 | Quebra Canto | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-8 | Piracema | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-9 | Campinho | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-10 | Campinho | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-11 | Campinho | 0,12 | 3 - 4 |
| FSJ-12 | Campinho | 0,12 | 3 - 4 |

V - RESULTADOS

V.1 - Localidade Fazenda São Joaquim

É uma seção de um terraco fluvial (T_1), composta por duas partes (A e B). A parte A está numa posição mais a montante com frequente interdigitação entre depósitos aluviais e coluviais, e a parte B, mais a jusante, onde predominam depósitos aluviais. O topo da seção está coberto por um material de origem coluvial. Nas figuras 11 e 12 e fotografias 2 e 3 podem ser observadas a posição de cada segmento da seção em relação às encostas e ao terraco fluvial no vale do rio do Barreiro de Baixo.

Está incluída na unidade geológica Grrtct (mapa geológico CPRM, 1983, escala 1:50.000) - figura 2 (cap. II) - Granitóide Rio Turvo Cataclástico, constituída por rochas granitóides intensamente cataclasadas.

Aspectos faciológicos e sedimentológicos

Foram identificadas seis litofácies. A primeira é constituída por sedimentos areno-argilosos a argilo-arenosos com grânulos (material matriz suportado heterométrico, muito mal selecionado), grãos angulosos a subangulosos, de cores avermelhadas e amareladas, podendo estar limitados no topo por um nível cinza escuro com restos de matéria orgânica (paleohorizonte A). Apresenta estrutura maciça, sendo que, às vezes, ocorrem, em algumas camadas, alinhamentos locais de grãos menores (amostra FSJ-5, anexo III), caracterizando uma estratificação plano-paralela pouco desenvolvida. Representam a litofácies **Gms**, interpretados como depósitos de fluxo de detritos (*debris flow*), constituindo o elemento arquitetural SG. São encontrados na base da seção (parte A), numa posição proximal em relação às encostas



Fotografia 02 - Vista panorâmica da Seção Fazenda São Joaquim - parte A. Observar sua posição em relação à encosta e ao terraço fluvial no vale do rio Barreiro de Baixo.



Fotografia 03 - Vista panorâmica da Seção Fazenda São Joaquim - B.

SEÇÃO FAZENDA SÃO

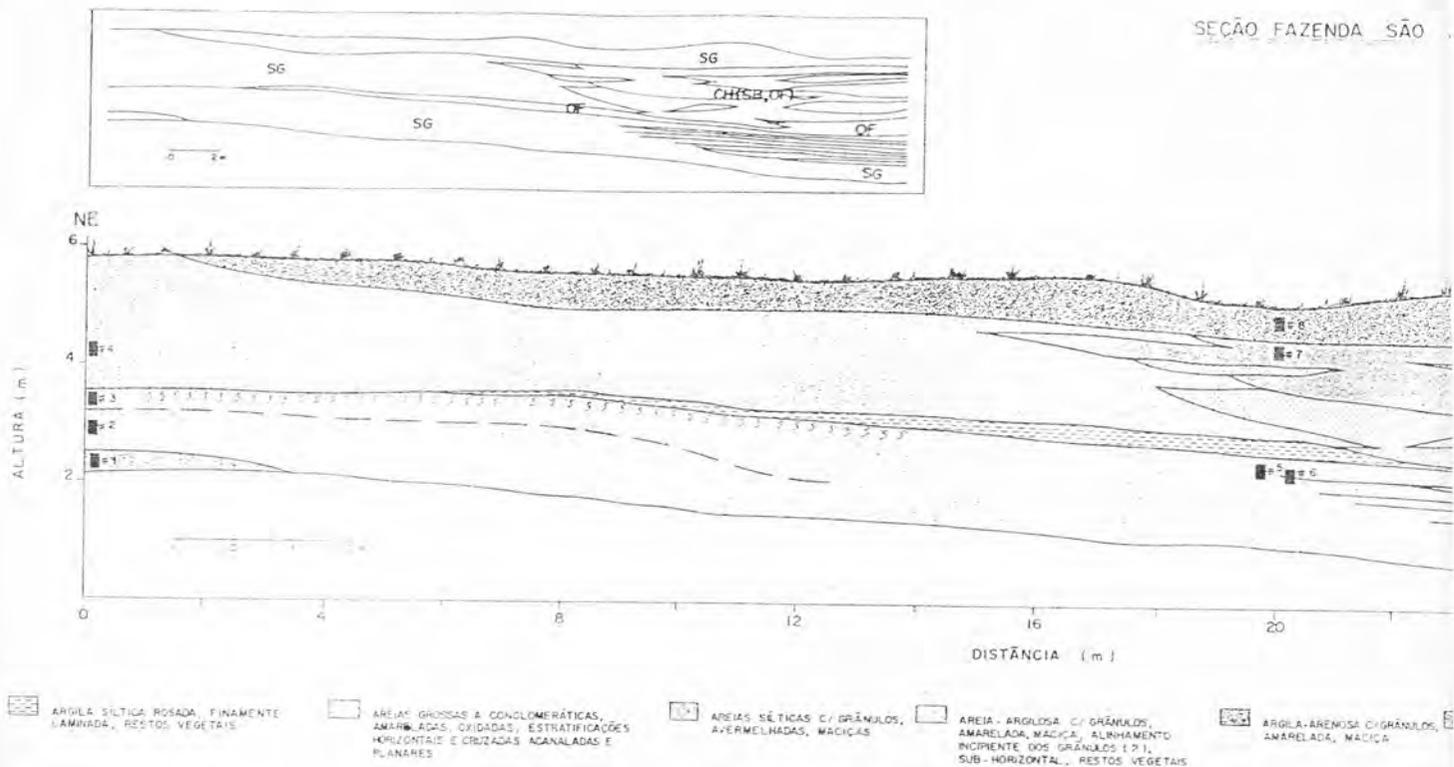
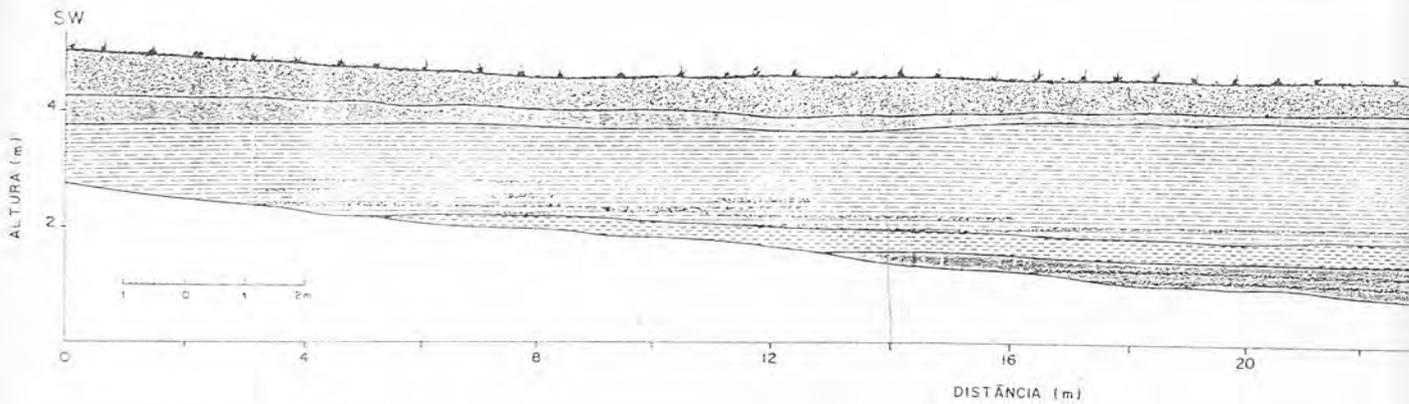
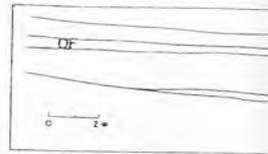


Figura 11 - Seção estratigráfica Fazenda São Joaquim (parte A). Elementos arquiteturais (segundo Miall, 1985) identificados na seqüência deposicional: SG= depósitos por fluxos gravitacionais de sedimentos; OF= depósitos finos de inundação; CH (SB, OF)= canais, preenchidos por formas de leito arenosas e depósitos finos de inundação.

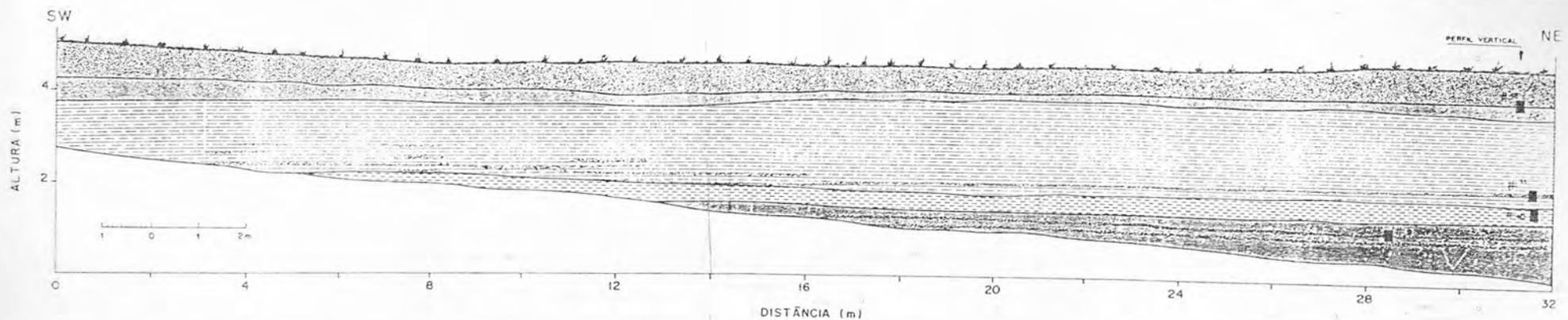
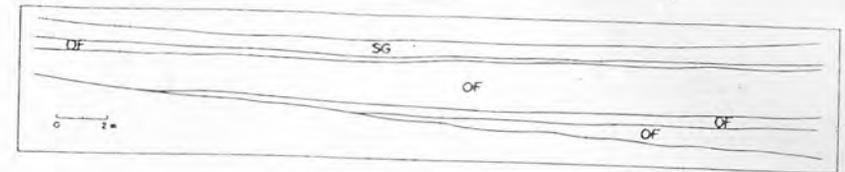
SEÇÃO FAZENDA SÃO JOAQUIM - PARTE B



- | | | | | |
|---|---|---|--|--|
|  AREIA - ARGILOSA O/ GRÂNULOS, AVERMELHADA; MACIÇA |  AREIA SÍLTICA, AVERMELHADA; MACIÇA |  SILTES ARGILOSOS, ROSADOS/AMARELADOS, MACIÇOS, BIOTURBAÇÃO |  SILTES ARGILOSOS E AREIAS SÍLTICAS, ROSADOS/AMARELADOS; FINAMENTE LAMINADOS; BIOTURBAÇÃO |  ARGILA SÍLTICA, RESTOS VEGETAIS |
|---|---|---|--|--|

Figura 12 - Seção estratigráfica Fazenda São Joaquim (parte B). Elementos arquiteturais (segundo Miall, 1985) identificados na seqüência deposicional: OF= depósitos finos de inundação; SG= depósitos por fluxos gravitacionais de sedimentos.

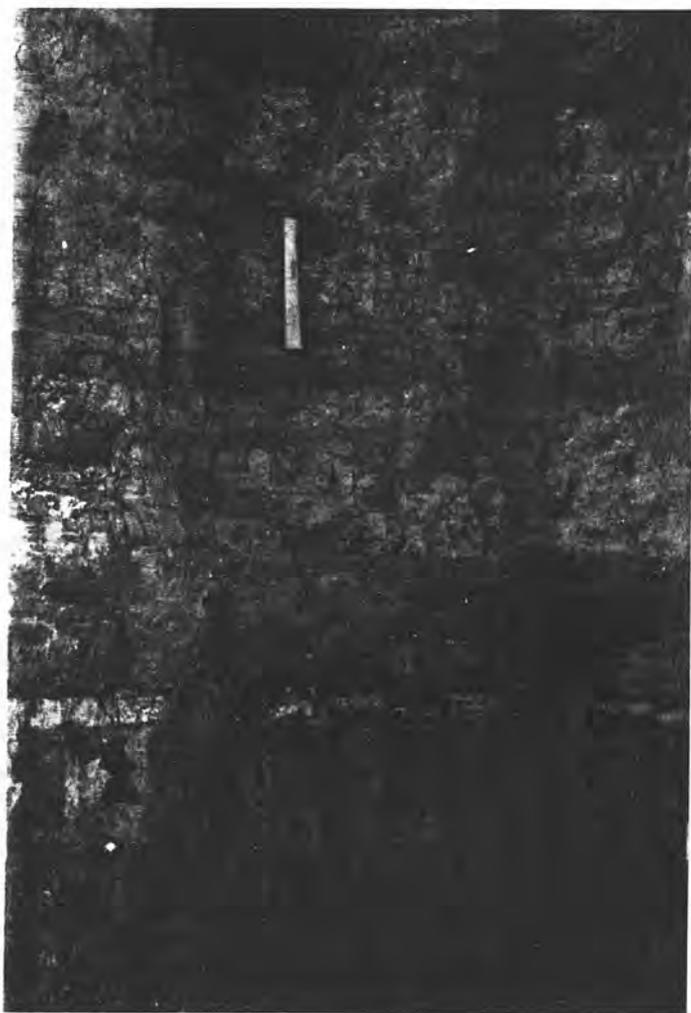
SEÇÃO FAZENDA SÃO JOAQUIM - PARTE B



- AREIA - ARGILOSA C/ GRÂNULOS, AVERMELHADA; MACIÇA
 - AREIA SILTICA, AVERMELHADA, MACIÇA
 - SILTOS ARGILOSOS, ROSADOS/AMARELADOS, MACIÇOS, BIOTURBAÇÃO
 - SILTOS ARGILOSOS E AREIAS SILTICAS, ROSADOS/AMARELADOS, FINAMENTE LAMINADOS, BIOTURBAÇÃO
 - ARGILA SILTICA, ROSADA, MACIÇA, RESTOS VEGETAIS, BIOTURBAÇÃO
 - NÍVEIS DE AREIA GROSSA, AMARELADA, OXIDADA, S/ ESTRUTURA VISÍVEL
- = 9, 12 AMOSTRAS INDEFORMADAS

Figura 12 - Seção estratigráfica Fazenda São Joaquim (parte B). Elementos arquiteturais (segundo Miall, 1985) identificados na seqüência deposicional: OF= depósitos finos de inundação; SG= depósitos por fluxos gravitacionais de sedimentos.

laterais, mas também podem ser encontrados nas porções intermediárias e no topo da seção. Lateralmente, na base da seção (parte A), estes depósitos se intercalam com finos níveis de argila (fotografia 04; figuras 11 e 13) que em posição mais à jusante (parte B)



Fotografia 04 - Interdigitação entre camadas areno-argilosas, com presença de matéria orgânica (depósitos de fluxo de detritos - **Gms**) e finos níveis argilo-sílticos, rosados, finamente laminados, representando os depósitos de inunditos (**F1**).

- figuras 12 e 14 - corresponde a camadas tabulares de siltes argilosos e areias sílticas, rosados/amarelados, finamente laminados e bioturbados, com finos níveis de areia grossa. Superposta a este pacote há uma camada tabular contínua de argila síltica, rosada, maciça, com restos vegetais e bioturbação vertical. No perfil de detalhe da parte

SEÇÃO FAZENDA SÃO JOAQUIM - PARTE A - PERFIL VERTICAL

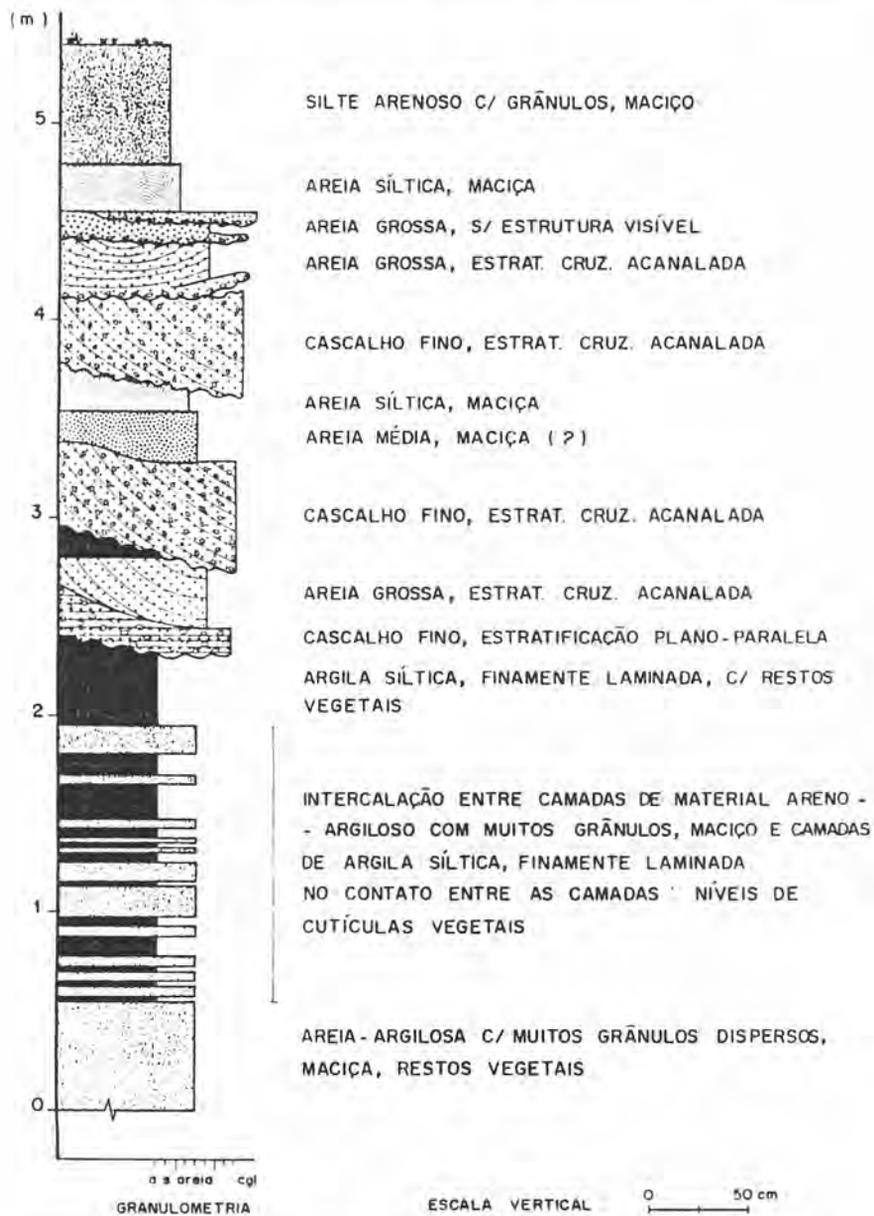


Figura 13 - Perfil estratigráfico - Fazenda São Joaquim (parte A).

B (figura 14), podem ser observados diversos níveis de bioturbação, que indicam paradas na sedimentação. Há também um pacote espesso, em direção ao topo, de siltes argilosos, rosados/amarelados, maciços e com bioturbação. Ocorrem finos níveis de areia grossa na base desse pacote siltico maciço. As argilas silticas e siltes argilosos finamen-

SEÇÃO FAZENDA SÃO JOAQUIM - PARTE B
PERFIL VERTICAL

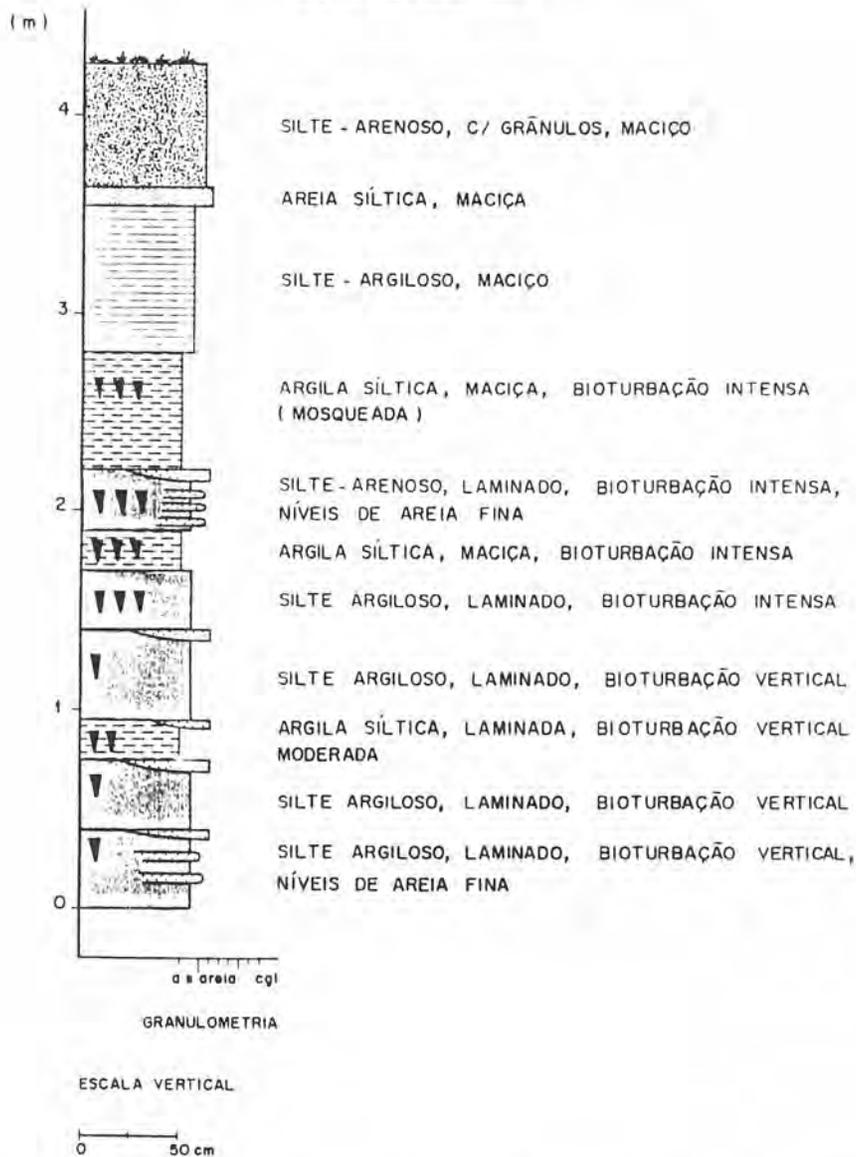


Figura 14 - Perfil estratigráfico - Fazenda São Joaquim (parte B).

te laminados constituem a litofácies **F1**, enquanto os siltes argilosos maciços representam a litofácies **Fm**. São interpretados como depósitos de inundação ou inunditos (Della Fávera, 1984), *waning deposits* e *drape deposits*, compondo o elemento OF.

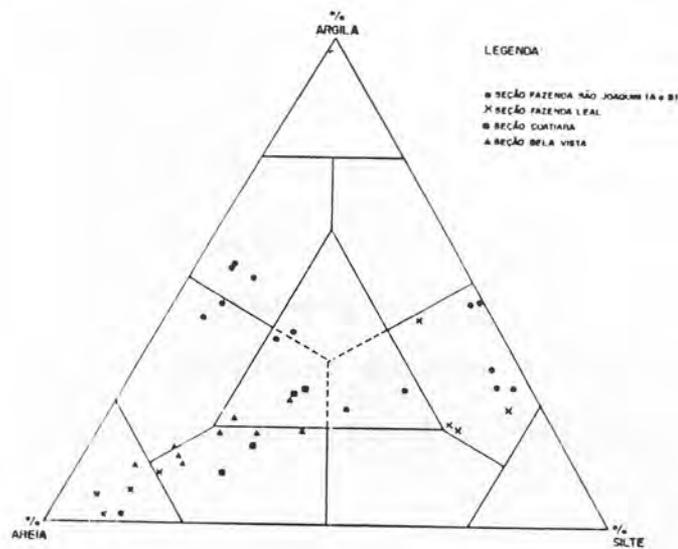
A litofácies **Gms** (na seção Fazenda São Joaquim-A - figura 11) pode ser encontrada interdigitando lateralmente areias grossas

conglomeráticas, amareladas, oxidadas, com estratificações horizontais e cruzadas acanaladas e planares; com lentes de areias silticas com grânulos, avermelhadas, maciças. Estas areias foram subdivididas em três litofácies principais: areias grossas com estratificações horizontais (**Sh**), cruzadas acanaladas (**St**) e planares (**Sp**), compondo o elemento SB. Estas areias são interpretadas como resultantes de processos de fluxo inferior, originando feições tais como barras transversais, pequenas ondulações e fluxo em lençol.

Nos perfis verticais (A e B) o detalhamento do arranjo interno das litofácies auxilia na definição destas (figuras 13 e 14),

- Características Texturais

As análises texturais possibilitaram a identificação de basicamente três grupos: um argilo-arenoso a areno-argiloso, o segundo é composto por siltes argilosos e o terceiro por areias (figura 15), representando as litofácies **Gms**; **F1** e **Fm**; **Sh**, **St** e **Sp**, respectivamente. Tanto o primeiro quanto o segundo grupo, compostos por materiais finos, apresentam-se extremamente mal selecionados a muito pobremente selecionados, por isto algumas amostras são classificadas como polimodais. As areias também se apresentam mal selecionadas. Os sedimentos arenosos apresentam valores de assimetria muito positivo e são muito leptocúrticos. Os sedimentos finos, compostos pelo primeiro e segundo grupo textural, apresentam valores de assimetria tanto positivos quanto negativos, e aqueles do segundo grupo apresentam valores de assimetria positiva a muito positiva. Os valores de curtose são, em geral, platicúrticos a muito platicúrticos, para ambos grupos (figura 15). O primeiro grupo caracteriza a litofácies **Gms**, o segundo a **F1** e **Fm**, e o terceiro representa as litofácies do elemento SB.



LEGENDA

- SEÇÃO FAZENDA SÃO JOAQUIM (A + B)
- × SEÇÃO FAZENDA LEAL
- SEÇÃO CURTIANA
- ▲ SEÇÃO BELA VISTA

SEÇÃO FAZENDA SÃO JOAQUIM

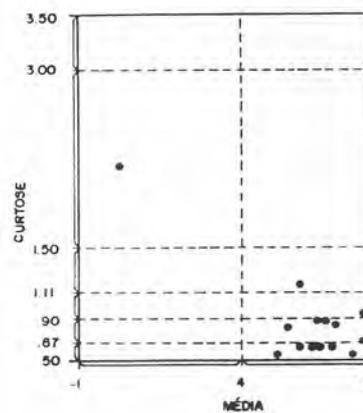
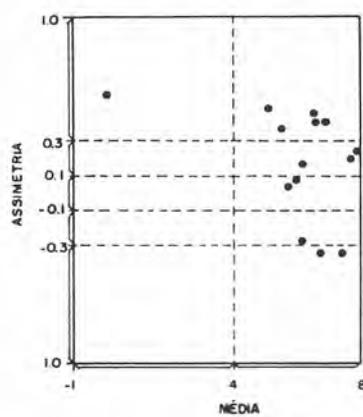
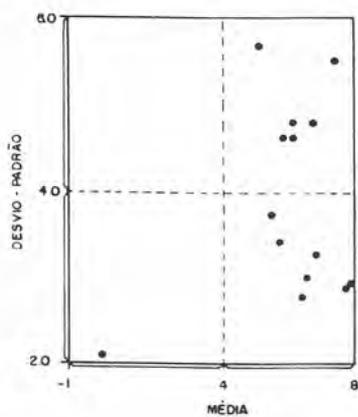


Figura 15 - Diagrama Triangular de classificação textural e gráficos dos parâmetros granulométricos (Mz x Di, Mz x Sk e Mz x Kg) dos sedimentos da seção Fazenda São Joaquim.

- Mineralogia das Areias

A composição das areias do arcabouço é bastante semelhante em todas as camadas, onde predomina quartzo monocristalino (com extinção leve a moderadamente ondulante), muscovita, anfibólio, concreções granulares (pretas e avermelhadas), box work, litoclastos de pelito (amarelados, argilosos, arredondados, com ou sem grânulos), feldspatos (microclina e sem geminação; frescos a parcialmente alterados), biotita, turmalina, zircão, fragmentos de rochas (chert, quartzo + quartzo, quartzo + biotita + muscovita, gnaiss alterado). Em lupa foram notadas a presença de ilmenita, zircão, sillimanita/cianita e granada (figura 16).

É interessante notar a predominância de turmalina na base e de alteritos no topo. Isto pode indicar uma mudança da fonte dos sedimentos ou esgotamento deste mineral na área fonte. Em geral, a grande quantidade de alteritos indica um retrabalhamento de sedimentos coluviais e mantos de intemperismo de rochas cristalinas alteradas, enquanto que a presença de turmalina em maior quantidade que a de "alteritos" indica um maior retrabalhamento de rochas do embasamento pré-cambriano. Portanto, a mudança de fonte para os sedimentos, não necessariamente indica uma mudança na direção do transporte, mas pode ser uma referência para um processo de erosão mais ou menos intenso. Quanto maior a ação erosiva, mais facilmente será atingido o embasamento cristalino.

- Mineralogia das Argilas (DR-X)

Os minerais de argila predominantes são: caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2(\text{OH})_4$) e gibsitita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), seguidas de goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$) - (figuras 17 e 18). Os picos da caolinita e gibsitita estão bem presença

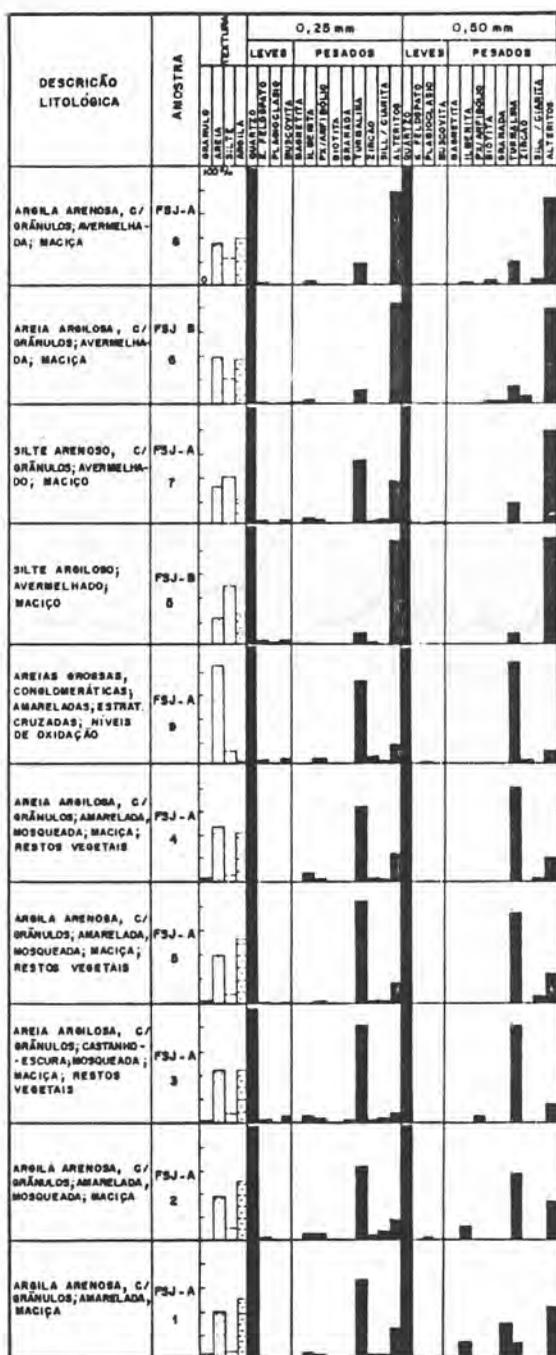


Figura 16 - Totais percentuais dos minerais leves e pesados das frações 0,50 e 0,25 mm, correspondentes às areias da seção Fazenda São Joaquim.

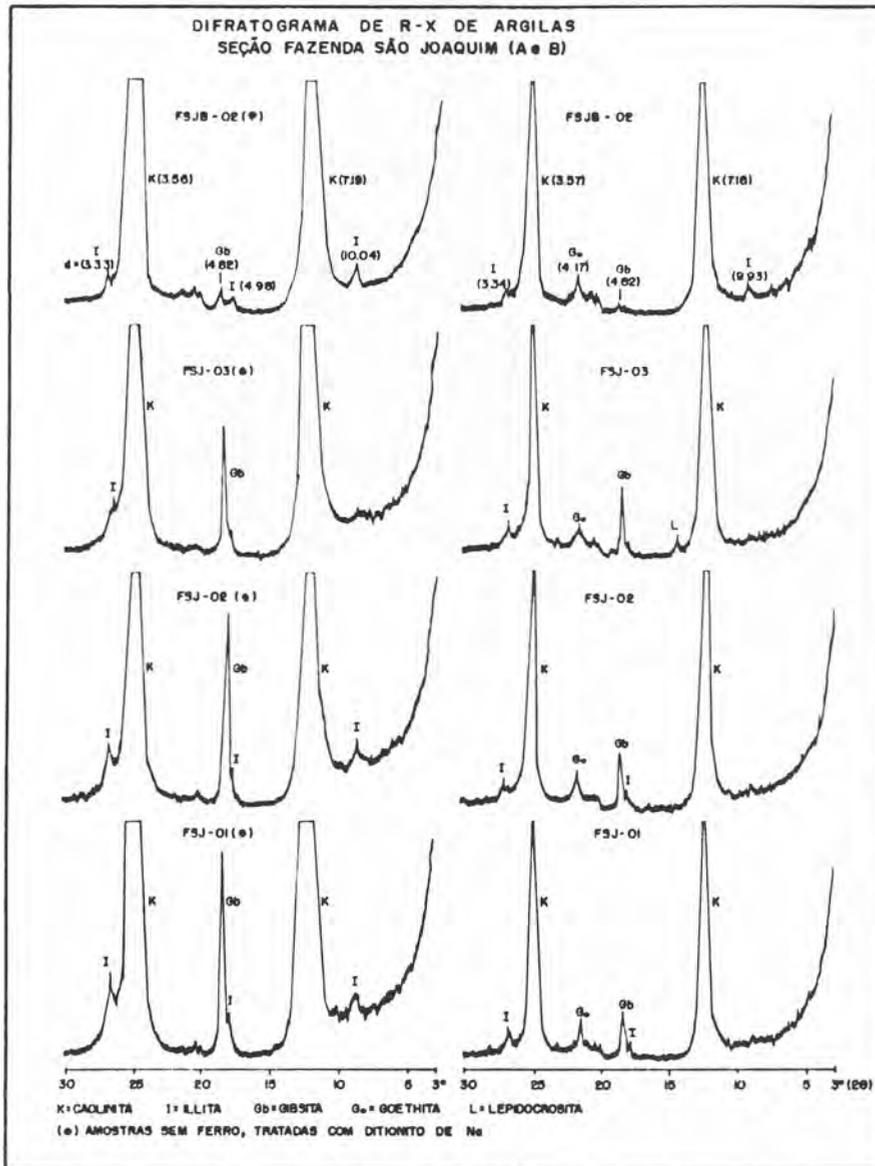


Figura 17 - Difrátogramas de raio-X de argilas da seção Fazenda São Joaquim (partes A e B).

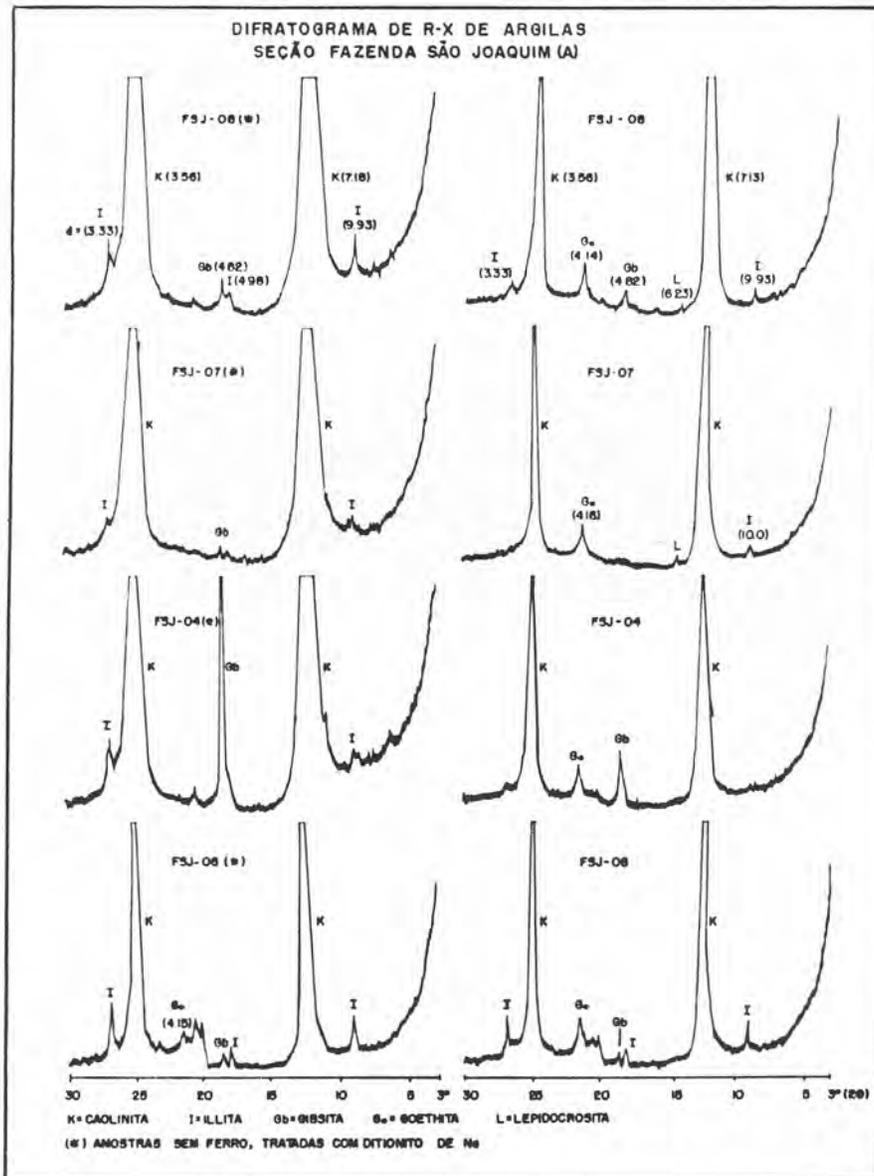


Figura 18 - Difrátogramas de raio-X de argilas da seção Fazenda São Joaquim (parte A).

desenvolvidos, o que pode indicar, além de uma grande quantidade, a de cristais bem desenvolvidos. Ocorrem traços de illita ($KAl(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$) e lepidocrosita ($FeO(OH)$). O fato da lepidocrosita não ser constante em todas amostras não significa que esteja restrita a algumas camadas, pois teria que ser feito um maior número de difratogramas de cada amostra para confirmar sua presença. A origem destes materiais (alúvios e colúvios) explica a presença de illita (ambiente de baixa lixiviação) juntamente com caolinita (característica de ambiente de alta lixiviação), gibsita, etc; pois é muito comum encontrar em materiais transportados minerais formados sob diferentes condições físico-químicas. Portanto a origem destes argilominerais é interpretada como detritica, necessitando de técnicas mais apropriadas para identificação dos minerais autigênicos. Quanto aos hidróxidos de ferro (goethita e lepidocrosita), acredita-se que sejam produto da alteração *in situ* de minerais ricos em ferro, mas pode haver contribuição da área fonte, o que é evidenciado pela presença de fragmentos de rochas bastante alterados. Os hidróxidos são tidos como os responsáveis pelas colorações amareladas e acastanhadas dos sedimentos.

- Características do R-X de Penetração

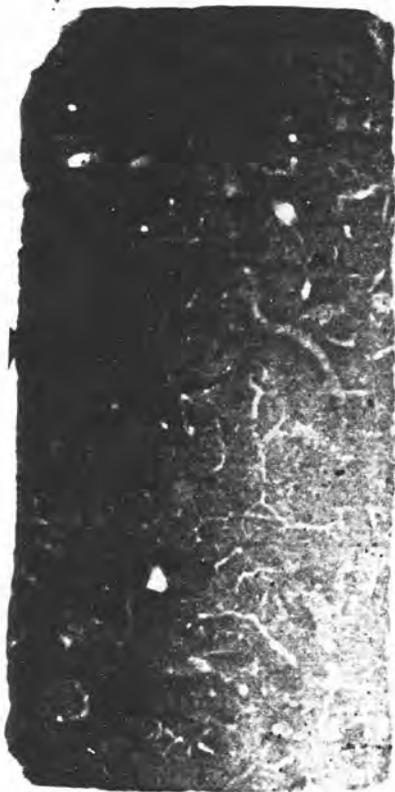
Na análise dos positivos FSJ#2 (Aloformação Manso - fácies Fazendinha) e FSJ#7 (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto) estão ressaltadas duas feições de porosidade: canais verticais a subverticais, alongados e largos e canais muito finos sem direção preferencial. Os canais verticais, mais largos, são intrpretados como resultado de bioturbação por finas raízes e/ou pequenos invertebrados (ex.: vermes), enquanto os canais mais finos se assemelham a microfraturas

da matriz (fina e maciça), interpretadas como resultantes da expansão e contração da matriz, em consequência da variação do lençol freático (figura 19).

Na amostra FSJ#6 (Aloformação Manso - fácies Campinho) pode ser observada a intercalação de níveis argilosos (Fl) e níveis arenos-argilosos (Gms), caracterizando a interdigitação lateral entre os inunditos e os depósitos de debris flow, provenientes da encosta (figura 20). São observados, também, finos canais verticais (bioturbação por finas raízes) truncando estas camadas.

Na amostra FSJ#9 (Aloformação Manso - fácies Campinho) - figura 20 - pode ser observada a intercalação de níveis argilosos (Fl) com níveis arenosos (Sh), como na fotografia 04. Os níveis argilosos se apresentam bastante bioturbados, tanto na parte inferior, quanto na parte superior do positivo fotográfico, com pequenos canais encurvados, que são interpretados como resultantes da ação de organismos invertebrados. Em consequência desta intensa bioturbação a estratificação original encontra-se deformada, inclusive o nível arenoso.

A amostra FSJ#10 (Aloformação Manso - fácies Campinho) - figura 20 - apresenta um alto grau de bioturbação das argilas, por raízes e organismos invertebrados (canais verticais a subverticais), que às vezes contém, em seu interior, matéria orgânica alterada. Uma intensa oxidação (presença de concreções ferruginosas, concêntricas ou não) é representada pelos pontos granulares pretos.



FSJ#2: Aloformação Manso - fácies Campinho,
← litofácies Gms.



FSJ#7: Aloformação Manso - fácies Quebra-
Canto, litofácies Fm.

Figura 19 - Positivos fotográficos obtidos com raio-x de penetração em amostras indeformadas - seção Fazenda São Joaquim, amostras FSJ#2 e FSJ#7. Escala: 1:1.

FSJ#6: Aloformação Manso -
fácies Campinho,
litofácies Fl.



FSJ#9: Aloformação Manso -
fácies Campinho,
litofácies Fl.



FSJ#10: Aloformação Manso -
fácies Campinho,
litofácies Fm.

Figura 20 - Positivos fotográficos obtidos com raio-x de penetração em amostras indeformadas - seção Fazenda São Joaquim, amostras FSJ#6, FSJ#9 e FSJ#10. Escala: 1:1.

Aspectos eodiagenéticos

Os materiais matriz-suportados apresentam, comumente, micro poro-canais e pequenas cavidades; em algumas amostras ocorrem canais subverticais (amostra FSJ-3), que podem ou não perturbar a estratificação subhorizontal pouco desenvolvida (amostras FSJ-1/2/3/4/5/8/12). Os micro poro-canais, também observados nos positivos fotográficos do raio-X de penetração, existentes na matriz representam microfraturas de contração, resultantes da expansão e contração dos argilominerais, em decorrência da variação do lençol freático. A saturação deste material leva à expansão da matriz (saturação), e assim que ocorra perda de água são formadas as microfraturas de ressecamento (muitas vezes dando o aspecto de "rachaduras" no material). As cavidades são interpretadas como resultantes, principalmete da ação de microorganismos, entretanto algumas cavidades podem ser resultantes da dissolução de alguns minerais mais instáveis, tais como os feldspatos. Associado ao processo de escape da água através dos poros acanalados e cavidades ocorre infiltração mecânica de argilas, orientadas ao longos deles, mas que pode também estar contornando os grãos (fotomicrografia 15 - anexo I).

Uma característica identificada nas areias finas a muito finas e maciças é o alto grau de oxidação da escassa matriz (siltica), que contém finos poros intergranulares preenchidos por óxidos/hidróxidos de ferro. Este preenchimento representa uma cimentação incipiente por ferro (amostra FSJ-7), proveniente da alteração de minerais preexistentes ricos em ferro. A percolação de óxidos chega a truncar alguns cristais de mica. .

Os níveis de argilas-silticas e siltes, intercalados com níveis arenosos (areias médias a finas, sem matriz), ao serem

observados em lâmina delgada, em geral apresentam estrutura plano-paralela subhorizontal, pouco a bem desenvolvida (amostras FSJ-9/10/11). Como acontece com as areias finas, os níveis mais grosseiros possuem porosidade intergranular preenchida, geralmente, por óxidos/hidróxidos de ferro, que impregnam a superfície dos grãos (amostras FSJ-9 e 11).

As micas se apresentam bastante alteradas (com extremidade em leque) e deformadas (fotomicrografias 20, 21, 23 e 24). Durante o transporte os cristais de mica podem ser quebrados e ter suas lamelas separadas, mas nota-se indícios de uma compactação mecânica incipiente, originando cristais deformados. A deformação mecânica acelera o processo de alteração das micas, na medida em que suas lamelas são separadas facilitando a percolação de fluidos.

Em geral o acamamento está bastante perturbado, tanto nos níveis mais finos como nos mais grosseiros (fotomicrografias 28, 30 e 31). Os níveis mais finos estão bastante oxidados e possuem micro poro-canais que cortam os planos de estratificação (amostra FSJ-11) ou estão subparalelos a estes (amostra FSJ-9). Os poro-canais verticais, algumas vezes, cortam tanto os níveis arenosos como os argilo-silticos, e, outras vezes, param no topo de níveis mais finos; isto pode indicar períodos de não sedimentação, marcados pelo crescimento de vegetação, cujas raízes formariam estes poro-canais de bioturbação. Os poro-canais verticais, de tamanho variado, provavelmente, representam finas raízes, pois alguns deles estão preenchidos (parcial ou totalmente) ou apresentam suas paredes internas envoltas por óxidos (ou matéria orgânica oxidada).

V.2 - Localidade Fazenda Leal

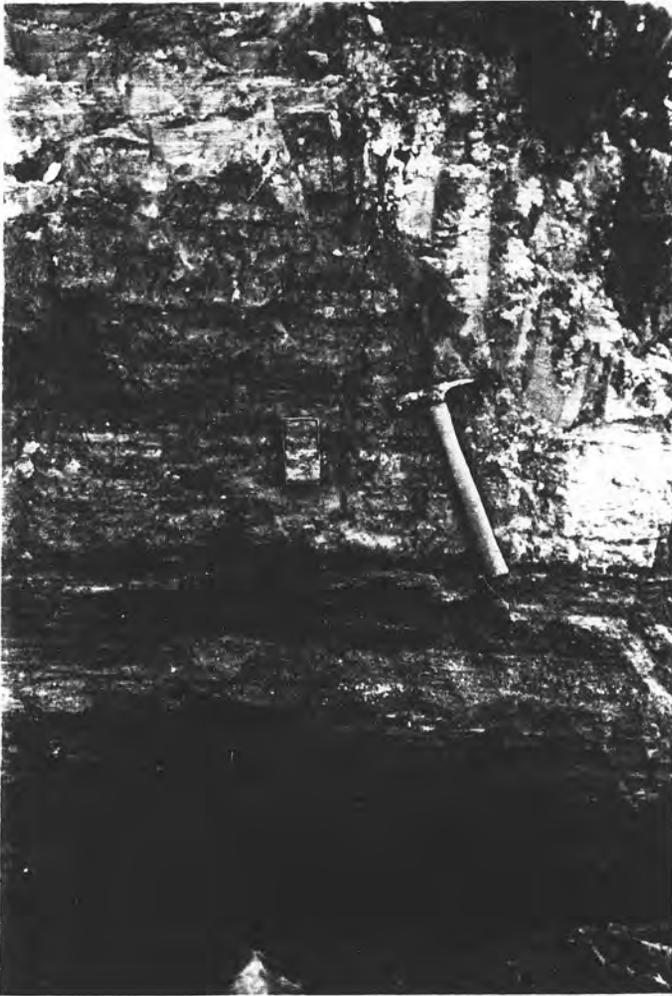
Trata-se de um terraço fluvial (T₁), parcialmente reafeiçoado por uma cobertura coluvial (figura 21), numa posição proximal em relação à uma cabeceira de drenagem.

Observando o mapa geológico da CPRM (1:50.000), esta seção está inserida na unidade geológica Gr_{rt} (Granitóide Rio Turvo), que é constituída por biotita-(muscovita)-(granada)-(anfíbólio) granitóides porfiroblásticos e milonitos gnaisses.

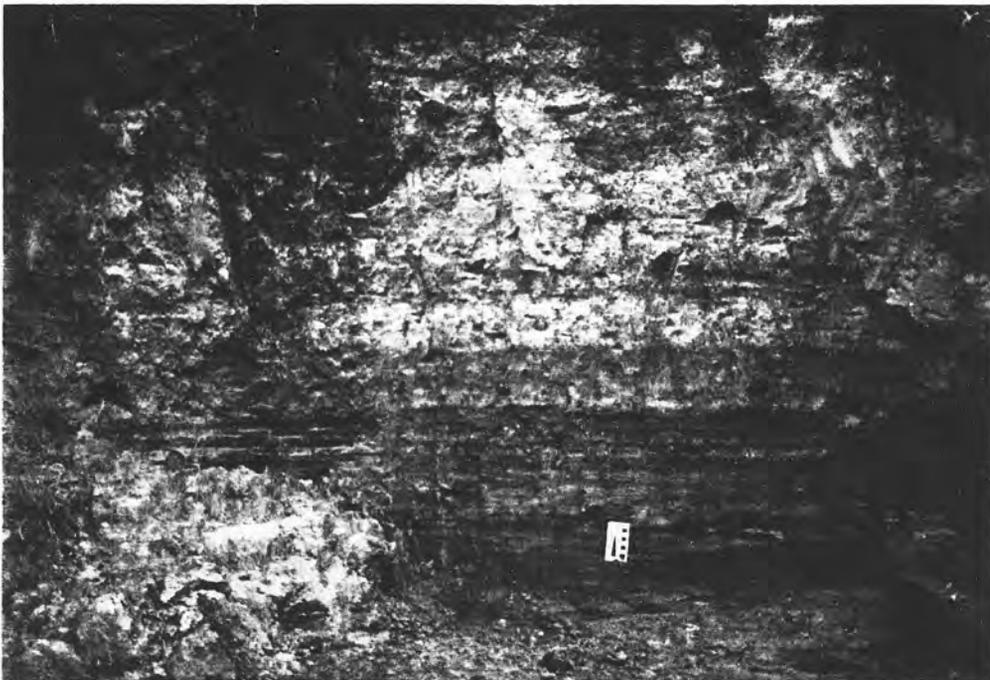
Aspectos faciológicos e sedimentológicos

Foram identificados três tipos de litofácies (de acordo com aquelas definidas por Miall, 1977 e 1978): **F1**, **Sh** e **Gms**. A litofácies **F1** é composta por um material silto-argiloso rosado/amarelado, finamente laminado com níveis de areia fina intercalados, bioturbados. Passam gradacionalmente para areias muito grossas a médias (fotografia 05), cujos grãos são angulosos a subangulosos; esbranquiçadas e amareladas, feldspáticas e micáceas; com estratificação plano-paralela subhorizontal. Na parte intermediária da seção as areias se encontram arroxeadas. O aspecto geral das camadas, nesta seção é tabular (fotografia 06). Estes sedimentos são reunidos na litofácies **Sh**, e compõem o elemento LS, sendo interpretados como resultantes de fluxo em leito plano (*sheet* ou *blanket*). Tanto na parte basal da seção, como na parte intermediária a passagem dos sedimentos da litofácies **F1** para os da litofácies **Sh** é gradacional.

No topo, recobrando a seqüência de areias e argilas estratificadas, identificou-se a litofácies **Gms**, constituída por sedimentos areno-argilosos, com grânulos, avermelhados, com estrutura maciça. Representam fluxos de detritos (*debris flow*) - compõem o elemento SG.



Fotografia 05 - Contato gradacional entre os inunditos (Fl) leito plano (Sh) - localizado na base da seção Fazenda Leal, onde foi coletada a amostra indeformada FL#1.



Fotografia 06 - Aspecto tabular das camadas na seção Fazenda Leal.

SEÇÃO FAZENDA LEAL

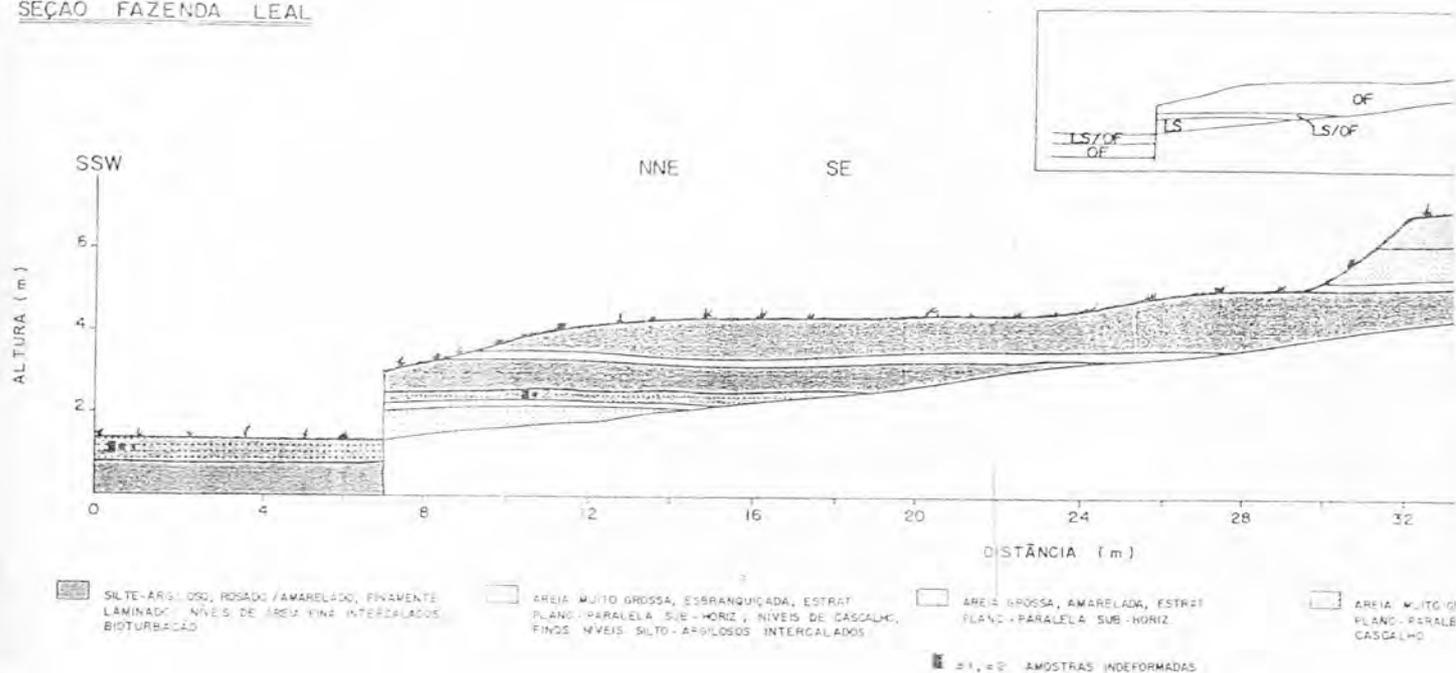


Figura 21 - Seção estratigráfica Fazenda Leal. Elementos arquiteturais (segundo Miall, 1985) identificados na seqüência deposicional: OF= depósitos finos de inundação; LS= camadas tabulares de areias laminadas; SG= depósitos por fluxos gravitacionais de sedimentos; LS/OF= relação de estreita intercalação entre esses elementos.

SEÇÃO FAZENDA LEAL

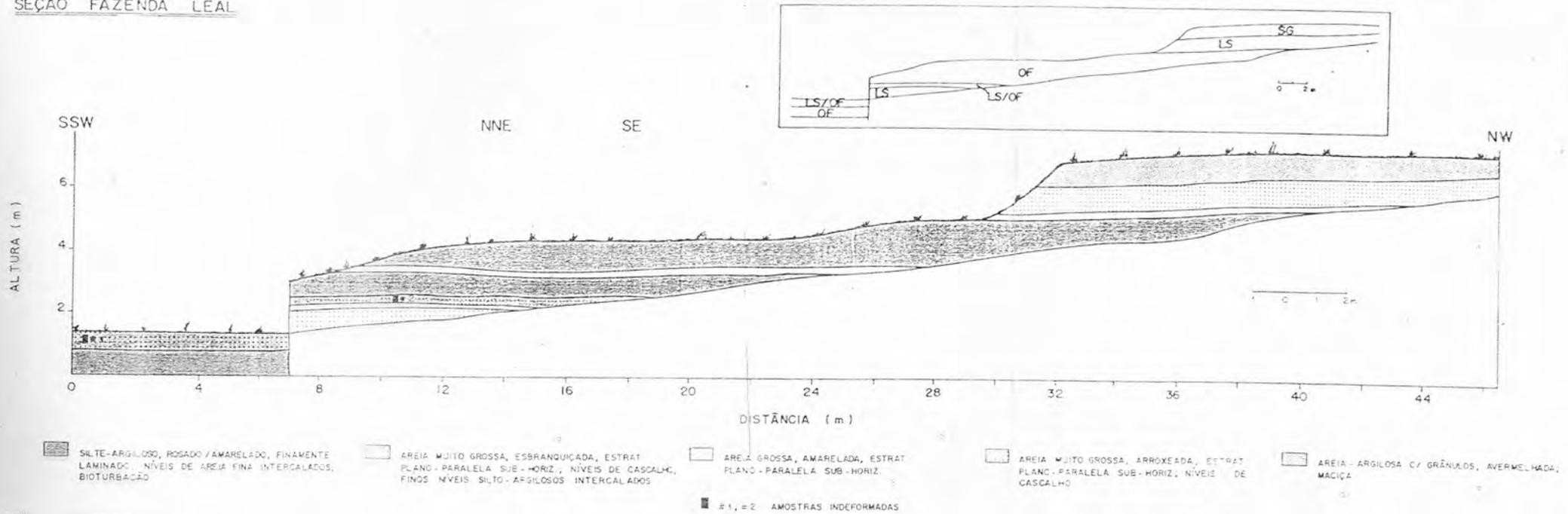


Figura 21 - Seção estratigráfica Fazenda Leal. Elementos arquiteturais (segundo Miall, 1985) identificados na seqüência deposicional: OF= depósitos finos de inundação; LS= camadas tabulares de areias laminadas; SG= depósitos por fluxos gravitacionais de sedimentos; LS/OF= relação de estreita intercalação entre esses elementos.

- Características Texturais

Texturalmente, os sedimentos que compõem esta seção foram grupados em, basicamente, dois grupos: um arenoso e outro silto-argiloso (figura 22). O primeiro grupo reúne as camadas que representam o elemento arquitetural LS, e o segundo grupo, os elementos OF e SG.

Tanto os sedimentos finos, quanto os grosseiros apresentam-se muito mal selecionados. A assimetria varia de positiva a muito positiva representando um excesso de material fino. Quanto ao parâmetro curtose, os materiais mais finos são leptocúrticos a extremamente leptocúrticos e os mais grosseiros são mesocúrticos a platocúrticos. São sedimentos que apresentam uma bimodalidade, em relação à composição textural (figura 22).

- Mineralogia das Areias

Mineralogicamente são sedimentos bastante quartzosos (quartzos monocristalinos), mas com índices relevantes de feldspatos e biotitas (frescos e parcialmente alterados). Ocorrem em menor quantidade: alteritos, zircão, turmalina e ilmenita; e ocasionalmente: muscovita, sillimanita/cianita (figura 23).

A presença marcante de minerais instáveis, como, feldspato, biotita e ilmenita, se deve ao fato desta seção estar bem próxima da área fonte, que possui rochas do embasamento cristalino aflorantes.

Esta assembléia mineralógica indica como área fonte rochas graníticas, ricas em biotita; além de contribuições de solos ou manto de intemperismo, principalmente pela presença de alteritos, cujos principais tipos são: fragmentos de colúvio (amarelado) e de rocha (quartzo + muscovita, quartzo + plagioclásio, quartzo policristalino - com extinção fortemente ondulante), concreções granulares pretas e

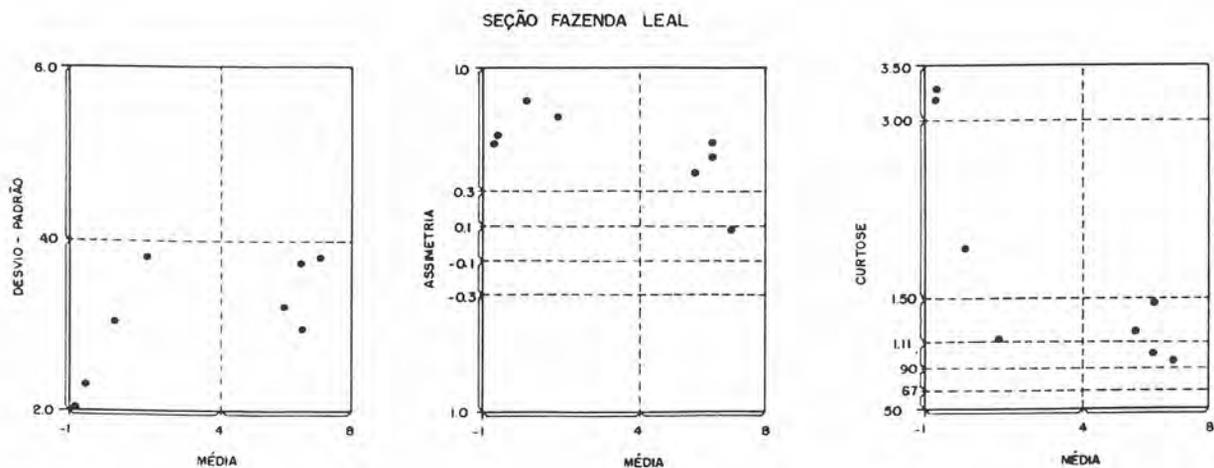
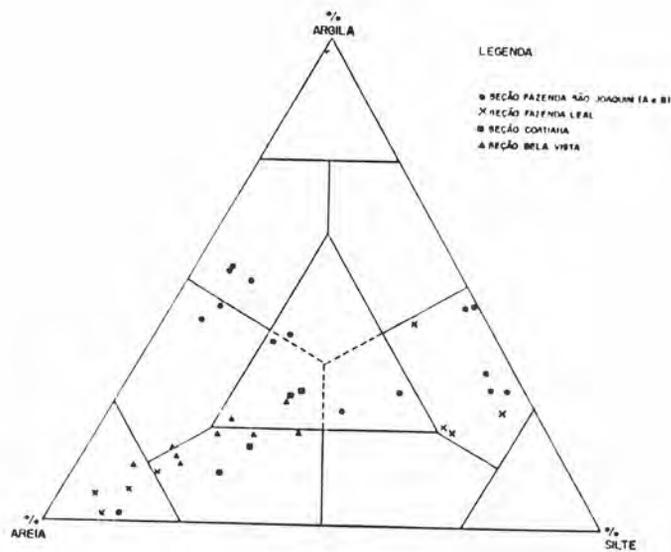


Figura 22 - Diagrama Triangular de classificação textural e gráficos dos parâmetros granulométricos (Mz x Di, Mz x Sk e Mz x Kg) dos sedimentos da seção Fazenda Leal.

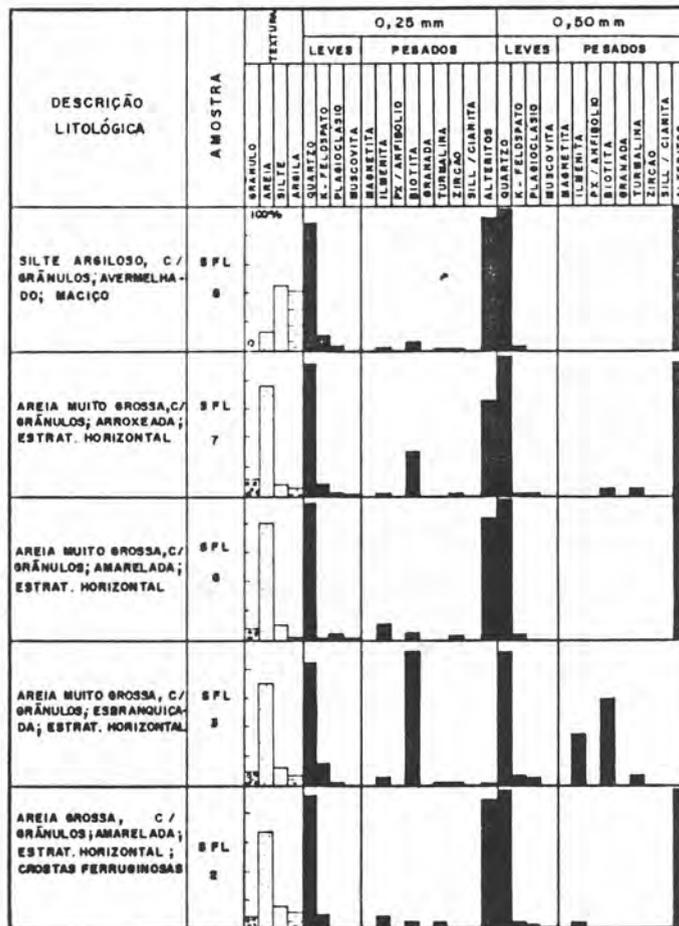


Figura 23 - Totais percentuais dos minerais leves e pesados das frações 0,50 e 0,25 mm, correspondentes às areias da seção Fazenda Leal.

avermelhadas (tais como: box work - alteração de minerais ricos em ferro, como ilmenita, magnetita e granada; óxidos granulares não identificados).

- Mineralogia das Argilas (DR-X)

Os diversos sedimentos que compõem esta seção possuem uma composição mineralógica de argilas bastante similar, tanto na base como no topo (figura 24). A caolinita é o argilomineral dominante, seguida por goethita e gibsita. A illita e lepidocrosita ocorrem como traços. A presença de traços de illita (ambiente de baixa lixiviação) entre caolinita, goethita, lepidocrosita e gibsita (ambiente de alta lixiviação) é novamente explicada como na localidade anterior - o fato do material ser transportado, sedimentos de fontes com diferentes graus de lixiviação são misturados.

- Características do r-X de Penetração

A amostra FL#1 (Aloformação Manso - fácies Campinho, litofácies Sh) representa areias com estratificação plano-paralela do elemento LS e a amostra FL#2 (Aloformação Manso - fácies Campinho, litofácies Sh) representa um nível de intercalação entre depósitos do elemento arquitetural OF e LS.

Observando os positivos das chapas de raio-x (FL#1 e FL#2) - figura 25 - pode ser observado a estratificação plano-paralela bem marcada pela diferença granulométrica dos finos níveis intercalados de areias e siltes-argilosos. O topo da amostra FL#1 é marcado por um fino nível oxidado, deformado por bioturbação. A formação de um nível oxidado e bioturbado pode indicar uma parada na deposição e conseqüente exposição temporária do depósito.

A bioturbação é praticamente inexistente no nível arenoso (FL#2), subjacente ao fino nível oxidado.

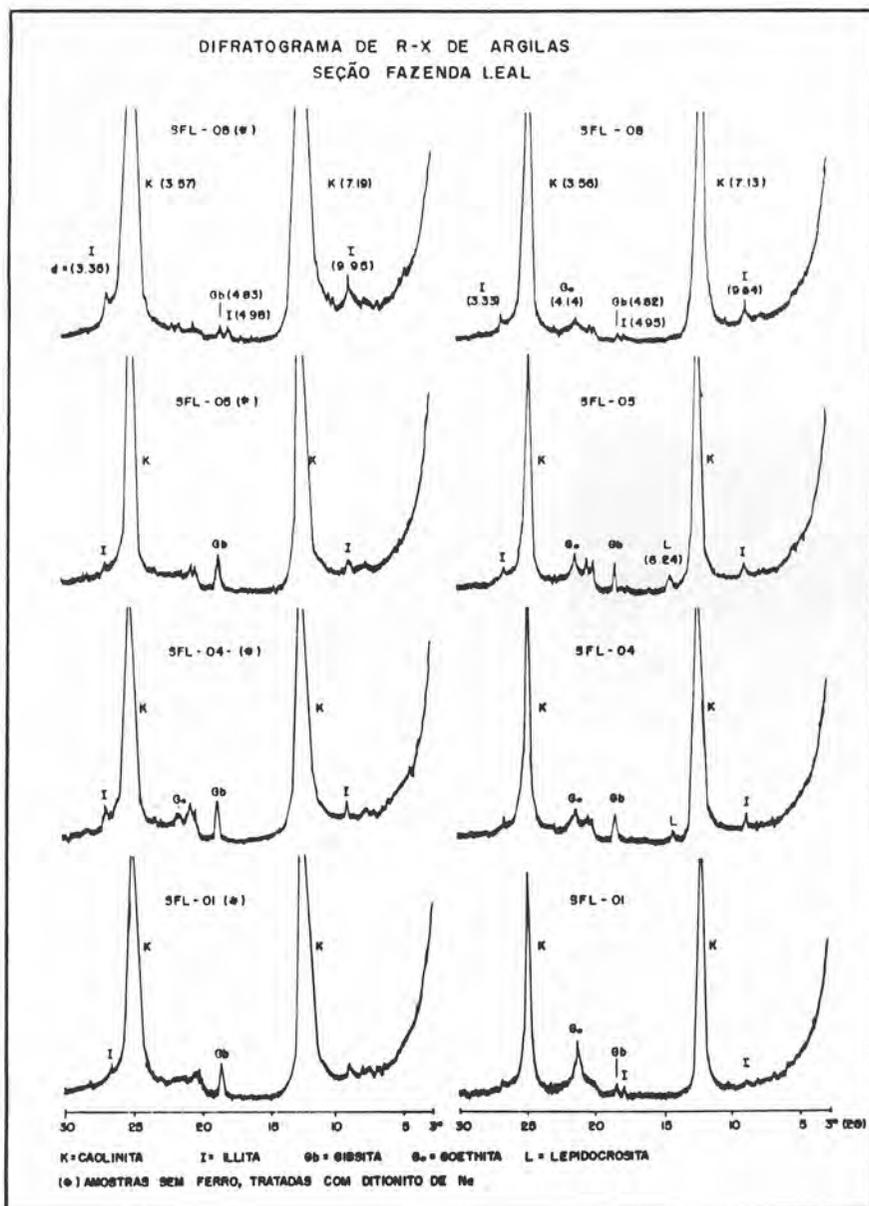


Figura 24 - Difrátogramas de raio-X de argilas da seção Fazenda Leal.



FL#1: Aloformação Manso - fácies Campinho,
litofácies Sh.

FL#2: Aloformação Manso - fácies Campinho,
litofácies Sh/Fl.



Figura 25 - Positivos fotográficos obtidos com raio-X de penetração em amostras indeformadas - seção Fazenda Leal, amostras FL#1 e FL#2.

Aspectos Eodiagenéticos

De acordo com a observação petrográfica, foram notados alguns processos pós-deposicionais, tais como: compactação mecânica das micas, hidratação das micas e cimentação incipiente por óxido/hidróxido de ferro.

A compactação mecânica é evidenciada pela presença de grande quantidade de micas deformadas e quebradas (fotomicrografia 18 - anexo I).

A hidratação das micas é evidenciada pela abertura em leque das extremidades do mineral e deslocamento das lamelas (fotomicrografia 19 - anexo I).

Como pode ser observado na fotomicrografia 01 (anexo I), os níveis arenosos possuem uma alta porosidade intergranular e boa permeabilidade, (apesar da dificuldade de identificação da porosidade, devido ao uso de resina incolor na impregnação das amostras). Estes fatores facilitam a percolação da água, facilitando a hidratação das micas. É importante ressaltar que a deformação mecânica torna as micas bastante suscetíveis à percolação de água por entre seus planos de clivagem; o início do processo de hidratação das micas se dá com a abertura de suas extremidades em leque. O processo de alteração dos feldspatos também é facilitado pela percolação da água, sendo que vários cristais podem já ter vindo alterados da área fonte. Um interessante processo observado é aquele de alteração das biotitas. Encontram-se cristais parcialmente alterados, mostrando a liberação do ferro para a cimentação incipiente por óxidos/hidróxidos de ferro, que é percolada ao longo da porosidade. A presença de níveis completamente oxidados deve indicar que foi um nível rico em biotitas.

Observam-se alguns níveis oxidados perturbados, localmente.

provavelmente por bioturbação de raízes, reforçando a idéia destes níveis oxidados representarem "paradas" na deposição, possibilitando o crescimento de vegetação.

V.3 - Localidade Bela Vista

Trata-se de uma cabeceira de drenagem "afogada" denominada Bela Vista, onde, atualmente, desenvolve-se o processo de erosão linear acelerada (voçorocas) com canal erosivo de 300m de extensão, 35m de largura e paredes expostas com até 15m de profundidade - fotograf. 07.



Fotografia 07 - Vista panorâmica da voçoroca onde foram realizados os perfis estratigráficos da localidade Bela Vista. Observar tabularidade das camadas. Presença de fluxo canalizado dentro da voçoroca.

Insere-se na unidade geológica Três Ilhas (PCimdct) - figura 02, cap. II.2 - constituída por migmatitos diversos com paleossoma anfibolítico (ou biotítico-anfibolítico) e por faixas de intensa cataclase.

Os estudos estratigráficos, em perfis verticais, foram feitos na parede de uma voçoroca atual localizada no eixo longitudinal da rampa de alúvio-colúvio (fotografia 08).



Fotografia 08 - Perfil estratigráfico (A) - localidade Bela Vista.

De acordo com a figura 26, Silva (1991) descreve as principais relações morfoestratigráficas encontradas: a preservação dos depósitos da Aloformação Cotiara na posição de interflúvio (divisor), é correlacionada ao fenômeno de inversão topográfica intra-anfiteatro. Os depósitos alúvio-colúviais (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto) preenchem os paleocanais erosivos. Os depósitos colúviais mais recentes (Aloformação Carrapato) estão ligados a uma fase mais recente de retrabalhamento das encostas, possuindo ocorrência restrita aos

segmentos de baixa encosta.

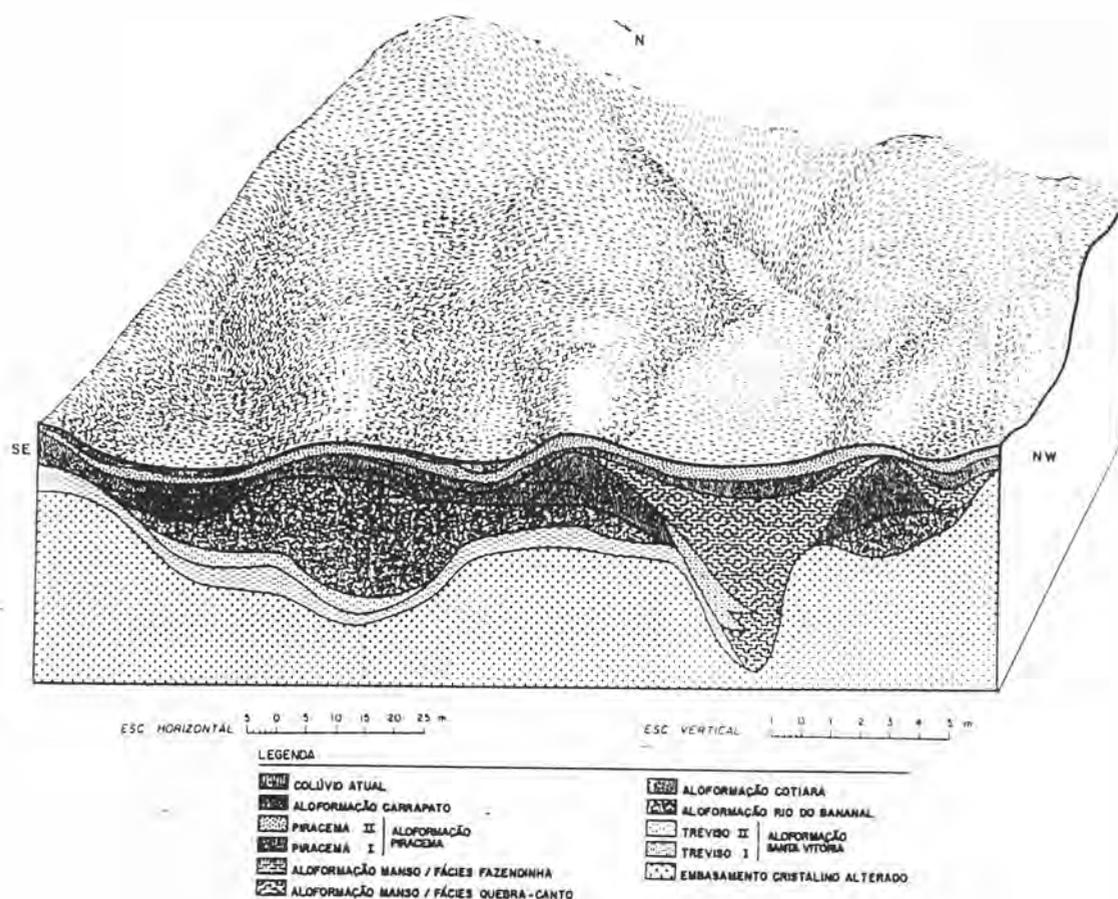


Figura 26 - Bloco diagrama com a reconstituição estratigráfica da sondagem Bela Vista (in Moura, 1990).

Documentou-se a distribuição dos depósitos alúvio-colúviais em camadas diferenciadas, tabulares a lenticulares, assim como o recobrimento pelos depósitos colúviais da Aloformação Piracema. Os depósitos alúvio-colúviais (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto) foram identificados diretamente em inconformidade sobre o embasamento cristalino alterado, encontrando-se interdigitados, à jusante, com depósitos flúviais da fácies Campinho da Aloformação Manso.

Aspectos faciológicos e sedimentológicos

Nos perfis estratigráficos (A e B) - fig. 27 - pode-se notar o caráter lenticular a tabular das camadas. É caracterizado em sua base por um material arenoso grosseiro com grânulos de quartzo, grãos angulosos a subangulosos, muito mal selecionados; a matriz existente (até cerca de 20 %) é composta por areia fina a siltica. Apresenta estrutura plano-paralela subhorizontal pouco desenvolvida, com leve orientação dos minerais tabulares. Em geral se apresenta maciça. Estes

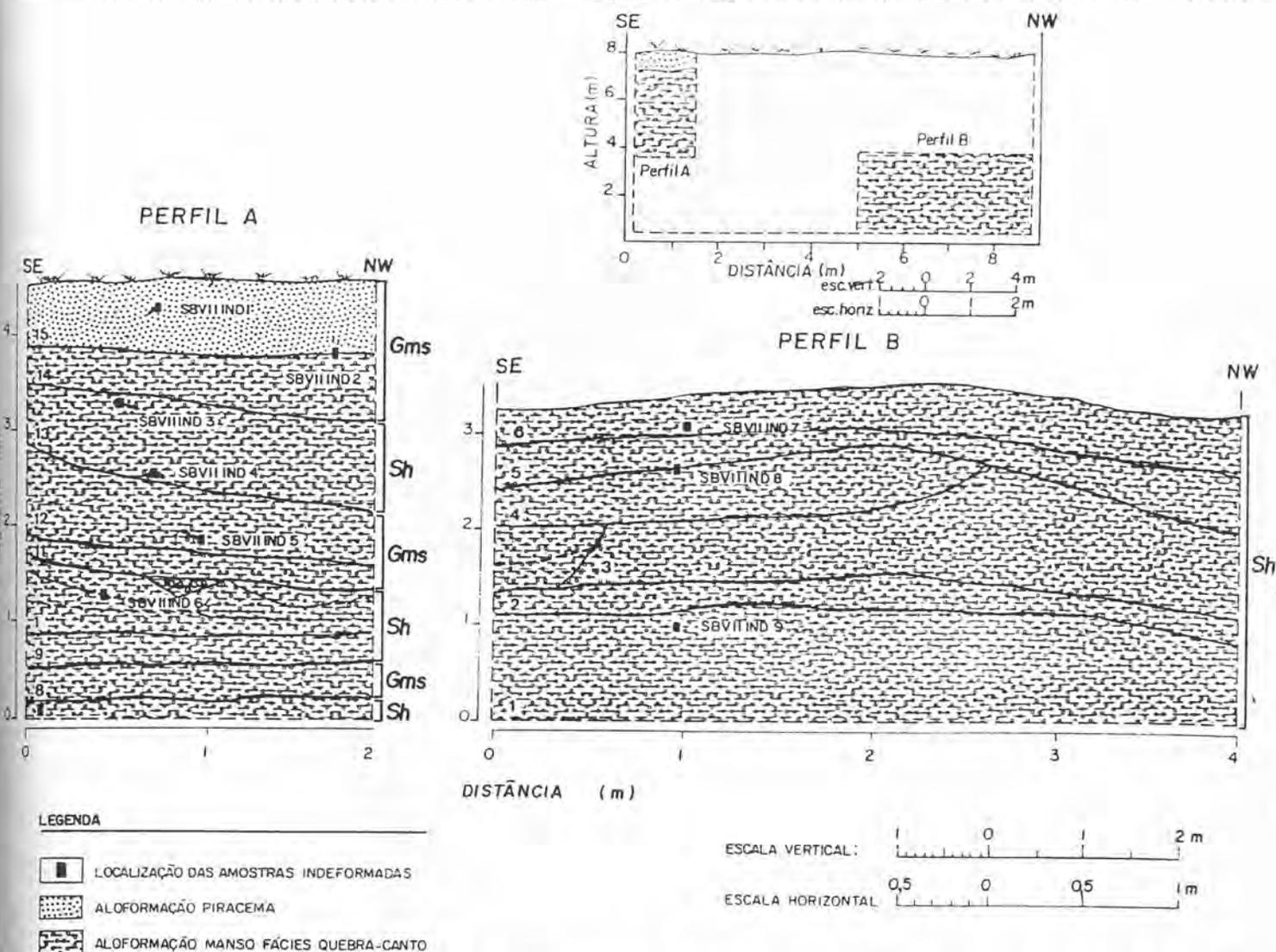


Figura 27 - Perfis estratigráficos em detalhe realizados na parede da voçoroca na localidade Bela Vista (in Silva, 1991). Lito-fácies (segundo Miall, 1978) identificadas na seqüência deposicional: Gms= areias argilosas com grânulos, maciças; Sh= areias com estratificação horizontal.

- Características Texturais

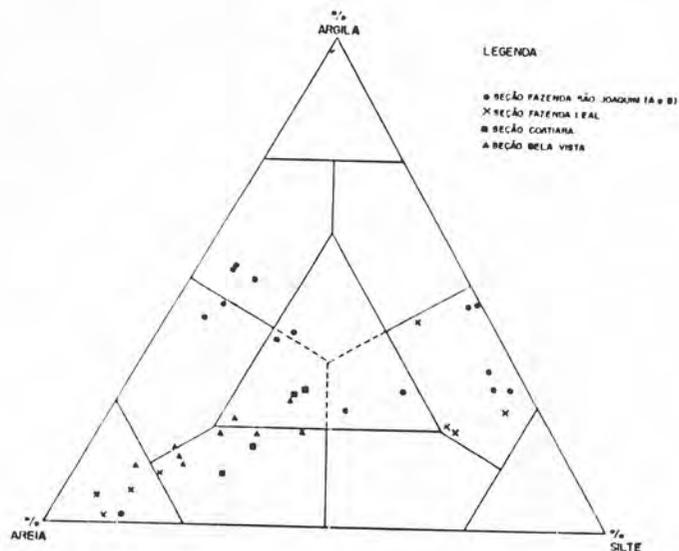
A classificação textural destes depósitos pode ser observada na figura 28, nota-se a predominância de sedimentos arenosos a arenosiltíticos. Foram encontrados valores de assimetria predominantemente muito positiva. Os valores de curtose variam de muito platicúrtica a mesocúrtica, nas areias ocorrem valores de curtose leptocúrtica.

- Características Mineralógicas das areias

São sedimentos bastante quartzosos, (grãos de quartzo monocristalino (com extinção rápida a levemente ondulante). Alguns grãos apresentam-se bastante fraturados, com preenchimento destas fraturas por óxidos pretos e avermelhados. Em menor quantidade ocorrem micas (muscovitas e biotitas, frescas a parcialmente alteradas), alteritos (concreções granulares pretas e avermelhadas, "box work"), fragmentos de colúvio (amarelado, argiloso, arredondado, com ou sem grânulos de quartzo) e de rocha (quartzo + quartzo, quartzo + feldspato, muscovita + quartzo, gnaisse alterado). Como traços ocorrem: feldspatos (alterados a parcialmente alterados - microclina e plagioclásio), anfibólio (hornblenda), turmalina, zircão, ilmenita, granada. Na análise em lupa é marcante a presença de k-feldspato especialmente nas camadas basais e a participação secundária de turmalina e biotita (figura 29).

- Raio-x de Penetração

A figura 30 mostra positivos fotográficos da estrutura indeformada dos materiais coluviais e alúvio-coluviais analisados para a seção Bela Vista. Na amostra BV-1 (Aloformação Piracema, litofácies Gms) observa-se o elevado grau de bioturbação com canais verticais a subverticais, estrutura maciça com presença de inúmeras



LEGENDA

- SEÇÃO FAZENDA SÃO JOAQUIM TA 01
- X SEÇÃO FAZENDA I EAL
- SEÇÃO CORTIANA
- ▲ SEÇÃO BELA VISTA

SEÇÃO BELA VISTA

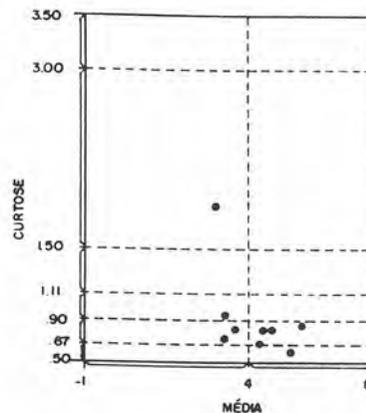
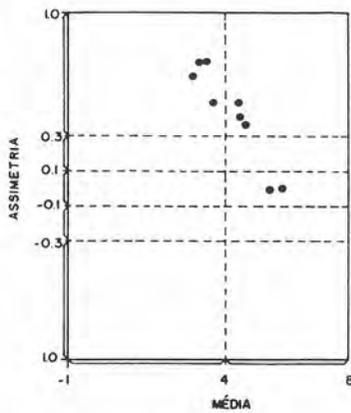
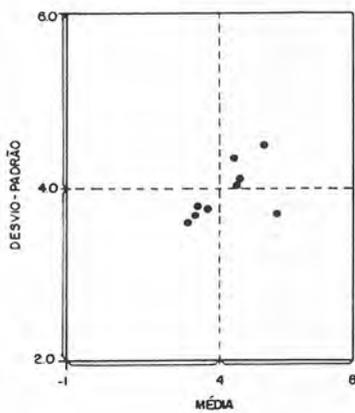
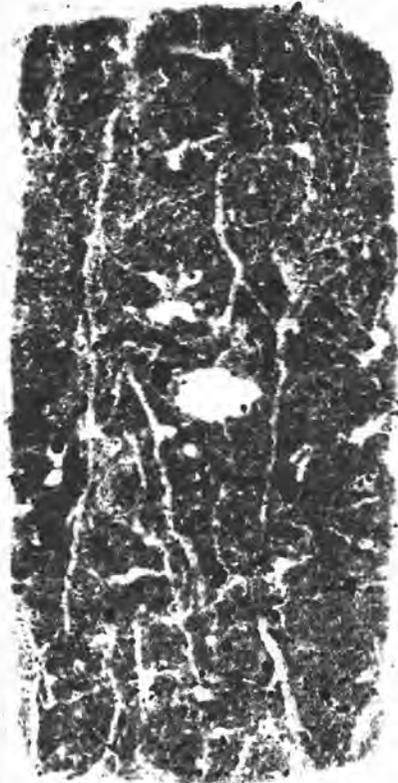


Figura 28 - Diagrama Triangular de classificação textural e gráficos dos parâmetros granulométricos ($Mz \times Di$, $Mz \times Sk$ e $Mz \times Kg$) dos sedimentos da seção Bela Vista.

pontuações pretas no tamanho de areia fina e média, de diâmetros entre 1mm a 2mm, que correspondem, em geral, a grãos alterados (geralmente cobertos por uma fina película ferruginosa. O depósito subjacente representado pela amostra BV-3 (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto, litofácies Sh) possui um menor índice de bioturbação, sendo visualizados apenas finos poro-canaís sem direção preferencial, e pequena quantidade de pontuações pretas; mas mantém a estrutura maciça. As amostras BV-6 (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto, litofácies Sh) e BV-9 (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto, litofácies Sh) representam dois grupos distintos: um extremamente grosseiro com grãos de diâmetro de até 6mm (BV-6) e outro, subjacente, de granulometria mais fina, tendo em média 2mm de diâmetro (BV-9). As amostras mais grosseiras apresentam intercalações de materiais finos e grosseiros, com leve alinhamento dos grãos. No entanto este tamanho de amostra é insuficiente para realização de considerações mais específicas. As amostras compostas por grãos mais finos apresentam maior homogeneidade e maior grau de bioturbação.

Aspectos Eodiagenéticos

As camadas de granulometria fina (areno-sílticas a silto-arenosas), representantes da litofácies Gms, apresentam sua matriz com microfraturas (poro-canaís muito finos) e muitas cavidades (amostras BV-2 e BV-5), às vezes conectadas entre si por poro-canaís. Elas ocorrem em camadas do topo. A sua coloração é avermelhada a acastanhada, apresentando-se bastante oxidada. Na camada do topo (BV-1 - Aloformação Piracema) são freqüentes os pigmentos avermelhados, responsáveis pela tonalidade vermelha da camada, diferenciando, desta forma, a unidade Piracema das unidades subjacentes.



BV-1: Aloformação Piracema,
litofácies Gms. ←



BV-3: Aloformação Manso -
fácies Quebra-Canto,
litofácies Sh. →



BV-6: Aloformação Manso -
fácies Quebra-Canto,
litofácies Gms. ←



BV-9: Aloformação Manso -
fácies Quebra-Canto,
litofácies Sh. →

Figura 30 - Positivos fotográficos obtidos com raio-X de penetração em amostras indeformadas - seção Bela Vista, amostras BV#1, BV#3, BV#6 e BV#9. Escala: 1:1.

No material arenoso da fácies Quebra-Canto ocorre porosidade (primária) intergranular, que pode se apresentar preenchida por óxidos/hidróxidos de ferro, indicando uma cimentação incipiente (amostras BV-4 e BV-8) decorrente da percolação de óxidos/hidróxidos.

A compactação mecânica é evidenciada nos sedimentos arenosos da fácies Quebra-Canto pelas biotitas deformadas e pelos fragmentos de colúvio (fotomicrografias 06 - anexo I) que se encontram completamente desagregados ou em via de desagregação, (fotomicrografia 17 - anexo I). Algumas vezes encontra-se somente os grânulos de quartzo com uma fina película de matriz envolvendo-o (fotomicrografias 07 - anexo I), o que é interpretado como retrabalhamento de fragmentos de colúvio durante o transporte. As biotitas estão parcial ou totalmente alteradas e deformadas, apresentando uma birrefringência muito baixa. Na fotomicrografia 25 (anexo I) pode ser observado a alteração da biotita da borda para o centro (o seu núcleo ainda está preservado). Esta alteração é responsável pela liberação de ferro em níveis oxidados, gerando uma cimentação incipiente.

Em algumas camadas (amostras BV-1 e BV-4), a matriz possui uma coloração mais amarelada e textura mais fina ao redor das cavidades existentes, indicando processos de migração de argila, mobilizada juntamente com a água que percola pelos sedimentos, e assim que há expulsão da água as argilas se depositam, com uma orientação que acompanha a forma das cavidades ou dos grãos existentes.

V.4 - Localidade Cotiara

É composta por dois anfiteatros (figura 31): um com reentrância côncava-plana (HCP- *hollow* côncavo plano) - anfiteatro

Cotiara I (fotografia 09), e outro com reentrância côncava (HC- *hollow* côncavo) - anfiteatro Cotiara II. A seção Cotiara representa um corte transversal dos anfiteatros Cotiara I e II, onde se realizou dois perfis verticais (A e B), para caracterização dos depósitos proximais provenientes destes anfiteatros.

Nos levantamentos estratigráficos efetuados na seção (figuras 32), Silva (1991) identificou um entalhe erosivo que chegou a atingir o embasamento cristalino alterado, registrando uma significativa discordância erosiva entre os depósitos alúvio-colúviais da fácies Quebra-Canto e os colúviais da Aloformação Cotiara.

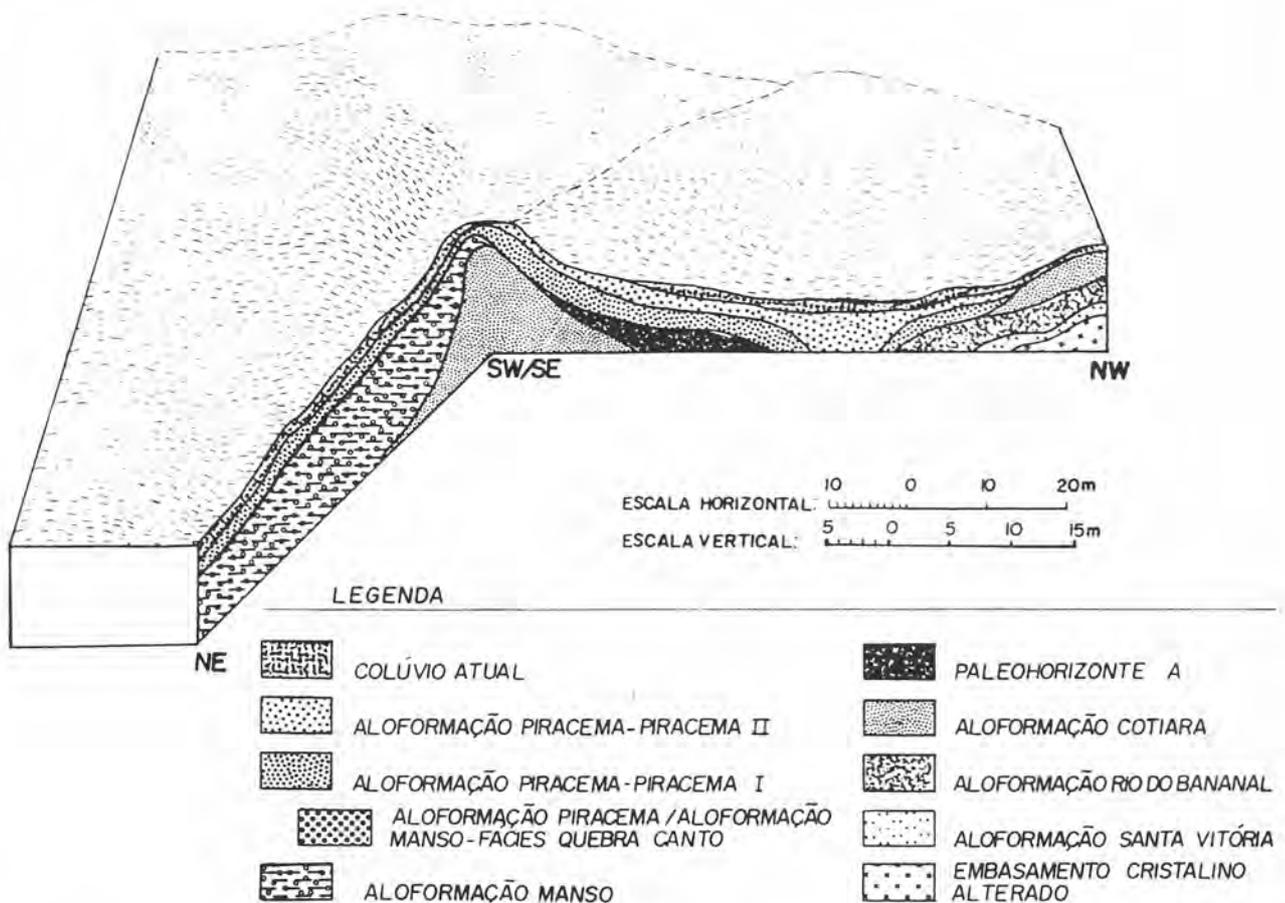


Figura 31 - Bloco diagrama esquemático com a reconstituição estratigráfica dos anfiteatros Cotiara I e II - seção Cotiara (in Moura, 1990).



Fotografia 09 - Vista panorâmica da seção Cotiara.

Esta localidade está inserida na unidade geológica Três Ilhas (fig. 2, cap. II.2) composta basicamente por migmatitos diversos com paleossoma anfibolítico ou biotítico-anfibolítico, possuindo faixas intensamente catacladasas.

Aspectos faciológicos e sedimentológicos

Através dos perfis verticais realizados e análise das lâminas petrográficas dos sedimentos, identificou-se a predominância de depósitos que caracterizam a litofácies **Gms** que são representados por camadas, finas contendo um material heterométrico matriz suportado, com matriz síltica a arenosa (fina) e arcabouço com areias médias a muito finas, muito mal selecionadas; os grãos são angulosos a subangulosos; possui uma estrutura maciça. Destaca-se neste pacote a identificação de uma camada areno-argilosa, de coloração escura, sugerindo acumulação de matéria orgânica correspondente a um paleo-horizonte A (na camada 4 do perfil A e no perfil B).

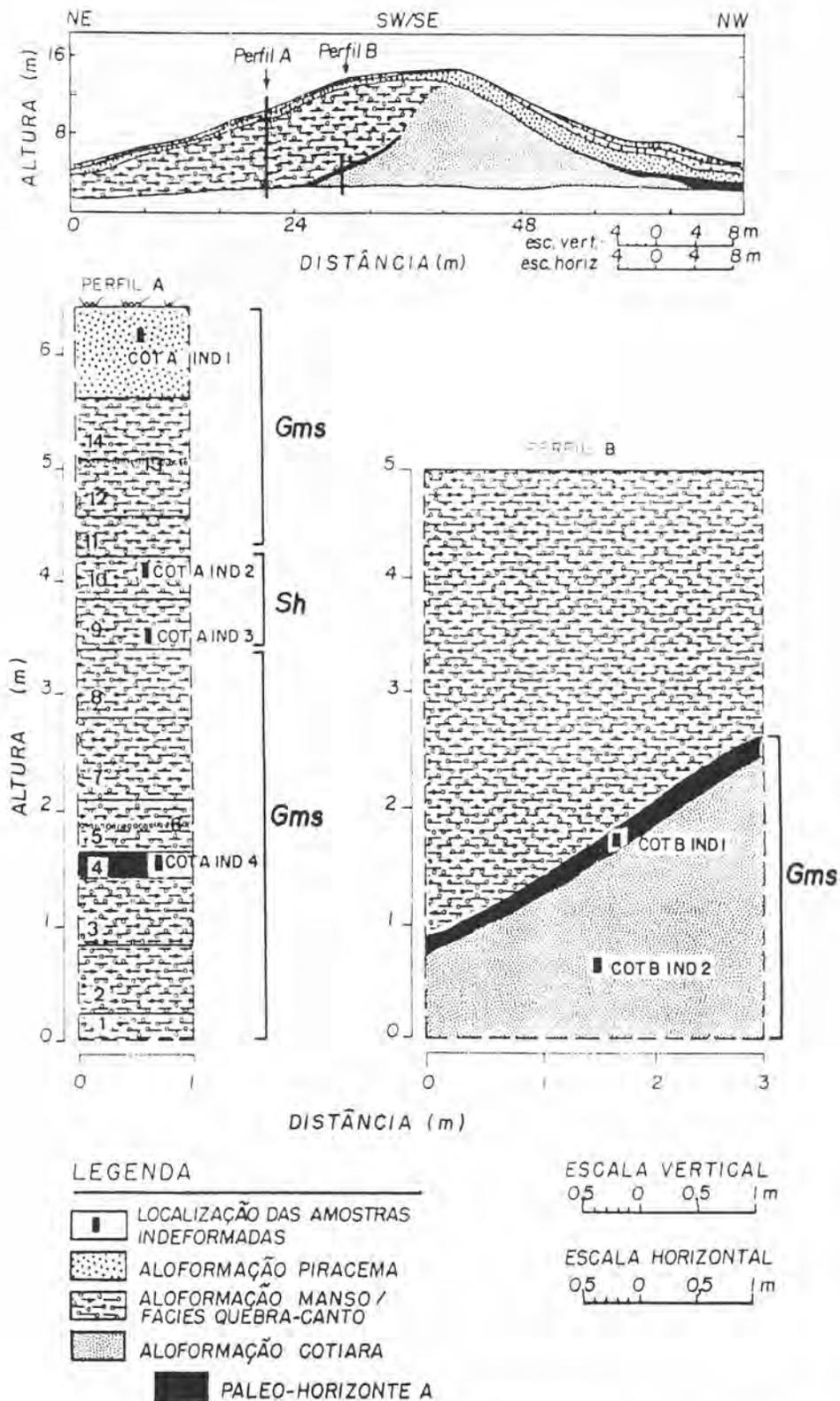


Figura 32 - Perfis estratigráficos em detalhe realizados no corte de encosta, situada no eixo da rampa de alúvio-colúvio da localidade Cotiara (in Silva, 1991). Litofácies (segundo Miall, 1978) identificadas na seqüência deposicional: Gms= areias argilosas com grânulos, maciças; Sh= areias com estratificação horizontal.

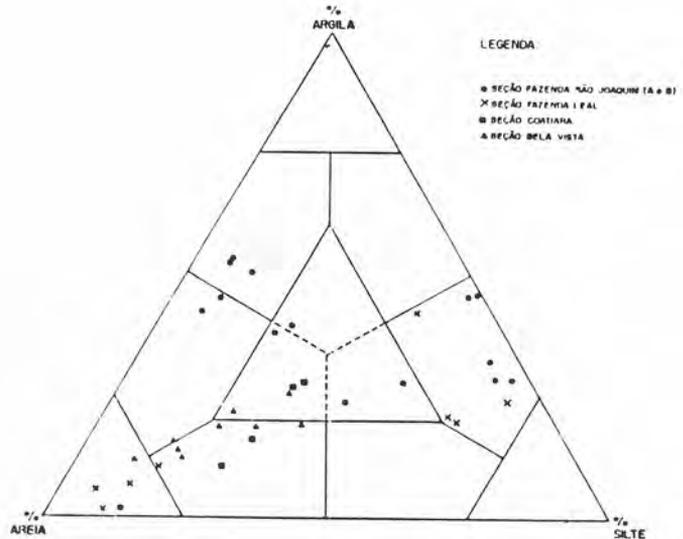
Em direção ao topo há uma intercalação com camadas mais arenosas, compostas por areias médias a muito finas, com pouca matriz (cerca de 5%) composta por areias finas e bastante micáceas: muito mal selecionadas; os grãos são angulosos. Apresentam estrutura maciça, podendo apresentar estruturas horizontais mal desenvolvidas; portanto são incluídas na litofácies Sh.

- Características Texturais

As análises texturais dos depósitos alúvio-colúviais identificados na localidade Cotiara classifica-os como essencialmente areno-silticos, (figura 33). São sedimentos muito pobremente selecionados, com ocorrência de dois grupos distintos a partir dos valores de curtose: os materiais mais finos apresentam valores de curtose muito platicúrtica, enquanto os mais grossos apresentam valores de curtose mesocúrtica. Os valores de assimetria em geral destacam esta tendência: camadas mais arenosas apresentam assimetria muito positiva; camadas mais finas apresentam curvas aproximadamente simétricas (figura 33).

- Características Mineralógica das Areias

São sedimentos muito quartzosos, onde predominam grãos de quartzo monocristalino (com extinção rápida a moderadamente ondulante). Alguns grãos se apresentam bastante fraturados com preenchimento por óxidos e cujas superfícies se apresentam impregnadas por óxidos, o que sugere um retrabalhamento de rochas alteradas. Há ocorrência significativa de palhetas de muscovita e feldspatos (microclina, plagioclásio parcialmente alterados e cristais sem geminação bastante alterados). Ocorrem, também, turmalina, zircão, óxidos pretos e castanho-avermelhados (granulares, concreções),



SEÇÃO COTIARA

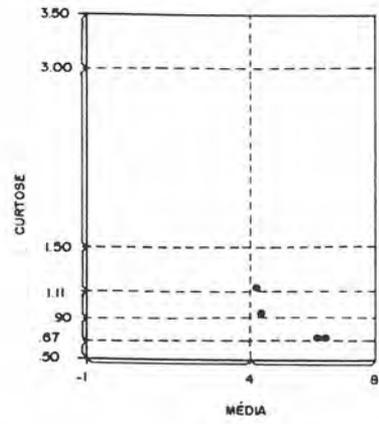
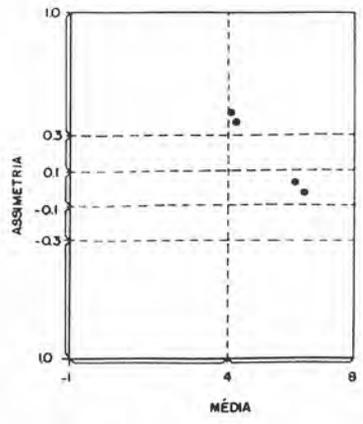
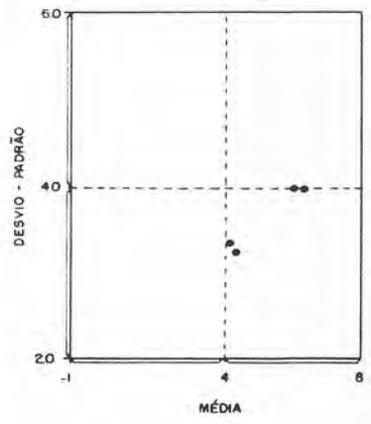


Figura 33 - Diagrama Triangular de classificação textural e gráficos dos parâmetros granulométricos (Mz x Di, Mz x Sk e Mz x Kg) dos sedimentos da seção Cotiara.

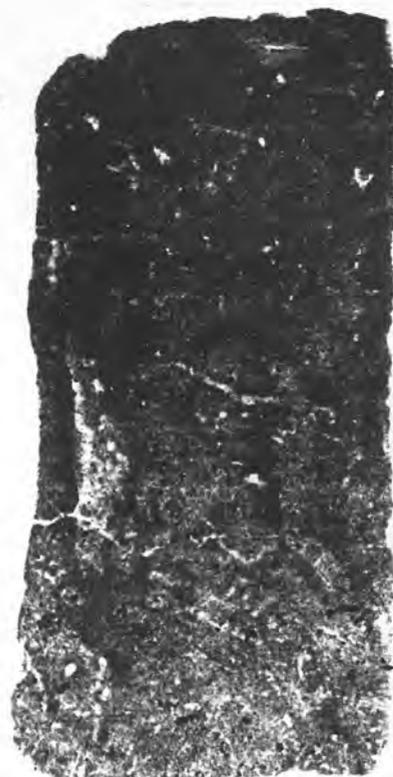
fragmentos de rocha frescos e alterados (quartzo + quartzo, quartzo policristalino ou chert, quartzo + feldspato + muscovita, quartzo + biotita), fragmentos de colúvio (amarelado ou acastanhado, argiloso, arredondado), "alteritos" (do tipo box work - alterações de minerais ricos em ferro, concreções ferruginosas) - figura 34.

- Raio-x de Penetração

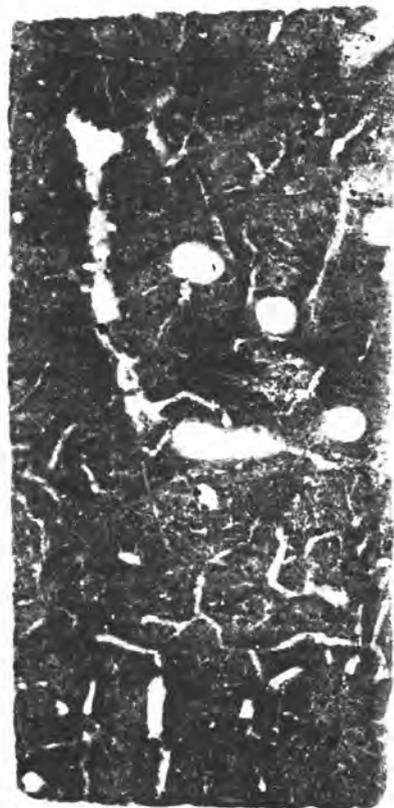
A figura 35 se refere aos aspectos da meso-estrutura dos depósitos coluviais e alúvio-coluviais analisados. Na amostra COTA#1 (Aloformação Piracema, litofácies **Gms**) verifica-se a ocorrência de bioturbação, marcada pelo predomínio de microfraturas na matriz (poros cavidades e acanalados finos), ligadas a processos pedogenéticos; há pouca presença de pontuações escuras. A amostra subjacente (COTA#2 - Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto, litofácies **Sh**) apresenta uma diminuição do grau de bioturbação, verificada pela presença de raros poro- canais, e há um pequeno aumento das pontuações pretas, predominando o tamanho de areia fina. O paleo-horizonte A, da fácies Quebra-Canto - Aloformação Manso (COTA#4), apresenta uma ocorrência significativa de poros canais finos, com formação de fraturas na matriz homogênea e maciça; há presença de pontuações pretas dispersas na matriz. Quanto à amostra COTB#1, referente a outro nível de paleo-horizonte A (Aloformação Cotiara), apresenta-se bastante bioturbada, predominando canais verticais e presença de microfraturas e quase ausência de pontuações pretas.



COTA#1: Aloformação Piracema,
litofácies Gms.



COTA#2: Aloformação Manso -
fácies Quebra-Canto,
litofácies Sh.



COTA#4: Aloformação Manso -
fácies Quebra-Canto
(paleohorizonte A),
litofácies Sh.



COTB#1: Aloformação Cotiara
(paleohorizonte A),
litofácies Gms.



Figura 35 - Positivos fotográficos obtidos com raio-X de penetração em amostras indeformadas - seção Cotiara COTA#1, COTA#2, COTA#4 e COTB#1 (in Silva, 1991). Escala: 1:1.

Aspectos Eodiagnéticos

No material arenoso da. fácies Quebra-Cantoa, porosidade é intergranular e se encontra preenchida por óxidos/hidróxidos de ferro (amostras COTA-2 e COTA-3).

No material mais fino ocorrem poro-canais resultantes de bioturbação e, somente onde a matriz é mais argilosa (COTB-1), a se apresenta bastante "fraturada" e com pequenas cavidades interligadas por canais muito finos. Este fraturamento está relacionado às variações do lençol freático, que resulta na formação de feições pedogenéticas (como por exemplo os micropeds ou agregados de solo).

Ao redor dos poros, a matriz encontra-se mais clara e com textura mais fina (migração de argila detritica e formação de ferri-cutans argilosos). Localmente os ferri-cutans se apresentam bem desenvolvidos, como nas amostras COTB-1 e COTA-4, que representam paleo-horizontes de solo soterrado. Na fotomicrografia 05 (anexo I) pode ser observado um ferri-cutan bem desenvolvido e fibroso, o que sugere uma neoformação de argilominerais. São encontrados, também, ferri-cutans finamente laminados.

VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Faciológica e Sedimentológica

A necessidade de uma melhor compreensão das relações paleoambientais dos depósitos sedimentares neoquaternários (aluviais e coluviais) da região de Bananal (SP/RJ), médio vale do rio Paraíba do Sul, levou à realização de análises faciológicas detalhadas, através de uma abordagem metodológica de arquitetura deposicional. A perspectiva de reconhecimento da arquitetura deposicional vem sendo demonstrada como um método mais adequado, por enfatizar as relações de geometria externa dos depósitos e o arranjo interno de suas litofácies, exigindo análises bi e tridimensional das seqüências deposicionais.

Associados à abordagem arquitetural, no estudo dos sedimentos neoquaternários em questão, foi possível identificar quatro principais elementos arquiteturais: SB (formas de leito arenosas), SG (fluxos gravitacionais de sedimentos), LS (camadas tabulares de areias laminadas) e OF (depósitos finos de inundação). A partir da definição destes elementos pode-se relacionar estes depósitos neoquaternários continentais a um sistema deposicional de leques aluviais.

Será apresentada, a seguir, uma síntese dos principais tipos litológicos, e estruturas sedimentares associadas, identificadas neste trabalho.

- **Areias com estratificações cruzadas acanaladas:** Areias médias a muito grossas, comumente apresentando níveis com cascalho, esbranquiçadas, oxidadas, com estratificações cruzadas acanaladas bem desenvolvidas, similares àquelas descritas por Miall (1977) - fácies St e Allen (1983) - fácies S3 - *through cross-bedded sands*. Associadas à migração de dunas subaquosas sob condições de regime de fluxo inferior.
- **Areias com estratificações cruzadas tabulares:** Areias finas a grossas, de coloração esbranquiçada, oxidadas, podendo apresentar finos níveis de cascalho, freqüentemente acompanhando os estratos cruza-

dos das unidades de maior porte. As unidades de menor amplitude (cerca de 5 cm) apresentam caráter de cavalgamento, com filmes de argila demarcando o limite entre os sets. São relacionadas à geração de barras transversais, assemelhando-se às fácies Sp de Miall (1977) e S1 e S2 de Allen (1983) - *cross-bedded sands*.

Estas areias compõem o elemento arquitetural SB, caracterizado por formas de leito arenosas e sugerem uma migração de dunas subaquosas sobre barras de canal, em um regime deposicional associado a canais de baixa sinuosidade, pontuado por flutuações na descarga.

- **Areias com estratificação horizontal:** Areias grossas a muito grossas, freqüentemente apresentando níveis com cascalho, esbranquiçadas a avermelhadas, com estratificação horizontal bem definida, por vezes maciças (mas distribuídas em camadas horizontais), interpretadas como produto de sedimentação sob condições de regime de fluxo superior, em leito plano. Assemelham-se à fácies Sh de Miall (1977).

Compõem o elemento LS - camadas tabulares de areias laminadas, cuja origem está associada à deposição por fluxos concentrados de alta energia em canais efêmeros (*flash-floods*).

- **Areias argilosas com grânulos, maciças:** Areias médias a grossas com matriz argilosa e muitos grânulos dispersos de forma caótica, amareladas, maciças, extremamente mal selecionadas; podem ocorrer níveis com cascalho. Raramente, apresentam um alinhamento incipiente dos grânulos, sendo comum a preservação de restos vegetais carbonizados. Estão associadas à deposição sob fluxos gravitacionais de sedimentos (*debris/mud flows*). Associados a esses depósitos, são identificados níveis orgânicos, muito bioturbados (raízes), interpretados como feições pedogenéticas (paleo-horizontes A). Esta litofácies pode ser considerada como similar à fácies Gms de Miall (1978), texturalmente mais fina.

O elemento SG - depósitos por fluxos gravitacionais - é constituído basicamente pela litofácies Gms; são associados à deposição por fluxos gravitacionais de sedimentos (*debris/mud flows*).

- **Siltes argilosos e argilas silticas, finamente laminados a maciços:** Depósitos de granulometria fina, siltes argilosos e argilas silticas, amarelados e avermelhados, finamente laminados a maciços, muito mal selecionados, distribuídos em finas camadas plano-paralelas, com freqüentes níveis de areia intercalados, conferindo um aspecto

"rítmico". Comumente apresentam níveis de presevação de cutículas vegetais e bioturbação intensa (principalmente por raízes), o que leva, geralmente, ao caráter maciço. São interpretados como produto de deposição por extravasamento e decantação das frações finas (*overbank* e *waning flood deposits* sob condições de sedimentação intensa (inunditos - Della Fávera 1984).

As litofácies descritas acima compõem o elemento OF - depósitos finos de inundação (inunditos) - que são interpretados como produto de deposição por extravasamento e decantação de sedimentos finos (*overbank* e *waning flood deposits*). Freqüentes períodos de não deposição, marcados por níveis de intensa bioturbação, associados ao caráter sedimentológico dos depósitos (grau de selecionamento muito baixo), sugerem condições de sedimentação intensa e pontuada. Lentes arenosas intercaladas, compostas por areias médias a grossas, com estratificação horizontal incipiente a maciças, são interpretadas como produto de pequenos canais efêmeros que truncam os depósitos de inundação.

Proveniência

Em geral são sedimentos extremamente quartzosos, o que reflete a atuação do clima (quente e úmido) sobre as rochas da área fonte (gnaisses, quartzitos milonitizados, migmatitos e granitóides). A maioria dos minerais que compõem estas rochas se alteram muito facilmente neste tipo de clima, e o quartzo, que é um mineral estável e resistente ao transporte, passa a predominar; além do mais são rochas quartzosas por natureza, o que contribui na definição da composição mineralógica dos sedimentos, quase que unimodal.

Ocorrem algumas "anomalias" percentuais, como na localidade Fazenda Leal e Cotiara, em relação a alguns níveis arenosos onde predominam biotitas. Isto pode ser compreendido ao se observar a

unidade geológica na qual estão inseridas estas localidades (figuras 02, capítulo II.2), que contém rochas granitóides ricas em biotita; a proximidade da área fonte também deve ser levada em consideração já que a biotita é um mineral instável.

A presença de minerais instáveis, principalmente nas areias da litofácies Sh (comuns na fácies Quebra-Canto), tais como ilmenita, anfibólio, feldspatos (muitas vezes frescos) e biotitas, pode ser explicada pela proximidade da área fonte e pelo tipo de processo pelo qual são transportados os sedimentos: fluxos intensos e de curta duração ("enxurradas"), o que é confirmado por suas características faciológicas.

Além de rochas do embasamento cristalino bastante intemperizadas, camadas coluviais retidas ao sopé das encostas também fornecem material para os depósitos estudados. Suas contribuições principais são: fragmentos de colúvios argilosos (amarelados ou avermelhados, com ou sem grânulos angulosos, geralmente arredondados) e feições pedogenéticas (concreções ferruginosas concêntricas e "box work"). Estes últimos são agrupados sob a denominação de "alteritos", pela dificuldade de identificação, seja em lupa ou ao microscópio petrográfico, devido à fina película de óxido de ferro que recobre os grãos.

Testou-se a metodologia de W.R. Dickinson (in Zuffa, 1984), mas não se obteve bons resultados, pois trata-se de sedimentos intensamente alterados, refletindo nos baixos percentuais de feldspato, e esta metodologia é aplicada com eficácia em sedimentos frescos.

Cor dos Sedimentos

A goethita foi identificada como o principal hidróxido de ferro que atua no tingimento dos sedimentos, através da impregnação dos argilominerais, produzindo cores amareladas e acastanhadas. Uma pequena quantidade de lepidocrosita, um dimorfo da goethita, também contribui para tingir os sedimentos.

No topo da seção Fazenda Leal ocorrem níveis arenosos arroxeados muito similares textural e mineralogicamente àqueles da base, que apresentam cores esbranquiçadas. Apesar de nenhuma lâmina destas areias arroxeadas ter sido analisada, as observações de campo sugerem que elas possam estar sendo tingidas pelos sedimentos da camada superior (areias argilosas, avermelhadas da Aloformação Piracema). No entanto, como as rochas e sedimentos que compõem a área fonte se encontram bastante alterados e oxidados, conclui-se que as cores dos sedimentos, em geral, são herdadas. Seriam necessários estudos comparativos entre o tipo de alteração ocorrido na área fonte e nos sedimentos.

Eodiagênese

Os processos diagenéticos podem ser distribuídos em três estágios bem definidos (Choquette & Pray, 1970):

- a) **eodiagenéticos:** compreende os processos atuantes logo após a deposição até onde os processos superficiais passam a ter influência desprezível. Neste estágio, o quimismo dos fluidos intersticiais são controlados principalmente pelo ambiente sedimentar, condições climáticas, composição da rocha fonte e relevo;
- b) **mesodiagenéticos:** engloba todos os processos que ocorrem a profundidades de soterramento, onde a atuação dos processos superficiais está ausente;
- c) **telodiagenéticos:** engloba todos os processos atuantes, próximos à superfícies de discordâncias, ou seja, rochas que sofreram soterramentos com posterior soerguimento e erosão.

No caso dos sedimentos estudados, estes se encontram no campo

em que os processos superficiais atuam intensamente, portanto, podendo ser enquadrados no estágio eodiagenético proposto pelos autores citados. Foram identificados neste estágio três processos pós-deposicionais:

- 1 - Deformação mecânica
- 2 - Cimentação incipiente por óxidos/hidróxidos de ferro
- 3 - Processos pedogenéticos

1 - Deformação mecânica:

É evidenciada pela presença de micas (muscovitas e biotitas) deformadas, apresentando-se quebradas ou com suas lamelas levemente onduladas. Outra evidência importante é a presença de fragmentos de colúvio desagregados: os grãos de colúvio, se tivessem sido desagregados durante o transporte, provavelmente só restariam grânulos, como na fotomicrografia 17 que mostra o retrabalhamento de colúvios, ou então, na ausência de grânulos, os fragmentos se misturariam com a matriz do sedimento.

A deformação das micas é comumente encontrada nos sedimentos arenosos clasto-suportados da litofácies Sh, que ocorre geralmente na fácies Quebra-Canto da Aloformação Manso.

Trata-se de uma compactação incipiente, com o índice de Khan (grau de empacotamento) = aberto.

2 - Cimentação incipiente por óxidos/hidróxidos de ferro:

Está presente na porosidade intergranular dos sedimentos mais arenosos, que apresentam boa porosidade e permeabilidade. A alteração dos minerais ricos em ferro (ilmenita, magnetita, biotita, granada) libera o ferro para os processos de oxidação e cimentação dos sedimentos.

Só foi possível observar a alteração da biotita, no entanto, acredita-se ser o principal mineral que contribui para estes processos. Observou-se que as biotitas mais alteradas são aquelas que já sofreram alguma deformação em consequência da compactação e do transporte, apresentando ruptura entre as lamelas e/ou com suas extremidades abertas em leque. Devido à pequena quantidade ou ausência de outros minerais ricos em ferro, não foi considerada sua influência neste processo. Muitos destes minerais podem já ter se alterado para óxidos e hidróxidos e estarem contribuindo para a coloração dos sedimentos.

Este processo é comum nos sedimentos arenosos (litofácies Sh) da fácies Quebra-Canto.

3 - Processos pedogenéticos:

A matriz dos sedimentos argilo-arenosos analisados, em geral, apresenta-se bastante "fraturada". Na verdade são microfraturas desenvolvidas durante os sucessivos períodos de saturação e ressecamento a que são submetidos os sedimentos, dando início à formação de agregados de solo ou *pedes* (terminologia utilizada em descrição microscópica pedológicas, Bullock *et al.*, 1985) - fotomicrografia 11. As vezes estas microfraturas estão interligando cavidades, estrutura também relacionada a processos de pedogênese. Os sedimentos que geralmente apresentam estas estruturas de ressecamento estão incluídos na litofácies Gms, que constituem a fácies Fazendinha.

Preenchendo algumas cavidades ou contornando grãos foi identificada uma feição característica na formação de solos: ferri-cutans argilosos (fotomicrografias 10, 12, 13, 14). Em geral não estão bem desenvolvidos, em apenas algumas amostras se apresentam

finamente laminados ou fibrosos.

Há um alto grau de bioturbação bem evidenciado nos depósitos silto-argilosos da litofácies F1 e Fm (fácies Campinho), onde são identificados diversos níveis de bioturbação, relacionados a "paradas" na deposição. Os sedimentos que apresentam estratificação plano-paralela podem ter sua estrutura primária bastante mascarada ou bastante deformada (fotomicrografia 30) pela ação biogênica. As feições de canais verticais a subverticais, que identificam a bioturbação, são interpretadas como resultantes da ação de raízes e/ou organismos invertebrados (vermes, larvas, etc). As vezes a parede interna destes canais se encontra envolta, internamente, por películas de óxidos pretos, interpretadas como oxidação de matéria orgânica (fotomicrografias 27, 28, 29, 31).

Além das amostras da Aloformação Manso, foram analisadas algumas lâminas da Aloformação Cotiara e Piracema. Apesar da pouca quantidade de material disponível, foi possível estabelecer algumas diferenciações entre estas unidades. Na localidade Cotiara (amostra COTB-1) em se comparando a camada de paleossolo da unidade Cotiara com a unidade Manso (COTA-4), observou-se que o paleossolo da Aloformação Manso (fácies Quebra-Canto) apresenta feições pedogenéticas bem desenvolvidas, como por exemplo a formação de ferri-cutans fibrosos e finamente laminados (fotomicrografia 5), o que não ocorre na Aloformação Cotiara. No entanto a unidade Cotiara apresenta um perfil de solo mais desenvolvido. De acordo com a análise dos r-X de penetração, o paleo-horizonte A apresenta-se bastante bioturbado (com largos canais verticais), indicando intensa atividade orgânica, enquanto que o paleo-horizonte A da fácies Quebra-Canto apresenta uma matriz com microfraturas de ressecamento, com pouca bioturbação.

De acordo com os resultados obtidos por Santos (1990), o desenvolvimento de um perfil de solo, com características de latossolo, na unidade Cotiara, é atribuído a um clima úmido. Mello (inédito) sugere um período mais seco no Holoceno, caracterizado por chuvas concentradas e de grande intensidade, durante a deposição da unidade Manso. No entanto, não foi possível fazer maiores diferenciações entre as unidades analisadas - Manso, Piracema e Cotiara -, em decorrência da pouca quantidade de amostras das duas últimas.

A verticalização dos estudos (através da utilização de MEV, para a identificação dos minerais neoformados e detríticos, ou então, um estudo mais detalhado dos processos de alteração dos sedimentos de cada unidade, e também da área fonte) poderá auxiliar na elucidação de algumas questões relacionadas aos fatores causais da sedimentação, especialmente à discussão de qual a contribuição das variações climáticas ocorridas durante o Holoceno, isto é, de que forma influenciaram os processos sin e pós-deposicionais.

VII - BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J. R. L. - 1983 - Studies in fluvial sedimentation: bars, bar-complexes and sandstone sheets (low sinuosity braided streams) in the Brownstones (L.Devonian), Welsh Borders. Sedim.Geol., 33: 237-293.
- ALMEIDA, F.F.; HASUI, Y.L.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S. & BISTRICHI, C.A. - 1981 - Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. (Série Monografias, 6). 126p.
- ANDREIS, R.R. - 1981 - Identificación e importância geológica de los paleosuelos. Porto Alegre, Ed. Univ. Fed. do Rio Grande do Sul. 67p.
- ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. - 1978 - Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na Região Sudeste do Brasil. In: PETROBRAS. Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP. p. 75-88. (Série Projeto REMAC, 4).
- BASU, A. - 1984 - Reading provenance from detrital quartz. In: ZUFFA, G.G. (ed.) Provenance of arenites. Dordrecht, D. Reidel Publishing Co. p. 231-248.
- BATES, R.L. & JACKSON, J.A. - 1984 - Dictionary of geological terms. New York, Doubleday Publication. 571 p.
- BLATT, H. - 1982 - Sedimentary Petrology. New York, W.H. Freeman and Company. 564 p.
- BOUMA, A.H. - 1969 - Methods for the study of sedimentary structures. New York, Wiley-Interscience. 379 p.
- BROUW, G. - 1980 - Tables for the determination of d in A from 20 for the K and K radiations of copper, cobalt and iron. In: BRINDLEY, G.W. & BROUW, G. (eds.) Crystal structures of clay minerals and their x-ray identification. Mineralogical Society Monograph, no 5, p. 439-449.
- BROUW, G. & BRINDLEY, C.W. - 1980 - X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: BRINDLEY, G.W. & BROUW, G. (eds.) Crystal structures of clay minerals and their x-ray identification. Mineralogical Society Monograph, no 5, p. 305-360.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. - 1985 - Handbook for soil thin section description. Wayne Research Publications, Inglaterra. 152 p.
- CHOQUETTE, P.W. & PRAY, L.C. - 1970 - Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. AAPG Bull., 54: 207-250.
- DE ROS, L.F. - 1988 - Diagenese de arenitos: Progressos e dúvidas. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG. v.2, p. 917-930.

- DELLA FAVERA, J.C. - 1984 - Eventos de sedimentação episódica nas bacias brasileiras. Uma contribuição para atestar o caráter pontuado do registro sedimentar. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais ..., Rio de Janeiro, SBG. v.1, p. 489-501.
- DICKINSON, W.R. - 1984 - Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In: ZUFFA, G.G. ed. Provenance of arenites. Dordrecht, D. Reidel Publishing Co. p. 333-362.
- DOTT Jr., R.H. - 1987 - Something old, something new, something borrowed, something blue - a hindsight and foresight of sedimentary geology. Journ. Sedim. Petrol., 58 (2): 358-364.
- EMBRAPA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - 1979 - Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, SNLCS. p.
- FOLK, R.L. - 1965 - Henry Clifton Sorby (1826-1908), The founder of petrography. Jour. Geol. Educ., 13: 43-47.
- FOLK, R.L. - 1968 - Petrology of sedimentary rocks. Austin, Univ. Texas, 170p.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. - 1957 - Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27: 3-26.
- FRIEND, P.F. - 1983 - Towards the field classification of alluvial architecture or sequence. In: COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. eds. Modern and Ancient Fluvial Systems. Int. Assoc. Sediment. Spec. Publ., 6. p. 345-354.
- GABRIEL, A. & COX, E.P. - 1929 - A staining method for the quantitative determination of certain rock minerals. Amer. Mineral., 14: 290-292.
- GAMERMANN, N. - 1979 - Contribution à l'étude de la diagenèse de grès: Couleurs rouge, argiles authigènes et induration. Formation d'Estrada Nova, de Rosario do Sul et de Botucatu (Brésil) et Buntsandstein des Vosges (France). Paris, Tese de Doutorado, Université Louis Pasteur de Strasbourg, Institut de Géologie, 165 p.
- GLAISTER, R.P.; NELSON, H.W. - 1974 - Grainsize distribution as aid in facies identification. Bull. Canadian Petrol. Geol., 22 (3): 203-240.
- HASUI, Y.; PONCANO, W.L.; BISTRICHI, C.A.; STEIN, D.P.; GALVAO, C.F.; GIMENEZ, A.F.; ALMEIDA, M.A.; NETO, A.P.; MELO, M.S. & SANTOS, M.R. - 1978 - Geologia da região administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da região administrativa 2 (litoral do Estado de São Paulo). São Paulo, IPT. (Série Monografias, 1). 78p.
- HAYES, J.R. & KLUGMAN, M.A. - 1959 - Feldspar staining methods. Jour. Sed. Petrol., 29: 227-232.

- HENNIES, W.T.; HASUI, Y. & PENALVA, F. - 1984 - O falhamento transcorrente de Taxaquara. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v. , p. 489-501.
- IBGE - 1970 - Atlas Nacional do Brasil (Parte II) - Regional: Sudeste - Mapa Físico 4.311.
- IBGE - 1975 - Mapa do Estado do Rio de Janeiro.
- JCPDS (International Centre for Diffraction Data) - 1980 - Mineral powder diffraction file - data book.
- KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F.J. - 1938 - Manual of Sedimentary Petrography. Nova York, Appleton-Century - Crofts, 549p.
- LEMOES, R.; BENNEMA, J.; SANTOS, R.; ITURRI, J.; INCLAN, R.; PANOSO, L.; MENDES, W.; MELO, J.; SILVEIRA, C. - 1960 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 12. 634p.
- MACEDO, J.M. - 1989 - Evolução tectônica da bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. B. Geoc. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 3 (3): 159-173.
- MATTLACK, K.S.; HOUSEKNECHT, D.W. & APPLIN, K.R. - 1989 - Emplacement clay into sand by infiltration. Journ. Sedim. Petrol. 59 (1): 77-87.
- MEIS, M.R.M. - 1977 - As unidades morfoestratigráficas neoquaternárias no médio vale do Rio Doce. An. Acad. bras. Ciênc., 49: 443-59.
- MEIS, M.R.M. & AMADOR, E.S. - 1974 - Note on weathered arkosic beds. Journ. Sedim. Petrol. 44 (3): 727-737.
- MEIS, M.R.M. & MACHADO, M.B. - 1978 - A morfologia de rampas e terraços no Planalto do Sudeste do Brasil. Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia, vol. III, 26: 199-219.
- MEIS, M.R.M. & MONTEIRO, A.M.F. - 1979 - Upper Quaternary "rampas", Doce River Valley, SE Brazilian Plateau. Zeitschr. für Geomorph., 23: 132-151.
- MEIS, M.R.M. & MOURA, J.R.S. - 1984 - Upper Quaternary Sedimentation and Hillslope Evolution: Southeastern Brazilian Plateau. Amer. Journ. of Science, 284: 241-254.
- MELLO, C.L. - inédito - Fácies Sedimentares, Arquitetura Depositional e Relações Morfoestratigráficas em um Sistema Depositional de Leques Aluviais Holocênicos: Aloformação Manso - médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ). Rio de Janeiro, Tese de Mestrado, Depto. Geologia - IGEO/UFRJ.
- MELLO, C.L.; CARMO, I.O. & MOURA, J.R.S. - 1991 - Estudo faciológico de depósitos sedimentares holocênicos com base na análise da arquitetura deposicional - médio vale do rio Paraíba do Sul. In: 2º

- SIMP. GEOL. DO SUDESTE, São Paulo, 1991. Anais... São Paulo, SBG-SP/RJ, (no prelo).
- MELO, M.; RICCOMINI, C.; HASUI, V.; ALMEIDA, F.F.M. de; COIMBRA, A.M. - 1985 - Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 15(3): 193-201, set.
- MIALL, A.D. - 1977 - A review of the braided river depositional environment. Earth Sci. Rev., 13: 1-62.
- MIALL, A. D. - 1978 - Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: MIALL, A.D. ed. Fluvial Sedimentology. Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5, p. 597-604.
- MIALL, A.D. - 1985 - Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth-Sci. Rev., 22: 261-308.
- MIOTO, I.V. & HASUI, Y. - 1982 - Aspectos da estabilidade sismo-tectônica do Sudeste Brasileiro de interesse à Geologia de Engenharia. In: CONG. BRAS. GEOL. ENG., 32, Salvador, 1982. Anais ... Salvador, Bahia, 4: 1652-1659.
- MORTON, A.C. - 1984 - Heavy minerals in provenance studies. In: ZUFFA, G.G. ed. Provenance of arenites. Dordrecht, D. Reidel Publishing Co. p. 249-278.
- MOURA, J.R.S. - 1990 - Transformações Ambientais Durante o Quaternário Tardio no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP-RJ). Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, Depto. Geologia - IGEO/UFRJ, 267p.
- MOURA, J.R.S. & MEIS, M.R.M. - 1980 - Litoestratigrafia preliminar para os depósitos de encostas do Quaternário Superior do Planalto SE do Brasil, MG-RJ. Rev. Bras. Geoc., 10 (4): 258-267.
- MOURA, J. R. S. & MEIS, M. R. M. - 1986 - Contribuição à Estratigrafia do Quaternário Superior no médio vale do rio Paraíba do Sul - Bananal, SP. An. Acad. bras. Ciênc., 58 (1): 89-102.
- MOURA, J.R.S. & MELLO, C.L. - 1989 - Aloformação Manso: um episódio de instabilidade no Holoceno do Planalto Sudeste do Brasil. In: CONGR. BRAS. PALEONTOLOGIA, Resumo de Comunicações, SBP, p.173-174.
- MOURA, J.R.S. & MELLO, C.L. (no prelo) Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior na região de Bananal(SP). Rev. Bras. Geoc. São Paulo .
- MOURA, J.R.S; MELLO, C.L; SILVA, T.M & PEIXOTO, M.N.O. - 1989 - O emprego da Aloestratigrafia na reconstituição da dinâmica geomorfológica e estratigráfica - médio vale do rio Paraíba do Sul. In: 1o. SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, Rio de Janeiro. Bol. de Resumos, SBG, Núcleos Rio de Janeiro e São Paulo, 24-25 p.
- NIMER, E. - 1972 - Climatologia da região SE do Brasil: introdução à

- climatologia dinâmica - subsídios à geografia regional do Brasil. Rev. Bras. Geog., 34 (1): 3-48.
- NIMER, E. - 1979 - Climatologia da região SE do Brasil: introdução à climatologia dinâmica - subsídios à geografia regional do Brasil. Rev. Bras. Geog., Rio de Janeiro, 34 (1):3-48.
- NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE - N.A.C.S.N. -1983 - North American Stratigraphic Code. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 67 (5): 841-75.
- PAEPE, R. (inédito) Aspectos gerais e específicos em Geologia do Quaternário.
- PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENQ, J. - 1970 - Lex mineraux en grains. Paris, Masson et cie., 578p.
- PENALVA, F. & HENNIES, W.T. - 1971 - A coloração seletiva de minerais como técnica auxiliar no estudo de rochas. Ciência e Cultura, 23 (5): 577-84.
- PETTIJOHN, F.J. - 1975 - Sedimentary rocks. Harper & Row, Nova Iorque, 3a. ed., 628 pp.
- PONCANO, W.L. - 1986 - Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. Rev. Bras. Geoc. 16 (2): 157-170.
- PONCANO, W.L.; CARNEIRO, C.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M. & PRANDINI, F.L. - 1981 - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. (Série Monografias, 5). 94p.
- RADAMBRASIL. - 1983 - Levantamento de Recursos Naturais - vol. 32: Folhas SE 23/24, Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, 775 p.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B. - 1980 - Depositional Sedimentary Environment with Reference to Terrigenous Clastics, 2a.ed., Berlin, Heidelberg, Nova York, Springer - Verlag. 549p.
- RESTALLACK, G.J. - 1988 - Field recognition of paleosols. In: REINHARDT, J. & SIGLEO, W.R. eds. Paleosols and Weathering Through Geologic Time: Principles and Applications. Geological Society of America, p. 1-20 p.
- REYNHARDT, J. & SIGLEO, W.R. (eds.) - 1988 - Paleosols and weathering through geologic times: principles and applications. The Geol. Soc. Am. (Special Paper 216), 281 p.
- SANTOS, A.A.M. - 1990 - Evolução pedo-geomorfológica das seqüências colúviais neokuaternárias, Bananal(SP). Rio de Janeiro. Tese de Mestrado, IGEO/UFRJ. 234p.
- SANTOS, A.A.M.; MOURA, J.R.S. & MORGADO, C.M. - 1989 - Relações entre Ato e Edafoestratigrafia nas seqüências colúviais quaternárias - Bananal (SP). In: 2ª CONGR. ABEQUA, Publ. Esp. nº 1, Resumos, p.

- SANTOS, P.S. - 1975 - Tecnologia de argilas, aplicada às argilas brasileiras. (vol. I). São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo.
- SETZER, J. - 1949 - Os solos do Estado de São Paulo. Bol. Geog. Bras., Rio de Janeiro, IBGE. (publ. nº 6, série A Livro).
- SHEPARD, F.P. - 1954 - Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Journ. Sedim. Petrol., 24: 151-158.
- SILVA, T.M. - 1990 - Evolução geomorfológica e sedimentação de canais erosivos holocénicos no médio vale do rio Paraíba do Sul. Dissertação de Mestrado. IGEO - Departamento de Geografia/UFRJ.
- SUGUIO, K. - 1982 - Rochas Sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica. São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda. 486 p.
- WALKER, R.G. - 1984 - Facies Models. 2a. ed. Geological Association of Canada Reprint Series, 1, 317p.
- WENTWORTH, C.K. - 1922 - A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journ. Sedim. Petrol., 30: 377-392.

Hon

1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

A N E X O I
MICROFOTOGRAFIAS



Fotomicrografia 01 - Material arenoso clasto-suportado, muito mal selecionado, grãos angulosos, com porosidade intergranular. Os minerais tabulares se apresentam orientados (estratificação horizontal pouco desenvolvida). Composição: biotita deformada, quartzo monocristalino, litoclasto argilosos amarelados, concreções granulares pretas e avermelhadas; sem estrutura visível. Litofácies Sh, na localidade Fazenda Leal. (amostra SFL-01: Aloformação Manso-fácies Campinho-litof.)

Fotomicrografia 02 - Estratificação planar subhorizontal evidenciada principalmente pelo alinhamento dos minerais tabulares e a diferença granulométrica (níveis arenosos mais finos intercalados a níveis mais grosseiros) - litofácies Sh, na localidade Fazenda Leal. (amostra SFL-02: Aloformação Manso-fácies Campinho-litof. Sh)



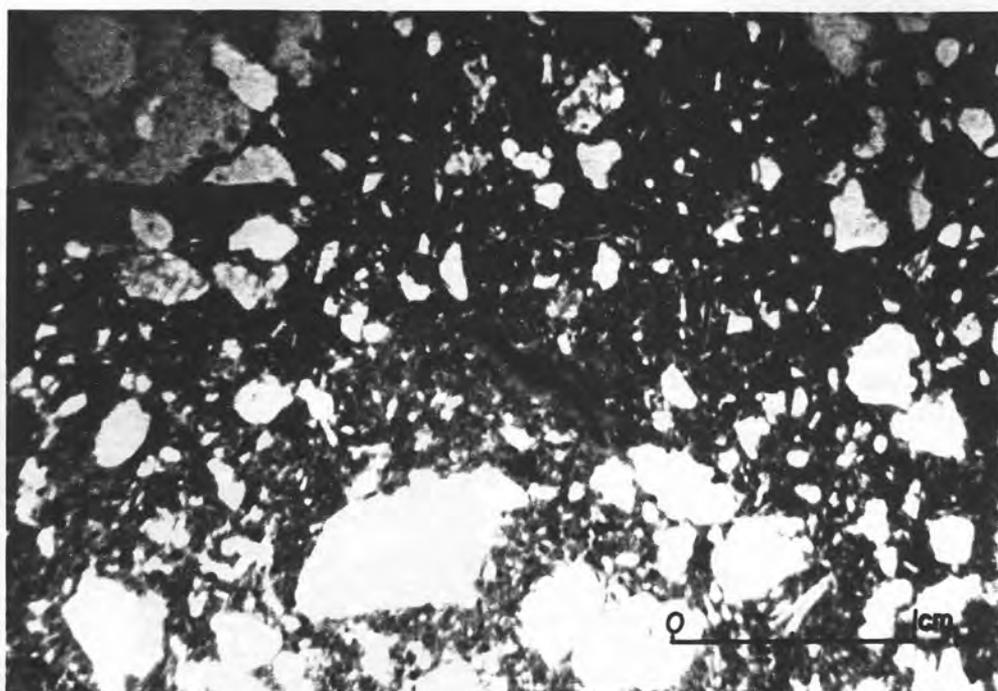


Fotomicrografia 03 - Aspecto geral das areias finas a siltico-argilosas finamente laminadas (litofacies F1). Presença de manchas de oxidação paralelas ao acamamento. (amostra FSJ-10B: Aloformação Manso - fácies Campinholitof. Fm).

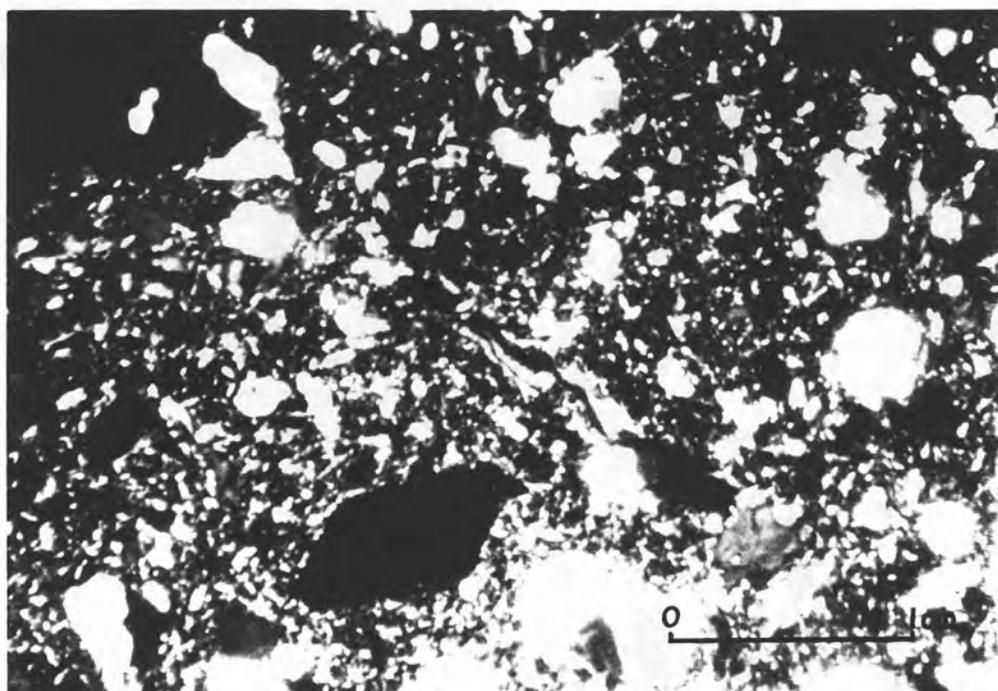
Fotomicrografia 04 - Estratificação horizontal evidenciada pela orientação dos grãos de mica, característica dos depósitos arenosos da litofacies Sh, da localidade Bela Vista. (amostra BV-7: Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto - Sh).



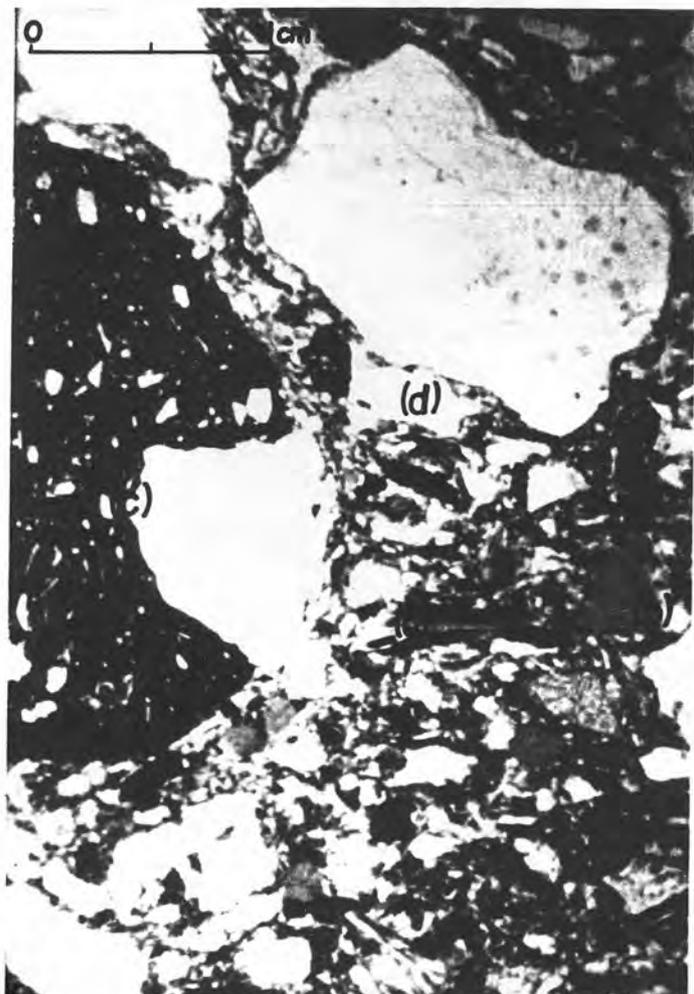
A



B



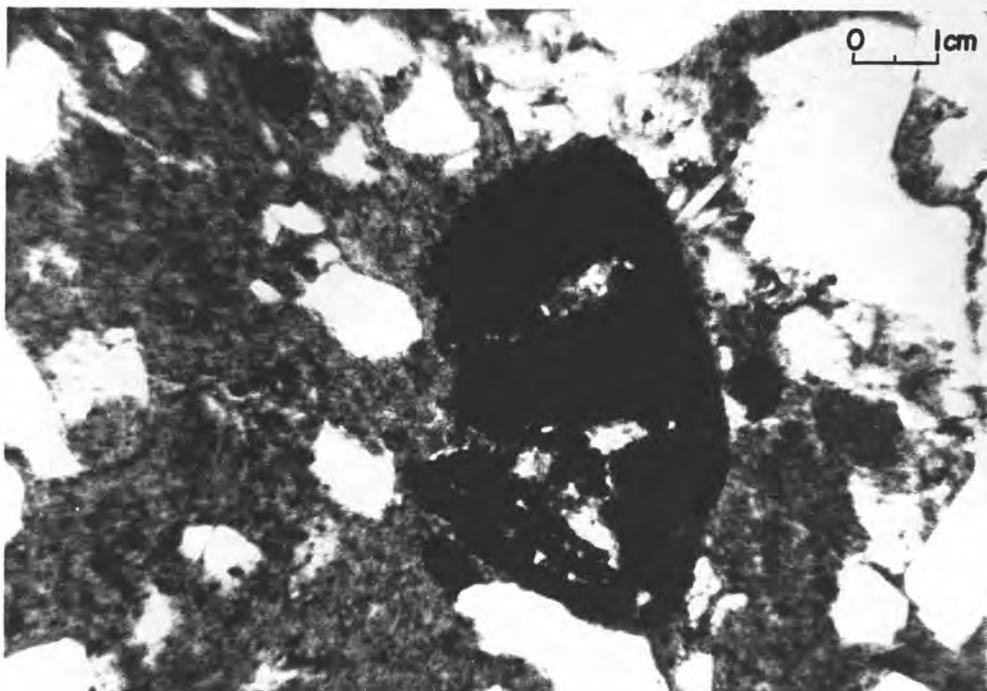
Fotomicrografias 05 (A e B) - Ferri-cutan com aspecto fibroso (indicando a formação de minerais autigênicos associados a processos de pedogênese). Aspecto geral de material arenoso matriz-suportado da litofácies **Gms**, localidade Cotiara. (amostra COTA-4: Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto (paleohoriz. A) - litof. Gms). Foto (B) - nicóis cruzados.



Fotomicrografia 06 - Material arenoso clasto-suportado com composição mineralógica variada: (a)- micas (muito oxidada e deformadas mecanicamente; (b)- litoclastos argilosos, amarelos; (c)- litoclastos argilosos avermelhados (fragmentos de rocha bastante alterados); (d)- quartzo monocristalino. (amostra BV-3: Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto - litof. Sh)

Fotomicrografia 07 - Grânulo de quartzo monocristalino com fina película de argila contornando-o: resultado do retrabalhamento de material coluvial. (amostra BV-3).

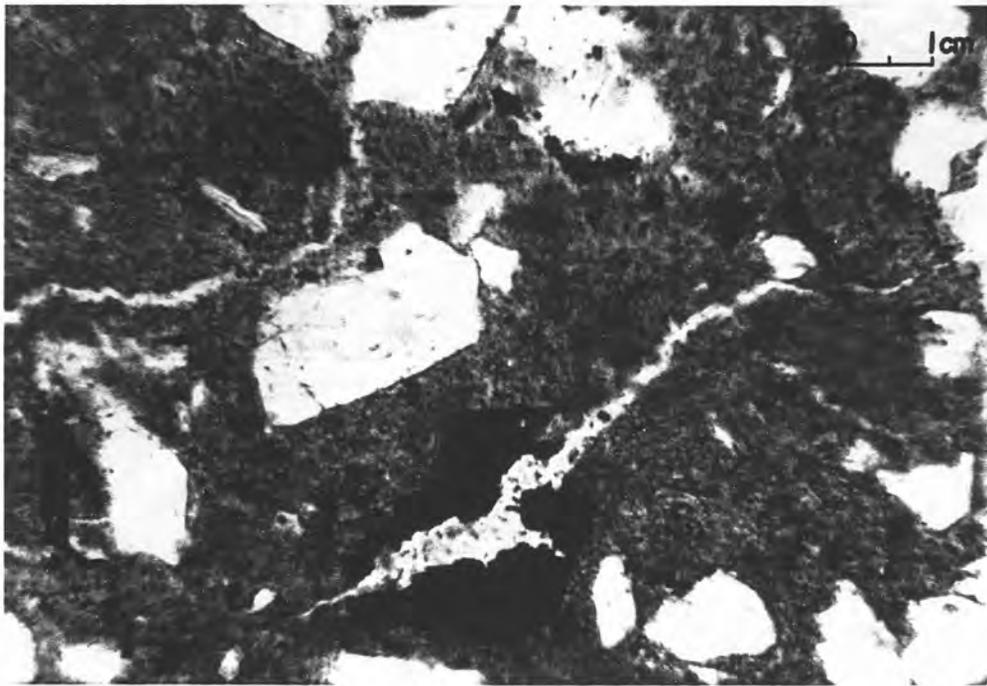




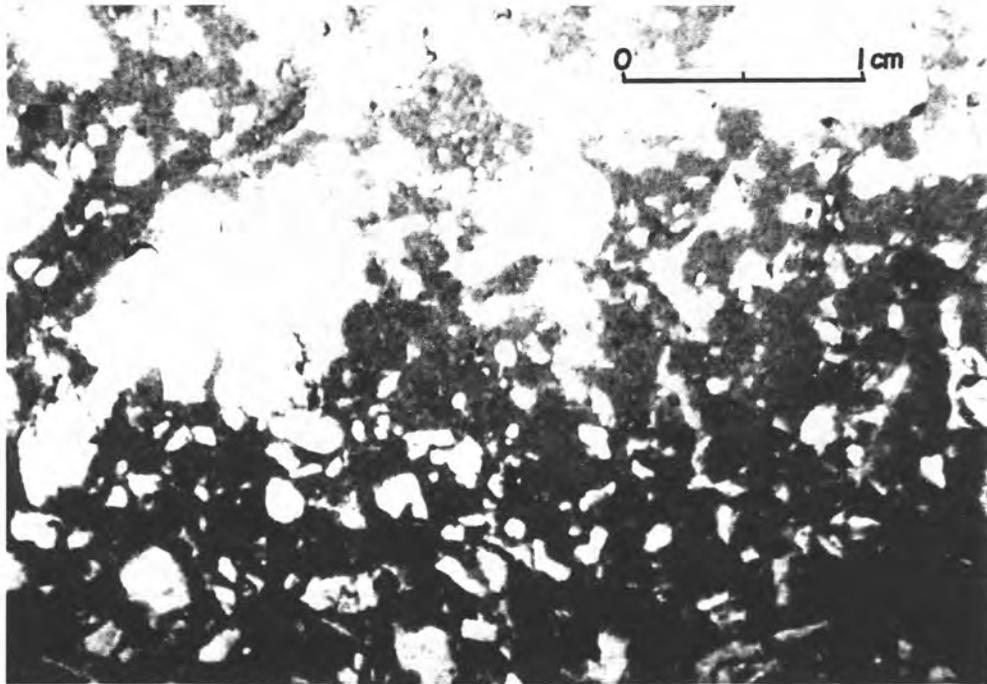
Fotomicrografia 08 - "Alterito" do tipo box work: concreção ferruginosa, castanha avermelhada, com cavidades. No interior destas cavidades ocorrem formas botrioidais e apresenta-se zonadas (a distinção é feita com nicóis cruzados através da diferença de cores - tons avermelhados e amarelados). A alteração de minerais ricos em ferro formam este tipo de concreção. (amostra FSJ-04: Aloformação Manso - fácies Fazendinha - litof. Gms)



Fotomicrografia 09 - "Alterito" do tipo box work: este exemplar o mostra em forma de agregado mineral, o que leva a interpretar sua origem de rochas cristalinas alteradas. (amostra FSJ-6B: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. F1)

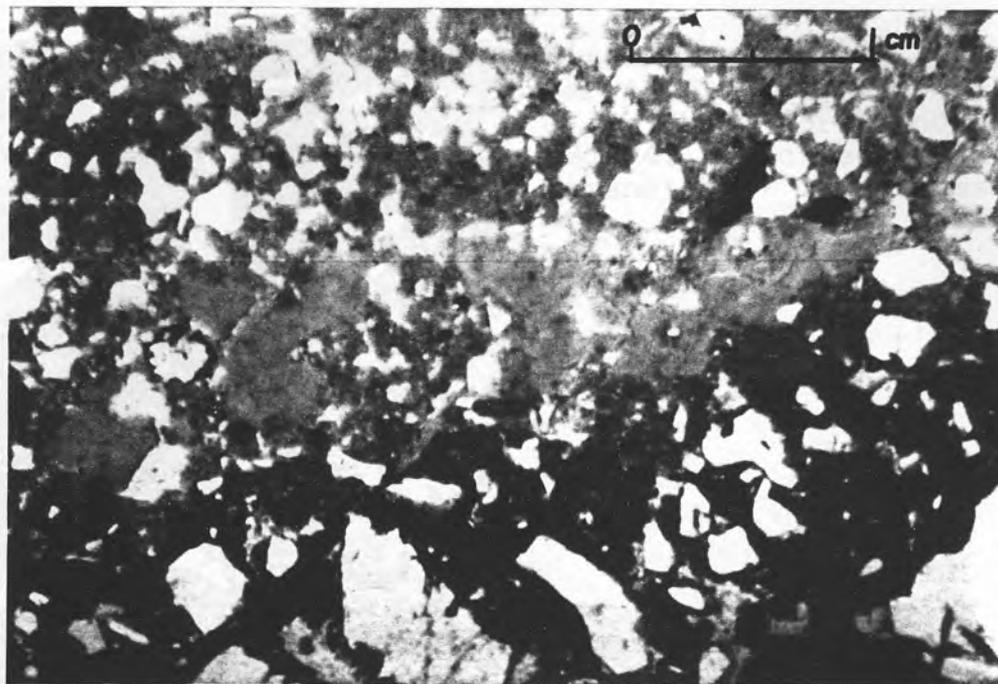


Fotomicrografia 10 - Microfratura subvertical na matriz com precipitação de óxido/hidróxido de ferro em sua extremidade inferior: bioturbação por finas raízes. (amostra FSJ-05: Aloformação Manso - fácies Fazendinha - litof. Gms)

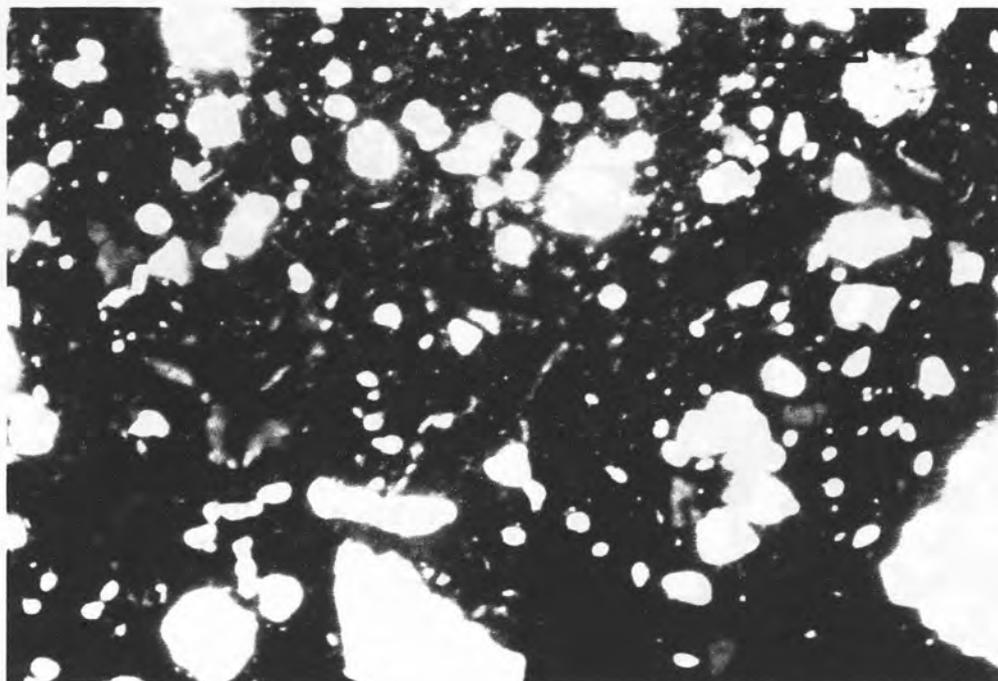


Fotomicrografia 11 - Formação de microfraturas e cavidades na matriz (micropeds e peds). (amostra FSJ-01: Aloformação Cotiara - litof. Gms)

A



B

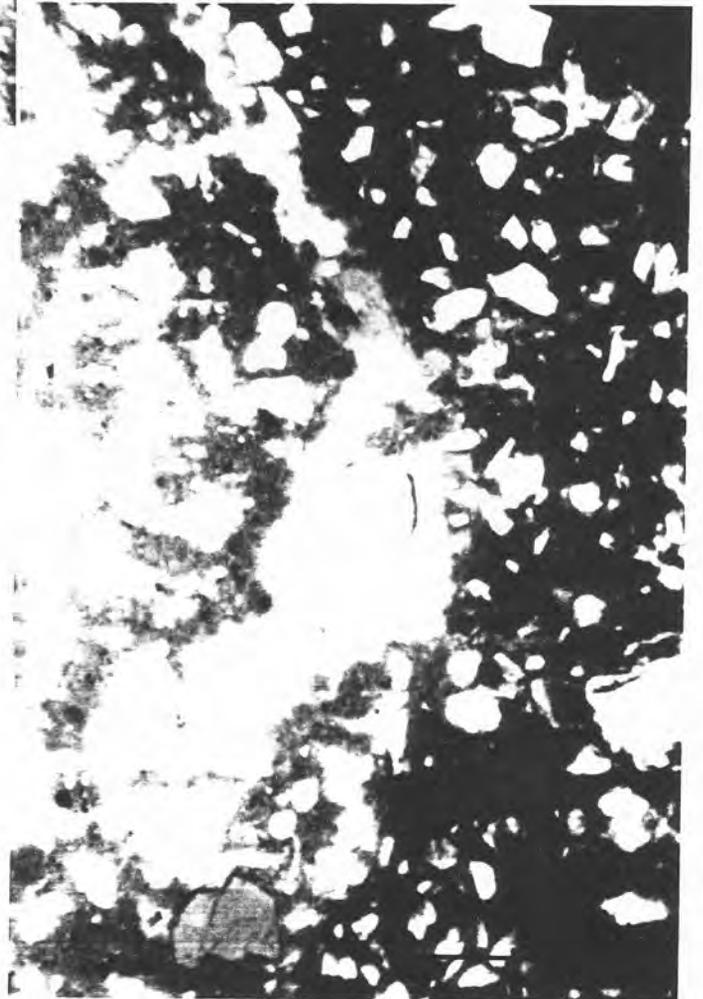


Fotomicrografias 12 (A e B) - Matriz com coloração mais clara, representando o processo de migração de argila; associado às microfraturas. Foto (B) - nicóis cruzados. (amostra FSJ-04: Aloformação Manso - fácies Fazendinha - litof. Gms)

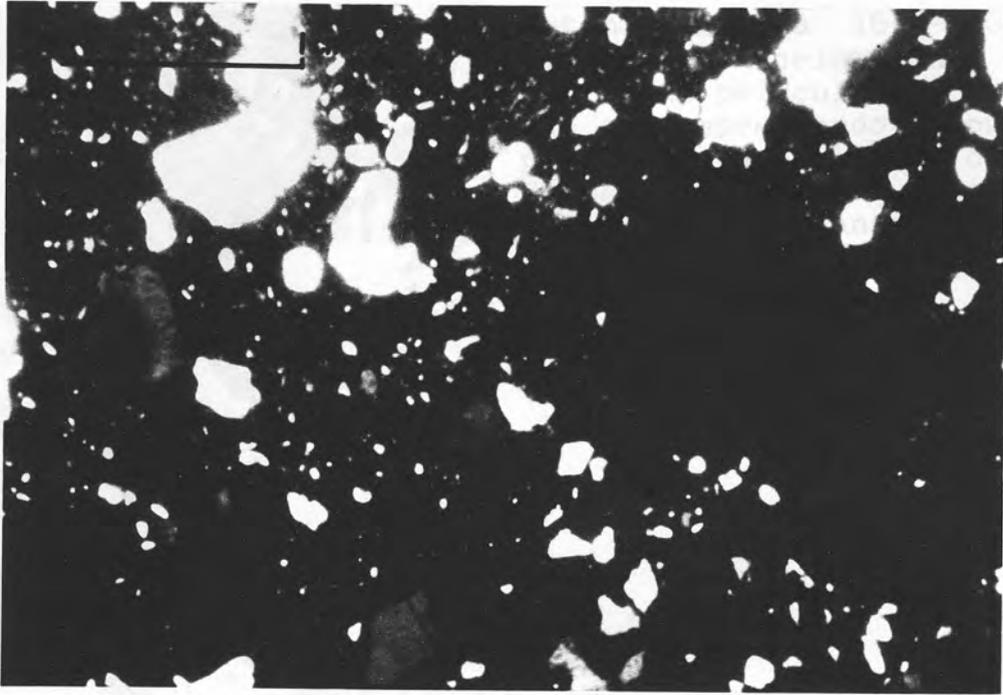


Fotomicrografia 13 - Formação de ferri-cutan ao redor de uma cavidade. Hbl = hornblenda. (amostra FSJ-04: Aloformação Manso -fácies Fazendinha - litof. Gms)

Fotomicrografia 14 - Ferri-cutan formado em matriz siltico argilosa, preenchendo um fino canal e contornando um grão de "alterito" (box work). (amostra BV-2: Aloformação Piracema - litof. Gms).



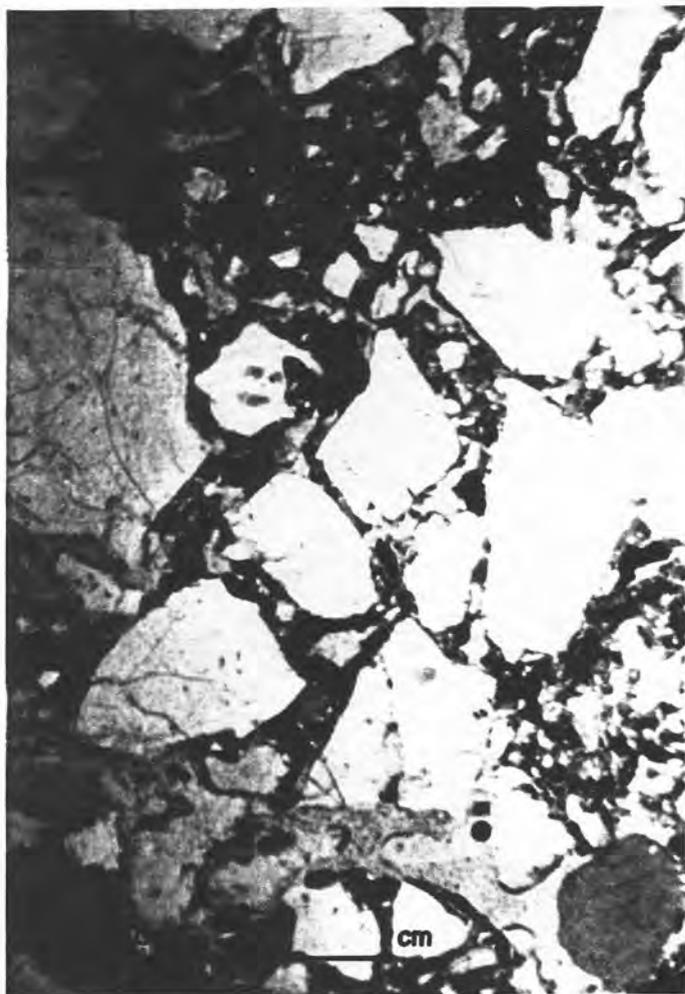
A



B

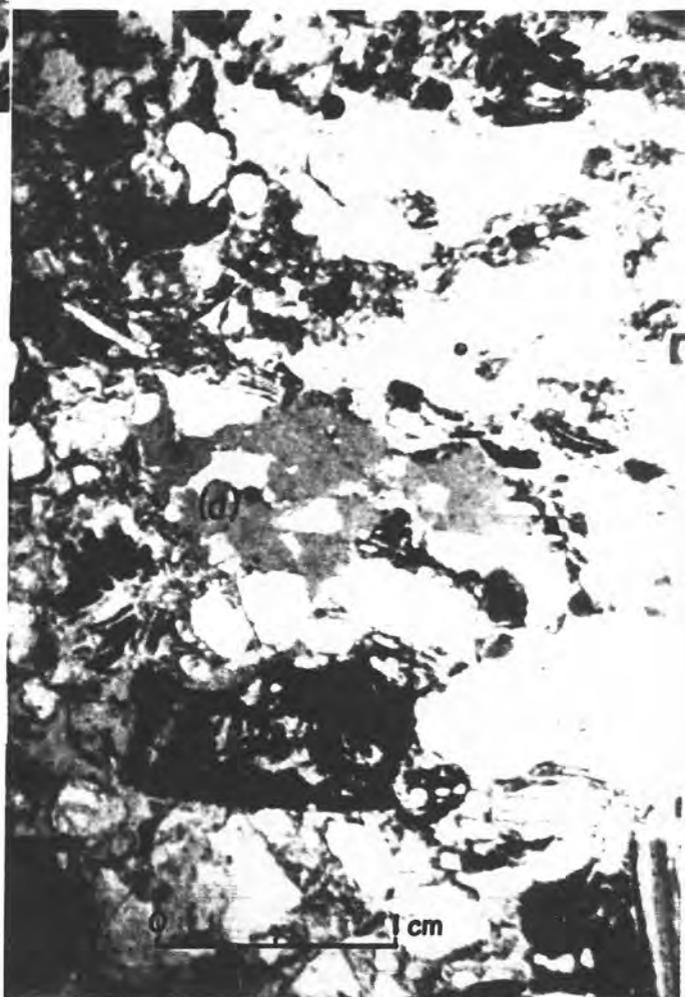


Fotomicrografias 15(A e B)- Argila de infiltração: em decorrência do escape da água dos sedimentos, as argilas remobilizadas durante a percolação da água é depositada de forma orientada, acompanhando o contorno de grãos ou cavidades existentes. (amostra FSJ-02: Aloformação Manso - fácies Fazendinha - litof. Gms)



Fotomicrografia 16 - Grão de quartzo monocristalino envolto por finas películas de argila que vão se despreendendo e ocupando os poros intergranulares, chegando a formar ferri-cutans. (amostra BV-4: Aloformação Manso -fácies Quebra-Canto - litof. Sh).

Fotomicrografia 17 - Material arenoso clasto-suportado com alto índice de porosidade e permeabilidade, contendo fragmentos de colúvio com grânulos de quartzo (litoclasto argiloso amarelado). Sofre compactação mecânica que resulta em sua desagregação - (a). (amostra BV-6: Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto - litof. Gms).



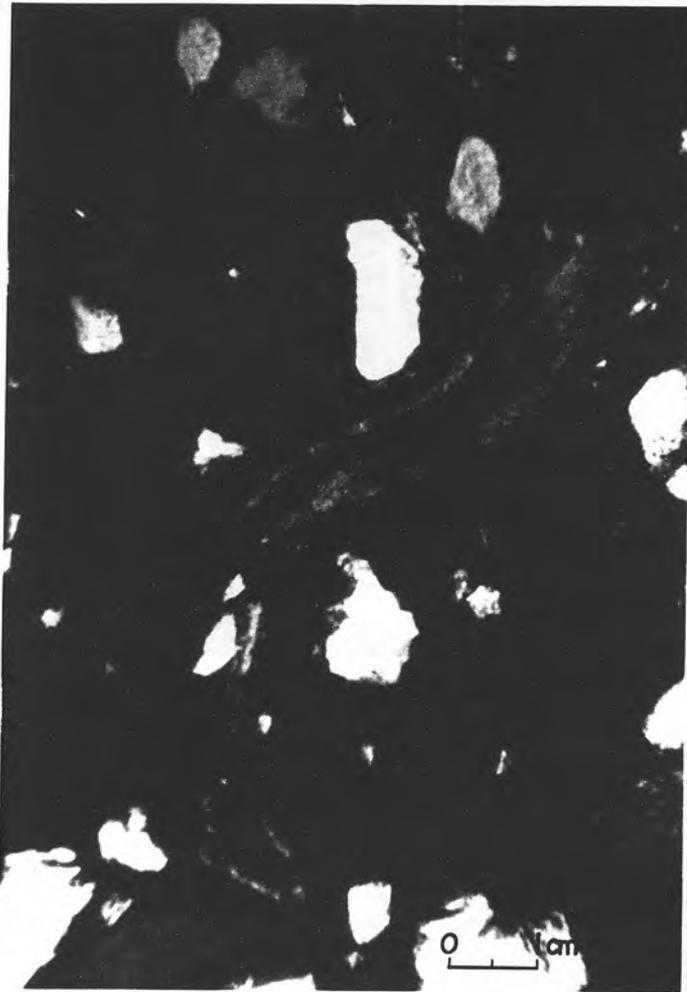


Fotomicrografia 18 - Mica quebrada devido à compactação mecânica e/ou transporte. Nicóis cruzados. (amostra SFL-02: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Sh/Fl)



Fotomicrografia 19 - Micas com extremidades abertas em leque, início da sua alteração. (amostra SFL-02: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Sh/Fl)





Fotomicrografia 20 - Mica deformada mecanicamente. Apresenta-se bastante alterada, o que é evidenciado pela baixa birrefringência (cloritizada?). Nicóis cruzados. (amostra FSJ-07: Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto - litof. Fm)



Fotomicrografia 21 - Deformação em uma muscovita fresca. (amostra FSJ-12A: Aloformação Manso - fácies Campinho/Piracema - litof. Gms).

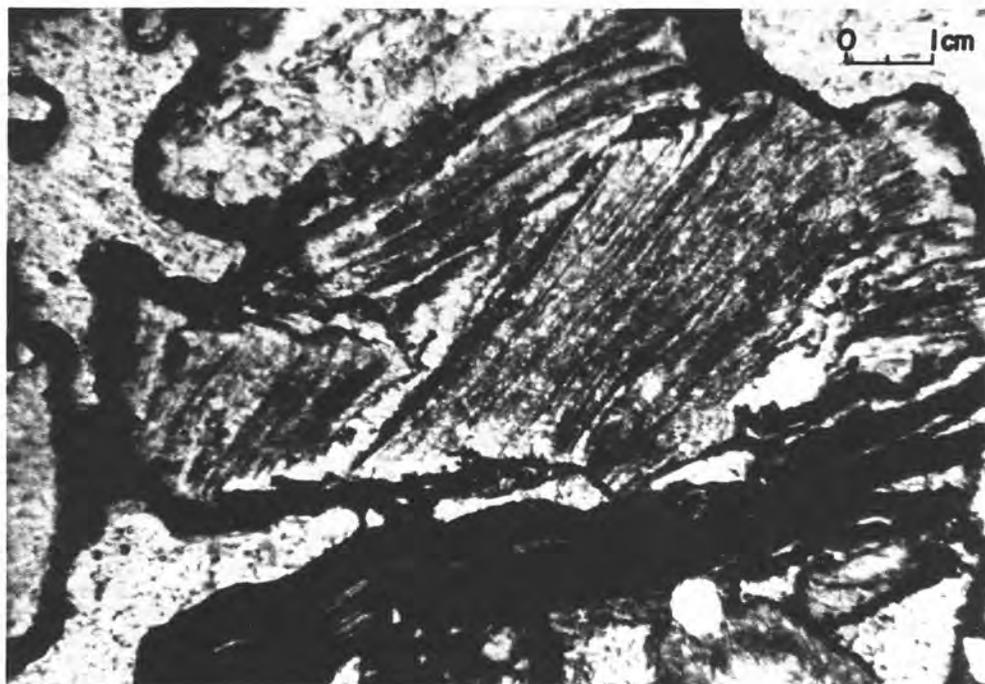




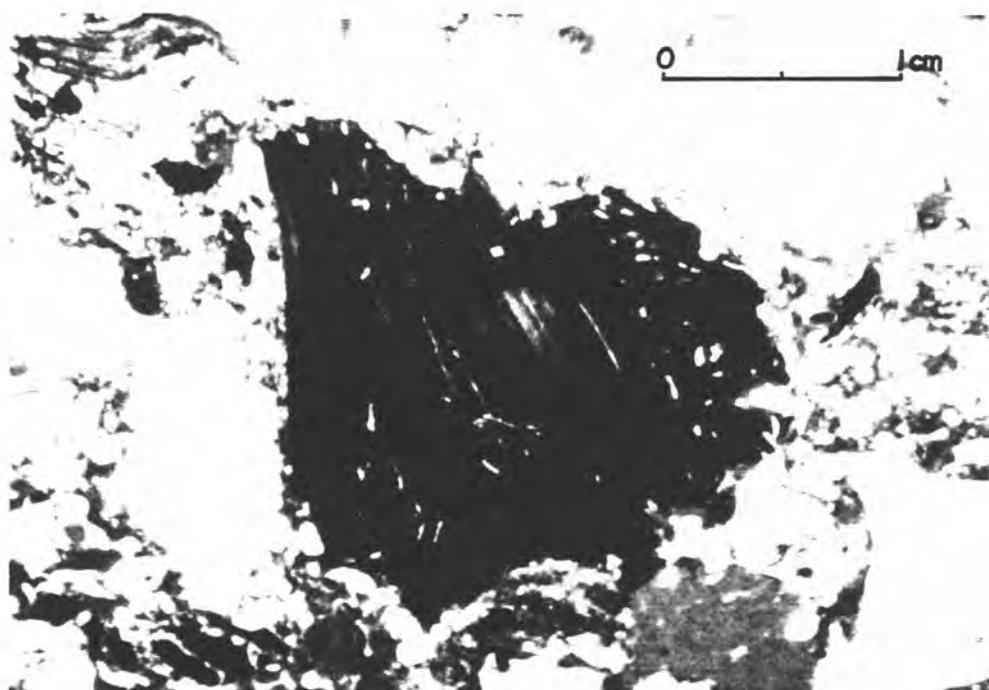
Fotomicrografia 22 - Biotita com preenchimento por Oxido/hidróxido de ferro nos planos de clivagem; suas lamelas encontram-se deformadas e bastante onduladas. (amostra SFL-01: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Fl)



Fotomicrografia 23 - Micas (biotitas) parcialmente deformadas mecanicamente com impregnação de óxidos nos planos de clivagem ou completamente incolor (perda do ferro). (amostra FSJ-11: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Fl/Fm)



Fotomicrografia 24 - Micas (biotitas) deformada e alterada. Oxido/hidróxido de ferro preenchendo parcialmente a porosidade intergranular; a origem desta cimentação incipiente parece ser das biotitas que se apresentam incolores. (amostra FSJ-11: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Fl/Fm))



Fotomicrografia 25 - Alteração da biotita (da borda em direção centro): responsável pela liberação de ferro em várias camadas que contém este mineral. (amostra BV-4: Aloformação Manso -fácies Quebra-Canto - litof. Sh)



Fotomicrografia 28 - Bioturbação: canal vertical em sedimentos argilo-silticos. Há uma fina camada oxidada envolvendo suas paredes internas e preenchendo-a parcialmente (matéria orgânica oxidada). (amostra FSJ-10B: Aloformação Manso - fácies Campinho-litof. Fm)



Fotomicrografia 29 - Poro acanalado, vertical, com oxidação contornando-o. Trunca a estratificação planar subhorizontal. (amostra SFL-02: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Fl/Sh).

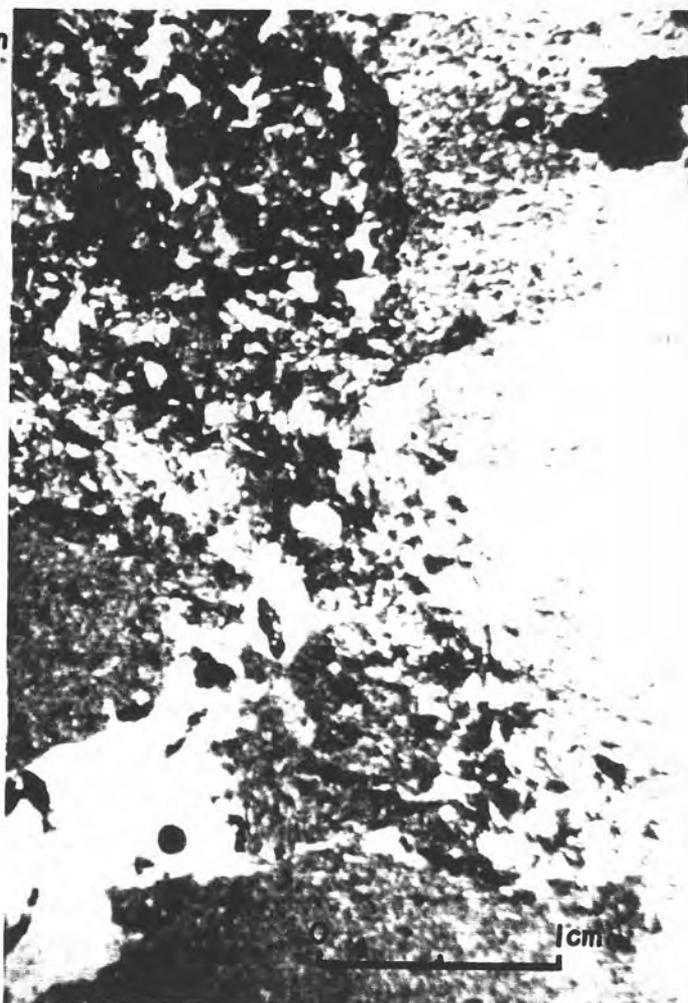




Fotomicrografia 30 - Bioturbação perturbando o acamamento original (amostra FSJ-6B: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Fl).



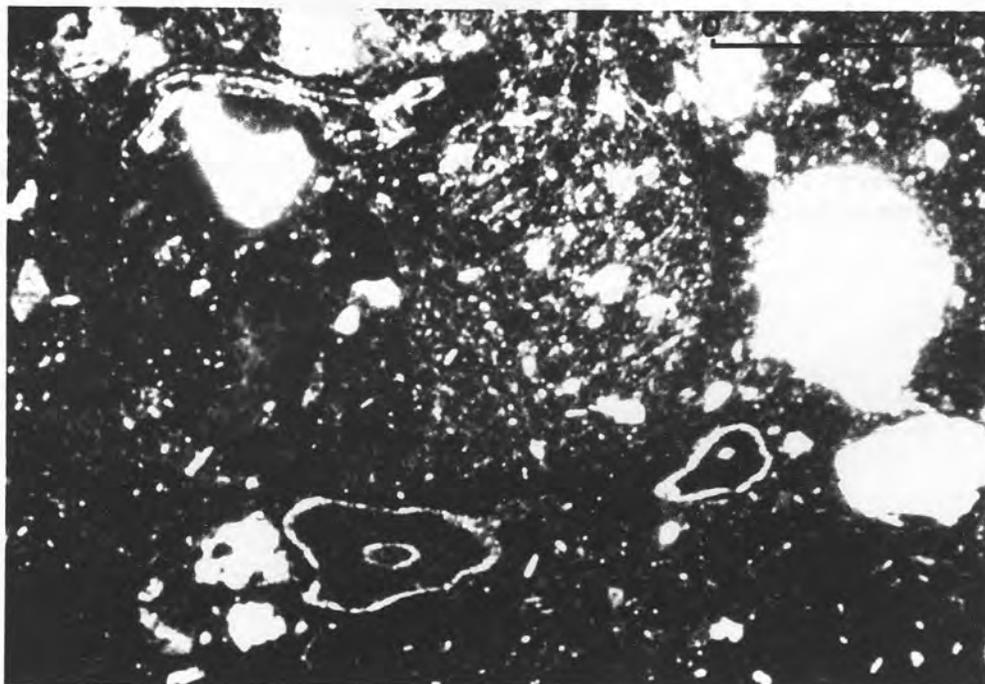
Fotomicrografia 31 - Canal subvertical formado por bioturbação e preenchido por areias mais grosseiras superpostas aos níveis silticos e de areia fina truncados pelo canal. (amostra FSJ-10B: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Fm)



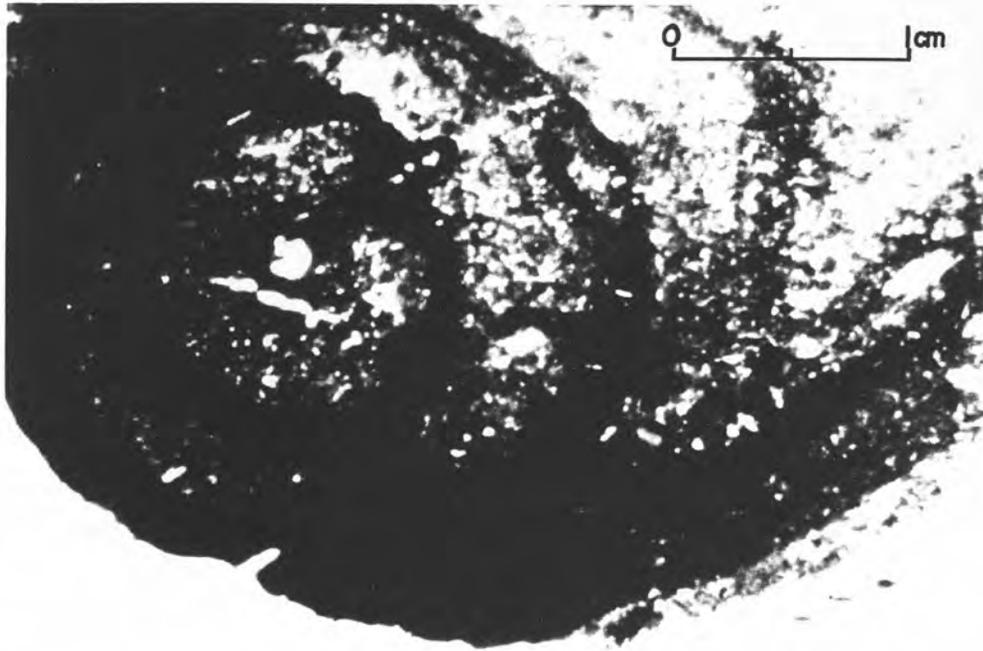
A



B



Fotomicrografias 32 (A e B) - Raízes muito finas (em corte transversal) de gramíneas (?) dentro de um poro acanalado. Ainda é possível observar a estrutura externa e interna do tecido vegetal. Apresentam-se bem preservadas - (a), ou podem estar parcialmente destruídas - (b). Foto (B) - nicóis crusados. (amostra BV-1: Aloformação Piracema - litof. Gms).



Fotomicrografia 33 - Mancha de oxidação concêntrica formada *in situ*, com palhetas de mica cortando-a. (amostra FSJ-10B: Aloformação Manso - fácies Campinho - litof. Fm)

A N E X O I I

DESCRIÇÃO DE CAMPO DAS AMOSTRAS COLETADAS

SECAO FAZENDA SAO JOAQUIM (A)

FSJ-01 - Material argilo-arenoso, amarelado; com grânulos de quartzo; friável, apresentando estrutura granular em grumos. (Aloformação Cotiara)

Obs.: coleta de amostra indeformada (FSJ#1)

FSJ-02 - Material areno-argiloso, amarelado; com muitos grânulos de quartzo (aspecto grosseiro); maciço, estrutura em blocos; sub-angulares; mosqueado. (Aloformação Manso - fácies Fazendinha)

Obs.: coleta de amostra indeformada (FSJ#2)

FSJ-03 - Material areno-argiloso, cor castanho escuro a preto; com muitos grânulos de quartzo (aspecto grosseiro), maciço com estrutura em blocos sub-angulares; mosqueado. (Aloformação Manso - fácies Fazendinha - paleo-horizonte A)

Obs.: coleta de amostra indeformada (FSJ#3)

FSJ-04 - Material areno-argiloso, castanho-amarelado, com muitos grânulos de quartzo; maciço com estrutura em blocos sub-angulares;

FSJ-05 - preserva restos vegetais carbonizados (oxidados); mosqueado; distribui-se em camadas tabulares. (Aloformação Manso - fácies Fazendinha)

Obs.: coleta de amostras indeformadas (FSJ#4 e FSJ#5)

FSJ-06 - Argilas silticas, rosadas/amareladas; finamente laminadas, micáceas; com preservação de restos vegetais carbonizados (oxidados); distribuem-se em finas camadas tabulares. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Obs.: coleta de amostra indeformada (FSJ#6)

FSJ-07 - Areias silticas e siltes arenosos avermelhados, com grânulos de quartzo; mal selecionados; maciços; micáceos, feldspáticos; distribuem-se em camadas lenticulares. (Aloformação Manso - fácies Fazendinha)

Obs.: coleta de amostra indeformada (FSJ#7)

FSJ-08 - Material argilo-arenoso, castanho-avermelhado, com grânulos de quartzo; maciço, com estrutura em blocos. (Aloformação Piracema)

Obs.: coleta de amostra indeformada (FSJ#8)

FSJ-09 - Areias grosseiras, amareladas, com níveis de oxidação (Fe e Mn); níveis de cascalho fino intercalados; materiais mal selecionados; estruturas em geral plano-paralelas, com estratificações cruzadas planares; micáceos, feldspáticos; distribuem-se em camadas lenticulares. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

SECAO FAZENDA SAO JOAQUIM (B)

FSJ/B-01 - Pacote caracterizado pela alternância entre camadas centimétricas tabulares/lenticulares de areias silticas, micáceas, finamente laminados. Níveis de areia grossa, muito mal selecionada, oxidados (Fe e Mn). Composição feldspática. Cores amareladas e rosadas, aspecto mosqueado, estrutura plano-paralela (tabularidade), concreções de óxidos (ou matéria orgânica oxidada (?)). (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Obs.: coleta de amostra indeformada (**FSJ#9**)

FSJ/B-02 - Argila siltica rosada: maciça, mosqueada, concentrações de óxidos (matéria orgânica oxidada (?)) e concreções. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Obs.: coleta de amostra indeformada (**FSJ#10**)

FSJ/B-03 - Areia siltica rosada: finamente laminada; micácea; aspecto mosqueado (concreções de óxidos). (Aloformação Manso - fácies Campinho)

O topo desta camada foi delimitado por um nível de areia grossa amarelada, muito mal selecionada.

Obs.: coleta de amostra indeformada (**FSJ#11**), contato entre as camadas das amostras 3 e 4.

FSJ/B-04 - Camada caracterizada pela alternância entre camadas centimétricas tabulares de siltes argilosos rosados, amarelados; maciços; mosqueados (concreções e concentrações de óxidos). Maior participação de níveis arenosos, na amostra coletada. (Aloformação Manso -fácies Campinho)

FSJ/B-05 - Silte castanho-avermelhado; maciço; micáceo, feldspático. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Obs.: coleta de amostra indeformada (**FSJ#12**) - contato entre as camadas das amostras 5 e 6.

FSJ/B-06 - Material areno-argiloso com grânulos de quartzo dispersos; castanho-avermelhado; maciço. (Aloformação Piracema)

SECAO FAZENDA LEAL

SFL-01 - Pacote caracterizado pela fina intercalação entre siltes argilosos, rosados/amarelados; finamente laminados; micáceos; e areias silticas amareladas/rosadas/esbranquiçadas; micáceas, feldspáticas. Preservam alguma matéria orgânica. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

SFL-02 - Pacote caracterizado pela alternância entre areias grossas, amareladas e avermelhadas; quartzosas, feldspáticas com

finos níveis de areia fina a siltica; níveis ferruginosos (milimétricos) de Fe e Mn. Aspecto geral: camadas plano-paralelas. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Obs.: coleta de amostra indeformada (FL#1)

SFL-03 - Areia muito grossa com níveis de cascalho, esbranquiçada; muito feldspática; estratificação plano-paralela a cruzada de baixo ângulo. Muito mal selecionada; grãos angulosos a subangulosos; níveis silto-argilosos, milimétricos. Seixos de quartzo, feldspato e fragmentos de rocha pouco a muito alterados. Topo da unidade corresponde a areia grossa amarelada. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Obs.: coleta de amostra indeformada (FL#2)

SFL-04 - Material silto-argiloso, rosado/amarelado; finamente laminado, com níveis de areia fina a siltica; concreções ferruginosas (matéria orgânica oxidada (?)). (Aloformação Manso - fácies Campinho)

SFL-05 - Areia fina siltica a cinza, micácea, finamente laminada. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

SFL-06 - Areia muito grossa, níveis de cascalho fino, arroxeadas (na base encontra-se areia amarela); estratificações plano-paralelas a cruzadas de baixo ângulo; quartzosa, seixos de quartzo, feldspato e fragmentos de rocha. Material muito mal selecionado; grãos angulosos a subangulosos. (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Obs.: SFL-06 (areia amarela) e SFL-07 (areia roxa)

SFL-08 - Material areno-argiloso com muitos grânulos de quartzo, castanho-avermelhado; maciço. (Aloformação Piracema)

SECAO BELA VISTA

Perfil A:

BV-1 (15) - Material areno-siltico, oxidado, de coloração castanha, presença de grânulos de quartzo dispersos e fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

BV-2 (14) - Material areno-argiloso, de coloração castanho-amarelada, apresentando grânulos de quartzo e feldspato. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

BV-3 (13) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanho-avermelhada, presença de grânulos de quartzo, feldspato, muscovita e fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

- BV-4 (12) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanha, presença de seixos de feldspato de até 5cm. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-5 (11) - Material areno-siltico, de coloração castanha, presença de grânulos de quartzo e feldspato, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-6 (10) - Material arenoso, de coloração castanho-avermelhada, presença de grânulos de quartzo e feldspato, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-7 (9) - Material arenoso, de coloração castanha, presença de seixos de feldspato e fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-8 (8) - Material areno-argiloso, de coloração castanha, presença de grânulos de quartzo, feldspato e fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-9 (7) - Material arenoso, grosseiro, de coloração castanha, presença freqüente de grânulos de quartzo e feldspato. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Perfil B:

- BV-10 (6) - Material arenoso, muito grosseiro, de coloração castanha, presença freqüente de grânulos de quartzo e feldspato. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-11 (5) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanho-avermelhada, presença de grânulos de quartzo e feldspato. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-12 (4) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanha, presença de grânulos de feldspato, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Obs.: coleta de amostra indeformada (BV-8), contato entre as camadas 2 e 3.

- BV-13 (3) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanha, presença de grânulos de quartzo e feldspato, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-14 (2) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanho-avermelhada, presença de grânulos de quartzo e feldspato, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- BV-15 (1) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanha, presença freqüente de grânulos de quartzo, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Obs.: coleta de amostra indeformada (BV-9)

SECAO COTIARA

Perfil A:

- (15) - Material argilo-arenoso, de coloração castanho-avermelhada, com grânulos pouco freqüentes de quartzo, angulosos. (Aloformação Piracema - colúvio Piracema II)
Obs.: coleta de amostra indeformada (COTA-1)
- COTA-1 (14) - Material areno-siltico, de coloração castanha, presença de grânulos de quartzo dispersos e fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-2 (13) - Material silto-arenoso, de coloração castanha, apresentando grânulos de quartzo esparsos. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-3 (12) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanha, presença de fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-4 (11) - Areias finas, de coloração castanha, micácea. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-5 (10) - Material arenoso grosseiro, de coloração castanha, presença de fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
Obs.: coleta de amostra indeformada (COTA-2)
- COTA-6 (9) - Areias finas, de coloração castanha, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
Obs.: coleta de amostra indeformada (COTA-3)
- COTA-7 (8) - Material arenoso, grosseiro, de coloração castanha, presença de grânulos de feldspato e fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-8 (7) - Areias finas, de coloração castanha, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-9 (6) - Material areno-argiloso, de coloração cinza, representando um nível de acumulação de matéria orgânica - Paleohorizonte A. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-10 (5) - Material silto-arenoso, de coloração castanho-avermelhada, presença de grânulos de quartzo e fragmentos de rocha. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-11 (4) - Material silto-arenoso, de coloração castanho-avermelhada, presença de fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Obs.: coleta de amostra indeformada (COTA-4)

- COTA-12 (3) - Material silto-arenoso, de coloração castanho-avermelhada, presença de grânulos de feldspato, micáceo. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-13 (2) - Material silto-arenoso, de coloração castanho-avermelhada, presença de grânulos de feldspato e fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)
- COTA-14 (1) - Material areno-siltico, de coloração castanha, presença de grânulos de feldspato e fragmentos de rocha alterados. (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto).

Perfil B:

- COTB-5 - Material areno-argiloso, de coloração cinza-amarelada, representa um nível de acumulação de matéria orgânica - Paleohorizonte A. (Aloformação Cotiara)

Obs.: Coletou-se somente amostra indeformada (COTB-1).

- COTB-6 - Material areno-argiloso, de coloração amarelada, contendo grânulos muito freqüentes de quartzo, angulosos, de até 5mm. (Aloformação Cotiara)

Obs.: Coletou-se somente amostra indeformada (COTB-2).

A N E X O I I I

DESCRICAÇÃO PETROGRÁFICA

SECAO FAZENDA SAO JOAQUIM (A e B)

FSJ-1: (Aloformação Cotiara ?)

Material matriz suportado (64% de matriz) de cor amarela, heterométrico. Matriz argilo siltica. A matriz apresenta micro poro-canais e pequenas cavidades, parece estar relacionada à contração e expansão da matriz. Envolvendo estes micro poros e alguns grãos, a matriz se apresenta com cores mais claras e textura mais fina, representando a formação inicial de ferri-cutans. O arcabouço é composto por areia fina com grânulos esparsos: angulosos. Os contatos entre os grãos são raros, quando ocorrem são pontuais. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

97% de quartzo (extinção levemente ondulante)

1% de feldspato (alterado e fresco: sem geminação)

1% de anfibólio (hornblenda)

1% de minerais pretos (representam concreções ferruginosas de cores acastanhadas a pretas e óxidos de difícil identificação, em lupa foram identificados magnetita e ilmenita)

Traço - turmalina; muscovita; litoclastos de pelito; zircão

FSJ-2: (Aloformação Manso - fácies Fazendinha)

Material matriz suportado (56,5% de matriz) de cor amarela, heterométrico. Matriz argilosa. Arcabouço composto por areia média a fina, com a fração mais grosseira esparsa; grãos angulosos a subangulosos. A porosidade e a composição do arcabouço são bastante semelhantes à da amostra FSJ-1. Presença de ferri-cutans ao redor dos grãos e associados às micro fraturas da matriz. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

98% de quartzo monocristalino (predomina extinção rápida a fracamente ondulada, ocorrem alguns grãos com extinção fortemente ondulante)

1% de feldspato (fresco, sem geminação e com geminação tartan - microclina); anfibólio (hornblenda)

1% de óxidos (pretos e avermelhados)

Traço - zircão; turmalina; litoclastos (chert, quartzo+quartzo - parcialmente recristalizado)

FSJ-3: (Aloformação Manso - fácies Fazendinha - paleohorizonte A)

Material matriz suportado (62,8% de matriz) de cor amarela, heterométrico, muito mal selecionado. Matriz argilo-siltica com frequentes canais finos verticais (microfraturas de contração; cutans de óxido avermelhado contornando estes poro-canais; e algumas câmaras, em geral alongadas verticalmente). No arcabouço, predominam areias médias a finas com grãos mais grosseiros esparsos, angulosos a subangulosos. Estrutura plano-paralela subhorizontal, pouco desenvolvida, sendo melhor observada nos níveis mais grosseiros. Os canais subverticais perturbam, localmente, a estratificação pouco desenvolvida. Composição

mineralógica do arcabouço:

99% de quartzo monocristalino (extinção pouco a moderadamente ondulante)

1% de feldspatos (muito alterados); muscovitas (alteradas); concreções granulares e óxidos/hidróxidos pretos; anfibólio; zircão

FSJ-4: (Aloformação Manso - fácies Fazendinha)

Material matriz suportado (52,5% de matriz), de cor amarelo-acastanhada, heterométrico. Matriz argilo-siltica com algumas cavidades e com poucos canais (conectando as câmaras ou não). Esta porosidade da matriz é semelhante à da amostra FSJ-3, só que se desenvolvem cavidades. Ocorrem também cutans (ou melhor, migração incipiente de argila ao redor dos poros ou cavidades) e microfraturas de contração. O arcabouço é composto por areias grosseiras a muito finas, com grânulos esparsos (de 2,0 mm de diâmetro médio); angulosos a subangulosos. Apresenta estrutura maciça, com alinhamentos locais de grãos menores. Composição mineralógica do arcabouço:

98% de quartzo monocristalino (com extinção levemente ondulante)

2% de muscovita: concreções granulares (avermelhadas e pretas); anfibólio (hornblenda)

Traço - feldspato alterado; biotita; box work; turmalina

Outros - zircão, quartzo policristalino/chert (ou monocristalino com forte extinção ondulante), litoclasto de gnaiss (quartzo + feldspato, preserva uma xistosidade)

FSJ-5: (Aloformação Manso - fácies Fazendinha)

Material matriz suportado (67% de matriz), de cor amarela, heterométrico. Matriz argilo-siltica com muitos canais finos (microfraturas de contração). Ocorrem algumas cavidades esparsas. Praticamente não há "cutans", mas a matriz se apresenta mosqueada (com manchas castanho-avermelhadas). O arcabouço é composto basicamente por areias médias a finas, com grânulos (de 2,0 mm de diâmetro médio) esparsos; angulosos a subangulosos. Apresenta estrutura maciça, com alinhamentos locais de grãos menores, caracterizando uma estratificação plano-paralela pouco desenvolvida. Composição mineralógica do arcabouço:

97% de quartzo monocristalino (com extinção levemente ondulante a rápida)

1,5% de concreções granulares (pretas e avermelhadas)

0,5% de box work; litoclastos de pelito

0,2% de muscovita (fresca e parcialmente alterada - com resquícios de sílica no interior do mineral); micas bastante oxidadas (com impregnação de óxidos de ferro nos planos de clivagem e com birrefringência muito baixa, provavelmente são biotitas); feldspatos alterados e frescos (geminção da albita: Oligoclásio - Anze)

Traço - turmalina; zircão; anfibólio (hornblenda); quartzo policristalino/chert; litoclastos (chert + quartzo monoc., quartzo +

quartzo, quartzo + biotita + muscovita)

É interessante notar o mosqueamento do material. As vezes aparecem minerais alterados, cortados por poro-canais, só restando o produtos desta alteração: óxidos e hidróxidos de ferro. Daí o mosqueamento de cores castanho-avermelhadas.

FSJ-6: (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Intercalação de níveis arenosos (somente com 10 % de matriz) e níveis silticos, de cor amarelo-avermelhada. A coloração avermelhada parece ser devido à presença de óxidos e hidróxidos de ferro que tingiram o material. Aparecem manchas de oxidação concêntricas. Ocorrem microfraturas de contração, poucas câmaras, às vezes ligadas por poro-canais. O nível mais grosseiro é composto por areias muito grossas a finas, grãos angulosos a subangulosos. E o nível mais fino por areias finas a siltes. O grau de selecionamento destes níveis é de mal a médio. Apresenta uma estratificação plano-paralela, subhorizontal, identificada pela diferença de granulometria. Localmente a estrutura primária encontra-se bioturbada: Observa-se um nível argiloso oxidado bastante perturbado por canais muito finos, provavelmente são raízes. Composição mineralógica do arcabouço:

98% de quartzo monocristalino (com extinção ondulante fraca a forte)
1% de concreção granular (preta)
0,5% de muscovita
0,5% de box work
Traço - feldspato muito alterado; zircão; anfibólio (hornblenda)

FSJ-7: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Areia fina a muito fina, com grânulos esparsos (com até 2,0 mm de diâmetro), de cor castanha, grãos angulosos a subangulosos. Possui cerca de 20 % de matriz siltica, muito oxidada. Selecionamento médio a bom. Apresenta micro poros intergranulares, envolvendo os grãos e em sua maior parte estão preenchidos por óxido de ferro (cimentação incipiente por óxido/hidróxido de ferro). Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

95% de quartzo monocristalino (com extinção ondulante fraca a moderada; alguns grãos possuem inclusão de zircão)
3% de concreções granulares (avermelhadas e pretas),
1,5% de muscovita (apresenta indícios de compactação mecânica; levemente deformadas)
0,5% de litoclastos de pelito (amarelados, argilosos, arredondados)
Traço - feldspatos muito alterados; box work; turmalina; zircão; anfibólio (hornblenda); micas totalmente impregnadas por óxidos em seus planos de clivagem (birrefringência muito baixa)

FSJ-8: (Aloformação Piracema/Manso - fácies Quebra Canto -?)

Material matriz suportado (59,5% de matriz), de cor casta-

nho-avermelhada. Matriz silto-argilosa com micro fraturas de contração, às vezes terminando em pequenas cavidades. O arcabouço é composto por areias finas a muito finas, com grânulos esparsos (de 2,5 a 2,0 mm de diâmetro médio), angulosos a subangulosos. Possui um grau de selecionamento médio a baixo. Apresenta estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

94% de quartzo monocristalino (com extinção ondulante moderada)

4% de muscovita

2% de concreções granulares (avermelhadas e pretas)

Traço - feldspatos (alterados parcialmente): box work: turmalina: anfibólio; litoclastos de pelito amarelado

FSJ-9: (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Contato entre dois níveis: mais grosso na base e mais fino (siltico) no topo, coloração amarelo-acastanhada. O nível mais grosso é clasto suportado, composto por areias médias a finas com um selecionamento médio, praticamente sem matriz; possui porosidade intergranular (a resina incolor dificulta a percepção da porosidade) preenchida, geralmente, por óxidos/hidróxidos que também aparecem na superfície dos grãos. O nível mais fino é siltico, com raros grãos dispersos. Há alguns poro-canais subparalelos ao plano de estratificação dos dois níveis. A estrutura geral destes níveis é plano-paralela subhorizontal; internamente, no nível mais grosso, ocorre uma leve imbricação dos grãos, e no nível mais fino ocorre uma orientação dos minerais tabulares. Composição mineralógica do arcabouço:

88% de quartzo monocristalino (com extinção leve a moderadamente ondulante)

5% de litoclasto de pelito (com e sem grânulos de quartzo, arredondados)

2% de biotita (muito oxidada, em leque)

1% de muscovita

0,5% de concreções granulares (avermelhadas e pretas)

Traço - box work; turmalina; anfibólio (hornblenda)

As micas encontram-se bastante alteradas (extremidades em leque) e deformadas. Ocorre percolação de óxidos truncando algumas micas.

FSJ-10: (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Material argilo-siltico, amarelo-rosado, com níveis milimétricos de areia fina a muito fina, com grau médio de selecionamento. Ocorem micro poro-canais verticais, parcialmente preenchidos ou envoltos por óxido de Ferro, que às vezes cortam tanto os níveis mais argilosos como os mais arenosos; outras vezes param no topo dos níveis mais finos (argilo-silticos). Estes poro-canais devem representar raízes muito finas. Isto pode indicar períodos de não sedimentação marcados pelo crescimento de vegetação, cujas raízes formariam estes poro-canais (bioturbação). Intensa bioturbação. Localmente estes poros podem estar preenchidos por areia proveniente dos níveis arenosos finos. Ocorrem raras cavidades. Apresenta uma laminação milimétrica

plano-paralela subhorizontal. Os níveis mais finos são extremamente micáceos, enquanto os mais grosseiros possuem grãos de quartzo e também é muito micáceo. Em todos os níveis ocorrem concreções avermelhadas-acastanhadas, concêntricas (às vezes cortadas por micas - são concreções formadas in situ) e manchas de oxidação avermelhadas e pretas (matéria orgânica oxidada ?).

FSJ-11: (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Contato entre níveis de areia grossa (no topo) e níveis silto-arenosos - areia fina (na base), de coloração amarelo-acastanhada. O nível mais grosso é clasto suportado e bastante heterométrico, com grãos angulosos a subangulosos. Ausência de matriz. Apresenta porosidade intergranular interconectada, preenchida por óxidos/hidróxidos de ferro: a superfície dos grãos (predominam quartzos) está impregnada pela oxidação. O nível mais fino está bastante oxidado: possui micro poro-canais que cortam os planos de estratificação, contendo percolação de óxido ao longo destes planos. Em geral apresenta uma estrutura plano-paralela subhorizontal pouco desenvolvida, estando bastante perturbada no nível mais fino. Composição mineralógica de cada nível:

Nível fino: quartzo monocristalino, óxidos e hidróxidos

Nível grosso: 87% de quartzo monocristalino (extinção ondulante fraca a média, cristais alongados, típicos de zona de cataclase)

10% de litoclasto do pelito (amarelo com grânulos de quartzo, mica óxidos pretos e raramente anfibólio)

2% de biotita (bastante alterada: extremidades em leque; provavelmente a alteração das biotitas está liberando o ferro que dá a cor do sedimento)

1% de muscovita (alterada)

Traços - feldspatos alterados (somente a microclina foi identificada, por se encontrar parcialmente alterada); box work; concreções granulares pretas

FSJ-12: (contato entre Aloformação Piracema e Aloformação Manso - fácies Campinho)

Material matriz suportado (52.8% de matriz), de cor castanho-avermelhada, heterométrico. Matriz silto-argilosa bastante oxidada. Possui poro-canais bem finos, às vezes interligando algumas cavidades existentes. O arcabouço é composto por areias muito grossas a muito finas, grãos angulosos. Apresenta estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

95% de quartzo monocristalino (com extinção ondulante fraca a moderada)

3% de muscovita (estão sofrendo os efeitos da compactação mecânica - apresentam-se quebradas e deformadas)

2% de concreções granulares (acastanhadas e pretas)

Traço - biotita (alterada - pode estar cloritizada, pois possui uma

birrefringência baixa); box work; turmalina; anfibólio (horn-blenda)

SEÇÃO FAZENDA LEAL

SFL-1: (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Material arenoso clasto suportado (praticamente sem matriz), de cor castanho-amarelada, caracterizado pela intercalação de níveis arenosos grossos (areias muito grossas a grossas), mais finos (areias médias a finas) e níveis heterométricos (matriz siltica com grânulos dispersos), com grãos subangulosos a subarredondados. Ocorrem níveis completamente oxidados. A ocorrência destes níveis indica uma cimentação incipiente por óxidos/hidróxidos de ferro, estando perturbados localmente pela bioturbação. Há porosidade intergranular (mascarada pela resina incolor) e preenchida por óxidos (percolados), que também impregnam a superfície dos grãos. Em geral, apresenta uma estrutura plano paralela subhorizontal, com granodecrescência ascendente. O grau de selecionamento, em geral, é médio. Composição mineralógica do arcabouço:

- 55% de quartzo monocristalino (com extinção levemente ondulante, raros grãos com extinção fortemente ondulante; fraturas preenchidas por óxidos avermelhados)
 - 35% de litoclastos de pelito (coloração amarelada, matriz argilosa com grãos de quartzo angulosos)
 - 10% de biotita (bastante alterada: extremidades em leque, deformadas)
- Traço - feldspatos parcialmente alterados - alteração com cores cinza/amareladas (alguns plagioclásios e microclinas, mas em geral ocorrem sem geminação); micas (biotitas e muscovitas bastante alteradas - birrefringência baixa, deformadas, extremidades em leque), concreções ganulares pretas.

Esta lâmina apresenta bons exemplos de alteração das micas, principalmente das biotitas, que provavelmente estão fornecendo o ferro para os níveis intensamente oxidados. Observa-se, também, a deformação das micas, devido à compactação mecânica. A presença de feldspatos frescos (plagioclásios e microclinas) indica a proximidade da área fonte, além da rapidez do transporte.

SFL-2: (Aloformação Manso - fácies Campinho)

Material arenoso clasto suportado (praticamente sem matriz), de cor castanho clara, caracterizado pela intercalação de níveis arenosos grossos (areias muito grossas a grossas), finos (areias finas a muito finas) com 0,5 a 1,0 cm de espessura, com grãos angulosos a subangulosos. O grau de selecionamento é de médio a bom. A porosidade é bastante semelhante à da amostra SFL-1. Estrutura plano-paralela subhorizontal, muito bem definida pela diferença granulométrica. Composição mineralógica do arcabouço:

- 70% de quartzo monocristalino (com extinção rápida, moderada a fortemente ondulante; alguns grãos encontram-se facetados)
- 15% de litoclastos de pelito (coloração amarelada, matriz argilosa com grãos de quartzo angulosos)
- 15% de biotita (bastante alterada: extremidades em leque, deformadas)
- Traço - feldspatos parcialmente alterados - alteração com cores cinza/amareladas (alguns plagioclásios e microclinas, mas em geral ocorrem sem geminação); concreções granulares pretas e avermelhadas; litoclastos (quartzo + muscovita, quartzo + plagioclásio); quartzo policristalino com extinção fortemente ondulante)

SECAO BELA VISTA

BV-1: (Aloformação Piracema)

Material matriz suportado (89 % de matriz), de cor castanho-avermelhada, heterométrico. Matriz síltica, micácea, tingida por óxidos (abundância de pigmentos avermelhados). Ocorrem microfaturas (poro-canais muito finos), resultantes da contração da matriz, e algumas cavidades (algumas vezes os poro-canais terminam nestas cavidades). Ao redor destes poros a matriz possui uma coloração mais amarelada e textura mais fina, indicando uma migração de argila. O arcabouço é composto por areias grossas a finas, com grãos angulosos. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

- 90% de quartzo monocristalino (extinção rápida a levemente ondulante)
- 8% de micas (muscovita e biotita)
- 2% de alteritos (box work, granulares pretos)
- Traços - litoclastos (quartzo + quartzo; quartzo + feldspato alterado, cujo contato é aproximadamente poligonal).

BV-2: (Aloformação Piracema)

Material matriz suportado (69,1 % de matriz), de cor castanho-amarelada, heterométrico. Matriz silto-argilosa. Cerca de 10 % da lâmina é composta por cavidades. Ocorrem pequenas fissuras na matriz, que podem conter fragmentos de raiz (estes fragmentos estão cortados transversalmente e apresentam, ainda, a estrutura do tecido vegetal, o que leva a crer que sejam raízes recentes). O arcabouço é composto por areias muito grossas a finas, com grãos angulosos a subangulosos. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

- 90% de quartzo monocristalino (extinção rápida a levemente ondulante)
- 10% de muscovita; feldspatos (sem geminação e plagioclásio - An₅₇ - andesina; alteritos (box work, granulares pretos, avermelhados, concêntricos)

BV-3: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material arenoso matriz suportado (31,5 % de matriz), de cor castanha, heterométrico. Matriz areno-siltica (areia fina a muito fina), oxidada. Ocorrem alguns contatos pontuais e tangenciais. O arcabouço é composto por areias muito grossas a muito finas com grânulos de até 5 mm; os grãos são angulosos a arredondados. Estrutura maciça; localmente os grânulos e os minerais prismáticos apresentam-se orientados plano-paralelamente. Composição mineralógica do arcabouço:

- 90% de quartzo monocristalino (extinção rápida a levemente ondulante)
- 1% de feldspatos (parcialmente alterados; sem geminação; predominam na granulometria mais grossa)
- 1% de litoclastos (muscovita + quartzo com extinção ondulante; feldspato fresco + quartzo + matriz silto-argilosa micácea com uma leve orientação dos minerais prismáticos -grão arredondado de um gnaiss alterado; quartzo + feldspato alterado; pelito amarelado, argiloso, arredondado a bem arredondado - fragmentos de colúvio)
- 7% de muscovita e biotita (bastante alteradas e deformadas)
- 1% de alteritos (box work; granulares pretos, avermelhados; "manchas" impregnando a superfície dos grãos ou entre eles)

BV-4: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material arenoso clasto suportado, de cor castanha, heterométrico. Contatos pontuais e menos freqüentes tangenciais. O arcabouço é composto por areias muito grossas a finas com grânulos de 4 a 2 mm, grãos subangulosos. As frações mais finas encontram-se bastante oxidadas. na maior parte da lâmina há percolação de óxidos/hidróxidos avermelhados entre os grãos. Ocorre uma cimentação incipiente por óxidos/hidróxidos de ferro. Estrutura maciça, com leve orientação dos grãos maiores e tabulares. Composição mineralógica do arcabouço:

- 95% de quartzo monocristalino (extinção fraca a moderadamente ondulante)
 - 2% de biotitas alteradas e muscovitas
 - 2% de alteritos (box work com formas botrioidais em seu interior; granulares pretos)
 - 1% de litoclastos (quartzo + quartzo - quartzito parcialmente recristalizado; feldspato + biotita; pelito argiloso, amarelado, bem arredondado; matriz argilosa, castanho-avermelhada, arredondado)
- Traços - feldspatos (sem geminação, microclina)

BV-5: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material matriz suportado (55,5 % de matriz), de cor castanha, heterométrico. Matriz siltica, micácea, muito oxidada. Ocorrem eventuais contatos pontuais. Cerca de 10 % da lâmina é ocupada por cavidades conectadas entre si através de canais. O arcabouço é composto por areias muito grossas a muito finas com grânulos dispersos de 2 a 3 mm; os grãos são angulosos a subangulosos. Cimentação incipiente

por óxidos/hidróxidos de ferro. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

- 90% de quartzo monocristalino (extinção rápida a moderadamente ondulante)
- 5% de muscovita e biotita (bastante deformadas mecanicamente)
- 3% de litoclastos (quartzo + feldspato + muscovita - granitóide; quartzo + feldspato alterado sem geminação; quartzo + quartzo; pelito amarelado, argiloso, grãos muito pequenos)
- 2% de alteritos (box work; granulares pretos, avermelhados)
- Traços - feldspatos (microclina; plagioclásio; sem geminação); anfibólio (hornblenda)

BV-6: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material arenoso clasto suportado (praticamente sem matriz), de cor marrom-acastanhada, heterométrico. Ocorrem contatos pontuais e raros tangenciais. A porosidade é intergranular e ocupa cerca de 25 % da área da lâmina. O arcabouço é composto por areias muito grossas a areias muito finas (predominam as frações média a fina), com grânulos de até 6 mm; os grãos são angulosos. Estrutura maciça; com leve orientação dos minerais micáceos. Composição mineralógica do arcabouço:

- 90% de quartzo monocristalino (extinção rápida e alguns grãos levemente ondulante)
- 5% de litoclastos (quartzito - quartzo policristalino com cristais deformados e parcialmente recristalizados; pelito amarelado, argiloso, bem arredondado, com ou sem grânulos de quartzo angulosos)
- 5% de alteritos (box work; granulares pretos, avermelhados; "manchas" impregnando a superfície dos grãos ou entre eles)
- Traços - feldspatos (microclina fresca; sem geminação, alterados); anfibólio (hornblenda)

BV-7: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material arenoso matriz suportado (cerca de 25 % de matriz), de cor marrom-acastanhada. Matriz arenosa (areia fina), extremamente oxidada. Ocorrem níveis clasto suportados bastante grosseiros. O arcabouço é composto por areias finas com grânulos esparsos nos níveis mais grosseiros; grãos angulosos a subangulosos; e areias finas a muito finas nos níveis finos, com grãos subangulosos a subarredondados. O grau de selecionamento é bom. O contato entre os níveis mais grosseiros e mais finos não é bem definido. A estrutura é, em geral, plano-paralela subhorizontal, apresentando, localmente, algumas estruturas de carga no contato dos mais grosseiros sobre os mais finos. Composição mineralógica do arcabouço:

- 85% de quartzo monocristalino (extinção rápida a ondulante)
- 7% de micas (palhetas de muscovitas e biotitas alteradas)
- 4% de litoclastos (pelito amarelado, argiloso, bem arredondado - fragmento de colúvio; pelito avermelhado, matriz silto argilosa, angulosos a subangulosos - fragmento de rocha alterada; al-

guns litoclastos contêm grânulos)
4% de alteritos (box work; granulares pretos, avermelhados)

BV-8: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material arenoso clasto suportado (5 % de matriz), de cor castanha, heterométrico. A matriz existente é fina (siltica) e está oxidada. Ocorrem poros intergranulares, preenchidos pela matriz e por óxidos percolados. O arcabouço é composto por areias muito grossas a muito finas, com grânulos dispersos (com 2,0 mm de diâmetro); grãos angulosos a subarredondados. Nos níveis menos grosseiros, os grãos apresentam-se levemente orientados com estrutura plano-paralela subhorizontal. Em geral, apresenta uma estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

92% de quartzo monocristalino (extinção rápida e alguns grãos levemente ondulante)

5% de litoclastos (pelitos amarelados e marrom-acastanhados, argilosos, bem arredondados, com ou sem grânulos de quartzo angulosos)

3% de alteritos (box work; granulares pretos)

Traços - feldspatos (sem geminação); micas alteradas

BV-9: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material arenoso clasto suportado (praticamente sem matriz), a pouca matriz existente é arenosa, bastante oxidada, de cor castanha, heterométrico. A porosidade é intergranular. O arcabouço é composto por areias muito grossas a muito finas; os grãos são angulosos a subangulosos. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

92% de quartzo monocristalino (extinção rápida e em alguns grãos levemente ondulante)

5% de litoclastos (pelito amarelado, argiloso, bem arredondado, com ou sem grânulos de quartzo angulosos, só que em menor quantidade que a amostra BV-XV; feldspatos alterados + biotita + quartzo)

3% de micas alteradas (muscovitas e biotitas); zircão

Traços - feldspatos (plagioclásio com geminação mal definida); anfibólio (hornblenda)

SEÇÃO COTIARA

COTB-1: (Aloformação Cotiara - paleohorizonte A)

Material matriz suportado (64 % de matriz), de cor amarelo-acastanhada, heterométrico. Matriz argilosa, amarelada; apresenta-se bastante "fraturada", com microfraturas de contração; há também pequenas cavidades interligadas por canais muito finos. Ao redor dos poros

a matriz encontra-se mais clara e com textura mais fina (formação incipiente de ferri-cutans). Ocorrem eventuais contatos pontuais. O arcabouço é composto por areias grossas a muito finas com grânulos dispersos; os grãos são angulosos a subangulosos. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

95% de quartzo monocristalino (extinção rápida a moderadamente ondulante, alguns grãos apresentam-se fraturados com preenchimento por óxidos/hidróxidos)

5% de feldspatos alterados; turmalina; zircão; palhetas de muscovita, que predominam na fração mais fina

Traços - micas alteradas (com birrefringência muito baixa); alteritos (forma botrioidal com reentrâncias, de cor marrom escuro a preto; granulares arredondados, castanho-avermelhados)

COTB-2: (Aloformação Cotiara)

Material matriz suportado (73 % de matriz), de cor amarelada, heterométrico. Matriz siltica, micácea, muito oxidada. Cerca de 5% da lâmina é ocupada por poro-canais, só que em quantidade menor que a amostra COTB-1, e formam-se poucas cavidades. O arcabouço é composto por areias médias a muito finas com grânulos dispersos; os grãos maiores são subangulosos, e os menores são subangulosos a subarredondados. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

95% de quartzo monocristalino (extinção rápida a moderadamente ondulante; grãos fraturados com preenchimento por óxidos/hidróxidos de ferro)

5% de óxidos pretos granulares, angulosos; óxidos castanho-avermelhados, arredondados - concreções ferruginosas

Traços - feldspatos alterados; pequenas palhetas de muscovita; zircão; alteritos (box work); apatita; litoclastos (quartzo policristalino com ext. ondulante, contato serrilhado; quartzo + muscovita; quartzo + quartzo)

COTA-1: (Aloformação Piracema)

Material matriz suportado (53,5 % de matriz), de cor amarelo-acastanhada, heterométrico. Matriz siltica, amarelada. Praticamente não há contato entre os grãos, ocorrendo por vezes contatos pontuais. Cerca de 5 % da lâmina é ocupada por poro-canais finos e cavidades. O arcabouço é composto por areias médias a muito finas com grânulos dispersos; os grãos maiores são subangulosos, e os menores são subangulosos a subarredondados. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

90% de quartzo monocristalino (extinção rápida a moderadamente ondulante; alguns grãos estão impregnados em sua superfície por óxidos marrom-avermelhados)

10% de palhetas de muscovita

Traços - litoclastos (quartzo + feldspato + muscovita; quartzo + quartzo; quartzo + biotita; pelito avermelhado-acastanhado); alteritos (grãos castanho-avermelhados, arredondados, às vezes

concêntricos: box work); feldspatos sem geminação, alterados; turmalina

COTA-2: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material arenoso clasto suportado (5 % de matriz), de cor castanha, heterométrico. Predominam contatos tangenciais. A pouca matriz existente é composta por areia fina muito oxidada, com muitos microcristais de micas bastante alterados. O arcabouço é composto por areias médias a muito finas; os grãos são angulosos. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

- 92% de quartzo monocristalino (extinção rápida; grãos fraturados com preenchimento por óxidos/hidróxidos de ferro)
- 8% de muscovitas e biotitas (deformadas; encontram-se grãos frescos e alterados, que possuem birrefringência baixa)
- Traços - feldspatos (microclina, plagioclásio, alterados sem geminação); litoclastos (pelitos amarelados, argilosos, bem arredondado); óxidos granulares pretos e castanho-avermelhados);

COTA-3: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto)

Material arenoso clasto suportado (5 % de matriz arenosa), de cor castanha, heterométrico. Os contatos são tangenciais. A matriz existente é composta por areia fina, contendo micro cristais alterados de micas. A porosidade intergranular está preenchida por óxidos de ferro ou pela matriz oxidada; ocorrem algumas cavidades esparsas. O arcabouço é composto por areias médias a muito finas; os grãos são angulosos. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

- 90% de quartzo monocristalino (extinção rápida)
- 5% de micas (biotita; biotita cloritizada, com birrefringência baixa; muscovita; bastante deformadas e alteradas)
- 2% de feldspatos (plagioclásio - Anso-es - bytonita/anortita; microclina)
- 2% de óxidos granulares pretos
- 1% de litoclastos (quartzo + plagioclásio + muscovita, microclina + quartzo: quartzo + feldspato alterado, com xistosidade - gnaisse parcialmente alterado; quartzo policristalino, com contato facetados entre os grãos, cristais bem formados; pelitos amarelados com grânulos de quartzo)

Traço - zircão

Em relação à amostra anterior (COTA-2), esta é mais micácea e as micas se apresentam mais deformadas.

COTA-4: (Aloformação Manso - fácies Quebra-Canto - paleohorizonte A)

Material matriz suportado (54,4 % de matriz), de cor castanha, heterométrico. Matriz siltica a arenosa (areia fina), micácea (palhetas de muscovita), contém alguns poro-canais, com ferri-cutans estratificados. Ocorrem alguns contatos pontuais. O arcabouço é com-

posto por areias médias a muito finas com grânulos dispersos; os grãos são angulosos a subangulosos. Estrutura maciça. Composição mineralógica do arcabouço:

90% de quartzo monocristalino (extinção rápida a moderadamente ondulante)

8% de muscovita

0,5% de feldspatos (microclina, plagioclásio; parcialmente alterados)

0,5% de litoclastos (quartzo policristalino, com cristais bem recristalizados, limpos, com contatos serrilhados; pelito amarelado, argiloso)

0,5% de alteritos (granulares pretos)

Traço - zircão: alterito (box work)

Obs.: Todas as amostras analisadas apresentam Grau de Empacotamento (Índice de Khan): ABERTO.

A N E X O IV
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS ANALISADAS

ERRATA

- 1) Anexo IV - nas fotomicrografias: 1, 2, 3, 4, 5A, 5B, 6, 7, 11, 12A, 12B, 13, 14, 15A, 16, 17, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32A, 32B e 33; na escala gráfica, no lugar de 1 cm leia-se 1 mm.

- 2) Anexo IV - nas fotomicrografias: 8, 9, 10, 15B, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 27; na escala gráfica, no lugar de 1 cm leia-se 0,1 mm.

| Amostra Reformada | Amostra Indeformada | Lamina Petrográfica | Mineralogia das Areias | Mineralogia das Argilas | Diag. Tri. Par. Gran. | Litofácies/Elem. Arq. | Unidade Aloestratigráfica |
|-------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| FSJ - 1 | FSJ # 1 | FSJ - 1 | FSJ - 1 | FSJ - 1 | 1 | Gms/SG | Cotiara (?) |
| FSJ - 2 | FSJ # 2 | FSJ - 2 | FSJ - 2 | FSJ - 2 | 2 | Gms/SG | Manso (Fazend.) |
| FSJ - 3 | FSJ # 3 | FSJ - 3 | FSJ - 3 | FSJ - 3 | 3 | Gms/SG | Manso (Paleofaz.) |
| FSJ - 4 | FSJ # 4 | FSJ - 4 | FSJ - 4 | FSJ - 4 | 4 | Gms/SG | Manso (Fazend.) |
| FSJ - 5 | FSJ # 5 | FSJ - 5 | FSJ - 5 | - | 5 | Gms/SG | Manso (Fazend.) |
| FSJ - 6 | FSJ # 6 | FSJ-6 (A/B) | - | FSJ - 6 | 6 | F1/OF | Manso (Campinho) |
| FSJ - 7 | FSJ # 7 | FSJ - 7 | FSJ - 7 | FSJ - 7 | 7 | Fm/OF | Manso (QC) |
| FSJ - 8 | FSJ # 8 | FSJ - 8 | FSJ - 8 | FSJ - 8 | 8 | Gms/SG | Piracema/QC (?) |
| FSJ - 9 | - | - | FSJ - 9 | - | 9 | Sh/SB | Manso (Campinho) |
| FSJB - 1 | FSJ # 9 | FSJ - 9 | - | - | 10 | F1/OF | Manso (Campinho) |
| FSJB - 2 | FSJ # 10 | FSJ-10 (A/B) | - | FSJB - 2 | 11 | Fm/OF | Manso (Campinho) |
| FSJB - 3 | FSJ # 11 contato | FSJ - 11 | - | - | 12 | F1/OF | Manso (Campinho) |
| FSJB - 4 | | | - | - | 13 | Fm/OF | Manso (Campinho) |
| FSJB - 5 | FSJ # 12 contato | FSJ - 12 (A e B) | FSJB - 5 | - | 14 | Fm/OF | Manso (Campinho) |
| FSJB - 6 | | | FSJB - 6 | - | 15 | Gms/SG | Piracema/QC (?) |
| SFL - 1 | - | - | - | SFL - 1 | 16 | F1/OF | Manso (Campinho) |
| SFL - 2 | FL # 1 | SFL - 1 | SFL - 2 | - | 17 | Sh/LS | Manso (Campinho) |
| SFL - 3 | FL # 2 | SFL - 2 | SFL - 3 | - | 18 | Sh/LS | Manso (Campinho) |
| SFL - 4 | | - | - | SFL - 4 | 19 | F1/OF | Manso (Campinho) |
| SFL - 5 | - | - | - | SFL - 5 | 20 | F1/OF | Manso (Campinho) |
| SFL - 6 | - | - | SFL - 6 | - | 21 | Sh/LS | Manso (Campinho) |
| SFL - 7 | - | - | SFL - 7 | - | 22 | Sh/LS | Manso (Campinho) |
| SFL - 8 | - | - | SFL - 8 | SFL - 8 | 23 | Gms/SG | Piracema/QC (?) |
| - | COTB - 1 | COTB - 1 | - | - | 24 | Gms/SG | Cotiara (paleoA) |
| - | COTB - 2 | COTB - 2 | - | - | 25 | Gms/SG | Cotiara |
| COT - 1 | COTA - 1 | COTA - 1 | COT - 1 | - | 26 | Gms/SG | Piracema |
| COT - 5 | COTA - 2 | COTA - 2 | COT - 5 | - | 27 | Sh/LS | Manso (QC) |
| COT - 6 | COTA - 3 | COTA - 3 | COT - 6 | - | 28 | Sh/LS | Manso (QC) |
| COT - 10 | COTA - 4 | COTA - 4 | COT - 10 | - | 29 | Gms/SG | Manso (Paleo-QC) |
| BU - 1 | BU - 1 | BU - 1 | - | - | 30 | Gms/SG | Piracema |
| BU - 2 | BU - 2 | BU - 2 | BU - 2 | - | 31 | Gms/SG | Piracema |
| BU - 3 | BU - 3 | BU - 3 | BU - 3 | - | 32 | Sh/LS | Manso (QC) |
| BU - 4 | BU - 4 | BU - 4 | BU - 4 | - | 33 | Sh/LS | Manso (QC) |
| BU - 6 | BU - 5 | BU - 5 | BU - 6 | - | 34 | Gms/SG | Manso (QC) |
| BU - 10 | BU - 6 | BU - 6 | BU - 10 | - | 35 | Sh/LS | Manso (QC) |
| BU - 11 | BU - 7 | BU - 7 | BU - 11 | - | 36 | Sh/LS | Manso (QC) |
| BU - 12 | BU - 8 | BU - 8 | BU - 12 | - | 37 | Sh/LS | Manso (QC) |
| BU - 15 | BU - 9 | BU - 9 | BU - 15 | - | 38 | Sh/LS | Manso (QC) |